


# autostrada del brennero

## ACCORDO QUADRO RELATIVO AI LAVORI DI ORDINARIA MANUTENZIONE PER IL RISANAMENTO DI OPERE D'ARTE LUNGO IL NASTRO A22

3.1

CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO  
Parte seconda: prescrizioni tecniche

0	08/02/24	EMISSIONE	E. Pedrotti	M. Morgante	C. Costa	
REVISIONE:	DATA:	DESCRIZIONE:	REDAZIONE:	VERIFICA:	APPROVAZIONE:	
DATA:  MAGGIO 2023			<div>SERVIZIO PROGETTAZIONE</div>			IL DIRETTORE TECNICO GENERALE E PROGETTISTA:  <div>ORDINE DEGLI INGEGNERI DELLA PROV. DI BOLZANO Dott. Ing. CARLO COSTA Nr. 891 INGENIEURKAMMER DER PROVINZ BOZEN</div>
NUMERO PROGETTO:  58/23						



**Autostrada del Brennero SpA**  
**Brennerautobahn AG**

**ACCORDO QUADRO RELATIVO AI LAVORI DI ORDINARIA MANUTENZIONE PER IL  
RISANAMENTO DI OPERE D'ARTE LUNGO IL NASTRO A22**

**CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO**

**PARTE SECONDA**

**Prescrizioni tecniche**

# AUTOSTRADA DEL BRENNERO

SOCIETÀ PER AZIONI CON SEDE IN TRENTO

## SOMMARIO

<b>PARTE SECONDA CAPITOLATO DI NORME E PRESCRIZIONI TECNICHE .....</b>	<b>12</b>
<i>Capo Primo - NORME E PRESCRIZIONI RIGUARDANTI L'ACCETTAZIONE, L'IMPIEGO, LA QUALITÀ E PROVENIENZA DEI MATERIALI E FORNITURE.....</i>	<i>12</i>
<b>ART. 1. AVVERTENZE GENERALI .....</b>	<b>12</b>
<b>ART. 2. MATERIALI E FORNITURE IN GENERE .....</b>	<b>13</b>
<b>ART. 3. NORME DI RIFERIMENTO PER L'ACCETTAZIONE DEI MATERIALI .....</b>	<b>14</b>
<b>ART. 4. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI .....</b>	<b>14</b>
4.1. MATERIALI ELEMENTARI .....	15
4.1.1. Acqua per gli impasti .....	15
4.1.2. Aggregati .....	15
4.1.3. Cemento e calce .....	16
4.1.3.1. Cemento .....	16
4.1.3.2. Calce .....	18
4.1.4. Additivi e leganti additivati premiscelati per impasti cementizi .....	18
4.1.4.1. Additivi fluidificanti, superfluidificanti, aeranti, ritardanti, acceleranti, antigelo, ed agenti espansivi per impasti cementizi .....	18
4.1.4.2. Leganti idraulici additivati premiscelati in stabilimento .....	19
4.1.5. Materiali metallici .....	20
4.1.5.1. Acciaio per barriere di sicurezza .....	20
4.1.5.2. Acciai per cemento armato .....	21
4.1.5.3. Acciai per cemento armato precompresso .....	23
4.1.5.4. Acciai per strutture in carpenteria metallica .....	24
4.1.5.5. Bulloneria per barriere di sicurezza .....	27
4.1.5.6. Lamierino di ferro per formazione di guaine per armature per c.a.p. ....	27
4.1.5.7. Acciai inossidabili .....	27
4.1.5.8. Acciaio per apparecchi d'appoggio e cerniere .....	28
4.1.6. Vernici protettive .....	28
4.1.6.1. Materiali elastomerici .....	28
4.1.6.2. Rivestimenti minerali a base di silicati .....	28
4.1.6.3. Vernice monocomponente a base di resine metacriliche in solvente .....	28
4.1.7. Geotessuti .....	29
4.1.7.1. Geotessile per terre rinforzate .....	30
4.1.8. Geogriglie .....	30
4.1.8.1. Geogriglie per conglomerati bituminosi .....	30
4.1.8.2. Geogriglie per rilevati .....	30
4.1.9. Neoprene per apparecchi d'appoggio o coprigiunti .....	31
4.1.9.1. Proprietà meccaniche originali dell'elastomero: .....	31
4.1.9.2. Elasticità dell'appoggio: .....	31
4.1.9.3. Proprietà alle basse temperature: .....	31
4.1.9.4. Invecchiamento artificiale in stufa: .....	31
4.1.9.5. Altre prove di invecchiamento: .....	32
4.1.9.6. Prove sull'acciaio: .....	32
4.1.9.7. Tolleranze dimensionali: .....	32
4.1.10. Poliuretano espanso .....	32
4.1.11. Guaine impermeabilizzanti tipo "HYPALON": .....	33
4.1.12. Resine da iniezione .....	33
4.1.12.1. Resina bicomponente da iniezione .....	33
4.1.12.2. Resina bicomponente da iniezione ad elevata capacità di rigonfiamento .....	33
4.2. ALTRI MATERIALI .....	34
4.2.1. Calcestruzzi .....	34
4.2.1.1. Classi di esposizione .....	34
4.2.1.2. Classi di consistenza .....	36
4.2.1.3. Classi di resistenza a compressione .....	36
4.2.1.4. Valori limiti per la composizione e le proprietà del calcestruzzo .....	37
4.2.2. Malte e calcestruzzi a ritiro compensato .....	38
4.2.2.1. Betoncino premiscelato a ritiro compensato .....	38
4.2.2.2. Calcestruzzo "reoplastico" a ritiro compensato rinforzato con fibre in polipropilene o in poliacrilonitrile ed additivato con inibitori di corrosione a base organica .....	38
4.2.2.3. Calcestruzzo "reoplastico" fibrorinforzato ad alta duttilità e basso modulo elastico .....	39

# AUTOSTRADA DEL BRENNERO

## SOCIETÀ PER AZIONI CON SEDE IN TRENTO

4.2.3.	Malte cementizie predosate additivate con polimeri, rinforzate con fibre in poliacrilonitrile: caratteristiche tecniche: .....	39
4.2.3.1.	Malte aventi modulo elastico a 28 giorni (E28) compreso tra 23000. N/mm2 e 27000. N/mm2 .....	39
4.2.3.2.	Malte aventi modulo elastico a 28 giorni (E28) compreso tra 14000. N/mm2 e 18000. N/mm2 .....	40
4.2.4.	Malta cementizia premiscelata, solfatoresistente, a ritiro compensato, rinforzata con fibre in poliacrilonitrile e additivata con inibitori di corrosione a base organica .....	40
4.2.5.	Materiali epossidici .....	41
4.2.5.1.	Pasta collante o stucco epossidico .....	41
4.2.5.2.	Adesivo strutturale epossidico .....	42
4.2.5.3.	Sistema epossidico bicomponente per iniezioni .....	43
4.2.5.4.	Malta a base di resine epossidiche .....	44
4.2.5.5.	Malta a base di resina epossipoliuretanica .....	44
4.2.6.	Conglomerati e malte polimeriche .....	45
4.2.6.1.	Malta polimerica a basso modulo elastico .....	45
4.2.6.2.	Conglomerato polimerico .....	46
4.2.6.3.	Prodotto impregnante sintetico bicomponente a base acrilica .....	46
4.2.6.4.	Calcestruzzi impregnati con isobutiltrimetossisilano puro .....	46
4.2.7.	Conglomerati bituminosi per strati di collegamento e di usura .....	47
4.2.7.1.	Aggregati, cemento e calce .....	47
4.2.7.2.	Leganti bituminosi .....	47
4.2.7.3.	Conglomerato bituminoso di recupero .....	48
4.2.7.4.	Additivi .....	48
4.2.7.5.	Emulsione bituminosa .....	48
4.2.7.6.	Conglomerati bituminosi additivati con resine epossidiche .....	49
4.2.7.7.	Massa bituminosa elastomerica "tampone" per giunti .....	49
4.2.8.	Impermeabilizzazione di impalcati .....	49
4.2.8.1.	Con mastici di asfalto sintetico, caratteristiche tecniche dei materiali: .....	49
4.2.8.2.	Con guaine bituminose armate con non tessuti in poliestere .....	50
4.2.8.3.	Con membrana continua, applicata a spruzzo, costituita da un sistema elastomerico poliuretanico .....	50
4.2.8.4.	Con membrana continua, realizzata in opera, costituita da un manto bituminoso elastomerico .....	51
4.2.9.	Prefabbricati in calcestruzzo (pozzetti, cordonate, canalette, embrici, ecc.) .....	52
4.2.10.	Tubazioni e pezzi speciali .....	53
4.2.10.1.	Generalità .....	53
4.2.10.2.	Controlli e verifiche .....	53
4.2.10.3.	Tubazioni in polietilene .....	54
4.2.10.4.	Tubazioni in P.V.C. .....	56
4.2.10.5.	Tubazioni in acciaio (Norma UNI 10255/2007) .....	56
4.2.10.6.	Tubazioni in acciaio inox .....	57
4.2.10.7.	Tubazioni, pezzi speciali e sistemi di giunzione .....	57
4.2.10.8.	Tubazioni – Posa in opera .....	59
4.2.10.9.	Tubazioni – Prova idraulica dei collettori di rete funzionanti a pelo libero ed a pressione .....	61
4.2.11.	Pozzetti in PE alta densità .....	63
4.2.11.1.	Prescrizioni .....	63
4.2.11.2.	Assemblaggio .....	64
4.2.11.3.	Posa in opera .....	64
4.2.11.4.	Marcatura .....	64
4.2.11.5.	Certificazioni .....	64
4.2.12.	Chiusini in ghisa .....	65
4.2.12.1.	Prescrizioni .....	65
4.2.12.2.	Modalità di posa .....	65
4.2.13.	Impianto di disoleatura in continuo .....	65
4.2.14.	Ancoraggi chimici .....	67
4.2.14.1.	Con resina bicomponente a base di uretano metacrilato: .....	67
4.2.14.2.	Con resina epossidica bicomponente: .....	67
4.2.14.3.	Resina bicomponente pura epossidica, caricata con ossidi ceramici .....	67
4.2.15.	Apparecchi d'appoggio .....	67
4.2.15.1.	Materiali per apparecchi d'appoggio in acciaio-teflon. ....	68
4.2.15.2.	Rivestimento protettivo di apparecchi d'appoggio metallici .....	68
4.2.16.	Giunti di dilatazione ed impermeabilità .....	68
4.2.17.	Laminati in poliestere .....	68

## ART. 5. VERIFICHE IN CANTIERE SUI MATERIALI .....

### 5.1. CALCESTRUZZO E ACCIAIO .....

#### 5.1.1. Premesse .....

#### 5.1.2. Controllo di qualità del calcestruzzo .....

##### 5.1.2.1. Elementi prefabbricati .....

##### 5.1.2.2. Calcestruzzo in opera .....

# AUTOSTRADA DEL BRENNERO

SOCIETÀ PER AZIONI CON SEDE IN TRENTO

5.1.3.	Controllo di qualità dell'acciaio da cemento armato normale .....	73
5.1.4.	Controllo di qualità delle reti in acciaio elettrosaldato .....	73
5.1.5.	Controllo di qualità dell'acciaio da c.a.p. ....	74
5.1.6.	Controllo di qualità dell'acciaio (normale o Corten) da carpenteria .....	76
5.1.7.	Controllo di qualità dell'acciaio inox .....	76
5.1.8.	Controllo di qualità dell'acciaio Corten per sicurvia .....	76
5.1.9.	Controllo di qualità dell'acciaio per bulloneria .....	77
5.1.10.	Collaudo statico delle strutture in calcestruzzo armato e acciaio .....	77
5.1.10.1.	Relazione a struttura ultimata .....	77
5.1.10.2.	Collaudo statico .....	77
5.2.	CALCESTRUZZO REOPLASTICO .....	78
5.2.1.	Qualificazione .....	78
5.2.2.	Controlli di accettazione .....	78
5.2.2.1.	Premessa .....	78
5.2.2.2.	Resistenza a rottura per compressione .....	78
5.2.2.3.	Resistenza a rottura per flessione .....	78
5.2.2.4.	Adesione al supporto per trazione diretta .....	79
5.2.2.5.	Rapporto acqua/cemento .....	79
5.3.	MALTA CEMENTIZIA ADDITIVATA CON POLIMERI .....	79
5.3.1.	Qualificazione .....	79
5.3.2.	Controlli di accettazione .....	79
5.3.2.1.	Resistenza a rottura per compressione .....	79
5.3.2.2.	Resistenza a rottura per flessione .....	80
5.3.2.3.	Adesione al supporto per trazione diretta .....	80
5.3.2.4.	Modulo di elasticità .....	80
5.4.	CONGLOMERATI BITUMINOSI .....	81
Capo Secondo - NORME PER L'ESECUZIONE DEI SINGOLI LAVORI .....		83
ART. 6.	NORME DI ESECUZIONE DI TUTTI I LAVORI IN GENERALE .....	83
ART. 7.	SCARIFICHE E DEMOLIZIONI DI CONGLOMERATO CEMENTIZIO .....	83
ART. 8.	MOVIMENTI DI TERRE .....	84
8.1.	SCAVI E RIALZI IN GENERE .....	84
8.2.	FORMAZIONE DEI PIANI DI POSA DEI RILEVATI .....	87
8.3.	FORMAZIONE DEI PIANI DI POSA DELLE FONDAZIONI STRADALI IN TRINCEA .....	88
8.4.	FORMAZIONE DEI RILEVATI .....	89
8.5.	SCAVI DI SBANCAMENTO .....	91
8.6.	SCAVI DI FONDAZIONE .....	91
8.7.	PRECAUZIONI PER L'USO DELLE MINE .....	92
ART. 9.	DRENI VERTICALI IN SABBIA .....	93
9.1.	GENERALITA' .....	93
9.2.	DESCRIZIONE .....	93
9.3.	MODALITÀ ESECUTIVE .....	93
9.3.1.	Caratteristiche della sabbia drenante .....	93
9.3.2.	Attrezzatura .....	93
9.3.3.	Lavori preparatori .....	93
9.3.4.	Perforazione e riempimento dei fori .....	94
9.4.	SISTEMAZIONE SUPERFICIALE .....	94
9.4.1.	Descrizione .....	94
9.4.2.	Modalità esecutive .....	94
ART. 10.	UTILIZZO DI MATERIALE RICICLATO NEL SETTORE STRADALE .....	94
10.1.	MATERIALE RICICLATO .....	94
10.2.	METODOLOGIA DI CALCOLO .....	95
10.3.	OBBLIGO .....	95
10.4.	ISCRIZIONE NEL REPERTORIO DEL RICICLAGGIO .....	95
10.5.	CARATTERISTICHE E PRESTAZIONALI DEGLI AGGREGATI RICICLATI .....	97
10.5.1.	Corpo dei rilevati .....	97
10.5.2.	Strati accessori aventi funzione antigelo, anticapillare, drenante, etc. ....	98
ART. 11.	STABILIZZAZIONE CON LEGANTI IDRAULICI (CALCE-CEMENTO) .....	98
11.1.	QUALITÀ E PROVENIENZA DEI MATERIALI .....	98

# AUTOSTRADA DEL BRENNERO

SOCIETÀ PER AZIONI CON SEDE IN TRENTO

11.1.1. Terre .....	98
11.1.2. Acqua .....	99
11.1.3. Leganti idraulici.....	99
11.1.4. Calci aeree.....	99
11.2. MODALITÀ DI ESECUZIONE E PRESCRIZIONI .....	100
11.2.1. Fasi esecutive.....	100
11.2.1.1. Scotico del terreno.....	100
11.2.1.2. Preparazione del terreno .....	100
11.2.1.3. Posa in opera di miscele lavorate in sito: dosaggio, spandimento della calce e relativo controllo.....	101
11.2.1.4. Miscelazione della calce con il terreno.....	102
11.2.1.5. Stesa del cemento.....	102
11.2.1.6. Miscelazione del cemento con il terreno .....	102
11.2.1.7. Compattazione e finitura.....	102
11.2.1.8. Posa in opera di miscele preparate in centrale: dosaggio, spandimento della calce e relativo controllo .....	103
11.3. ACCORGIMENTI ESECUTIVI .....	103
11.3.1. Gelo.....	103
11.3.2. Limitati danni della pioggia .....	103
11.3.3. Saturazione del terreno .....	104
11.4. PROVE DEI MATERIALI .....	104
11.4.1. Certificato di qualità .....	104
11.4.2. Accertamenti preventivi .....	104
11.4.3. Metodologia delle prove di controllo in fase esecutiva.....	104
11.4.4. Controlli in corso d'opera sui materiali .....	104
11.4.4.1. Calce e cemento.....	104
11.4.4.2. Terre e miscele.....	105
11.4.4.3. Umidità del terreno .....	105
11.4.4.4. Fasi operative.....	105
11.4.5. Controlli sul prodotto finale .....	105
11.4.5.1. Verifica del grado di compattazione .....	105
11.4.5.2. Verifica della resistenza alle sollecitazioni meccaniche e ai rigonfiamenti in acqua .....	105
11.4.5.3. Determinazione del modulo di deformazione .....	105
11.5. LABORATORIO .....	106
11.6. MACCHINARI .....	106
11.7. SICUREZZA .....	106
<b>ART. 12. STRUTTURE DI SOSTEGNO IN TERRA CON L'AGGIUNTA DI ALTRI MATERIALI.....</b>	<b>106</b>
12.1. GENERALITA' .....	106
12.2. PROGETTO.....	106
12.3. MATERIALI.....	107
12.3.1. Rinforzi .....	107
12.3.2. Paramento .....	107
12.3.3. Terra di riempimento.....	108
12.4. POSA IN OPERA.....	108
12.5. PROVE DI CONTROLLO .....	108
12.6. FREQUENZA DELLE PROVE.....	109
<b>ART. 13. DEMOLIZIONI .....</b>	<b>109</b>
<b>ART. 14. PREPARAZIONE DELLE SUPERFICI DI CALCESTRUZZO DA RIPRISTINARE .....</b>	<b>110</b>
<b>ART. 15. CONGLOMERATI CEMENTIZI SEMPLICI ED ARMATI .....</b>	<b>110</b>
<b>ART. 16. MALTE CEMENTIZIE.....</b>	<b>116</b>
<b>ART. 17. CASSEFORME, ARMATURE DI SOSTEGNO, CENTINATURE E ATTREZZATURE DI COSTRUZIONE.....</b>	<b>118</b>
<b>ART. 18. INIEZIONE NEI CAVI DI PRECOMPRESSIONE CON BOIACCHE CEMENTIZIE.....</b>	<b>118</b>
<b>ART. 19. INIEZIONI CON SISTEMI EPOSSIDICI NELLE GUAINA DEI CAVI DI PRECOMPRESSIONE DI STRUTTURE IN CEMENTO ARMATO PRECOMPRESSO .....</b>	<b>121</b>
<b>ART. 20. IMPREGNAZIONE CON POLIMERI ORGANICI DI MANUFATTI IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO.....</b>	<b>122</b>
<b>ART. 21. CONGLOMERATI E MALTE POLIMERICHE.....</b>	<b>123</b>
<b>ART. 22. APPARECCHI DI APPOGGIO PER IMPALCATI .....</b>	<b>124</b>
<b>ART. 23. SISTEMA DI STRALLI PER SOSPENSIONE IMPALCATI .....</b>	<b>125</b>

# AUTOSTRADA DEL BRENNERO

SOCIETÀ PER AZIONI CON SEDE IN TRENTO

23.1. GENERALITÀ .....	125
23.2. NORME DI RIFERIMENTO .....	126
23.3. DESCRIZIONE E CARATTERISTICHE DEI SINGOLI ELEMENTI .....	126
23.3.1. Trefolo a sette fili .....	126
23.3.2. Ancoraggi .....	126
23.3.2.1. Testa di ancoraggio standard .....	127
23.3.2.2. Testa di ancoraggio a forca .....	127
23.3.2.3. Perno di connessione per ancoraggio a forca .....	127
23.3.2.4. Morsetti .....	127
23.3.2.5. Camera posteriore ermetica ("wax box") per ancoraggio standard .....	127
23.3.2.6. Cappucci protettivi .....	127
23.3.2.7. Cera protettiva .....	128
23.3.3. Sistema di deviazione .....	128
23.3.4. Ammortizzatori interni .....	128
23.3.5. Guaina esterna in plastica .....	128
23.3.6. Tubi anti-vandalismo .....	128
23.4. PRESTAZIONI DELLA PROTEZIONE ALLA CORROSIONE .....	128
23.5. MATERIALI .....	129
23.6. INSTALLAZIONE .....	129
23.7. CONTROLLI MINIMI PREVISTI PER I COMPONENTI DEL SISTEMA .....	131
<b>ART. 24. SOLLEVAMENTO DI IMPALCATI .....</b>	<b>132</b>
<b>ART. 25. GIUNTI DI DILATAZIONE .....</b>	<b>132</b>
<b>ART. 26. IMPERMEABILIZZAZIONE DI IMPALCATI .....</b>	<b>132</b>
26.1. MEDIANTE APPLICAZIONE PER COLATA DI CAPPE DI MASTICE D'ASFALTO SINTETICO .....	132
26.2. CON GUAINES PREFORMATE ARMATE .....	134
<b>ART. 27. SISTEMA DI IMPERMEABILIZZAZIONE TIPO "VASCA BIANCA" .....</b>	<b>134</b>
<b>ART. 28. RILIEVI TOPOGRAFICI PRELIMINARI ALLA RETTIFICA DELLE PAVIMENTAZIONI E INDICAZIONI PER LA RESTITUZIONE DEI DATI .....</b>	<b>135</b>
28.1. ESECUZIONE DEL RILIEVO .....	135
28.2. ELABORAZIONE DATI E DETERMINAZIONE DEGLI SPESSORI DI FRESATURA .....	135
28.3. INDICAZIONI OPERATIVE .....	136
28.4. VERIFICA DELLA FRESATURA .....	136
28.5. DOCUMENTAZIONE .....	136
<b>ART. 29. DEMOLIZIONE DELLA SOVRASTRUTTURA STRADALE .....</b>	<b>136</b>
29.1. DEMOLIZIONE DELLA PAVIMENTAZIONE IN CONGLOMERATO BITUMINOSO MEDIANTE FRESATURA .....	136
29.2. DEMOLIZIONE DELLA SOVRASTRUTTURA MEDIANTE METODI TRADIZIONALI .....	137
29.3. VERIFICA DELLA PORTANZA DEL PIANO DI POSA .....	137
<b>ART. 30. SOVRASTRUTTURA STRADALE .....</b>	<b>138</b>
30.1. FONDAZIONE STRADALE .....	139
30.1.1. Misto granulare naturale .....	139
30.1.1.1. Descrizione .....	139
30.1.1.2. Materiali costituenti .....	140
30.1.1.3. Caratteristiche della miscela .....	141
30.1.1.4. Posa in opera del materiale .....	142
30.1.2. Misto granulare riciclato .....	143
30.1.2.1. Descrizione .....	143
30.1.2.2. Materiali costituenti .....	143
30.1.2.3. Caratteristiche della miscela .....	144
30.1.2.4. Caratteristiche di ecocompatibilità .....	145
30.1.2.5. Posa in opera del materiale .....	146
30.1.3. Misto granulare cementato .....	147
30.1.3.1. Descrizione .....	147
30.1.3.2. Materiali costituenti .....	147
30.1.3.3. Caratteristiche della miscela .....	148
30.1.3.4. Confezionamento della miscela .....	150
30.1.3.5. Posa in opera del materiale .....	150
30.1.4. Misto granulare legato con cemento ed emulsione bituminosa mediante la tecnica della miscelazione in sito .....	151
30.1.4.1. Descrizione .....	151

# AUTOSTRADA DEL BRENNERO

## SOCIETÀ PER AZIONI CON SEDE IN TRENTO

30.1.4.2.	Materiali costituenti.....	152
30.1.4.3.	Caratteristiche della miscela.....	154
30.1.4.4.	Caratteristiche dello strato.....	156
30.1.4.5.	Posa in opera.....	156
30.1.5.	Conglomerato riciclato legato con bitume schiumato.....	157
30.1.5.1.	Descrizione.....	157
30.1.5.2.	Materiali costituenti.....	157
30.1.5.3.	Caratteristiche della miscela.....	158
30.1.5.4.	Caratteristiche dello strato.....	159
30.1.5.5.	Confezionamento e posa della miscela.....	160
30.1.6.	Conglomerato riciclato legato con emulsione bituminosa modificata.....	160
30.1.6.1.	Descrizione.....	160
30.1.6.2.	Materiali costituenti.....	161
30.1.6.3.	Caratteristiche della miscela.....	163
30.1.6.4.	Caratteristiche dello strato.....	164
30.1.6.5.	Confezionamento e posa della miscela.....	164
30.1.7.	Rigenerazione a freddo fondazione e base con la tecnica del cemento ed emulsione bituminosa.....	165
30.1.7.1.	Descrizione.....	165
30.1.7.2.	Materiali costituenti.....	165
30.1.7.3.	Caratteristiche della miscela.....	167
30.1.7.4.	Caratteristiche dello strato.....	169
30.1.7.5.	Posa in opera.....	169
30.1.8.	Controlli periodici sulla fondazione.....	170
30.2.	LAVORAZIONI PRELIMINARI ALLA POSA IN OPERA DEI CONGLOMERATI BITUMINOSI.....	172
30.2.1.	Geotessile.....	172
30.2.2.	Geogriglia.....	172
30.2.3.	Membrana bituminosa autotermodadesiva.....	173
30.2.4.	Membrana bituminosa eseguita in sito.....	173
30.2.5.	Mano d'attacco con bitume normale.....	174
30.2.6.	Mano d'attacco costituita da emulsione elastomerica con bitume modificato Hard.....	175
30.2.7.	Membrana impermeabilizzante.....	177
30.3.	CONGLOMERATI BITUMINOSI PRODOTTI A CALDO.....	179
30.3.1.	Prescrizioni generali.....	179
30.3.2.	Caratteristiche degli impianti di produzione del conglomerato bituminoso.....	180
30.3.3.	Strato di base.....	180
30.3.3.1.	Descrizione e designazione.....	180
30.3.3.2.	Materiali costituenti.....	181
30.3.3.3.	Caratteristiche della miscela.....	185
30.3.3.4.	Caratteristiche dello strato.....	187
30.3.4.	Strato di collegamento (binder).....	188
30.3.4.1.	Descrizione e designazione.....	188
30.3.4.2.	Materiali costituenti.....	189
30.3.4.3.	Caratteristiche della miscela.....	193
30.3.4.4.	Caratteristiche dello strato.....	195
30.3.5.	Strato di usura (tappeto d'usura 3cm oppure 4cm).....	196
30.3.5.1.	Descrizione e designazione.....	196
30.3.5.2.	Materiali costituenti.....	197
30.3.5.3.	Caratteristiche della miscela.....	199
30.3.5.4.	Caratteristiche dello strato.....	202
30.3.6.	Strato di usura drenante-fonoassorbente speciale.....	203
30.3.6.1.	Descrizione e designazione.....	203
30.3.6.2.	Materiali costituenti.....	204
30.3.6.3.	Caratteristiche della miscela.....	207
30.3.6.4.	Caratteristiche dimensionali dello strato.....	209
30.3.6.5.	Caratteristiche di regolarità superficiale dello strato.....	210
30.3.6.6.	Caratteristiche di aderenza superficiale dello strato.....	212
30.3.7.	Strato di usura tipo poroso per pavimentazioni semirigide.....	212
30.3.7.1.	Descrizione e designazione.....	212
30.3.7.2.	Materiali costituenti.....	213
30.3.7.3.	Caratteristiche della miscela.....	216
30.3.7.4.	Caratteristiche dimensionali dello strato.....	219
30.3.7.5.	Malta cementizia intasante.....	220
30.3.7.6.	Studio dello strato d'usura semirigido in laboratorio.....	220
30.3.7.7.	Produzione e posa in opera della malta cementizia.....	221
30.3.7.8.	Controlli sullo strato finito intasato.....	221
30.3.7.9.	Apertura al traffico/utilizzo.....	222
30.3.8.	Strato di usura antistruciolo chiuso (SMA).....	222



# AUTOSTRADA DEL BRENNERO

SOCIETÀ PER AZIONI CON SEDE IN TRENTO

30.3.8.1.	Descrizione e designazione .....	222
30.3.8.2.	Materiali costituenti .....	222
30.3.8.3.	Caratteristiche della miscela .....	226
30.3.8.4.	Caratteristiche dello strato .....	229
30.3.8.5.	Caratteristiche di regolarità superficiale dello strato .....	229
30.3.8.6.	Caratteristiche di aderenza superficiale dello strato .....	231
30.3.9.	Prescrizioni ulteriori .....	231
30.3.9.1.	Confezionamento della miscela .....	231
30.3.9.2.	Consegna e posa in opera della miscela .....	232
30.3.9.3.	Prescrizioni in materia ambientale .....	233
30.3.10.	Controlli periodici sulla pavimentazione .....	238
30.3.11.	Penali .....	240
<b>ART. 31.</b>	<b>BARRIERE DI SICUREZZA STRADALE IN ACCIAIO .....</b>	<b>244</b>
<b>ART. 32.</b>	<b>STRUTTURE IN ACCIAIO .....</b>	<b>245</b>
32.1.	GENERALITA' .....	245
32.2.	ACCETTAZIONE DEI MATERIALI .....	246
32.3.	CONTROLLI IN CORSO DI LAVORAZIONE .....	247
32.4.	STOCCAGGIO .....	248
32.5.	MONTAGGIO .....	248
32.6.	CONTROLLI SULLE SALDATURE .....	249
32.7.	PROVE DI CARICO E COLLAUDO STATICO DELLE STRUTTURE IN ACCIAIO .....	250
<b>ART. 33.</b>	<b>STRUTTURE IN ACCIAIO TIPO CORTEN .....</b>	<b>250</b>
<b>ART. 34.</b>	<b>ZINCATURA E VERNICIATURA DELLE STRUTTURE IN ACCIAIO .....</b>	<b>251</b>
34.1.	ZINCATURA .....	251
34.2.	VERNICIATURA A POLVERE TERMOINDURENTE .....	252
34.3.	VERNICIATURA DELLE STRUTTURE IN ACCIAIO .....	252
34.3.1.	Generalità .....	252
34.3.2.	Preparazione delle superfici .....	253
34.3.2.1.	Preparazione superfici in officina .....	253
34.3.2.2.	Preparazione superfici in cantiere .....	254
34.3.3.	Accettazione dei prodotti vernicianti .....	254
34.3.4.	Sistemi di verniciatura .....	255
34.3.4.1.	Strutture di acciaio Corten .....	255
34.3.4.2.	Strutture di acciaio zincato .....	255
34.3.4.3.	Strutture di acciaio al carbonio non zincato .....	256
34.3.4.4.	Sistema di protezione per giunti ad attrito .....	256
34.3.4.5.	Sistema di protezione per giunti saldati .....	256
34.3.5.	Caratteristiche dei prodotti costituenti i sistemi vernicianti .....	256
34.3.5.1.	Primer zincante organico bicomponente .....	256
34.3.5.2.	Primer zincante inorganico bicomponente .....	256
34.3.5.3.	Fondo-intermedio epossidico surface tolerant MIOX .....	257
34.3.5.4.	Finitura poliuretanica-acrilica .....	257
34.3.6.	Riepilogo dei sistemi vernicianti .....	257
34.3.7.	Controlli dei sistemi di verniciatura .....	258
<b>ART. 35.</b>	<b>ANCORAGGI IN TERRENI E ROCCE .....</b>	<b>260</b>
35.1.	MATERIALI SPECIFICI PER ANCORAGGI .....	260
35.2.	TECNOLOGIE ESECUTIVE DI ANCORAGGIO IN TERRENI E ROCCE .....	266
<b>ART. 36.</b>	<b>MICROPALI INIETTATI AD ALTA PRESSIONE .....</b>	<b>268</b>
<b>ART. 37.</b>	<b>PALIFICATE DI FONDAZIONE .....</b>	<b>269</b>
37.1.	TIPI DI PALI .....	269
37.1.1.	Pali di legno .....	269
37.1.2.	Pali prefabbricati in c.a. ....	270
37.1.3.	Pali (battuti o pressati) in conglomerato cementizio costruiti in opera senza asportazione del terreno. ....	270
37.1.4.	Pali a piccolo e grande diametro, trivellati .....	271
37.1.5.	Pali a grande diametro con impiego di fanghi bentonitici .....	271
37.2.	PROVA DI CARICO .....	272
37.3.	CONTROLLI ESECUTIVI .....	273
<b>ART. 38.</b>	<b>DIAFRAMMI .....</b>	<b>273</b>
38.1.	PRESCRIZIONI GENERALI .....	273

# AUTOSTRADA DEL BRENNERO

SOCIETÀ PER AZIONI CON SEDE IN TRENTO

38.2. ATTREZZATURE.....	274
38.2.1. Escavatori.....	274
38.2.2. Benne mordenti .....	274
38.2.3. Idrofresa .....	274
38.2.4. Impianto di depurazione e recupero dei fanghi.....	274
38.3. PERFORAZIONE.....	274
38.3.1. Scavo con benna mordente.....	274
38.3.2. Scavo con idrofresa.....	275
38.3.3. Controllo della verticalità.....	275
38.4. DISPOSITIVI PER LA FORMAZIONE DEI GIUNTI .....	275
38.5. ARMATURE.....	276
38.6. GETTO DEL CALCESTRUZZO.....	276
38.7. CONTROLLI E DOCUMENTAZIONE .....	277
38.8. CONTROLLI FINALI .....	277
38.8.1. Prove di carico laterale .....	278
38.8.2. Prove su pannelli strumentati.....	278
38.8.3. Prove di controllo sonico.....	278
38.8.3.1. Modalità di prova .....	278
38.8.3.2. Documentazione della prova .....	279
38.8.4. Controllo delle deformazioni .....	279
38.8.4.1. Modalità di prova .....	279
38.8.4.2. Documentazione della prova .....	279
<b>ART. 39. FANGHI BENTONITICI .....</b>	<b>279</b>
<b>ART. 40. PARATIE TIRANTATE TIPO BERLINESE .....</b>	<b>280</b>
<b>ART. 41. SCOGLIERE IN MASSI CICLOPICI.....</b>	<b>280</b>
<b>ART. 42. JET-GROUTING.....</b>	<b>281</b>
42.1. GENERALITÀ .....	281
42.2. TOLLERANZE .....	282
42.3. SISTEMA DI GETTINIEZIONE NORMALE O MONOFLUIDO .....	282
42.4. SISTEMA DI GETTINIEZIONE BIFLUIDO.....	283
42.5. SISTEMA DI GETTINIEZIONE TRIFLUIDO .....	283
42.6. ARMATURA DEI TRATTAMENTI COLONNARI .....	284
42.7. DOCUMENTAZIONE LAVORI.....	284
42.8. CONTROLLI .....	284
<b>ART. 43. PARAMASSI .....</b>	<b>285</b>
43.1. RIVESTIMENTO IN RETE METALLICA .....	285
43.2. FUNE METALLICA .....	286
<b>ART. 44. LAVORI IN SOTTERRANEO .....</b>	<b>286</b>
44.1. NORME GENERALI DI ESECUZIONE.....	286
44.2. SCAVI, ARMATURE E VENTILAZIONE.....	287
44.2.1. Scavo in galleria a fronte stabile ed in galleria a fronte stabile a breve termine .....	287
44.2.2. Scavo in galleria a fronte instabile .....	288
44.2.3. Scavo in cunicolo con fresa integrale a testa rotante.....	288
44.2.4. Scavo di gallerie a doppio fornice .....	289
44.3. CONTROLLI TENSO-DEFORMATIVI .....	289
44.4. INTERVENTI DI CONTENIMENTO DEL CAVO .....	289
44.4.1. Bullonatura.....	289
44.4.2. Bullonatura ad aderenza continua .....	289
44.4.3. Bullonatura ad ancoraggio puntuale .....	290
44.4.4. Prescrizioni tecniche.....	290
44.5. CENTINE METALLICHE, RETI DI ACCIAIO A MAGLIE ELETTRORISALDATE, SCALETTE DI RINFORZO .....	290
44.6. RIVESTIMENTO DI 1 <sup>A</sup> FASE IN CALCESTRUZZO SPRUZZATO (SPRITZ-BETON).....	291
44.6.1. Caratteristiche del calcestruzzo armato con fibre d'acciaio .....	292
44.7. INTERVENTI DI PRECONTENIMENTO DEL CAVO (SPRITZ-BETON) .....	293
44.7.1. Iniezioni .....	293
44.7.2. Jet-grouting sub-orizzontale .....	295

# AUTOSTRADA DEL BRENNERO

## SOCIETÀ PER AZIONI CON SEDE IN TRENTO

44.7.3. Pretaglio .....	296
44.7.4. Drenaggi .....	297
44.7.5. Preconsolidamento del fronte di scavo mediante tubi in vetroresina .....	298
44.7.6. Arco rovescio .....	299
44.7.7. Rivestimento di 2 <sup>a</sup> fase in conglomerato cementizio semplice o armato .....	299
44.8. IMPERMEABILIZZAZIONE ESEGUITA IN SOTTERRANEO CON GUAINA IN PVC .....	300
44.9. NORME E PRESCRIZIONI AGGIUNTIVE AI LAVORI IN SOTTERRANEO .....	302
44.9.1. Iniezioni di intasamento tra rivestimento e roccia .....	302
44.9.2. Modalità di esecuzione e caratteristiche del rivestimento composito interno di gallerie .....	304
44.9.3. Modalità di esecuzione e caratteristiche del rivestimento riflettente .....	305
44.9.4. Idrodemolizione di rivestimento di gallerie .....	305
44.9.5. Ricostruzione del rivestimento di gallerie con spritzbeton .....	306
<b>ART. 45. BARRIERE ANTIRUMORE .....</b>	<b>307</b>
45.1. PREMESSA .....	307
45.2. PRECISAZIONI SULLA MARCATURA CE .....	308
45.3. PRESTAZIONI ACUSTICHE DEI SISTEMI ANTIRUMORE .....	309
45.3.1. PRESTAZIONI ACUSTICHE INTRINSECHE: RIFLESSIONE, (ASSORBIMENTO) ED ISOLAMENTO DEL RUMORE .....	309
45.3.2. CARATTERISTICHE ACUSTICHE ESTRINSECHE: VALUTAZIONE DELL'INSERTION LOSS .....	310
45.4. PRESTAZIONE NON ACUSTICHE DEI SISTEMI ANTIRUMORE .....	311
45.4.1. RESISTENZA AI CARICHI .....	312
45.4.2. RESISTENZA AGLI IMPATTI .....	313
45.4.3. SICUREZZA IN CASO DI INCENDIO .....	313
45.4.4. PROTEZIONE AMBIENTALE .....	313
45.4.5. PROTEZIONE ELETTRICA .....	314
45.4.6. VIE DI FUGA .....	314
45.4.7. RIFLESSIONE DELLA LUCE .....	315
45.4.8. TRASPARENZA .....	315
45.5. PANNELLI MULTISTRATO IN CALCESTRUZZO ARMATO E CALCESTRUZZO ALLEGGERITO .....	315
45.5.1. STRATO IN CALCESTRUZZO ARMATO .....	316
45.5.2. STRATO IN CALCESTRUZZO ALLEGGERITO .....	317
45.6. PANNELLI IN LEGNO DI PINO .....	317
45.7. LASTRE TRASPARENTI .....	318
45.7.1. LASTRE IN POLIMETILMETACRILATO .....	318
45.7.2. LASTRE IN POLICARBONATO .....	319
45.7.3. LASTRE IN VETRO STRATIFICATO .....	319
45.7.4. SISTEMA DI FISSAGGIO ALLA STRUTTURA DELLE LASTRE TRASPARENTI .....	320
45.8. PANNELLI O SISTEMI TRASPARENTI FONOASSORBENTI .....	320
45.9. PANNELLI METALLICI .....	321
45.9.1. PANNELLI METALLICI CON GUSCIO DI ALLUMINIO VERNICIATO .....	322
45.10. CARPENTERIA METALLICA PORTANTE .....	322
45.10.1. Generalità .....	322
45.10.2. Trattamento superficiale di protezione dalla corrosione .....	322
45.11. SIGILLANTI E GUARNIZIONI .....	323
45.12. ACCESSORI METALLICI .....	324
45.13. BARRIERE INTEGRATE (DI SICUREZZA ED ANTIRUMORE) .....	324
45.14. CARATTERISTICHE COSTRUTTIVE DELLE BARRIERE .....	324
45.15. MANUTENZIONE, SOSTITUZIONE E/O DEMOLIZIONE DELLA BARRIERA .....	324
45.16. FORNITURA DI MATERIALI DI RISERVA .....	325
<b>ART. 46. GESTIONE DEI MATERIALI DI RISULTA IN CANTIERE .....</b>	<b>325</b>
46.1. NORMATIVA DI RIFERIMENTO .....	325
46.1.1. Normativa locale della Provincia Autonoma di Bolzano – Alto Adige .....	325
46.1.2. Normativa locale della Provincia Autonoma di Trento .....	325
46.1.3. Normativa locale della Regione del Veneto .....	325
46.2. PREMESSE .....	326
46.3. MATERIALI PROVENIENTI DA DEMOLIZIONI DI CALCESTRUZZI ANCHE ARMATI .....	327
46.4. MATERIALI PROVENIENTI DA DEMOLIZIONI DI CONGLOMERATI BITUMINOSI .....	327
46.5. MATERIALI DI SCARTO PROVENIENTI DALLA REALIZZAZIONE DI INTONACI E CONGLOMERATI CEMENTIZI O SIMILARI .....	327

# AUTOSTRADA DEL BRENNERO

SOCIETÀ PER AZIONI CON SEDE IN TRENTO

46.6. MATERIALI DI SCARTO PROVENIENTI DALLA DEMOLIZIONE DI PARTI D'OPERA CON L'UTILIZZO DI RESINE SINTETICHE .....	328
46.7. MATERIALI DI SCARTO PROVENIENTI DALLA DEMOLIZIONE DI PARTI D'OPERA IN MATERIALI FERROSI .....	328
46.8. BATTERIE ESAUSTE.....	328
46.9. IMBALLAGGI .....	328
46.10. OLI USATI E FILTRI .....	328
46.11. ALTRI RIFIUTI .....	328
46.12. CASI PARTICOLARI.....	329
<b>ART. 47. GESTIONE DEGLI APPROVVIGIONAMENTI IDRICI E DEI REFLUI IN CANTIERE .....</b>	<b>329</b>
47.1. NORMATIVA DI RIFERIMENTO .....	329
47.1.1. Normativa statale .....	329
47.1.2. Normativa locale della Provincia Autonoma di Bolzano – Alto Adige.....	329
47.1.3. Normativa locale della Provincia Autonoma di Trento .....	329
47.1.4. Normativa locale della Regione Emilia-Romagna.....	329
47.2. APPROVVIGIONAMENTO IDRICO.....	329
47.3. GESTIONE DEGLI SCARICHI .....	329
47.4. ASPETTI PARTICOLARI INERENTI LE ACQUE REFLUE DA IDRODEMOLIZIONE .....	330
47.5. ASPETTI PARTICOLARI INERENTI GLI SCARICHI DELLE ACQUE POMPATE NEL CORSO DI LAVORI DI INGEGNERIA CIVILE .....	330
<i>Capo Terzo - NORME PER LA MISURAZIONE E VALUTAZIONE DEI LAVORI .....</i>	<i>331</i>
<b>ART. 48. MISURAZIONI .....</b>	<b>331</b>
<b>ART. 49. PAVIMENTAZIONI .....</b>	<b>332</b>
49.1. LAVORI PROPEDEUTICI .....	333
49.2. ACCERTAMENTO DELLO STATO DELLA CARREGGIATA.....	333
49.3. ELABORAZIONE DEI LIBRETTI DELLE PAVIMENTAZIONI.....	333
49.4. TRACCIAMENTO E CONTROLLI IN CORSO D'OPERA.....	333
49.5. REDAZIONE DELLA CONTABILITÀ DI CANTIERE.....	333
<b>ART. 50. LAVORI IN SOTTERRANEO .....</b>	<b>334</b>
50.1. SCAVI .....	334
50.2. MURATURE DI RIVESTIMENTO .....	335
50.3. CALCESTRUZZO SPRUZZATO .....	336
50.4. IDRODEMOLIZIONE E RICOSTRUZIONE DI RIVESTIMENTO GALLERIE .....	336

## AUTOSTRADA DEL BRENNERO

SOCIETÀ PER AZIONI CON SEDE IN TRENTO

### PREMESSA E DEFINIZIONI

Il Capitolato Speciale d'Appalto fa parte integrante del contratto nel quale sono riportate le norme dirette a regolare il rapporto tra stazione appaltante e impresa.

La Parte Prima contiene la descrizione delle lavorazioni e riporta tutti gli elementi necessari per una compiuta definizione tecnica ed economica dell'oggetto dell'appalto, anche ad integrazione degli aspetti non pienamente deducibili dagli elaborati grafici del progetto esecutivo.

La Parte Seconda contiene la specificazione delle prescrizioni tecniche e delle prestazioni relative alle lavorazioni previste per l'appalto.

In particolare vengono illustrate in dettaglio le modalità di esecuzione e le norme di misurazione di ogni lavorazione, i requisiti di accettazione dei materiali e componenti, le specifiche di prestazione e le modalità di prove nonché, in relazione alle caratteristiche degli interventi, l'ordine da tenersi nello svolgimento delle specifiche lavorazioni.

Ai fini del presente Capitolato Speciale d'Appalto si intende per **Codice** il Decreto legislativo 31 marzo 2023, n. 36, "Codice dei contratti pubblici in attuazione dell'articolo 1 della legge 21 giugno 2022, n. 78, recante delega al Governo in materia di contratti pubblici".

Il Codice con i relativi allegati forma parte integrante e sostanziale a tutti gli effetti del presente Capitolato Speciale d'Appalto.

## **PARTE SECONDA**

### **CAPITOLATO DI NORME E PRESCRIZIONI TECNICHE**

#### **Capo Primo - NORME E PRESCRIZIONI RIGUARDANTI L'ACCETTAZIONE, L'IMPIEGO, LA QUALITÀ E PROVENIENZA DEI MATERIALI E FORNITURE**

##### **ART. 1. AVVERTENZE GENERALI**

I materiali e forniture dovranno corrispondere alle prescrizioni di legge, di capitolato e degli altri atti contrattuali; dovranno essere delle migliori qualità e, nelle rispettive loro specie, dovranno risultare di precisa e corretta lavorazione.

In caso di contestazioni, le medesime dovranno essere comunicate al Responsabile Unico del Progetto il quale convocherà le parti entro quindici giorni dalla comunicazione al fine di esaminare in contraddittorio la questione e risolvere la controversia. L'Impresa sarà obbligata a uniformarsi alla decisione assunta dal Responsabile Unico del Progetto, fatto salvo il diritto per l'Impresa medesima di iscrivere riserva nel registro di contabilità in occasione della sottoscrizione.

Se le contestazioni riguardano fatti, il direttore dei lavori redige in contraddittorio con l'imprenditore un processo verbale delle circostanze contestate o, mancando questi, in presenza di due testimoni. In quest'ultimo caso copia del verbale è comunicata all'esecutore per le sue osservazioni, da presentarsi al direttore dei lavori nel termine di otto giorni dalla data del ricevimento. In mancanza di osservazioni nel termine, le risultanze del verbale si intendono definitivamente accettate.

L'esecutore, il suo rappresentante, oppure i testimoni firmano il processo verbale, che è inviato al Responsabile Unico del Progetto con le eventuali osservazioni dell'esecutore.

Potranno essere ammessi materiali speciali, o non previsti, solo dopo esame e parere favorevole della D.L. in qualunque momento, il Direttore dei Lavori ha facoltà di rifiutare i materiali e le forniture che non abbiano i requisiti prescritti, che abbiano subito deperimenti dopo l'introduzione nel cantiere o che per qualsiasi causa non risultassero conformi alle condizioni contrattuali.

L'Impresa dovrà provvedere a rimuovere dal cantiere le forniture ed i materiali rifiutati e sostituirli a proprie spese con altri idonei.

Qualora l'Impresa non effettuasse la rimozione, nel termine prescritto dal Direttore dei Lavori, vi provvederà direttamente la Direzione dei Lavori stessa a totale spesa dell'Impresa, a carico della quale resterà anche qualsiasi danno derivante dalla rimozione così eseguita.

Qualora venisse accertata la non corrispondenza alle prescrizioni contrattuali dei materiali e delle forniture accettate e già poste in opera, l'Impresa dovrà demolire le relative opere e rifare a sue spese le lavorazioni. Se l'Impresa contesta l'ordine della direzione Lavori, la decisione è rimessa al Responsabile Unico del Progetto. Qualora l'Impresa non ottemperi all'ordine ricevuto, si procede di ufficio a quanto necessario per il rispetto del contratto. Qualora il direttore dei lavori presuma che esistano difetti di costruzione, può ordinare che le necessarie verifiche siano disposte in contraddittorio con l'Impresa. Quando i vizi di costruzione siano accertati, le spese delle verifiche sono a carico dell'Impresa, in caso contrario quest'ultima ha diritto al rimborso di tali spese e di quelle sostenute per il ripristino della situazione originaria, con esclusione di qualsiasi altro indennizzo o compenso.

[https://www.bosettiegatti.eu/info/norme/statali/2000\\_0145.htm  
~:text=Art.%2018.%20Difetti,indennizzo%20o%20compenso.](https://www.bosettiegatti.eu/info/norme/statali/2000_0145.htm?~:text=Art.%2018.%20Difetti,indennizzo%20o%20compenso.)

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

Nel caso sia stato autorizzato da parte del Direttore dei Lavori, per ragioni di necessità o convenienza, l'impiego di materiali o componenti aventi qualche carenza nelle dimensioni, nella consistenza o nella qualità,

## **AUTOSTRADA DEL BRENNERO**

**SOCIETÀ PER AZIONI CON SEDE IN TRENTO**

ovvero sia stata autorizzata una lavorazione di minor pregio, verrà applicata, in sede di contabilizzazione, un'adeguata riduzione del prezzo, sempre che l'opera sia accettabile senza pregiudizio e salve le determinazioni definitive dell'organo di collaudo.

Gli accertamenti di laboratorio e le verifiche tecniche obbligatorie, ovvero specificamente previsti dal Capitolato Speciale d'Appalto, sono disposti dalla Direzione dei Lavori o dall'organo di collaudo, imputando la spesa a carico delle somme a disposizione accantonate a tale titolo nel quadro economico. Per le stesse prove la Direzione dei Lavori provvede al prelievo del relativo campione ed alla redazione di apposito verbale di prelievo; la certificazione effettuata dal laboratorio prove materiali dovrà riportare il riferimento a tale verbale. Il Direttore dei Lavori o l'organo di collaudo possono disporre ulteriori prove ed analisi ancorché non prescritte dal Capitolato Speciale d'Appalto, ma ritenute necessarie per stabilire l'idoneità dei materiali o dei componenti. Le relative spese sono poste a carico dell'Appaltatore.

### **ART. 2. MATERIALI E FORNITURE IN GENERE**

Tutti i materiali occorrenti per la costruzione delle opere provveranno da cave, fabbriche, stabilimenti, depositi, ecc. scelti ad esclusiva cura e rischio dell'Impresa, la quale non potrà accampare alcuna eccezione qualora in corso di coltivazione delle cave o di esercizio delle fabbriche, degli stabilimenti, dei depositi, ecc., i materiali non fossero più corrispondenti ai requisiti prescritti oppure venissero a mancare ed essa fosse obbligata a ricorrere ad altre cave, stabilimenti, depositi, ecc. in località diverse e a diverse distanze o da diverse provenienze; intendendosi che, anche in tali casi, resteranno invariati i prezzi stabiliti in Elenco come pure tutte le prescrizioni riferite alla qualità ed alla dimensione dei singoli materiali.

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

A richiesta della Stazione Appaltante, l'Appaltatore deve dimostrare di avere adempiuto alle prescrizioni della legge sulle espropriazioni per causa di pubblica utilità, nel caso in cui per contratto le espropriazioni siano state poste a suo carico, e di aver pagato le indennità per le occupazioni temporanee o per i danni arrecati.

L'Impresa è obbligata a notificare alla Direzione Lavori, in tempo utile, e in ogni caso almeno quindici giorni dall'impiego, la provenienza dei materiali e delle forniture per il prelevamento dei campioni da sottoporre, a spese dell'Impresa, alle prove e verifiche che la Direzione dei Lavori reputasse necessarie prima di accettarli. L'Impresa ha lo stesso obbligo nel caso di eventuali successive modifiche dei luoghi di provenienza dei materiali o delle forniture.

La scelta di un tipo di materiale nei confronti di un altro o fra diversi tipi dello stesso materiale sarà fatta di volta in volta, in base al giudizio della D.L., la quale per i materiali da acquistare si assicurerà che provengano da Produttori di provata capacità e serietà. A queste condizioni e purché i materiali corrispondano ai requisiti di seguito fissati, l'Impresa è libera di provvedere all'approvvigionamento dei materiali ove reputerà più opportuno.

I materiali potranno essere posti in opera solamente dopo essere stati accettati dalla D.L.

In correlazione a quanto prescritto nel presente Capitolato, in merito alla qualità ed alle caratteristiche dei materiali e delle forniture in genere, l'Impresa è obbligata a prestarsi in ogni momento a tutte le prove preliminari dei materiali e delle forniture da impiegarsi o che abbiano già trovato impiego. Tutte le spese di prelevamento e di invio dei campioni ai Laboratori prove autorizzati per legge o a quelli di fiducia indicati dalla Stazione Appaltante, saranno a carico dell'Impresa.

Per i campioni prelevati in corso d'opera, l'Impresa ha l'obbligo di eseguire i campioni e di mantenerli in cantiere, nelle condizioni ottimali previste dalle norme specifiche, fino al prelevamento da parte del Laboratorio che eseguirà le prove con spesa a carico della Stazione Appaltante.

Gli addetti al Laboratorio e quelli incaricati dalla D.L. dovranno avere libero accesso e completa possibilità di controllo in tutti i cantieri, ove avviene l'approvvigionamento, la confezione e la posa in opera dei materiali previsti in appalto.

Il prelievo dei campioni da esaminare potrà essere eseguito in qualsiasi momento e gli addetti alle cave, agli impianti, ai mezzi di approvvigionamento o di posa dovranno agevolare le operazioni di prelievo. Per i campioni

## **AUTOSTRADA DEL BRENNERO**

**SOCIETÀ PER AZIONI CON SEDE IN TRENTO**

asportati dall'opera in corso di esecuzione, l'Impresa è tenuta a provvedere a sua cura e spese, al ripristino della parte manomessa.

Le prove sopradette, se necessario, potranno essere ripetute anche per materiali e forniture della stessa specie e provenienza, sempre a spese dell'Impresa. L'esito favorevole delle prove, anche se effettuate nel cantiere, non esonera l'Impresa da ogni responsabilità nel caso che, nonostante i risultati ottenuti, non si raggiungano nelle opere i prescritti requisiti. Potrà essere ordinata la conservazione dei campioni, munendoli di sigilli e firma del Direttore Lavori e del Responsabile del cantiere per conto dell'Impresa, al fine di garantirne l'autenticità.

L'accettazione dei materiali, che normalmente è definitiva dopo che i materiali sono posti in opera, non può mai pregiudicare il diritto della D.L. di rifiutare in qualsiasi tempo, anche se già posti in opera e fino a collaudo definitivo, i materiali che non corrispondessero ai requisiti ed alle caratteristiche contrattuali. I materiali di rifiuto, come sopra detto, devono essere allontanati dal cantiere entro il termine fissato dalla Direzione Tecnica a completa cura e spese dell'Impresa.

In caso di inadempienza vi provvederà la Direzione dei Lavori a totale spesa dell'Impresa.

### **ART. 3. NORME DI RIFERIMENTO PER L'ACCETTAZIONE DEI MATERIALI**

I materiali e le forniture da impiegare nella realizzazione delle opere devono rispondere alle prescrizioni contrattuali ed in particolare alle indicazioni del progetto esecutivo, e possedere le caratteristiche stabilite dalle leggi, dai regolamenti, dalle Norme armonizzate e dalle norme UNI vigenti in materia, anche se non espressamente richiamate nel presente Capitolato Speciale d'Appalto.

In assenza di nuove ed aggiornate norme, il Direttore dei Lavori potrà riferirsi alle norme ritirate o sostitutive.

Salvo diversa indicazione, i materiali e le forniture proverranno da quelle località che l'Appaltatore riterrà di sua convenienza, purché, ad insindacabile giudizio della Direzione dei Lavori, ne sia riconosciuta l'idoneità e la rispondenza ai requisiti prescritti dagli accordi contrattuali.

L'Appaltatore è obbligato a prestarsi, in qualsiasi momento, ad eseguire o a far eseguire presso il laboratorio di cantiere, presso gli stabilimenti di produzione o presso gli Istituti autorizzati, tutte le prove prescritte dal presente Capitolato o dalla Direzione dei Lavori, sui materiali impiegati o da impiegarsi, nonché sui manufatti, sia prefabbricati che realizzati in opera e sulle forniture in generale.

Il prelievo dei campioni, da eseguire secondo le norme regolamentari ed UNI vigenti, verrà effettuato in contraddittorio con l'impresa sulla base della redazione di Verbale di prelievo.

Si precisa che per i riferimenti a norme non datati vale l'ultima edizione della pubblicazione alla quale si fa riferimento.

### **ART. 4. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI**

I materiali ed i prodotti per uso strutturale utilizzati dovranno essere identificati, qualificati ed accettati in conformità alle Norme tecniche per le costruzioni (D.M. 17 gennaio 2018 Aggiornamento delle "Norme tecniche per la costruzione").

L'identificazione e la qualifica dei materiali dovranno essere effettuate in conformità al Regolamento (UE) n.305/2011 del Parlamento europeo e del Consiglio del 9 marzo 2011 che fissa condizioni armonizzate per la commercializzazione dei prodotti da costruzione, di seguito Regolamento prodotti da costruzione CPR 305/11.

Qualora il materiale da utilizzare sia compreso nei prodotti coperti dal predetto Regolamento, ciascuna fornitura dovrà essere accompagnata dalla Marcatura CE attestante la conformità all'Appendice ZA delle singole Norme armonizzate, secondo il sistema di attestazione previsto dalla normativa vigente. L'Impresa dovrà fornire alla DL la Dichiarazione di Prestazione (DoP) relativa ai singoli materiali impiegati, siano essi prodotti che materiali costituenti.

I materiali da impiegare nei lavori dovranno corrispondere ai requisiti generali di seguito indicati.



# AUTOSTRADA DEL BRENNERO

SOCIETÀ PER AZIONI CON SEDE IN TRENTO

## 4.1. MATERIALI ELEMENTARI

### 4.1.1. Acqua per gli impasti

L'acqua per gli impasti deve essere dolce, limpida, priva di sali (particolarmente solfati e cloruri) in percentuali dannose, di materie terrose e non essere aggressiva e rispondere ai requisiti stabiliti dalle Norme Tecniche emanate in applicazione dell'art. 21 della legge 1086 del 05.11.1971 (D.M. 14.02.1992, UNI EN 1008 e successivi aggiornamenti).

L'acqua, a discrezione della direzione dei lavori, in base al tipo di intervento o uso potrà essere trattata con speciali additivi per evitare l'insorgere di reazioni chimico-fisiche al contatto con altri componenti d'impasto.

### 4.1.2. Aggregati

Gli aggregati utilizzati per la produzione di calcestruzzo, di conglomerati bituminosi e per la formazione delle fondazioni stradali dovranno soddisfare i requisiti stabiliti dalle seguenti Norme armonizzate:

- <b>UNI EN 12620</b>	<i>Aggregati per calcestruzzo;</i>
- <b>UNI EN 13043</b>	<i>Aggregati per miscele bituminose e trattamenti superficiali per strade, aeroporti ed altre aree soggette a traffico;</i>
- <b>UNI EN 13055 – Parte 1</b>	<i>Aggregati leggeri per calcestruzzo, malta e malta per iniezione;</i>
- <b>UNI EN 13055 – Parte 2</b>	<i>Aggregati leggeri per miscele bituminose, trattamenti superficiali e per applicazioni in strati legati e non legati;</i>
- <b>UNI EN 13139</b>	<i>Aggregati per malta;</i>
- <b>UNI EN 13383 – Parte 1</b>	<i>Aggregati per opere di protezione (armourstone). Specifiche;</i>
- <b>UNI EN 13242</b>	<i>Aggregati per materiali non legati e legati con leganti idraulici per l'impiego in opere di ingegneria civile e nella costruzione di strade.</i>

Gli aggregati naturali, tal quali o di frantumazione, devono essere costituiti da elementi non gelivi e non friabili, privi di sostanze organiche, limose ed argillose, di gesso, ecc., in proporzioni nocive all'indurimento del conglomerato cementizio o alla conservazione delle armature.

Gli aggregati grossi, ghiaia e pietrisco, devono avere dimensioni massime commisurate alle caratteristiche geometriche della carpenteria del getto e all'ingombro delle armature, devono essere compatibili con le destinazioni di impiego (calcestruzzi o conglomerati bituminosi), devono essere lavati con acqua dolce qualora ciò sia necessario per eliminare materie nocive.

Gli aggregati grossi devono essere bene assortiti, formati da elementi resistenti e non gelivi, scevri da sostanze estranee, da parti friabili o terrose, o comunque dannose.

Gli aggregati devono provenire dalla frantumazione di roccia compatta, non gessosa né geliva, o dalla lavorazione di terreni; non devono contenere impurità né materie polverulenti.

Nella produzione delle miscele bituminose non è consentito l'impiego di aggregati riciclati, risultanti dalla lavorazione di materiale inorganico precedentemente utilizzato nelle costruzioni, e di aggregati industriali, derivanti da un processo industriale che implica una modificazione termica o di altro tipo (es. scorie di altoforno).

La sabbia per malte dovrà essere priva di sostanze organiche, terrose o argillose, solfati ed avere dimensione massima dei grani di 2 mm per murature in genere, di 1 mm per gli intonaci e murature di paramento o in pietra da taglio. La sabbia naturale o artificiale deve risultare bene assortita in grossezza e costituita di grani resistenti, non provenienti da roccia decomposta o gessosa. Essa deve essere scricchiolante alla mano, non lasciare traccia di sporco, non contenere materie organiche, melmose o comunque dannose; deve essere lavata con acqua dolce, qualora ciò sia necessario, per eliminare materie nocive.

L'Appaltatore non può impiegare sabbie di mare che non siano state preventivamente lavate a fondo con acqua dolce e sabbie contenenti conchiglie.

In via preliminare, la Direzione dei Lavori potrà accertare le caratteristiche delle cave di provenienza del materiale per accertare l'uniformità della roccia, dei sistemi di coltivazione e di frantumazione, prelevando dei campioni da sottoporre alle prove necessarie per caratterizzare la roccia in relazione all'impiego. Il prelevamento di campioni potrà essere omesso quando le caratteristiche del materiale risultano da certificato emesso in seguito ad esami fatti eseguire da amministrazioni pubbliche, a seguito di sopralluoghi nelle cave ed i risultati di tali indagini siano ritenute idonee dalla direzione dei lavori.

Il prelevamento dei campioni di sabbia normalmente deve avvenire dai cumuli sul luogo di impiego, diversamente può avvenire dai mezzi di trasporto ed eccezionalmente dai sili. La fase di prelevamento non deve alterare le caratteristiche del materiale ed in particolare la variazione della sua composizione granulometrica e perdita di materiale fine. I metodi di prova riguardano l'analisi granulometrica e la massa volumica reale.

# AUTOSTRADA DEL BRENNERO

SOCIETÀ PER AZIONI CON SEDE IN TRENTO

## 4.1.3. Cemento e calce

### 4.1.3.1. Cemento

Dovranno essere impiegati esclusivamente i leganti idraulici previsti dalle disposizioni vigenti in materia (Legge 26 agosto 1965 n. 595 e norme armonizzate della serie EN 197), dotati di attestato di conformità a 1 sensi delle norme UNI EN 197-1 ed UNI EN 197-2.

### CLASSIFICAZIONE DEI CEMENTI

Ai sensi della legge 26 maggio 1965, n. 595, i cementi sono classificati in:

A Cementi normali e ad alta resistenza

- a) Portland;
- b) pozzolanico;
- c) d'altoforno.

B Cemento alluminoso

C Cemento per sbarramenti di ritenuta

- a) Portland;
- b) pozzolanico;
- c) d'altoforno.

D Agglomeranti cementizi

- a) a lenta presa;
- b) a rapida presa.

### DEFINIZIONI

I legami idraulici sopra nominati rispondono alle seguenti definizioni:

A) *Cementi*

- a) Cemento portland – Per cemento portland si intende il prodotto ottenuto per macinazioni di clinker (consistente essenzialmente in silicati idraulici di calcio), con aggiunta di gesso o anidride dosata nella quantità necessaria per regolarizzare il processo di idratazione.
- b) Cemento pozzolanico – Per cemento pozzolanico si intende la miscela omogenea ottenuta con la macinazione di clinker portland e di pozzolana o di altro materiale a comportamento pozzolanico, con la quantità di gesso o anidrite necessaria a regolarizzare il processo di idratazione.
- c) Cemento d'altoforno – per cemento d'altoforno si intende la miscela omogenea ottenuta con la macinazione di clinker portland e di loppa basica granulata di altoforno, con la quantità di gesso o di anidrite necessaria per regolarizzare il processo di idratazione.

B) *Cemento alluminoso*

Per cemento alluminoso s'intende il prodotto ottenuto con la macinazione di clinker costituito essenzialmente da alluminati idraulici di calcio.

C) *Cementi per sbarramenti di ritenuta*

Per cementi per sbarramenti di ritenuta, la cui costruzione è soggetta al regolamento approvato con D.P.R. 1/11/1959 n°1363, si intendono quei cementi normali, di cui alla lettera A), i quali abbiano i particolare valori minimi di resistenza alla compressione prescritti dalle norme vigenti

D) *Agglomeranti cementizi*

Per agglomeranti cementizi si intendono i leganti idraulici che presentano resistenze fisiche inferiori o requisiti chimici diversi da quelli che verranno stabiliti per i cementi normali di cui alla lettera A). Per le resistenze minime ed i requisiti chimici degli agglomeranti cementizi si rinvia al D.M. vigente.

### FORNITURA

I cementi e gli agglomeranti cementizi in polvere debbono essere forniti:

- a) in sacchi sigillati;
- b) in imballaggi speciali a chiusura automatica a valvola che non possono essere aperti senza lacerazione;
- c) alla rinfusa.

## AUTOSTRADA DEL BRENNERO

SOCIETÀ PER AZIONI CON SEDE IN TRENTO

Se i leganti idraulici sono forniti in sacchi sigillati, essi dovranno essere del peso di 50 kg chiusi con legame munito di sigillo. Il sigillo deve portare impresso in modo indelebile il nome della ditta fabbricante e del relativo stabilimento nonché la specie del legante.

Deve essere inoltre fissato al sacco, a mezzo del sigillo, un cartellino resistente sul quale saranno indicati con caratteri a stampa chiari e indelebili:

- la qualità del legante;
- lo stabilimento produttore;
- la quantità d'acqua per la malta normale;
- le resistenze minime a trazione e a compressione dopo 28 giorni di stagionatura dei provini.

Se i leganti sono forniti in imballaggi speciali a chiusura automatica a valvola che non possono essere aperti senza lacerazione, le indicazioni di cui sopra debbono essere stampate a grandi caratteri sugli imballaggi stessi.

I sacchi debbono essere in perfetto stato di conservazione; se l'imballaggio fosse comunque manomesso o il prodotto avariato, la merce può essere rifiutata.

Se i leganti sono forniti alla rinfusa, la provenienza e la qualità degli stessi dovranno essere dichiarate con documenti di accompagnamento della merce. La qualità potrà essere accertata mediante prelievo di campioni e loro analisi.

### ACCERTAMENTO DEI REQUISITI D'ACCETTAZIONE DEI CEMENTI

Per l'accertamento dei requisiti d'accettazione dei cementi, degli agglomerati cementizi e della calce idrauliche in polvere, le prove debbono essere eseguite su materiale proveniente da un campione originario di almeno 50 kg di legante prelevato da dieci sacchi per ogni partita di mille sacchi o frazione. In caso di contestazione sull'omogeneità del prodotto, saranno prelevati in contraddittorio, e per ogni mille sacchi, altri due sacchi e sul campione prelevato da ciascuno di essi verranno ripetute le prove normali.

Qualora tutte le parti non siano presenti, la campionatura dovrà avvenire alla presenza di un notaio o di un ufficiale giudiziario.

Per le forniture di leganti alla rinfusa, la campionatura per le prove sarà effettuata all'atto della consegna, in contraddittorio fra le parti, mediante il prelievo di un campione medio in ragione di 10 kg per ogni 50 tonnellate o frazione.

Il campione per le prove sulle calce idrauliche naturali in zolle deve essere di 50 kg per ogni 10 tonnellate di calce, e deve essere preso con la pala da diversi punti del mucchio.

### MARCHIO DI CONFORMITÀ

L'attestato di conformità autorizza il produttore ad apporre il marchio di conformità sull'imballaggio e sulla documentazione di accompagnamento relativa al cemento certificato. Il marchio di conformità è costituito dal simbolo dell'organismo abilitato seguito da:

- nome del produttore e della fabbrica ed eventualmente del loro marchio o dei marchi di identificazione;
- ultime due cifre dell'anno nel quale è stato apposto il marchio di conformità;
- numero dell'attestato di conformità;
- descrizione del cemento;
- estremi del decreto.

Ogni altra dicitura è preventivamente sottoposta all'approvazione dell'organismo abilitato.

**Tabella 1. – Requisiti meccanici e fisici dei cementi (D.M. 12 luglio 1999, n. 314)**

Classe	Resistenza alla compressione (N/mm <sup>2</sup> )				Tempo inizio presa min	Espansione Mm
	Resistenza iniziale		Resistenza normalizzata			
	2 giorni	7giorni	28 giorni			
32,5	—	> 16	≥ 32,5	≤ 52,5	≥ 60	≤ 10
32,5 R	> 10	—				
4,25	> 10	—	≥ 42,5	≤ 62,5		
4,25 R	> 20	—				
52,5	> 20	—	≥ 52,5	—	≥ 45	
52.5 R	> 30	—				

**Tabella 2. – Requisiti chimici dei cementi (D.M. 12 luglio 1999, n. 314)**

Proprietà	Prova secondo	Tipo di cemento	Classe di resistenza	Requisiti
Perdita al fuoco	EN 196-2	CEM I – CEM III	Tutte le classi	≤ 5,0%
Residuo insolubile	EN 196-2	CEM I – CEM III	Tutte le classi	≤ 5,0%
Solfati come (SO <sub>3</sub> )	EN 196-2	CEM I CEM II (2) CEM IV CEM V	32,5	≤ 3,5%
			32,5 R	
			42,5	
			42,5 R	≤ 4,0%
			52,5	
			52,5 R	

# AUTOSTRADA DEL BRENNERO

SOCIETÀ PER AZIONI CON SEDE IN TRENTO

		CEM III (3)	Tutte le classi	
Cloruri	EN 196-21	Tutti i tipi (4)	Tutte le classi	$\leq 0,10\%$
Pozzolanicità	EN 196-5	CEM IV	Tutte le classi	Esito positivo della prova

1) I requisiti sono espressi come percentuale in massa  
2) Questa indicazione comprende i cementi tipo CEM II/A e CEM II/B, ivi compresi i cementi Portland composti contenenti solo un altro componente principale, per esempio II/A-S o II/B-V, salvo il tipo CEM II/B-T che può contenere fino al 4,5% di SO<sub>3</sub>, per tutte le classi di resistenza  
3) Il cemento tipo CEM III/C può contenere fino al 4,5% di SO<sub>3</sub>.  
4) Il cemento tipo CEM III può contenere più dello 0,100% di cloruri ma in tal caso si dovrà dichiarare il contenuto effettivo in cloruri.

**Tabella 3. – Valori limite dei cementi (D.M. 12 luglio 1999, n. 314)**

Proprietà		Valori limite					
		Classe di resistenza					
		32,5	32,5R	42,5	42,5R	52,5	42,5R
Limite inferiore di resistenza (N/mm2)	2 giorni	–	8,0	8,0	18,0	18,0	28,0
	7 giorni	14,0	–	–	–	–	–
	28 giorni	30,0	30,0	40,0	40,0	50,0	50,0
Tempo di inizio presa – Limite inferiore (min)		45			40		
Stabilità (mm) – Limite superiore		11					
Contenuto di SO3 (%) Limite superiore	Tipo I Tipo II (1) Tipo IV Tipo V	4,0			4,5		
	Tipo III/A Tipo III/B	4,5					
	Tipo III/C	5,0					
	Contenuto di cloruri (%) – Limite superiore (2)	0,11					
Pozzolanicità		Positiva a 15 giorni					

(1) Il cemento tipo II/B può contenere fino al 5% di SO<sub>3</sub> per tutte le classi di resistenza

(2) Il cemento tipo III può contenere più dello 0,11% di cloruri, ma in tal caso deve essere dichiarato il contenuto reale di cloruri.

## 4.1.3.2. Calce

Le calce impiegate devono avere le caratteristiche ed i requisiti prescritti dal R.D. 16 novembre 1939, n. 2231, (aggiornato alla G.U. 29 agosto 2000) recante norme per l'accettazione delle calce.

## 4.1.4. Additivi e leganti additivati premiscelati per impasti cementizi

### 4.1.4.1. Additivi fluidificanti, superfluidificanti, aeranti, ritardanti, acceleranti, antigelo, ed agenti espansivi per impasti cementizi

Gli additivi per impasti cementizi si intendono classificati come segue: fluidificanti; aeranti; ritardanti; acceleranti; fluidificanti-aeranti; fluidificanti-ritardanti; fluidificanti-acceleranti; antigelo-superfluidificanti.

Per le modalità di controllo ed accettazione il direttore dei lavori potrà far eseguire prove o accettare l'attestazione di conformità alle norme vigenti.

Per quanto non specificato dovranno corrispondere alle prescrizioni delle norme UNI EN 934 e UNI 10765.

I conglomerati cementizi per strutture in cemento armato devono rispettare tutte le prescrizioni di cui al D.M. 14 settembre 2005, in particolare l'impiego di eventuali additivi dovrà essere subordinato all'accertamento dell'assenza di ogni pericolo di aggressività.

Gli additivi devono possedere le seguenti caratteristiche:

- essere opportunamente dosati rispetto alla massa del cemento
- non contenere componenti dannosi alla durabilità del calcestruzzo
- provocare la corrosione dei ferri d'armatura
- interagire sul ritiro o sull'espansione del calcestruzzo, in tal caso si dovrà procedere alla determinazione della stabilità dimensionale.

## ADDITIVI ACCELERANTI

Il dosaggio degli additivi acceleranti dovrà essere contenuto tra 0,5 e 2% (ovvero come indicato dal fornitore) sul peso del cemento, in caso di prodotti che non contengono cloruri. Tali valori possono essere incrementati fino al 4%. Per evitare concentrazioni del prodotto prima dell'uso, esso dovrà essere opportunamente diluito.

La direzione dei lavori si riserva di verificare la loro azione prima dell'impiego, mediante:

- l'esecuzione di prove di resistenza meccanica del calcestruzzo secondo le norme vigenti previste
- determinazione dei tempi di inizio e fine presa del calcestruzzo additivato mediante la misura della resistenza alla penetrazione, da eseguire con riferimento alla norma UNI 7123.

## ADDITIVI RITARDANTI

Gli additivi ritardanti sono da utilizzarsi per il trasporto del calcestruzzo in betoniera al fine di ritardarne

## **AUTOSTRADA DEL BRENNERO**

**SOCIETÀ PER AZIONI CON SEDE IN TRENTO**

l'indurimento.

La direzione dei lavori si riserva di verificare la loro azione prima dell'impiego, mediante:

- l'esecuzione di prove di resistenza meccanica del calcestruzzo secondo le norme vigenti previste
- determinazione dei tempi di inizio e fine presa del calcestruzzo additivato mediante la misura della resistenza alla penetrazione, da eseguire con riferimento alla norma UNI 7123.

Le prove di resistenza a compressione di regola devono essere eseguite dopo la stagionatura di 28 giorni, la presenza dell'additivo non deve comportare diminuzione della resistenza del calcestruzzo.

### **ADDITIVI ANTIGELO**

Gli additivi antigelo sono da utilizzarsi nel caso di getto di calcestruzzo effettuato in periodo freddo, previa autorizzazione della direzione dei lavori.

Il dosaggio degli additivi antigelo dovrà essere contenuto tra 0,5 e 2% (ovvero come indicato dal fornitore) sul peso del cemento che dovrà essere del tipo ad alta resistenza e in dosaggio superiore rispetto alla norma. Per evitare concentrazioni del prodotto prima dell'uso, esso dovrà essere opportunamente miscelato al fine di favorire la solubilità a basse temperature.

In generale per quanto non specificato si rimanda alle seguenti norme UNI 7109, UNI 7120 e UNI 7123.

La direzione dei lavori si riserva di verificare la loro azione prima e dopo l'impiego, mediante:

- l'esecuzione di prove di resistenza meccanica del calcestruzzo secondo le norme vigenti previste.

Le prove di resistenza a compressione di regola devono essere eseguite dopo la stagionatura di 28 giorni, la presenza dell'additivo non deve comportare diminuzione della resistenza del calcestruzzo.

### **ADDITIVI FLUIDIFICANTI E SUPERFLUIDIFICANTI**

Gli additivi fluidificanti sono da utilizzarsi per aumentare la fluidità degli impasti, mantenendo costante il rapporto acqua/cemento e la resistenza del calcestruzzo, previa autorizzazione della direzione dei lavori.

Il dosaggio degli additivi fluidificanti dovrà essere contenuto tra 0,2 e 0,3% (ovvero come indicato dal fornitore) sul peso del cemento. Gli additivi superfluidificanti vengono aggiunti in quantità superiori al 2% rispetto al peso del cemento.

In generale per quanto non specificato si rimanda alla norma UNI EN 934-2.

La direzione dei lavori si riserva di verificare la loro azione prima e dopo l'impiego, con riferimento alle norme – UNI EN 12350-5 e UNI 7122.

### **ADDITIVI AERANTI**

Gli additivi aeranti sono da utilizzarsi per migliorare la resistenza del calcestruzzo ai cicli di gelo e disgelo, previa autorizzazione della direzione dei lavori. La quantità dell'aerante deve essere compresa tra 0,005 e 0,05% (ovvero come indicato dal fornitore) sul peso del cemento.

La direzione dei lavori si riserva di verificare la loro azione prima e dopo l'impiego, con riferimento alle norme: UNI EN 12350-7, UNI 7087 e UNI 7122.

Le prove di resistenza a compressione di regola devono essere eseguite dopo la stagionatura del calcestruzzo e non prima di 28 giorni.

### **AGENTI ESPANSIVI**

Gli agenti espansivi sono da utilizzarsi per aumentare il volume del calcestruzzo sia in fase plastica che indurito, previa autorizzazione della direzione dei lavori. La quantità dell'aerante deve essere compresa tra 7 e 10% (ovvero come indicato dal fornitore) sul peso del cemento.

In generale per quanto non specificato si rimanda alle seguenti norme: UNI 8146, UNI 8147, UNI 8148, UNI 8149, UNI 7123.

La direzione dei lavori si riserva di verificare la loro azione prima e dopo l'impiego con riferimento al D.M. 9 gennaio 1996.

Le prove di resistenza a compressione di regola devono essere eseguite dopo la stagionatura del calcestruzzo e non prima di 28 giorni.

#### **4.1.4.2. Leganti idraulici additivati premiscelati in stabilimento**

Per la confezione di conglomerato cementizio di particolari caratteristiche - "reoplastici", a ritiro compensato, ecc. - potrà essere richiesto nella relativa voce di elenco prezzi l'impiego di legante già premiscelato a secco in stabilimento con tutti gli additivi necessari per dare le caratteristiche specificate nella suddetta voce di elenco. Legante ed additivi dovranno essere conformi a quanto già specificato ed essere dosati in quantità tali da conferire al conglomerato cementizio prodotto le caratteristiche tecniche richieste. Il legante premiscelato con gli additivi dovrà essere fornito in sacchi sui quali siano indicate chiaramente le caratteristiche ed il contenuto in peso di legante idraulico nonché le modalità d'impiego consigliate dalla ditta fornitrice.

# AUTOSTRADA DEL BRENNERO

SOCIETÀ PER AZIONI CON SEDE IN TRENTO

## 4.1.5. Materiali metallici

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

### 4.1.5.1. Acciaio per barriere di sicurezza

L'acciaio utilizzato sarà acciaio autopassivante tipo "S355J0WP", oppure, a seconda delle indicazioni progettuali o della D.L., acciaio con  $f_{yk} \geq 275 \text{ N/mm}^2$ , zincato a caldo con un ricoprimento di zinco minimo pari a 300 gr/mq su ogni faccia sia esterna che interna dell'elemento.

Nel caso di acciaio autopassivante dovranno essere verificate le seguenti caratteristiche chimiche e meccaniche (UNI EN 10025-5):

### Composizione chimica all'analisi di colata (Prospetto 2)

Designazione		Metodo di deossidazione a)	C % max.	Si % max.	Mn %	P % b)	S % max. b)	N % max.	Aggiunta di elementi che fissano l'azoto c)	Cr %	Cu %	Altri
In conformità a EN 10027-1 e CR 10260	In conformità a EN 10027-2											
S355J0WP	1.8945	FN	0,12	0,75	max. 1,0	0,06-0,15	0,035	0,009 g)	-	0,30-1,25	0,25-0,55	e)
a) FN = acciai effervescenti non ammessi; FF = acciaio interamente calmato. b) Per i prodotti lunghi, il tenore di P e S può essere maggiore dello 0,005%. c) Gli acciai devono contenere almeno uno dei seguenti elementi: Al totale $\geq 0,020\%$ , Nb: 0,015-0,060%, V: 0,02-0,12%, Ti: 0,02-0,10%. Se questi elementi sono utilizzati in combinazione, almeno uno di loro deve essere presente con il tenore minimo indicato. e) Gli acciai possono presentare un tenore massimo di Ni pari allo 0,65%. g) Il valore massimo relativo all'azoto non trova applicazione se la composizione chimica comporta un tenore minimo totale di Al dello 0,020% oppure se sono presenti altri elementi che fissano l'azoto in quantità sufficienti. Gli elementi che fissano l'azoto devono essere indicati nel documento di controllo.												

### Composizione chimica all'analisi di prodotto (Prospetto 3)

Designazione		Metodo di deossidazione a)	C % max.	Si % max.	Mn %	P % b)	S % max. b)	N % max.	Aggiunta di elementi che fissano l'azoto c)	Cr %	Cu %	Altri
In conformità a EN 10027-1 e CR 10260	In conformità a EN 10027-2											
S355J0WP	1.8945	FN	0,15	0,80	max. 1,1	0,05-0,16	0,040	0,010 g)	-	0,25-1,35	0,20-0,60	e)
a) FN = acciai effervescenti non ammessi; FF = acciaio interamente calmato. b) Per i prodotti lunghi, il tenore di P e S può essere maggiore dello 0,005%. c) Gli acciai devono contenere almeno uno dei seguenti elementi: Al totale $\geq 0,020\%$ , Nb: 0,010-0,065%, V: 0,01-0,14%, Ti: 0,01-0,12%. Se questi elementi sono utilizzati in combinazione, almeno uno di loro deve essere presente con il tenore minimo indicato. e) Gli acciai possono presentare un tenore massimo di Ni pari allo 0,70%. g) Il valore massimo relativo all'azoto non trova applicazione se la composizione chimica comporta un tenore minimo totale di Al dello 0,020% oppure se sono presenti altri elementi che fissano l'azoto in quantità sufficienti. Gli elementi che fissano l'azoto devono essere indicati nel documento di controllo.												

### Caratteristiche meccaniche a temperatura ambiente per prodotti lunghi e piani (Prospetto 4)

Designazione		Carico unitario minimo di snervamento $R_{eH}$ a) N/mm <sup>2</sup>					Resistenza a trazione $R_m$ a) N/mm <sup>2</sup>		Posizione dei provini a)	Allungamento percentuale minimo dopo rottura a) %					
In conformità a EN 10027-1 e CR 10260	In conformità a EN 10027-2	Spessore nominale mm					Spessore nominale mm			$L_0 = 80$ mm Spessore nominale mm			$L_0 = 5,65\sqrt{S_0}$ Spessore nominale mm		
		≤16	>16 ≤40	>40 ≤63	>63 ≤80	>80 ≤100	<3	≥3 ≤100		>1,5 ≤2	>2 ≤2,5	>2,5 ≤3	≥3 ≤40	>40 ≤63	>63 ≤100
S355J0WP	1.8945	355	345 <sub>c)</sub>	-	-	-	510-680	470-630 <sub>c)</sub>	l t	16 14	17 15	18 16	22 <sub>c)</sub> 20	-	-
a) Per lamiere, nastri e larghi piatti di larghezze ≥600 mm, si applica la trasversale (t) alla direzione di laminazione. Per tutti gli altri prodotti, si applicano i valori per la direzione parallela (l) alla direzione di laminazione. c) - per prodotti piani: applicabile fino a 12 mm. - per prodotti lunghi: applicabile fino a 40 mm.															

### Caratteristiche meccaniche – Resilienza KV longitudinale per prodotti lunghi e piani (Prospetto 5)

Designazione		Temperatura °C	Resilienza minima a) J
In conformità a EN 10027-1 e CR 10260	In conformità a EN 10027-2		
S355J0WP b)	1.8945	0	27
S355J2WP b)	1.8946	-20	27
a) Per spessori nominali $\leq 12 \text{ mm}$ , vedere punto 7.3.2.1 della EN 10025-1:2004. b) I valori di resilienza devono essere concordati all'atto dell'ordine.			

# AUTOSTRADA DEL BRENNERO

SOCIETÀ PER AZIONI CON SEDE IN TRENTO

**Tolleranze di spessore:** saranno considerate in base alla Norma UNI EN 10051 (per laminati a caldo) e UNI EN 10219-2 per profilati. Gli spessori in ogni caso devono essere superiori o uguali a quelli nominali.

**Piegatura a freddo:** si raccomanda di usare i parametri esposti nella seguente tabella:

spess. (mm)	2-3	4	5	6	7	8	10	12
raggio (mm)	4	8	10	12	21	24	30	36

**Collaudi e documenti tecnici:** la qualità delle materie prime deve essere certificata dai relativi Produttori o da Enti o Laboratori Ufficiali di cui all'art. 20 L. 1086/71 o autorizzati con Decreto del Ministero dei Lavori Pubblici, secondo le modalità previste dal D.M. 17 gennaio 2018.

## 4.1.5.2. Acciai per cemento armato

### REQUISITI PRINCIPALI

Gli acciai per cemento armato dovranno essere conformi alla UNI EN 10080.

E' ammesso esclusivamente l'impiego di acciai saldabili. Non si devono porre in opera armature ossidate, corrosive, recanti difetti superficiali, che ne riducano la resistenza o ricoperte da sostanze che possano ridurne sensibilmente l'aderenza al conglomerato.

Il D.M. 17 gennaio 2018 permette l'utilizzo di acciaio laminato a caldo, denominato B450C, e trafilato a freddo, denominato B450A, che deve rispettare i requisiti indicati nella seguente tabella:

**Tabella 1. – Caratteristiche meccaniche**

Tipo di acciaio	B450C	B450A
Tensione caratteristica di snervamento $f_{yk}$ N/mm <sup>2</sup>	$\geq f_{y\ nom} = 450$	$\geq f_{y\ nom} = 450$
Tensione caratteristica a carico massimo $f_{tk}$ N/mm <sup>2</sup>	$\geq f_{t\ nom} = 540$	$\geq f_{t\ nom} = 540$
$(f_t/f_y)_k$	$\geq 1.15$ $< 1.35$	$\geq 1.05$
$(f_y/f_{y\ nom})_k$	$\leq 1.25$	$\leq 1.25$
Allungamento $(A_{gt})_k$	$\geq 7.5\ %$	$\geq 2.5\ %$
Diametro del mandrino per prove di piegamento a 90° e successivo raddrizzamento senza cricche: $\phi < 12\ mm$ $12 \leq \phi \leq 16$ $16 < \phi \leq 25$ $25 < \phi \leq 40$	4 $\phi$ 5 $\phi$ 8 $\phi$ 10 $\phi$	4 $\phi$ ( $\phi \leq 10\ mm$ )

Si devono usare barre di diametro compreso tra 6 e 40 mm (B450C) e tra 5 e 10 mm (B450A).

Tutti gli acciai per cemento armato dovranno essere ad aderenza migliorata, aventi cioè una superficie dotata di nervature trasversali atte ad aumentare l'aderenza al conglomerato cementizio e sono caratterizzate dal diametro  $\emptyset$  della barra tonda equipesante, calcolato nell'ipotesi che la densità dell'acciaio sia pari a 7,85 kg/dm<sup>3</sup>.

Per l'accertamento delle proprietà meccaniche vale quanto indicato nelle UNI EN ISO 15630-1 e -2.

### RETI E TRALICCI DI ACCIAIO ELETTROSALDATI

Le reti ed i tralicci devono avere fili elementari di diametro  $\emptyset$  compreso tra 6 e 16 mm (B450C) e tra 5 e 10 mm (B450A) e devono avere un'equidistanza delle barre non superiore a 330 mm.

I nodi delle reti devono resistere ad una forza di distacco determinata in accordo con la UNI EN ISO 15630-2 pari al 30% della forza di snervamento della barra di diametro maggiore.

**Tabella 2. – Peso delle reti elettrosaldate**

Diametr o $\emptyset$ mm	Peso barra kg/m	Peso in una direzione Kg/m <sup>2</sup>								
		Interasse tondini in mm								
		50	75	100	125	150	200	250	300	350

# AUTOSTRADA DEL BRENNERO

SOCIETÀ PER AZIONI CON SEDE IN TRENTO

4	0,099	1,98	1,32	0,99	0,79	0,66	0,49	0,39	0,33	0,28
5	0,154	3,08	2,05	1,54	1,23	1,03	0,77	0,62	0,51	0,44
6	0,222	4,44	2,96	2,22	1,78	1,48	1,11	0,89	0,75	0,63
7	0,302	6,04	4,03	3,02	2,42	2,01	1,51	1,21	1,01	0,86
8	0,394	7,89	5,26	3,94	3,15	2,63	1,97	1,58	1,31	1,13
9	0,499	9,98	6,60	4,99	4,00	3,30	2,49	1,98	1,65	1,43
10	0,617	12,30	8,18	6,17	4,93	4,09	3,08	2,45	2,04	1,76
11	0,746	14,90	9,84	7,46	5,97	4,92	3,73	2,96	2,46	2,13
12	0,888	17,80	11,80	8,88	7,10	5,88	4,44	3,52	2,94	2,54

**Tabella 3. – Sezioni delle reti elettrosaldate**

Diametro Ø mm	Sezione barra cm <sup>2</sup>	cm <sup>2</sup> per metro								
		Barre portanti					Barre trasversali			
		50	75	100	125	150	200	250	300	350
4	0,126	2,52	1,68	1,26	1,01	0,84	0,63	0,50	0,42	0,36
5	0,196	3,93	2,62	1,96	1,57	1,31	0,98	0,79	0,65	0,56
6	0,283	5,65	3,77	2,83	2,30	1,88	1,41	1,13	0,94	0,81
7	0,385	7,69	5,13	3,85	3,00	2,56	1,92	1,54	1,28	1,10
8	0,502	10,05	6,70	5,02	4,00	3,35	2,51	2,01	1,67	1,43
9	0,635	12,70	8,45	6,35	5,10	4,23	3,18	2,54	2,12	1,81
10	0,785	15,70	10,50	7,85	6,30	5,22	3,92	3,14	2,61	2,24
11	0,947	18,90	12,60	9,47	7,60	6,31	4,74	3,79	3,15	2,71
12	1,130	22,60	15,10	11,30	9,10	7,53	5,65	4,52	3,76	3,23

## SALDABILITÀ

L'analisi chimica effettuata su colata e l'eventuale analisi chimica di controllo effettuata sul prodotto finito deve soddisfare le limitazioni riportate nella tabella seguente, dove il calcolo del carbonio equivalente  $C_{eq}$  è effettuato con la seguente formula:

$$C_{eq} = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Cr + Mo + V}{5} + \frac{Ni + Cu}{15}$$

in cui i simboli chimici denotano il contenuto degli stessi espresso in percentuale.

**Tabella 4. – Requisiti accettazione analisi chimiche**

Elementi	Massimo contenuto di elementi chimici in %		
		Analisi di prodotto	Analisi di colata
Carbonio	C	0,24	0,22
Fosforo	P	0,055	0,050
Zolfo	S	0,055	0,050
Rame	Cu	0,85	0,80
Azoto	N	0,014	0,012
Carbonio equivalente	$C_{eq}$	0,52	0,50

## ACCIAI INOSSIDABILI

E' ammesso l'uso di acciai inossidabili purché le caratteristiche meccaniche siano conformi a quelle relative agli acciai normali, con l'avvertenza di sostituire al termine  $f_t$  il termine  $f_{7\%}$ , ovvero la tensione corrispondente ad un allungamento  $A_{gt}=7\%$ .

La saldabilità di tali acciai va documentata attraverso prove di saldabilità certificate da un laboratorio qualificato ed effettuate secondo specifici procedimenti di saldatura previsti dal produttore.

## ACCIAI ZINCATI

E' ammesso l'uso di acciai zincati purché le caratteristiche fisiche, meccaniche e tecnologiche siano conformi a quelle relative agli acciai normali.

La qualificazione e, di conseguenza, la relativa verifica delle caratteristiche deve essere effettuata sul prodotto finito, dopo il procedimento di zincatura.



## AUTOSTRADA DEL BRENNERO

SOCIETÀ PER AZIONI CON SEDE IN TRENTO

### 4.1.5.3. Acciai per cemento armato precompresso

E' ammesso esclusivamente l'impiego di acciai qualificati.

#### CARATTERISTICHE DIMENSIONALI

Gli acciai per armature da precompressione sono generalmente forniti sotto forma di:

- *Filo*: prodotto trafilato di sezione piena che possa fornirsi in rotoli;
- *Barra*: prodotto laminato di sezione piena che possa fornirsi soltanto in forma di elementi rettilinei;
- *Treccia*: gruppi di 2 e 3 fili avvolti ad elica intorno al loro comune asse longitudinale; passo e senso di avvolgimento dell'elica sono eguali per tutti i fili della treccia;
- *Trefolo*: gruppi di fili avvolti ad elica intorno ad un filo rettilineo completamente ricoperto dai fili elicoidali. Il passo ed il senso di avvolgimento dell'elica sono eguali per tutti i fili di uno stesso strato.

I fili possono essere tondi o di altre forme; vengono individuati mediante il diametro nominale o il diametro nominale equivalente riferito alla sezione circolare equipesante.

Non è consentito l'uso di fili lisci nelle strutture precomprese ad armature pre-tese.

Le barre possono essere lisce, a filettatura continua o parziale, con risalti; vengono individuate mediante il diametro nominale.

Gli acciai possono essere forniti in rotoli (fili, trecce, trefoli), in bobine (trefoli), in fasci (barre).

I fili debbono essere forniti in rotoli di diametro tale che, all'atto dello svolgimento, allungati al suolo su un tratto di 10 m non presentino curvatura con freccia superiore a 400 mm; il produttore deve indicare il diametro minimo di avvolgimento.

Ciascun rotolo di filo liscio, ondulato o con impronte dovrà essere esente da saldature.

Sono ammesse le saldature di fili destinati alla fabbricazione di trecce e di trefoli se effettuate prima della trafilatura; per trefoli sono ammesse saldature anche durante l'operazione di cordatura purché tali saldature siano opportunamente distanziate e sfalsate.

All'atto della posa in opera gli acciai devono presentarsi privi di ossidazione, corrosione, difetti superficiali visibili, pieghe.

È tollerata un'ossidazione che scompaia totalmente mediante sfregamento con un panno asciutto.

Non è ammessa in cantiere alcuna operazione di raddrizzamento.

#### CARATTERISTICHE CHIMICHE, FISICHE E GEOMETRICHE

Gli acciai per armature da precompressione devono possedere proprietà meccaniche, garantite dal produttore, non inferiori a quelle indicate nella successiva tabella:

Tipo di acciaio	Barre	Fili	Trefoli	Trefoli a fili sagomati	Trecce
Tensione caratteristica di rottura..... $f_{ptk}$ N/mm <sup>2</sup>	≥ 1000	≥ 1570	≥ 1860	≥ 1820	≥ 1900
Tensione caratteristica allo 0.1% di deformazione residua..... $f_{p(0.1)k}$ N/mm <sup>2</sup>	-	≥ 1420	-	-	-
Tensione caratteristica all'1% di deformazione totale..... $f_{p(1)k}$ N/mm <sup>2</sup>	-	-	≥ 1670	≥ 1620	≥ 1700
Tensione caratteristica di snervamento..... $f_{pyk}$ N/mm <sup>2</sup>	≥ 800	-	-	-	-
Allungamento sotto carico massimo..... $A_{gt}$	≥ 3,5	≥ 3,5	≥ 3,5	≥ 3,5	≥ 3,5

Per il modulo di elasticità si farà riferimento al catalogo del fornitore.

Le grandezze di seguito elencate devono formare oggetto di garanzia da parte del produttore (dichiarazione in originale) ed i corrispondenti valori garantiti figurare nel catalogo del produttore stesso:

$\phi$  (diametro), A (sezione),  $f_{ptk}$  (tensione di rottura),  $f_{p(0.1)k}$  (limite elastico allo 0.1%),  $f_{pyk}$  (tensione di snervamento),  $f_{p(1)k}$  (tensione corrispondente all'1%),  $A_{gt}$  (allungamento sotto carico massimo),  $E_p$  (modulo di elasticità),  $I$  ( ),  $\alpha$  (prova di piegamento a 180°), N (prova di piegamento alternato), L (resistenza a fatica), r (rilassamento a temperatura ordinaria).

#### CADUTE DI TENSIONE PER RILASSAMENTO

In assenza di dati sperimentali afferenti al lotto considerato, la caduta di tensione per rilassamento a tempo infinito  $\Delta\sigma_{pr,\infty}$  ad una temperatura di 20°C e per una tensione iniziale  $\sigma_{pi} = 0.75 f_{ptk}$  può assumersi pari ai valori riportati nella seguente tabella.

# AUTOSTRADA DEL BRENNERO

SOCIETÀ PER AZIONI CON SEDE IN TRENTO

Classe di armatura	$\Delta\sigma_{pr.\infty}/\sigma_{pi}$
Classe 1 – Trecce, filo o trefolo ordinario	0.21
Classe 2 – Trecce, filo o trefolo stabilizzato	0.05
Classe 3 – Barra laminata	0.10

## 4.1.5.4. Acciai per strutture in carpenteria metallica

### GENERALITÀ

Le norme prevedono l'impiego degli acciai indicati nei successivi punti dei quali vengono precisate le caratteristiche.

È consentito l'impiego di tipi di acciaio diversi da quelli previsti purché venga garantita alla costruzione, con adeguata documentazione teorica e sperimentale, una sicurezza non minore di quella prevista dalle norme vigenti.

Per l'accertamento delle caratteristiche meccaniche indicate nel seguito, il prelievo dei saggi, la posizione nel pezzo da cui essi devono essere prelevati, la preparazione delle provette e le modalità di prova saranno rispondenti alle prescrizioni delle norme:

**UNI EN ISO 377** - Acciaio e prodotti di acciaio - Prelievo e preparazione dei saggi e delle provette per prove meccaniche.

**UNI ISO/TR 12735-2** - Prove meccaniche dei metalli. Simboli utilizzati e loro definizioni. Raccomandazioni per lo sviluppo dei simboli e delle definizioni.

**UNI EN ISO 6892-1** - Materiali metallici. Prova di trazione. Metodo di prova a temperatura ambiente.

**UNI EN 10045-1** - Materiali metallici. Prova di resilienza su provetta Charpy. Metodo di prova.

Le tolleranze di fabbricazione devono rispettare i limiti previsti dalla UNI EN 1090.

In sede di progettazione si possono assumere convenzionalmente i seguenti valori nominali delle proprietà del materiale:

modulo elastico

$$E = 210.000 \text{ N/mm}^2$$

modulo di elasticità trasversale

$$G = \frac{E}{2(1+\nu)} \text{ N/mm}^2$$

coefficiente di Poisson

$$\nu = 0.3$$

coefficiente di espansione termica lineare

$$\alpha = 12 \times 10^{-6} \text{ per } ^\circ\text{C}^{-1}$$

densità

$$\rho = 7850 \text{ kg/m}^3$$

### ACCIAIO LAMINATO

#### Prodotti piani e lunghi

Gli acciai di uso generale laminati a caldo, in profilati, barre, larghi piatti e lamiere, devono appartenere a uno dei tipi previsti nella norme EN 10025-1÷6 e devono essere in possesso di attestato di qualificazione.

Nelle tabelle seguenti sono riportate le caratteristiche meccaniche e la composizione chimica di quelli usati più frequentemente:

#### Caratteristiche meccaniche a temperatura ambiente per prodotti lunghi e piani

	Designazione			Carico unitario di snervamento N/mm <sup>2</sup>	Resistenza a trazione N/mm <sup>2</sup>	Allungamento percentuale a rottura %	Resilienza KV longitudinale	
	Tipo	In conformità a EN 10027-1	Norma	Spess. nominale ≤16 mm	Spess. nominale ≤100 mm (≥3 mm)	Spess. nominale ≤40 mm (≥3 mm)	Temperatura °C	Energia J
Acciaio da carpenteria	Fe360B	S235JR	UNI EN 10025-2	≥ 235	360-510	l ≥ 26	20	≥ 27
	Fe360C	S235J0				0	0	≥ 27
	Fe360D	S235J2				t ≥ 24	-20	≥ 27
	Fe430B	S275JR		≥ 275	410-560	l ≥ 23	20	≥ 27
	Fe430C	S275J0				0	0	≥ 27
	Fe430D	S275J2				t ≥ 21	-20	≥ 27
	Fe510B	S355JR		≥ 355	470-630	l ≥ 22	20	≥ 27
	Fe510C	S355J0				0	0	≥ 27
	Fe510D	S355J2				t ≥ 20	-20	≥ 27
Acciaio inox	AISI 316L		UNI EN 10088-1+3	≥ 200	450-700	35-40		
Acciaio Corten	Corten B (strutture)	S355J2G2W	UNI EN 10025-5	≥ 355	470-630	l ≥ 22 t ≥ 20	-20	≥ 27

# AUTOSTRADA DEL BRENNERO

SOCIETÀ PER AZIONI CON SEDE IN TRENTO

## Composizione chimica all'analisi di colata

	Designazione		C	Si	Mn	P	S	N	Cu	Cr	Ni	Mo
	Tipo	In conformità a EN 10027-1	% max.	% max.	% max.	% max.	% max.	% max.	% max.	%	%	%
Acciaio da carpenteria	Fe360B	S235JR	0,17-0,20	-	1,40	0,035	0,035	0,012	0,55	-	-	-
	Fe360C	S235J0	0,17	-	1,40	0,030	0,030	0,012	0,55	-	-	-
	Fe360D	S235J2	0,17	-	1,40	0,025	0,025	-	0,55	-	-	-
	Fe430B	S275JR	0,21-0,22	-	1,50	0,035	0,035	0,012	0,55	-	-	-
	Fe430C	S275J0	0,18	-	1,50	0,030	0,030	0,012	0,55	-	-	-
	Fe430D	S275J2	0,18	-	1,50	0,025	0,025	-	0,55	-	-	-
	Fe510B	S355JR	0,24	0,55	1,60	0,035	0,035	0,012	0,55	-	-	-
	Fe510C	S355J0	0,20-0,22	0,55	1,60	0,030	0,030	0,012	0,55	-	-	-
	Fe510D	S355J2	0,20-0,22	0,55	1,60	0,025	0,025	-	0,55	-	-	-
Acciaio Corten	Corten B (strutture)	S355J2G2W	0,16	0,50	0,50-1,50	0,030	0,030	-	0,25-0,55	0,40-0,80	-	-

## Composizione chimica all'analisi di prodotto

	Designazione		C	Si	Mn	P	S	N	Cu	Cr	Ni	Mo
	Tipo	In conformità a EN 10027-1	% max.	% max.	% max.	% max.	% max.	% max.	% max.	%	%	%
Acciaio da carpenteria	Fe360B	S235JR	0,19-0,23	-	1,50	0,045	0,045	0,014	0,60	-	-	-
	Fe360C	S235J0	0,19	-	1,50	0,040	0,040	0,014	0,60	-	-	-
	Fe360D	S235J2	0,19	-	1,50	0,035	0,035	-	0,60	-	-	-
	Fe430B	S275JR	0,24-0,25	-	1,60	0,045	0,045	0,014	0,60	-	-	-
	Fe430C	S275J0	0,21	-	1,60	0,040	0,040	0,014	0,60	-	-	-
	Fe430D	S275J2	0,21	-	1,60	0,035	0,035	-	0,60	-	-	-
	Fe510B	S355JR	0,27	0,60	1,70	0,045	0,045	0,014	0,60	-	-	-
	Fe510C	S355J0	0,23-0,24	0,60	1,70	0,040	0,040	0,014	0,60	-	-	-
	Fe510D	S355J2	0,23-0,24	0,60	1,70	0,035	0,035	-	0,60	-	-	-
Acciaio inox	AISI 316L		0,03	1,00	2,00	0,045	0,030	-	-	16,0-18,5	11,5-14,5	2,5-3,0
Acciaio Corten	Corten B (strutture)	S355J2G2W	0,19	0,55	0,45-1,60	0,035	0,035	-	0,20-0,60	0,35-0,85	-	-

**Tolleranze di spessore:** saranno considerate in base alla Norma UNI EN 10051.

**Piegatura a freddo:** si raccomanda di usare i parametri esposti nella seguente tabella:

spess. (mm)	2-3	4	5	6	7	8	10	12
raggio (mm)	4	8	10	12	21	24	30	36

### Profilati cavi

Gli acciai di uso generale in forma di profilati cavi (anche tubi saldati provenienti da nastro laminato a caldo), devono appartenere a uno dei tipi aventi le caratteristiche meccaniche riportate nelle specifiche norme europee elencate nella successiva tabella nelle classi di duttilità JR, J0, J2 e K2, previsti nelle norme EN 10025-1÷6 e devono essere in possesso di attestato di qualificazione.

**Tabella 1. – Caratteristiche tecniche per i profilati cavi**

ACCIAIO	NORMA EUROPEA	TABELLE DI RIFERIMENTO
Profilati cavi finiti a caldo	EN 10210-1	Non legati: A1, A2, A3 A grano fine: B1, B2, B3
Profilati cavi saldati formati a freddo	EN 10219-1	A1, A2, A3 Materiale in partenza allo stato: Normalizzato: B1, B3, B4 Termomeccanico: B2, B3, B5

Le prove ed i metodi di misura sono quelli previsti dalle norme suddette.

### Controlli sui prodotti laminati

I controlli sui laminati verranno eseguiti secondo le prescrizioni del D.M. 17/01/18, ed in particolare secondo il capitolo 11.3.4.11. dello stesso D.M. "Procedure di controllo su acciai da carpenteria".

# AUTOSTRADA DEL BRENNERO

SOCIETÀ PER AZIONI CON SEDE IN TRENTO

## ACCIAIO PER STRUTTURE SALDATE

### Composizione chimica degli acciai

Gli acciai da saldare con elettrodi rivestiti, oltre a soddisfare le condizioni indicate nel D.M. 17/01/18, devono avere composizione chimica contenuta entro i limiti previsti dalle norme europee applicabili.

### Fragilità alle basse temperature

Per tutte le strutture viene prescritto che la temperatura minima alla quale deve essere garantita una resilienza KV di 27 J è pari a -20°C.

## SALDATE

La saldatura degli acciai dovrà avvenire con uno dei procedimenti all'arco elettrico codificati secondo UNI EN ISO 4063. E' ammesso l'uso di procedimenti diversi purché sostenuti da adeguata documentazione teorica e sperimentale.

I saldatori nei procedimenti semiautomatici e manuali dovranno essere qualificati secondo UNI EN 287-1 da parte di un Ente terzo.

Gli operatori dei procedimenti automatici o robotizzati dovranno essere certificati secondo UNI EN 1418.

Sono richieste caratteristiche di duttilità, snervamento, resistenza e tenacità in zona fusa ed in zona termicamente alterata non inferiori a quelle del materiale base.

Nell'esecuzione delle saldature dovranno inoltre essere seguite le prescrizioni della UNI EN 1011 punti 1 e 2 per gli acciai ferritici e della parte 3 per gli acciai inossidabili. Per la preparazione dei lembi si applicherà, salvo casi particolari, la UNI EN ISO 9692-1.

Le saldature saranno sottoposte a controlli non distruttivi finali per accertare la corrispondenza ai livelli di qualità stabiliti dal progettista.

L'entità ed il tipo dei controlli, distruttivi e non distruttivi, in aggiunta a quello visivo al 100%, saranno definiti dal progettista ed eseguiti sotto la responsabilità del direttore dei lavori, che potrà integrarli ed estenderli in funzione dell'andamento dei lavori, ed accettati ed eventualmente integrati dal collaudatore.

Ai fini dei controlli non distruttivi si possono usare metodi di superficie (es. liquidi penetranti o polveri magnetiche), ovvero metodi volumetrici (es. raggi X o gamma o ultrasuoni).

Per le modalità di esecuzione dei controlli ed i livelli di accettabilità si potrà fare riferimento alle prescrizioni della UNI EN 12062.

Tutti gli operatori che eseguono il controllo dovranno essere qualificati secondo UNI EN 473 almeno di secondo livello.

## BULLONI E CHIODI

### Bulloni

I bulloni normali, conformi per le caratteristiche dimensionali alle seguenti norme:

**UNI EN ISO 4016** – Viti a testa esagonale con gambo parzialmente filettato - Categoria C

**UNI 5592** – Dadi esagonali normali. Filettatura metrica ISO a passo grosso e a passo fine. Categoria C.

devono appartenere alle sotto indicate classi delle UNI EN ISO 898-1, associate nel modo indicato nella seguente tabella.

	Normali			Ad alta resistenza	
Vite	4.6	5.6	6.8	8.8	10.9
Dado	4	5	6	8	10

Le caratteristiche meccaniche e la composizione chimica dell'acciaio per bulloneria dovranno soddisfare quanto previsto nelle tabelle riepilogative sotto riportate:

### Caratteristiche meccaniche a temperatura ambiente

Tipo	Designazione In conformità a EN 10027-1	Norma	Carico unitario di snervamento N/mm <sup>2</sup>	Carico unitario di rottura N/mm <sup>2</sup>	Allungamento a rottura %	Resilienza fino a -20°C J
Classe 6.8	ex C40/C50 oppure C21NiCd4	UNI EN ISO 898-1	≥ 480	≥ 600	≥ 8	≥ 30
Classe 8.8			≥ 640	≥ 800	≥ 12	≥ 30
Classe 9.8			≥ 720	≥ 900	≥ 10	≥ 25
Classe 10.9			≥ 900	≥ 1000	≥ 9	≥ 20

# AUTOSTRADA DEL BRENNERO

SOCIETÀ PER AZIONI CON SEDE IN TRENTO

## Composizione chimica (analisi sul prodotto)

Tipo	Designazione In conformità a EN 10027-1	Norma	C % min.-max.	P % max.	S % max.	B % max.
Classe 6.8	ex C40/C50 oppure C21NiCd4	UNI EN ISO 898-1	0,55	0,050	0,060	0,003
Classe 8.8			0,25-0,55	0,035	0,035	0,003
Classe 9.8			0,25-0,55	0,035	0,035	0,003
Classe 10.9			0,25-0,55	0,035	0,035	0,003

La coppia di serraggio dovrà essere applicata in funzione della classe e del diametro del bullone secondo la seguente tabella (coppia di serraggio =  $T_s$ , in N×m):

d (mm)	$A_{res}$ (mm <sup>2</sup> )	$T_s$ (N×m)				
		cl. 4.6	cl. 5.6	cl. 6.6	cl. 8.8	cl. 10.9
10	-	-	-	-	-	-
12	84	39	48	58	90	113
14	115	62	77	93	144	180
16	157	96	121	145	225	281
18	192	133	166	199	309	387
20	245	188	235	282	439	549
22	303	256	320	384	597	747
24	353	325	407	488	759	949
27	459	476	595	714	1110	1388
30	561	646	808	969	1508	1885

Per i sicurvia non è necessario rispettare le coppie di serraggio se non per gli elementi dove tale valore è espressamente previsto negli elaborati di progetto.

## Bulloni per giunzioni ad attrito

I bulloni per giunzioni ad attrito devono essere conformi alle prescrizioni del seguente prospetto e devono essere associati come indicato nella tabella precedente.

Viti, dadi, rosette e/o piastrine devono provenire da un unico produttore.

## Bulloni per giunzioni ad attrito

Elemento	Materiale	Riferimento
Viti	8.8 – 10.9 secondo <b>UNI EN ISO 898-1</b>	<b>UNI EN 14399-3 e -4</b>
Dadi	8 – 10 secondo <b>UNI EN 20898-2</b>	
Rosette	Acciaio C 50 <b>UNI EN 10083-2</b> temperato e rinvenuto HRC 32÷40	<b>UNI EN 14399-5 e -6</b>
Piastrine	Acciaio C 50 <b>UNI EN 10083-2</b> temperato e rinvenuto HRC 32÷40	

### 4.1.5.5. Bulloneria per barriere di sicurezza

Bulloneria a testa tonda ed alta resistenza (classe 8.8) con rivestimento elettrolitico di zinco secondo UNI ISO 2081, nel rispetto delle dimensioni e delle norme richiamate nei disegni di progetto.

## Chiodi

Per i chiodi da ribadire a caldo si devono impiegare gli acciai previsti dalla norma UNI EN 10263-1÷5.

### 4.1.5.6. 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 minimo 2/10 mm.

### 4.1.5.7. Acciai inossidabili

Nell'ambito delle indicazioni generali è consentito l'impiego di acciaio inossidabile per la realizzazione di strutture metalliche.

## AUTOSTRADA DEL BRENNERO

SOCIETÀ PER AZIONI CON SEDE IN TRENTO

La composizione e le caratteristiche meccaniche dei vari tipi di acciaio impiegati devono corrispondere ai valori fissati dalle UNI EN 10088-1÷3.

### 4.1.5.8. Acciaio per apparecchi d'appoggio e cerniere

Dovrà soddisfare ai requisiti stabiliti dalle Norme Tecniche emanate in applicazione dell'art. 21 della legge 05.11.1971 n° 1086.

### 4.1.6. Vernici protettive

#### 4.1.6.1. Materiali elastomerici

Per protezione delle superfici di conglomerato cementizio costituiti da: primer sintetico con catalizzatori flessostabilizzanti e da una mano di rivestimento impermeabile avente le seguenti caratteristiche tecniche:

- peso specifico	1,3 sul prodotto miscelato
- residuo secco	65%
- allungamento a rottura	a +20°C 450% minimo a -10°C 250% minimo
- trasmissione di vapore acqueo (WVT secondo ASTM E 96 - 80)	0,040 mg, cmq, mm 24h
- infiammabilità	autoestinguente
- invecchiamento accelerato (2000 h weather-o-meter)	buono, opacizzazione superficiale
- temperatura di esercizio	da -35°C a +90°C
- nebbia salina (secondo ASTM 96 - 80 per 100 h)	non si devono riscontrare variazioni delle caratteristiche meccaniche

#### 4.1.6.2. Rivestimenti minerali a base di silicati

Per protezione delle superfici di conglomerato cementizio. La soluzione chimica da applicare al calcestruzzo deve contenere esclusivamente prodotti inorganici a base di acido silicico, i quali, reagendo con i componenti del calcestruzzo, originano silicati di calcio ed ossidi di silicio, strutturalmente integrati nel calcestruzzo stesso.

Le prove di assorbimento d'acqua, eseguite secondo le Norme DIN 1048 su campioni di calcestruzzo tal quale e trattato con il rivestimento minerale, dopo 48 ore di esposizione a pressione di 1 kg/cm<sup>2</sup> e 48 ore a 3 kg/cm<sup>2</sup>, devono dimostrare una riduzione di almeno 5 volte dell'acqua assorbita dal campione trattato rispetto a quella assorbita dal campione tal quale.

#### 4.1.6.3. Vernice monocomponente a base di resine metacriliche in solvente

Caratteristiche tecniche:

- peso specifico del prodotto tal quale (determinato secondo ASTM D1475):  
1,2-1,3 gr/cm<sup>3</sup>
- peso specifico medio del contenuto solido primer più tinta (determinato secondo ASTM D1963):  
1,5-1,6 gr/cm<sup>3</sup>
- contenuto solido del residuo secco (determinato secondo ASTM D1644):  
≥ 60% ± 5%
- viscosità media del primer (determinata secondo ASTM D2196): ≤ 180 cP
- viscosità media della vernice (determinata secondo ASTM D2196): ≤ 2000 cP
- permeabilità al vapore acqueo (determinata secondo UNI EN 7783): ≤ 0,4
- aderenza al cls (determinata mediante UNI EN 1542):  
≥ 1,5 MPa
- resistenza all'abrasione (determinata mediante "taber abraster", con mola tipo CS 10):  
dopo 1000 giri con carico di 1 kg ≤ 150 mg
- permeabilità allo ione cloro (determinata mediante il metodo Tel):  
≤ 2,5 gr/m<sup>2</sup> per 24 ore

## AUTOSTRADA DEL BRENNERO

SOCIETÀ PER AZIONI CON SEDE IN TRENTO

- resistenza all'irraggiamento UV (determinata mediante ASTM G53):
  - elevata
  - n° 20 cicli
  - 4 ore UV +60° C
  - 4 ore condensa +40° C
  - Valutazione finale d'aspetto e prova di adesione al cls (ASTM D4541) senza significative variazioni rispetto ai campioni non sottoposti alla prova.
- permeabilità all'acqua (determinata mediante UNI EN 1062-3):
  - $\leq 0,01 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-0,5}$
- resistenza agli agenti atmosferici.

Il rivestimento applicato secondo le modalità prescritte dalla casa produttrice su un supporto in calcestruzzo, del tipo specificato in precedenza, verrà sottoposto ad invecchiamento artificiale. Dopo l'esposizione il rivestimento non dovrà presentare formazione di microfessure, sfarinamento o affioramento di pigmenti o cariche. Per l'invecchiamento artificiale è previsto un ciclo della seguente composizione:

Agente aggressivo	Durata	Temperatura
Radiazione ultravioletta	40 H	60 C
Immersione in soluzione satura di CaCl <sub>2</sub> e CaSO <sub>4</sub> al 0,2%	80 H	10 C
Gelo (dopo lavaggio in acqua per eliminare il CaCl <sub>2</sub> )	80 H	-15 C
Radiazione ultravioletta	40 H	60 C
Camera all'ozono	40 H	25 C
Gelo	40 H	-15 C
Radiazione ultravioletta	40 H	60 C
Immersione in soluzione satura di CaCl <sub>2</sub> e CaSO <sub>4</sub> al 0,2%	80 H	10 C

Dopo questo ciclo di invecchiamento artificiale, le caratteristiche tecniche della vernice sopra riportate potranno subire un peggioramento non superiore al 10%.

- permeabilità al biossido di carbonio (determinata secondo UNI EN 1062-6):
  - $\geq 200 \text{ m}$

### 4.1.7. Geotessuti

Per geotessili si intendono i prodotti utilizzati per costituire strati di separazione, contenimento, filtranti, drenaggio in opere di terra (rilevati, scarpate, strade, giardini, ecc.) ed in coperture.

Si distinguono in:

- tessuti: stoffe realizzate intrecciando due serie di fili (realizzando ordito e trama);
- non tessuti: feltri costituiti da fibre o filamenti distribuiti in maniera casuale, legati tra loro con trattamento meccanico (agugliatura) oppure chimico (impregnazione) oppure termico (fusione). Si hanno non tessuti ottenuti da fiocco o da filamento continuo. Sono caratterizzati da:
  - filamento continuo (o da fiocco);
  - trattamento legante meccanico (o chimico o termico);

Il soddisfacimento delle prescrizioni s'intende comprovato quando il prodotto risponde ad una norma UNI vigente e/o è in possesso di attestato di conformità; in loro mancanza valgono i valori dichiarati dal produttore ed accettati dalla direzione dei lavori.

Le caratteristiche dei geotessili ed i metodi appropriati per determinare tali caratteristiche sono descritte nella seguenti normative:

**UNI EN 13249** – per l'impiego nella costruzione di strade e di altre aree soggette a traffico;

## AUTOSTRADA DEL BRENNERO

SOCIETÀ PER AZIONI CON SEDE IN TRENTO

- UNI EN 13251** - per l'impiego nelle costruzioni di terra, nelle fondazioni e nelle strutture di sostegno;  
**UNI EN 13256** - per l'impiego nella costruzione di gallerie e di strutture in sotterraneo.

### 4.1.7.1. Geotessile per terre rinforzate

Teli di armatura in geotessile non tessuto a filo continuo agugliato, costituito al 100% da fibre in polipropilene a filamenti continui in materiale vergine (non riciclato), coesionati mediante agugliatura meccanica, anche con eventuale rete di rinforzo biassiale; per il geotessile dovranno essere certificate le seguenti caratteristiche:

- MASSA AREICA (norma UNI EN 965)  $\geq 400 \text{ g/m}^2$ ;
- RESISTENZA A TRAZIONE longitudinale (norma UNI EN ISO 10319)  $\geq 50 \text{ kN/m}$ ;
- RESISTENZA A TRAZIONE trasversale (norma UNI EN ISO 10319)  $\geq 18 \text{ kN/m}$ ;
- ALLUNGAMENTO SOTTO CARICO DI ESERCIZIO (CREEP) (norma UNI EN ISO 10319)  $\leq 8\%$  in qualunque direzione;
- ALLUNGAMENTO A ROTTURA (norma UNI EN ISO 10319) fra 40% e 60% in qualunque direzione;
- RESISTENZA AL PUNZONAMENTO STATICO CBR (norma UNI EN ISO 12236)  $\geq 3,5 \text{ kN}$ ;
- PERMEABILITÀ PARALLELA AL PIANO (radiale) (norma UNI 8279/13 o DIN 53937-1-E)  $\geq 0,025 \text{ cm/sec} \pm 10\%$  con pressione di 20 KPa;
- TRASMISSIVITÀ (norma UNI 8279/13 o DIN 53937-1-E)  $\geq 0,07 \text{ cm}^2/\text{sec} \pm 10\%$  con pressione di 20 KPa;
- IMPUTRESCIBILITÀ (norma UNI EN 12225);
- ATOSSICITÀ;

### 4.1.8. Geogriglie

#### 4.1.8.1. Geogriglie per conglomerati bituminosi

Le geogriglie bi-orientate in poliestere per il rinforzo di strutture in conglomerato bituminoso, avrà le seguenti caratteristiche:

- a) Struttura: geogriglia bi-orientata
- b) Tipo di polimero: poliestere ad alta tenacità (100%) protetto con copertura polimerica in etilenvinilacetato (EVA)
- c) Dimensione aperture longitudinali e trasversali: 30/40 mm
- d) Massa areica:  $> 200 \text{ g/m}^2$  (UNI EN ISO 965)
- e) Resistenza a trazione longitudinale e trasversale:  $> 50 \text{ kN/m}$
- f) Allungamento a snervamento longitudinale e trasversale:  $< 12\%$
- g) Resistenza a trazione long. e trasv. al 2% di allungamento:  $> 10 \text{ kN/m}$
- h) Resistenza a trazione long. e trasv. al 5% di allungamento:  $> 20 \text{ kN/m}$
- i) Resistenza a trazione delle giunzioni:  $> 25 \text{ kN/m}$
- l) Sovrapposizione teli:  $> 20 \text{ cm}$
- m) Temperatura di fusione:  $> 200^\circ\text{C}$

Le prove di resistenza a trazione e allungamento saranno eseguite secondo la norma UNI EN ISO 10319.

La geogriglia dovrà essere prodotta per estrusione in continuo e successiva stiratura bidirezionale, in modo da ottenere una struttura piana monolitica con aperture regolari di forma rettangolare, con le giunzioni tra i due ordini di file ottenute per estrusione e stiratura e non con sovrapposizioni o saldature successive.

#### 4.1.8.2. Geogriglie per rilevati

Fornitura e stesa di geogriglia costituita da un nucleo di filamenti di poliestere ad alta tenacità densamente raggruppati, paralleli e perfettamente allineati, racchiusi in una guaina protettiva di resina annegati in una massa di polietilene a forma di nastro di larghezza compresa tra i 24 ed i 33 mm. La griglia sarà costituita dalla saldatura di nastri costituiti secondo le caratteristiche suddette, aventi resistenza longitudinale e trasversale



## AUTOSTRADA DEL BRENNERO

SOCIETÀ PER AZIONI CON SEDE IN TRENTO

variabile, con maglia vuota di dimensioni cm ...①... . Il geocomposito dovrà essere completamente imputrescibile, resistente agli agenti chimici presenti nel terreno alle normali concentrazioni, inalterabili da insetti, muffe e microrganismi, stabilizzato ai raggi UV. Il materiale, di cui saranno note le curve sforzo/deformazione nel tempo sino ai 120 anni, sarà certificato secondo le norme ISO-EN 9001:2000 e dal BBA per applicazioni di rinforzo delle terre in scarpate a forte inclinazione. Le caratteristiche minime di seguito riportate dovranno essere certificate dal produttore:

- coefficiente di danneggiamento installazione per materiale granulare di diametro pari a 125 mm non superiore a...②...
- resistenza a trazione trasversale kN/m ...③...
- resistenza a trazione longitudinale kN/m ...④...
- resistenza a trazione singolo nastro longitudinale kN ...⑤...
- allungamento a rottura nelle due direzioni  $\leq 12\%$
- allungamento max sulla curva dei 120 anni al 40% del NBL  $<5\%$
- massa areica minima g/mq ...⑥...

Il materiale sarà fornito, imballato, in rotoli di minimo 3.90 metri di larghezza. Il fornitore, se in certificazione di qualità ISO-EN 9001:2000 come distributore di geosintetici, dovrà produrre per la DL una certificazione delle caratteristiche suddette dichiarando, inoltre, il nome del produttore, il luogo di destinazione delle merci, la ditta esecutrice dei lavori e le quantità fornite. In caso di azienda fornitrice non certificata ISO-EN 9001:2000 a tale scopo, le caratteristiche suddette saranno testate in laboratorio qualificato con minimo una prova per ogni caratteristica da certificare, per ogni lotto di materiale consegnato, oppure certificate dal produttore stesso allegando copia della sua certificazione di qualità ISO-EN 9001:2000.

Dal fornitore della geogriglia dovrà essere rilasciata una certificazione che il prodotto fornito risulta coperto da polizza assicurativa prodotto per danni contro terzi e per danno da inquinamento accidentale con massimali non inferiori rispettivamente a 2.5 milioni di Euro.

Il materiale sarà steso manualmente avendo cura di evitare la formazione di ondulazioni o grinze e sovrapponendo i teli contigui per una larghezza pari ad almeno una maglia.

PARAGRID	30/15	50/15	80/15	100/15	150/15	200/15	50/50	100/100
①	20x5	20x5	20x5	20x5	19x5	19 x 5	5x5	5x5
②	1,15	1,12	1,12	1,10	1,10	1.10	1,12	1,12
③	15	15	15	15	15	15	50	100
④	30	50	80	100	150	200	50	100
⑤	2,25	3,75	6,0	7,5	11,25	15,0	3,75	7,5
⑥	330	360	430	490	620	760	560	820

### 4.1.9. Neoprene per apparecchi d'appoggio o coprigiunti

Dovranno avere le seguenti caratteristiche tecniche:

#### 4.1.9.1. Proprietà meccaniche originali dell'elastomero:

- durezza Shore (gradi Shore A) (CNR 10018/98) =  $50 \pm 3$
- resistenza a trazione (Mpa) (CNR 10018/98)  $\geq 15,5$
- allungamento a rottura (%) (CNR 10018/98)  $\geq 450$

#### 4.1.9.2. Elasticità dell'appoggio:

- modulo di elasticità (statico)
  - a compressione -2% defor. (Mpa) (ASTM D-945-87) =  $5,7 \pm 0,5$
- modulo di elasticità (statico)
  - a compressione -5% defor. (Mpa) (ASTM D-945-87) =  $4,8 \pm 0,5$
- deformazione ai carichi d'esercizio delta H (mm) (CNR 10018/98) = delta H teor. +20%
- modulo di elasticità tangenziale le "G" a 20°C (Mpa) (CNR 10018/98) =  $0,7 \pm 0,1$

#### 4.1.9.3. Proprietà alle basse temperature:

- punto di infragilimento (°C) (UNI 7320)  $\leq -45$
- elasticità Shore A - 45°C (unità Shore)  $\geq 20$
- variazione modulo "G" a -35°C (%)  $\leq 90$

#### 4.1.9.4. Invecchiamento artificiale in stufa:

- variazione di durezza (gradi)

## AUTOSTRADA DEL BRENNERO

SOCIETÀ PER AZIONI CON SEDE IN TRENTO

Shore A) 28 gg. / 70°C	(ASTM D-573)	<= +3
- variazione carico di rottura a trazione (%) 28 gg. / 70°C	(ASTM D-573)	<= ±15
- variazione allungamento a rottura (%) 28 gg. / 70°C	(ASTM D-573)	<= -15
- variazione di durezza (gradi Shore A) 70 h / 100°C	(ASTM D-573)	<= +10
- variazione carico di rottura a trazione (%) 70 h / 100°C	(ASTM D-573)	<= ±15
- variazione allungamento a rottura (%) 70 h / 100°C	(ASTM D-573)	<= -15

### 4.1.9.5. Altre prove di invecchiamento:

- compression set -50% defor. -22 h -70°C (DPAC %)	(ASTM D-395 "B")	<= 15
- compression set -50% defor. -70 h -100°C (DPAC %)	(ASTM D-395 "B")	<= 45
- carico di lacerazione (kg/cm di spessore)	(ASTM D-624-Provv.C)	>= 30
- prova in bomb. ad ossigeno (21 kg/cm <sup>2</sup> -70°C -96 h)	(Capitolato FF.SS.)	
- variazione di durezza (gradi Shore A)	(Capitolato FF.SS.)	<= +10
- variazione carico di rottura a trazione (%)	(Capitolato FF.SS.)	<= +-15
- variazione allungamento a rottura (%)	(Capitolato FF.SS.)	<= -15
- ozono test (5-10 <sup>-5</sup> % in aria in volume -20% defor. -40 C - 500 h)	(CNR 10018/98)	nessuna incrin.

### 4.1.9.6. Prove sull'acciaio:

- carico di snervamento ( N/mm <sup>2</sup> )	(UNI EN 10002/1)	>= 240
- carico di rottura ( N/mm <sup>2</sup> )	(UNI EN 10002/1)	>= 420
- allungamento a rottura (%)	(UNI EN 10002/1)	>= 23

### 4.1.9.7. Tolleranze dimensionali:

- sulla dimensione a (mm)	(CNR 10018/98)	= -0+5
- sulla dimensione b (mm)	(CNR 10018/98)	= -0+5
- sullo spessore del singolo strato di gomma S (mm)	(CNR 10018/98)	= 0,3
- sullo spessore totale h (mm)	(CNR 10018/98)	±(0,5-1,1)

### 4.1.10. Poliuretano espanso

A cellule hiuse per isolamento termico; caratteristiche tecniche del polimero:

- densità media	>= 30 kg/mc
- celle chiuse	>= 90%
- resistenza a compressione: senso parallelo alla crescita senso perpendicolare alla crescita	>= 0,20 MPa >= 0,12 MPa
- stabilità dimensionale: (variazione lineare %) dopo 24 h a +100°C dopo 24 h a -20°C	<= +1,5% <= -1,0%
- conducibilità termica	<= 0,020 kcal/m h °C

## AUTOSTRADA DEL BRENNERO

SOCIETÀ PER AZIONI CON SEDE IN TRENTO

- resistenza all'infiammabilità autoestinguente

### 4.1.11. Guaine impermeabilizzanti tipo "HYPALON":

- spessore minimo (UNI 8898/3) 1,5 mm
- massa volumica 1,35-1,50 g/cm<sup>3</sup>
- durezza (UNI EN ISO 868)  $\geq 85-90$  Shore A
- carico di rottura (UNI 6065)  $\geq 80$  kg/cm<sup>2</sup>
- allungamento al carico di rottura (UNI EN ISO 1421)  $\geq 400\%$
- resistenza alla lacerazione (ISO 4674 / Metodo A<sub>2</sub>)  $\geq 80$
- resistenza al punzonamento statico (UNI EN 12730) classe P<sub>s4</sub>
- resistenza al punzonamento dinamico (UNI EN 12391) classe P<sub>d4</sub>
- coefficiente di dilatazione termica lineare valore massimo (UNI 8202/20)  $\leq 2,2 \times 10^{-4}$  °C<sup>-1</sup>
- flessibilità a freddo (UNI 6202/15)  $\leq -35$  °C
- impermeabilità all'acqua (UNI 6202/21 - 6 h/0,5 MPa) nessuna perdita all'acqua
- resistenza all'ozono (UNI 6067) classe 0

### 4.1.12. Resine da iniezione

#### 4.1.12.1. Resina bicomponente da iniezione

Per la sigillatura di strutture sotterranee a contatto con il terreno; caratteristiche tecniche:

- peso specifico UNI 7092 1.0÷1.1 kg/dm<sup>3</sup>
- viscosità a 23°C  $< 10$  mPa s (23°C, Brookfield, spindle I/60 rpm)
- tempo di inizio polimerizzazione: 3÷10 minuti a 23°C in funzione dell'indurente e dell'attivatore aggiunti
- pH  $> 7.0$
- permeabilità al vapore acqueo  $20 \div 30$  g d<sup>-1</sup> m<sup>-2</sup> o  $13 \div 14$  10<sup>-9</sup> d cm<sup>-1</sup> Pa<sup>-1</sup>
- punto di solidificazione  $< -15$  °C
- comportamento in presenza d'acqua: l'eventuale presenza d'acqua non dovrà costituire impedimento alla polimerizzazione della miscela;

#### 4.1.12.2. Resina bicomponente da iniezione ad elevata capacità di rigonfiamento

Per la sigillatura di strutture sotterranee a contatto con il terreno; caratteristiche tecniche:

- peso specifico UNI 7092 1.0÷1.2 kg/dm<sup>3</sup>
- viscosità a 23°C  $< 20$  mPa s (23°C, Brookfield, spindle I/60 rpm)
- tempo di inizio polimerizzazione: 0.5÷5 minuti a 23°C in funzione dell'indurente e dell'attivatore aggiunti
- pH  $> 7.0$
- punto di solidificazione  $< -50$  °C
- capacità di rigonfiamento iniziale superiore a 80% di acqua nel gel
- comportamento in presenza d'acqua: l'eventuale presenza d'acqua non dovrà costituire impedimento alla polimerizzazione della miscela;

# AUTOSTRADA DEL BRENNERO

SOCIETÀ PER AZIONI CON SEDE IN TRENTO

## 4.2. ALTRI MATERIALI

### 4.2.1. Calcestruzzi

La distribuzione granulometrica degli inerti, il tipo di cemento e la consistenza dell'impasto, devono essere adeguati alla particolare destinazione del getto, ed al procedimento di posa in opera del conglomerato.

Il quantitativo d'acqua deve essere il minimo necessario a consentire una buona lavorabilità del conglomerato tenendo conto anche dell'acqua contenuta negli inerti.

Partendo dagli elementi già fissati il rapporto acqua-cemento, e pertanto il dosaggio del cemento, dovrà essere scelto in relazione alla resistenza richiesta per il conglomerato.

L'impasto deve essere fatto con mezzi idonei ed il dosaggio dei componenti eseguito con modalità atte a garantire la costanza del proporzionamento previsto in sede di progetto.

Norme di riferimento:

**UNI EN 206-1** Calcestruzzo. Specificazione, prestazione, produzione e conformità.

**UNI 11104** Calcestruzzo. Specificazione, prestazione, produzione e conformità – Istruzioni complementari.

#### 4.2.1.1. Classi di esposizione

Denominazione della classe	Descrizione dell'ambiente	Esempi informativi di situazioni a cui possono applicarsi le classi di esposizione
<b>1 Assenza di rischio di corrosione o attacco</b>		
X0	Per calcestruzzo privo di armatura o inserti metallici: tutte le esposizioni eccetto dove c'è gelo/disgelo, abrasione o attacco chimico. Per calcestruzzo con armatura o inserti metallici: molto asciutto.	Calcestruzzo all'interno di edifici con umidità dell'aria molto bassa.
<b>2 Corrosione indotta da carbonatazione</b>		
Nel caso in cui il calcestruzzo contenente armature o inserti metallici sia esposto all'aria e all'umidità, l'esposizione sarà classificata nel modo seguente: Nota Le condizioni di umidità si riferiscono a quelle presenti nel copriferro o nel ricoprimento di inserti metallici, ma in molti casi si può considerare che tali condizioni riflettano quelle dell'ambiente circostante. In questi casi la classificazione dell'ambiente circostante può essere adeguata. Questo può non essere il caso se c'è una barriera fra il calcestruzzo e il suo ambiente.		
XC1	Asciutto o permanentemente bagnato	Calcestruzzo all'interno di edifici con bassa umidità relativa. Calcestruzzo costantemente immerso in acqua.
XC2	Bagnato, raramente asciutto	Superfici di calcestruzzo a contatto con acqua per lungo tempo. Molte fondazioni.
XC3	Umidità moderata	Calcestruzzo all'interno di edifici con umidità relativa dell'aria moderata oppure elevata. Calcestruzzo esposto all'esterno protetto dalla pioggia.
XC4	Ciclicamente bagnato ed asciutto	Superfici di calcestruzzo soggette al contatto con acqua, non nella classe di esposizione XC2.
<b>3 Corrosione indotta da cloruri esclusi quelli provenienti dall'acqua di mare</b>		
Qualora il calcestruzzo contenente armature o altri inserti metallici sia soggetto al contatto con acqua contenente cloruri, inclusi i sali antigelo, con origine diversa dall'acqua di mare, l'esposizione sarà classificata come segue: Nota In riferimento alle condizioni di umidità vedere anche sezione 2 del presente prospetto.		
XD1	Umidità moderata	Superfici di calcestruzzo esposte a nebbia salina
XD2	Bagnato, raramente asciutto	Piscine Calcestruzzo esposto ad acque industriali contenenti cloruri

# AUTOSTRADA DEL BRENNERO

SOCIETÀ PER AZIONI CON SEDE IN TRENTO

XD3	Ciclicamente bagnato ed asciutto	Parti di ponti esposte a spruzzi contenenti cloruri Pavimentazioni Pavimentazioni di parcheggi
<b>4 Corrosione indotta da cloruri presenti nell'acqua di mare</b>		
Qualora il calcestruzzo contenente armature o altri inserti metallici sia soggetto al contatto con cloruri presenti nell'acqua di mare oppure con aria che trasporta sali derivanti dall'acqua di mare, l'esposizione sarà classificata come segue:		
XS1	Esposto a nebbia salina ma non in contatto diretto con acqua di mare	Strutture prossime oppure sulla costa
XS2	Permanentemente sommerso	Parti di strutture marine
XS3	Zone esposte alle onde oppure alla marea	Parti di strutture marine
Denominazione della classe	Descrizione dell'ambiente	Esempi informativi di situazioni a cui possono applicarsi le classi di esposizione
<b>5 Attacco dei cicli gelo/disgelo con o senza sali disgelanti</b>		
Qualora il calcestruzzo bagnato sia esposto ad un attacco significativo dovuto a cicli di gelo/disgelo, l'esposizione sarà classificata come segue:		
XF1	Moderata saturazione d'acqua, senza impiego di agente antigelo	Superfici verticali di calcestruzzo esposte alla pioggia e al gelo
XF2	Moderata saturazione d'acqua, con uso di agente antigelo	Superfici verticali di calcestruzzo di strutture stradali esposte al gelo e nebbia di agenti antigelo
XF3	Elevata saturazione d'acqua, senza agente antigelo	Superfici orizzontali di calcestruzzo esposte alla pioggia e al gelo
XF4	Elevata saturazione d'acqua, con agente antigelo oppure acqua di mare	Strade e impalcati da ponte esposti agli agenti antigelo  Superfici di calcestruzzo esposte direttamente a nebbia contenente agenti antigelo e al gelo
<b>6 Attacco chimico</b>		
Qualora il calcestruzzo sia esposto all'attacco chimico che si verifica nel terreno naturale e nell'acqua del terreno avente caratteristiche definite nel prospetto 2, l'esposizione verrà classificata come è indicato di seguito. La classificazione dell'acqua di mare dipende dalla località geografica; perciò si dovrà applicare la classificazione valida nel luogo di impiego del calcestruzzo. Nota Può essere necessario uno studio speciale per stabilire le condizioni di esposizione da applicare quando si è: - al di fuori dei limiti del prospetto 2; - in presenza di altri aggressivi chimici; - in presenza di terreni o acque inquinati da sostanze chimiche; - in presenza della combinazione di elevata velocità dell'acqua e delle sostanze chimiche del prospetto 2.		
XA1	Ambiente chimico debolmente aggressivo secondo il prospetto 2	
XA2	Ambiente chimico moderatamente aggressivo secondo il prospetto 2	
XA3	Ambiente chimico fortemente aggressivo secondo il prospetto 2	

# AUTOSTRADA DEL BRENNERO

SOCIETÀ PER AZIONI CON SEDE IN TRENTO

## 4.2.1.2. Classi di consistenza

### Classi di abbassamento al cono (slump)

Classe	Abbassamento al cono
S1	da 10 a 40
S2	da 50 a 90
S3	da 100 a 150
S4	da 160 a 210
S5	≥220

### Classi di compattabilità

Classe	Indice di compattabilità
C0 <sub>1</sub> )	≥1,46
C1	da 1,45 a 1,26
C2	da 1,25 a 1,11
C3	da 1,10 a 1,04

### Classi Vébé

Classe	Tempo Vébé in secondi
V0	≥31
V1	da 30 a 21
V2	da 20 a 11
V3	da 10 a 6
V4	da 5 a 3

### Classi di spandimento

Classe	Diametro spandimento
F1 <sub>1</sub> )	≤340
F2	da 350 a 410
F3	da 420 a 480
F4	da 490 a 550
F5	da 560 a 620
F6 <sub>1</sub> )	≥630

## 4.2.1.3. Classi di resistenza a compressione

Classe di resistenza a compressione	Resistenza caratteristica cilindrica minima $f_{ck,cyl}$ N/mm <sup>2</sup>	Resistenza caratteristica cubica minima $f_{ck,cube}$ N/mm <sup>2</sup>
C8/10	8	10
C12/15	12	15
C16/20	16	20
C20/25	20	25
C25/30	25	30
C28/35	28	35
C30/37	30	37
C32/40	32	40
C35/45	35	45
C40/50	40	50
C45/55	45	55
C50/60	50	60
C55/67	55	67
C60/75	60	75
C70/85	70	85
C80/95	80	95
C90/105	90	105
C100/115	100	115

# AUTOSTRADA DEL BRENNERO

SOCIETÀ PER AZIONI CON SEDE IN TRENTO

## 4.2.1.4. Valori limiti per la composizione e le proprietà del calcestruzzo

		Classi di esposizione																
		Nessun rischio di corrosione dell'armatura	Corrosione delle armature indotta dalla carbonatazione				Corrosione delle armature indotta da cloruri					Attacco da cicli di gelo/disgelo				Ambiente aggressivo per attacco chimico		
							Acqua di mare			Cloruri provenienti da altre fonti								
			X0	XC1	XC2	XC3	XC4	XS1	XS2	XS3	XD1	XD2	XD3	XF1	XF2	XF3	XF4	XA1
Massimo rapporto a/c	-	0,60		0,55	0,50	0,50	0,45		0,55	0,50	0,45	0,50	0,50		0,45	0,55	0,50	0,45
Minima classe di resistenza*)	C12/15	C25/30		C28/35	C32/40	C32/40	C35/45		C28/35	C32/40	C35/45	32/40	25/30		28/35	28/35	32/40	35/45
Minimo contenuto in cemento (kg/m³)	-	300		320	340	340	360		320	340	360	320	340		360	320	340	360
Contenuto minimo in aria (%)													3,0a)					
Altri requisiti												Aggregati conformi alla UNI EN 12620 di adeguata resistenza al gelo/disgelo				È richiesto l'impiego di cementi resistenti ai solfatib)		

\*) Nel prospetto 7 della UNI EN 206-1 viene riportata la classe C8/10 che corrisponde a specifici calcestruzzi destinati a sottofondazioni e ricoprimenti. Per tale classe dovrebbero essere definite le prescrizioni di durabilità nei riguardi di acque o terreni aggressivi.

a) Quando il calcestruzzo non contiene aria aggiunta, le sue prestazioni devono essere verificate rispetto ad un calcestruzzo aerato per il quale è provata la resistenza al gelo/disgelo, da determinarsi secondo UNI 7087, per la relativa classe di esposizione.

b) Qualora la presenza di solfati comporti le classi di esposizione XA2 e XA3 è essenziale utilizzare un cemento resistente ai solfati secondo UNI 9156.

## AUTOSTRADA DEL BRENNERO

SOCIETÀ PER AZIONI CON SEDE IN TRENTO

### 4.2.2. Malte e calcestruzzi a ritiro compensato

#### 4.2.2.1. *Betoncino premiscelato a ritiro compensato*

Espansione contrastata (UNI 8147) non inferiore a 0.4/1000 a 1 giorno.

- Resistenza a rottura per compressione (UNI EN 12190):

7 giorni:	$\geq 50. \text{ N/mm}^2$
28 giorni:	$\geq 60. \text{ N/mm}^2$

- Resistenza a trazione per flessione (UNI EN 12390-5):

7 giorni:	$\geq 5.0 \text{ N/mm}^2$
28 giorni:	$\geq 7.0 \text{ N/mm}^2$

- Modulo elastico a compressione (UNI EN 13412):

28 giorni: valore compreso tra 26 GPa e 30 GPa

- Adesione al supporto determinata per trazione diretta (UNI EN 1542):

28 giorni: valore medio superiore o uguale a	$2.0 \text{ N/mm}^2$
28 giorni: valore minimo superiore o uguale a	$1.0 \text{ N/mm}^2$

Nota: Le prove di adesione al supporto sono da condurre su provini del diametro di 50 mm.

#### 4.2.2.2. *Calcestruzzo "reoplastico" a ritiro compensato rinforzato con fibre in polipropilene o in poliacrilonitrile ed additivato con inibitori di corrosione a base organica*

Da confezionarsi con legante espansivo predosato e premiscelato, con inerti, acqua ed opportuni additivi oppure con malta cementizia a ritiro compensato, con inerti integrativi di appropriata granulometria, acqua ed additivi. Il calcestruzzo dovrà comunque essere caratterizzato dalle seguenti proprietà e caratteristiche meccaniche.

Espansione contrastata (UNI 8148) non inferiore 0.4/1000 a 7 giorni. A 28 giorni l'espansione contrastata dovrà avere un valore non minore di quello riscontrato a 7 giorni e non maggiore dello stesso valore aumentato del 30%.

Aria totale occlusa :  $4\% \pm 0.5\%$

Assenza di acqua essudata (ASTM C232)

Rapporto acqua/cemento: non superiore a 0.40.

Resistenza a rottura per compressione (UNI EN12390/3)

- 24 ore	: superiore o uguale a $20. \text{ N/mm}^2$
- 7 giorni	: superiore o uguale a $40. \text{ N/mm}^2$
- 28 giorni	: superiore o uguale a $50. \text{ N/mm}^2$

Resistenza a trazione per flessione (UNI 12390/5)

- 24 ore	: superiore o uguale a $3.0 \text{ N/mm}^2$
- 7 giorni	: superiore o uguale a $5.0 \text{ N/mm}^2$
- 28 giorni	: superiore o uguale a $6.5 \text{ N/mm}^2$

Adesione al supporto determinata per trazione diretta

- 28 giorni	: valore medio superiore o uguale a $2.0 \text{ N/mm}^2$
- 28 giorni	: valore minimo superiore o uguale a $1.0 \text{ N/mm}^2$



## AUTOSTRADA DEL BRENNERO

SOCIETÀ PER AZIONI CON SEDE IN TRENTO

Rif: le prove sono da condurre per trazione diretta su provini del diametro di 50 mm.

Adesione al supporto determinata per taglio

- 7 giorni : valore medio superiore o uguale a  $3.5 \text{ N/mm}^2$
- 28 giorni : valore medio superiore o uguale a  $5.0 \text{ N/mm}^2$

Rif: le prove di adesione si faranno su travetti  $7 \times 7 \times 28$  cm composti da un cuneo in calcestruzzo di cemento con  $R_{ck}$  superiore o uguale a  $45 \text{ N/mm}^2$  e stagionato almeno 28 giorni, con una faccia inclinata di 20 gradi. Quest'ultima verrà spazzolata con una spazzola d'acciaio all'atto della sformatura e trattata con la mano d'attacco prevista in opera. Si procederà infine al completamento del travetto mediante colaggio del materiale di ripristino. Il carico verrà applicato assialmente sulle due facce minori. La resistenza richiesta è quella di taglio sulla faccia inclinata.

### 4.2.2.3. Calcestruzzo "reoplastico" fibrorinforzato ad alta duttilità e basso modulo elastico

Da confezionarsi con legante espansivo predosato e premiscelato, con inerti di idonea granulometria, con acqua, additivi e fibre polimeriche, oppure, se è prescritto dal Direttore dei Lavori, con malta cementizia a ritiro compensato, predosata e premiscelata, con inerti integrativi di appropriata granulometria, con acqua, additivi e fibre polimeriche.

Resistenza a rottura per compressione (UNI EN12390/3)

a 28 giorni superiore o uguale a  $55 \text{ N/mm}^2$  (classe C45/55)

Rapporto acqua/cemento: non superiore a 0.40.

Modulo di elasticità (UNI 6556)

- 28 giorni (E28) : inferiore a  $25000 \text{ N/mm}^2$

Ritiro igrometrico inferiore a 0.5‰

Energia di frattura superiore a 12500 N/m

### 4.2.3. Malte cementizie predosate additivate con polimeri, rinforzate con fibre in poliacrilonitrile: caratteristiche tecniche:

#### 4.2.3.1. Malte aventi modulo elastico a 28 giorni (E28) compreso tra 23000. $\text{N/mm}^2$ e 27000. $\text{N/mm}^2$

La malta dovrà essere additivata con inibitori di corrosione, a base organica.  
Spessore di applicazione: almeno 20 mm.

Resistenza a rottura per compressione (UNI EN 12190):

- 7 giorni : superiore o uguale a  $40 \text{ N/mm}^2$
- 28 giorni : superiore o uguale a  $55 \text{ N/mm}^2$

Modulo di elasticità (UNI EN 13412):

- 28 giorni (E28) : uguale a  $25000 \pm 2000 \text{ N/mm}^2$

Resistenza a trazione per flessione (UNI EN 196-1):

- 7 giorni : superiore o uguale a  $6.0 \text{ N/mm}^2$

## AUTOSTRADA DEL BRENNERO

SOCIETÀ PER AZIONI CON SEDE IN TRENTO

- 28 giorni : superiore o uguale a  $8.0 \text{ N/mm}^2$

Adesione al supporto determinata per trazione diretta (UNI EN 1542):

- 28 giorni: valore medio superiore o uguale a  $3.0 \text{ N/mm}^2$
- 28 giorni: valore minimo superiore o uguale a  $2.0 \text{ N/mm}^2$

Rif: le prove sono da condurre per trazione diretta su provini del diametro di 50 mm.

Compatibilità termica misurata come adesione (UNI EN 1542), dopo 50 cicli di gelo-disgelo con sali disgelanti, (UNI EN 13687):

- valore medio  $\geq 2.0 \text{ MPa}$
- valore minimo  $\geq 1.0 \text{ MPa}$

Coefficiente di dilatazione termica:

Non differente più del 30% da quello del calcestruzzo di supporto.

**4.2.3.2. Malte aventi modulo elastico a 28 giorni (E28) compreso tra 14000.  $\text{N/mm}^2$  e 18000.  $\text{N/mm}^2$**

La malta dovrà essere additivata con inibitori di corrosione, a base organica.

Spessore di applicazione in una sola mano: almeno 15 mm.

Resistenza a rottura per compressione (UNI EN 12190):

- 7 giorni : superiore o uguale a  $25. \text{N/mm}^2$
- 28 giorni : superiore o uguale a  $35. \text{N/mm}^2$

Modulo di elasticità (UNI EN 13412):

- 28 giorni (E28) : uguale a  $16000. \pm 2000. \text{N/mm}^2$

Resistenza a trazione per flessione (UNI EN 196-1):

- 7 giorni : superiore o uguale a  $3.0 \text{ N/mm}^2$
- 28 giorni : superiore o uguale a  $5.0 \text{ N/mm}^2$

Adesione al supporto determinata per trazione diretta (UNI EN 1542):

- 28 giorni: valore medio superiore o uguale a  $2.5 \text{ N/mm}^2$
- 28 giorni: valore minimo superiore o uguale a  $1.5 \text{ N/mm}^2$

Rif: le prove sono da condursi per trazione diretta su provini del diametro di 50 mm.

Compatibilità termica misurata come adesione (UNI EN 1542), dopo 50 cicli di gelo-disgelo con sali disgelanti, (UNI EN 13687):

- valore medio  $\geq 2.0 \text{ MPa}$
- valore minimo  $\geq 1.0 \text{ MPa}$

Coefficiente di dilatazione termica:

Non differente più del 30% da quello del calcestruzzo di supporto.

### **4.2.4. Malta cementizia premiscelata, solfatoresistente, a ritiro compensato, rinforzata con fibre in poliacrilonitrile e additivata con inibitori di corrosione a base organica.**

Spessore di applicazione in una sola mano: minore di 40 mm

## AUTOSTRADA DEL BRENNERO

SOCIETÀ PER AZIONI CON SEDE IN TRENTO

Resistenza a rottura per compressione (DM 03.06.1968 e UNI EN12390/3):

24 ore	:superiore o uguale a	18. N/mm <sup>2</sup>
7 giorni :		35. N/mm <sup>2</sup>
28 giorni:	:	60. N/mm <sup>2</sup>

Modulo di elasticità (UNI 6556)

28 giorni (E28) : uguale a  $28000 \pm 3000$ . N/mm<sup>2</sup>

Resistenza a trazione per flessione (DM 03.06.1968 e UNI EN12390/5):

24 ore	:superiore o uguale a	3.5 N/mm <sup>2</sup>
7 giorni :		6.0 N/mm <sup>2</sup>
28 giorni:	:	8.0 N/mm <sup>2</sup>

Adesione al supporto determinata per trazione diretta

28 giorni: valore medio superiore o uguale a	2.0 N/mm <sup>2</sup>
28 giorni: valore minimo superiore o uguale a	1.0 N/mm <sup>2</sup>

Adesione al supporto determinata per taglio

7 giorni : valore medio superiore o uguale a	3.5 N/mm <sup>2</sup>
28 giorni : valore medio superiore o uguale a	5.0 N/mm <sup>2</sup>

Coefficiente di dilatazione termica

Non differente più del 30% da quello del calcestruzzo di supporto.

Espansione contrastata (UNI 8147) non inferiore a 0.4/1000 a 7 giorni. A 28 giorni l'espansione contrastata dovrà avere un valore non minore di quello riscontrato a 7 giorni e non maggiore dello stesso valore aumentato del 30%. Assenza di acqua essudata (ASTM C232).

### Note:

- Le prove di adesione al supporto determinata per taglio sono da condurre su travetti 7x7x28 cm composti in parte da un cuneo di calcestruzzo con  $R_{ck}=45$  N/mm<sup>2</sup> e stagionato almeno 28 giorni, con una faccia inclinata di 20 gradi (questa sarà spazzolata con spazzola d'acciaio all'atto della sformatura e trattata con la mano d'attacco prevista in opera), e in parte dal materiale oggetto di prova, colato a completamento del travetto. Il carico sarà applicato assialmente sulle due facce minori. La resistenza richiesta è quella di taglio sulla facce inclinate.
- Le prove di adesione al supporto determinata per trazione diretta sono da condurre su provini del diametro di 50 mm.
- Le malte cementizie definite "resistenti ai solfati" dovranno essere confezionate solo con cemento ferrico avente contenuto massimo di C<sub>3</sub>A del 3%.

### 4.2.5. Materiali epossidici

#### 4.2.5.1. Pasta collante o stucco epossidico

Per l'allettamento e/o l'ancoraggio e/o l'incollaggio di elementi strutturali di calcestruzzo prefabbricato o metallici di apparecchi di appoggio, per la messa in opera di tubetti-valvola per l'iniezione dei cavi di precompressione, per la sigillatura di fessure o di giunti, per l'applicazione su armature metalliche parzialmente affioranti, ecc.; caratteristiche tecniche:

- peso specifico UNI 7092

c.a. kg/dm<sup>3</sup> 1.6-1.8

## AUTOSTRADA DEL BRENNERO

SOCIETÀ PER AZIONI CON SEDE IN TRENTO

- rapporto di miscela		da confezionare secondo scheda tecnica
- vita utile ASTM C881	5°C 15°C 22°C 30°C	2 ore 70 minuti 1 ora 30 minuti
- tempo di presa ASTM C308	5°C 15°C 22°C 30°C	10 ore 5 ore 3 ore 2 ore
- temperatura minima di indurimento		+5°C
- resistenza a compressione UNI EN ISO 604		>=65MPa
- resistenza a trazione UNI 5819-66		>= 20 MPa
- resistenza a flessione-trazione UNI EN ISO 178		>=35MPa
- forza di adesione al calcestruzzo UNI 8298/1 Adhesion test (rottura nel supporto di cls)		>= 3 MPa
- forza di adesione al metallo ASTM D 1002		>= 9 MPa
- ritiro lineare cm/cm ASTM D 2566		ca. 0,001
- modulo elastico a compressione UNI EN ISO 604		ca. 3000 MPa
- coefficiente di dilatazione termica $\times 10^{-6}$ UNI 6061		ca. 19 cm/cm/°C
- penetrazione cloruri UNI 7928		NULLA

I valori della vita utile e il tempo di presa indicati sopra potranno essere variati dalla Direzione Lavori.

### 4.2.5.2. Adesivo strutturale epossidico

Per il collegamento tra conglomerato cementizio fresco e stagionato; dovrà avere le seguenti caratteristiche:

- peso specifico UNI 7092		ca. 1.3 kg/dm <sup>3</sup>
- rapporto di miscela		da confezionare secondo scheda tecnica
- vita utile ASTM C881	5°C 15°C 22°C 30°C	4 ore 3 ore 1,5 ore 1 ora
- tempo di presa	5°C 15°C 22°C 30°C	16 ore 10 ore 8 ore 4 ore

## AUTOSTRADA DEL BRENNERO

SOCIETÀ PER AZIONI CON SEDE IN TRENTO

- viscosità a 22°C ASTM D2393	2000 cps. +/- 500
- temperatura minima di indurimento	3°C
- resistenza a compressione UNI EN ISO 604	>=90 MPa
- resistenza a trazione UNI 5819-66	>= 40 MPa
- resistenza a flessione-trazione UNI 7219	>= 50 MPa
- forza di adesione al calcestruzzo UNI 8298/1 (rottura nel supporto di cls)	>= 3 MPa
- forza di adesione al metallo ASTM D1002	>= 9,5 MPa
- modulo elastico a compressione UNI EN ISO 604	>= 3000 MPa
- ritiro lineare cm/cm ASTM D2566	ca. 0,0013
- coefficiente di dilatazione termica X 10 <sup>-6</sup> UNI 6061	ca. 20 cm/cm/°C

I valori della vita utile e il tempo di presa indicati sopra potranno essere variati dalla Direzione Lavori.

### 4.2.5.3. Sistema epossidico bicomponente per iniezioni

Per iniezione di guaine, microfessure o cavità interne nelle strutture; caratteristiche tecniche:

- peso specifico UNI 7092		1.0 – 1.1 kg/dm <sup>3</sup>
- rapporto di miscela		da confezionare secondo scheda tecnica
- vita utile ASTM C881	5°C 15°C 22°C 30°C	1-2 ore 35-90 minuti 20-60 minuti 10-35 minuti
- tempo di presa ASTM C308	5°C 15°C 22°C 30°C	7-16 ore 4-10 ore 3-6 ore 2-3 ore
- viscosità a	22°C	50-300 cps.
- temperatura minima di indurimento		+5°C
- allungamento		3-4%
- assorbimento H2O UNI 7699		<=0.3%
- penetrazione cloruri ex UNI 7928		nulla
- modulo elastico a compressione UNI EN ISO 604		<= 3000 MPa
- resistenza a compressione UNI EN ISO 604		≥ 55 MPa

## AUTOSTRADA DEL BRENNERO

SOCIETÀ PER AZIONI CON SEDE IN TRENTO

- resistenza a trazione UNI 5819-66  $\geq 35$  MPa
- resistenza a flessione-trazione UNI EN ISO 178  $\geq 45$  MPa
- forza di adesione al calcestruzzo  
ASTM D 1002  $\geq 3$  MPa
- ritiro lineare cm/cm ASTM D2566 ca. 0,0013
- coefficiente di dilatazione  
termica  $\times 10^{-6}$  UNI 6061 ca. 19 cm/cm/°C
- comportamento in presenza d'acqua: l'eventuale presenza di acqua non dovrà costituire impedimento alla policondensazione della miscela;
- protezione chimica dei ferri di armatura: la miscela dovrà avere un Ph basico compreso tra 10,5 e 12,5.

### 4.2.5.4. Malta a base di resine epossidiche

Per rifacimenti, livellamenti, spessorazioni, formazione di baggioli, ecc.; costituita da tre elementi: resina, induritore e inerti silicei di appropriata granulometria preventivamente approvata dalla D.L.; caratteristiche tecniche:

- peso specifico UNI 7092  $1.7 - 2.0 \text{ kg/dm}^3$
- vita utile ASTM C881 

5°C	1,5-3 ore
10°C	1-2 ore
20°C	20 minuti - 1 ora
30°C	10-25 minuti
- temperatura minima di indurimento 5°C
- ritiro UNI 6687 0,005%
- resistenza a compressione D.M. VI-'68  $\geq 100$  MPa
- modulo elastico a compressione UNI 6556 ca. 20000 MPa
- resistenza a flessione-trazione D.M. VI-'68  $\geq 30$  MPa
- forza di adesione al calcestruzzo  
(rottura nel supporto di cls)  $\geq 3$  MPa
- penetrazione cloruri ex UNI 7928 NULLA
- assorbimento H<sub>2</sub>O UNI 7699  $< 0,3\%$  in peso

### 4.2.5.5. Malta a base di resina epossipoliuretana

Per livellamenti, formazione dei masselli, in spessore pavimentazione, di giunti di dilatazione in soletta di ponti e di viadotti, ecc.

Malta costituita da legante base di natura epossipoliuretana, induritore, inerti quarziferi di appropriato fuso granulometrico, additivata con elastomeri liquidi compatibili.

Caratteristiche tecniche:

- peso specifico UNI 7092 ca.  $2.0 \text{ kg/dm}^3$
- vita utile ASTM C881 5°C 1,5-3 ore

## AUTOSTRADA DEL BRENNERO

SOCIETÀ PER AZIONI CON SEDE IN TRENTO

10°C	1-2 ore
20°C	20 minuti - 1 ora
30°C	10-25 minuti
- temperatura minima di indurimento	5°C
- ritiro UNI 6687	< 0.0004
- resistenza a rottura per compressione D.M. 03.06.1968	> 10. MPa
- modulo elastico secante a compressione UNI 6556	ca. 200. MPa
- resistenza a flessione-trazione eseguita a 10°C D.M. 03.06.1968	> 16. MPa
- forza di adesione al calcestruzzo (rottura nel supporto di cls)	>= 3 MPa
- penetrazione cloruri ex UNI 7928	NULLA
- assorbimento H <sub>2</sub> O UNI 7699	< 0,05% in peso

### 4.2.6. Conglomerati e malte polimeriche

#### 4.2.6.1. Malta polimerica a basso modulo elastico

- resistenza a rottura determinata su un prelievo di 3 provini prismatici 40x40x160 mm in analogia a quanto stabilito dal D.M. 03/06/68; valori medi a 10°C; a flessione-trazione non inferiore 10 N/mm<sup>2</sup>;
- modulo elastico determinato secondo UNI 6556: non superiore a 3000 N/mm<sup>2</sup>;
- adesione al calcestruzzo misurato allo strappo in conformità alle norme DIN ISO 4624: non inferiore a 2 N/mm<sup>2</sup>;
- resistenza a cicli di gelo e disgelo determinata secondo la norma RILEM CDC/2 in presenza di soluzioni saline: dopo 50 cicli, perdita di peso media in superficie non superiore a 0,05 mg/mm<sup>2</sup>;
- resistenza all'abrasione determinata con getto di sabbia secondo l'art. 6 del Decreto 2234 del 16.11.1939: non superiore a 2 mg/mm<sup>2</sup>;
- assorbimento d'acqua determinato in analogia alla UNI 7699 su provino prismatico 40x40x160 mm: non superiore allo 0,3% in peso;
- penetrazione dello ione cloruro misurato in conformità alla norma UNI 7928 su un provino di calcestruzzo rivestito con uno spessore di mm 10 di malta polimerica: nulla dopo 200 ore.
- Ciclo di verifica della resistenza agli agenti atmosferici.

Per l'invecchiamento artificiale si dovrà prevedere il seguente ciclo di esposizione forzata a diversi agenti aggressivi:

Agente aggressivo	Durata	Temperatura	Norma
Radiazione ultravioletta	24 H	+ 60° C	UNI 7097-72
5 cicli di gelo e disgelo in presenza di CaCl <sub>2</sub> al 3%	120 H	+ 20° C - 20° C	RILEM CDC/2
Radiazione ultravioletta	24 H	+ 60° C	UNI 7097-72
5 cicli di gelo e disgelo in presenza di CaCl <sub>2</sub> al 3%	120 H	+ 20° C - 20° C	RILEM CDC/2

## AUTOSTRADA DEL BRENNERO

SOCIETÀ PER AZIONI CON SEDE IN TRENTO

Camera all'ozono	40 H	+ 25° C	
Radiazione ultravioletta	24 H	+ 60° C	UNI 7097-72

Dopo l'esposizione i provini di tipo prismatico di dimensioni 40x40x160 mm non dovranno presentare formazione di microfessure o sfarinamenti. A seguito di tale trattamento di invecchiamento forzato dovranno essere inoltre verificate quantitativamente tali caratteristiche meccaniche:

- resistenze a rottura determinate su un campione di 3 provini prismatici 40x40x160 mm in analogia a quanto stabilito dal D.M. 03/06/68; valori medi a 10°C a flessione-trazione e a compressione ;
- modulo elastico determinato secondo UNI 6556;

Sarà tollerato un peggioramento massimo del 10% rispetto alle corrispondenti caratteristiche richieste in condizioni normali.

### 4.2.6.2. Conglomerato polimerico

Dovrà avere le seguenti caratteristiche tecniche:

- resistenza a rottura determinata su un prelievo di 3 provini prismatici 40x40x160 mm in analogia a quanto stabilito dal D.M. 03.06.1968; valori medi a 10°C: a flessione-trazione non inferiore a 10 N/mm<sup>2</sup> ;
- resistenza all'urto determinata per caduta di una sfera d'acciaio del peso di kg 1, da un'altezza di cm 30, su una piastra quadrata di conglomerato polimerico di lato cm 25 e spessore cm 3 appoggiata su un letto di sabbia (vedi pagina 558 dell'A.C.I. Journal" del novembre 1984): non inferiore a 400 colpi;
- adesione al calcestruzzo misurata in conformità alla B.S. 6319 parte 4 non inferiore a 5 N/mm<sup>2</sup> ;
- resistenza a cicli di gelo e disgelo determinata secondo la norma RILEM CDC/2 in presenza di soluzioni saline: dopo 50 cicli, perdita di peso media in superficie non superiore a 0,10 mg/mm<sup>2</sup> ;
- resistenza all'abrasione determinata con getto di sabbia secondo l'art. 6 del Decreto 2234 del 16.11.1939: non superiore a 3 mg/mm<sup>2</sup> ;
- assorbimento d'acqua determinato in analogia alla UNI 7699 su provino prismatico 40x40x160 mm: non superiore allo 0,5% in peso;
- coefficiente di dilatazione termica: media tra -20°C e +45°C non superiore a  $2,5 \cdot 10^{-5}$  1/°C.

### 4.2.6.3. Prodotto impregnante sintetico bicomponente a base acrilica

Per il consolidamento del supporto di calcestruzzo ai rivestimenti di cui ai precedenti articoli. Dovrà avere le seguenti caratteristiche:

- peso specifico		ca. 1,1 kg/ dm <sup>3</sup>
- vita utile	5°C	0,4 ore
	15°C	0,3 ore
- viscosità a	22°C	50 cps.
- temperatura minima di indurimento		0°C
- resistenza a compressione UNI EN ISO 604		>= 70MPa
- resistenza a trazione UNI 5819-66		>= 30 MPa
- forza di adesione al calcestruzzo ASTM D 1002		>= 4 MPa
- coefficiente di dilatazione termica X 10 <sup>-6</sup>		ca. 20 cm/cm/°C

I valori della vita utile e il tempo di presa indicati sopra potranno essere variati dalla Direzione Lavori.

### 4.2.6.4. Calcestruzzi impregnati con isobutiltrimetossisilano puro

Lo strato corticale di calcestruzzo impregnato con isobutiltrimetossisilano, dovrà avere le seguenti caratteristiche tecniche:



## AUTOSTRADA DEL BRENNERO

SOCIETÀ PER AZIONI CON SEDE IN TRENTO

- resistenza a cicli di gelo e disgelo in presenza di soluzioni saline, determinata secondo la norma RILEM/CDC su 3 provini cilindrici estratti dal manufatto di diametro 100 mm, chiusi lateralmente da manicotto impermeabile in modo da testare unicamente la superficie superiore:  
perdita dopo 50 cicli non superiore a  $0,3 \text{ mg/mm}^2$  ;
- penetrazione da parte dello ione cloruro misurata in conformità alla norma ex UNI7928 su 3 provini estratti dal manufatto e testati sulla superficie trattata. Dopo 200 ore non superiore a 190 mg di Cl- / kg di campione;
- assorbimento d'acqua, determinato in analogia alla norma UNI 7699 su un provino cilindrico estratto dal manufatto trattato, di diametro 100 mm e di altezza 60 mm, impermeabilizzato con resina epossidica sulle facce laterali ed inferiore. Dopo 7 giorni non superiore allo 0,5%.

### 4.2.7. Conglomerati bituminosi per strati di collegamento e di usura

#### 4.2.7.1. *Aggregati, cemento e calce*

Per gli aggregati, calce e cemento si veda quanto specificato precedentemente.

#### 4.2.7.2. *Leganti bituminosi*

I leganti bituminosi semisolidi per impiego diretto o per modifiche successive con polimeri o altri trattamenti, sono quei leganti per uso stradale costituiti da bitumi prodotti in raffineria mediante processi di distillazione primaria (topping e vacuum) e processi di conversione (cracking e visbreaking).

I leganti bituminosi utilizzati nelle pavimentazioni possono essere: bitumi tal quali, bitumi modificati e bitumi schiumati.

##### Bitumi tal quali

Sono quei leganti impiegati, senza alcun trattamento, per la produzione di conglomerati bituminosi prodotti a caldo. Il riferimento per la classificazione e per la determinazione delle caratteristiche di questi prodotti è la norma UNI EN 12591 "Specifiche per i bitumi per applicazioni stradali". I requisiti che devono essere presidiati sono relativi alla consistenza del prodotto prelevato dalle cisterne di stoccaggio ed alle medesime caratteristiche dopo la simulazione di invecchiamento (RTFOT).

##### Bitumi modificati

I leganti bituminosi modificati sono quei leganti per uso stradale costituiti da bitumi di base ed appositi polimeri ed additivi. I bitumi modificati garantiscono una maggiore durata a fatica dei conglomerati bituminosi riducendo l'attitudine alla deformazione permanente. La produzione di questi leganti avviene in impianti industriali dove vengono miscelati bitumi di base dotati di particolari caratteristiche in funzione del rapporto tra asfalteni/resine e saturi/aromatici) con polimeri di natura elastomerica e/o plastomerica e/o altre tipologie di modifica. I bitumi modificati, in funzione del tipo di modifica, vengono classificati in bitumi con modifica "soft" o modifica "hard" o modifica "ad alto modulo".

Il riferimento per la classificazione e per la determinazione delle caratteristiche di questi prodotti è la norma UNI EN 14023 "Quadro delle specifiche riguardanti i bitumi modificati con polimeri". Oltre ai requisiti previsti per i bitumi normali devono essere definite le caratteristiche relative alla viscosità dinamica, al ritorno elastico ed alla stabilità nello stoccaggio.

##### Bitumi schiumati

La "schiuma di bitume" è prodotta dalle reazioni fisico-chimiche di un bitume, di tipo tal quale o modificato, mediante la polverizzazione delle sue molecole con acqua in pressione. Il processo si realizza all'interno di una particolare camera di espansione mediante il contatto del bitume con acqua ad alta pressione.

Il prelevamento dei campioni di bitume deve essere conforme alla norma UNI EN 58.

## AUTOSTRADA DEL BRENNERO

SOCIETÀ PER AZIONI CON SEDE IN TRENTO

### 4.2.7.3. *Conglomerato bituminoso di recupero*

Il conglomerato bituminoso di recupero è il conglomerato bituminoso proveniente dalla demolizione di pavimentazioni, ottenuto mediante operazioni meccaniche di fresatura o demolizione in blocchi successivamente frantumati. L'utilizzo del conglomerato bituminoso riciclato è previsto previa conformità ai requisiti di utilizzo della miscela finale.

Dove previsto, potrà essere utilizzato il conglomerato bituminoso riciclato previo accertamento dei requisiti relativi al legante, quantità e proprietà, e relativi agli aggregati, composizione granulometrica e natura mineralogica. Il riferimento per la classificazione e per la determinazione delle caratteristiche del conglomerato bituminoso riciclato è la norma UNI EN 13108 - 8 "Specifiche del materiale, conglomerato bituminoso di recupero".

### 4.2.7.4. *Additivi*

#### Attivanti chimici funzionali (A.C.F.)

Sono composti chimici da utilizzare come additivi per la produzione di conglomerati bituminosi prodotti a caldo o a freddo con l'impiego di conglomerato riciclato. Rigenerano le caratteristiche del legante invecchiato proveniente dal conglomerato bituminoso fresato e svolgono le funzioni di attivante d'adesione, diluente nei confronti del bitume invecchiato legato agli aggregati, plastificante ad integrazione delle frazioni malteniche perse dal bitume durante il precedente lavoro ed infine di antiossidante in contrasto con gli effetti ossidativi dovuti ai raggi ultravioletti ed alle condizioni termiche della pavimentazione.

#### Dopes di adesione

Nella produzione di conglomerati bituminosi, in caso di aggregati lapidei di natura silicea (es. porfido), sono impiegate sostanze chimiche attivanti l'adesione bitume-aggregato (agenti tensioattivi). Il dosaggio dovrà variare a seconda delle condizioni d'impiego, della natura degli aggregati e delle caratteristiche del prodotto. L'immissione delle sostanze tensioattive nel bitume dovrà essere realizzata con idonee attrezzature tali da garantire la perfetta dispersione e l'esatto dosaggio nel legante bituminoso.

Il tipo e la quantità di attivante d'adesione dovrà essere valutato in fase di qualifica preliminare dei materiali con approvazione della Direzione Lavori.

#### Fibre di natura minerale

Nella produzione di conglomerati bituminosi con elevato tenore di vuoti (tipo drenante) e di conglomerati bituminosi con elevato contenuto di legante a granulometria discontinua (tipo Splitt Mastix Asphalt) sono impiegate le fibre di natura minerale (vetro) opportunamente pressate ed agglomerate con un prodotto addensante (cellulosa od altro). L'immissione di fibre nel conglomerato bituminoso dovrà essere realizzata con idonee attrezzature tali da garantire la perfetta dispersione e l'esatto dosaggio nella miscela.

Il tipo e la quantità di fibra dovrà essere valutato in fase di qualifica preliminare dei materiali con approvazione della Direzione Lavori.

### 4.2.7.5. *Emulsione bituminosa*

L'emulsione bituminosa è una dispersione di bitume in acqua ottenuta mediante utilizzo di energia meccanica per la miscelazione e l'impiego di un agente tensioattivo emulsionante.

La classificazione delle emulsioni bituminose è basata sul carattere ionico (anioniche - basiche e cationiche - acide), sulla percentuale di bitume residuo e sulla velocità di rottura o presa (rapida, media, lenta).

È composta da bitume, fluidificanti, acqua ed emulsionanti.

Il riferimento per la classificazione e per la determinazione delle caratteristiche di questo prodotto è la norma UNI EN 13808 "Specifiche tecniche per le emulsioni bituminose cationiche".

## AUTOSTRADA DEL BRENNERO

SOCIETÀ PER AZIONI CON SEDE IN TRENTO

### *Bitume*

I leganti di base utilizzati per la produzione di emulsione bituminosa sono bitumi "tal quali" o bitumi "modificati" con polimeri. Nell'emulsione il contenuto di bitume può variare dal 50 al 70%.

### *Fluidificanti*

Sono prodotti oleosi a bassa viscosità che vengono aggiunti al bitume.

### *Acqua*

L'acqua utilizzata non deve contenere impurità organiche (sospensioni colloidali) o minerali. Qualora necessario l'acqua dovrà essere corretta per renderla della durezza appropriata.

### *Emulsionanti*

Sono prodotti chimici classificati in base al loro comportamento di dissociazione in acqua che permettono la dispersione del bitume e favoriscono l'adesione del bitume agli aggregati.

#### 4.2.7.6. *Conglomerati bituminosi additivati con resine epossidiche*

Caratteristiche tecniche del legante bicomponente asfalto-resine epossidiche, dopo 4 ore di stagionatura a 120°C:

- resistenza a trazione a 23°C (ASTM D 412)  $\geq 3$  MN/mq
- allungamento a rottura (ASTM D 412)  $\geq 250\%$
- stabilità termica a 300°C: non dà esalazioni o non si disintegra entro 31.

Dopo immersione in olio idraulico per 7 giorni:

- resistenza a trazione a 23°C (ASTM D 412)  $\geq 2,5$  MN/mq
- allungamento a rottura (ASTM D 412)  $\geq 200\%$
- aumento di peso  $\leq 1,2\%$

Caratteristiche tecniche della miscela legante-aggregati:

- stabilità Marshall  $\geq 40$  kN
- scorrimento Marshall  $\leq 4$  mm
- quoziente Marshall  $\geq 10$
- stabilità Duriez a 18°C  $\geq 250$
- stabilità Duriez a 50°C  $\geq 80$

#### 4.2.7.7. *Massa bituminosa elastomerica "tampone" per giunti*

Caratteristiche tecniche

- punto di rammollimento P.A. (secondo ASTM D36-66) 95-105°C
- penetrazione DOW a 25°C (secondo ASTM D5-65) 35- 40°C
- penetrazione DOW a 46°C (secondo ASTM D5-65) 75- 80°C
- viscosità dinamica (metodo Brookfield):
  - a 150 C girante 5 velocità 10 14.000-16.000 cps
  - a 190 C girante 5 velocità 10 2.500-3.500 cps
- indice di penetrazione +5,8
- resistenza a trazione 25 gr/mm<sup>2</sup>
- allungamento percentuale a rottura 1.500%

### 4.2.8. Impermeabilizzazione di impalcati

#### 4.2.8.1. *Con mastici di asfalto sintetico, caratteristiche tecniche dei materiali:*

- Legante: dovrà essere costituito da una miscela di bitume 40/50 e Trinidad Eppure in rapporto minimo di 5 a 1 in peso. In alternativa potranno essere usati, previa approvazione della Direzione Lavori, altri bitumi naturali (quali il Selenitza) o gomme termoplastiche del tipo approvato dalla D.L. I dosaggi di questi materiali saranno definiti da uno studio preliminare da presentare alla Direzione Lavori per la necessaria approvazione.

## AUTOSTRADA DEL BRENNERO

SOCIETÀ PER AZIONI CON SEDE IN TRENTO

Il legante sarà dosato in ragione del 15-19% in peso sulla miscela di inerti (corrispondenti al 13-16% in peso sulla miscela finale), compreso il bitume contenuto nel filler asfaltico. Il bitume 40/50 dovrà avere un indice di penetrazione (IP) compreso tra -1 e +1 calcolato secondo la formula:

$$\begin{aligned} IP &= 20u - 500v/u + 50v \text{ in cui} \\ v &= \log 800 - \log \text{Penetrazione a } 25^{\circ}\text{C} \\ u &= \text{temperatura di P. e A. } (^{\circ}\text{C}) - 25. \end{aligned}$$

- Filler: dovrà essere passante totalmente al setaccio 0,18 UNI (ASTM n. 80) e per il 90% al setaccio 0,075 UNI (ASTM n. 200) (granulometria da effettuare per via umida) contenuto per il 30-35% in peso sulla miscela di inerti. Il suo potere stabilizzante dovrà essere tale che la miscela bitume 40/50/filler, nel rapporto in peso di 1 a 2, dovrà avere un punto di rammollimento P. e A. di almeno 15°C superiore a quello del bitume puro.
- Sabbia: dovrà essere totalmente passante al setaccio 2,5 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 di inerti.
- Miscela finale: la parte lapidea della miscela (sabbia + filler) dovrà avere una percentuale di vuoti (v) compresa tra il 18 ed il 23%. Il legante totale dovrà saturare tutti gli spazi vuoti, garantendo inoltre una eccedenza compresa tra il 5 ed il 7% ( $VB - v = 5-7$  in cui VB è la percentuale in volume del legante sulla miscela finale). Il mastice completo, confezionato nel rispetto delle norme sopra esposte dovrà avere, nelle prove di laboratorio, un punto di rammollimento alla prova Wilhelmi (Norma DIN 1966) compreso tra 100 e 115°C. Alla stessa prova il mastice prelevato al confezionamento od alla stesa potrà presentare valori compresi tra 100 e 130°C.

### 4.2.8.2. *Con guaine bituminose armate con non tessuti in poliestere.*

Il manto impermeabile sarà realizzato con guaine preformate, armate con tessuto in poliestere dello spessore complessivo di 4-5 mm, dei quali 2-3 mm di massa bituminosa nella parte inferiore ed un massimo di 0,5 mm sempre di massa bituminosa al di sopra dell'armatura.

Le caratteristiche della massa bituminosa saranno le seguenti:

- |  |             |
|--|-------------|
| - punto di rammollimento P. e A.           | : 130-140°C |
| - punto di rottura Frass                   | : -15°C     |
| - penetrazione (con peso di 100 gr) a 25°C | : 20-30 dmm |

L'armatura sarà costituita da tessuto "non tessuto" ottenuto a partire da fibre di poliestere ad alto titolo e tenacia, solidamente collegate tra di loro e termicamente stabilizzate. Le armature dovranno inoltre avere variazioni dimensionali (tra -30°C e +200°C) minori del 3%; punto di fusione (in bagno di opportuni olii) non inferiore a 250°C; inalterabilità all'azione anche prolungata di sali, alcali, acidi, idrocarburi ed all'azione dei microrganismi; perfetta adesione ed impregnabilità con le masse bituminose descritte in precedenza.

Il primer di adesione alle superfici in calcestruzzo cementizio, sarà costituito da soluzione di bitume polimerizzato, a medio punto di rammollimento (P. e A. 85-90°C), additivato di miscele di butadieni (l'adesione del primer di attacco alla soletta non dovrà risultare inferiore a 2 kg/cm<sup>2</sup>). La viscosità del primer, misurata in "tazza" Ford 4 a 25°C, dovrà essere compresa tra 20 e 25 sec.

Il manto dovrà risultare impermeabile, dopo la stesa e la compattazione su di esso dei conglomerati bituminosi, sotto una pressione di 10 kg/cm<sup>2</sup>, in permeometro, a 60°C, per 5 ore anche nelle zone di giunto.

### 4.2.8.3. *Con membrana continua, applicata a spruzzo, costituita da un sistema elastomerico poliuretanico.*

Il manto impermeabilizzante sarà realizzato mediante applicazione a spruzzo di un rivestimento costituito da un sistema elastomerico poliuretanico bicomponente, privo di solventi, plastificanti inerti di carica e materiali bituminosi, avente un rapporto di poli-isocianato non inferiore al 40% in peso sul residuo secco.

Lo spessore del rivestimento impermeabilizzante sarà di almeno 3 millimetri.

Il rivestimento dovrà essere continuo; la posa dovrà essere effettuata in maniera tale da raccordare scarichi, rialzi, strutture metalliche, elementi geometricamente complessi, senza soluzione di continuità.

## AUTOSTRADA DEL BRENNERO

SOCIETÀ PER AZIONI CON SEDE IN TRENTO

Il rivestimento dovrà essere perfettamente impermeabile all'acqua, resistente ai sali antigelo, agli idrocarburi, agli alcali diluiti, all'idrolisi e ai microrganismi.

Il prodotto non dovrà subire rammollimenti a temperature fino a 180 °C.

Polimerizzazione rapida (non superiore a 20 secondi); la membrana dovrà sopportare un normale traffico pedonale dopo 30 minuti dalla posa e, dopo circa 3 minuti dalla catalisi, il prodotto di reazione non dovrà subire alterazioni per effetto di piogge.

Caratteristiche tecniche della membrana:

- Carico di rottura	: 10. N/mm <sup>2</sup>	DIN 53504
- Allungamento a rottura (-30 °C)	: 400%	DIN 53504
- Modulo di elasticità a 100%	: 4. N/mm <sup>2</sup>	DIN 53504
- Resistenza alla propagazione della lacerazione:	15. KN/m	DIN 53515
- Adesione al supporto in cls (trazione diretta)	: 2. N/mm <sup>2</sup>	
- Densità	: 0.9 g/cm <sup>3</sup>	DIN 53479
- Residuo secco	: 100%	
- Durezza Shore A	: 70	
- Abrasione	: 130 mg	DIN 53516
- Resistenza ai raggi ultravioletti	: stabilizzato	

La membrana dovrà essere posta in opera con apparecchiatura automatica atta a garantire la costanza del rapporto dei prodotti di catalisi e l'uniformità dello spessore di applicazione.

L'applicazione della membrana impermeabilizzante sarà preceduta da quella di un primer d'adesione (mano di fondo) alle superfici strutturali. Tale primer sarà costituito da un formulato bicomponente di natura poliuretanica, a basso contenuto di solventi, compatibile con fondi umidi (reagente in presenza di umidità).

L'applicazione della membrana impermeabilizzante sarà seguita da quella di una mano di aggancio per i successivi strati bituminosi. Tale primer, di natura poliuretanica bicomponente, modificato e additivato con catrami selezionati, privo di solventi, sarà applicato in quantità non inferiore a 250 g/mm<sup>2</sup>.

#### 4.2.8.4. *Con membrana continua, realizzata in opera, costituita da un manto bituminoso elastomerico.*

Strato continuo aggrappante/impermeabilizzante in bitume elastomerico modificato con caratteristiche di grande elasticità solidamente ancorato alla struttura in acciaio o calcestruzzo, con l'interclusione di un tessuto non tessuto di poliestere di armatura.

Il bitume, steso anche in più mani a caldo in ragione di almeno 4 kg/m<sup>2</sup> e spruzzato con graniglia 3-6 mm; sarà modificato con elastomeri SBS-R (stirene-butadiene-stirene) a struttura radiale avente le seguenti caratteristiche:

- penetrazione a 25°C, 100 gr/5"	: 40-50 dmm (EN 1426)
- rammollimento (P.A.)	: >80°C (EN 1427)
- ritorno elastico a 25 °C	: > 90% (EN 13398)
- punto di Fraass	: migliore di -18° C (EN 12593)
- viscosità dinamica a T= 60°C	: Pas 800-900 (EN 13702-1)
- viscosità dinamica a T= 160°C	: Pas 0,15-2,00 (EN 13702-1)
- temperatura di spruzzatura	: 180-195°C

La stesa dovrà avvenire dopo una sabbiatura (almeno di grado A Sa 2<sup>1/2</sup>) della superficie di estradosso del ponte seguita da un'accurata pulizia generale della superficie da trattare.

Lo spargimento del bitume sarà eseguito con autocisterna termica provvista di autonomo impianto di riscaldamento e barra di spruzzatura automatica e sarà eseguito anche in più mani.

La stesa dovrà essere eseguita con adeguata attrezzatura al fine di garantire l'uniformità dello spessore di applicazione.

L'armatura sarà costituita da tessuto "non tessuto" ottenuto a partire da fibre di poliestere ad alto titolo e tenacia, solidamente collegate tra di loro e termicamente stabilizzate. Le armature dovranno inoltre avere variazioni dimensionali (tra -30°C e +200°C) minori del 3%; punto di fusione (in bagno di opportuni olii) non inferiore a 250°C; inalterabilità all'azione anche prolungata di sali, alcali, acidi,

## AUTOSTRADA DEL BRENNERO

SOCIETÀ PER AZIONI CON SEDE IN TRENTO

idrocarburi ed all'azione dei microrganismi; perfetta adesione ed impregnabilità con le masse bituminose descritte in precedenza.

Tale armatura in poliestere, specifica per saturazione con bitume modificato alla temperatura di 200°C, avrà le seguenti caratteristiche:

- massa >180 g/m<sup>2</sup> (UNI EN 965);
- resistenza a trazione >5 kN longitudinale e >6 kN trasversale (UNI EN ISO 10319);
- allungamento a rottura 60% (UNI EN ISO 10319);
- resistenza al punzonamento >1kN (UNI EN ISO 12236).

### 4.2.9. Prefabbricati in calcestruzzo (pozzetti, cordonate, canalette, embrici, ecc.)

I prodotti prefabbricati di calcestruzzo dovranno rispettare le regole comuni contenute nella UNI EN 13369 ed in particolare le seguenti norme:

**UNI EN 1338-1339-1340** – *Relative a masselli e lastre per pavimentazione e cordoli in calcestruzzo;*

**UNI EN 1433** – *Canalette di drenaggio;*

**UNI EN 1916** – *Tubi di calcestruzzo e raccordi;*

**UNI EN 1917** – *Pozzetti e camere di ispezione;*

Il progettista generale delle strutture rimane responsabile dell'organico inserimento dei manufatti nel progetto dell'opera.

### ELEMENTI IN SERIE “DICHARATA” O “CONTROLLATA”

Ogni fornitura in cantiere di manufatti prefabbricati prodotti in serie dovrà essere accompagnata dalla seguente documentazione, da conservare a cura del Direttore dei lavori dell'opera in cui detti manufatti vengono inseriti:

- apposite istruzioni nelle quali vengono indicate le procedure relative alle operazioni di trasporto e montaggio degli elementi prefabbricati, ai sensi dell'art.58 del DPR n°380/2001  
Tali istruzioni dovranno almeno comprendere, di regola:
  - o i disegni d'assieme che indichino la posizione e le connessioni degli elementi nel complesso dell'opera;
  - o apposita relazione sulle caratteristiche dei materiali richiesti per le unioni e le eventuali opere di completamento;
  - o le istruzioni di montaggio con i necessari dati per la movimentazione, la posa e la regolazione dei manufatti;
- elaborati contenenti istruzioni per il corretto impiego dei manufatti. Tali elaborati dovranno essere consegnati dal Direttore dei lavori al Committente, a conclusione dell'opera;
- certificato di origine firmato dal produttore, il quale con ciò assume per i manufatti stessi le responsabilità che la legge attribuisce al costruttore, e dal Direttore Tecnico responsabile della produzione. Il certificato che deve garantire la rispondenza del manufatto alle caratteristiche di cui alla documentazione depositata presso il Servizio Tecnico Centrale, deve riportare l'indicazione degli estremi dell'attestato di qualificazione, nonché il nominativo del progettista;
- attestato di qualificazione del Servizio Tecnico Centrale e copia della certificazione del sistema di garanzia della qualità del processo di produzione in fabbrica;
- documentazione, fornita quando disponibile, attestante i risultati delle prove a compressione effettuate in stabilimento su cubi di calcestruzzo (ovvero estratto del Registro di produzione) e copia dei certificati relativi alle prove effettuate da un laboratorio ufficiale incaricato; tali documenti devono essere relativi al periodo di produzione dei manufatti.

Copia del certificato d'origine dovrà essere allegato alla relazione del Direttore dei lavori.

Il Direttore dei lavori non può accettare in cantiere elementi prefabbricati in serie, che non siano accompagnati da tutti i documenti predetti.

Inoltre, prima di procedere all'accettazione dei manufatti stessi, il Direttore dei lavori deve verificare che essi siano effettivamente contrassegnati come da normativa.

Il produttore di elementi prefabbricati deve altresì fornire al Direttore dei lavori e questi al Committente, gli elaborati (disegni, particolari costruttivi, ecc.) firmati dal Progettista e dal Direttore Tecnico della produzione, secondo le rispettive competenze, contenenti istruzioni per il corretto impiego dei singoli manufatti, esplicitando in particolare:

- a) destinazione del prodotto;
- b) requisiti fisici rilevati in relazione alla destinazione;
- c) prestazioni statiche per manufatti di tipo strutturale;

## AUTOSTRADA DEL BRENNERO

SOCIETÀ PER AZIONI CON SEDE IN TRENTO

- d) prescrizioni per le operazioni integrative o di manutenzione, necessarie per conferire o mantenere nel tempo le prestazioni e i requisiti dichiarati;
- e) tolleranze dimensionali nel caso di fornitura di componenti.

Nella documentazione di cui sopra il progettista deve indicare espressamente:

- le caratteristiche meccaniche delle sezioni, i valori delle coazioni impresse, i momenti di servizio, gli sforzi di taglio massimo, i valori dei carichi di esercizio e loro distribuzioni, il tipo di materiale protettivo contro la corrosione per gli apparecchi metallici di ancoraggio, dimensioni e caratteristiche dei cuscinetti di appoggio, indicazioni per il loro corretto impiego;
- se la sezione di un manufatto resistente deve essere completata in opera con getto integrativo, la resistenza richiesta;
- la possibilità di impiego in ambiente aggressivo e le eventuali variazioni di prestazioni che ne conseguono

### ELEMENTI DI PRODUZIONE OCCASIONALE

E' necessaria la nomina di un Direttore Lavori in stabilimento che provveda al prelievo dei campioni di acciaio e di calcestruzzo ed alla esecuzione delle relative prove.

#### 4.2.10. Tubazioni e pezzi speciali

##### 4.2.10.1. Generalità

Per accertare la buona qualità dei materiali impiegati nella fabbricazione dei tubi di qualunque genere, l'esattezza della lavorazione, il perfetto funzionamento degli apparecchi di manovra e la rispondenza all'uso, l'Amministrazione Appaltante si riserva ampia facoltà di farne sorvegliare la lavorazione in officina a mezzo di propri incaricati e di sottoporre i materiali ed i relativi manufatti a tutte le prove di verifica e collaudo che riterrà necessarie. A tale scopo l'Appaltatore, ad avvenuta consegna dei lavori, sarà tenuto ad indicare il nome delle Ditte prescelte per la fornitura di condotte, pezzi speciali ed accessori idraulici nonché, a garantire il libero accesso nelle officine delle stesse Ditte agli incaricati dell'Amministrazione per la verifica dell'osservanza delle condizioni di fornitura.

L'Appaltatore sarà altresì tenuto a rispettare, in quanto non in contrasto con le disposizioni del presente Capitolato Tecnico -, le particolari norme di accettazione e collaudo prescritte dai seguenti Enti di unificazione e normazione, vigenti all'atto della fornitura: UNI (tubi in ghisa, acciaio, gres, materiale plastico), DIN 4032 (tubi in cemento) e DIN 4035 (tubi in cemento armato).

L'Appaltatore, o per esso la Ditta fornitrice, dovrà procurare, a propria cura e spese, i mezzi e la mano d'opera necessari per eseguire tutte le prove e verifiche richieste.

##### 4.2.10.2. Controlli e verifiche

La qualità dei materiali impiegati (ghisa, acciaio, gres, cemento armato, materie plastiche,) e le caratteristiche esecutive dei manufatti saranno controllate, ogni qualvolta l'Amministrazione Appaltante lo riterrà necessario, mediante verifiche, prove meccaniche, tecnologiche ed idrauliche prescritte per ogni singolo materiale dalle norme ufficiali, dal presente Capitolato Tecnico o dalla Direzione lavori.

Le prove non distruttive saranno effettuate su appositi campioni prelevati dai singoli lotti, quelle distruttive su campioni o provini ricavati da elementi o pezzi forniti in eccedenza rispetto a quelli ordinati.

Le prescrizioni relative alle caratteristiche geometriche, alle tolleranze, alla marcatura, alla verifica della rettilineità, del diametro interno e dell'ovalizzazione, potranno essere controllate su ciascun elemento della fornitura.

Gli elementi che risultassero non soddisfacenti anche ad una sola delle prescrizioni, saranno rifiutati. Tali controlli, comunque, previo benestare della Direzione lavori, potranno essere eseguiti anche per campioni; in tal caso, qualora gli accertamenti portassero al rifiuto del lotto, l'Appaltatore potrà richiedere che il controllo sulle caratteristiche non soddisfatte venga esteso all'intera della fornitura.

Quando, tutte le prove e le verifiche eseguite avessero esito positivo, il materiale cui esse si riferiscono si intenderà accettato. Di contro, ove un tubo, un elemento di giunto o di condotta in genere, non soddisfacesse ad una delle prove, la stessa dovrà essere ripetuta su un numero doppio di unità dello stesso lotto. L'esito negativo di una di queste seconde prove, giustificherà il rifiuto del lotto.

Qualora l'Amministrazione o per essa la Direzione Lavori rinunciassero a presenziare od a farsi rappresentare all'esecuzione parziale o totale delle prove, l'Appaltatore dovrà consegnare un

## AUTOSTRADA DEL BRENNERO

SOCIETÀ PER AZIONI CON SEDE IN TRENTO

certificato rilasciato dal fabbricante ed attestante che le prove, alle quali non si è presenziato, sono state effettuate da Ente terzo, secondo il metodo di attestazione conformità 1 alla direttiva 89/106/CEE, in conformità alle norme ed hanno dato esito positivo.

### 4.2.10.3. Tubazioni in polietilene

#### GENERALITÀ

Dovranno corrispondere alle prescrizioni della normativa UNI EN 12201-2 e UNI EN ISO 15494.

Le materie prime impiegate nella fabbricazione dovranno essere ammesse e riconosciute dall'I.I.P. o da Istituti legalmente riconosciuti in ambito CEE.

Saranno esclusivamente del tipo ad alta densità, a parete liscia, prodotte con PE100 e valore SDR conforme alle specifiche di progetto che nel caso specifico si tratta di SRD17 (PN 10).

Dovranno presentare massa volumica di 0,94-0,96 kg/dm<sup>3</sup>, resistenza a trazione minima di 150 kgf, allungamento a rottura minimo del 500%, temperatura di rammollimento minima 124° (Vicat).

Per i metodi di prova si farà riferimento alla norma UNI 7615-76 - Tubi di polietilene ad alta densità. Metodi di prova.

#### TUBAZIONI IN POLIETILENE AD ALTA DENSITÀ PER FLUIDI IN PRESSIONE

##### Generalità

Se destinate al trasporto di fluidi alimentari dovranno, essere conformi ai contenuti della circolare del Ministero della Sanità n° 102 del 02/12/1978 e del DM 21/03/1973 e successivo DM 06/04/2004 n.174 e del DPR n°31 del 02/02/2001 (attuazione direttiva 98/83/CE relativa alla qualità delle acque per consumo umano).

Dovranno essere del tipo 312 alta densità (acqua potabile e fluidi alimentari), conformi alle norme UNI 12201 (PN 6/10/16 secondo necessità e/o richiesta) e UNI EN 1622.

Saranno esclusivamente del tipo ad alta densità, a parete liscia, prodotte con PE100 e valore SDR conforme alle specifiche di progetto.

Le tubazioni potranno essere fornite in rotoli o in barre, in relazione ai diametri richiesti.

La raccorderia per questo tipo di tubazioni dovrà essere conforme alle Norme UNI EN 12201 di tipo a compressione con coni e ghiera filettate in ottone.

Tale tipo di giunzione potrà essere utilizzata per diametri fino a 3" (75 mm) mentre, per diametri superiori, le giunzioni dovranno essere effettuate mediante saldatura che dovrà essere del tipo a specchio, eseguita con apposita attrezzatura elettrica seguendo scrupolosamente le istruzioni del costruttore.

Per il collegamento di tubazioni in PE.a.d. ad altro tipo di condotte, potranno essere impiegati giunti in acciaio, o altro materiale, a vite e manicotto, per diametri non superiori a 3"; per i diametri superiori dovranno essere impiegate, esclusivamente, giunti a flange.

##### Marcatura

Ogni tubazione dovrà riportare impressi, in maniera evidente ed indelebile, la seguente marcatura minima:

- *il riferimento alla norma UNI EN 12201;*
- *il nome del Produttore e/o marchio commerciale;*
- *il tipo di materiale;*
- *il diametro esterno del tubo e lo spessore;*
- *il valore SDR;*
- *la pressione nominale;*
- *la data di produzione;*
- *la linea di estrusione;*
- *il marchio I.I.P. con il relativo numero distintivo o marchio equivalente, legalmente riconosciuto in ambito CEE.*

#### TUBAZIONI IN POLIETILENE AD ALTA DENSITÀ PER FLUIDI IN PRESSIONE TIPO TS

##### Generalità

Le tubazioni in polietilene dovranno essere corrispondere alle prescrizioni della normativa UNI-EN 12201, essere del tipo TS (Trenchless System), adatte quindi ad essere impiegate con tecnologia "senza scavo" o senza rivestimento con sabbia.



## AUTOSTRADA DEL BRENNERO

SOCIETÀ PER AZIONI CON SEDE IN TRENTO

Se destinate al trasporto di fluidi alimentari dovranno, altresì, essere conformi ai contenuti della circolare del Ministero della Sanità n° 102 del 02.12.1978 e del D.M. n° 174 del 06.04.2004.

Saranno esclusivamente del tipo ad alta densità, a parete liscia, prodotte con PE100 e valore SDR conforme alle specifiche di progetto e con materia prima vergine al 100 %.

Le tubazioni potranno essere fornite in rotoli o in barre, in relazione ai diametri richiesti.

I singoli tubi, in funzione dei diametri e delle specifiche di progetto, potranno essere collegati ricorrendo ai seguenti sistemi di giunzione:

- *raccorderia in ottone del tipo a compressione o con coni e ghiere filettate;*
- *testa a testa;*
- *elettrofusione con raccordi elettrosaldabili.*

L'esecuzione delle saldature tra le tubazioni e i pozzetti monolitici e le tubazioni dovranno avvenire in luoghi asciutti, in un campo di temperatura compreso tra -5°C e +40°C; nei casi di pioggia, elevato grado di umidità, vento o irraggiamento solare eccessivo, la zona di saldatura dovrà essere opportunamente protetta. Non sarà ammesso innalzare artificialmente la temperatura delle superfici da saldare. Le saldature dovranno essere eseguite, esclusivamente da personale specializzato, in possesso di apposito patentino e nel rigoroso rispetto della normativa UNI; per maggiori dettagli sulle modalità di esecuzione delle saldature, si rimanda alle tabelle proposte dall'Istituto Olandese per la Saldatura ed in particolare, ai seguenti riferimenti normativi:

- **UNI 9736** – *"Giunzioni e raccordi in PE in combinazione tra loro e giunzioni miste ecc."*
- **UNI 9737** – *"Qualificazione e classificazione dei saldatori di materie plastiche ecc."*
- **UNI 10520** – *"Processo di saldatura ad elementi termici per contatto ecc."*
- **UNI 10565** – *"Saldatrici da cantiere ad elementi termici per contatto ecc."*

Il collegamento di tubazioni in PEad con condotte di altro materiale, potrà avvenire con l'impiego di giunti a vite e manicotto in acciaio o altro materiale, per diametri non superiori a 3"; per i diametri superiori dovranno essere impiegati esclusivamente giunti a flange.

La conformità ai requisiti di cui alla norma UNI-EN 12201 parte 1 della materia prima impiegata nella estrusione dei tubi forniti, dovrà essere documentata dai produttori e copie dei relativi report dovranno essere forniti alla DD.LL. In particolare dovrà essere documentata dal produttore la "resistenza alla propagazione della frattura" e la "resistenza ai carichi concentrati" e dovrà essere certificato il rispetto dei valori dei seguenti parametri, al fine di garantire un adeguato livello di sicurezza e di idoneità all'uso:

- *strato esterno colorato pari al 10% dello spessore del tubo con processo di coestrusione, conforme alla normativa europea DIN EN 12007 e DIN EN, DVS, DVGW con certificato DIN EN ISO / IEC 17025 per posa senza letto di sabbia;*
- *MRS  $\geq 10$  MPa;*
- *OIT (Oxidation Induction Time)  $\geq 50$  min;*
- *RCP (Rapid Crack Propagation): arresto, SDR11 / 0°C / 10,0 bar (Diam. 250), 24,0 bar (Diam. 500);*
- *SCG (Slow Crack Growth)  $\geq 5000$  h / 80°C / 9,2 bar, SDR 11, Diam. 110 o 125.*

### Marcatura

Ogni tubazione dovrà riportare impressi, in maniera evidente ed indelebile, la seguente marcatura minima:

- *il riferimento alla norma UNI EN 12201;*
- *il nome del Produttore e/o marchio commerciale;*
- *il tipo di materiale;*
- *il diametro esterno del tubo e lo spessore;*
- *il valore SDR;*
- *la pressione nominale;*
- *la data di produzione;*
- *la linea di estrusione;*

## AUTOSTRADA DEL BRENNERO

SOCIETÀ PER AZIONI CON SEDE IN TRENTO

- *il marchio I.I.P. con il relativo numero distintivo o marchio equivalente, legalmente riconosciuto in ambito CEE.*

### Certificati

I materiali forniti dovranno essere certificati secondo le norme sopra riportate secondo il metodo di attestazione conformità 1 alle direttive 89/106/CEE.

#### 4.2.10.4. *Tubazioni in P.V.C.*

La tubazione sarà costituita da tubi in policloruro di vinile non plastificato con giunti a bicchiere sigillati a collante o con guarnizioni di tenuta a doppio anello asimmetrico in gomma secondo la norma UNI 1401-1.

Su ogni singolo tubo dovrà essere impresso, in modo evidente, leggibile ed indelebile, il nominativo del produttore, il diametro esterno, l'indicazione del tipo e la pressione di esercizio.

La direzione dei lavori potrà prelevare campioni di tubi ed inviarli ad un laboratorio specializzato per essere sottoposti alle prove prescritte dalle norme di unificazione; qualora i risultati non fossero rispondenti a dette norme l'impresa dovrà provvedere, a sua cura e spese, alla sostituzione dei materiali non accettati.

#### 4.2.10.5. *Tubazioni in acciaio (Norma UNI 10255/2007)*

### Generalità

Le tubazioni in acciaio dovranno essere del tipo saldato per accostamento, con saldatura per accostamento Fretz-Moon (FM) o per resistenza elettrica (ERW), conformi alle norme UNI 10255/2007, con estremità lisce idonee per saldature di testa o con filettatura conica UNI – ISO 7/1, con o senza manicotto UNI – ISO 50.

La qualità dell'acciaio da impiegare nelle tubazioni dovrà essere Fe 360 o FE 410 e le stesse dovranno essere zincate esternamente ed internamente mediante ciclo di zincatura a bagno caldo, in conformità alle norme UNI EN 10240; il successivo rivestimento esterno sarà in polietilene a triplo strato, applicato sul tubo nudo e così formato:

- *strato di primer epossidico a due componenti;*
- *strato di adesivo di opportuno spessore;*
- *strato di polietilene, estruso a calza o a banda laterale, con spessore variabile secondo le norme UNI 9099 e DIN 30670.*

Le lunghezze delle tubazioni saranno di norma variabili da 6,00 a 12,00 m ca. e presenteranno estremità nude su cui sarà applicato, a protezione temporanea del rivestimento in polietilene, un primer protettivo.

Per quanto concerne il processo di produzione, le caratteristiche metallurgiche e meccaniche, le dimensioni, masse e tolleranze delle tubazioni, si richiama interamente quanto riportato nelle norme testé richiamate.

Le saldature delle tubazioni in acciaio dovranno essere eseguite secondo le prescrizioni contenute nelle "Norme Generali concernenti l'esecuzione e l'impiego della saldatura elettrica" adottate dal Ministero delle Comunicazioni e stabilite nel D.M. 26 febbraio 1926, integrate con la circolare in data 20 novembre 1939, della legge 1086 del 5.11.71 e seguenti, nonché delle Norme Tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche.

L'Impresa dovrà presentare all'Amministrazione Appaltante documenti che provino di aver eseguito opere saldate elettricamente o, quanto meno, di avere alle dipendenze operai specializzati in tali saldature.

A completamento delle "Norme" citate si precisa quanto segue:

### Esecuzione della saldatura

Le saldature dovranno essere eseguite con la massima cura, a perfetta regola d'arte e dovranno risultare della Classe I. Le superfici sulle quali dovranno applicarsi saranno tenute accuratamente libere da ruggine o altri ossidi, umidità, pelle di laminazione, scaglie, vernice, o altre impurità, in modo da presentare il metallo perfettamente nudo e pulito. I cordoni di saldatura saranno formati da una successione di strati sovrapposti (passate) compenetrati intimamente l'uno nell'altro. Il numero di passate, che sarà in relazione all'elemento da saldare, non dovrà essere inferiore a due. Lo spessore di materiale di apporto depositato da una passata non dovrà superare i 4 mm. Le saldature, salvo nel

## AUTOSTRADA DEL BRENNERO

SOCIETÀ PER AZIONI CON SEDE IN TRENTO

caso di assoluta impossibilità, dovranno essere riprese all'inverso, dopo la pulizia dalla radice al vertice del cordone. Ciascuna passata dovrà presentare una buona penetrazione marginale col metallo base e con la precedente passata dovrà essere priva di soluzione di continuità, fenditure, soffiature. Prima di compiere la passata successiva si dovrà provvedere all'asportazione delle scorie mediante martelli leggeri e spazzole in modo che il metallo risulti nudo e netto.

### Verifica delle saldature

La Direzione lavori si riserva il controllo di tutte le saldature mediante ultrasuoni, eventuali difetti, che così venissero riscontrati, verranno documentati nella loro entità mediante radiografia. A tale scopo l'impresa dovrà disporre il cantiere di apposite apparecchiature portatili per l'effettuazione di controlli. A seguito di tali controlli, la Direzione dei Lavori potrà ordinare, la ricostruzione completa delle saldature che, a proprio insindacabile giudizio, non risultassero rispondenti ai requisiti di ottima esecuzione richiesta per le stesse.

#### 4.2.10.6. *Tubazioni in acciaio inox*

### Generalità

I tubi ed i pezzi speciali utilizzati per i collegamenti idraulici dovranno essere del tipo AISI 304 o AISI 316, secondo le prescrizioni di progetto.

I tubi e la raccorderia dovranno essere realizzati con procedimenti di saldatura qualificati da Enti di collaudo nazionali o internazionali (es. ISPEL, RINA et al.).

Il materiale dovrà aver ricevuto una finitura superficiale mediante decapaggio e passivazione. Le caratteristiche meccaniche e la composizione chimica dovranno rispettare le norme:

- ASTM A240/A240M
- DIN 17440
- EURONORM
- AFNOR.

Le caratteristiche dimensionali (diametri, spessori nominali e pesi) dovranno invece essere conformi alla classificazione ANSI B36.10 - sch. 10.

#### 4.2.10.7. *Tubazioni, pezzi speciali e sistemi di giunzione*

### Tubazioni e pezzi speciali in acciaio inox

Tutti gli elementi di tubazione ed i pezzi speciali da installare all'interno degli impianti di qualsiasi tipo, dai punti di collegamento con i collettori di immissione e mandata, dovranno essere in acciaio inox, dei tipi specificati negli elaborati progettuali.

Le tubazioni ed i pezzi speciali in acciaio inox dovranno essere prodotte esclusivamente da aziende dotate di Sistema di Qualità Aziendale UNI EN ISO 9001 e UNI EN ISO 9002 e , in relazione alle specifiche progettuali, essere conformi alle norme AISI 304 e AISI 316/L.

I procedimenti di fabbricazione, collaudo e certificazione delle condotte dovranno rispettare le normative vigenti e, comunque, le norme ASTM A312-A358-A409-A403-A530-A370.

Tubazioni ed i pezzi speciali dovranno risultare scordonati esternamente e rifiniti mediante decapaggio e passivazione.

Il decapaggio, finalizzato ad evitare fenomeni corrosivi localizzati, potrà essere di tipo meccanico o chimico; in entrambi i casi sarà necessario eliminare tutte le scorie, più o meno resistenti, che si formano sulla superficie dell'acciaio; potranno anche essere utilizzati sistemi meccanici con l'impiego di sabbia silicea, corondone o con sfere di vetro o acciaio inox. Qualora la quantità di scaglia sia di considerevole spessore e risulti particolarmente aderente alla superficie metallica si dovrà procedere con due o più cicli di decapaggio, anche con metodologie diverse (meccanici più energici e chimici). Nel caso fosse necessario decapare solo una parte del componente (saldature, ecc.), sarà possibile impiegare paste decapanti applicate a freddo nella zona da trattare e la successiva rimozione delle stesse, dopo il tempo di applicazione previsto dalle specifiche del prodotto mediante lavaggio in acqua.

La passivazione ha lo scopo di ripristinare lo strato passivo degli acciai inossidabili ed eliminare tracce di metalli meno nobili o di depositi vari, allo scopo di evitare corrosioni da vaiolatura "pitting" o interstiziali "crevice". Il trattamento di passivazione in cantiere dovrà essere effettuato in tutti i casi in cui l'acciaio inossidabile sia stato lavorato con utensili impiegati in precedenti lavorazioni di metalli meno nobili o, sia venuto a contatto con semilavorati o con strutture in acciaio al carbonio. Dopo il

## AUTOSTRADA DEL BRENNERO

SOCIETÀ PER AZIONI CON SEDE IN TRENTO

trattamento di decontaminazione sarà necessario procedere ad un accurato lavaggio in acqua in modo da eliminare ogni traccia di soluzione acida.

Le caratteristiche dimensionali delle tubazioni dovranno essere conformi alle norme ANSI B 36.19 e B 36.10 e, in particolare, dovranno fare riferimento alla seguente tabella:

DN	25	32	40	50	65	80	100	125	150	200	250	300	350	400	500
Ø est. [mm]	33.7	42.4	48.3	60.3	76.1	88.9	114.3	141.3	168.3	219.1	273.0	323.9	355.6	406.4	508.0
Spess [mm]	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	4.0

Le curve a 90° (con raggio di curvatura  $\geq 1.5 D$ ) e le riduzioni tronco coniche dovranno avere dimensioni conformi alle norme ANSI B 16.9, i raccordi a "T" dovranno essere ricavati da tubi saldati ed avere dimensioni conformi alle norme ANSI B 31.

### Giunzioni

Il collegamento tra tubi in acciaio inox e raccordi, pezzi speciali ed accessori di altro materiale potrà avvenire mediante:

- giunzioni a serraggio meccanico tipo "STRAUB" in acciaio inox AISI 304, dotate di guarnizioni in elastomero sintetico (EPDM, caratterizzate da una durezza di 60 Shore A), in grado di lavorare per flessione e non per reazione elastica della gomma in grado, quindi, di garantire un effetto progressivo della tenuta nel tempo, indipendentemente dalla possibile riduzione di elasticità della gomma per effetto dell'invecchiamento; tali giunzioni dovranno consentire deviazioni angolari fino a 5° ed essere in grado di permettere il collegamento di tubazioni di materiale diverso con terminali lisci, senza richiedere alcuna preparazione degli stessi;
- saldatura dei singoli elementi effettuata da saldatori patentati per saldature su acciaio inox con Enti riconosciuti a livello europeo (Lloyd Register's, RINA, Istituto Italiano Saldatura).  
I processi di saldatura e le qualifiche dei saldatori dovranno comunque essere conformi alle norme UNI 1307/1, UNI 6915, UNI 6916, UNI 7711, UNI 8032, UNI EN 288/1, UNI EN 288/2, UNI EN 288/3.  
Le giunzioni saldate potranno essere eseguite tanto all'arco elettrico che ossiacetilenica, per diametri < di mm 100 mentre, per diametri superiori, dovrà essere tassativamente eseguita all'arco elettrico.  
Il collegamento degli elementi mediante saldatura autogena dovrà essere eseguita in modo tale da evitare irregolarità e sbavature del metallo di riporto; i cordoni di saldatura dovranno avere uno spessore non inferiore a quello dell'elemento di tubazione da saldare, larghezza costante ed essere esente da porosità od altri difetti. Dovranno essere eseguiti in modo da compenetrarsi completamente nel metallo base lungo tutta la superficie di unione; la superficie di ogni passata, prima che sia eseguita la successiva, dovrà essere ben pulita e liberata da scorie mediante leggero martellamento ed accurata spazzolatura.
- a flange, mediante interposizione, tra le facce di contatto delle flange, di guarnizioni di gomma telata o amiantite, a forma di corona circolare, spessore non inferiore a mm 3 e dimensioni tali da risultare, dopo il serraggio dei bulloni, delle medesime dimensioni delle facce di contatto, senza sporgenze nel lume delle tubazioni.  
Nell'esecuzione di giunzioni a flange dovranno essere osservate le seguenti modalità operative:
  - accurata pulizia da ossido, grassi o sostanze estranee, delle facce di contatto delle flange e della guarnizione;
  - serraggio dei bulloni per coppie opposte.

Salvo diverse e specifiche indicazioni i fori delle flange dovranno essere sfalsati in conformità a quanto prescritto dalle tabelle UNI EN 1092-1.

Le flange da impiegare dovranno essere in acciaio tipo Aq 34 UNI 3986 con un carico di rottura a trazione minimo 33 kg/mm<sup>2</sup> mentre, i tipi, potranno essere i seguenti:

- flange cieche UNI 6092/67;

## AUTOSTRADA DEL BRENNERO

SOCIETÀ PER AZIONI CON SEDE IN TRENTO

- flange da saldare a sovrapposizione, circolari secondo UNI 2277/67;
- flange da saldare di testa UNI 2281/67;

La superficie di tenuta sarà:

- a gradino secondo UNI 2229/67;
- a faccia piana secondo UNI 2277/67.

### Tubazioni, raccordi ed accessori di ghisa sferoidale

Devono soddisfare alla Norma UNI EN 598/1995 (versione ufficiale in lingua italiana della norma EN 598 del settembre 1994).

#### 4.2.10.8. Tubazioni – Posa in opera

##### Pulizia dei tubi ed accessori

Prima di essere posto in opera, ciascun tubo, pezzo speciale ed apparecchio, deve essere accuratamente pulito da qualunque altro elemento estraneo. Nell'operazione di posa deve evitarsi che nell'interno della condotta vadano detriti o corpi estranei di qualunque natura e che venga comunque danneggiata la superficie interna del tubo.

Gli estremi della condotta posata devono essere tappati accuratamente, durante l'interruzione del lavoro, con tappi di legno o in Pead elettrosaldato.

##### Discesa dei tubi, pezzi speciali ed apparecchi

I tubi, pezzi speciali ed apparecchi devono essere discesi con cura nelle trincee e nei cunicoli dove debbono essere posati evitando urti, cadute ecc.. I singoli elementi dovranno avere in opera, evitando spostamenti notevoli entro lo scavo.

##### Preparazione del piano di posa

La posa dei tubi dovrà essere fatta di norma secondo le disposizioni che tratto per tratto impartirà la Direzione Lavori, su un letto di posa formato con sabbia, come da disegni di progetto.

Qualora dal Direttore dei Lavori sia ritenuto necessario consolidare il piano di posa, questo consolidamento sarà effettuato mediante platea di calcestruzzo cementizio semplice od armato, con le modalità che saranno ordinate dal Direttore dei Lavori.

E' vietato nel modo più assoluto l'impiego di pezzi di pietra, ferro o altro sotto i tubi per stabilire gli allineamenti.

##### Scavo delle nicchie

La dimensione delle nicchie, necessarie per le saldature in opera o altro, deve essere tale che, a giudizio del Direttore dei Lavori, gli operai possano eseguire il loro lavoro con libertà di azione e tranquillità.

L'onere per lo scavo delle nicchie stesse è compensato con il prezzo dello scavo teorico di progetto per la posa della condotta.

##### Profondità

La profondità di posa è indicata nei disegni di progetto.

##### Precauzioni da aversi durante i lavori

Durante l'esecuzione dei lavori di posa, debbono essere adottati tutti gli accorgimenti necessari per evitare danni agli elementi di condotta già posati.

Si impedirà quindi, con le necessarie cautele durante i lavori e con adeguate sorveglianze nei periodi di sospensione, la caduta di pietre, massi ecc. che possono danneggiare le tubazioni e gli apparecchi.

Con opportune arginature e deviazioni, si impedirà che le trincee siano invase dalle acque piovane e si eviterà parimenti, con rinterri parziali - senza comunque interessare i giunti - che, verificandosi nonostante ogni precauzione la inondazione dei cavi, le condotte possano essere sollevate dalle acque.

## **AUTOSTRADA DEL BRENNERO**

**SOCIETÀ PER AZIONI CON SEDE IN TRENTO**

Ogni danno di qualsiasi entità, che si verificasse in tali casi per mancanza di adozione delle necessarie cautele, è a carico dell'Appaltatore. Le estremità di ciascun tratto di condotta in corso di impianto debbono essere tenute chiuse con tappo di legno. E' vietato praticare tale chiusura in modo diverso.

### **Posa in opera dei tubi**

Dopo che i tubi saranno stati trasportati a piè d'opera lungo i tratti di condotte da eseguire e saranno state raggiunte le profondità di scavo fissato nei profili, l'Appaltatore farà porre e quotare, con canne metriche e livello a cannocchiale, dei picchetti sia nei punti del fondo della vasca che corrispondono alle verticali dei cambiamenti di pendenza e di direzione della condotta, sia in punti intermedi in modo che la distanza tra picchetto e picchetto non superi 20 m.

Con riferimento a detti picchetti, verrà ritoccato e perfettamente livellato il fondo della fossa predisponendo il letto di posa; verranno quindi disposte delle travi di legno in posizione tale che una delle facce sia a piombo con il centro del picchetto corrispondente.

Queste travi verranno situate ad un'altezza costante sul piano di posa: questa altezza corrisponderà al diametro massimo esterno del tubo da posare, maggiorato di una misura costante.

Su ciascuna trave si tratterà con precisione l'allineamento tra vertice e vertice; quindi si procederà allo scavo delle nicchie per l'esecuzione delle giunzioni ed alla perfetta sistemazione del fondo della fossa, come verrà prescritto dalla Direzione Lavori.

I tubi verranno calati nella fossa con mezzi adeguati a preservare l'integrità sia della struttura e verranno disposti nella giusta posizione per l'esecuzione delle giunzioni, facendo riferimento ad una cordicella tesa fra le travi precedentemente descritte.

I tubi, su proposta dell'Appaltatore e previa autorizzazione dell'Appaltatore, potranno essere saldati anche fuori opera, per tronchi costituiti da non più di 5-6 elementi normali della massima lunghezza. In tal caso, particolarmente accurata, dovrà essere la discesa del tubo stesso.

Prima di essere calati nei cavi tutti i tubi dovranno essere puliti accuratamente nell'interno delle materie che eventualmente vi fossero depositate.

Inoltre, dato che il montaggio in questo caso viene effettuato completamente fuori terra, si eseguirà una prima prova di tenuta delle giunzioni ed il successivo rivestimento della zona del giunto prima di collocare le tubazioni nello scavo.

La tubazione verrà portata in pressione con aria compressa a 6-7 atm ed i giunti verranno controllati con acqua fortemente saponata. Quest'ultima prova verrà esclusa se le giunzioni nello scavo rimarranno con possibilità di controllo durante la prova idraulica.

Salvo quanto riguarda in particolare la formazione delle giunzioni, ogni tratto di condotta deve essere disposto e rettificato in modo che l'asse del tubo unisca con uniforme pendenza i diversi punti che verranno fissati con appositi picchetti, in modo da corrispondere esattamente all'andamento planimetrico di progetto approvate dalla Direzione Lavori con le varianti che potranno essere disposte dalla Direzione stessa.

In particolare non saranno tollerate contropendenze in corrispondenza dei punti in cui fossero stati previsti sfiati e scarichi. Nel caso che nonostante tutto, queste si verificassero, l'Appaltatore dovrà sottostare a tutti quei maggiori oneri che, a giudizio insindacabile della Direzione Lavori, saranno ritenuti necessari per rettificare la tubazione, compreso quello di rimuovere la tubatura già posata e ricostruirla nel modo prescritto.

Nessun tratto di tubazione deve essere posato in orizzontale.

Gli assi dei tubi consecutivi debbono essere rigorosamente disposti su una retta. Sono solo consentite deviazioni sino ad un massimo di cinque gradi nei tubi con giunto saldato, allo scopo di consentire la formazione di curve a grande raggio.

I tubi debbono essere disposti in modo da poggiare per tutta la loro lunghezza.

### **Giunzioni per tubazioni di ghisa e d'acciaio a flangia**

Questo giunto è adoperato normalmente per il collegamento di pezzi speciali ed apparecchi.

Il giunto consiste nell'unione mediante bulloni a vite di due flange - poste alle estremità dei tubi, o pezzi speciali od apparecchi da collegare - fra le quali sia stata interposta una guarnizione ricavata da piombo in lastra di spessore non minore di mm 3 o in gomma (o in cuoi) dello spessore minimo di mm 5 con interposto doppio strato di tela.

Le guarnizioni avranno la forma di un anello piatto il cui diametro interno sarà uguale a quello dei tubi da congiungere e quello esterno uguale a quello esterno della flangia. E' assolutamente vietato l'impiego di due o più rondelle nello stesso giunto. Quando, per particolari condizioni di posa delle

## AUTOSTRADA DEL BRENNERO

SOCIETÀ PER AZIONI CON SEDE IN TRENTO

condotte sia indispensabile l'impiego di ringrossi fra le flange, questi debbono essere di ghisa o di ferro e posti in opera con guarnizioni su entrambe le facce. E' vietato in modo assoluto ingrassare le guarnizioni.

I dadi dei bulloni saranno stretti gradualmente e successivamente per coppie di bulloni posti alle estremità di uno stesso diametro, evitando di produrre con anormali sollecitazioni della flangia la rottura di questa.

Stretti i bulloni, la rondella sarà ribattuta energicamente tutto intorno con adatto calcatoio e col martello per ottenere una perfetta tenuta.

### Giunzioni con saldatura elettrica per tubi di acciaio

Le saldature verranno eseguite secondo le prescrizioni contenute nelle "Norme Generali concernenti l'esecuzione e l'impiego della saldature elettrica" adottate dal Ministero delle Comunicazioni e stabilite nel D.M. 26 Febbraio 1926, integrato con la circolare in data 20 Novembre 1939 e successive.

Dovranno inoltre tenersi presenti, qualora all'atto dell'appalto non fossero già definitivamente approvate - nel qual caso diverranno vincolanti - le proposte di "Norme per l'esecuzione in cantiere ed il collaudo delle giunzioni circonfenziali mediante saldatura dei tubi di acciaio per condotte d'acqua" dell'A.N.D.I.S., riportate nel fascicolo di Gennaio/Febbraio n. 1 del 1962 della rivista "Ingegneria Sanitaria".

L'Appaltatore dovrà presentare all'Appaltante documenti che provino di aver eseguito opere saldate elettricamente o quanto meno di avere alle dipendenze operai specializzati in tali saldature.

Le saldature dovranno essere effettuate con temperatura ambiente uguale o superiore a +3 C; per temperature più basse dovrà essere concordato un opportuno trattamento di preriscaldamento; si dovrà evitare di effettuare saldature quando le condizioni atmosferiche di pioggia, forte umidità, vento siano giudicate pregiudizievoli per la buona esecuzione delle saldature stesse.

La Direzione Lavori sarà comunque chiamata a decidere in merito.

### Fasce e manicotti termorestringenti

Le fasce e i manicotti termorestringenti sono costituiti da un supporto di uno speciale polietilene, reticolato per bombardamento con elettroni, e da uno strato di mastice adesivo.

Le fasce sono avvolte intorno al tubo e sigillate con un nastro adesivo termorestringente, mentre i manicotti sono infilati intorno ad esso prima del suo collegamento alla tubazione. Prima dell'applicazione la superficie metallica da rivestire (in genere, giunti di saldatura, giunti a bicchiere, giunti isolanti, curve) deve essere preriscaldato ad una temperatura di circa 60 C.

Dopo aver messo in posto la fascia o il manicotto, essi sono riscaldati dall'esterno con una fiamma, a cominciare dalla parte centrale e procedendo poi verso le loro estremità. Per effetto del calore il materiale si ritira e va ad aderire fortemente sul tubo; il mastice va a riempire tutte le cavità più piccole e sigilla i bordi esterni.

#### *4.2.10.9. Tubazioni – Prova idraulica dei collettori di rete funzionanti a pelo libero ed a pressione*

L'accettazione dei collettori da parte della Direzione Lavori è subordinata all'esecuzione della prova idraulica, come previsto dal D.M. 12/12/85 Norme tecniche relative alle tubazioni, da effettuarsi secondo le modalità di seguito indicate.

### COLLETTORI A PELO LIBERO

Le tubazioni e i pozzetti d'ispezione e di raccordo devono essere costruiti a tenuta d'acqua. Tutte le bocche di apertura del tronco di linea da collaudare e delle sue eventuali diramazioni vanno chiuse ermeticamente mediante appositi tappi pneumatici a tenuta, dei quali uno munito di sfiato e colonna piezometrica di caricamento. Le linee devono venire tappate appena prima del riempimento con acqua, per evitare eventuali fenomeni di galleggiamento provocati da allagamenti imprevisti.

Il riempimento dovrà avvenire lentamente per consentire la completa evacuazione dell'aria contenuta nelle tubazioni, tramite l'apposito sfiato.

In funzione del tipo di materiale adottato è previsto un "tempo preliminare di riempimento" per consentire il completo assorbimento d'acqua da parte delle pareti delle tubazioni.

In particolare le norme DIN 4033 prevedono i seguenti tempi preliminari di riempimento:

- tubazioni in grès ceramico = 1 h
- tubazioni in materie plastiche = 1 h
- tubazioni in ghisa o acciaio senza rivestimento in malta di cemento = 1 h

## AUTOSTRADA DEL BRENNERO

SOCIETÀ PER AZIONI CON SEDE IN TRENTO

- tubazioni in ghisa con rivestimento in malta di cemento alluminoso = 24 h
- tubazioni in cemento o cemento armato = 24 h

La pressione interna di collaudo è fissata in 0,5 bar, misurati sul punto più depresso del tratto esaminato.

La pressione di prova va mantenuta per 15', dopo di che il valore dei rabbocchi necessari va confrontato con i valori ammissibili in termini di perdite per metro quadrato di superficie bagnata.

I valori ammissibili di riferimento sono riportati nella tabella che segue:

MATERIALE DEI CONDOTTI	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	RABBOCCO IDRICO AMMISSIBILE 1/mq (in 15')
Grès ceramico	UNI-EN 295-3	0,07
Ghisa sferoidale	UNI-EN 598	0,02
Acciaio	DIN 4033	0,02
Materie plastiche	DIN 4033	0,02
Tubazioni in cemento:		
DN 100 - 600	DIN 4033	0,15
DN 700 - 1000	DIN 4033	0,13
oltre DN 1000	DIN 4033	0,10
altre sezioni	DIN 4033	0,10

In luogo delle prove ad acqua, a discrezione della D.L. potranno essere eseguite prove ad aria che forniscono un risultato di tipo qualitativo.

La prova ad aria prevede che le tubazioni debbano poter resistere ad una pressione pari a 100 mm di colonna d'aria, preliminarmente la pressione va portata a 300 mm di colonna d'aria e mantenuta per 5 (cinque) minuti per consentire all'aria di portarsi all'equilibrio termico.

Nel caso di esito negativo delle prove di tenuta, l'Appaltatore dovrà provvedere a sua cura e spese alla ricerca delle cause e provvedere alle necessarie riparazioni.

A ripristini ultimati si dovrà procedere alla ripetizione delle prove di collaudo.

I tratti interessati dal collaudo dovranno corrispondere ad almeno il 50% (cinquanta per cento) dell'estesa totale dei tratti posati, restando inteso che qualora l'esito fosse negativo, si estenderà la prova fino al 100% (cento per cento) delle tubazioni e si provvederà, a cura e spese dell'Impresa, all'ispezione televisiva completa delle linee posate con le modalità previste per tale tipo di intervento. Il collaudatore avrà comunque la facoltà, in sede di collaudo tecnico amministrativo, di richiedere la ripetizione o l'estensione delle prove di tenuta.

### CONDOTTE IN PRESSIONE

L'Appaltatore è strettamente obbligato ad eseguire le prove dei tronchi di condotta posata al più presto possibile e pertanto dovrà far seguire immediatamente all'esecuzione delle giunzioni la costruzione delle murature di contrasto e di ancoraggio. Successivamente non appena scaduti i termini di stagionatura delle murature avanti dette, dovrà attuare tutte le operazioni per l'esecuzione delle prove. Tutti i danni, per quanto gravi ed onerosi, che possono derivare alle tubazioni, alla fossa, ai lavori in genere ed alle proprietà dei terreni, a causa dei ritardi nelle operazioni suddette, saranno a totale carico dell'Appaltatore.

Le prove saranno effettuate per tratti di lunghezza media di 100 m restando però in facoltà della Direzione Lavori, a suo insindacabile giudizio, aumentare o diminuire tali lunghezze.

L'Appaltatore dovrà provvedere a sua cura e spese a tutto quanto è necessario per la perfetta esecuzione delle prove e per il loro controllo da parte dell'Appaltatore. Dovrà quindi approvvigionare l'acqua per il riempimento delle tubazioni, i piatti di chiusura, le pompe, rubinetti, raccordi, guarnizioni e manometri registratori muniti di certificato di taratura rilasciato da un laboratorio ufficiale.

Saranno inoltre effettuati, a cura e spese dell'Appaltatore, la provvista di materiali e di tutti i lavori occorrenti per sbadacchiature ed ancoraggi provvisori delle estremità libere della condotta e dei relativi piatti di chiusura durante le prove, curando l'esecuzione di tali operazioni nel modo più perfetto così da non dar luogo a danneggiamenti della tubazione e di altri manufatti.

Le prove da eseguirsi in ogni tratto saranno due: una a giunti scoperti e condotta seminterrata, l'altra a scavo chiuso.

Durante il periodo nel quale la condotta sarà sottoposta alla prova, il personale della Direzione Lavori, in contraddittorio con quello dell'Appaltatore, eseguirà la visita accuratissima di tutti i giunti.



## AUTOSTRADA DEL BRENNERO

SOCIETÀ PER AZIONI CON SEDE IN TRENTO

A tale scopo, all'inizio della prova, devono essere bene aperte e sgombre tutte le nicchie ed i singoli giunti debbono risultare puliti e asciutti perfettamente.

Qualora la prima prova non abbia dato risultati conformi alle prescrizioni relative ai singoli tipi di tubi, la prova dovrà essere ripetuta per tutta la sua durata alle medesime condizioni.

Tutte le predette operazioni, compreso il vuotamento ed il nuovo riempimento della condotta e tutto quanto altro possa occorrere per la ripetizione della prova, sono a totale carico dell'Appaltatore.

La buona riuscita della prova sarà dimostrata dai concordi risultati dell'esame dei giunti e del grafico del manometro registratore, senza che sia stata effettuata la completa ispezione di tutti i giunti.

Eseguita la prima prova con esito favorevole, si procederà al rinterro della condotta adoperando le materie scavate in precedenza, sempre se ritenute idonee dalla Direzione Lavori e compattandole con la massima cura.

La rimozione e la sostituzione dei tubi che risultassero rotti o si rompessero durante le prove è a totale carico dell'Appaltatore, così come pure la posa dei nuovi tubi.

Le due prove saranno eseguite ad una pressione pari a  $p = 1,5 p$  esercizio e comunque non inferiore a  $p$  esercizio + 5 bar.

Entrambe le prove avranno la durata di 6 ore.

Le prove saranno effettuate riempiendo d'acqua la tratta da provare e raggiungendo la pressione stabilita, mediante prova idraulica da applicarsi all'estremo più depresso della tratta stessa.

La pressione di prova dovrà essere raggiunta gradualmente, in ragione di non più di una atmosfera al minuto primo.

La pressione sarà mantenuta costante per 6 ore con piccoli colpi di pompa, ove occorra, a reintegro del volume di acqua assorbito. Se la pressione di prova non può essere mantenuta altro che con pompaggio continuo, la prova deve ritenersi negativa.

La prova sarà ritenuta favorevole soltanto quando non si abbia alcuna perdita alle giunzioni e lungo le tubazioni e la variazioni di pressione segnalate del manometro registratore, controllate con un manometro, siano completamente giustificate e comunque non superiori all'1%.

Rinterrato completamente lo scavo, sarà ripetuta la prova per la durata di 6 ore alla pressione sopra indicata.

### 4.2.11. Pozzetti in PE alta densità

#### 4.2.11.1. Prescrizioni

I pozzetti di ispezione per collettori in PE a.d., salvo diversa specifica prescrizione, saranno in PE alta densità del DN previsto in progetto e prodotti da aziende con certificazione ISO 9001-2000; il polietilene utilizzato nella costruzione dei singoli elementi dovrà essere del tipo vergine al 100% e presentare le caratteristiche sotto descritte:

- densità non inferiore a  $0,944 \text{ kg/dm}^3$  secondo ISO 1183;
- resistenza a trazione 18 Mpa secondo ISO 527-2;
- modulo di elasticità = a 700 Mpa secondo ISO 178 per una temperatura di infrangimento  $< 70^\circ \text{ C}$  secondo ISO 974.

I pozzetti potranno avere funzione di linea, cambio di direzione o compensazione e saranno del tipo autoportante, a struttura monolitica e sezione circolare, prodotti ottenuti mediante procedimento di fusione centrifugata. Dovranno essere forniti in elementi già assemblati in fabbrica, sulla base delle quote risultanti dai profili di progetto esecutivo. Solamente la parte in sommità sarà accorciata se necessario per il raggiungimento delle quote fissate negli stessi profili. Tutti gli elementi dovranno presentare le seguenti caratteristiche:

- essere dotati di anelli contro la spinta ascensionale di raggio non inferiore a mm 60, oltre al diametro della parete;
- avere nervature di rinforzo sia orizzontali che verticali per resistere ai diversi tipi di spinta;
- avere l'elemento terminale di forma conica con passo d'uomo eccentrico di diametro non inferiore a mm 625, riducibile in altezza con passo di mm 250.

E' necessario prevedere un dispositivo per garantire il corretto deflusso dei reflui e stabilizzare il pelo libero affinché non si formino perturbazioni in uscita dai pozzetti di ispezione, sia che questi presentino un salto di fondo o meno.

In linea generale i pozzetti di linea, di curva e di compensazione saranno così costituiti:

## AUTOSTRADA DEL BRENNERO

SOCIETÀ PER AZIONI CON SEDE IN TRENTO

- da elementi **monoblocco**:

- l'elemento di base con fondo emisferico, completo di tronchetto in PE a.d. del diametro di progetto, saldato per estrusione al fondo dell'elemento stesso, con pendenza conforme a quanto riportato nei profili ed idoneo al collegamento, mediante saldatura di testa, con le condotte di scarico fino al diametro esterno di mm 1'000;
- l'elemento di prolunga, di altezza utile al raggiungimento delle quote fissate dai profili di progetto, con immissione da ricavata tangenzialmente alla parte cilindrica, mediante saldatura per estrusione di tronchetto in PE a.d. di diametro pari a quello dei collettori di progetto;
- l'elemento terminale di forma conico - eccentrico con passo d'uomo del diametro di mm 616, riducibili con moduli di mm 250, in relazione alla quota d'imposta del chiusino di ispezione in ghisa.

#### 4.2.11.2. Assemblaggio

L'esecuzione delle saldature tra i pozzetti monolitici e le tubazioni dovranno avvenire in luoghi asciutti, in un campo di temperatura compreso tra  $-5^{\circ}\text{C}$  e  $+40^{\circ}\text{C}$ ; nei casi di pioggia, elevato grado di umidità, vento o irraggiamento solare eccessivo, la zona di saldatura dovrà essere opportunamente protetta. Non sarà ammesso innalzare artificialmente la temperatura delle superfici da saldare. Le saldature dovranno essere eseguite, esclusivamente da personale specializzato, in possesso di apposito patentino e nel rigoroso rispetto della normativa UNI; per maggiori dettagli sulle modalità di esecuzione delle saldature, si rimanda alle tabelle proposte dall'Istituto Olandese per la Saldatura ed in particolare, ai seguenti riferimenti normativi:

- **UNI 9736** – *"Giunzioni e raccordi in PE in combinazione tra loro e giunzioni miste ecc."*
- **UNI 9737** – *"Qualificazione e classificazione dei saldatori di materie plastiche ecc."*
- **UNI 0520** – *"Processo di saldatura ad elementi termici per contatto ecc."*
- **UNI 10565** – *"Saldatrici da cantiere ad elementi termici per contatto ecc."*

#### 4.2.11.3. Posa in opera

La posa sarà effettuata su un piano di sabbia, spessore cm 20 compattato al 95% di SPD (standard proctor density), determinato secondo la normativa DIN 18127. Dopo aver provveduto al collegamento di tutte le tubazioni in immissione ed uscita ed aver controllato la perfetta verticalità del manufatto, si dovrà procedere al rinfilanco, per tutta la larghezza della trincea, con l'impiego di misto cementato, provvedendo con l'impiego di costipatore meccanico a scoppio, al contemporaneo costipamento del materiale in strati non superiori a cm 30, fino ad ottenere un grado di compattazione pari al 95% di SPD (standard proctor density) determinato secondo DIN 18127.

#### 4.2.11.4. Marcatura

Ogni pozzetto monolitico dovrà riportare impressi, in maniera evidente ed indelebile, la seguente marcatura minima:

- *il riferimento alla norma UNI EN 12201;*
- *il nome del Produttore e/o marchio commerciale;*
- *il tipo di materiale;*
- *il diametro esterno del tubo e lo spessore;*
- *il valore SDR;*
- *la pressione nominale;*
- *la data di produzione;*
- *la linea di estrusione;*
- *il marchio I.I.P. con il relativo numero distintivo o marchio equivalente, legalmente riconosciuto in ambito CEE.*

#### 4.2.11.5. Certificazioni

Pena la mancata autorizzazione alla posa in opera, la fornitura dei pozzetti dovrà essere accompagnata dalla seguente documentazione e certificazione:

- *garanzia decennale;*

## AUTOSTRADA DEL BRENNERO

SOCIETÀ PER AZIONI CON SEDE IN TRENTO

- certificato di provenienza della materia prima;
- certificato di verifica statica;
- certificazione rilasciata da Istituto autorizzato per l'apposizione del marchio "U".
- certificato rilasciato da Istituto autorizzato terzo – secondo il metodo di attestazione di conformità 1 alla direttiva 89/106/CEE.

### 4.2.12. Chiusini in ghisa

#### 4.2.12.1. Prescrizioni

I chiusini per l'ispezione dei collettori saranno in ghisa sferoidale GS 500-7 a norme UNI EN 1563, conformi alla classe D 400 della norma UNI EN 124/1994, prodotti con certificazione di qualità a norma ISO 9002, completi delle diciture richieste dalla Stazione appaltante e costituiti da:

- coperchio circolare, articolato tramite rotula alloggiata in apposita sede ricavata nel telaio; il sistema di articolazione dovrà permettere l'apertura del coperchio e garantirne il blocco di sicurezza nella posizione a 90° nonché, l'estrazione;
- telaio a pianta quadrata o circolare, munito di guarnizione continua in elastomero antirumore e di fori per l'eventuale ancoraggio alle solette di copertura dei pozzetti;
- rivestimento con vernice protettiva bituminosa o idrosolubile, non inquinante e non tossica;
- passo d'uomo non inferiore a mm 600.

#### 4.2.12.2. Modalità di posa

Fatto salvo il caso dei chiusini da installare a scomparsa nelle sedi stradali, alla profondità fissata dall'Ente proprietario, la superficie superiore dei chiusini, a posa avvenuta, dovrà trovarsi alla quota esatta dei piani stradali finiti. Tale quota dovrà essere raggiunta esclusivamente tramite l'utilizzo di appositi anelli raggiungi quota prefabbricati in calcestruzzo, legati con malta di cemento dosata a kg 500; nella sopraelevazione dei chiusini, è tassativamente vietato l'impiego di elementi in laterizio, pietre o cocci.

Prima della posa, la superficie di appoggio dovrà essere accuratamente pulita, bagnata e quindi, posta su un letto di malta dosata a kg 500 di cemento tipo 325, sul quale sarà quindi appoggiato il telaio; ultimate le operazioni sopradescritte, tanto gli elementi di sopraelevazione quanto il telaio, dovranno essere solidamente immorsati mediante il getto di una corona in calcestruzzo Rck 35 N/mm<sup>2</sup>, spessore medio cm 15.

I chiusini non potranno essere sottoposti a traffico prima che siano trascorse 24 ore dalla loro posa.

**In ordine alle modalità di posa, con particolare riguardo all'orientamento, dovrà essere tassativamente rispettata la seguente prescrizione:**

*"la posa dovrà avvenire in modo che l'asse passante per la cerniera ed il dispositivo di apertura sia parallelo a quello stradale e che l'apertura dei chiusini avvenga in senso contrario al flusso veicolare della corsia di marcia interessata dalla posa".*

### 4.2.13. Impianto di disoleatura in continuo

Il disoleatore a coalescenza deve essere classe I configurazione S-II-I-P certificato da ente terzo CE secondo UNI EN 858-1 e UNI EN 858-2.

L' impianto dovrà essere costituito da:

- (S) Sedimentatore realizzato in calcestruzzo armato di qualità minima C35/45 XC4+XD2+XF3+XA2 secondo EN 206-1:2001 che presenterà un dispositivo di chiusura automatica in acciaio inox con funzione di controllo della portata in corrispondenza dell'uscita al fine di ridurre la velocità di uscita, garantire una portata uniforme e consentire ai sedimenti di depositarsi. Tale dispositivo, sarà marcato con la massa volumica del liquido leggero appropriata, mediante chiusura dell'apposito sistema galleggiante tarato a 0,85 oppure 0,90 oppure 0,95 g/cm.
- (II) Separatore Classe II realizzato in calcestruzzo armato di qualità minima C35/45 XC4+XD2+XF3+XA2 secondo EN 206-1:2001 dimensionato secondo EN 8582 che avrà

## AUTOSTRADA DEL BRENNERO

SOCIETÀ PER AZIONI CON SEDE IN TRENTO

funzione di ridurre il carico massimo ammissibile di olio sotto di 100 ppm. classe II secondo EN 858-1

- (I) Separatore Classe I realizzato in acciaio inox minimo AISI 316 secondo EN 10088 dimensionato secondo EN 858-2 contenente una speciale batteria di pacchi lamellari che avrà funzione di ridurre il carico massimo ammissibile di olio sotto di 10 ppm. classe I secondo EN 858-1
- (P) Apertura di campionamento secondo EN 10088 dimensionata secondo EN 858-1

L'impianto di separazione dovrà essere realizzato con calcestruzzo (Classe di consistenza del calcestruzzo fresco UNI EN 206-1 pari a S5) qualità minima C35/45 XC4+XD2+XF3+XA2 con resistenza caratteristica a compressione  $R_{ck} \geq 45 \text{ N/mm}^2$  in conformità al punto 4.3.1 della EN 206-1:2001.

Il calcestruzzo inoltre dovrà avere una comprovata resistenza chimica agli oli minerali avendo effettuato test di schiacciamento dopo prova di 1000 ore in immersione con:

- acqua demineralizzata tenuta a  $(40 \pm 2) ^\circ\text{C}$
- olio combustibile in conformità alla ISO 8217, designazione ISO-F-DMA, tenuto a  $(23 \pm 2) ^\circ\text{C}$ ;
- combustibile senza piombo in conformità alla EN 228 tenuto a  $(23 \pm 2) ^\circ\text{C}$ ;
- una miscela tenuta a  $(40 \pm 2) ^\circ\text{C}$ , come segue: -90% (m /m) di acqua demineralizzata;
- 0,75% (m /m) di idrossido di sodio;
- 3,75% (m /m) di ortofosfato di sodio;
- 0,50% (m /m) di silicato di sodio;
- 3,25% (m /m) di carbonato di sodio;
- 1,75% (m /m) di metafosfato di sodio.

Ciascuna prova durerà 1000 h. Dopo le prove di immersione i provini dovranno essere sciacquati con acqua, asciugati all'aria a  $(20 \pm 3) ^\circ\text{C}$  per 24h quindi ispezionati per verificarne la conformità compressione minima secondo quanto prescritto dalla EN858-1 punto 8.1.4.1, 6.2.7, e 6.2.2.

Deve essere fornita la relazione tecnica di funzionamento dell'impianto, la DoP secondo il regolamento (UE) n. 305/2011 d.d. 09/03/2011 riferita allo specifico modello fornito, il manuale d'uso e manutenzione, la targhetta identificativa conforme alla UNI EN 858-1, i calcoli statici delle vasche, le schede tecniche e la garanzia di perfetta tenuta idraulica delle vasche.

Il manufatto in calcestruzzo sarà protetto sul lato interno da una pittura epossidica resistente ai liquidi leggeri.

L'impianto di separazione dovrà resistere ai vari carichi quali peso proprio, peso utile, pressione del suolo, pressione dell'acqua, carico statico e dinamico senza alcun danno alle sue funzionalità e all'ambiente. La stabilità strutturale deve basarsi su calcoli statici effettuati secondo DM 17/01/2018 EUROCODE 2 ÖNORM B4002 DIN 1045 DIN 1055 DIN 1072 DIN 4034-1 DIN 4281 ATV A 127 Önorm B 2503.

La soletta di copertura dovrà avere accesso minimo diametro 800mm conforme ai requisiti per pozzetti di ispezione e camere d'ispezione riportati nella EN 476. I chiusini dovranno avere passo d'uomo del diametro non inferiore a 800mm per permettere un'agevole ispezione e dovranno essere in classe D400 kN conformi alla EN 124.

Per tutti i collegamenti dell'impianto (elementi in cls e tubazioni) dovranno essere utilizzati esclusivamente elastomeri (gomma) o materiali di tenuta elastici permanenti. Non dovranno essere utilizzati malta di cemento e cementi sigillanti o composti simili. Le guarnizioni di gomma dovranno soddisfare i requisiti della EN 682 tipo GB (elastomeri continuamente a contatto con acque reflue e/o liquidi leggeri) e garantire la tenuta a pressione e depressione a  $\pm 0,5$  bar. Su richiesta della D.L. l'impresa dovrà effettuare prova di tenuta dell'impianto, senza che per tale motivo la ditta possa vantare richieste di maggiori oneri.

L'attrezzatura interna dell'impianto di disoleazione dovrà essere realizzata in acciaio inossidabile AISI 316 secondo EN 10088 ed assemblato mediante saldature realizzate in conformità alla EN 288-1/2/3.

## AUTOSTRADA DEL BRENNERO

SOCIETÀ PER AZIONI CON SEDE IN TRENTO

Il pacco lamellare coalescenze dovrà essere realizzato in polipropilene vergine al 100%. Non potranno essere utilizzati materiali plastici non resistenti agli idrocarburi quali il PVC.

Dovrà inoltre essere presentata la relazione idraulica di dimensionamento e grado di efficacia dei pacchi lamellari, nonché la relazione idraulica sulle perdite di carico dell'impianto proposto.

### 4.2.14. Ancoraggi chimici

#### 4.2.14.1. Con resina bicomponente a base di uretano metacrilato:

Caratteristiche "chimico-fisiche":

- Peso specifico (20°C) :  $\gamma = 1.73 \text{ g/cm}^3$
- Forza di aderenza a rottura :  $\tau > 5 \text{ N/mm}^2$  in cls  $R_{ck} 25 \text{ N/mm}^2$
- Resistenza cubica a compressione (a 28 gg):  $R_{ck} = 75 \text{ N/mm}^2$
- Modulo elastico a compressione :  $E = 3500 \text{ N/mm}^2$

Le caratteristiche della resina sono le seguenti:

- a) resistenza all'umidità e all'acqua
- b) resistenza alle ciclicità termiche con temperature comprese tra - 20°C e +40°C
- c) resistenza alle alte temperature fino a 80°C
- d) alta resistenza agli alcali e quindi perfetta compatibilità con il cls e le murature più comuni;

#### 4.2.14.2. Con resina epossidica bicomponente:

Caratteristiche "chimico-fisiche":

- Peso specifico resina indurita (DIN 53479) :  $\gamma = 1.50 \text{ g/cm}^3$
- Resistenza a compressione (ISO 604):  $120 \text{ N/mm}^2$  a 7 gg
- Modulo elastico a compressione (ASTM D 695-96) :  $E = 1500 \text{ N/mm}^2$
- Viscosità resina miscelata a 23°C (ASTM D 2393-86) : 42 Pas

Le caratteristiche della resina sono le seguenti:

- a) resistenza all'umidità e all'acqua;
- b) ridotta sensibilità all'installazione (fori carotati, saturi e poco puliti);
- c) maggiore tempo di lavorabilità alle alte temperature;
- d) resistenza alle ciclicità termiche con temperature comprese tra - 20°C e +40°C
- e) resistenza alle alte temperature fino a 80°C

#### 4.2.14.3. Resina bicomponente pura epossidica, caricata con ossidi ceramici

Caratteristiche "chimico-fisiche"

- Peso specifico (20°C) :  $\gamma = 1.5 \text{ g/cm}^3$
- Forza di aderenza a rottura :  $\tau = 6 \text{ N/mm}^2$  in cls  $R_{ck} 300$
- Ritiro in fase di indurimento:  $\leq 0.02 \%$
- Ritiro dopo indurimento:  $\leq 0.05 \%$
- Resistenza cubica a compressione :  $R_{ck} = 80 \text{ N/mm}^2$

Le caratteristiche della resina sono le seguenti:

- a) possibile in fori con presenza d'acqua
- b) resistenza alle ciclicità termiche con temperature comprese tra - 20°C e +40°C
- c) elevata resistività elettrica, per fissaggi isolanti
- d) alta resistenza agli alcali e quindi perfetta compatibilità con il cls e le murature più comuni;
- e) resistenza a carichi di natura statica, dinamica, a fatica.

### 4.2.15. Apparecchi d'appoggio

Gli apparecchi d'appoggio saranno conformi a quanto previsto nelle norme UNI EN 1337-1 per quanto riguarda le regole generali di progetto, alle norme UNI EN 1337-2÷7 per ciascuna tipologia specifica di appoggio ed alle norme UNI EN 1337-9÷11 per quanto riguarda le modalità di protezione, manutenzione, trasporto ed installazione.

I dispositivi antisismici dovranno essere conformi alla norma UNI EN 15129:2009 sia con riferimento alle caratteristiche tecniche sia alle prove di qualificazione ed accettazione.

## AUTOSTRADA DEL BRENNERO

SOCIETÀ PER AZIONI CON SEDE IN TRENTO

### 4.2.15.1. *Materiali per apparecchi d'appoggio in acciaio-teflon.*

Gli apparecchi d'appoggio devono essere costituiti in laminato Fe 42/B.

Le viti di ancoraggio inferiori devono essere del tipo a testa cilindrica con esagono incassato con materiale di classe 12k.

Le superfici di scorrimento devono essere rivestite con lamiera inox AISI 316 lucidata a specchio, dello spessore di 2 mm sia per le parti piane che per le calotte.

I pattini di scorrimento devono essere realizzati in teflon vergine Du Pont di primo impiego, senza aggiunta di materiale rigenerato o di additivi e prodotto per libero deposito e non addensato.

Le viti di fissaggio della guida di contrasto devono essere realizzate con materiale di classe 10k.

### 4.2.15.2. *Rivestimento protettivo di apparecchi d'appoggio metallici.*

Il rivestimento protettivo delle aree soggette ad aggressioni fotochimiche e chimiche dovrà essere realizzato con cicli di verniciatura composti da una prima mano di fondo antiruggine organico ricco di zinco (contenuto minimo di materiale anodico 82% in peso su residuo secco) per uno spessore medio di 40 micron, da una seconda mano di copertura a finire con vernice epossipoliammidica ad elevato contenuto di secco, per uno spessore medio di 70 micron e da maturazione in forno a 120°C per un minimo di 40 minuti; la preparazione delle superfici da proteggere, dovrà essere eseguita mediante sabbiatura a metallo bianco SA3.

### 4.2.16. Giunti di dilatazione ed impermeabilità.

Dovranno corrispondere a quanto specificato dalla relativa voce di elenco prezzi e dai disegni di progetto.

La ditta produttrice del giunto dovrà fornire un progetto dettagliato del giunto con indicazione di tutte le caratteristiche dei materiali e delle procedure di montaggio per l'approvazione da parte del progettista e della D.L.

### 4.2.17. Laminati in poliestere

Laminati in poliestere rinforzati con fibre di vetro ed armate con nylon; devono avere le seguenti caratteristiche:

- inalterabilità e stabilità alle alte e basse temperature	da -40 a +140°C
- peso specifico	c.a. g/cmc 1,40 (ASTM D 792)
- coefficiente dilatazione termica lineare	ca. $2,7 \times 10^{-5}$ cm/cm °C (ASTM D 696)
- assorbimento d'acqua	$\leq$ mg/cm <sup>2</sup> 0,25% (ASTM D 570)
- durezza Rockwell	$\geq$ E 91 (ASTM D 785)
- resistenza alla compressione	$\geq$ MPa 200 kg/cm <sup>2</sup> 2200 (ASTM D 695)
- resistenza alla trazione	$\geq$ MPa 70 kg/cm <sup>2</sup> 760 (ASTM D 638)
- resistenza alla flessione	$\geq$ MPa 120 kg/cm <sup>2</sup> 1400 (ASTM D 790)
- trasmissione di calore-coefficiente K	ca. 5 kcal/m <sup>2</sup> h °C
- infiammabilità	$\leq$ 4,5 cm/min. (secondo la norma ASTM D 635)
- resistenza agli agenti chimici: resistente a acido nitrico 10%; acido solforico 30%; acido cloridrico 10%; idrato di sodio 60%; carbonato di	

## **AUTOSTRADA DEL BRENNERO**

**SOCIETÀ PER AZIONI CON SEDE IN TRENTO**

sodio 20%; acido acetico 8%; alcool etilico 93%;  
oluolo 25%; benzolo 30%; solfuro di carbonio 30%

**ART. 5.**  
**VERIFICHE IN CANTIERE SUI MATERIALI**

**5.1. CALCESTRUZZO E ACCIAIO**

**5.1.1. Premesse**

Il progetto delle strutture portanti in cemento armato e/o acciaio, firmato da professionista abilitato, va depositato dall'Impresa in duplice copia, presso la Direzione Tecnica della Società prima dell'inizio dei relativi lavori, assieme alla relazione illustrativa e di calcolo; eventuali varianti dovranno essere oggetto di successivi depositi.

Nel caso il progetto delle strutture faccia parte del progetto architettonico approvato dalla Società, l'Impresa dovrà verificare le strutture tramite professionista abilitato che le sottoscriverà per accettazione o che eventualmente ne chiederà l'integrazione/variazione.

Copia del progetto delle strutture e delle relazioni, controfirmata dall'Impresa e dal Direttore Lavori, deve essere conservata in cantiere (responsabile D.L.).

Il Direttore Lavori è tenuto a visitare periodicamente il giornale dei lavori (L.1086/71) che viene consegnato per la corretta compilazione all'Assistente di cantiere.

**5.1.2. Controllo di qualità del calcestruzzo**

*5.1.2.1. Elementi prefabbricati*

Il progettista generale delle strutture rimane responsabile dell'organico inserimento dei manufatti nel progetto dell'opera.

**ELEMENTI IN SERIE "DICHIARATA" O "CONTROLLATA"**

Ogni fornitura in cantiere di manufatti prefabbricati prodotti in serie dovrà essere accompagnata dalla seguente documentazione, da conservare a cura del Direttore dei lavori dell'opera in cui detti manufatti vengono inseriti:

- apposite istruzioni nelle quali vengono indicate le procedure relative alle operazioni di trasporto e montaggio degli elementi prefabbricati, ai sensi dell'art.58 del DPR n°380/2001

Tali istruzioni dovranno almeno comprendere, di regola:

- i disegni d'assieme che indichino la posizione e le connessioni degli elementi nel complesso dell'opera;
- apposita relazione sulle caratteristiche dei materiali richiesti per le unioni e le eventuali opere di completamento;
- le istruzioni di montaggio con i necessari dati per la movimentazione, la posa e la regolazione dei manufatti;
- elaborati contenenti istruzioni per il corretto impiego dei manufatti. Tali elaborati dovranno essere consegnati dal Direttore dei lavori al Committente, a conclusione dell'opera;
- certificato di origine firmato dal produttore, il quale con ciò assume per i manufatti stessi le responsabilità che la legge attribuisce al costruttore, e dal Direttore Tecnico responsabile della produzione. Il certificato che deve garantire la rispondenza del manufatto alle caratteristiche di cui alla documentazione depositata presso il Servizio Tecnico Centrale, deve riportare l'indicazione degli estremi dell'attestato di qualificazione, nonché il nominativo del progettista;
- attestato di qualificazione del Servizio Tecnico Centrale e copia della certificazione del sistema di garanzia della qualità del processo di produzione in fabbrica;
- documentazione, fornita quando disponibile, attestante i risultati delle prove a compressione effettuate in stabilimento su cubi di calcestruzzo (ovvero estratto del



## AUTOSTRADA DEL BRENNERO

SOCIETÀ PER AZIONI CON SEDE IN TRENTO

Registro di produzione) e copia dei certificati relativi alle prove effettuate da un laboratorio ufficiale incaricato; tali documenti devono essere relativi al periodo di produzione dei manufatti.

Copia del certificato d'origine dovrà essere allegato alla relazione del Direttore dei lavori.

Il Direttore dei lavori non può accettare in cantiere elementi prefabbricati in serie, che non siano accompagnati da tutti i documenti predetti.

Inoltre, prima di procedere all'accettazione dei manufatti stessi, il Direttore dei lavori deve verificare che essi siano effettivamente contrassegnati come da normativa.

Il produttore di elementi prefabbricati deve altresì fornire al Direttore dei lavori e questi al Committente, gli elaborati (disegni, particolari costruttivi, ecc.) firmati dal Progettista e dal Direttore Tecnico della produzione, secondo le rispettive competenze, contenenti istruzioni per il corretto impiego dei singoli manufatti, esplicitando in particolare:

- f) destinazione del prodotto;
- g) requisiti fisici rilevati in relazione alla destinazione;
- h) prestazioni statiche per manufatti di tipo strutturale;
- i) prescrizioni per le operazioni integrative o di manutenzione, necessarie per conferire o mantenere nel tempo le prestazioni e i requisiti dichiarati;
- j) tolleranze dimensionali nel caso di fornitura di componenti.

Nella documentazione di cui sopra il progettista deve indicare espressamente:

- le caratteristiche meccaniche delle sezioni, i valori delle coazioni impresse, i momenti di servizio, gli sforzi di taglio massimo, i valori dei carichi di esercizio e loro distribuzioni, il tipo di materiale protettivo contro la corrosione per gli apparecchi metallici di ancoraggio, dimensioni e caratteristiche dei cuscinetti di appoggio, indicazioni per il loro corretto impiego;
- se la sezione di un manufatto resistente deve essere completata in opera con getto integrativo, la resistenza richiesta;
- la possibilità di impiego in ambiente aggressivo e le eventuali variazioni di prestazioni che ne conseguono

### ELEMENTI DI PRODUZIONE OCCASIONALE

E' necessaria la nomina di un Direttore Lavori in stabilimento che provveda al prelievo dei campioni di acciaio e di calcestruzzo ed alla esecuzione delle relative prove.

#### 5.1.2.2. Calcestruzzo in opera

### QUALIFICAZIONE

Teso alla determinazione della corrispondenza delle caratteristiche del calcestruzzo alle prescrizioni del C.S.A., va effettuato con la tecnica del mix design e con lo studio granulometrico degli inerti.

La qualificazione deve essere fatta almeno ogni qual volta una singola miscela di calcestruzzo sia adoperata in cantiere per quantitativi superiori a 100 mc; il certificato di qualificazione deve riportare :

- la curva granulometrica degli inerti (UNI EN 933-1, UNI 2334);
- la prova Los Angeles sugli inerti (CNR n°34/73);
- l'equivalente in sabbia sugli inerti CNR n°27/72);
- il tipo e la composizione in peso degli aggregati;
- la quantità ed il tipo di cemento;
- la quantità dell'acqua efficace ed il rapporto acqua/cemento;
- l'eventuale presenza di additivi con tipologia e quantità;
- l'eventuale presenza di fibre con tipologia e quantità;
- la resistenza caratteristica dell'impasto a 3 e 7 giorni;
- la previsione della resistenza caratteristica a 28 giorni;
- quanto altro necessario per la caratterizzazione dell'impasto.

**CALCESTRUZZO FRESCO**

La verifica della rispondenza del calcestruzzo fresco alle caratteristiche dichiarate nel mix design e nel C.S.A. deve essere fatta almeno una volta per ogni singola miscela di calcestruzzo adoperata in cantiere e deve riportare :

- la quantità d'acqua effettivamente presente nell'impasto (UNI 6393);
- la quantità di cemento effettivamente presente nell'impasto (UNI 6393);
- la quantità di acqua essudata (UNI 7122);
- il contenuto in aria (UNI 12350-7).

Il prelievo del calcestruzzo fresco viene effettuato, direttamente dal laboratorio deputato alle prove sui materiali, da autobetoniera in tre riprese, ad intervalli di tempo all'incirca uguali durante lo scarico, avendo cura di intercettare l'intero flusso di calcestruzzo al fine di evitare dispersioni di materiale.

**CALCESTRUZZO INDURITO**

Il controllo sulla resistenza a compressione (UNI ENV 12390-3 e UNI ENV 12390-4) su cubetti confezionati al momento del getto va ripetuto non solo per diversa classe di resistenza ma anche per uguale classe e diversi parametri di confezionamento (inerte, cemento, acqua, additivi, modalità di confezionamento, etc.)

Deve effettuarsi minimo 1 controllo, pari a 3 prelievi, pari a 6 cubetti 15x15x15 cm (fino ad una dimensione massima dell'inerte pari a 30 mm), ogni 100 mc di miscela omogenea, o frazione di 100 mc, e comunque per ogni giorno di getto.

Detta  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $R_3$  le 3 resistenze di prelievo (media della resistenza di 2 cubetti) e detta  $R_{medio}$  la media di tali resistenze, deve risultare

$$\left. \begin{array}{l} R_{medio} > R_{ck} + 3,5 \text{ N/mm}^2 \\ R_{minimo} > R_{ck} - 3,5 \text{ N/mm}^2 \end{array} \right\} \text{ per ogni controllo}$$

Sul calcestruzzo indurito sono eseguite altre prove in ragione di almeno una per ogni cantiere; tali prove vanno ripetute non solo per diversa classe di resistenza ma anche per uguale classe e diversi parametri di confezionamento (inerte, cemento, acqua, additivi, modalità di confezionamento, etc.); le prove aggiuntive sono :

- la resistenza a flessione su provini prismatici (UNI EN 12390-5);
- la resistenza a trazione mediante prova indiretta o brasiliana (UNI EN 12390-6);
- la determinazione del modulo di elasticità secante a compressione (UNI 6556);
- la determinazione del ritiro idraulico (UNI 6555, UNI 7086);
- la determinazione del coefficiente di permeabilità (UNI EN 12390-8).

Il prelievo del calcestruzzo per il confezionamento dei provini viene effettuato dall'Impresa, alla presenza dell'ispettore di cantiere, direttamente da autobetoniera in tre riprese, ad intervalli di tempo all'incirca uguali durante lo scarico, avendo cura di intercettare l'intero flusso di calcestruzzo al fine di evitare dispersioni di materiale.

La preparazione dei provini (secondo quanto previsto dalle UNI EN 12390-1 e UNI EN 12390-2) consiste nel sistemare il calcestruzzo in apposite casseforme (metalliche o in plastica pesante), assestandolo in due o più strati con ripetuti colpi di un tondino di ferro; è possibile usare un vibratore ad immersione di dimensioni e caratteristiche adatte alle dimensioni del provino; è vietato l'uso di vibratorii normalmente usati per il getto perché sproporzionati come potenza e dimensione.

La vibrazione ha termine a incipiente rifluimento della malta; si provvede a rasare la superficie superiore ed a lisciarla con cazzuola rovescia; tale superficie va protetta dall'essiccamento per il periodo intercorrente fra la preparazione e la sformatura (nailon); in tale periodo le casseforme devono essere poste in locale a temperatura costante.

## AUTOSTRADA DEL BRENNERO

SOCIETÀ PER AZIONI CON SEDE IN TRENTO

La rimozione delle casseforme (sformatura) deve essere attuata a 24 ore dal getto; segue la siglatura del provino.

I provini vanno stagionati in cantiere, fino al momento della presa in consegna da parte del laboratorio deputato alla esecuzione delle prove; la stagionatura va attuata immergendo il provino in una vasca termostata con acqua a temperatura di ca.  $20^{\circ} \pm 2^{\circ}$ .

### 5.1.3. Controllo di qualità dell'acciaio da cemento armato normale

Va eseguito un controllo per ogni partita di materiale arrivata in cantiere e comunque per ogni 5.000 kg di acciaio posati, o frazione di 5.000 kg, con un minimo di almeno n. 2 controlli per cantiere.

La riconoscibilità della partita è resa possibile dal CERTIFICATO DI QUALIFICAZIONE dello stabilimento che non deve essere anteriore a tre mesi dalla consegna (C.M. 25010 d.d. 01.09.97) e dalla marchiatura delle barre; la marchiatura deve permettere il riconoscimento dell'Azienda produttrice, dello stabilimento, del tipo di acciaio e della sua eventuale saldabilità.

Ogni controllo consiste nel prelievo di 3 spezzoni da 1,60 m per ognuno dei diametri effettivamente usati; vanno effettuate sempre le prove di trazione a snervamento e a rottura, la duttilità e l'allungamento percentuale.

I valori minimi per quanto riguarda il controllo della resistenza e l'allungamento, da eseguirsi prima della messa in opera del prodotto riferiti ad uno stesso diametro, sono i seguenti:

#### Valori limite di accettazione

Caratteristica	Valore Limite	NOTE
$f_y$ minimo (snervamento)	425 N/mm <sup>2</sup>	(450-25) N/mm <sup>2</sup>
$f_y$ massimo (snervamento)	572 N/mm <sup>2</sup>	[450x(1.25+0.02)] N/mm <sup>2</sup>
$f_t$ minimo (rottura)	540 N/mm <sup>2</sup>	
$A_{gt}$ minimo	$\geq 6.0 \%$	Per acciai laminati a caldo
$A_{gt}$ minimo	$\geq 2.0 \%$	Per acciai trafilati a freddo
Rottura/Snervamento	$1.13 \leq f_t/f_y \leq 1.37$	Per acciai laminati a caldo
Rottura/Snervamento	$f_t/f_y \geq 1.03$	Per acciai trafilati a freddo
Piegamento/raddrizzamento	Assenza di cricche	Per tutti

Per quanto riguarda le proprietà chimiche dell'acciaio da armatura, andrà eseguita una verifica ogni 20.000 kg totali di acciaio posato, o frazione di 20.000 kg, con un minimo di almeno n. 2 verifiche per cantiere, verifiche che saranno estese ad ogni singolo diametro effettivamente utilizzato.

Le caratteristiche meccaniche e chimiche nominali dell'acciaio dovranno soddisfare quanto previsto nell'articolo riguardante le "caratteristiche dei materiali" al punto relativo agli "acciai per cemento armato".

### 5.1.4. Controllo di qualità delle reti in acciaio elettrosaldato

Va eseguito un controllo per ogni tipo di rete (diametro del filo e maglia) e per ogni 3.000 mq di rete posata, o frazione di 3.000 mq; ogni controllo consiste nel prelievo di un riquadro di rete delle dimensioni di 100 x 100 cm.

Vanno effettuate sempre le prove di trazione sul filo a snervamento e a rottura, la duttilità e l'allungamento percentuale.

L'acciaio delle reti (fili elementari di diametro compreso tra 5 e 16 mm ed equidistanza delle barre non superiore a 330 mm) deve presentare caratteristiche meccaniche e chimiche tali da soddisfare quanto previsto nella tabella prevista per le barre d'armatura per cemento armato normale.

## AUTOSTRADA DEL BRENNERO

SOCIETÀ PER AZIONI CON SEDE IN TRENTO

I nodi delle reti devono resistere ad una forza di distacco determinata in accordo con la UNI EN ISO 15630-2 pari al 30% della forza di snervamento della barra di diametro maggiore.

### 5.1.5. Controllo di qualità dell'acciaio da c.a.p.

Gli acciai per armature da precompressione devono possedere proprietà meccaniche, garantite dal produttore, non inferiori a quelle indicate nell'articolo riguardante le "caratteristiche dei materiali" al punto relativo agli "acciai per cemento armato precompresso".

Le grandezze di seguito elencate devono formare oggetto di garanzia da parte del produttore (dichiarazione in originale) ed i corrispondenti valori garantiti figurare nel catalogo del produttore stesso:

$\phi$  (diametro),  $A$  (sezione),  $f_{ptk}$  (tensione di rottura),  $f_{p(0.1)k}$  (limite elastico allo 0.1%),  $f_{pyk}$  (tensione di snervamento),  $f_{p(1)k}$  (tensione corrispondente all'1%),  $A_{gt}$  (allungamento sotto carico massimo),  $E_p$  (modulo di elasticità),  $I$  ( ),  $\alpha$  (prova di piegamento a 180°),  $N$  (prova di piegamento alternato),  $L$  (resistenza a fatica),  $r$  (rilassamento a temperatura ordinaria).

### CONTROLLI

Le norme vigenti prevedono tre forme di controllo obbligatorie:

- controlli in stabilimento;
- controlli negli stabilimenti permanenti di prefabbricazione e nel luogo di formazione dei cavi;
- accettazione in cantiere.

I controlli eseguiti in stabilimento si riferiscono a lotti di produzione. I controlli eseguiti negli stabilimenti permanenti di prefabbricazione e nel luogo di formazione dei cavi si riferiscono a forniture.

L'accettazione eseguita in cantiere si riferisce a lotti di spedizione.

*Lotti di produzione:* si riferiscono a produzione continua, ordinata cronologicamente mediante apposizione di contrassegni al prodotto finito (numero di rotolo finito, della bobina di trefolo e del fascio di barre). Un lotto di fabbricazione deve avere grandezze nominali omogenee (dimensionali, meccaniche, di formazione) ed essere compreso tra 30 e 120 tonnellate.

*Forniture:* sono lotti formati al massimo da 90 t, costituiti da prodotti aventi grandezze nominali omogenee (dimensionali, meccaniche, di formazione).

*Lotti di spedizione:* lotti al massimo di 30 t, spediti in un'unica volta, costituiti da prodotti aventi grandezze nominali omogenee (dimensionali, meccaniche, di formazione).

### PRELIEVO DEI SAGGI

I saggi destinati ai controlli:

- non debbono essere avvolti con diametro inferiore a quello della bobina o rotolo di provenienza;
- devono essere prelevati con le lunghezze richieste dal laboratorio ufficiale incaricato delle prove ed in numero sufficiente per eseguire eventuali prove di controllo successive;
- devono essere adeguatamente protetti nel trasporto.

### CONTROLLI IN STABILIMENTO

I controlli in stabilimento dovranno rispettare quanto previsto dal D.M. 17 gennaio 2018 sia per quanto riguarda i controlli sistematici (prove di qualificazione e prove di verifica della qualità) che per i controlli su singoli lotti di produzione.

### CONTROLLI NEGLI STABILIMENTI PERMANENTI DI PREFABBRICAZIONE O NEL LUOGO DI FORMAZIONE DEI CAVI

I controlli negli stabilimenti permanenti di prefabbricazione o nel luogo di formazione dei cavi

## **AUTOSTRADA DEL BRENNERO**

**SOCIETÀ PER AZIONI CON SEDE IN TRENTO**

sono obbligatori.

Il direttore dei lavori in cantiere o il tecnico responsabile dell'officina di formazione dei cavi, che assume a tale riguardo le responsabilità attribuite dalla legge al direttore dei lavori, deve controllare che si possano individuare in modo incontrovertibile l'origine e le caratteristiche del materiale. È inoltre responsabilità del tecnico responsabile dell'officina di formazione dei cavi di documentare al direttore dei lavori la provenienza e le caratteristiche ed il marchio del materiale stesso.

I controlli vengono eseguiti secondo le modalità di seguito indicate.

Effettuato un prelievo, in cantiere o nel luogo di formazione dei cavi, di 3 saggi provenienti da una stessa fornitura, intesa come lotto formato da massimo 90 t, ed appartenenti ad una stessa categoria si determinano, mediante prove effettuate presso un laboratorio ufficiale, i corrispondenti valori minimi di  $f_{pt}$ ,  $f_{py}$ ,  $f_{p(1)}$ ,  $f_{p(0.1)}$ .

I risultati delle prove vengono considerati compatibili con quelli ottenuti in stabilimento se nessuno dei valori minimi sopra indicati è inferiore ai corrispondenti valori caratteristici garantiti dal produttore.

Nel caso che anche uno solo dei valori minimi suddetti non rispetti la corrispondente condizione, verranno eseguite prove supplementari soggette a valutazioni statistiche come previsto dalle norme.

Se le condizioni non sono verificate, si ripeteranno, previo avviso al produttore, le prove su altri 10 saggi.

L'ulteriore risultato negativo comporta l'inidoneità della partita e la trasmissione dei risultati al produttore, che sarà tenuto a farli inserire tra i risultati dei controlli statistici della sua produzione.

Inoltre il direttore dei lavori dovrà comunicare il risultato anomalo sia al laboratorio ufficiale incaricato del controllo in stabilimento che al Ministero dei lavori pubblici, Servizio tecnico centrale.

I certificati relativi alle prove (meccaniche) degli acciai devono riportare l'indicazione del prescritto marchio identificativo, rilevato a cura del laboratorio incaricato dei controlli sui campioni da sottoporre a prove. Qualora i campioni fossero sprovvisti di tale marchio, oppure il marchio non dovesse rientrare fra quelli depositati presso il Ministero dei lavori pubblici, Servizio tecnico centrale, dovrà essere riportata specifica annotazione sul certificato di prova.

Il prelievo dei campioni va effettuato a cura del Direttore dei Lavori o di un tecnico di sua fiducia che deve assicurare, mediante sigle, etichettature indelebili, ecc., che i campioni inviati per le prove al laboratorio incaricato siano effettivamente quelli da lui prelevati.

### **ACCETTAZIONE IN CANTIERE**

Qualora non siano state precedentemente eseguite le prove di cui al punto precedente, i controlli in cantiere sono obbligatori e devono essere eseguiti secondo le indicazioni viste precedentemente, con l'avvertenza che il prelievo preliminare dei 3 saggi va effettuato per ogni lotto di spedizione, di massimo 30 t.

Nel caso in cui siano state eseguite le prove di cui al punto precedente, il Direttore dei Lavori può valutare la necessità di ulteriori controlli, da eseguirsi secondo le modalità viste al medesimo punto precedente.

### **NORMA DI RIFERIMENTO**

UNI EN ISO 15630-3 - *Acciaio per calcestruzzo armato e calcestruzzo armato precompresso - Metodi di prova - Parte 3: Acciaio per calcestruzzo armato precompresso*

**5.1.6. Controllo di qualità dell'acciaio (normale o Corten) da carpenteria**

Va eseguito un controllo per ogni partita di materiale arrivata in cantiere e comunque per ogni 10.000 kg di acciaio messo in opera, o frazione di 10.000 kg, con un minimo di almeno due controlli per ogni cantiere.

I valori di resistenza, di deformazione e di durabilità richiesti in C.S.A. devono preventivamente essere oggetto di garanzia da parte del produttore (dichiarazione in originale).

Ogni controllo consiste nel prelievo di 3 spezzoni significativi per ogni profilo effettivamente usato; vanno effettuate sempre le prove di trazione a snervamento e a rottura, l'allungamento percentuale, nonché le prove di resilienza.

Per quanto riguarda le proprietà chimiche dell'acciaio da carpenteria, andrà eseguita una verifica ogni 20.000 kg totali di acciaio posato, o frazione di 20.000 kg, con un minimo di n. 2 verifiche per cantiere, verifiche che saranno estese ad ogni singolo profilo effettivamente utilizzato.

Le caratteristiche meccaniche e chimiche dell'acciaio dovranno soddisfare quanto previsto nell'articolo riguardante le "caratteristiche dei materiali" al punto relativo agli "acciai per strutture in carpenteria metallica".

**5.1.7. Controllo di qualità dell'acciaio inox**

Va eseguito un controllo per ogni partita di materiale arrivata in cantiere e comunque per ogni 1.000 kg di acciaio inox messo in opera, o frazione di 1.000 kg, con un minimo di n. 2 controlli per cantiere.

I valori di resistenza e di deformazione richiesti in C.S.A. devono preventivamente essere oggetto di garanzia da parte del produttore (dichiarazione in originale).

Ogni controllo consiste nel prelievo di 3 spezzoni significativi per ogni profilo effettivamente usato; vanno effettuate sempre le prove di trazione a snervamento e a rottura, nonché l'allungamento percentuale.

Per quanto riguarda le proprietà chimiche dell'acciaio inox, andrà eseguita una verifica ogni 1.000 kg totali di acciaio posato, o frazione di 1.000 kg, con un minimo di n. 2 verifiche per cantiere, verifiche che saranno estese ad ogni singolo profilo effettivamente utilizzato.

Le caratteristiche meccaniche e chimiche dell'acciaio inox dovranno soddisfare quanto previsto nell'articolo riguardante le "caratteristiche dei materiali" al punto relativo agli "acciai per strutture in carpenteria metallica".

**5.1.8. Controllo di qualità dell'acciaio Corten per sicurvia**

Va eseguito un controllo per ogni partita di materiale arrivata in cantiere e comunque per ogni 200.000 kg di acciaio messo in opera, o frazione di 200.000 kg, con un minimo di n. 2 controlli per cantiere.

I valori di resistenza, di deformazione e di durabilità richiesti in C.S.A. devono preventivamente essere oggetto di garanzia da parte del produttore (dichiarazione in originale).

Ogni controllo consiste nel prelievo di :

- un nastro;
- tre sostegni;
- un distanziatore;
- un calastrello;
- un tubo superiore;
- un coprigiunto;
- una squadretta superiore;
- eventuali altri elementi di costituzione della barriera.

Vanno effettuate sempre le prove di trazione a snervamento e a rottura, l'allungamento percentuale e le prove di resilienza.

## **AUTOSTRADA DEL BRENNERO**

**SOCIETÀ PER AZIONI CON SEDE IN TRENTO**

Per quanto riguarda le proprietà chimiche dell'acciaio Corten per sicurvia, andrà eseguita una verifica ogni 400.000 kg totali di acciaio posato, o frazione di 400.000 kg, con un minimo di n. 2 verifiche per cantiere, verifiche che saranno estese ad ogni singolo elemento sopra richiamato costituente la barriera.

Le caratteristiche meccaniche e chimiche dell'acciaio Corten per sicurvia (Corten A) dovranno soddisfare quanto previsto nell'articolo riguardante le "caratteristiche dei materiali" al punto relativo all' "acciaio per barriere di sicurezza".

### **5.1.9. Controllo di qualità dell'acciaio per bulloneria**

Va eseguito un controllo per ogni partita di materiale arrivata in cantiere e comunque per ogni 5.000 kg di acciaio da bulloneria messo in opera, o frazione di 5.000 kg, con un minimo di almeno n. 2 controlli per cantiere.

La classe della bulloneria, i valori di resistenza, di deformazione e di durabilità richiesti in C.S.A. devono preventivamente essere oggetto di garanzia da parte del produttore (dichiarazione in originale).

Ogni controllo consiste nel prelievo di almeno 5 bulloni/dadi per tipo da prelevare in maniera casuale dai vari contenitori in arrivo sul cantiere.

Vanno effettuate sui bulloni sempre le prove di trazione a snervamento e a rottura, l'allungamento percentuale e le prove di resilienza, ricavandone la classe.

Per quanto riguarda le proprietà chimiche dell'acciaio per bulloneria (bulloni e dadi), andrà eseguita una verifica ogni 10.000 kg totali di acciaio posato, o frazione di 10.000 kg, con un minimo di n. 2 verifiche per cantiere, verifiche che saranno estese ad ogni singolo bullone/dado come sopra prelevato.

Le caratteristiche meccaniche e chimiche dell'acciaio per bulloneria dovranno soddisfare quanto previsto nell'articolo riguardante le "caratteristiche dei materiali" al punto relativo agli "acciai per strutture in carpenteria metallica".

### **5.1.10. Collaudo statico delle strutture in calcestruzzo armato e acciaio**

#### *5.1.10.1. Relazione a struttura ultimata*

Entro 60 giorni dalla ultimazione delle strutture il Direttore Lavori è tenuto a redigere la "Relazione a strutture ultimate" esponendo i risultati delle prove sui materiali, l'esito di eventuali prove di carico, altre notizie importanti relative al cantiere.

La relazione in duplice copia va trasmessa al collaudatore statico, assieme alla dichiarazione di fine lavori relativamente alle strutture da collaudare.

#### *5.1.10.2. Collaudo statico*

La Società deve provvedere alla nomina del Collaudatore prima dell'inizio dei lavori relativi alla struttura; tale collaudatore deve dichiarare di accettare l'incarico e di impegnarsi a non prendere parte alla direzione o esecuzione dei lavori, nonché di essere iscritto all'Albo Professionale da almeno 10 anni.

Le operazioni di collaudo devono comprendere:

- ispezione dell'opera;
- confronto tra l'eseguito e i disegni esecutivi;
- esame dei certificati sui materiali;
- esame dei verbali delle eventuali prove di carico;
- verifica dell'impostazione generale del progetto, degli schemi di calcolo e della ipotesi di carico.

A discrezione, il Collaudatore può richiedere integrazioni alla relazione di calcolo, il prelievo di ulteriori campioni di materiale, l'effettuazione di prove di carico e di altri controlli non distruttivi.

Il certificato di collaudo va depositato in duplice copia presso la Direzione Tecnica della Società a cura del Collaudatore.

## **5.2. CALCESTRUZZO REOPLASTICO**

### **5.2.1. Qualificazione**

Va effettuata con la tecnica del mix design, con lo studio granulometrico degli inerti e con la serie di prove previste in C.S.A. (espansione controllata UNI 8148, quantità di aria, rapporto acqua/cemento, resistenza a rottura per compressione e per flessione, adesione al rapporto per trazione diretta e per taglio) anche limitata alle prove relative alle 24 ore e ai 7 giorni.

### **5.2.2. Controlli di accettazione**

#### *5.2.2.1. Premessa*

I controlli vanno ripetuti non solo per diversa classe di resistenza, ma anche per uguale classe e diversi parametri di confezionamento (inerte, cemento, acqua, additivi, modalità di confezionamento, ecc.)

#### *5.2.2.2. Resistenza a rottura per compressione*

Eseguita secondo la UNI EN 12390-3.

Devono effettuarsi di norma 1 controllo = 3 prelievi = 3x2 cubetti 15x15x15 cm ogni 30 mc di miscela omogenea, o frazioni di 30 mc, con un minimo di due prelievi (2x2=4 cubetti) per ogni giorno di getto.

Dette  $R_1$   $R_2$   $R_3$  le 3 resistenze di prelievo (media delle resistenze di due cubetti) e detta  $R_m$  la media di tali resistenze, deve risultare:

$$\left. \begin{array}{l} R_m > R_{ck} + 3,5 \text{ N/mm}^2 \\ R_{\min} > R_{ck} - 2,0 \text{ N/mm}^2 \end{array} \right\} \text{ per ogni controllo}$$

dove  $R_{ck} = 20 \text{ N/mm}^2$  a 24 ore

$R_{ck} = 50 \text{ N/mm}^2$  a 28 giorni

#### *5.2.2.3. Resistenza a rottura per flessione*

Eseguita secondo la UNI EN 12390-5.

Devono effettuarsi minimo 1 controllo = 2 prelievi = 2x2 travetti 10x10x40 cm ogni 50 mc di miscela omogenea, o frazioni di 50 mc, con un minimo di due prelievi per ogni cinque giorni di getto.

Dette  $R_1$   $R_2$  le 2 resistenze di prelievo (media delle resistenze di due provini) e detta  $R_m$  la media di tali resistenze, deve risultare:

$$\left. \begin{array}{l} R_m > R_f \\ R_{\min} > R_f - 0,2 \text{ N/mm}^2 \end{array} \right\} \text{ per ogni controllo}$$



dove  $R_f = 3 \text{ N/mm}^2$  a 24 ore  
 $R_f = 6,5 \text{ N/mm}^2$  a 28 giorni

**5.2.2.4. Adesione al supporto per trazione diretta**

Eseguita secondo la DIN ISO 4624.

Devono effettuarsi almeno 2 prove di trazione diretta con un minimo di 1 prova (carota di diam. cm 5) ogni 20 mc di miscela omogenea o frazione di 20 mc.

Deve risultare ( $R_a$ =forza di adesione)

$R_a \text{ medio} \geq 2,0 \text{ N/m}^2$

$R_a \text{ min} \geq 1,0 \text{ N/m}^2$

**5.2.2.5. Rapporto acqua/cemento**

Va misurata l'umidità propria degli inerti in cava almeno una volta ogni 30 mc di miscela omogenea, o frazione di 30 mc, e va quindi determinato in maniera esatta il rapporto acqua/cemento che deve risultare sempre  $< 0,40$ .

**5.3. MALTA CEMENTIZIA ADDITIVATA CON POLIMERI**

**5.3.1. Qualificazione**

Vanno effettuate le prove prescritte dal C.S.A. (rottura per compressione e flessione, modulo di elasticità, adesione al supporto per trazione, coefficiente di dilatazione termica, quantità e tipo delle fibre); dovrà essere dichiarata la natura e la quantità presente di inibitore di corrosione.

**5.3.2. Controlli di accettazione**

**5.3.2.1. Resistenza a rottura per compressione**

Eseguita secondo la UNI EN 12190.

Deve essere effettuato minimo 1 controllo = 2 prelievi = 2x2 provini 4x4x16 cm ogni 10 mc di malta applicata, o frazione di 10 mc, con un minimo di n. 2 controlli per cantiere.

Dette  $R_1$   $R_2$  le 2 resistenze di prelievo (media delle resistenze di due provini) e detta  $R_m$  la media di tali resistenze, deve risultare:

$$\left. \begin{array}{l} R_m > R_c \text{ N/mm}^2 \\ R_{\min} > R_c - 2,0 \text{ N/mm}^2 \end{array} \right\} \text{ per ogni controllo}$$

dove  $R_c$  si ricava dalla seguente tabella [N/mm<sup>2</sup>]

E [N/mm <sup>2</sup> ] →	23000 ÷ 27000	14000 ÷ 18000
28 gg	55	35

## AUTOSTRADA DEL BRENNERO

SOCIETÀ PER AZIONI CON SEDE IN TRENTO

### 5.3.2.2. Resistenza a rottura per flessione

Eseguita secondo la UNI EN 196-1.

Deve essere effettuato minimo 1 controllo = 2 prelievi = 2x2 provini 4x4x16 cm ogni 10 mc di malta applicata, o frazione di 10 mc, con un minimo di n. 2 controlli per cantiere.

Dette  $R_1$   $R_2$  le 2 resistenze di prelievo (media delle resistenze di due provini) e detta  $R_m$  la media di tali resistenze, deve risultare:

$$\left. \begin{array}{l} R_m > R_f \text{ N/mm}^2 \\ R_{\min} > R_f - 2,0 \text{ N/mm}^2 \end{array} \right\} \text{ per ogni controllo}$$

dove  $R_c$  si ricava dalla seguente tabella [ N/mm<sup>2</sup> ]

E [ N/mm <sup>2</sup> ]→	23000 < E < 27000	14000 < E < 18000
28 gg	8,0	5,0

### 5.3.2.3. Adesione al supporto per trazione diretta

Eseguita secondo la UNI EN 1542.

Le prove sono da condurre in cantiere per trazione diretta su provini del diametro di 50 mm; devono effettuarsi almeno due prove di trazione diretta ogni 10 mc di malta applicata, o frazione di 10 mc, con un minimo di n. 4 prove.

Deve risultare ( $R_a$  = forza di adesione [ N/mm<sup>2</sup> ])

E [ N/mm <sup>2</sup> ]→	23000 < E < 27000	14000 < E < 18000
28 gg (valore minimo)	2,0	1,5
28 gg (valore medio)	3,0	2,5

### 5.3.2.4. Modulo di elasticità

Le prove sono da condurre, in numero minimo di 1 ogni 30 mc di malta applicata, o frazione di 30 mc, con riferimento alla norma UNI EN 13412 [modulo elastico = pendenza alla secante al diag.tensione-deformazione unitaria nella fase di scarico]

Deve risultare E [ N/mm<sup>2</sup> ]

E [ N/mm <sup>2</sup> ]→	23000 < E < 27000	14000 < E < 18000
max	27000	18000
min	23000	14000

# AUTOSTRADA DEL BRENNERO

SOCIETÀ PER AZIONI CON SEDE IN TRENTO

## 5.4. CONGLOMERATI BITUMINOSI

Fase lavorativa	Frequenza	Tipo di prove	Parametri	Principali dati da controllare
Prove preliminari PRIMA di iniziare i lavori.	Uno studio per ogni cantiere	Ogni Impianto che fornirà conglomerato bituminoso dovrà fornire, per ogni strato che verrà posato (es. BASE, BINDER, DFAS SMA), uno di formulazione ottimale (denominato anche Studio Marshall)	Curva granulometrica ottimale che potrà essere ottenuta con i materiali disponibili	le curve risultanti dovranno essere quasi al centro dei fusi di Capitolato.
			Percentuale ottimale di bitume (riferita agli inerti) da impiegarsi	Verificare le tolleranze di Capitolato.
			Risultati di tutte le prove necessarie a caratterizzare i materiali da impiegarsi (inerti e bitume). Tali dati dovranno essere confrontati con quanto riportato nelle tabelle dei requisiti di accettazione degli inerti e dei bitumi riportate nel CSA.	Verificare le prescrizioni di Capitolato.
Prove DURANTE i lavori.	Almeno una volta per ogni stesa e per ogni strato	verifica della temperatura del conglomerato subito dietro la vibrofinitrice		La temperatura del conglomerato confezionato con bitume modificato deve essere compresa tra 150÷180°C.
	Prelievo del conglomerato bituminoso ogni 300 mc o frazione con un minimo di n. 2 prelievi per ogni strato	<b>PROVA MARSHALL COMPLETA</b>  Prelievi ed analisi sui vari tipi di conglomerato : <ul style="list-style-type: none"> <li>- granulometria degli inerti;</li> <li>- percentuale di legante;</li> <li>- stabilità e scorrimento Marshall;</li> <li>- percentuale dei vuoti;</li> <li>- densità.</li> </ul>	Ubicazione del prelievi (Impianto, prog. km, direz, corsia); tipo di strato (base, binder, DFAS, SMA); Temperatura alla stesa; giorno e ora del prelievo; Impianto fornitore	Verificare che siano contenuti tutti i dati.
			Curva granulometrica inerti (nel rapporto di prova, al fine di facilitare un tempestivo controllo tra la curva granulometrica ottenuta e i limiti imposti dal capitolato, dovrà comparire anche il fuso granulometrico di riferimento e la curva ottimale scelta attraverso i risultati dello Studio Marshall);	Verificare che la curva sia nelle tolleranze ammesse: ± 5% agg. grosso; ± 3% sabbia; ± 2% filler.
			Percentuale di legante riferito agli inerti	Verificare che la variazione rispetto alla percentuale prescritta nello studio sia ± 0,3%.
			Percentuale vuoti residui (densità Marshall, densità inerti)	Verificare che rispondano ai limiti di Capitolato.
			Stabilità (o trazione indiretta); Scorrimento; Rigidezza	Verificare che rispondano ai limiti di Capitolato.
	Prelievo del bitume ogni 300 mc di conglom. bituminoso o frazione con un minimo di 2 prelievi	Verifica delle caratteristiche del bitume e dell'emulsione elastomerica impiegata.	Tipo di bitume Penetrazione; Punto di rammolimento palla e anello;	Verificare che rispondano ai limiti di Capitolato.

## AUTOSTRADA DEL BRENNERO

SOCIETÀ PER AZIONI CON SEDE IN TRENTO

Prove AL TERMINE DELLA STESA dello strato	Almeno ogni 1.500 mq o frazione, con un minimo di n. 2 prelievi	Prelievo ed analisi di una carota (diametro min. 15 cm) di conglomerato bituminoso.	Su ogni strato intercettato dalla carota dovrà essere determinato: <ul style="list-style-type: none"><li>• il grado di addensamento;</li><li>• la percentuale di vuoti in opera;</li><li>• lo spessore degli strati.</li><li>• valore di permeabilità (drenante)</li></ul>	Verificare che rispondano ai limiti di Capitolato.
--	---	---	---	--

Tutte le misure e le prove di laboratorio dovranno essere eseguite secondo le Norme di riferimento indicate nei capitoli specifici; quindi i certificati emessi dai laboratori, oltre ai dati, dovranno riportare anche le normative di riferimento con cui sono state eseguite le prove.

## **Capo Secondo - NORME PER L'ESECUZIONE DEI SINGOLI LAVORI**

### **ART. 6.** **NORME DI ESECUZIONE DI TUTTI I LAVORI IN GENERALE**

Tutti i lavori occorrenti per dare ultimate le opere appaltate devono essere eseguiti secondo i migliori sistemi e regole dell'arte, con la maggior precisione e regolarità in conformità alle prescrizioni contrattuali, secondo le indicazioni dei disegni e giusta le istruzioni e ordini impartiti all'Impresa dalla Direzione Lavori. E' facoltà della stessa D.L. rifiutare i lavori non eseguiti in conformità del contratto o non a regola d'arte e in base agli ordini impartiti all'Impresa la quale dovrà quindi provvedere, a complete sue spese, alla demolizione e/o ricostruzione di quelle opere o parti di opere che, a giudizio insindacabile della Direzione Lavori, fossero inaccettabili.

Inoltre per ogni categoria di lavoro dovranno essere osservate le prescrizioni speciali contenute nei seguenti articoli.

Si rimanda allo specifico Piano per la sicurezza e comunque a quanto prescritto dal D.Lgs. 81/2008 e ss.mm., per quanto concerne le modalità di esecuzione e tenuta dei lavori rispetto alla sicurezza.

### **ART. 7.** **SCARIFICHE E DEMOLIZIONI DI CONGLOMERATO CEMENTIZIO**

Le demolizioni dei calcestruzzi devono essere eseguite con ordine e con le necessarie precauzioni in modo da prevenire qualsiasi infortunio.

L'Impresa è quindi pienamente responsabile di tutti i danni che le demolizioni potessero arrecare alle persone e alle cose. E' vietato in particolare di gettare dall'alto dei viadotti o ponti materiali di risulta, che dovranno essere trasportati in basso, adottando le opportune cautele per evitare danni o pericoli.

Si dovrà inoltre provvedere al puntellamento delle parti pericolanti.

a) Raschiatura di solette in cemento armato di ponti o viadotti

La raschiatura delle solette coperte da residui di pavimentazione bituminosa e/o impermeabilizzazioni e/o incrostazioni di varia natura dovrà essere eseguita con speciali bocciarde o frese rotanti adeguate ad asportare i materiali sopradetti senza manomettere i ferri di armatura del calcestruzzo e asportando uno strato di calcestruzzo di spessore mai superiore, anche solo localmente, a mm 5.

b) Scarifica di solette in cemento armato di ponti e viadotti

Dovrà essere asportato dall'estradosso della soletta tutto il calcestruzzo degradato o ammalorato, fino a raggiungere il calcestruzzo sano ed integro, avente le caratteristiche meccaniche prescritte dalla D.L.

La scarifica dovrà essere effettuata esclusivamente mediante idrolancia avente una portata variabile sino ad un massimo di 250 lt. al minuto ed una pressione variabile sino a 1500 Atm. L'idrolancia dovrà essere munita di filtri particolari con doppia regolazione automatica di potenza e rendimento volumetrico, di valvole di sicurezza e di speciale testata mobile di lavoro preregolabile nel senso della larghezza della fascia di lavoro e

## **AUTOSTRADA DEL BRENNERO**

**SOCIETÀ PER AZIONI CON SEDE IN TRENTO**

nel senso della velocità e direzione di avanzamento, con comando a distanza. Pressione e portata dovranno essere regolate ai valori necessari per asportare tutto il calcestruzzo degradato e/o preparare la zona di attacco fra i getti esistenti e i nuovi getti.

c) Scarifica di cordoli e demolizione a tutto spessore di solette in cemento armato di ponti e viadotti

La scarifica dei cordoli e la demolizione di solette per il collegamento longitudinale degli impalcati o l'ancoraggio dei giunti, dovrà essere eseguita a mano o con martelli demolitori leggeri, procedendo con tutte le precauzioni necessarie per conservare inalterata la posizione spaziale e la capacità portante delle armature in acciaio, nonché l'integrità delle strutture contigue che non devono essere demolite: travi, trasversi, ecc. La demolizione dovrà essere seguita da una efficace sgaggiatura e pulizia delle superfici di attacco al nuovo getto e delle barre in acciaio eventualmente ossidate, da eseguirsi mediante l'impiego di idrosabbatrice o sabbatrice fino ad ottenere una superficie pulita, integra, sgrassata e con ferri di armatura disossidati. Su autorizzazione della Direzione Lavori i lavori di cui sopra potranno essere anche eseguiti con idrolancia, come previsto al punto b).

d) Demolizione corticale o profonda di pile e spalle in cemento armato.

Dovrà essere asportato tutto il calcestruzzo degradato e/o ammalorato e/o carbonatato, comunque fino a scoprire completamente tutte le armature ossidate, oppure la demolizione dovrà essere spinta fino alla profondità prevista dal progetto per eventuale alloggiamento di apparecchi di appoggio od altre strutture metalliche. La demolizione dovrà essere eseguita a mano o con martelli demolitori leggeri o con idrolancia ad elevata pressione come da prescrizioni del progetto o della D.L., procedendo con tutte le precauzioni ed adottando tutti gli accorgimenti necessari per non danneggiare i ferri di armatura ed il calcestruzzo lasciato in sito. La demolizione dovrà essere seguita da una efficace sgaggiatura e pulizia delle superfici di attacco al nuovo getto e delle barre in acciaio eventualmente ossidate, da eseguirsi mediante l'impiego di idrosabbatrice o sabbatrice fino ad ottenere una superficie pulita, integra, sgrassata e con ferri di armatura disossidati.

## **ART. 8. MOVIMENTI DI TERRE**

### **8.1. SCAVI E RIALZI IN GENERE**

Gli scavi ed i rialzi occorrenti per la formazione di cunette, accessi, passaggi e rampe, cassonetti e simili, nonché per l'impianto di opere d'arte, 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 dei 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 l'Impresa 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.

Le scarpate di tagli e rilevati saranno eseguite con inclinazioni appropriate in relazione alla natura ed alle caratteristiche fisico-meccaniche del terreno, e, comunque, a seconda delle prescrizioni che saranno comunicate alla Direzione dei Lavori mediante ordini scritti.

## **AUTOSTRADA DEL BRENNERO**

**SOCIETÀ PER AZIONI CON SEDE IN TRENTO**

Per gli accertamenti relativi alla determinazione della natura delle terre , del grado di costipamento e del contenuto di umidità di esse, l'Impresa dovrà provvedere a tutte le prove necessarie ai fini della loro possibilità e modalità d'impiego, che verranno eseguite presso il Centro Sperimentale dell'A.N.A.S. di Cesano (Roma) o presso altri Laboratori ufficiali.

Le terre verranno caratterizzate e classificate secondo le Norme U.N.I 11531-1 riportate nella tabella a pagina seguente.

Prospetto I - Classificazione per le terre U.N.I. 11531-1														
Classificazione generale	Terre ghiaio-sabbiose Frazione passante allo staccio 0,063 <= 35%							Terre limo- argillose Frazione passante allo staccio 0,063 mm > 35%					Torbe e terre organiche palustri	
Gruppo	A1		A3	A2				A4	A5	A6	A7		A8	
Sottogruppo	A1-a	A1-b		A2-4	A2-5	A2-6	A2-7				A7-5	A7-6		
Frazione passante allo staccio														
2 mm	≤ 50	-	-											
0,4 mm	≤ 30	≤ 50	> 50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
0,063 mm	≤ 15	≤ 25	≤ 10	≤ 35	≤ 35	≤ 35	≤ 35	> 35	> 35	> 35	> 35	> 35	> 35	
Caratteristiche della frazione passante allo staccio 0,4 mm														
LL (Limite liquido)	-	-	-	≤ 40	> 40	≤ 40	> 40	≤ 40	> 40	≤ 40	> 40	> 40	> 40	
IP (Indice di plasticità)	≤ 6		N.P.	≤ 10	≤ 10 max	>10	> 10	≤ = 10	≤ 10	> 10	> 10	> 10	> 10	
											IP<=LL-30	IP >LL-30		
Indice di gruppo	0		0	0		≤ 4		≤ 8		≤ 12		≤ 16	≤ 20	
Tipi usuali dei materiali caratteristici costituenti il gruppo	Ghiaia o breccia, ghiaia o breccia sabbiosa, sabbia grossa, pomice, scorie vulcaniche, pozzolane		Sabbia fina	Ghiaia o sabbia limosa o argillosa				Limi poco compressibili	Limi molto compressibili	Argille poco compressibili	Argille molto compressibili mediamente plastiche	Argille molto compressibili molto plastiche	Torbe di recente o remota formazione, detriti organici	
Qualità portanti quale terreno di sottofondo in assenza di gelo	Da eccellente a buono			Da mediocre a scadente										Da scartare
Azione del gelo sulle qualità portanti del terreno di sottofondo	Nessuna o lieve			Media				Molto elevata		Media	Elevata	Media		
Ritiro e rigonfiamento	Nullo			Nullo e lieve				Lieve o medio		Elevato	Elevato	Molto elevato		
Permeabilità	Elevata			Media o scarsa						Scarsa o nulla				

N.P. = non plastico;  
- = non necessario per la classificazione.

(\*) Prova di cantiere che può servire a distinguere i limi dalle argille. Si esegue scuotendo nel palmo della mano un campione di terra bagnata o comprimendolo successivamente fra le dita. La terra reagisce alla prova se, dopo lo scuotimento, apparirà alla superficie un velo lucido di acqua libera, che scomparirà comprimendo il campione fra le dita.



Nell'esecuzione sia degli scavi che dei rilevati l'Impresa è tenuta ad effettuare a propria cura e spese l'estirpamento di piante, arbusti e relative radici esistenti sia sui terreni da scavare che su quelli destinati all'impianto dei rilevati, nonché in questo ultimo caso, al riempimento delle buche effettuate in dipendenza dell'estirpamento delle radici e delle piante, che dovrà essere effettuato con materiale idoneo messo in opera a strati di conveniente spessore e costipato. Tali oneri si intendono compensati con i prezzi di elenco relativi ai movimenti di materie.

La D.L., in relazione alla natura dei terreni di posa dei rilevati o delle fondazioni stradali in trincea, potrà ordinare l'adozione di provvedimenti atti a prevenire la contaminazione dei materiali d'apporto e fra questi provvedimenti la fornitura e posa in opera di teli "geotessili" aventi le caratteristiche indicate nel relativo articolo.

## **8.2. FORMAZIONE DEI PIANI DI POSA DEI RILEVATI**

Tali piani avranno l'estensione dell'intera area di appoggio e potranno essere continui od opportunamente gradonati secondo i profili e le indicazioni che saranno dati dalla Direzione dei Lavori in relazione alle pendenze dei siti d'impianto.

I piani suddetti saranno stabiliti di norma alla quota di cm 20 al di sotto del piano di campagna e saranno ottenuti praticando i necessari scavi di sbancamento tenuto conto della natura e consistenza delle formazioni costituenti i siti d'impianto preventivamente accertate, anche con l'ausilio di prove di portanza.

Quanto alla suddetta quota si rinvergono terreni appartenenti ai gruppi A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub>, A<sub>3</sub> (classifica U.N.I 11531-1) la preparazione dei piani di posa consisterà nella compattazione di uno strato sottostante il piano di posa stesso per uno spessore non inferiore a cm 30, in modo da raggiungere una densità secca pari almeno al 95% della densità massima AASHTO modificata determinata in laboratorio, modificando il grado di umidità delle terre fino a raggiungere il grado di umidità ottima prima di eseguire il compattamento.

Quando invece i terreni rinvenuti alla quota di cm 20 al di sotto del piano di campagna appartengono ai gruppi A<sub>4</sub>, A<sub>5</sub>, A<sub>6</sub>, A<sub>7</sub> (classifica - U.N.I 11531-1), la Direzione dei lavori potrà ordinare, a suo insindacabile giudizio, l'approfondimento degli scavi per sostituire i materiali in loco con materiale per la formazione dei rilevati appartenenti ai gruppi A<sub>1</sub> e A<sub>3</sub>.

Tale materiale dovrà essere compattato, al grado di umidità ottima, fino a raggiungere una densità secca non inferiore al 90% della densità massima AASHTO modificata. La terra vegetale risultante dagli scavi potrà essere utilizzata per il rivestimento delle scarpate se ordinato dalla Direzione dei Lavori mediante ordine di servizio.

E' categoricamente vietata la messa in opera di tale terra per la costituzione dei rilevati.

Circa i mezzi costipanti e l'uso di essi si fa riferimento a quanto specificato nei riguardi del costipamento dei rilevati.

Nei terreni in sito particolarmente sensibili all'azione delle acque, occorrerà tener conto dell'altezza di falda delle acque sotterranee e predisporre, per livelli di falda molto superficiali, opportuni drenaggi; questa lavorazione verrà compensata con i relativi prezzi di elenco.

Per terreni di natura torbosa o comunque ogni qualvolta la Direzione dei Lavori non ritenga le precedenti lavorazioni atte a costituire un idoneo piano di posa per i rilevati, la Direzione stessa ordinerà tutti quegli interventi che a suo giudizio saranno ritenuti adatti allo scopo, i quali saranno dall'Impresa eseguiti a misura in base ai prezzi di elenco.

Si precisa che quanto sopra vale per la preparazione dei piani di posa dei rilevati su terreni naturali. In caso di appoggio di nuovi a vecchi rilevati, per l'ampliamento degli stessi, la preparazione del piano di posa in corrispondenza delle scarpate esistenti sarà fatta procedendo alla gradonatura di esse mediante la formazione di gradoni di altezza non inferiore a cm 50, previa rimozione della cotica erbosa che potrà essere utilizzata per il rivestimento delle scarpate in quanto ordinato dalla Direzione dei Lavori con ordine di servizio, portando il sovrappiù a scarico a cura e spese dell'Impresa.

Anche il materiale di risulta proveniente dallo scavo dei gradoni al di sotto della cotica sarà accantonato se idoneo, e portato a rifiuto, se inutilizzabile.

Si farà luogo quindi al riempimento dei gradoni con il predetto materiale scavato ed accantonato, se idoneo, o con altro idoneo delle stesse caratteristiche richieste per i materiali dei rilevati con le stesse modalità per la posa in opera, compresa la compattazione.

Comunque la Direzione dei Lavori si riserva di controllare il comportamento globale dei piani di posa dei rilevati mediante la misurazione del modulo di compressione  $M_E$ , determinato con piastra da 30 cm di diametro (secondo la norma CNR B.U. 146/92). Il valore di  $M_E^1$  misurato in condizioni di umidità prossima a quella di costipamento, al primo ciclo di scarico e nell'intervallo compreso fra 0,05 e 0,15 MPa, non dovrà essere inferiore a 15 MPa.

### **8.3. FORMAZIONE DEI PIANI DI POSA DELLE FONDAZIONI STRADALI IN TRINCEA**

Anche nei tratti in trincea, dopo aver effettuato lo scavo del cassonetto si dovrà provvedere alla preparazione del piano di posa della sovrastruttura stradale, che verrà eseguita, a seconda della natura del terreno, in base alle seguenti lavorazioni:

- 1) quando il terreno appartiene ai gruppi  $A_1, A_2, A_3$  (classificata UNI 11531-1) si procederà alla compattazione dello strato di sottofondo che dovrà raggiungere in ogni caso una densità secca almeno del 95% della densità di riferimento, per uno spessore di cm 30 al di sotto del piano di cassonetto;
- 2) quando il terreno appartiene ai gruppi  $A_4, A_5, A_6, A_7, A_8$  (classificata UNI 11531-1) la Direzione dei Lavori potrà ordinare, a suo insindacabile giudizio, la sostituzione del terreno stesso con materiale arido per una profondità al di sotto del piano di cassonetto, che verrà stabilita secondo i casi, mediante apposito ordine di servizio dalla Direzione dei Lavori.

Per la preparazione del piano di posa si dovrà raggiungere una densità secca almeno del 98% di quella di riferimento per uno spessore di cm 30 al di sotto del piano di cassonetto.

Il comportamento globale dei cassonetti in trincea sarà controllato dalla Direzione dei Lavori mediante la misurazione del modulo di compressibilità  $M_E$  (secondo la norma CNR B.U. 146/92) il cui valore, misurato in condizioni di umidità prossima a quella di costipamento, al primo ciclo di carico e nell'intervallo di carico compreso fra 0,15 e 0,25 MPa, non dovrà essere inferiore a 50 MPa.

---

$^1M_E = f_o \cdot \Delta p / \Delta s \cdot D$  (in MPa)

Dove:

$f_o$  = fattore di forma della ripartizione del costipamento per le piastre circolari = 1;

$\Delta p$  = differenza tra i pesi riferiti ai singoli intervalli di carico MPa;

$D$  = diametro della piastra in mm;

$\Delta s$  = differenza dello spostamento in mm della piastra di carico, circolare, rigida, corrispondente a  $p$ .

$P$  = peso riferimento al carico trasmesso al suolo dalla piastra in MPa

#### **8.4. FORMAZIONE DEI RILEVATI**

- 1) I rilevati saranno eseguiti con le esatte forme e dimensioni indicate nei disegni di progetto, ma non dovranno superare la quota del piano di appoggio della fondazione stradale.
- 2) Nella formazione dei rilevati saranno innanzitutto impiegate le materie provenienti da scavi di sbancamento, di fondazione od in galleria appartenenti ad uno dei seguenti gruppi A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub>, A<sub>3</sub> della classifica UNI 11531-1, con l'avvertenza che l'ultimo strato del rilevato sottostante la fondazione stradale, per uno spessore non inferiore a m 2 costipato, dovrà essere costituito da terre dei gruppi A<sub>1</sub>, A<sub>2-4</sub>, A<sub>2-5</sub>, A<sub>3</sub> se reperibili negli scavi; altrimenti deciderà la Direzione dei Lavori se ordinare l'esecuzione di tale ultimo strato con materiale di altri gruppi provenienti dagli scavi o con materie dei predetti gruppi A<sub>1</sub>, A<sub>2-4</sub>, A<sub>2-5</sub>, A<sub>3</sub> da prelevarsi in cava di prestito. Per quanto riguarda le materie del gruppo A<sub>4</sub>, provenienti dagli scavi, la Direzione dei Lavori prima dell'impiego potrà ordinarne l'eventuale correzione.  
Per i materiali di scavo provenienti da tagli in roccia da portare in rilevato, se di natura ritenuta idonea dalla Direzione dei Lavori, dovrà provvedersi mediante riduzione ad elementi di pezzatura massima non superiore a cm 20. Tali elementi rocciosi dovranno essere distribuiti uniformemente nella massa del rilevato e non potranno essere impiegati per la formazione dello strato superiore del rilevato per uno spessore di cm 30 al di sotto del piano di posa della fondazione stradale.
- 3) Per quanto riguarda il materiale proveniente da scavi di sbancamento e di fondazione appartenenti ai gruppi A<sub>4</sub>, A<sub>5</sub>, A<sub>6</sub>, A<sub>7</sub> si esaminerà di volta in volta l'eventualità di portarlo a rifiuto ovvero di utilizzarlo previa idonea correzione.
- 4) I rilevati con materiali corretti potranno essere eseguiti dietro ordine della Direzione dei Lavori solo quando vi sia la possibilità di effettuare un tratto completo di rilevato ben definito delimitato tra due sezioni trasversali del corpo stradale.
- 5) Le materie di scavo, provenienti da tagli stradali o da qualsiasi altro lavoro che risultassero esuberanti o non idonee per la formazione dei rilievi o riempimento dei cavi, dovranno essere trasportate a rifiuto fuori della sede stradale, a debita distanza dai cigli, e sistemate convenientemente, restando a carico dell'Impresa ogni spesa, ivi compresa ogni indennità per occupazione delle aree di deposito ed il rilascio delle autorizzazioni necessarie da parte degli Enti preposti alla tutela del territorio.
- 6) Fintanto che non siano state esaurite per la formazione dei rilevati tutte le disponibilità dei materiali idonei provenienti dagli scavi di sbancamento, di fondazione od in galleria, le eventuali cave di prestito che l'Impresa volesse aprire, ad esempio per economia di trasporti, saranno a suo totale carico.  
L'Impresa non potrà quindi pretendere sovrapprezzi, né prezzi diversi da quelli stabiliti in elenco per la formazione di rilevati con utilizzazione di materie provenienti dagli scavi in trincea, opere d'arte ed annessi stradali, qualora, pure essendoci disponibilità ed idoneità di queste materie scavate, essa ritenesse di sua convenienza, per evitare rimaneggiamenti o trasporti a suo carico, di ricorrere, in tutto o in parte, a cave di prestito.
- 7) Qualora, una volta esauriti i materiali provenienti dagli scavi ritenuti idonei in base a quanto sopra detto, occorressero ulteriori quantitativi di materie per la formazione dei rilevati, l'Impresa potrà ricorrere al prelevamento di materie da cave di prestito, sempre che abbia preventivamente richiesto ed ottenuto l'autorizzazione da parte della Direzione dei Lavori.
- 8) E' fatto obbligo all'Impresa di indicare le cave, dalle quali essa intende prelevare i materiali costituenti i rilevati, alla Direzione dei Lavori che si riserva la facoltà di fare analizzare tali materiali dal Centro Sperimentale dell'A.N.A.S. di Cesano (Roma) o presso altri Laboratori ufficiali ma sempre a spese dell'Impresa.

Solo dopo che vi sarà l'assenso della Direzione dei Lavori per l'utilizzazione della cava, l'Impresa è autorizzata a sfruttare la cava per il prelievo dei materiali da portare in rilevato.

L'accettazione della cava da parte della Direzione dei Lavori non esime l'Impresa dall'assoggettarsi in ogni periodo di tempo all'esame delle materie che dovranno corrispondere sempre a quelle di prescrizione e pertanto, ove la cava in seguito non si dimostrasse capace di produrre materiale idoneo per una determinata lavorazione essa non potrà più essere coltivata.

- 9) Per quanto riguarda le cave di prestito l'Impresa è tenuta a corrispondere le relative indennità ai proprietari di tali cave e a provvedere a proprie spese al sicuro e facile deflusso delle acque che si raccogliessero nelle cave stesse, evitando nocivi ristagni e danni alle proprietà circostanti e sistemando convenientemente le relative scarpate, in osservanza anche di quanto è prescritto dall'art. 202 T.U. delle leggi sanitarie 27 luglio 1934, n. 1265 e dalle successive modifiche; dal T.U. delle leggi sulla bonifica dei terreni paludosi 30 dicembre 1923, n. 3267, successivamente assorbito dal testo delle norme sulla Bonifica Integrale, approvato con R.D. 13 febbraio 1933, n. 215 e successive modifiche.
- 10) Il materiale costituente il corpo del rilevato dovrà essere messo in opera a strati di uniforme spessore, non eccedente cm 50. Il rilevato per tutta la sua altezza dovrà presentare i requisiti di densità riferita alla densità massima secca AASHTO modificata non inferiore al 90% negli strati inferiori ed al 95% in quello superiore (ultimi 30 cm).  
Inoltre per tale ultimo strato, che costituirà il piano di posa della fondazione stradale, dovrà ottenersi un modulo di compressibilità  $M_E$ , definito dalla norma CNR B.U. 146/92, il cui valore, misurato in condizioni di umidità prossima a quella di costipamento, al primo ciclo di carico e nell'intervallo di carico compreso fra 0,15 e 0,25 MPa, non dovrà essere inferiore a 50 MPa.  
Ogni strato sarà costipato alla densità sopra specificata procedendo alla preventiva essiccazione del materiale se troppo umido, oppure al suo inaffiamento, se troppo secco, in modo da conseguire una umidità non diversa da quella ottima predeterminata in laboratorio, ma sempre inferiore al limite di ritiro.  
L'Impresa non potrà poi procedere alla stesa degli strati successivi senza la preventiva approvazione della Direzione dei Lavori.  
Ogni strato dovrà presentare una superficie superiore conforme alla sagoma dell'opera finita così da evitare ristagni di acqua e danneggiamenti.  
Non si potrà sospendere la costruzione del rilevato, qualunque sia la causa, senza che ad esso sia stata data una configurazione e senza che nell'ultimo strato sia stata raggiunta la densità prescritta.  
Le attrezzature di costipamento saranno lasciate alla libera scelta dell'Impresa ma dovranno comunque essere atte ad esercitare sul materiale, a seconda del tipo di esso, un genere di energia costipante tale da assicurare il raggiungimento delle densità prescritte e previste per ogni singola categoria di lavoro.  
Pur lasciando libera la scelta del mezzo di costipamento da usare, si prescrive per i terreni di rilevati riportabili ai gruppi  $A_1, A_2, A_3$  un costipamento a carico dinamico-sinusoidale e per terreni di rilevati riportabili ai gruppi  $A_4, A_5, A_6, A_7$  un costipamento mediante rulli a punte e carrelli pigiatori gommati.  
In particolare, in adiacenza dei manufatti, che di norma saranno costruiti prima della formazione dei rilevati, i materiali del rilevato dovranno essere del tipo  $A_1, A_2, A_3$  e costipati con energia dinamica di impatto. La Direzione dei Lavori si riserva comunque la facoltà di ordinare la stabilizzazione a cemento dei rilevati mediante mescolazione in sito del legante in ragione di 25÷50 kg per  $m^3$  di materiale compattato.  
Tale stabilizzazione dovrà, se ordinato, interessare un volume di rilevato la cui sezione, secondo l'asse stradale, può assimilarsi in un trapezio con base minore di m 2, base maggiore di m 15 ed altezza pari a quella del manufatto.
- 11) Il materiale dei rilevati potrà essere messo in opera durante i periodi le cui condizioni meteorologiche siano tali, a giudizio della Direzione dei Lavori, da non pregiudicare la buona riuscita del lavoro.

- 12) L'inclinazione da dare alle scarpate sarà quella di cui alle sezioni di norma allegate al progetto.
- 13) Man mano che si procede alla formazione dei rilevati, le relative scarpate saranno rivestite con materiale ricco di humus dello spessore non superiore a cm 30 proveniente o dalle operazioni di scoticamento del piano di posa dei rilevati stessi, o da cave di prestito, ed il rivestimento dovrà essere eseguito a cordoli orizzontali e da costiparsi con mezzi idonei in modo da assicurare una superficie regolare.  
Inoltre le scarpate saranno perfettamente configurate e regolarizzate procedendo altresì alla perfetta profilatura dei cigli.
- 14) Se nei rilevati avvenissero dei cedimenti dovuti a trascuratezza delle buone norme esecutive, l'Appaltatore sarà obbligato ad eseguire a sue spese i lavori di ricarico, rinnovando, ove occorre, anche la sovrastruttura stradale.
- 15) Qualora si dovessero costruire dei rilevati non stradali (argini di contenimento), i materiali provenienti da cave di prestito potranno essere solo dei tipi A<sub>6</sub>, A<sub>7</sub>. Restano ferme le precedenti disposizioni sulla compattazione.
- 16) In alcuni casi la D.L. potrà, al fine di migliorare la stabilità del corpo stradale, ordinare la fornitura e la posa in opera di teli "geotessili" in strisce contigue opportunamente sovrapposte nei bordi per almeno cm 40. Le caratteristiche di tale telo saranno conformi a quelle di cui al punto m) dell'art. "Qualità e provenienza dei materiali" tenendo presente che per tale caso particolare la resistenza a trazione del telo potrà arrivare ad un massimo di 1.200 N/5cm.

#### **8.5. SCAVI DI SBANCAMENTO**

Per scavi di sbancamento si intendono quelli occorrenti per l'apertura della sede stradale, piazzali ed opere accessorie, quali ad esempio: gli scavi per tratte stradali in trincea, per lavori di spianamento del terreno, per taglio delle scarpate delle trincee o dei rilevati, per formazione ed approfondimento di piani di posa dei rilevati, di cunette, cunettoni, fossi e canali, nonché quelli per impianto di opere d'arte praticati al di sopra del piano orizzontale passante per il punto più depresso del piano di campagna lungo il perimetro di scavo e lateralmente aperti almeno da una parte.

Questo piano sarà determinato con riferimento all'intera area di fondazione dell'opera. Ai fini di questa determinazione, la Direzione dei Lavori, per fondazioni di estensione notevole, si riserva la facoltà insindacabile di suddividere l'intera area in più parti.

L'esecuzione degli scavi di sbancamento può essere richiesta dalla Direzione dei Lavori anche a campioni di qualsiasi tratta senza che l'Impresa possa pretendere, per ciò, alcun compenso o maggiorazione del relativo prezzo di elenco.

#### **8.6. 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 riproducenti il perimetro della fondazione dell'opera.

Gli scavi occorrenti per la fondazione delle opere d'arte saranno spinti fino al piano che sarà stabilito dalla Direzione dei Lavori. Il piano di fondazione sarà perfettamente orizzontale e sagomato a gradini con leggera pendenza verso monte, per quelle opere che cadono sopra falde inclinate.

Anche nei casi di fondazioni su strati rocciosi questi ultimi debbono essere convenientemente spianati a gradino, come sopra.

Gli scavi comunque eseguiti di fondazione saranno considerati a pareti verticali e l'Impresa dovrà, all'occorrenza, sostenerli con convenienti sbadacchiature, compensate nel relativo prezzo dello scavo, restando a suo carico ogni danno alle persone, alle cose e all'opera, per smottamenti o franamenti del cavo. Nel caso di franamento dei cavi, è a carico dell'Impresa procedere al ripristino senza diritto a compensi.

Dovrà essere cura dell'Impresa eseguire le armature dei casseri di fondazione con la maggiore precisione, adoperando materiale di buona qualità e di ottime condizioni, di sezione adeguata agli sforzi cui verrà sottoposta l'armatura stessa ed adottare infine ogni precauzione ed accorgimento,

affinché l'armatura dei cavi riesca la più robusta e quindi la più resistente, sia nell'interesse della riuscita del lavoro sia per la sicurezza degli operai adibiti allo scavo.

L'Impresa è quindi l'unica responsabile dei danni che potessero avvenire alle persone ed ai lavori per deficienza od irrazionalità delle armature; è escluso in ogni caso l'uso delle mine. Gli scavi potranno, però, anche essere eseguiti con pareti a scarpa, ove l'Impresa lo ritenga di sua convenienza.

In questo caso non sarà compensato il maggior scavo oltre quello strettamente occorrente per la fondazione dell'opera e l'Impresa dovrà provvedere a sua cura e spese, al riempimento, con materiale adatto, dei vuoti rimasti intorno alla fondazione dell'opera. Sono considerati come scavi di fondazione subacquei soltanto quelli eseguiti a profondità maggiore di m 0.20 (centimetri venti) sotto il livello costante a cui si stabiliscono naturalmente le acque filtranti nei cavi di fondazione.

Ogni qualvolta si troverà acqua nei cavi di fondazione in misura superiore a quella suddetta, l'Appaltatore dovrà provvedere mediante pompe, canali fugatori, ture, o con qualsiasi mezzo che ravvisasse più opportuno o conveniente, ai necessari aggotamenti, che saranno compensati a parte ove non sia previsto il prezzo di elenco relativo a scavi subacquei.

In tale prezzo si intende contrattualmente compreso l'onere per l'Impresa dell'aggotamento dell'acqua durante la costruzione della fondazione in modo che questa avvenga all'asciutto. L'Impresa sarà tenuta ad evitare la raccolta dell'acqua proveniente dall'esterno nei cavi di fondazione; ove ciò si verificasse resterebbe a suo totale carico la spesa per i necessari aggotamenti.

Nella costruzione dei ponti è necessario che l'Impresa provveda, fin dall'inizio dei lavori, ad un adeguato impianto di pompaggio, che, opportunamente graduato nella potenza dei gruppi impiegati, dovrà servire all'esaurimento dell'acqua di filtrazione dell'alveo dei fiumi o canali.

Naturalmente tale impianto idrovoro, che converrà sia suddiviso in più gruppi per far fronte alle esigenze corrispondenti alle varie profondità di scavo, dovrà essere montato su apposita incastellatura che permetta lo spostamento dei gruppi, l'abbassamento dei tubi di aspirazione ed ogni altra manovra inerente al servizio di pompaggio. L'Impresa, per ogni cantiere, dovrà provvedere a sue spese al necessario allacciamento dell'impianto nonchè alla fornitura ed al trasporto sul lavoro dell'occorrente energia elettrica, sempre quando l'Impresa stessa non abbia la possibilità e convenienza di servirsi di altra forza motrice. L'impianto dovrà essere corredato, a norma delle vigenti disposizioni in materia di prevenzione degli infortuni, dei necessari dispositivi di sicurezza restando l'Amministrazione appaltante ed il proprio personale sollevati ed indenni da ogni responsabilità circa le conseguenze derivate dalle condizioni dell'impianto stesso.

Per gli scavi di fondazione si applicheranno le norme previste dal D.M. 11 marzo 1988 (S.O. alla G.U. n. 127 dell' 01.06.1988).

#### **8.7. PRECAUZIONI PER L'USO DELLE MINE**

Per le mine che occorressero all'esecuzione degli scavi, l'Appaltatore dovrà osservare tutte le prescrizioni delle leggi e dei regolamenti in vigore.

Oltre a ciò l'Appaltatore è in obbligo di prendere tutte le precauzioni speciali e necessarie per evitare alle persone ed alle cose in genere ogni danno, delle cui conseguenze egli è sempre ed in ogni caso responsabile.

Le mine che dovranno usarsi in vicinanza di strade o di luoghi abitati o di condutture aeree di ogni genere, debbono essere riparate con fascine o legnami, in modo da impedire che le materie lanciate a distanza abbiano a recare danno a qualsiasi specie.

Al momento dell'accensione i passanti debbono essere fermati ad una distanza conveniente, in relazione all'entità della mina, da guardiani muniti di bandiere e segnali rossi e prima dell'accensione deve essere dato ripetuto avviso acustico, attendendo per incominciare l'operazione che sia accertato che tutte le persone e gli operai si siano posti al sicuro.

**ART. 9.**  
**DRENI VERTICALI IN SABBIA**

**9.1. GENERALITA'**

Hanno la funzione di realizzare nel terreno percorsi preferenziali per il drenaggio delle acque ed accelerare i processi di consolidazione dei terreni argillosi saturi in corrispondenza dei rilevati. Eventuali proposte di variazione rispetto alle caratteristiche tipologiche prefissate, dovranno essere sottoposte alla preventiva approvazione della D.L..

Tali variazioni dovranno comunque essere tali da garantire la medesima capacità e funzionalità.

**9.2. DESCRIZIONE**

Esecuzione di colonne in ghiaia vibrocompattate con sistema "bottom feed a secco" tramite infissione, per spinta e vibrazione, di "vibroflot" a propulsione elettrica dotati di apposito canale per l'approvvigionamento diretto della ghiaia a fondo foro.

Dopo la fase di infissione dell'utensile fino alla profondità di progetto/rifiuto si procede, in risalita, alla compattazione della colonna per step. Il vibroflot è azionato da sonda operatrice dotata di torre guida per la spinta dell'utensile nel terreno.

**9.3. MODALITÀ ESECUTIVE**

**9.3.1. Caratteristiche della sabbia drenante**

Il materiale granulare utilizzato per il riempimento del foro dovrà essere conforme, per quanto concerne la composizione granulometrica, al fuso definito dal Progetto.

Qualora non definito espressamente, il fuso granulometrico di riferimento sarà il seguente:

APERTURA VAGLIO UNI (mm)	PASSANTE %	
	MIN.	MAX.
0.075	0	3
0.40	0	10
2.00	15	45
5.00	35	75
10.00	70	100

**9.3.2. Attrezzatura**

Sarà cura dell'Impresa comunicare, prima dell'inizio lavori, le caratteristiche delle attrezzature che la stessa intende utilizzare.

Oltre alla tecnica di vibroinfissione, sono ammesse attrezzature di perforazione nelle quali l'avanzamento dell'utensile e la disagregazione del terreno, che viene asportato dal foro, avvengono mediante l'energia dinamica dell'acqua, attrezzature di perforazione ad elica o attrezzature con caratteristiche diverse.

Le attrezzature dovranno garantire il raggiungimento delle profondità prescritte dal Progetto con il relativo diametro e permettere la realizzazione dei dreni senza rischi di interruzione della continuità del fusto in sabbia.

**9.3.3. Lavori preparatori**

Prima di procedere alla perforazione dei dreni, l'Impresa provvederà alla completa asportazione del terreno vegetale sull'area di lavoro, regolarizzando la superficie e coprendola con uno strato di materiale granulare pulito, dello spessore di 50-80 cm.

I punti di perforazione dei dreni saranno materializzati sul terreno mediante picchetti o evidenti punti di riferimento.

#### **9.3.4. Perforazione e riempimento dei fori**

La conduzione della perforazione sarà eseguita con modalità preventivamente comunicate alla D.L., tali da garantire profondità, diametro e continuità del foro, che non dovrà subire alcun collasso parziale o chiusura. Nel caso di impiego di tecniche con disaggregazione idraulica del terreno, il foro sarà sempre mantenuto pieno di acqua, per prevenire i danni conseguenti al mancato sostentamento delle pareti del foro mediante controspinta idrostatica. Non è ammesso l'uso di fluidi di perforazione diversi dall'acqua, priva di additivi se non perfettamente biodegradabili in 20÷40 ore.

Il riempimento dei fori con sabbia sarà eseguito dal basso a risalire, iniziando da fondo foro, mediante il convogliamento della sabbia con tubazioni che, nel caso di perforazione con elica, potranno essere rappresentate dallo spazio anulare cavo interno alle stesse eliche, da ritirare progressivamente con il procedere del riempimento.

A riempimento eseguito, lo scarto sommitale di materiale granulare inquinato dai materiali provenienti dalla perforazione dovrà essere asportato, condotto a discarica e sostituito con nuovo materiale drenante approvato, fino a realizzare un materasso drenante sommitale di spessore e caratteristiche conformi al progetto.

### **9.4. SISTEMAZIONE SUPERFICIALE**

#### **9.4.1. Descrizione**

Viene eseguita con o senza apporto di materiale

#### **9.4.2. Modalità esecutive**

La sistemazione delle aree superficiali dovrà essere effettuata con materiali selezionati appartenenti esclusivamente ai gruppi A1 ed A3, con spandimento a strati opportunamente compattato fino a raggiungere il 95% della massa volumica del secco massima ottenuta con energia AASHTO modificata, procedendo alla regolarizzazione delle pendenze secondo le indicazioni del progetto.

Il materiale appartenente al gruppo A3 dovrà presentare un coefficiente di uniformità (D60/D10) maggiore o uguale a 7.

## **ART. 10.**

### **UTILIZZO DI MATERIALE RICICLATO NEL SETTORE STRADALE**

L'utilizzo di materiale riciclato, destinato sia a opere definitive, sia a opere provvisorie, potrà avvenire, previa specifica approvazione della Direzione Lavori, nel rispetto della **CIRCOLARE 15 luglio 2005, n. 5205** - Indicazioni per l'operatività nel settore edile, stradale e ambientale, ai sensi del decreto ministeriale 8 maggio 2003, n. 203. (*pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale 171 del 25 luglio 2005*) e successive modifiche ed integrazioni.

Nell'ambito dei lavori eseguiti in autostrada sono ammessi materiali riciclati solamente per la realizzazione del corpo dei rilevati e per la realizzazione di strati accessori (materiali dei punti A.1 ad A.5. del paragrafo successivo).

#### **10.1. MATERIALE RICICLATO**

##### Definizione di materiale riciclato.

Materiale realizzato utilizzando rifiuti post-consumo da costruzione e demolizione.

Materiali riciclati ammissibili alla iscrizione nel Repertorio del riciclaggio.

Sono ascrivibili, a titolo di esempio e in maniera non esaustiva, nel Repertorio del riciclaggio:

- A. aggregato riciclato risultante dal trattamento di rifiuti inorganici post-consumo derivanti dalla demolizione e dalla manutenzione, anche parziale, di opere edili e infrastrutturali;
- B. conglomerato bituminoso riciclato confezionato con rifiuti post-consumo derivanti dalla scarifica della sovrastruttura stradale.



Limite in peso imposto dalla tecnologia.

La tecnologia impiegata per la produzione dell'aggregato riciclato non impone particolari limiti. Il limite massimo di rifiuti inerti è pertanto pari al 100%. Il limite minimo di rifiuti inerti negli aggregati riciclati è del 60%.

La tecnologia impiegata per la produzione del conglomerato bituminoso riciclato impone il limite minimo del 20% di rifiuto inerte da scarifica.

L'entità effettiva di rifiuti dovrà essere dichiarata nell'ambito della domanda compilata in base allo schema di cui all'allegato A per i conglomerati bituminosi e all'allegato B per gli aggregati riciclati, e della perizia giurata di cui all'art. 6, comma 2, lettera b) del decreto ministeriale 8 maggio 2003, n. 203.

Eventuali ed ulteriori parametri, potranno essere aggiunti in funzione dell'evoluzione delle tecnologie e delle conoscenze di settore disponibili.

Aggregato riciclato e categorie di prodotti.

Categorie di prodotti ammissibili alla iscrizione nel Repertorio del riciclaggio.

Sono indicati, a titolo di esempio e in maniera non esaustiva, i seguenti prodotti realizzati utilizzando rifiuti da costruzione e demolizione derivanti dal post-consumo, iscrivibili nel Repertorio del riciclaggio:

A.1 aggregato riciclato per la realizzazione del corpo dei rilevati di opere in terra dell'ingegneria civile, avente le caratteristiche riportate in allegato C1;

A.2 aggregato riciclato per la realizzazione di sottofondi stradali, ferroviari, aeroportuali e di piazzali civili e industriali, avente le caratteristiche riportate in allegato C2;

A.3 aggregato riciclato per la realizzazione di strati di fondazione delle infrastrutture di trasporto e di piazzali civili e industriali, avente le caratteristiche riportate in allegato C3;

A.4 aggregato riciclato per la realizzazione di recuperi ambientali, riempimenti e colmate, avente le caratteristiche riportate in allegato C4;

A.5 aggregato riciclato per la realizzazione di strati accessori (aventi funzione anticapillare, antigelo, drenante, etc.), avente le caratteristiche riportate in allegato C5;

A.6 aggregato riciclato conforme alla norma armonizzata UNI EN 12620:2004 per il confezionamento di calcestruzzi con classe di resistenza  $R_{ck} \leq 15 \text{ Mpa}$ , secondo le indicazioni della norma UNI 8520-2.

Nell'ambito dei lavori eseguiti in autostrada sono ammessi i materiali dei punti A.1 ad A.5.

## **10.2. METODOLOGIA DI CALCOLO.**

Nel settore edile, stradale e ambientale, il termine quantitativo per la definizione dell'obbligo di cui all'art. 3, comma 1 del decreto ministeriale 8 maggio 2003, n. 203, fa riferimento all'importo annuo destinato all'acquisto di aggregati riciclati rispondenti alle definizioni di cui ai punti A1-A6.

## **10.3. OBBLIGO.**

L'obbligo di copertura del trenta per cento del fabbisogno annuale di aggregati riciclati, di cui all'art. 3 del decreto ministeriale 8 maggio 2003, n. 203, si genera nel momento in cui i prodotti iscritti al repertorio del riciclaggio presentino contestualmente:

medesimo uso, ancorché con aspetto, caratteristiche o ciclo produttivo diversi, e prestazioni conformi all'utilizzo cui sono destinati rispetto a quelli realizzati a partire da materiali vergini.

## **10.4. ISCRIZIONE NEL REPERTORIO DEL RICICLAGGIO.**

Documentazione da produrre per l'iscrizione dei conglomerati bituminosi:

allegato A, debitamente compilato in base allo schema riservato ai materiali riciclati e accluso alla presente circolare.

- relazione tecnica - La domanda deve essere corredata da una relazione tecnica tesa a fornire informazioni relative al materiale di cui è richiesta l'iscrizione, con particolare riferimento

alla composizione, alle possibili applicazioni, alla conformità al test di cessione di cui all'allegato 3 al decreto ministeriale 5 febbraio 1998 ed altri dati tecnici;

- perizia giurata - La perizia giurata deve documentare la percentuale di rifiuti derivanti dal post-consumo presente nel materiale riciclato, sulla base di analisi di processo tramite dichiarazione di un soggetto certificatore professionalmente abilitato e/o da ente terzo notificato. Può essere presentata un'unica perizia comprendente anche più materiali riciclati da iscriversi al Repertorio del riciclaggio, a condizione che contenga le specifiche di ciascuno;
- altre informazioni utili - I soggetti interessati possono a loro discrezione corredare la richiesta di iscrizione con ulteriori informazioni utili a qualificare il materiale riciclato che intendono inserire nel Repertorio del riciclaggio (es: marchi di qualità, possibili applicazioni, alternative di utilizzo in luogo di analoghi materiali vergini, etc.).

Invio della domanda.

- La domanda in originale e copia fotostatica conforme, corredata di tutta la documentazione prevista ai punti precedenti, deve essere trasmessa con raccomandata a.r. all'Ufficio di gabinetto del Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio – Commissione tecnica, decreto ministeriale 9 ottobre 2003 - via Cristoforo Colombo, n. 44 - 00147 Roma.

Documentazione da produrre per l'iscrizione degli aggregati riciclati.

- Allegato B, debitamente compilato in base allo schema accluso alla presente circolare;
- relazione tecnica di progetto, contenente:
  - una descrizione dell'aggregato riciclato e della relativa destinazione d'uso;
  - la composizione dell'aggregato con dichiarazione del peso di rifiuti post-consumo da costruzione e demolizione impiegati per la realizzazione dell'aggregato;
  - le caratteristiche prestazionali e rispondenza agli standards di cui all'allegato C;
  - dichiarazione del rispetto del parametro di congruità del prezzo, di cui al punto 4 della presente circolare;
  - le norme nazionali e comunitarie, anche in tema di sicurezza, salute, qualità, cui e' soggetto il prodotto e certificazione delle medesime;
  - perizia giurata. La perizia giurata deve documentare la percentuale di rifiuti derivanti dal post-consumo presente nell'aggregato riciclato, sulla base di analisi di processo, tramite dichiarazione di un soggetto certificatore professionalmente abilitato e/o da ente terzo notificato.

Può essere presentata un'unica perizia comprendente anche più materiali riciclati da iscriversi al Repertorio del riciclaggio a condizione che contenga le specifiche di ciascuno.

Su richiesta della commissione, di cui al decreto del Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio 9 ottobre 2003, la relazione tecnica andrà integrata con una valutazione economica con indicazione dei costi del singolo prodotto, soprattutto in relazione alle differenze prestazionali tra l'aggregato riciclato e analogo prodotto realizzato con materiali vergini.

Altre informazioni utili.

- I soggetti interessati possono a loro discrezione corredare la richiesta di iscrizione con ulteriori informazioni utili a qualificare l'aggregato riciclato che intendono inserire nel Repertorio del riciclaggio (es: marchi di qualità, possibili applicazioni, alternative di utilizzo in luogo di analoghi materiali vergini, etc.).

Invio della domanda.

- La domanda in originale e copia fotostatica conforme, corredata di tutta la documentazione prevista ai punti precedenti, deve essere trasmessa con raccomandata a.r. all'Ufficio di Gabinetto del Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio – Commissione tecnica, decreto ministeriale 9 ottobre 2003 - via Cristoforo Colombo n. 44 - 00147 Roma.

## 10.5. CARATTERISTICHE E PRESTAZIONALI DEGLI AGGREGATI RICICLATI

### 10.5.1. Corpo dei rilevati

PARAMETRO	MODALITÀ DI PROVA	LIMITE
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 metalli ferrosi (caratterizzate secondo EN 13242).	Separazione visiva sul trattenuto al setaccio 8 mm (rif. UNIEN 13285:2004)	> 70% in massa
Vetro e scorie vetrose	Idem	15% in massa
Conglomerati bituminosi	Idem	25% in massa
Altri rifiuti minerali dei quali sia ammesso il recupero nel corpo stradale ai sensi della legislazione vigente	Idem	15% in totale e 5% per ciascuna tipologia
Materiali deperibili: carta, legno, fibre tessili, cellulosa, residui alimentari, sostanze organiche eccetto bitume; Materiali plastici cavi: corrugati, tubi o parti di bottiglie in plastica, etc.	Idem	0,1% in massa
Altri materiali (metalli, gesso [*], guaine, gomme, lana di roccia o di vetro, etc.)	Idem	0,6 % in massa
Passante al setaccio da 63 mm	UNI EN 933/1 [**]	85 - 100%
Passante al setaccio da 4 mm	UNI EN 933/1 [**]	60%
Passante al setaccio da 0,063 mm	UNI EN 933/1 [**]	15%
Equivalente in Sabbia	UNI EN 933/8	>20
Dimensione massima Dmax	UNI EN 933/1	= 125 mm
Ecocompatibilità	Test di cessione di cui all'All. 3 D.M. 5 febbraio 1998	Il materiale dovrà risultare conforme al test di cessione previsto dal D.M. 5 febbraio 1998

[\*] 11 gesso deve essere riconosciuto mediante l'osservazione del cromatismo, la valuta/ione della durezza, la presenza di effervescenza a contatto con gocce di soluzione costituita da una parte di HC1 e due parti di H2O..

[\*\*] La serie di setacci deve essere composta al minimo dai seguenti setacci delle serie ISO 3310-1, ISO 3310-2: aperture 63, 31,5, 16, 8, 4, 2, 0,5, 0,063 mm.

Nota 1: La preparazione del campione da sottoporre ad analisi granulometrica va eseguita, se necessario, in stufa ventilata a 50-60° (secondo UNI EN 1097/5).

Nota 2: I costituenti della frazione traile unta al setaccio da 63 mm devono essere compatti e privi di vuoti interni (blocchi di roccia, mattoni pieni, calcestruzzo scervo di armatura sporgente); non possono essere accettati mattoni forati, blocchi forati e simili, se non frantumati fino a risultare passanti al setaccio da 63 mm.

Nota 3 (Frequenza delle Prove); gli aggregati riciclati per miscele non legate e legate idraulicamente destinati a lavori stradali e altri lavori di ingegneria civile devono essere caratterizzati conformemente a quanto indicato nella Norma Armonizzata UNI BN 13242:2004. Al fine di prevenire disomogeneità dovute alla variabilità dei materiali costituenti il materiale va caratterizzato per lotti. Tali lotti possono rappresentare la produzione di un periodo di una settimana (frequenza minima allegato C UNI EN 13242:2004) e devono comunque avere dimensione massima pari a 3000 m3. Possono essere impiegati esclusivamente lotti precedentemente caratterizzati e tale caratterizzazione è da intendersi valida esclusivamente per il lotto cui si riferisce

### 10.5.2. Strati accessori aventi funzione antigelo, anticapillare, drenante, etc.

Possono essere costituiti da materiale riciclato se considerato idoneo allo scopo. Tale materiale le prescrizioni relative alla composizione valide per gli strati di sottofondo.

PARAMETRO	MODALITÀ DI PROVA	LIMITE
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 metalli ferrosi (caratterizzate secondo EN 13242).	Separazione visiva sul trattenuto al setaccio 8 mm	> 80% in massa
Vetro e scorie vetrose	Idem	≤ 10% in massa
Conglomerati bituminosi	Idem	≤ 15% in massa
Altri rifiuti minerali dei quali sia ammesso il recupero nei sottofondi stradali ai sensi della legislazione vigente	Idem	≤ 15% in totale e ≤ 5% per ciascuna tipologia
Materiali deperibili: carta, legno, fibre tessili, cellulosa, residui alimentari, sostanze organiche eccetto bitume; Materiali plastici cavi: corrugati, tubi o parti di bottiglie in plastica, etc.	Idem	≤ 0,1% in massa
Altri materiali (metalli, gesso**, guaine, gomme, lana di roccia o di vetro, etc.)	Idem	≤ 0,4 % in massa
Ecocompatibilità	Test di cessione di cui all'Al. 3 DM 05/02/1998	Il materiale dovrà risultare conforme al test di cessione previsto dal DM 5 febbraio 1998
<p><b>Nota (Frequenza delle Prove):</b> gli aggregati riciclati per miscele non legate e legate idraulicamente destinati a lavori stradali e altri lavori di ingegneria civile devono essere caratterizzati conformemente a quanto indicato nella Norma Armonizzata UNI EN 13242:2004. Al fine di prevenire disomogeneità dovute alla variabilità dei materiali costituenti il materiale va caratterizzato per lotti. Tali lotti possono rappresentare la produzione di un periodo di una settimana (frequenza minima allegato C UNI EN 13242:2004) e devono comunque avere dimensione massima pari a 3000 m<sup>3</sup>. Possono essere impiegati esclusivamente lotti precedentemente caratterizzati e tale caratterizzazione è da intendersi valida esclusivamente per il lotto cui si riferisce.</p>		

## ART. 11.

### STABILIZZAZIONE CON LEGANTI IDRAULICI (CALCE-CEMENTO)

#### 11.1. QUALITÀ E PROVENIENZA DEI MATERIALI

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

<https://www.normattiva.it/atto/caricaDettaglioAtto?atto.dataPubblicazioneGazzetta=1962-08-07&atto.codiceRedazionale=062U1063&tipoDettaglio=originario&qld=&tabID=0.28506754350409613&title=Atto%20originario&bloccoAggiornamentoBreadCrumb=true> In ogni caso i materiali, prima della posa in opera, dovranno essere riconosciuti idonei ed accettati dalla Direzione dei Lavori.

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

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

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

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

##### 11.1.1. Terre

Il trattamento a mezzo di calce è previsto per i terreni limosi e/o argillosi, altrimenti non utilizzabili, che dovranno avere le seguenti caratteristiche:

Granulometria (vedi fuso granulometrico riportato nella norma CNR B.U. n.36)

Indice di plasticità > 10

Sostanze organiche < 2% (\*)

Solfati totali (solfati e solfuri) < 0.25% (\*\*)

Nitrati < 0.1%

Contenuto d'acqua  $W_n \leq 1.3 W_{opt}$  (standard)

Saranno ammesse granulometrie diverse da quelle interamente comprese nel fuso e un valore minore della plasticità a condizione che si dimostri l'idoneità della terra ad essere trattata, attraverso lo studio delle miscele di laboratorio e un campo prova preventivamente approvato dal Committente. In ogni caso l'indice di plasticità dovrà essere  $Ip > 5$ .

La terra da stabilizzare dovrà essere libera di vegetazione e di qualsiasi altro materiale estraneo.

Nota: (\*) Questo valore può essere superato fino al valore del 4% purché sia dimostrato il raggiungimento dei requisiti di resistenza, deformabilità e durabilità richiesti.

Nota: (\*\*) I terreni con contenuto di solfati totali > 1% non sono idonei al trattamento a calce; le terre con un contenuto di solfati totali compreso tra 1% e 0.25 % potrebbero, in casi eccezionali essere accettati, e comunque dopo uno specifico studio di laboratorio. Il Committente sulla base dello studio effettuato deciderà l'idoneità o meno della terra.

### 11.1.2. Acqua

L'acqua eventualmente utilizzata per conferire agli impasti terra-calce-cemento tenore di umidità ottima di costipamento e per mantenere questo tenore durante l'eventuale periodo di maturazione degli strati compattati deve essere dolce, limpida, esente da impurità dannose (oli, acidi, alcali, cloruri, solfati, materie organiche) e da qualsiasi altra sostanza nociva alle reazioni terra-calce-cemento.

La sua provenienza deve essere definita e controllata prima e durante l'utilizzazione affinché sia verificata nel tempo la rispondenza alla Norma UNI 8981/7 secondo quanto disposto dalla norma UNI 9858.

### 11.1.3. 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 rispondere 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).

### 11.1.4. Calci aeree

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 compor-tamento pozzolanico», R.D. 16 novembre 1939, n. 2230.

I tipi di calce da impiegare sono:

a) calce aerea idrata in polvere sfusa o in sacchi;

b) calce aerea viva macinata sfusa o in sacchi.

L'impiego della calce viva macinata, per il suo effetto essiccante, è preferibile nei casi nei quali i valori di umidità sono sensibilmente più elevati del valore ottimo per il costipamento.

Per la calce idrata e/o viva confezionata in sacchi è preferibile l'uso nei cantieri dove l'intervento complessivo del trattamento interessi una superficie inferiore a 2000 m<sup>2</sup> o un volume di terra da trattare inferiore a 1000 m<sup>3</sup>.

Entrambi i tipi dovranno rispondere ai requisiti di accettazione indicati nel R.D. 2231 del 16 novembre 1939 ed inoltre dovranno avere le seguenti caratteristiche.

Tabella 9.1 - Caratteristiche Chimiche

<b>Requisito</b>	<b>Calce Viva</b>	<b>Calce Idrata</b>
Co <sub>2</sub>	≤ 5%	-
Titolo in ossidi liberi (CaO+MgO)	≥ 84%	-

<i>Tenore in MgO</i>	$\leq 10\%$	$\leq 8\%$
<i>Titolo in idrati totali <math>\text{Ca(OH)}_2</math></i>	-	$> 85\%$
<i><math>\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{SO}_3</math></i>	$\leq 5\%$	$\leq 5\%$
<i>Umidità</i>	-	$\leq 2\%$
<i>Acqua legata chimicamente</i>	$\leq 2\%$	
<i>Reattività all'acqua</i>	$> 60^\circ$ entro 25'	

Tabella 9.2 - Caratteristiche granulometriche

	<b>Calce Viva</b>	<b>Calce Idrata</b>
<i>Passante al setaccio 2 mm</i>	100%	100%
<i>Passante al setaccio 0.2 mm</i>	$\geq 90\%$	-
<i>Passante al setaccio 0.075 mm</i>	$\geq 50\%$	$\geq 90\%$

## 11.2. MODALITÀ DI ESECUZIONE E PRESCRIZIONI

### 11.2.1. Fasi esecutive

1. scotico e allontanamento del terreno superficiale contenente sostanze organiche per la profondità di circa 40 cm;
2. preparazione del terreno da trattare: sbancamento per una profondità di circa 50 cm e trasporto del materiale in impianto per il trattamento con leganti ovvero stoccaggio provvisorio del terreno nell'area di cantiere;
3. dosaggio e spandimento della calce e del cemento in sito: trattamento binario in sito, mediante macchina stabilizzatrice, con il 3% di  $\text{Ca(OH)}_2$  o in alternativa CaO, e successivamente con il 3% di *cemento*, per una profondità di circa 50 cm;
4. riporto del terreno stabilizzato in impianto e trattato con il 3% di *calce* e successivamente con il 3% di *cemento* ovvero riporto del terreno in stoccaggio provvisorio nell'area di cantiere e successiva stabilizzazione binaria in sito con le modalità di cui al p.to precedente;
5. compattazione e finitura degli strati.

#### 11.2.1.1. Scotico del terreno

La realizzazione del piano di posa dovrà essere preceduta dall'esecuzione dello scavo per l'asportazione del primo strato di terreno vegetale e comunque per uno spessore non inferiore a circa 50 cm, al fine di eliminare la vegetazione e la terra più ricca di humus; può inoltre essere necessario scarificare la terra, al fine di dissodarla e predisporla al trattamento, e togliere gli elementi lapidei di dimensioni eccessive.

Si procederà poi alla determinazione dell'umidità naturale della terra da trattare e, a seconda del valore trovato, la si erpicherà e la si arieggerà per favorire l'evaporazione dell'acqua, quando essa sia in forte eccesso rispetto al valore ottimale della miscela di progetto.

#### 11.2.1.2. Preparazione del terreno

### IN SITU

Consiste nella frantumazione e nello sminuzzamento delle zolle da utilizzare, fino alla riduzione di eventuali grumi di terreno limo-argillosi tali che il 100% passi attraverso un setaccio da 40 mm.

Qualora il terreno da trattare sia troppo secco, dovrà essere umidificato aggiungendo un'opportuna quantità di acqua. La quantità d'acqua utilizzata dovrà essere controllata da opportuni dispositivi.

Affinché l'umidificazione interessi in modo omogeneo tutto lo strato di terreno da trattare, tale operazione dovrà essere effettuata prima di ultimare la frantumazione del terreno.

Al termine di tale operazione dovrà essere misurato, in più siti e a diverse profondità, il contenuto d'acqua del terreno.

## **IN IMPIANTO**

Quando la terra viene miscelata in un sito diverso da quello di realizzazione dell'opera, si dovranno eseguire comunque tutte le operazioni previste per il precedente punto e per i successivi relativi allo spandimento ed alla miscelazione. Le terre miscelate dovranno essere trasportate nel luogo dell'impiego immediatamente dopo la miscelazione, in contenitori coperti per evitare eccessivi essiccamenti o per essere protetti da eventuali piogge. La messa in opera del materiale miscelato dovrà avvenire immediatamente dopo la miscelazione e comunque non oltre i 30 minuti successivi. La quantità di terreno da trattare a calce non dovrà essere superiore a quella che potrà essere impiegata nella giornata stessa.

### **11.2.1.3.      Posa in opera di miscele lavorate in sito: dosaggio, spandimento della calce e relativo controllo**

In cantiere il dosaggio è riferito al metro quadrato di suolo da trattare; per ottenere il dosaggio in kg/m<sup>2</sup>, a partire dal dosaggio in percentuale stabilito in laboratorio con riferimento al suolo secco, sarà necessario conoscere la densità secca in sito del suolo e la profondità dello strato dopo trattamento e costipazione.

## **APPROVVIGIONAMENTO E STOCCAGGIO DELLA CALCE**

La calce dovrà essere consegnata con autobotti dotate di scarico pneumatico e stoccata in appositi sili dotati di filtro per la captazione della polvere all'atto del loro caricamento. Sarà opportuno avere in cantiere una riserva minima di calce e di cemento pari ad almeno due giorni lavorativi; si evita il rischio di dover interrompere le lavorazioni per difficoltà di approvvigionamento del reattivo. Pertanto per la calce sfusa lo stoccaggio dovrà avvenire almeno in 2 sili distinti, ciascuno di capacità corrispondente ad una giornata di lavoro. Il tempo di stoccaggio in cantiere non dovrà superare i 5 giorni.

La calce in sacchi dovrà essere conservata al coperto, al riparo di umidità, pioggia e ristagni d'acqua, su idonee pedane che la separino dal terreno o su superfici asciutte (cls o asfalto).

## **SPANDIMENTO DELLA CALCE**

Il quantitativo di calce da utilizzare non dovrà essere inferiore a quello ottimale risultante dallo studio delle miscele sperimentali e dei risultati del campo prova (3%), comunque dovrà essere approvato dal Committente.

## **SPANDIMENTO DI CALCE SFUSA**

La stesa della calce dovrà essere effettuata mediante uno spanditore a dosaggio volumetrico regolato in funzione della velocità di avanzamento e dotato di un dispositivo ponderale che regoli il dosatore volumetrico con una certa rapidità e precisione. È preferibile l'utilizzo di spanditori a dosaggio volumetrico che producano un diagramma dello spandimento.

Essi dovranno essere dotati di attrezzature che evitino la dispersione della calce. Pertanto tutti i mezzi utilizzati per la stesa dovranno essere dotati di gonne flessibili a bande.

Lo spandimento della calce dovrà interessare una superficie non superiore a quella che potrà essere utilizzata nella stessa giornata lavorativa.

L'Appaltatore dovrà eseguire, in caso di spandimento di calce sfusa, all'inizio della giornata lavorativa, la taratura delle macchine spanditrici; questa verrà effettuata facendo transitare la macchina sopra una superficie sulla quale sono posati teli (o contenitori) di dimensioni note e pesando la quantità di calce che viene raccolta da ciascun telo (o contenitore) al fine di tarare l'apertura dei dosatori e la velocità di avanzamento della macchina rispetto al dosaggio prescritto per uno spandimento omogeneo in senso longitudinale e trasversale.

## **SPANDIMENTO DI CALCE IN SACCHI**

La stesa della calce in polvere potrà essere effettuata approvvigionando la calce insaccata e distribuendo in modo idoneo i sacchi sulla superficie da trattare.

La dislocazione dei sacchi sulla superficie da trattare dovrà essere realizzata in modo tale da ottenere una distribuzione unitaria della calce pari a quella del progetto.

La corretta distribuzione dei sacchi dovrà essere calcolata secondo le seguenti formule:

$$X = \gamma_d \times p \times s / 100 \quad [\text{kg/m}^2]$$

$$n = \frac{X \cdot L}{P} \quad [\text{numero di sacchi/m}]$$

$$l = \frac{L}{n} \quad [\text{m}]$$

Dove

$\gamma_d$	=	massa volumica del secco del terreno costituente lo strato, al momento della stabilizzazione ( $\text{kg}/\text{m}^3$ );
$p$	=	percentuale di calce da aggiungere nella miscela;
$s$	=	spessore dello strato trattato dalla miscelatrice (m);
$X$	=	quantità di calce da distribuire su un metro quadrato dello strato di miscela costipata di spessore $s$ ;
$L$	=	larghezza della striscia da stabilizzare (m);
$p$	=	peso della calce contenuta in un sacco (kg);
$n$	=	numero di sacchi da distribuire per ogni metro lineare di tracciato di larghezza $L$ da trattare;
$I$	=	interasse cui porre i sacchi di calce di peso $P$ .

Successivamente alla loro distribuzione i contenitori di calce dovranno essere tagliati e svuotati formando sul posto tanti mucchi che dovranno essere immediatamente livellati mediante rastrelli a mano o con adatti sistemi meccanizzati che non sollevino polvere e che comunque garantiscano l'omogeneità dello spandimento.

Lo spandimento della calce dovrà interessare la sola superficie lavorata nel giorno stesso.

#### 11.2.1.4. Miscelazione della calce con il terreno

La polverizzazione e miscelazione termineranno quando tutte le zolle saranno passate attraverso crivelli a maglia quadrata da mm 20.

Il miscelatore utilizzato dovrà essere del tipo a rotore e potrà essere semovente o trainato e permettere di lavorare strati di profondità almeno di cm 50.

Le modalità di miscelazione dovranno determinare il numero minimo di passaggi effettuati ad una determinata velocità di avanzamento che permetta di raggiungere una distribuzione uniforme sia della calce che del cemento.

La qualità della miscelazione dovrà essere controllata oltre che visivamente, verificando l'omogeneità del colore della miscela e l'assenza di strisce di calce non amalgamate nel terreno, anche mediante la misura dei diametri dei grumi di materiale fino e facendo ricorso ad opportuni indicatori (fenoftaleina).

Le modalità operative indicate e le macchine impiegate comporteranno la creazione di giunti trasversali e longitudinali. I giunti longitudinali ottenuti dalla lavorazione di strisce contigue devono risultare sovrapposti per almeno 15 cm; inoltre nella stessa giornata lavorativa devono essere completati tratti di tracciato per tutta la loro larghezza prevista dal progetto.

Nei giunti di lavoro trasversali, perpendicolari all'asse del tracciato, la miscela già costipata va ripresa in tutte quelle zone nelle quali il contenuto di calce, lo spessore, o il grado di compattazione risultino inadeguati e/o disomogenei.

Le riprese dovranno essere eseguite all'inizio della successiva giornata lavorativa, nello strato indurito, in modo da presentare superficie verticale, per evitare la possibilità che si manifestino successive fessurazioni.

Nel caso di trattamento su più strati i giunti longitudinali e trasversali dovranno essere opportunamente sfalsati ed inoltre è necessario che lo strato superiore venga miscelato con uno spessore tale da garantire un ammorsamento di qualche cm nello strato sottostante.

#### 11.2.1.5. Stesa del cemento

Trascorse almeno 24 ore si procede alla stabilizzazione a *cemento* per uno spessore medio di cm 40 (50) dei materiali precedentemente stabilizzati a *calce*, consistente nella scarifica, polverizzazione e miscelazione del terreno in sito con macchina stabilizzatrice a *cemento* (ad es. WR2500S).

La stesa di *cemento* nella quantità pari al 3% sul peso a secco del terreno da legare deve avvenire con idoneo spanditore di legante con sistema di proporzionamento. La procedura terminerà quando il legante sarà intimamente mescolato con il terreno.

#### 11.2.1.6. Miscelazione del cemento con il terreno

Le modalità di miscelazione del cemento saranno analoghe a quelle riportate per la miscelazione della calce.

#### 11.2.1.7. Compattazione e finitura

L'impasto sarà livellato con l'impiego di apposita macchina livellatrice.

Le operazioni di compattazione potranno essere iniziate solo quando il contenuto d'acqua della miscela sia compreso in un intervallo tra  $W_{opt} \pm 2\%$ ; il Laboratorio perciò verifica l'effettiva umidità dopo la completa idratazione della calce viva.



Se l'umidità è in difetto è necessario aggiungere acqua fino a raggiungere l'umidità ottima; allo scopo si utilizza un'autobotte dotata di un adeguato sistema di spruzzo. Dopo l'aggiunta si effettuano ulteriori passaggi con il pulvimixer per distribuire omogeneamente l'acqua in tutto lo strato lavorato.

Le caratteristiche geotecniche della miscela terra-calce-cemento orientano la scelta dei rulli e ne condizionano le modalità d'impiego.

La compattazione sarà effettuata con l'azione di rullo di tipo adeguato al terreno (rulli a piè di montone sullo strato stabilizzato a *calce*, liscio o gommato sullo strato a *cemento*).

La finitura superficiale degli strati dovrà avvenire con l'impiego di macchine livellatrici e non con l'apporto di nuovo materiale. Utilizzando un graeder, lo strato lavorato deve essere livellato affinché con il successivo costipamento si ottenga una superficie piana e uno spessore uniforme.

Poiché la resistenza e la stabilità dimensionale di una terra stabilizzata dipende anche da un accurato periodo di maturazione dopo la rullatura finale, durante il quale l'umidità ottima di compattazione deve restare il più possibile costante, immediatamente dopo il completamento dell'ultimo strato costipato e sagomato si stenderà o uno strato di 3-4 centimetri di sabbia bagnata (da asportare alla fine del periodo di maturazione) o un velo protettivo di bitume liquido BL 350-700 (B.U. CNR n. 7) in ragione di 1 kg/m<sup>2</sup> o di emulsione bituminosa a lenta rottura del tipo EL 55 (B.U. CNR n. 3) in ragione di 1.8 kg/m<sup>2</sup>. La durata del periodo di maturazione, solitamente fino a sette giorni, sarà indicata dalla Direzione Lavori, anche in relazione alle esigenze di cantiere e al tipo di traffico previsto transitare sullo strato finito.

In ogni caso, a seguito di eventuali interruzioni delle lavorazioni, le modalità di ripresa, (per es. determinazione dello spessore dello strato da rimuovere etc.) dovranno essere sempre autorizzate dal Committente.

**11.2.1.8.        Posa in opera di miscele preparate in centrale: dosaggio, spandimento della calce e relativo controllo**

Rispetto alla miscelazione in sito, le operazioni variano per le modalità di stesa della miscela che sarà eseguita con finitrice o livellatrice, o altro sistema accettato e approvato espressamente dalla Direzione Lavori per lo spessore richiesto dal progetto.

Per quanto riguarda l'asportazione preliminare dello strato di terra vegetale, le caratteristiche granulometriche della miscela e le operazioni successive alla stesa di questa valgono le disposizioni indicate per le lavorazioni in sito.

### **11.3.        ACCORGIMENTI ESECUTIVI**

Il trattamento a calce del terreno non dovrà essere effettuato in caso di temperature inferiori a 5°C, in presenza di vento forte, che sollevi la calce stesa, e nel caso in cui ci sia presenza di acqua o venute di acqua sul piano dove viene steso il terreno da trattare.

Nel caso di gelo e pioggia e terreno saturo si prescrive quanto segue:

#### **11.3.1.        Gelo**

Se, mentre i lavori sono in corso, si manifestasse anticipatamente un periodo di gelo, occorrerà, per evitare danni, procedere come riportato di seguito:

1) Ricompattare lo strato stabilizzato con calce il giorno dopo quello in cui il gelo si è manifestato e possibilmente anche il giorno seguente, specie se dovesse ancora gelare la notte. L'esperienza ha dimostrato che fenomeni di gelo intermittente non fanno subire danni alla costruzione di basi. In generale quella che si verifica è una fessurazione superficiale della profondità di 2.5 cm.

2) Applicare il più presto possibile uno strato di emulsione bituminosa. Nel caso di basse temperature, è desiderabile ridurre il periodo di maturazione a 3 giorni o anche meno. Bisognerà però che qualunque traffico sia assolutamente proibito per vari giorni onde consentire alla miscela di raggiungere una certa resistenza.

3) Dopo il periodo di interruzione invernale, i tratti che fossero stati danneggiati, possono essere rilavorati e ricompattati, ciò in quanto la calce risulterà ancora attiva e libera, e seguirà a reagire con l'argilla, a mano a mano che la temperatura ambientale si riscalderebbe. Nella rilavorazione sarà opportuno raggiungere l'1% di calce per compensare i fenomeni di carbonatazione avutisi durante il periodo invernale.

#### **11.3.2.        Limitati danni della pioggia**

Le stabilizzazioni con calce, pur essendo necessario un lungo periodo per l'indurimento delle miscele, consentono possibilità di rilavorazione e di ripresa. I danni provocati dalla pioggia sono veramente da minimizzare. Durante le ore di pioggia leggera, i lavori di spandimento della calce, di muscolazione e di compattazione possono essere continuati. Difatti la pioggia leggera riduce la necessità di spandimento di acqua durante la compattazione. Anche in caso di pioggia rilevante non vi sono possibilità di forti danni dopo lo spandimento della calce, a meno che notevoli pendenze non producano erosioni negli strati in corso di stabilizzazione. La compattazione di strati con calce può dirsi che impermeabilizzi lo strato stesso tanto che esso si comporterà sotto la pioggia come una strada pavimentata. Nel caso di fortissime piogge, non vi sarà che

da aspettare al massimo uno o due giorni in più prima di applicare lo strato di pavimentazione o di base (trattasi di lavori di costruzione di sottobasi).

### **11.3.3. Saturazione del terreno**

Nel caso il terreno sia saturo fino al piano di campagna, prima di procedere al trattamento con calce del piano di posa del rilevato, si dovrà obbligatoriamente provvedere ad abbassare il livello d'acqua e a mantenerlo tale per un tempo, approvato dal Committente, sufficiente a non inficiare l'esito del trattamento.

## **11.4. PROVE DEI MATERIALI**

### **11.4.1. Certificato di qualità**

L'Appaltatore, per poter essere autorizzato ad impiegare i vari tipi di materiali (conglomerati bituminosi, terre, calci, ecc...) prescritti dalle presenti Norme Tecniche, dovrà esibire, prima dell'impiego, al Direttore dei Lavori, per ogni categoria di lavoro, i relativi «Certificati di qualità» rilasciati da un Laboratorio ufficiale.

Tali certificati dovranno contenere tutti i dati relativi alla provenienza e alla individuazione dei singoli materiali o loro composizione, agli impianti o luoghi di produzione, nonché i dati risultanti dalle prove di laboratorio atte ad accertare i valori caratteristici richiesti per le varie categorie di lavoro o di fornitura in un rapporto a dosaggi e composizioni proposte.

I certificati che dovranno essere esibiti tanto se i materiali sono prodotti direttamente, quanto se prelevati da impianti, da cave, da stabilimenti anche se gestiti da terzi, avranno una validità biennale. I certificati dovranno comunque essere rinnovati ogni qualvolta risultino incompleti o si verifichi una variazione delle caratteristiche dei materiali, delle miscele o degli impianti di produzione.

### **11.4.2. Accertamenti preventivi**

Prima dell'inizio dei lavori comportanti l'impiego di materiali in quantità superiori a:

500 m<sup>3</sup> per i conglomerati cementizi;

50 t per i cementi e le calci.

Il Direttore dei Lavori, presa visione dei certificati di qualità presentati dall'Impresa, disporrà, se necessario (e a suo insindacabile giudizio) ulteriori prove di controllo di laboratorio a spese dell'Appaltatore.

Se i risultati di tali accertamenti fossero difformi rispetto a quelli dei certificati, si darà luogo alle necessarie variazioni qualitative e quantitative dei singoli componenti, ed all'emissione di un nuovo certificato di qualità.

Per tutti i ritardi nell'inizio dei lavori derivanti dalle difformità sopra accennate e che comportino una protrazione del tempo utile contrattuale sarà applicata la penale prevista nell'Art. «Tempo utile per dare compiuti i lavori - penalità in caso di ritardo» delle Norme Generali.

### **11.4.3. Metodologia delle prove di controllo in fase esecutiva**

L'Appaltatore dovrà predisporre, prima dell'inizio dei lavori un accurato programma temporale delle attività e il piano delle prove e delle verifiche da eseguire sia in corso lavori sia finali.

I controlli e le prove da effettuare in corso d'opera dovranno essere riportate in un apposito Piano di Controllo Qualità (PCQ), che dovrà essere preventivamente approvato dal Committente.

Il PCQ, corredato dalla documentazione relativa ai controlli e alle prove sotto elencati farà parte del Dossier Qualità dell'opera.

L'impresa sarà obbligata a prestarsi in ogni tempo e di norma periodicamente per le forniture di materiali di impiego continuo, alle prove ed esami dei materiali impiegati e da impiegare, sottostando a tutte le spese di prelevamento e di invio dei campioni ai Laboratori ufficiali indicati dalla Stazione appaltante.

I campioni verranno prelevati in contraddittorio.

Degli stessi potrà essere ordinata la conservazione in luoghi stabiliti dal Direttore dei Lavori previa apposizione di sigilli e firme del Direttore dei Lavori e dell'Impresa e nei modi più adatti a garantirne l'autenticità e la conservazione.

I risultati ottenuti saranno i soli riconosciuti validi dalle due parti; ad essi si farà esclusivo riferimento a tutti gli effetti delle presenti Norme Tecniche.

### **11.4.4. Controlli in corso d'opera sui materiali**

#### **11.4.4.1. Calce e cemento**

La calce ed il cemento dovranno provenire da fornitori qualificati ed approvati dal Committente. Le caratteristiche della calce e del cemento, riportate in precedenza, dovranno essere certificate dal produttore ogni 1200 kg di prodotto consegnato.

Inoltre la granulometria, la reattività all'acqua, il contenuto d'acqua, il contenuto in CO<sub>2</sub> combinata e il titolo in idrati totali per la calce idrata, dovranno essere eseguite in cantiere con la frequenza giornaliera.

#### **11.4.4.2. Terre e miscele**

Sul terreno da trattare dovrà essere prelevato 1 campione ogni 1000 m<sup>3</sup>; per ciascun campione prelevato si dovrà verificare che i valori ottenuti siano congruenti con quelli dello studio e che rispettino i limiti.

Sulla miscela dovrà essere effettuata una prova CBR ogni 3000 m<sup>2</sup>.

I risultati delle prove dovranno essere riportati in una relazione tecnica, che attesti l'idoneità del terreno al trattamento.

La relazione dovrà essere approvata dal Committente e farà parte del Dossier Qualità dell'opera.

#### **11.4.4.3. Umidità del terreno**

Per ogni giorno di lavorazione e per ogni tratto omogeneo di terreno da utilizzare l'Appaltatore è tenuto a rilevare, prima della miscelazione con la calce, il contenuto d'acqua del terreno da trattare al momento della posa e della compattazione, in entrambi i casi con una frequenza di 1 misura ogni 1000 m<sup>2</sup> di terreno steso. L'Appaltatore è tenuto ad adottare gli eventuali accorgimenti affinché sia verificata la corrispondenza tra la miscela di progetto ed il contenuto d'acqua.

#### **11.4.4.4. Fasi operative**

Il controllo della taratura della spanditrice dovrà essere effettuato per ogni variazione di percentuale di calce da utilizzare e ad ogni inizio di lavorazione. Durante la lavorazione dovranno comunque essere effettuate le verifiche sulla qualità e omogeneità dello spandimento della calce almeno ogni 2000 m<sup>2</sup> di terreno trattato secondo le modalità indicate in precedenza.

Nel caso di utilizzo di spanditrici che producano un diagramma dello spandimento, il controllo dovrà essere effettuato solo durante la fase di taratura della macchina.

Dopo la fase di miscelazione dovrà essere verificato che la componente limo-argillosa passi interamente al setaccio da 20 mm. Il controllo dovrà essere effettuato con una frequenza di 1/2000 m<sup>2</sup>.

### **11.4.5. Controlli sul prodotto finale**

#### **11.4.5.1. Verifica del grado di compattazione**

E' prescritta una misura di densità in sito secondo B.U. CNR n. 22 ogni 1000 m<sup>2</sup> di strato compattato e comunque almeno due misure per ogni giornata lavorata, rilevando un valore uguale o superiore al 92% della densità massima Proctor modificata ottenuta per la stessa miscela del sito compattata in laboratorio secondo AASHTO Mod.T180; le densità in sito e in laboratorio saranno determinate durante la stessa giornata lavorativa.

#### **11.4.5.2. Verifica della resistenza alle sollecitazioni meccaniche e ai rigonfiamenti in acqua**

Dovranno essere forniti i risultati seguenti relativamente alle prove CBR, determinate con coppie di provini secondo CNR-UNI n. 10009, compattati secondo AASHTO Mod T180 e tenuti a maturare in aria per tre giorni a 20±1°C e U.R. > 95% e poi in acqua per quattro giorni a 20±1°C. I valori medi dell'indice CBR e di rigonfiamento dei due provini dovranno essere:

CBR	> 50
Rigonfiamento	< 0.5%

Dovranno essere forniti i risultati seguenti relativamente alle prove di compressione e di trazione: è prescritto il prelievo di un campione di miscela sciolta dal sito per ogni 1000 m<sup>2</sup> di strato compattato, e comunque uno per ogni giornata lavorata, e la preparazione di tre provini in stampi apribili secondo B.U. CNR n. 29, compattati secondo AASHTO Mod.180, e maturati a 20±1°C e con U.R. > 95%; i valori di Rc e Rt ottenuti saranno mediati tra loro per ottenere il risultato di prova.

	Rc			Rt	
a 7 giorni di maturazione	Rc(7)	> 1.0 MPa		Rt(7)	>0.10 MPa
a 28 giorni di maturazione	Rc(28)	> 1.5 MPa		Rt(28)	>0.15 MPa

Quando la Direzione Lavori lo riterrà opportuno si verificherà la resistenza meccanica anche attraverso la misurazione del modulo di deformazione Md, determinato con piastra da 300 mm di diametro (B.U. CNR n. 146 del 14.12.1992 - Norme svizzere VSS-SNV 670317).

I valori accettabili sono quelli indicati al successivo paragrafo.

#### **11.4.5.3. Determinazione del modulo di deformazione**

Se richiesto dalla Direzione Lavori, con frequenza di una prova ogni 1000 m<sup>2</sup> di superficie compattata, e comunque di una per ogni giornata lavorata, si determinerà il valore del modulo di deformazione Md secondo B.U. n. 146 del 14.12.1992. che dovrà risultare, a 28 gg, non inferiore a 100 MPa.

### **11.5. LABORATORIO**

L'Impresa dovrà indicare alla Direzione Lavori il Laboratorio geotecnica che svolgerà tutte le prove precedentemente indicate.

Il Laboratorio dovrà essere altamente qualificato e dotato di aggiornati certificati di taratura delle apparecchiature utilizzate nel corso delle prove, così come richiesto dalla norma CEN 24009 per il controllo qualità.

Il Laboratorio dovrà essere accettato dalla Direzione Lavori dopo un suo sopralluogo per la verifica della corretta rispondenza ai requisiti richiesti.

Qualora l'operato del Laboratorio non si dimostrasse affidabile la Direzione Lavori ne chiederà la sostituzione con altro da sottoporre a preventiva accettazione.

### **11.6. MACCHINARI**

Tutti i macchinari dovranno essere sempre mantenuti efficienti e dovranno essere preventivamente approvati dalla Direzione Lavori; sarà facoltà della stessa richiedere la sostituzione di attrezzature che non siano ritenute idonee.

### **11.7. SICUREZZA**

L'impiego della calce viva comporta l'adozione di misure di protezione individuale e collettiva prevista dalle norme vigenti e riportate nel Piano di Sicurezza e di coordinamento previsto.

## **ART. 12.**

### **STRUTTURE DI SOSTEGNO IN TERRA CON L'AGGIUNTA DI ALTRI MATERIALI**

#### **12.1. GENERALITA'**

Sono quelle opere speciali di sostegno costituite dall'associazione dei seguenti componenti principali:

- \* il terreno di riempimento;
- \* i rinforzi alla resistenza ai quali, per effetto dell'attrito con il terreno di riempimento, è affidato l'equilibrio delle forze agenti;
- \* il paramento esterno che delimita la geometria dell'opera;
- \* l'eventuale fondazione del paramento esterno che contribuisce alla stabilità dell'insieme e garantisce l'equilibrio in fase realizzativa.

Le opere di sostegno realizzate con l'associazione dei suindicati componenti debbono soddisfare ai criteri di progetto e verifica di cui al D.M. 11.03.1988 concernente le "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione" (pubblicato sul S.O alla G.U. n. 127 del 01.06.1988).

#### **12.2. PROGETTO**

Il progetto esecutivo deve contenere:

- a) gli elaborati grafici;
- b) una nota esplicativa del metodo di dimensionamento;
- c) la classificazione dell'opera, se temporanea o permanente, espressa in termini di durata di servizio;
- d) l'indicazione dei carichi e sovraccarichi;
- e) il dimensionamento interno del massiccio armato con le verifiche a trazione e ad aderenza dei rinforzi e la previsione degli spostamenti del paramento, compatibili con quelli previsti dal progetto;
- f) una relazione che evidenzia le caratteristiche del terreno di impianto e le verifiche di stabilità globale del manufatto, effettuate sia per la fase di costruzione che di esercizio della struttura;

- g) le eventuali verifiche in caso di zona sismica;
- h) le specifiche tecniche;
- i) le schede tecniche dei materiali;
- j) le istruzioni di montaggio;
- k) le istruzioni per la posa in opera e per il prelievo periodico dei "testimoni" atti ad accertare lo stato di conservazione dei rinforzi nel tempo;
- l) il dimensionamento di eventuali bonifiche o consolidamenti del terreno di fondazione.

L'Impresa è tenuta a presentare in tempo utile all'approvazione della Direzione Lavori, il progetto esecutivo ed i certificati comprovanti le caratteristiche fisiche ed elettrochimiche dei terreni, oltre che la resistenza, qualità e conformità degli altri componenti la struttura di sostegno in terra.

### **12.3. MATERIALI**

A seconda della durata di servizio di cui al punto 1.c) si utilizzeranno rinforzi in acciaio zincato o geosintetici stabilizzati o compositi per le opere permanenti, mentre si potranno usare rinforzi in acciaio non zincato o geosintetici per opere provvisorie di cui si garantirà una durata minima effettiva nel tempo pari o comunque non inferiore a 10 anni.

#### **12.3.1. Rinforzi**

##### **a.1) Per opere permanenti**

##### **a.1.1) Armature di rinforzo in acciaio zincato.**

Sono in acciaio laminato a caldo del tipo Fe 510 (Fe 52) ad aderenza migliorata, zincate a caldo con spessore minimo a zincatura di 70 micron.

La larghezza, la lunghezza e lo spessore delle piattine di armatura con le relative tolleranze saranno indicate nel progetto.

##### **a.1.2) Armature di rinforzo in geosintetici compositi o geotessili che debbono corrispondere alle caratteristiche chimiche, fisiche e meccaniche previste dal progetto e comunque del tipo: poliestere (PET), polipropilene (PP) presi singolarmente o combinati in strato o in percentuali differenti nell'ambito di un unico tessuto. Per garantirne la durabilità in opere definitive, sono realizzati con agenti stabilizzanti (geotessili stabilizzati) o rivestiti con film protettivi (geotessili compositi).**

##### **a.2) Per opere provvisorie**

##### **a.2.1) Armature di rinforzo in acciaio non zincato.**

Sono dello stesso acciaio di cui al punto a.1.1, ma non zincate.

##### **a.2.2) Armature di rinforzo in geosintetici o geotessili che debbono corrispondere alle caratteristiche chimiche, fisiche e meccaniche previste dal progetto e che comunque sono costituite da geotessili in poliestere (PET), polipropilene (PP), poliammide (PA) o polietilene (PE) presi singolarmente o combinati in strati o in percentuali differenti nell'ambito di un unico geotessile.**

#### **12.3.2. Paramento**

##### **b.1) Pannelli prefabbricati in cls.**

##### **b.1.1) Pannelli cruciformi di classe 300 ( $R_{ck} \geq 30 \text{ N/mm}^2$ ) spessore minimo 14 cm, rinforzati, se necessario, in corrispondenza degli attacchi con ferri ad aderenza migliorata del tipo FeB44k, controllati in stabilimento, completi di attacchi zincati per rinforzi in acciaio, perni, manicotti, giunti ed appoggi.**

##### **b.1.2) Pannelli per muro verde, di classe 300 ( $R_{ck} \geq 30 \text{ N/mm}^2$ ), armati o non, a seconda delle prescrizioni di calcolo, con ferri ad aderenza migliorata del tipo FeB44k, controllati in stabilimento, formati da contrafforti a piastra inclinata, disposti in modo da costituire volumi da riempire con terreno vegetale e completi di attacchi zincati per rinforzi in acciaio ed appoggi.**

##### **b.1.3) Pannelli monolitici prefabbricati in c.a. che debbono corrispondere alle caratteristiche tecniche previste dal progetto e comunque costituite da c.l.s. di classe 350÷450, aventi**

spessore variabile ed armati con acciaio FeB44k controllato in stabilimento. Essi devono essere completi di adeguati rinforzi, giunti maschio-femmina, ganci di sollevamento e predisposti per la solidarizzazione con la fondazione.

b.2) *Pannelli in rete elettrosaldata.*

b.2.1) Pannelli per terra vegetale completi: di attacchi per rinforzi in acciaio e di biostuoia e/o geogriglia atta a ricevere idrosemina.

b.3) *Pannelli in poliestere.*

b.3.1) Geotessili e geosintetici completi di rete metallica, atti a ricevere idrosemina e collegati con rinforzi geosintetici.

### **12.3.3. Terra di riempimento**

Per il riempimento debbono essere impiegate terre appartenenti ai gruppi

A<sub>1-a</sub>, A<sub>1-b</sub>, A<sub>3</sub>, A<sub>2-4</sub>, A<sub>2-5</sub>, della classifica UNI 11531-1.

Possono eventualmente essere impiegate terre di altri gruppi solo se ordinate dalla D.L.

Per l'accettazione delle terre di riempimento debbono essere sempre verificate le seguenti condizioni:

\* PH compreso tra 5 e 10;

\* resistività elettrica: > 1000  $\Omega$  per cm, per opere all'asciutto e > 3000  $\Omega$  per cm, per opere immerse in acqua dolce, misurata su materiale saturo.

Se la resistività è < 5000  $\Omega$  per cm, si deve anche verificare il contenuto in cloruri e solfati.

### **12.4. POSA IN OPERA**

Il piano di posa dei rinforzi deve essere livellato per ogni strato per una larghezza uguale o maggiore alla lunghezza dei rinforzi stessi.

La posa in opera del materiale di riempimento deve essere effettuata a breve distanza di tempo dalla stesa dei rinforzi e dal montaggio del corrispondente filo di paramento.

Gli strati devono avere spessore uniforme, non eccedente cm 40 e la posa in opera deve essere sempre parallela al paramento.

Il materiale deve essere quindi compattato con le usuali tecniche adottate per i normali rilevati, fino a raggiungere una densità non inferiore al 95% della densità massima AASHTO modificata.

Le eventuali opere di fondazione ed opere di drenaggio a corredo delle opere speciali in terra trattata mista ad altri materiali, debbono essere realizzate con la massima cura in base a quanto previsto dal progetto e comunque con i magisteri previsti dagli articoli delle norme tecniche del capitolato speciale d'appalto.

### **12.5. PROVE DI CONTROLLO**

Essendo le strutture di sostegno in argomento manufatti in terra, il loro controllo e relativo collaudo dovrà essere diretto a verificare un duplice aspetto:

a) l'aspetto relativo al massiccio considerato come un rilevato;

b) l'aspetto relativo al massiccio considerato come un'opera di sostegno a gravità.

Per il primo punto a) occorre effettuare, in corso d'opera e ad opera finita, tutte le prove prescritte per la realizzazione di opere in terra (ad esempio le prove di portanza su piastra e le prove sui materiali costituenti il rilevato) e verificare la buona esecuzione del rilevato stesso anche sotto l'aspetto geometrico.

La frequenza ed il tipo di prove sono indicate nella tabella riportata a pagina 26.

Per il secondo punto b), analogamente a quanto avviene per le opere di sostegno tradizionali, occorre che vengano eseguite le verifiche previste dal D.M. 11.03.1988 per accertarsi della stabilità sia interna che globale dell'opera da collaudare.

Nel caso in cui il paramento sia realizzato in pannelli di cls, l'Impresa dovrà fornire i certificati delle prove a rottura eseguite, in ragione di quattro cubetti ogni 700 m<sup>2</sup> di pannelli con un minimo di quattro cubetti per ogni opera.

Il Collaudatore deve verificare la qualità, quantità e corrispondenza dei singoli materiali utilizzati per la realizzazione delle opere secondo le specifiche di progetto.

In corso d'opera occorre procedere a frequenti controlli di allineamento e planarità del paramento, per rilevare ogni tendenza al "fuori piombo" o deformazioni e prendere le dovute precauzioni.

Le tolleranze di montaggio dipendono dal tipo di paramento e sono specificate nei documenti di progetto.

Se il manufatto è costituito su terreni compressibili, deve essere seguita l'evoluzione degli assestamenti, sia durante la costruzione che successivamente, disponendo traguardi sul paramento e controllandone nel tempo la loro rispondenza a quanto previsto in progetto.

## **12.6. FREQUENZA DELLE PROVE**

(almeno una per ogni .... m<sup>3</sup> come da tabella)

RILEVATI IN TERRA TRATTATA MISTA AD ALTRI MATERIALI (Vedi punto 4.2.1 UNI 11531-1)

Tipo di prova	Entro i primi 5000 m <sup>3</sup>	Successivi m <sup>3</sup>
Classif. UNI 11531-1	500	5000
Resistività	500	5000
Ph	500	5000
Contenuto in cloruri e solfati per valori di resistività tra 1000÷5000	500	5000
Costip. AASHTO Mod.	500	5000
Densità in sito CNR 22	250	1000
Carico su piastra CNR 146/92	1000	5000
Controllo umidità	*	*
(*) Frequenti e rapportate alle condizioni metereologiche locali ed alle caratteristiche di omogeneità dei materiali portati a rilevato		

## **ART. 13. DEMOLIZIONI**

Le demolizioni in genere saranno eseguite con ordine e con le necessarie precauzioni, in modo da prevenire qualsiasi infortunio agli addetti al lavoro, rimanendo perciò vietato di gettare dall'alto i materiali in genere, che invece dovranno essere trasportati o guidati salvo che vengano adottate opportune cautele per evitare danni ed escludere qualunque pericolo.

Le demolizioni dovranno essere effettuate con la dovuta cautela per impedire danneggiamenti alle strutture murarie di cui fanno parte e per non compromettere la continuità del transito, che in ogni caso deve essere costantemente mantenuto a cura e spese dell'Appaltatore, il quale deve, allo scopo, adottare tutti gli accorgimenti tecnici necessari con la adozione di puntellature e sbadacchiature.

I materiali provenienti da tali demolizioni resteranno di proprietà dell'Impresa essendosene tenuto conto nella determinazione dei corrispondenti prezzi di elenco.

La Direzione dei Lavori si riserva di disporre, con sua facoltà insindacabile, l'impiego dei suddetti materiali utili per l'esecuzione dei lavori appaltati.

I materiali non utilizzati provenienti dalle demolizioni dovranno sempre, e al più presto, venire trasportati, a cura e spese dell'Appaltatore, a rifiuto od a reimpiego nei luoghi che verranno indicati dalla Direzione dei Lavori.

Gli oneri sopra specificati si intendono compresi e compensati nei relativi prezzi di elenco.

Nell'esecuzione delle demolizioni è consentito anche l'uso delle mine, nel rispetto delle norme vigenti.

**ART. 14.**  
**PREPARAZIONE DELLE SUPERFICI DI CALCESTRUZZO DA RIPRISTINARE**

Dopo essere state bonificate, "sgaggiate" e pulite con idrosabbatrice in modo da eliminare ogni parte incoerente o in fase di distacco, tracce di grasso, disarmante, ecc., le superfici del calcestruzzo "vecchio" da ripristinare, prima dell'esecuzione del nuovo getto o dell'applicazione a spruzzo della malta di ripristino, dovranno essere saturate con acqua per un periodo almeno di 24 ore; indi, con mezzi idonei quali getti di aria, sistemi aspiratori, ecc. dalla superficie su cui verrà effettuato il getto sarà accuratamente tolta tutta l'acqua non assorbita dal calcestruzzo.

In alternativa, se prescritto dal progetto o dalla D.L. dopo la sgaggiatura e la pulizia, le superfici su cui sarà effettuato il getto o applicato l'intonaco dovranno essere impregnate con adesivo epossidico, avente le caratteristiche specificate all'articolo "Caratteristiche dei materiali", applicato con pennello a setole corte o a spruzzo, utilizzando unicamente areografi tipo Airless. E' indispensabile che i lavori siano rigorosamente programmati in modo tale che l'adesivo risulti ancora ben appiccicoso al momento del getto: per sicurezza attenersi ai dati di vita utile ed intervallo utile di appiccicosità alle varie temperature, forniti dal produttore della resina. La temperatura dell'adesivo e del sottofondo e dell'ambiente deve essere compresa tra i valori forniti dal produttore - comunque mai inferiore a +5 °C - durante l'applicazione e per almeno un periodo di 24 ore dopo la stessa. All'atto dell'applicazione le superfici del calcestruzzo devono presentarsi ben asciutte.

**ART. 15.**  
**CONGLOMERATI CEMENTIZI SEMPLICI ED ARMATI**

Generalità

L'Impresa sarà tenuta all'osservanza della legge 5 novembre 1971 n° 1086 pubblicata nella Gazzetta Ufficiale n° 321 del 31 dicembre 1971, nonché delle Norme Tecniche emanate in applicazione dell'articolo 21 della predetta legge (D.M. del 14 settembre 2005, UNI EN 206-1, UNI 11104 e successive modifiche). Le caratteristiche dei materiali da impiegare dovranno corrispondere alle prescrizioni dei relativi articoli del presente Capitolato ed alle relative voci dell'Elenco Prezzi e a quanto verrà, di volta in volta, ordinato dalla Direzione dei Lavori.

L'Impresa dovrà esibire prove di Laboratorio Ufficiale che dimostrino la conformità del prodotto alle Norme vigenti, alle prescrizioni di capitolato ed alle UNI ENV 206, UNI 11104 e successive modifiche. Dovrà comunque essere garantita la qualità e la costanza di caratteristiche dei prodotti da impiegare, intendendosi che le caratteristiche richieste al calcestruzzo devono essere garantite "su cassero" senza ulteriori manipolazioni da parte dell'Appaltatore in cantiere o a "bocca foro" del "tubo getto" nel caso dei pali di fondazione.

L'Impresa deve sottomettere all'approvazione della Direzione Lavori, in tempo utile prima di avviare la fase operativa dei getti di ciascuna opera d'arte, un'adeguata documentazione relativa alla pianificazione dei getti e la qualificazione del calcestruzzo. In particolare dovrà riguardare:

- a) Parte generale:
  - 1) laboratori di riferimento;
  - 2) pianificazione dei controlli;
  - 3) modalità di gestione delle non conformità;
  - 4) modalità di gestione delle varianti/modifiche.
- b) Produzione:
  - 1) proporzionamento e caratteristiche delle miscele nel rispetto delle specifiche di progetto;
  - 2) metodologie e dati che dimostrino come è garantito il raggiungimento dei necessari requisiti di lavorabilità, densità, resistenza e durabilità del calcestruzzo;
  - 3) caratteristiche dei materiali e loro fonti;
  - 4) caratteristiche degli impianti di produzione e modalità operative;
  - 5) qualifica del personale.



- c) Trasporto e consegna: 1) caratteristiche dei mezzi di trasporto e consegna e modalità operative;  
2) modalità di gestione della lavorabilità;  
3) qualifica del personale.
- d) Esecuzione: 1) qualifica del personale;  
2) programmazione dei getti;  
3) modalità di getto e compattazione;  
4) modalità di fornitura;  
5) modalità di stagionatura (in particolare il mantenimento della necessaria umidità).

La Direzione Lavori autorizzerà l'inizio del getto dei conglomerati cementizi solo dopo aver ricevuto dall'Impresa la documentazione sopra riportata e gli eventuali certificati delle prove preliminari sul calcestruzzo eseguite presso un Laboratorio Ufficiale su una serie di quattro provini per ogni tipo di conglomerato cementizio previsto nell'appalto.

L'esame e la verifica da parte della Direzione Lavori dei progetti delle opere, non esonera in alcun modo l'Impresa dalle responsabilità ad essa derivanti per legge e per le pattuizioni del contratto, restando stabilito che, malgrado i controlli eseguiti dalla Direzione Lavori, essa Impresa rimane unica e completa responsabile delle opere a termini di legge; pertanto essa sarà tenuta a rispondere degli inconvenienti di qualunque natura, importanza e conseguenza che avessero a verificarsi.

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

a) Cemento

I cementi potranno essere normali, ad alta resistenza, ad alta resistenza e rapido indurimento, del tipo PORTLAND, altoforno o pozzolanico. La Direzione Lavori si riserva la facoltà di prescrivere all'Impresa il tipo di cemento da adottare senza che quest'ultima possa, per tale ragione, pretendere alcun compenso od indennizzo.

L'Impresa dovrà preoccuparsi di approvvigionare il cemento presso cementerie che diano garanzie di bontà, costanza del tipo, continuità di fornitura; essa dovrà inoltre far controllare periodicamente, anche senza la richiesta della Direzione Lavori, le resistenze meccaniche ed i requisiti chimici e fisici del cemento, presso un Laboratorio Ufficiale per prove di materiali e trasmettere alla Direzione Lavori copia di tutti i certificati delle prove. E' 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.

b) Aggregati e sabbie

Dovranno corrispondere alle caratteristiche già specificate nel capitolo "Caratteristiche dei materiali".

Saranno rifiutati pietrischetti, pietrischi e graniglie contenenti una percentuale superiore al 15% in peso di elementi piatti o allungati, la cui lunghezza sia maggiore di 5 volte lo spessore medio.

c) Granulometria

Per tutti i calcestruzzi sarà determinata la composizione granulometrica degli aggregati, secondo formule prescritte dalla Direzione Lavori o proposte dall'Impresa ed accettate dalla Direzione Lavori, in modo da ottenere i requisiti fissati dal Progettista dell'opera ed approvati dalla Direzione Lavori.

Per ogni tipo di calcestruzzo dovrà essere previsto l'impiego di almeno tre classi di inerti, la cui miscela dovrà rientrare nel fuso granulometrico stabilito.

d) Acqua

Proverrà da fonti ben definite che diano acqua rispondente alle caratteristiche specificate nel capitolo "Caratteristiche dei materiali".

La quantità d'acqua d'impasto, tenuto conto della umidità variabile contenuta negli inerti, dovrà essere costantemente regolata in modo da rispettare rigorosamente il rapporto acqua / cemento prescritto dal progetto.

e) Additivi

Allo scopo di realizzare i calcestruzzi con la necessaria lavorabilità anche con basso rapporto acqua / cemento si farà costantemente uso di additivi fluidificanti o superfluidificanti conformi al capitolo "Caratteristiche dei materiali" e comunque del tipo approvato dalla Direzione Lavori, che a seconda delle condizioni ambientali e dei tempi di trasporto e lavorazione, saranno ad effetto normale, ritardante o accelerante. Per i calcestruzzi soggetti durante l'esercizio a ciclo di gelo - disgelo, si farà costantemente uso di additivi aeranti dosati in quantità tale da realizzare una percentuale di aria occlusa totale secondo quanto riportato nel progetto misurata sul calcestruzzo fresco prelevato all'atto della posa in opera secondo la relativa Norma UNI.

Altri tipi di additivi o agenti espansivi, se prescritti dal progetto, dovranno essere sempre conformi al capitolo "Caratteristiche dei materiali" e comunque preventivamente approvati dalla Direzione Lavori, la quale prescriverà di volta in volta le relative modalità d'uso.

Se prescritto dal progetto gli additivi dovranno essere premiscelati a secco in stabilimento con il legante idraulico; la miscela - predosata dovrà essere fornita in sacchi ed essere conforme a quanto prescritto nel capitolo "Caratteristiche dei materiali".

f) Resistenza dei calcestruzzi

Per la determinazione delle resistenze caratteristiche a compressione dei calcestruzzi dovranno essere eseguite due serie di prelievi da effettuarsi in conformità alle Norme Tecniche emanate in applicazione dell'art. 21 della legge 1086 del 05.11.1971 (D.M. del 14.09.2005 e successive modifiche).

I prelievi, eseguiti in contraddittorio con l'Impresa, verranno effettuati separatamente per ogni opera e per ogni tipo di calcestruzzo previsti nei disegni di progetto od ordinati per iscritto dalla Direzione Lavori. Di tali operazioni, eseguite a cura della Direzione Lavori e a spese dell'Impresa, secondo le Norme UNI vigenti, verranno redatti appositi verbali numerati progressivamente e controfirmati dalle parti. I provini contraddistinti con numero progressivo del relativo verbale di prelievo verranno custoditi a cura e spese dell'Impresa in locali indicati dalla Direzione Lavori previa apposizione di sigilli e firma del Direttore dei Lavori e dell'Impresa e nei modi più adatti a garantirne la autenticità e la conservazione.

Con i provini della prima serie di prelievi verranno effettuati presso i Laboratori della Direzione Lavori, alla presenza dell'Impresa, le prove atte a determinare le resistenze caratteristiche alle differenti epoche di stagionatura secondo le disposizioni che al riguardo saranno impartite dalla Direzione Lavori.

I risultati delle prove della prima serie di prelievi saranno presi a base per la contabilizzazione dei lavori, a condizione che il valore della resistenza caratteristica cubica a compressione a 28 giorni di maturazione -  $R_{ck}$  -, accertato per ciascun tipo e classe di calcestruzzo, non risulti inferiore a quello della classe indicata nei calcoli statici e nei disegni di progetto approvati dalla Direzione Lavori, od a quello ordinato per iscritto dalla stessa Direzione Lavori. Inoltre, sempre nel caso che la condizione di cui sopra risulti soddisfatta, dovranno essere sottoposti a prova presso Laboratori Ufficiali, per il controllo dei risultati ottenuti, i provini della seconda serie di prelievi nella misura prescritta dalle vigenti Norme di Legge.

Nel caso che la resistenza caratteristica cubica a compressione a 28 giorni di maturazione -  $R_{ck}$  - ricavata per ciascun tipo e classe di calcestruzzo dalle prove della prima serie di prelievi risulti essere inferiore a quella della classe indicata nei disegni di progetto approvati dalla Direzione Lavori od a quella ordinata per iscritto dalla stessa Direzione Lavori, si dovranno sottoporre a prova presso Laboratori Ufficiali tutti i corrispondenti provini della seconda serie di prelievi, qualunque sia la categoria cui appartiene il calcestruzzo.

Nell'attesa dei risultati ufficiali il Direttore dei Lavori potrà, a suo insindacabile giudizio, ordinare la sospensione dei getti dell'opera d'arte interessata.

Se dalle prove eseguite presso Laboratori Ufficiali sui provini della seconda serie di prelievi risultasse un valore della resistenza caratteristica cubica a compressione a 28 giorni di maturazione -  $R_{ck}$  - non inferiore a quella della classe indicata nei disegni di progetto approvati

dalla Direzione Lavori od a quella ordinata per iscritto dalla Direzione Lavori stessa, tale risultanza verrà presa a base della contabilizzazione dei lavori.

Qualora invece, anche dalle prove eseguite presso Laboratori Ufficiali risultasse un valore della  $R_{ck}$  inferiore a quello della classe indicata nei calcoli statici e nei disegni di progetto approvati dalla Direzione Lavori, od a quella ordinata per iscritto dalla stessa Direzione Lavori, l'Impresa dovrà presentare, a sua cura e spese, una relazione supplementare nella quale dimostri che, ferme restando le ipotesi di vincolo e di carico delle strutture, il valore della  $R_{ck}$  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 sarà contabilizzato con la classe alla quale risulterà appartenere la relativa  $R_{ck}$ . Nel caso che il valore della  $R_{ck}$  non risulti compatibile con le sollecitazioni previste in progetto, 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. Nessun indennizzo o compenso sarà dovuto all'Impresa se la  $R_{ck}$  risulterà maggiore a quella indicata nei disegni di progetto approvati dalla Direzione Lavori od a quella ordinata per iscritto dalla stessa Direzione Lavori. Saranno a carico della Società Appaltante tutti gli oneri relativi alle prove di Laboratorio, sia effettuate presso i Laboratori della Direzione Lavori, sia presso i Laboratori Ufficiali, comprese le spese per il rilascio dei certificati.

g) Consistenza, espansione contrastata, contenuto di aria

Dovranno essere riscontrati continuamente durante il lavoro in conformità alle Norme UNI vigenti.

h) Confezione

La confezione dei calcestruzzi 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 sia degli inerti, sia del cemento; la dosatura del cemento dovrà sempre essere realizzata con bilancia indipendente e di adeguato maggior grado di precisione.

La dosatura effettiva degli inerti 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.

La dosatura effettiva dell'acqua dovrà essere realizzata con precisione del 2% ed i relativi dispositivi dovranno essere tarati almeno una volta al mese.

Gli impianti di betonaggio dovranno indicare alla Direzione Lavori la disponibilità di materie prime e la capacità di stoccaggio, la capacità produttiva, l'efficienza e lo stato di manutenzione dei componenti dell'impianto, la presenza e l'efficienza o meno dell'automazione e del premescolatore, la distanza dal cantiere, il supporto logistico (numero betoniere, numero pompe, numero bocche di carico, ecc.) e l'eventuale supporto tecnico fornito.

L'Impresa dovrà sottoporre alla D.L. la pianificazione dei getti (modalità e programma temporale) e dovrà garantire la disponibilità da parte dell'impianto di betonaggio a verifiche della D.L. presso l'impianto stesso e l'accesso alle registrazioni significative (cicli di carico, qualifica autisti, ecc.)

L'impasto dovrà risultare di consistenza uniforme ed omogenea 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) ed esente da grumi (a tal fine è preferibile avere dei premescolatori a monte della fase di carico in betoniera). L'Impresa dovrà sottoporre alla Direzione Lavori per accettazione la sequenza di carico per ridurre il rischi di formazione di detti grumi.

La lavorabilità non dovrà essere ottenuta con maggiore impiego di acqua di quanto previsto nella composizione del calcestruzzo, bensì mediante l'impiego di additivi aeranti, plastificanti o fluidificanti

La produzione ed il getto del calcestruzzo dovranno essere sospesi nel caso che la temperatura scenda al di sotto di 0°C, salvo diverse disposizioni che la Direzione Lavori potrà dare volta per volta, prescrivendo, in tale caso, le norme e gli accorgimenti cautelativi da adottare.

*i) Trasporto*

Il trasporto dei calcestruzzi dalla centrale di betonaggio al luogo di impiego dovrà essere effettuato con mezzi idonei al fine di evitare la possibilità di separazione dei singoli componenti e comunque tali da evitare ogni possibilità di deterioramento del calcestruzzo medesimo.

Il tempo intercorrente fra l'inizio della mescolazione (introduzione dell'acqua in miscela) e fine scarico non deve superare i 90-100 minuti in condizioni meteo favorevoli.

Saranno accettate in funzione della durata e della distanza di trasporto, le benne a scarico di fondo ed i nastri trasportatori. Non saranno ammessi gli autocarri a cassone e gli scivoli.

L'uso delle pompe è consentito a condizione che l'Impresa adotti, a sua cura e spese, provvedimenti idonei a mantenere il valore prestabilito del rapporto acqua/cemento del calcestruzzo (e più in generale tutte le caratteristiche dello stesso) alla bocca di uscita della pompa. È facoltà della Direzione Lavori di rifiutare carichi di calcestruzzo non rispondenti ai requisiti prescritti o con presenza di grumi.

L'Impresa dovrà dimostrare e documentare alla Direzione Lavori l'esperienza degli autisti delle autobetoniere ed in particolar modo dei pompisti.

*j) Posa in opera*

Come previsto dal progetto sarà eseguita con ogni cura e regola d'arte, dopo aver preparato accuratamente e rettificati i piani di posa, le casseforme, 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 di capitolato.

I getti dovranno risultare perfettamente conformi ai particolari costruttivi approvati 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.

I getti potranno essere iniziati solo dopo la verifica delle casseforme e delle armature metalliche da parte della Direzione Lavori.

Dal giornale lavori del cantiere dovrà risultare la data di inizio e di fine dei getti e del disarmo. Se il getto dovesse essere effettuato durante la stagione invernale, l'Impresa dovrà tener registrati giornalmente i minimi di temperatura desunti da un apposito termometro esposto nello stesso cantiere di lavoro.

Il calcestruzzo sarà posto in opera e assestato e vibrato 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 stagge vibranti o attrezzature equivalenti.

Le eventuali irregolarità o sbavature dovranno essere asportate mediante bocciardatura e i punti incidentalmente difettosi dovranno essere ripresi accuratamente dopo il disarmo con malta reoplastica premiscelata ad alta resistenza (di tipo approvato dalla D.L.); ciò qualora tali difetti o irregolarità siano contenuti nei limiti che la Direzione Lavori riterrà tollerabili, fermo restando in ogni caso che le suddette operazioni ricadranno esclusivamente e totalmente a carico dell'Impresa.

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; queste prestazioni non saranno in nessun caso oggetto di compensi a parte. Viene poi prescritto che, dovunque sia possibile, gli elementi dei casseri vengano fissati nella esatta posizione prevista utilizzando tondi metallici liberi di scorrere entro tubetti di materiale PVC o simile, di colore grigio, destinati a rimanere incorporati nel getto di calcestruzzo, armato o non armato, intendendosi il relativo onere compreso e compensato nei prezzi di Elenco. 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.

Gli apparecchi, i tempi e le modalità per la vibrazione saranno quelli preventivamente approvati dalla Direzione Lavori.

È vietato scaricare il conglomerato in un unico cumulo e distenderlo con l'impiego del vibratore.

Tra le successive riprese di getto non dovranno aversi distacchi o discontinuità o differenze di aspetto, e la ripresa potrà effettuarsi solo dopo che la superficie del getto precedente sia stata accuratamente pulita, lavata e spazzolata.

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; per questo titolo l'Appaltatore non potrà avanzare richiesta alcuna di maggiori compensi e ciò neppure nel caso che in dipendenza di questa prescrizione, il lavoro debba essere condotto a turni ed anche in giornate festive.

Quando il calcestruzzo fosse gettato in presenza d'acqua, si dovranno adottare gli accorgimenti necessari per aggettare l'acqua e per impedire che la stessa la dilavi e ne pregiudichi le caratteristiche meccaniche e di durezza. L'onere di tali accorgimenti è a carico dell'Impresa.

L'Impresa avrà a suo carico il preciso obbligo di predisporre in corso di esecuzione (prima dei getti con verifica preventiva della D.L.) quanto è previsto nei disegni esecutivi, o sarà successivamente prescritto di volta in volta in tempo utile dalla Direzione Lavori.

L'onere relativo è compreso e compensato nel prezzo dell'opera e pertanto è ad esclusivo carico dell'Impresa.

Per getti di particolare importanza, su richiesta della Direzione Lavori, dovrà essere predisposto da parte dell'Impresa un "Registro dei Getti" in cui figurino almeno i dati riportati nel modello seguente:

Data	N° bolla	Prelievo (S/N)	Collocazione getto	Ora inizio carico	Ora fine scarico

**k) Stagionatura e disarmo**

A getto ultimato dovrà essere curata la stagionatura dei calcestruzzi in modo da evitare un rapido prosciugamento delle superfici dei medesimi, usando tutte le cautele ed impiegando i mezzi più idonei allo scopo, fermo restando che il sistema di stagionatura da utilizzarsi sarà stabilito in corso d'opera in funzione del grado di umidità ed acqua già contenuta nei materiali impiegati.

La rimozione delle armature di sostegno dei getti potrà essere effettuata quando siano state sicuramente raggiunte le previste resistenze. In assenza di specifici accertamenti, l'Impresa dovrà attenersi a quanto stabilito nelle Norme Tecniche emanate in applicazione dell'art. 21 della legge 5.11.1971 n. 1086 (D.M. 09.01.96 e successivi aggiornamenti).

Dovrà essere controllato 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.

**l) Predisposizione di fori, tracce, cavità, inserti di qualsiasi tipo, ancoraggi, tirafondi, staffaggi, ecc.**

L'Impresa avrà a suo carico il preciso obbligo di predisporre in corso di esecuzione (prima dei getti con verifica preventiva della D.L.) 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, inserti di qualsiasi tipo, ancoraggi per strutture metalliche saldati e non, impianti e altri inserti, tirafondi, ecc. nelle platee, travi, solette, pilastri, fondazioni, muri, parapetti, cordoli, ecc. Inoltre l'Impresa dovrà eseguire, anche se non specificatamente indicata nei disegni di progetto, ogni predisposizione con fornitura dei materiali e manufatti necessari per la posa in opera e ancoraggio di apparecchi accessori quali giunti, appoggi fissi e scorrevoli, smorzatori, passi d'uomo, sedi di tubi e di cavi, opere di interdizione, parapetti mensole, segnalazioni, parti o tubazioni di impianti di qualsiasi natura, travi e profili di bordo in acciaio a delimitazione di manufatti in c.a.

L'onere relativo è compreso e compensato nel prezzo a corpo offerto e pertanto è ad esclusivo carico dell'Impresa.

Tutte le conseguenze per la mancata esecuzione delle predisposizioni così prescritte dalla Direzione Lavori, saranno a totale carico dell'Impresa, 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 giunti o qualsiasi altro manufatto o qualsiasi opera di

completamento, sia per le forniture aggiuntive di materiali e la maggiore mano d'opera occorrente da parte dei fornitori e dell'Impresa.

**m) 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, lungo le pareti verticali si dovrà ottenere il necessario distanziamento esclusivamente mediante l'impiego di distanziatori del tipo approvato dalla Direzione Lavori.

L'uso dei distanziatori dovrà essere esteso anche alle strutture di fondazione armate, e ai pali di fondazione. Il copriferro minimo per le opere a contatto con il terreno non deve essere inferiore a quanto prescritto nei disegni di progetto.

In corrispondenza di tutti i nodi della gabbie d'armatura dovranno essere eseguite legature doppie incrociate in filo di ferro ricotto o con appositi ganci a scatto, in modo da garantire la invariabilità della geometria della gabbia durante il getto. L'Impresa 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'Impresa l'onere della posa in opera delle armature metalliche anche in presenza di acqua o fanghi bentonitici.

Per le armature metalliche dovranno essere impiegati acciai di tipo saldabile, con relativa certificazione. È pure a carico dell'Impresa l'onere per la saldatura o la morsettatura di alcune armature metalliche per realizzare la rete equipotenziale di terra secondo le indicazioni date dalla Direzione lavori in corso d'opera.

**n) Armature per precompressione**

L'Impresa dovrà attenersi scrupolosamente alle prescrizioni contenute nei calcoli statici e nei disegni esecutivi per tutte le disposizioni costruttive, ed in particolare per quanto riguarda:

- il tipo, il tracciato, la sezione dei singoli cavi;
- le fasi di applicazione della precompressione;
- la messa in tensione da uno o da entrambi gli estremi;
- le eventuali operazioni di ritaratura delle tensioni;
- i dispositivi speciali come ancoraggi fissi, mobili, intermedi, manicotti di ripresa, ecc.

Oltre a quanto prescritto dalle vigenti norme di legge si precisa che, nella posa in opera delle armature di precompressione, l'Impresa dovrà assicurarne l'esatto posizionamento mediante l'impiego di appositi supporti, realizzati per esempio con pettini in tondino di acciaio.

**o) Maturazione artificiale dei getti con vapore saturo**

Prima dell'inizio dei lavori, l'Impresa dovrà comunicare per iscritto alla Direzione Lavori per ottenere la relativa autorizzazione all'esecuzione:

- il tipo ed i principi di funzionamento dell'attrezzatura che dovrà comunque essere equipaggiata con rivelatori della temperatura del calcestruzzo durante il ciclo di maturazione artificiale;
- il ciclo di maturazione con indicazione precisa del tempo di prematurazione, del gradiente di salita e discesa, della temperatura massima prevista, del tempo di maturazione della temperatura massima.

La temperatura massima non dovrà comunque superare i 65°C.

A titolo orientativo dovranno essere seguite le raccomandazioni contenute nel documento dell'American Concrete Institute ACI 517.2R-80 "Accelerated curing of Concrete at Atmospheric Pressure".

## **ART. 16.**

### **MALTE CEMENTIZIE**

**a) Malte cementizie espansive**

Le miscele cementizie espansive devono essere fornite già premiscelate a secco; dovranno essere conformi a quanto stabilito dal progetto e comunque del tipo approvato dalla Direzione

Lavori. Dovranno inoltre essere impastate in idonei miscelatori con il minimo quantitativo d'acqua indicato dalla Casa produttrice; saranno mescolate fino ad ottenere un impasto ben amalgamato e privo di grumi, aggiungendo eventualmente altra acqua, finché l'impasto non si presenti con la consistenza richiesta dal tipo di lavoro (fluida per il riempimento di casseri, per colata o plastica per applicazione a spruzzo) ma comunque senza superare i quantitativi massimi di acqua indicati dalla stessa Casa produttrice.

La temperatura ottimale di impiego delle malte reoplastiche è di circa 20°C; sono tuttavia accettabili temperature comprese tra 5 e 35°C. Al di fuori di tale intervallo, l'applicazione del prodotto potrà avvenire solo su autorizzazioni della Direzione Lavori, adottando adeguati provvedimenti.

Le malte saranno armate usando rete d'acciaio elettrosaldata delle dimensioni (sezione del filo e larghezza di maglia) stabilite in progetto, oppure inserendo microfibre d'acciaio nell'impasto. Data l'influenza del tenore d'acqua sulle proprietà delle malte, si eviterà con la massima cura che esso si modifichi durante la maturazione del getto. Siccome i pori del calcestruzzo di supporto devono essere saturati con acqua, è necessario che l'applicazione della malta faccia seguito tempestivamente al trattamento di cui all'art. "Preparazione delle superfici di calcestruzzo da ripristinare".

Le malte potranno essere messe in opera con l'ausilio di stagge vibranti (solette) o di casseforme o a spruzzo in conformità a quanto previsto in progetto. Nel caso di messa in opera a spruzzo tramite idonea attrezzatura del tipo approvato dalla Direzione Lavori in un unico o più strati, seguirà dopo un certo tempo dall'ultima applicazione dipendente dalle condizioni climatiche, la fratazzatura. Indicativamente la malta verrà fratazzata quando non aderisce più a mano che la tocchi leggermente (cioè al fine di evitare fessure di ritiro dovute ad eccesso d'acqua superficiale). Nel caso di impiego di casseforme, ove richiesto, si eviteranno quelle di legno o di altro materiale che possa sottrarre acqua dalla malta.

Le malte saranno protette dall'evaporizzazione con una mano aderente di Curing del tipo preventivamente approvato dalla D.L. stesa in quantità minime di litri 0,1 al mq dopo terminata l'operazione di messa in opera della malta o dopo una prestagionatura di circa 24 ore con acqua nebulizzata, come da prescrizioni della D.L.; la copertura con il Curing sarà tanto più rapida quanto più caldo e secco è il clima.

Non sarà consentito l'impiego di fogli di polietilene trasparente per impedire l'evaporazione dell'acqua in quanto questi ultimi impediscono la dispersione del calore di idratazione che può provocare fessure per dilatazione termica.

Nel caso di applicazione a spruzzo in più strati, gli strati intermedi dovranno essere stagionati bagnando le superfici con acqua nebulizzata o coprendole con sacchi bagnati per tutto il tempo che intercorre tra due successive applicazioni.

**b) Malte cementizie additivate con polimeri**

Il prodotto deve essere fornito completamente predosato in due componenti (liquido; polvere) che vanno miscelati tra loro all'atto dell'impiego senza aggiungere acqua ed altri ingredienti.

La miscelazione dovrà farsi meccanicamente solo con strumenti a lenta velocità di rotazione, al fine di evitare ogni inclusione di aria; non è consentito l'impasto a mano nemmeno per piccoli quantitativi di materiale.

Prima di mettere in opera l'impasto lo si lascerà maturare per alcuni minuti, per evitare che le sue caratteristiche meccaniche diminuiscano in seguito ad un principio di separazione di fase, il quale si manifesterebbe con marezzatura della superficie stessa.

Per ottenere la migliore adesione dalla malta sul sottofondo, si preleverà dall'impasto una piccola porzione, eventualmente ammorbidita con una piccola quantità del componente liquido, si da ottenere una boiaccia, e si impregnerà la superficie di adesione con un pennello.

L'applicazione della malta dovrà essere effettuata immediatamente dopo l'applicazione della suddetta boiaccia, prima che essa abbia modo di essicarsi superficialmente.

L'applicazione della malta si farà direttamente con rinzaffo a cazzuola o con idonea attrezzatura a spruzzo o con frattazzo metallico esercitando una buona pressione e compattazione sul fondo. Per la realizzazione di spigoli sarà opportuno aiutarsi preposizionando una tavola su un lato.

Lo spessore massimo riportabile direttamente in un singolo strato sarà di 20 mm; spessori superiori saranno realizzati in più strati.

Si dovrà ottenere una finitura superficiale liscia mediante un frattazzino di spugna, da passare alcuni minuti dopo l'applicazione.

### **ART. 17.**

#### **CASSEFORME, ARMATURE DI SOSTEGNO, CENTINATURE E ATTREZZATURE DI COSTRUZIONE**

Per tali opere provvisorie, l'Impresa porterà alla preventiva conoscenza della Direzione Lavori il sistema e le modalità esecutive che intende adottare, ferma restando la esclusiva responsabilità dell'Impresa stessa per quanto riguarda la progettazione e l'esecuzione di tali opere provvisorie e la loro rispondenza a tutte le norme di legge ed ai criteri di sicurezza che comunque possono riguardarle. Il sistema prescelto dovrà comunque essere adatto a consentire la realizzazione della struttura in conformità alle disposizioni contenute nel progetto esecutivo.

Per l'esecuzione dei getti di calcestruzzo armato si costruiranno casseri con l'esatta forma e dimensioni previste dai disegni di progetto, atti a resistere al peso della struttura, agli urti, nonché alle vibrazioni prodotte durante la posa del calcestruzzo.

Le casseforme potranno essere metalliche o di materiali fibrocompressi, compensati o di legno; 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; le casseforme in legno dovranno essere eseguite con tavole di legno abete della migliore qualità, di misura appropriata, piallate sulla superficie a contatto del getto e nei giunti di combacio, al fine di avere dopo il disarmo una superficie in vista piana ed unita, senza sbavature o disuguaglianze sulle facce in vista del getto. In ogni caso l'Impresa avrà cura di trattare le casseforme, prima del getto, con idonei prodotti disarmanti ed il relativo onere sarà compreso e compensato nel prezzo di elenco delle casseforme.

Dopo il disarmo, sulle superfici da lasciare a faccia vista sarà curata l'asportazione di tutte le sbavature e l'esecuzione delle stuccature eventuali secondo le modalità confacenti al caso.

Tutte le parti di strutture che presenteranno nidi d'ape, fuori sagoma o fuori piombo o altri difetti od imperfezioni, ritenuti non accettabili dalla Direzione Lavori, dovranno essere demolite o in alternativa corrette mediante opere integrative che saranno ordinate dalla D.L, senza che ciò possa costituire motivo per l'Impresa di richiesta di maggiori compensi o maggiori tempi.

Nel caso di utilizzo di lastre prefabbricate in cemento armato tipo "predalles" esse dovranno essere autoportanti, senza banchinaggio intermedio, durante le fasi di getto, tenendo conto delle luci libere di progetto. Il copriferro delle armature delle "predalles" deve essere non inferiore a 2cm..

Le predalles prefabbricate dovranno essere fornite già con l'armatura metallica a flessione e a taglio necessaria per sopportare oltre il peso proprio e del getto integrativo nelle fasi transitorie anche i carichi permanenti e di quelli accidentali.

Si precisa che l'armatura principale a flessione deve comprendere anche gli spezzoni inferiori di collegamento. Tale armatura sarà posizionata nel getto integrativo e la sovrapposizione delle barre d'armatura non dovrà essere inferiore a 50Ø. Il tutto secondo gli schemi di progetto.

### **ART. 18.**

#### **INIEZIONE NEI CAVI DI PRECOMPRESSIONE CON BOIACCHE CEMENTIZIE**

Nelle strutture in cemento armato precompresso con cavi scorrevoli, allo scopo di assicurare l'aderenza e soprattutto proteggere i cavi dalla corrosione, è necessario che le guaine vengano iniettate con boiaccia di cemento fluida pompabile ed a ritiro compensato (è richiesto un leggero effetto espansivo). Tale boiaccia preferibilmente pronta all'uso previa aggiunta di acqua o ottenuta da



una miscela di cemento, additivi ed acqua, non dovrà contenere cloruri né polvere di alluminio, né coke, né altri agenti che provocano espansione mediante formazione di gas aggressivi.

Oltre a quanto prescritto dalle vigenti norme di legge (Decreto Ministeriale 14.02.1992 e successivi aggiornamenti), di cui si riporta il testo al punto 40c), si precisa quanto segue, intendendosi sostituite dalle prescrizioni che seguono (più restrittive) le prescrizioni analoghe contenute nel citato D.M.

- 1) La fluidità della boiaccia di iniezione dovrà essere misurata (punto 40a) per ogni impasto all'entrata delle guaine e per ogni guaina all'uscita; l'iniezione continuerà finché la fluidità della boiaccia in uscita sarà paragonabile a quella in entrata (+/- 3 secondi nel tempo di scolo del cono, purché non si scenda al di sotto dei 15 secondi). Si dovrà provvedere con appositi contenitori affinché la boiaccia di sfrido non venga scaricata senza alcun controllo, sull'opera o attorno ad essa. Una più accurata pulizia delle guaine ridurrà l'entità di questi sfridi.
- 2) E' richiesto l'uso di acqua potabile per l'impasto, in ragione del 30-38% in peso rispetto al peso dei materiali solidi.
- 3) L'impastatrice dovrà essere del tipo ad alta velocità almeno 1500-2000 giri/min. E' proibito l'impasto a mano; il tempo di mescolamento verrà fissato di volta in volta in base ai valori del cono di Marsh modificato.
- 4) La ritenzione di acqua a cinque minuti dall'impasto dovrà essere superiore al 90% (norma ASTM C91).
- 5) L'essudazione non dovrà essere superiore allo 0,2% del volume (vedi punto 40b).
- 6) Il ritiro dovrà essere assente, l'espansione dovrà essere almeno di 400 micron di lunghezza a due giorni (norma UNI 8147).
- 7) Il tempo d'inizio presa non dovrà essere inferiore a tre ore (a 30°C).
- 8) E' tassativamente prescritta la disposizione di tubi di sfiato in corrispondenza a tutti i punti più elevati di ciascun cavo, comprese le trombette ed i cavi terminali. Egualmente dovranno esserci tubi di sfiato nei punti più bassi dei cavi lunghi e con forte dislivello.  
All'entrata di ogni guaina dovrà essere posto un rubinetto, valvola o altro dispositivo atti a mantenere, al termine dell'iniezione, la pressione entro la guaina stessa per un tempo di almeno 5 ore.
- 9) L'iniezione dovrà avere carattere di continuità e non potrà venire assolutamente interrotta. In caso di interruzioni dovute a causa di forza maggiore e superiori a 5 minuti, il cavo verrà lavato e l'iniezione andrà ripresa dall'inizio.
- 10) E' preferibile l'impiego di cemento tipo 325 (usando il 425 solo per gli impieghi in inverno).
- 11a) Misura della fluidità con il cono di Marsh modificato  
L'apparecchio dovrà essere costruito in acciaio inossidabile e avere la forma e le dimensioni che seguono. Cono con diametro di base 15,5 cm, altezza 29 cm; ugello cilindrico diametro interno 1,0 cm, altezza 6 cm riempimento fino ad 1 cm dal bordo superiore. La fluidità della boiaccia sarà determinata misurando il tempo totale di scolo del contenuto del cono, diviso per due. La stessa fluidità sarà ritenuta idonea quando detto tempo sarà compreso tra 15 e 25 secondi subito dopo l'impasto e tra 25 e 35 sec. a 30 minuti dall'impasto (operando alla temperatura di 20°C).
- 11b) Misura dell'essudazione della boiaccia (bleeding)

Si opera con una provetta graduata cilindrica (250 cmc, diametro cm 6, riempita con 6 cm di boiaccia). La provetta deve essere tenuta in riposo al riparo dall'aria.

La misura si effettua 3 ore dopo il mescolamento, con lettura diretta oppure con pesatura prima e dopo lo svuotamento con pipetta dell'acqua trasudata.

11c) Estratto dal D.M. 14.02.1992 (punti 6.2.4.2.1/2/3/4 - Omissis)

La resistenza a trazione per flessione a 8 giorni deve essere maggiore o uguale a 4 N/mm<sup>2</sup> (40 kgf/cm<sup>2</sup>).

Operazioni di iniezione

- a) dopo l'impasto di malta deve essere mantenuta in movimento continuo. E' essenziale che l'impasto sia esente da grumi;
- b) immediatamente prima della iniezione di malta, i cavi saranno puliti;
- c) l'iniezione deve avvenire con continuità e senza interruzioni; la pompa deve avere capacità sufficiente perché in cavi di diametro inferiore a 10 cm la velocità della malta sia compresa fra 6 e 12 m al minuto, senza che la pressione superi le 10 Atm;
- d) la pompa deve avere un efficace dispositivo per evitare le sovrappressioni;
- e) non è ammessa l'iniezione con aria compressa;
- f) quando possibile l'iniezione si deve effettuare dal più basso ancoraggio o dal più basso foro del condotto;
- g) per condotti di grande diametro può essere necessario ripetere l'iniezione dopo circa due ore;
- h) la malta che esce dagli sfiati deve essere analoga a quella della bocca di immissione e non contenere bolle d'aria; una volta chiusi gli sfiati si manterrà una pressione di 5 Atm fintanto che la pressione permane senza pompare per almeno 1 minuto;
- i) la connessione fra ugello del tubo di iniezione ed il condotto deve essere realizzata con dispositivo meccanico e tale che non possa aversi entrata d'aria;
- j) appena terminata l'iniezione, bisogna avere cura di evitare perdite di malta dal cavo. I tubi di iniezione devono essere di conseguenza colmati di malta se necessario.

Condotti

- a) i punti di fissaggio dei condotti debbono essere frequenti ed evitare un andamento serpeggiante;
- b) ad evitare sacche di aria dovranno essere disposti sfiati nei punti più alti del cavo;
- c) i condotti debbono avere forma regolare, preferibilmente circolare. La loro sezione deve risultare maggiore di:

$$A_0 = 2 \sum_{i=1}^{i=n} a_i$$

in cui  $a_i$  è l'area del singolo filo o treccia, trefolo barra ed  $n$  il loro numero; in ogni caso l'area libera del condotto dovrà risultare non minore di 4 cm<sup>2</sup>;

- d) si devono evitare per quanto possibile brusche deviazioni o cambiamenti di sezione.

Iniezioni

Fino al momento della iniezione dei cavi occorre proteggere l'armatura dall'ossidazione. Le iniezioni dovranno essere eseguite entro 15 giorni a partire dalla messa in tensione salvo casi eccezionali di ritardatura nei quali debbono essere adottati accorgimenti speciali al fine di evitare che possano iniziare fenomeni di corrosione.

In tempo di gelo è bene rinviare le iniezioni, a meno che non siano prese precauzioni speciali. Se si è sicuri che la temperatura della struttura non scenderà al di sotto di 5°C nelle 48 ore seguenti alla iniezione, si può continuare l'iniezione stessa con una malta antigelo di cui sia accertata la non aggressività, contenente dal 6 al 10% di aria occlusa.

Se può aversi gelo nelle 48 ore seguenti all'iniezione, bisogna riscaldare la struttura, e mantenerla calda per almeno 48 ore in modo che la temperatura della malta iniettata non scenda al di sotto di 5°C.

Dopo il periodo di gelo bisogna assicurarsi che i condotti siano completamente liberi dal ghiaccio o brina. E' vietato il lavaggio a vapore.

**ART. 19.**  
**INIEZIONI CON SISTEMI EPOSSIDICI NELLE GUAINA**  
**DEI CAVI DI PRECOMPRESSIONE DI STRUTTURE IN CEMENTO ARMATO**  
**PRECOMPRESSO**

**a) Modalità di iniezioni**

Preliminarmente, sulle travi e nelle posizioni indicate dal progetto o dalla D.L., si dovrà procedere alla localizzazione dei cavi da iniettare mediante misure geometriche eseguite con riferimento ai disegni di progetto e mediante sondaggi eseguiti con apposita apparecchiatura elettromagnetica o ad ultrasuoni ed eventuali fori-sonda eseguiti con trapano a rotopercolazione a punta di diametro massimo di 18 mm.

Nei punti così individuati, sui paramenti esterni o all'intradosso delle travi, dovrà essere fatto un foro-guida diametro 18-22 mm, successivamente allargato a 50-80 mm esteso in profondità fino alla guaina del cavo di precompressione. Si dovrà quindi asportare la guaina allo scopo di mettere a nudo il cavo e controllare lo stato di conservazione dell'acciaio e della boiacca di cementazione, ed individuare eventuali infiltrazioni di acqua.

In corrispondenza del cavo messo a nudo, dovranno essere posti in opera tubetti-valvola provvisti alle estremità di apposita cuffia e di attacco con rubinetto per la misura dei vuoti interni e per l'iniezione, fissati mediante pasta collante epossidica, previa accurata pulizia del supporto.

Sarà fatta quindi una prima valutazione della possibilità di creare il vuoto e dell'entità del volume della cavità presente: la prima valutazione tende ad individuare la necessità o meno di effettuare gli interventi di tenuta e le zone dove dovranno essere eseguite tali stuccature; la seconda a stimare i consumi e, principalmente, a controllare, a iniezione ultimata, che tutti i vuoti valutati siano stati riempiti. La valutazione si effettuerà tramite misura (con contalitri) del volume d'aria immesso nella cavità, dopo aver effettuato il vuoto.

Si procederà infine alle iniezioni "sottovuoto" del materiale epossidico avente le caratteristiche specificate all'articolo "caratteristiche dei materiali" per la cementazione di guaine di precompressione e/o per l'intasamento delle fessure e dei vespai interni, effettuate provocando con l'apposita attrezzatura espirante un vuoto dell'ordine di una atmosfera nelle cavità da iniettare ed immettendo poi il materiale di riempimento che, a passaggio terminato, dovrà essere posto sotto una pressione di 2-3 atmosfere prima del bloccaggio del tubo di iniezione.

Occorrerà anche valutare il volume del materiale entrato (in genere misurando il consumo in kg) e passando al volume ( $V_m$ ) per tramite del peso specifico del materiale stesso oppure valutando direttamente il volume del materiale iniettato.

Il rapporto  $V_m/V_l \times 100$  (grado di riempimento) verrà indicato per ogni singola iniezione.

**b) Prove preliminari sui materiali da usare**

Dovranno essere effettuate a cura della D.L. ed a spese dell'Impresa, presso un Laboratorio indicato dalla D.L.

La D.L. si riserva inoltre la facoltà di prelevare in corso d'opera campioni di materiale da sottoporre a sua cura e spese ad ogni ulteriore prova di controllo.

Nel caso che i controlli effettuati dalla Direzione Lavori dopo l'inizio dei lavori non confermino i risultati delle prove preliminari, la stessa Direzione Lavori disporrà, a suo insindacabile giudizio, la sospensione dei lavori e l'allontanamento, a cura e spese dell'Impresa, dei materiali non idonei presenti in cantiere.

Successivamente, dei materiali che l'Impresa avrà provveduto ad approvvigionare in cantiere, saranno prelevati campioni da sottoporre di nuovo, a cura della Direzione Lavori ed a spese dell'Impresa, all'accertamento di Laboratori, dei requisiti di cui ai precedenti punti.

Solo nel caso in cui le relative prove diano esito positivo i lavori potranno essere ripresi.

In caso contrario il contratto dovrà intendersi automaticamente rescisso ed all'Impresa saranno addebitati tutti i danni che ne potranno derivare alla Società, sia per eventuali deficienze di quanto eseguito, che per ritardi od altro.

**ART. 20.**  
**IMPREGNAZIONE CON POLIMERI ORGANICI DI MANUFATTI**  
**IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO**

L'Impresa sarà tenuta a presentare, in tempo utile prima dell'inizio dei lavori, all'esame della Direzione Lavori per la necessaria approvazione:

- a) la formulazione chimica dei prodotti impregnanti con indicazione della provenienza dei medesimi;
- b) descrizione tecnica dettagliata del ciclo completo di trattamento di disidratazione - impregnazione - polimerizzazione;
- c) descrizione tecnica dettagliata, corredata da disegni di tutte le attrezzature necessarie per l'esecuzione del trattamento, per la mescolazione e lo stoccaggio del sistema chimico;
- d) i risultati delle prove preliminari eseguite in laboratorio su campioni di calcestruzzo trattati con le modalità ed i prodotti di cui ai precedenti punti a), b), c);
- e) piano dettagliato di tutta la strumentazione da predisporre per il controllo del ciclo di trattamento e delle prove di qualità del prodotto trattato;
- f) descrizione dettagliata di tutte le norme ed i mezzi previsti per garantire l'igiene e la sicurezza del personale addetto ai lavori nonché del traffico che scorre sulla carreggiata affiancata, con particolare riferimento al deposito ed all'impiego di prodotti tossici o di miscele esplosive.

Il processo di trattamento dovrà articolarsi secondo le fasi e rispettare le specifiche generali esposte nel seguito ed essere comunque atto a conferire al conglomerato cementizio impregnato le proprietà di cui al relativo articolo del presente Capitolato):

1) **Preparazione delle superfici da impregnare**

Nel caso di manufatti già in servizio si rende necessario un lavoro preliminare di asportazione meccanica del conglomerato bituminoso esistente e di rimozione di precedenti applicazioni protettive o escrescenze, depositi di calcare e sali, ecc.

La superficie finale del calcestruzzo si deve presentare perfettamente libera da macchie di asfalto, olio, resine e anche da eventuali accumuli di polvere.

2) **Trattamento termico di essiccazione del calcestruzzo**

Il trattamento termico del calcestruzzo ha lo scopo di ridurre la quantità di acqua evaporabile presente nello spessore di calcestruzzo interessato dal trattamento, a valori tanto bassi da consentire un successivo assorbimento di monomero, tale da conferire al manufatto le caratteristiche tecniche specificate al relativo articolo del presente Capitolato).

Il trattamento termico di disidratazione del calcestruzzo da impregnare deve essere eseguito con tutte le precauzioni necessarie per non danneggiare la struttura in cemento armato e per non indurre nelle armature precomprese fenomeni di rilassamento delle tensioni.

L'omogeneità nel procedere del riscaldamento ed il rispetto del ciclo termico di progetto devono essere tenuti sotto controllo in modo continuo tramite sensori opportunamente distribuiti sulla superficie del calcestruzzo (al centro e sui bordi) in fase di trattamento; altrettanto deve essere fatto durante la fase di raffreddamento.

3) **Impregnazione**

Il processo d'impregnazione deve essere eseguito mettendo a contatto un sistema costituito da un monomero + catalizzatore con il calcestruzzo già trattato termicamente fino alla completa maturazione dello spessore di materiale da trattare.

La formulazione chimica del sistema impregnante e la durata della fase di impregnazione dovranno essere atte a conferire al calcestruzzo trattato le caratteristiche di cui al precedente

articolo "caratteristiche dei materiali"); la durata della fase di impregnazione non deve comunque essere inferiore a 6 ore.

La superficie in fase d'impregnazione deve essere protetta dall'azione degli agenti atmosferici e dall'irraggiamento solare.

Devono essere presi tutti i provvedimenti necessari per impedire fenomeni di polimerizzazione anticipata del sistema monomero + catalizzatore.

#### 4) Polimerizzazione

Il monomero catalizzato, fatto assorbire al calcestruzzo deve essere fatto polimerizzare completamente portando la temperatura di quest'ultimo ai valori richiesti dal particolare sistema chimico impiegato e mantenendo il riscaldamento fino al completo indurimento.

Durante la fase iniziale del riscaldamento, tenendo conto che, con i gradienti termici usati, la velocità di evaporazione del monomero è più elevata della sua velocità di polimerizzazione, si rende assolutamente necessario ricorrere ad un sistema di tenuta che eviti comunque la fuoriuscita, anche solo superficiale, del monomero dal calcestruzzo.

Il sistema di tenuta deve essere dotato di un dispositivo di convogliamento per la fuoriuscita dei gas che eviti condense od accumuli pericolosi di miscele esplosive di vapori.

L'Impresa dovrà registrare e mettere a disposizione della Direzione Lavori le date di produzione del monomero e dei catalizzatori, le temperature di stoccaggio, le date e le quantità di prodotto impiegato per ogni ciclo sul viadotto.

Alla fine del processo di trattamento di ogni porzione del viadotto, l'Impresa dovrà mettere a disposizione della Direzione Lavori campioni cilindrici prelevati vicino ai misuratori delle temperature del calcestruzzo, in numero e aventi le dimensioni prescritte dalla stessa D.L.

La Direzione Lavori autorizzerà l'inizio dei lavori d'impregnazione solo dopo aver preso visione dei certificati ufficiali delle prove eseguite su provini estratti da una zona campione di soletta e/o pila trattata preliminarmente in base al progetto di cui ai precedenti punti a), b), c), d) e), f).

L'esame e la verifica da parte della Direzione Lavori del progetto del ciclo di trattamento d'impregnazione, non esonera in alcun modo l'Impresa dalle responsabilità ad essa derivanti per legge e per le pattuizioni del contratto, restando stabilito che, malgrado i controlli eseguiti dalla Direzione Lavori, essa Impresa rimane unica e completa responsabile delle opere a termini di legge; pertanto essa sarà tenuta a rispondere degli inconvenienti di qualunque natura, importanza e conseguenza che avessero a verificarsi.

### **ART. 21. CONGLOMERATI E MALTE POLIMERICHE**

Nel seguito saranno convenzionalmente chiamate con la denominazione P.C. (Polimer Concrete).

L'Impresa sarà tenuta a presentare, in tempo utile prima dell'inizio dei lavori, all'esame della Direzione Lavori per la necessaria approvazione:

- g) la composizione del P.C. con specifica delle caratteristiche chimiche e del dosaggio e del sistema polimerico e delle caratteristiche petrografiche e granulometriche del materiale inerte;
- h) la descrizione dettagliata del ciclo completo di mescolazione, posa in opera e polimerizzazione;
- i) la descrizione tecnica dettagliata corredata da disegni di tutte le attrezzature necessarie per la preparazione e la messa in opera del prodotto e lo stoccaggio del sistema chimico;
- j) i risultati delle prove preliminari eseguite in laboratorio su campioni di P.C. con le modalità ed i prodotti di cui ai precedenti punti a), b), c);
- k) piano dettagliato di tutte le prove di controllo di qualità del prodotto;
- l) descrizione dettagliata di tutte le norme ed i mezzi previsti per garantire l'igiene e la sicurezza del personale addetto ai lavori nonché del traffico che scorre sulla carreggiata affiancata, con particolare riferimento a deposito ed all'impiego di prodotti tossici e di miscele esplosive.

Le caratteristiche ed il dosaggio dei materiali impiegati nonché le modalità esecutive dovranno essere tali da conferire al materiale composito le caratteristiche tecniche specificate al precedente articolo

“caratteristiche dei materiali”) ed inoltre tali da assicurare una adesione al P.C. in grado di sopportare in sicurezza nel tempo le tensioni che si sviluppano sulla superficie d'attacco per effetto del ritiro del P.C. e per effetto dei gradienti termici.

Nel caso di getti in opera sopra solette di viadotti per la realizzazione di pavimentazione strutturale, il P.C. dovrà essere assestato mediante apposito regolo vibrante fissato su una robusta struttura carrellata scorrevole su guide laterali poste ai bordi della carreggiata in grado di assicurare la vibrazione del P.C. e la rifinitura accurata della superficie superiore rigorosamente secondo l'andamento plano-altimetrico teorico del piano viabile.

Nel caso di getti d'incamiciatura di pile o spalle il getto di P.C. dovrà essere fatto all'interno di idonei casseri in grado di rispettare rigorosamente l'attuale sagoma dei sostegni e di conferire al getto finito una superficie esterna piana e liscia, esente da bolle d'aria e fessurazioni.

L'Impresa deve registrare e mettere a disposizione della Direzione Lavori le date di produzione del sistema chimico impiegato, le temperature di stoccaggio, le date e le quantità di prodotto impiegato per ogni getto sul viadotto.

Alla fine di ogni getto, l'Impresa deve mettere a disposizione della D.L. campioni cilindrici prelevati in numero e aventi le dimensioni prescritte dalla stessa D.L.

La Direzione Lavori autorizzerà l'inizio dei lavori solo dopo aver preso visione dei certificati ufficiali delle prove eseguite su provini estratti da un getto campione di P.C. su soletta e/o pila eseguito preliminarmente in base al progetto di cui ai precedenti punti a), b), c), d), e), f).

L'esame e la verifica da parte della Direzione Lavori della composizione e delle modalità esecutive del P.C., non esonera in alcun modo l'Impresa dalle responsabilità ad essa derivanti per legge e per le pattuizioni del contratto, restando stabilito che, malgrado i controlli eseguiti dalla Direzione Lavori, essa Impresa rimane unica e completa responsabile delle opere a termini di legge; pertanto essa sarà tenuta a rispondere degli inconvenienti di qualunque natura, importanza e conseguenza che avessero a verificarsi.

## **ART. 22.**

### **APPARECCHI DI APPOGGIO PER IMPALCATI**

L'Impresa sarà tenuta a presentare in tempo utile prima dell'inizio dei lavori, all'esame della Direzione Lavori per la necessaria approvazione:

- a) progetto dettagliato costruttivo degli apparecchi d'appoggio e relativi dispositivi di ancoraggio con indicazione esauriente delle caratteristiche dei materiali nonché degli eventuali coefficienti di attrito;
- b) risultati ufficiali delle prove di laboratorio eseguite preliminarmente su campioni di appoggio del tipo di cui è previsto l'impiego;
- c) modalità di posa in opera.

Il progetto degli apparecchi d'appoggio dovrà rispettare rigorosamente:

- \* i disegni del progetto della Società;
- \* la voce di elenco prezzi;
- \* le norme: UNI EN 1337 - Appoggi strutturali; UNI EN 15129:2009 - Dispositivi antisismici; §11.6 e §11.9 del D.M. 17 gennaio 2018.

Nel caso di discrepanze fra le varie prescrizioni devono essere ritenute valide le più restrittive.

Prima della posa in opera degli apparecchi di appoggio l'Impresa 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 resina epossidica.

Procederà successivamente al posizionamento dell'apparecchio ed al suo collegamento alle strutture secondo le prescrizioni di progetto.

Per apparecchi di appoggio in neoprene, le superfici tra le quali vengono inseriti gli appoggi, non dovranno presentare difetti di pianeità e di parallelismo; inoltre dovranno essere orizzontali per evitare la presenza della componente trasversale dovuta al peso proprio. E' ammessa una inclinazione casuale dei piani di appoggio dell'1 o/oo, che dovrà essere comunque compensata con adeguato "allettamento" su collante epossidico.

L'apparecchio non dovrà debordare dalla superficie di appoggio della sottostruttura e della sovrastruttura.

Gli apparecchi di appoggio in acciaio-teflon dovranno essere regolati nella posizione di scorrimento prescritto dal Progettista in relazione al valore della temperatura ambiente all'atto della messa in opera e dovranno essere convenientemente ancorati alla struttura con le modalità previste dal progetto. Se il progetto prevede l'ancoraggio realizzato mediante collanti epossidici, questi dovranno essere conformi a quanto stabilito all'articolo "caratteristiche dei materiali" e dovranno essere applicati con temperatura ambiente superiore a 5°C (all'atto della posa in opera e per un periodo successivo di almeno 24 h) ed entro intervalli di tempo compatibili con i tempi di vita utile ed appiccicosità dati dal fornitore della resina; prima dell'applicazione dei collanti epossidici, le superfici di calcestruzzo tra le quali vengono inseriti gli appoggi dovranno essere trattate mediante sabbiatura in modo da eliminare ogni parte incoerente in fase di distacco, tracce di grasso, disarmante, vernice, lattice di cemento superficiale, ecc. ed infine depolverati accuratamente con aria esente da olio e condensa.

Le stesse procedure di incollaggio dovranno essere seguite nella messa in opera di piastre in acciaio per la spessorazione di apparecchi di appoggio.

Le piastre di acciaio dovranno avere un rivestimento protettivo delle aree soggette ad aggressioni fotochimiche e chimiche con ciclo di verniciatura composto da una prima mano di fondo antiruggine organico ricco di zinco (contenuto minimo di materiale anodico 82% in peso su residuo secco) per uno spessore medio di 40 micron, da una seconda mano di copertura a finire con vernice epossipoliammidica ad elevato contenuto di secco, per uno spessore medio di 70 micron e da maturazione in forno a 120°C per un minimo di 40 minuti; preparazione delle superfici da proteggere, eseguita mediante sabbiatura a metallo bianco SA3.

## **ART. 23.**

### **SISTEMA DI STRALLI PER SOSPENSIONE IMPALCATI**

#### **23.1. GENERALITÀ**

Il sistema stralli dovrà essere costituito da un fascio di trefoli paralleli, in numero variabile, ancorati individualmente alle estremità mediante morsetti che lavorano nei fori tronco conici dei due ancoraggi dello strallo.

L'Impresa sarà tenuta a presentare, in tempo utile prima dell'inizio dei lavori, all'esame della Direzione Lavori per la necessaria approvazione:

- a) progetto dettagliato costruttivo del sistema di stralli con indicazione esauriente delle caratteristiche dei materiali;
- b) risultati ufficiali delle prove di laboratorio eseguite preliminarmente su campioni di stralli del tipo di cui è previsto l'impiego;
- c) modalità di posa in opera.

Il progetto del sistema di stralli dovrà rispettare rigorosamente:

- i disegni del progetto della Società;
- la voce di elenco prezzi;
- le prescrizioni del precedente articolo "caratteristiche dei materiali".

## **23.2. NORME DI RIFERIMENTO**

### **Leggi e Raccomandazioni**

- Decreto Ministeriale 17 gennaio 2018, Norme Tecniche per le Costruzioni
- Post Tensioning Institute (PTI) – “Recommendations for Stay Cable Design, Testing and Installation” – sixth edition - 2012
- Federation International du Béton (FIB) – Bulletin 30 – “Acceptance of stay cable systems using prestressing steel” – June 2005
- Service d'Etudes Techniques des Routes et Autoroutes (SETRA) – « Cable stays – Recommendations of French Interministerial commission on Prestressing » – June 2002

### **Norme**

- UNI EN 1992-1-1: 2005 – Eurocodice 2: Progettazione delle strutture in calcestruzzo – Parte 1-1: Regole generali e regole per edifici
  - UNI EN 1993-1-1: 2005 – Eurocodice 3: Progettazione delle strutture di acciaio – Parte 1-1: Regole generali e regole per edifici
- UNI EN 1993-1-11: 2007 – Eurocodice 3: Progettazione delle strutture di acciaio – Parte 1-11: Progettazione di strutture con elementi tesi
- prEN 10138-3: 2006 - “Prestressing steel – Part 3: strands”
- NF A 35-035 - “Fils lisses et torons de precontrainte à sept fils revetus par immersion à chaud de zinc ou d'alliage zinc-aluminium”
- XP A 35-037 “torons en acier à haute résistance protégés guaines”
- UNI EN 10204: 2005 “Prodotti metallici - Tipi di documenti di controllo”
- UNI EN 10083-2: 2006 - “ Acciai da bonifica - Parte 2: Condizioni tecniche di fornitura per acciai non legati ”
- UNI EN 10250-2: 2001 - “Prodotti fucinati di acciaio per impieghi generali - Acciai non legati di qualità e acciai speciali”
- UNI EN 10277-4: 2008 - “Prodotti di acciaio finiti a freddo - Condizioni tecniche di fornitura - Parte 4: Acciai da cementazione”
- UNI EN 10025-2: 2005 - “Prodotti laminati a caldo di acciai per impieghi strutturali - Parte 2: Condizioni tecniche di fornitura di acciai non legati per impieghi strutturali
- UNI EN 12201-2: 2003 Sistemi di tubazioni di materia plastica per la distribuzione dell'acqua, e per scarico e fognature in pressione - Polietilene (PE) - Parte 2: Tubi
- UNI EN ISO 1461: 2009 - Rivestimenti di zincatura per immersione a caldo su prodotti finiti ferrosi e articoli di acciaio - Specificazioni e metodi di prova
- UNI EN ISO 2081: 2009 - Rivestimenti metallici e altri rivestimenti inorganici - Rivestimenti elettrolitici di zinco con trattamenti supplementari su ferro o acciaio

## **23.3. DESCRIZIONE E CARATTERISTICHE DEI SINGOLI ELEMENTI**

### **23.3.1. Trefolo a sette fili**

Dovrà essere impiegato un trefolo a sette fili in acciaio armonico a basso rilassamento secondo quanto previsto all'ART. 4 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI (par. 4.1.5.3 Acciai per cemento armato precompresso e stralli).

Le principali caratteristiche meccaniche, dovranno essere:

- |   |                                   |
|---|-----------------------------------|
| ▪ Tensione caratteristica di rottura                    | $(f_{ptk}) \geq 1860 \text{ MPa}$ |
| ▪ Tensione caratteristica all'1% di deformazione totale | $(f_p(1)k) \geq 1670 \text{ MPa}$ |
| ▪ Allungamento sotto carico massimo                     | $Agt \geq 3,5$                    |
| ▪ Area nominale netta                                   | $(A) 150 \text{ mm}^2$            |
| ▪ Modulo elastico                                       | $(E) 195000 \text{ MPa}$          |

### **23.3.2. Ancoraggi**

Gli ancoraggi saranno forniti in due tipologie diverse in funzione di quanto specificato in progetto:

1. con testa di ancoraggio standard
2. con ancoraggio a forca



Ciascuna tipologia potrà essere impiegata in configurazione “fissa” o “regolabile” in funzione delle richieste progettuali.

*23.3.2.1. Testa di ancoraggio standard*

Le teste d'ancoraggio, sia nella versione regolabile sia in quella fissa, dovranno essere realizzate in acciaio C45+N secondo la norma UNI EN 10083-2 (per i laminati) e UNI EN 10250-2 (per i forgiati).

Dovranno essere provviste di un numero di fori tronco-conici necessari all'afferraggio mediante morsetti dei trefoli costituenti lo strallo.

Saranno altresì munite di fori per l'iniezione della cera protettiva petrolifera presente sia nella camera posteriore sia nel cappuccio protettivo.

Saranno forniti con trattamento di protezione superficiale di tipo galvanizzazione elettrolitica secondo UNI EN ISO 2081.

La lunghezza della testa d'ancoraggio regolabile dovrà essere modulata sulla base delle fasi di regolazione del carico atteso sugli stralli durante l'installazione e la vita dell'opera.

*23.3.2.2. Testa di ancoraggio a forza*

Le forche, sia nella versione regolabile che in quella fissa, dovranno essere realizzate in acciaio G18NiMoCr3-6 secondo la norma EN 10340:2007.

Le forche fisse dovranno essere provviste di un numero di fori tronco-conici necessari all'afferraggio mediante morsetti dei trefoli costituenti lo strallo. Le forche regolabili dovranno essere invece filettate per permettere l'avvitamento del perno filettato.

Dovranno essere forniti con trattamento di protezione superficiale di tipo galvanizzazione elettrolitica secondo UNI EN ISO 2081.

*23.3.2.3. Perno di connessione per ancoraggio a forza*

Il perno di connessione forca-lama di attacco è realizzato in acciaio legato 34CrNiMo6 secondo la norma UNI EN 10083-3.

*23.3.2.4. Morsetti*

I morsetti, di lunghezza totale pari a 50 mm, saranno realizzati in 3 settori, uniti mediante un anellino metallico, realizzati in acciaio da cementazione 16NiCrS4 secondo la norma UNI EN 10277-4.

*23.3.2.5. Camera posteriore ermetica (“wax box”) per ancoraggio standard*

Gli ancoraggi, di entrambi i tipi, saranno provvisti di una camera posteriore nella quale dovrà essere iniettata cera protettiva petrolifera.

Tale elemento sarà provvisto nella parte terminale di un sistema di tenuta ermetica, costituito da un set di dischi in acciaio / nylon ed elastomero, in grado di garantire la completa tenuta della camera una volta iniettata con cera petrolifera.

Tale iniezione si rende necessaria al fine di ripristinare il livello di protezione alla corrosione (vipla in pead) rimosso nella zona del blocco d'ancoraggio per consentire l'afferraggio dei trefoli.

La lunghezza di tale camera potrà essere variata nel caso di stralli particolarmente lunghi, nei quali la vipla, aderente al trefolo, può presentare considerevoli allungamenti in fase di messa in tensione con il martinetto mono-trefolo.

I componenti in acciaio sono provvisti di trattamento di galvanizzazione a caldo secondo EN ISO 1461.

*23.3.2.6. Cappucci protettivi*

Gli ancoraggi dovranno essere forniti provvisti di cappucci di protezione a parziale (tipo M) o totale copertura (tipo T). La scelta d'utilizzo si basa sulla corrosività degli ambienti (secondo ISO 12944-2) in cui ne è prevista l'installazione:

- Tipo M per ambienti in classe C1, C2, C3 e C4;
- Tipo T per ambienti in classe C5-M e C5-I.

Dovranno essere realizzati in acciaio S235J0 secondo la norma UNI EN10025 e provvisti di trattamento di galvanizzazione a caldo secondo EN ISO 1461.

#### **23.3.2.7. Cera protettiva**

L'iniezione della camera posteriore dell'ancoraggio e del suo cappuccio protettivo dovrà avvenire mediante l'impiego di cera petrolifera.

#### **23.3.3. Sistema di deviazione**

Al fine di contenere l'ingombro totale del fascio di trefoli nella sua lunghezza libera e quindi ridurre gli effetti dinamici dovuti all'interazione dello strallo con vento e pioggia, il fascio di trefoli dovrà essere opportunamente compattato al termine della zona di transizione.

Tale restringimento si effettua per mezzo di un sistema a clampa. Al fine di garantire l'applicazione di una deviazione angolare del singolo trefolo non superiore a 1°, la posizione della clampa rispetto all'ancoraggio ad essa prossimo dovrà essere funzione della dimensione dello strallo.

Tale sistema permetterà il massimo compattamento possibile ed è quindi associata alla guaina esterna, presente in lunghezza libera, dal diametro esterno minore possibile.

#### **23.3.4. Ammortizzatori interni**

In corrispondenza dei sistemi di deviazione dovranno essere collocati gli ammortizzatori interni, realizzati in gomma neoprenica e opportunamente serrati in fase di installazione per garantire l'effetto smorzante sullo strallo.

#### **23.3.5. Guaina esterna in plastica**

La guaina esterna in plastica presente in lunghezza libera dello strallo ha la funzione di barriera contro gli agenti atmosferici esterni, realizzando così il 4° livello di protezione descritto.

Dovrà essere realizzata in polietilene ad alta densità secondo EN 12201-2 e potrà essere nera o colorata. Nel secondo caso lo strallo colorato viene coestruso sulla base di colore nero.

Viene generalmente fornita in tubi da 11,8 metri di lunghezza, saldati in cantiere testa a testa fino a raggiungere la lunghezza finale di progetto mediante procedure e attrezzature dedicate.

Può presentare una superficie esterna:

- liscia: impiegabile tendenzialmente solo per stralli di lunghezza limitata ed ubicati in aree con campi di vento d'intensità modesta;
- con risalti elicoidali esterni: impiegabile laddove i rischi di fenomeni vibrazionali indotti da vento e pioggia possano risultare significativi.

La scelta della soluzione ottimale è demandata agli elaborati progettuali.

Premesso che la guaina in questione ha esclusivamente funzione di protezione agli agenti esterni ed al suo interno non vi è alcun prodotto iniettato che riempie gli spazi vuoti fra i trefoli, è comune indicazione normativa impiegare guaine con rapporto SDR (diametro / spessore) minore o uguale a 32.

#### **23.3.6. Tubi anti-vandalismo**

A livello di piano d'impalcato, al fine di impedire eventuali atti vandalici, gli stralli dovranno essere protetti da tubi in acciaio detti "anti-vandalismo".

La loro presenza è principalmente dettata dalla necessità o meno di proteggere la parte degli stralli a livello dell'impalcato. Dovranno essere realizzati in acciaio S235J0.

La loro lunghezza dovrà essere tale da garantire una copertura dello strallo fino ad almeno 2,5 m in verticale sul piano d'impalcato.

### **23.4. PRESTAZIONI DELLA PROTEZIONE ALLA CORROSIONE**

Con riferimento alla protezione alla corrosione, il sistema dovrà essere fornito secondo il criterio dei 4 livelli di protezione.

L'elemento resistente (trefolo a 7 fili) dovrà presentare 3 barriere protettive dirette:

- galvanizzazione a caldo dei singoli fili;
- ricoprimento in cera protettiva;
- co-estrusione aderente di vipla in polietilene ad alta densità.

L'intero fascio di trefoli dovrà essere poi racchiuso in lunghezza libera da una guaina esterna in polietilene ad alta densità che rappresenta il 4° livello.

Laddove nella zona d'ancoraggio la vipla aderente viene rimossa per consentire l'afferraggio dei morsetti, la protezione dovrà essere ripristinata mediante la presenza di una camera posteriore ermetica ("wax box") e dell'iniezione al suo interno di cera protettiva.

Tutti gli elementi in acciaio esposti (forca, testa d'ancoraggio, tenditore, perno) dovranno essere provvisti di trattamento di galvanizzazione a caldo secondo UNI EN ISO 1461. Uno spessore minimo di zinco dovrà essere adottato per garantire adeguata resistenza alla corrosione in ambiente C4 in accordo a UNI EN 14713.

### 23.5. MATERIALI

Elemento	Materiale	Standard
Forca	Acciai da colata	EN 10340:2007
Perno	Acciaio legato 34CrNiMo6	EN 10083-3
Tenditore	Acciaio legato 39NiCrMo3	EN 10083-3
Testa d'ancoraggio	Acciaio legato 39NiCrMo3	EN 10083-3
Morsetti	Acciaio da cementazione	EN 10277-4: 1999
Elementi non strutturali in acciaio	Acciaio S235	EN 10027-1 EN 10250-2
Guaine esterne in plastica	P.e.a.d. (polietilene alta densità)	EN 1872: 2002 EN 12201: 2003

### 23.6. INSTALLAZIONE

La posa in opera degli stralli dovrà essere effettuata da tecnici specializzati, la cui formazione e qualifica avviene secondo adeguate procedure interne.

In particolare la posa in opera dovrà essere effettuata secondo specifiche procedure per le singole fasi di lavoro e con speciali attrezzature necessarie al completamento delle varie fasi. Tali procedure e attrezzature dovranno essere condivise ed approvate dal Direttore dei Lavori prima dell'avvio delle attività.

A titolo esemplificativo si riportano le principali operazioni che dovranno essere eseguite:

1. Trasporto, ricezione e stoccaggio dei materiali in cantiere
2. Posa degli ancoraggi
3. Preparazione e saldatura delle guaine esterne in plastica
4. Preparazione e taglio dei trefoli
5. Issaggio delle guaine
6. Infilaggio dei trefoli
7. Messa in tensione dei trefoli
8. Regolazione degli stralli
9. Iniezione protettiva in cera
10. Finiture complementari

Ogni strallo dovrà essere installato procedendo all'infilaggio di ciascun trefolo nei corrispondenti fori delle teste d'estremità, garantendo in ogni fase il rispetto del parallelismo fra gli elementi costituenti il fascio.

La messa in tensione dei trefoli dovrà avvenire con l'impiego di un martinetto mono-trefolo, garantendo l'uniformità di carico fra i singoli trefoli mediante il riscontro dei medesimi allungamenti (metodo dell' "iso-allungamento"). Tale operazione potrà essere effettuata indistintamente sia dall'ancoraggio regolabile sia da quello fisso.

La messa in tensione dovrà essere svolta anche in più fasi fino al raggiungimento, su ciascuno strallo, della tensione indicata negli elaborati progettuali, prevista per la fase di tesatura.

Al termine della realizzazione dell'intera opera (scavalco/ponte/viadotto), sarà necessario controllare la rispondenza dei tiri con quanto indicato negli elaborati progettuali, relativamente alla fase di messa in esercizio della struttura.

Di seguito si sintetizzano i controlli minimi che saranno effettuati dalla D.L. durante le principali fasi di posa in opera:

<b>N°</b>	<b>Descrizione</b>	<b>Riferimenti</b>	<b>Tracciabilità e controlli</b>
1	Ricezione e stoccaggio materiali in cantiere	Specifica procedura di posa	Specifico piano dei controlli
2	Assemblaggio strallo	Specifica procedura di posa	Completa Specifico piano dei controlli
3	Installazione strallo e tesatura	Specifica procedura di posa	Specifico piano dei controlli
4	Finiture complementari sugli stralli	Specifica procedura di posa	Specifico piano dei controlli

## 23.7. CONTROLLI MINIMI PREVISTI PER I COMPONENTI DEL SISTEMA

Componente	Tracciabilità	Controllo	Estensione	Riferimento	Registrazione
<b>Forche</b>	Completa	Materiale	100%	Disegno / Specifica d'acquisto	Disegni vistati / Certificati vistati / Compilazione moduli di controllo
		Dimensioni			
		Trattamento			
		Ultrasonoro			
		Visivo			
<b>Perno</b>	Completa	Materiale	100%	Disegno / Specifica d'acquisto	Disegni vistati / Certificati vistati / Compilazione moduli di controllo
		Dimensioni			
		Trattamento			
		Ultrasonoro			
		Visivo			
<b>Tenditore</b>	Completa	Materiale	100%	Disegno / Specifica d'acquisto	Disegni vistati / Certificati vistati / Compilazione moduli di controllo
		Dimensioni			
		Trattamento			
		Ultrasonoro			
		Visivo			
<b>Testa d'ancoraggio</b>	Completa	Materiale	100%	Disegno / Specifica d'acquisto	Disegni vistati / Certificati vistati / Compilazione moduli di controllo
		Dimensioni			
		Trattamento			
		Ultrasonoro			
		Visivo			
<b>Morsetti</b>	Completa	Materiale	100%	Disegno / Specifica d'acquisto	Disegno vistato / Certificati vistati / Compilazione modulo di controllo
		Dimensioni	3 campioni per lotto		
		Trattamento			
		Visivo	100%		
<b>Dischi in gomma / nylon</b>	Parziale	Materiale	100%	Disegno / Specifica d'acquisto	Certificato vistato / Disegno vistato
		Dimensioni			
		Visivo			
<b>Dischi in acciaio</b>	Parziale	Materiale	100%	Disegno / Specifica d'acquisto	Certificato vistato / Disegno vistato
		Dimensioni			
		Visivo			
<b>Guaina esterna</b>	Parziale	Materiale	100%	Specifica d'acquisto	Certificato vistato
		Visivo	-		
<b>Tubo antivandalismo / Tubo telescopico</b>	Parziale	Materiale	100%	Disegno / Specifica d'acquisto	Certificato vistato / Disegno vistato
		Dimensioni	5%		
		Visivo	100%		
<b>Trefolo</b>	Completa	Materiale	100%	Specifica d'acquisto	Certificato vistato

## **ART. 24.**

### **SOLLEVAMENTO DI IMPALCATI**

Il sollevamento dal basso di testate di impalcati di ponti e viadotti per sostituzione di apparecchi di appoggio, rifacimento di pulvini, ecc., dovrà essere effettuato mediante apparecchiatura idraulica opportuna posta sotto le travi e sui piani di pila o spalla o su piani di posa realizzati opportunamente mediante particolari attrezzature in acciaio vincolate provvisoriamente alle strutture dell'opera e comandata da centralina a pressioni differenziate e rapporto volumetrico costante per assicurare un sollevamento rigido di tutta la testata senza indurre sollecitazioni torsionali alle strutture, con costante ulteriore controllo del sollevamento mediante trasduttori di misura centesimale con lettura a distanza su apparecchio digitale posto presso il posto di comando della centralina.

Per mantenere sollevati gli impalcati durante il tempo occorrente per i lavori di ripristino dei pulvini e la rettifica dell'appoggio delle travi e loro stagionatura, potranno essere usate scatole a sabbia.

Prima di procedere al sollevamento l'Impresa dovrà accertarsi:

- che la struttura che deve essere sollevata non sia soggetta a sollecitazioni maggiori di quelle previste in esercizio - né localmente né globalmente - quando risulterà appoggiata sui martinetti idraulici;
- che nella fase del sollevamento la struttura risulti comunque stabile nei riguardi di eventuali forze orizzontali applicate (vento, urti, componenti del peso proprio, ecc.).

## **ART. 25.**

### **GIUNTI DI DILATAZIONE**

L'Impresa sarà tenuta a presentare, in tempo utile prima dell'inizio dei lavori, all'esame della Direzione Lavori per la necessaria approvazione:

- a) progetto dettagliato costruttivo dei giunti di dilatazione con indicazione esauriente delle caratteristiche dei materiali;
- b) risultati ufficiali delle prove di laboratorio eseguite preliminarmente su campioni di giunto del tipo di cui è previsto l'impiego;
- c) modalità di posa in opera.

Il progetto dei giunti di dilatazione dovrà rispettare rigorosamente:

- i disegni del progetto della Società;
- la voce di elenco prezzi;
- le prescrizioni del precedente articolo "caratteristiche dei materiali".

## **ART. 26.**

### **IMPERMEABILIZZAZIONE DI IMPALCATI**

#### **26.1. MEDIANTE APPLICAZIONE PER COLATA DI CAPPE DI MASTICE D'ASFALTO SINTETICO**

L'impresa dovrà presentare alla Direzione Lavori, prima dell'inizio dei lavori per la necessaria approvazione, la composizione prevista per il mastice e la curva granulometrica delle sabbie nonché

campioni del prodotto 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 mm 10 e massimo 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.

Le superfici di calcestruzzo da impermeabilizzare dovranno essere stagionate e presentarsi sane e asciutte, esenti da olii, grassi e polvere, prive di residui di boiacca (o di malta cementizia); prima dell'applicazione del mastice si dovrà procedere, pertanto, ad una accurata pulizia dell'impalcato, mediante spazzolatura e successiva energica soffiatura con aria compressa. Seguirà la stesa di un idoneo primer che potrà essere costituito, ad 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./85-90°C), 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/mq nel primo caso e di 0,35-0,50 kg/mq nel secondo. Sul primer verrà posto in opera, dopo evaporazione dell'acqua o del solvente, il mastice di asfalto sintetico, mediante colamento del materiale a temperatura di 200°C (+/-10°C); la sua distribuzione ed il livellamento saranno eseguiti con fratazzi di legno.

Per stese di una certa estensione l'applicazione può essere eseguita a macchina con finitrici particolarmente studiate ed attrezzate, sottoposte a preventiva approvazione della Direzione Lavori.

La posa in opera del mastice non verrà effettuata quando le condizioni meteorologiche non siano tali da garantire la perfetta riuscita del lavoro, e comunque quando la temperatura esterna sia inferiore a 8°C.

Il mastice asfaltico deve essere steso, per quanto possibile, con uno spessore costante, per cui tutte le irregolarità della soletta che si riproducono sulla cappa impermeabilizzante, devono essere portate a livello mediante riempimento con lo stesso materiale che si userà per lo strato protettivo (conglomerato bituminoso tipo binder debitamente rullato o gussasphalt, che dovrà essere solo colato, distribuito e livellato con fratazzi di legno). Sulla superficie così riprofilata, si provvederà poi alla stesa della pavimentazione prescelta. Sulla parete interna dei coronamenti (cordoli) dovrà essere applicata a caldo, previa mano di ancoraggio con primer, una guaina prefabbricata, armata con non tessuti in poliestere del peso minimo di 350 g/mq e impregnata con mastici bituminosi, che verrà poi sigillata e risvoltata per almeno 25 cm sulla cappa di mastice di asfalto e per almeno 10 cm sul bordo superiore del coronamento. I bocchettoni in corrispondenza dei fori di scarico per i pluviali dovranno essere fissati a livello della soletta in calcestruzzo, ed il mastice di asfalto dovrà giungere fino al bordo del foro, coprendo così i risvolti del bocchettone stesso.

Qualora le condizioni dell'impalcato da impermeabilizzare siano tali da determinare irregolarità o soffiature del manto (umidità eccessiva dei calcestruzzi di soletta), dovranno essere adottati tutti quei provvedimenti che la Direzione Lavori prescriverà di volta in volta in relazione allo stato dell'impalcato stesso. In ogni caso si dovrà avere cura che la temperatura dello strato di conglomerato bituminoso, a contatto del manto impermeabile all'atto della stesa, sia almeno di 140°C in modo da ottenere la sigillatura di eventuali fori presenti nello strato di mastice d'asfalto. La confezione del mastice d'asfalto verrà eseguita con idonei impianti di mescolamento fissi o mobili, approvati dalla Direzione Lavori, di potenzialità positiva 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.

Qualora la confezione non venga fatta sul luogo della messa in opera, il trasporto del mastice verrà effettuato con caldaie mobili (bonze), munite anch'esse di agitatore meccanico ed apposito impianto di riscaldamento.

## **26.2. CON GUAINE PREFORMATE ARMATE**

Il manto impermeabile sarà realizzato con guaine preformate, armate con tessuto in poliestere dello spessore complessivo di 4-5 mm, dei quali 2-3 mm di massa bituminosa nella parte inferiore ed un massimo di 0,5 mm sempre di massa bituminosa al di sopra dell'armatura.

Tali guaine saranno incollate, previa fusione con fiamme ad un primer steso in precedenza, curando la perfetta adesione in ogni punto e la tenuta dei giunti (sormonti) di costruzione.

In ogni caso lo spessore medio finito del manto non sarà inferiore a 4 mm; la sua adesione al primer non dovrà essere inferiore a quella di quest'ultimo alla soletta ( $2 \text{ kg/cm}^2$ , misurati con le modalità descritte nel seguito per il primer).

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  $10 \text{ kg/cm}^2$ , in permeametro, a  $60^\circ\text{C}$ , per 5 ore anche nelle zone di giunto.

Il primer di adesione alle superfici in calcestruzzo cementizio, sarà conforme a quanto stabilito al relativo articolo del presente Capitolato. La quantità di primer messo in opera sarà compresa tra 350 e  $500 \text{ gr/m}^2$ .

La viscosità del primer, misurata in "tazza" Ford 4 a  $25^\circ\text{C}$ , dovrà essere compresa tra 20 e 25 sec.

Le caratteristiche della massa bituminosa e del tessuto - non tessuto saranno conformi a quanto stabilito al relativo articolo del presente Capitolato. Il peso del solo non tessuto dovrà essere non inferiore ai  $300 \text{ gr/m}^2$ , per utilizzazione su impalcati lisci o resi tali. Per impalcati con irregolarità superficiali superiori al centimetro sotto regolo di 1 m saranno usate armature più pesanti, fino a  $450 \text{ gr/m}^2$ .

## **ART. 27.**

### **SISTEMA DI IMPERMEABILIZZAZIONE TIPO "VASCA BIANCA"**

Il sistema di impermeabilizzazione della platea e delle pareti verticali di un edificio con la tipologia "vasca bianca" sarà articolato in vari aspetti tutti concorrenti al conseguimento del risultato richiesto, ossia la realizzazione di una vasca in calcestruzzo assolutamente impermeabile e durevole, coperta da garanzia economica decennale. Il sistema dovrà assicurare inoltre la possibilità di eseguire interventi di risanamento al termine di tale periodo e per tutta la vita utile della struttura senza effettuare demolizioni.

Il sistema comprenderà pertanto i seguenti componenti :

#### **1) Engineering**

La ditta fornitrice dovrà operare in regime di controllo di qualità ai sensi della norma ISO 2001-1:2000 certificato.

La ditta fornirà, sulla scorta del progetto, ulteriori elaborati a livello costruttivo che, tenendo conto delle indicazioni progettuali, delle eventuali richieste maturate nel corso dei lavori e in accordo con l'organizzazione cantieristica dell'Impresa Appaltatrice, consentano la realizzazione pianificata della vasca bianca in riferimento agli specifiche peculiarità del cantiere. L'Engineering sarà pertanto assicurata da tecnici competenti ed esperti in materia e coprirà tutta la durata del cantiere. L'Engineering comprenderà anche i controlli di avvenuta qualificazione della ditta fornitrice dei calcestruzzi che dovranno essere certificati come "impermeabili" e realizzati secondo il mix design definito dal sistema "vasca bianca". Andranno eseguiti i controlli su un adeguato numero di provini di calcestruzzo fresco e indurito effettivamente fornito in cantiere che dovrà rispondere, per mezzo di prove chimico-fisiche documentate alle richieste progettuali. Le prove da eseguire riguarderanno almeno l'impermeabilità del cls (UNI/EN206/1-1:2000 (EN12390-8) o DIN1048 con penetrazione massima  $\leq 30\text{mm}$ ), la resistenza alla trazione diretta e la resistenza alla compressione. Il calcestruzzo impermeabile dovrà avere le seguenti caratteristiche tecniche: classe di resistenza min C25/30, classe di esposizione XC2, diametro di spandimento Classe F3 (da 420 a 480 mm), abbassamento al cono di Abrams tra 160 e 210 mm nella classe fluida S4, resistenza alla trazione diretta  $f_{ctk} < 2.6 \text{ N/mm}^2$ , contenuto di cloruri  $< 0.20\text{cl}$ , copriferro  $> 35 \text{ mm}$ , diametro max inerte 32 mm, sezione minima dell'elemento strutturale 25cm, rapporto



acqua/cemento < 0.55. Il numero di provini da testare verrà deciso dalla D.L. in funzione dell'avanzamento dei lavori.

2) Garanzia

La ditta dovrà fornire idonea garanzia dell'impermeabilità di tutte le superfici in calcestruzzo a contatto con l'acqua di falda o interrate eseguiti secondo il sistema "vasca bianca". La garanzia dovrà avere durata 10 anni postuma e coprire tutti i costi insorgenti ad eventuali interventi di riparazione e/o iniezione localizzati o diffusi su tutte le superfici trattate.

3) Programma waterstop ed iniezione

La ditta dovrà fornire e posare in opera tutti gli elementi tecnologici per la realizzazione del sistema di impermeabilizzazione quali : profili di iniezione, manicotti, bocchettoni, tubazioni passanti, giunti di ripresa e di betonaggio, elementi di fessurazione programmata, giunti di sottomurazione, giunti di raccordo porte / lucernari / rampe garage, giunti di dilatazione interrati, scatole di passaggio per tubi, pozzi e risparmi, chiusura di risparmi e canottaggi con malte osmotiche, elementi di impermeabilizzazione di tiranti, ancoraggi e fori passanti di bloccaggio casseri, materiali di iniezione bicomponente e attrezzature per l'iniezione, elementi e materiali accessori quali strati di polietilene e/o pannelli isolanti dove previsti, protezioni contro rapido raffreddamento e/o essiccamento con manti termici per il tempo necessario.

**ART. 28.**

**RILIEVI TOPOGRAFICI PRELIMINARI ALLA RETTIFICA DELLE PAVIMENTAZIONI E  
INDICAZIONI PER LA RESTITUZIONE DEI DATI**

La modifica e l'adeguamento plano-altimetrico della superficie stradale sarà effettuato operando attraverso la fresatura del vecchio conglomerato bituminoso. La fresatura dovrà avvenire, anche per spessori differenti, in modo da realizzare un piano di fresatura ottimale sul quale posare, con spessore costante lo strato di binder e lo strato di usura.

Per rendere possibile la correzione e l'ottimizzazione delle livellette autostradali è quindi necessario effettuare un rilievo topografico puntuale lungo tutti i tratti interessati dagli interventi.

I rilievi dovranno essere eseguiti secondo i tempi e con le modalità concordate con la Direzione Lavori. Presumibilmente si dovrà operare con riduzioni di carreggiata rilevando, in tempi separati, la corsia di sorpasso e, successivamente, le corsie di emergenza e di marcia. Qualora la Direzione Lavori disponga per l'esecuzione del rilievo nelle ore notturne si opererà con deviazioni di carreggiata.

L'Impresa dovrà affidare l'esecuzione del rilievo e della conseguente restituzione dei dati ad un Topografo specializzato e dotato di comprovata esperienza.

Le attività principali da effettuare sono descritte nei paragrafi seguenti.

**28.1. ESECUZIONE DEL RILIEVO**

Rilievo dettagliato del piano viabile autostradale in corrispondenza dei tratti interessati dai vari interventi di manutenzione delle pavimentazioni in conglomerato bituminoso. Il rilievo dovrà prevedere sezioni trasversali poste a distanza di m 10 con rilievo minimo di n° 8 punti per sezione (punto sul ciglio asfalto esterno; punto in mezzzeria alla striscia continua; punto in mezzzeria alla striscia continua corsia di emergenza; punto intermedio al centro della corsia di marcia; punto in mezzzeria alla striscia tratteggiata; punto intermedio al centro della corsia di sorpasso; punto in mezzzeria alla striscia continua corsia di sorpasso; punto sul ciglio asfalto interno). Oltre ai punti minimi dovranno essere rilevati anche tutti i punti che forniscono vincoli quali By-Pass, giunti di ponti, viadotti, caditoie ecc.

**28.2. ELABORAZIONE DATI E DETERMINAZIONE DEGLI SPESSORI DI FRESATURA**

Sulla base delle indicazioni progettuali, previo studio di fattibilità delle future pendenze trasversali ideali mediante verifica dei vincoli esistenti (es. altezza sicurvia), dovranno essere determinate le nuove livellette al fine di rettificare avallamenti del piano viabile, ed uniformare le pendenze trasversali.

La documentazione dovrà evidenziare il profilo dei cigli dello stato attuale e della nuova situazione di progetto e comprendere i seguenti elaborati grafici:

- planimetrie (scala lunghezze 1:500, scala larghezze 1:200);
- sezioni trasversali;
- profili longitudinali (scala lunghezze 1:500, scala altezze 1:25);
- stima dei volumi interessati dalle operazioni di demolizione e rifacimento della pavimentazione.

Il Topografo incaricato dovrà provvedere alla consegna degli elaborati progettuali predisposti alla Direzione Lavori per verifica ed approvazione.

### **28.3. INDICAZIONI OPERATIVE**

In corrispondenza delle sezioni rilevate, il Topografo incaricato dovrà riportare sulla pavimentazione, in modo chiaro e leggibile a distanza, gli spessori della fresatura a cui l'operatore della macchina fresatrice dovrà fare riferimento per le operazioni di corretta demolizione dello strato esistente. Tali quote dovranno essere collocate a distanze non superiori a 2 m o secondo le indicazioni della DL.

### **28.4. VERIFICA DELLA FRESATURA**

Il Topografo incaricato dovrà procedere alla verifica della corretta esecuzione della fresatura in conformità alle quote precedentemente determinate ed indicate. Qualora dovessero essere rilevati scostamenti superiori a cm 2 questi dovranno essere comunicati alla DL e dovranno essere intraprese opportune misure correttive approvate dalla Direzione Lavori.

### **28.5. DOCUMENTAZIONE**

Tutti gli elaborati relativi al rilievo, alla progettazione ed alla verifica dovranno essere consegnati alla Direzione Lavori sia in formato cartaceo sia in formato digitale.

## **ART. 29.** **DEMOLIZIONE DELLA SOVRASTRUTTURA STRADALE**

### **29.1. DEMOLIZIONE DELLA PAVIMENTAZIONE IN CONGLOMERATO BITUMINOSO MEDIANTE FRESATURA**

La demolizione parziale o totale della sovrastruttura, per la parte della pavimentazione legata a bitume, sarà effettuata mediante fresatura dell'intero spessore o parte di esso, secondo le indicazioni della Direzione Lavori; dovranno essere impiegati adeguati mezzi meccanici, muniti di frese a tamburo, funzionanti a freddo e dotati di nastro trasportatore per il carico del materiale demolito.

L'appaltatore, per l'esecuzione dei lavori e per l'intera durata degli stessi, dovrà mettere a disposizione frese con le seguenti caratteristiche minime:

- |                             |              |
|-----------------------------|--------------|
| - Potenza del motore        | ≥ 350 kW     |
| - Normativa antinquinamento | ≥ EU Stage 2 |

Tutte le attrezzature dovranno essere in perfetto stato di esercizio ed avere le caratteristiche meccaniche, dimensionali e produttive approvate preventivamente dalla Direzione Lavori. E' necessario che gli utensili impiegati siano sempre taglienti ed in perfetta efficienza al fine di garantire un taglio netto del cassonetto che non deve presentare irregolarità, sgranamenti o slabbature; la velocità di avanzamento delle fresatrici non dovrà mai essere spinta oltre il limite che possa compromettere la regolare esecuzione della lavorazione.

La superficie del cassonetto dovrà risultare perfettamente regolare in tutti i punti, priva di residui di strati non completamente fresati che possono compromettere l'aderenza con gli strati sovrapposti. I bordi laterali dello strato da fresare, inaccessibili al tamburo della fresa, dovranno essere rimossi manualmente o con il ricorso a mezzi meccanici di adeguate dimensioni.

L'Impresa si dovrà scrupolosamente attenere agli spessori di fresatura determinati sulla base di un rilievo strumentale effettuato a carico dell'Impresa ed approvato dal Direttore dei Lavori. Qualora gli spessori dovessero risultare inadeguati e comunque diversi in difetto o in eccesso rispetto a quanto previsto, l'Impresa è

tenuta a darne immediata comunicazione alla Direzione Lavori o ad un suo incaricato che potranno autorizzare la modifica delle quote di scarifica.

Il rilievo dei nuovi spessori dovrà essere effettuato in contraddittorio.

Nel caso in cui, a seguito di verifiche effettuate tramite rilievi topografici, a carico dell'Impresa, sia necessario modificare la pendenza trasversale della sede stradale, la profondità della fresatura potrà variare nella sezione trasversale. Al fine di eseguire in maniera corretta la fresatura è necessario che sulla fresa vi siano due operatori: uno adibito al normale funzionamento del macchinario, l'altro addetto all'osservanza delle variazioni degli spessori di fresatura secondo le indicazioni poste precedentemente sulla pavimentazione.

La superficie del piano fresato dovrà essere mantenuta lineare, regolare e perfettamente pulita mediante l'utilizzo di attrezzature munite di spazzole rotanti aventi dispositivi aspiranti.

Le pareti dei tagli longitudinali dovranno risultare perfettamente verticali e con andamento longitudinale rettilineo e privo di sgretolature. Di norma i tagli trasversali dovranno essere ortogonali all'asse stradale ed avere andamento regolare al fine di favorire l'esecuzione del giunto in conglomerato bituminoso.

Prima della posa in opera dei nuovi strati della pavimentazione, il piano e le pareti del cassonetto fresato dovranno risultare perfettamente puliti e asciutti, pronti per la copertura della mano d'attacco in legante bituminoso.

## **29.2. DEMOLIZIONE DELLA SOVRASTRUTTURA MEDIANTE METODI TRADIZIONALI**

La demolizione della sovrastruttura, sia per la parte della pavimentazione sia per la fondazione, può essere effettuata mediante l'impiego di attrezzature meccaniche come escavatori, pale meccaniche caricatori, martelli demolitori ecc. Tale modalità di intervento sarà disposta dalla Direzione Lavori per specifiche esigenze esecutive quali le dimensioni o le tipologie di scavo.

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

L'Impresa dovrà ripristinare eventuali danni causati alla pavimentazione non soggetta a demolizione durante l'attività di scavo. Il piano di posa della pavimentazione demolita dovrà essere regolarizzato e compattato.

## **29.3. VERIFICA DELLA PORTANZA DEL PIANO DI POSA**

Sullo stabilizzato, messo a giorno, dopo la fresatura, negli interventi di risanamento andranno eseguite, di norma, sistematicamente ogni 500 m, delle prove di piastra, secondo la Norma C.N.R. B.U. n. 146/92 ("Determinazione dei moduli di deformazione  $M_d$  e  $M'd$  mediante prova di carico a doppio ciclo con piastra circolare").

Qualora il modulo di reazione misurato risultasse inferiore a  $800 \text{ kg/cm}^2$ , misurato nell'intervallo compreso tra  $1,5$  e  $2,5 \text{ kg/cm}^2$ , potranno essere intrapresi opportuni interventi di bonifica con idonei materiali stabiliti dalla D.L..

### **ART. 30.**

### **SOVRASTRUTTURA STRADALE**

Per le sedi unidirezionali delle autostrade (carreggiate), nei tratti in rettilineo, ed anche per le banchine, si adotterà, di norma, la pendenza trasversale del 2,5%.

Le curve saranno convenientemente rialzate sul lato esterno con la pendenza definita attraverso l'analisi dei dati dei rilievi topografici secondo le modalità esecutive descritte all'articolo "Rilievi topografici preliminari e indicazioni per la restituzione dei dati", e verificata dalla DL in relazione al raggio della curva e con gli opportuni tratti di transizione per il raccordo della sagoma in curva con quella dei rettifili o altre curve precedenti e seguenti.

Le quote stabilite in progetto potranno essere comunque modificate dalla Direzione Lavori sulla base delle misurazioni e delle valutazioni effettuate in fase esecutiva.

Il tipo e lo spessore dei vari strati costituenti la sovrastruttura saranno quelli stabiliti per ciascun tratto dal progetto, in base ai risultati di indagini geotecniche e prove di laboratorio preliminari e in fase di intervento.

L'Impresa indicherà alla Direzione Lavori i materiali che intende impiegare per lo strato precisandone il tipo e la provenienza in conformità agli articoli delle presenti Prescrizioni tecniche.

La Direzione Lavori ordinerà prove su detti materiali, o su altri di sua scelta, per il controllo delle caratteristiche richieste. Tali prove verranno, di norma, ripetute sistematicamente, durante l'esecuzione dei lavori, nei laboratori di cantiere fissi, mobili o nelle sedi di laboratori sopraddecati.

L'approvazione della Direzione Lavori circa i materiali, le attrezzature, le tecnologie di produzione e messa in opera, non solleva l'Impresa dalla responsabilità circa la buona riuscita del lavoro.

L'Impresa avrà cura di garantire la costanza, nell'omogeneità e nel tempo, delle caratteristiche delle miscele, degli impasti e della sovrastruttura posta in opera.

La sovrastruttura stradale comprende gli strati della fondazione e gli strati della pavimentazione. Sulla base degli spessori definiti nel progetto, lo strato di fondazione realizzato con materiale legato con emulsione bituminosa modificata o con bitume schiumato, potrà sostituire lo strato di base in conglomerato bituminoso prodotto a caldo in impianto. I materiali utilizzati, qualificati mediante specifico studio preliminare approvato dalla Direzione Lavori, dovranno essere sottoposti ad un controllo prestazionale delle caratteristiche.

### 30.1. FONDAZIONE STRADALE

Nella tabella seguente sono riportati i materiali utilizzati per la formazione della fondazione stradale, specificati nelle presenti Norme tecniche:

TIPOLOGIE DEI MATERIALI UTILIZZATI PER LA FONDAZIONE STRADALE		
DESCRIZIONE	TIPO	MATERIALI
MISTO GRANULARE NATURALE	NON LEGATA	Aggregati naturali
MISTO GRANULARE RICICLATO	NON LEGATA	Aggregati riciclati
MISTO GRANULARE CEMENTATO	LEGATA	Aggregati naturali e cemento
MISTO GRANULARE LEGATO CON CEMENTO ED EMULSIONE BITUMINOSA MEDIANTE LA TECNICA DELLA MISCELAZIONE IN SITO	LEGATA	Aggregati naturali dello strato di misto granulare non legato (stabilizzato), conglomerato bituminoso fresato, emulsione di bitume modificato e cemento
CONGLOMERATO RICICLATO LEGATO CON BITUME SCHIUMATO	LEGATA	Conglomerato bituminoso fresato, bitume schiumato e cemento
CONGLOMERATO RICICLATO LEGATO CON EMULSIONE BITUMINOSA	LEGATA	Conglomerato bituminoso fresato, emulsione di bitume modificato e cemento
RIGENERAZIONE A FREDDO FONDAZIONE E BASE CON LA TECNICA DEL CEMENTO ED EMULSIONE BITUMINOSA	LEGATA	Conglomerato bituminoso fresato, aggregati naturali dello strato di misto granulare non legato (stabilizzato), emulsione di bitume modificato e cemento

I materiali utilizzati per la formazione della fondazione stradale dovranno soddisfare i requisiti stabiliti dalla Norme armonizzata UNI EN 13242: "Aggregati per materiali non legati e legati con leganti idraulici per l'impiego in opere di ingegneria civile e nella costruzione di strade".

I materiali riciclati dalle demolizioni dovranno essere conformi alle seguenti norme:

- Decreto Ministeriale (Ambiente) 8 maggio 2003, n. 203 (Utilizzo di materiale riciclato);
- Decreto Ministeriale 5 febbraio 1998, n. 22 (Procedure di recupero dei rifiuti non pericolosi) come modificato dal Decreto Ministeriale 5 aprile 2006 n. 186 e s.m.i.

L'Impresa è tenuta a presentare lo studio preliminare della miscela che intende utilizzare, con congruo anticipo rispetto all'inizio dei lavori (almeno due settimane prima) e per ogni cantiere di produzione.

La Direzione Lavori si riserva di approvare i risultati ottenuti ed ha facoltà di richiedere all'Impresa ulteriori analisi sulle miscele e sui materiali presso un proprio laboratorio incaricato.

L'Impresa dovrà attenersi scrupolosamente allo studio preliminare approvato dalla Direzione Lavori.

#### 30.1.1. Misto granulare naturale

##### 30.1.1.1. Descrizione

Il misto granulare naturale è costituito da una miscela non legata di aggregati ottenuti mediante trattamento di materiali naturali.

Il prodotto dovrà essere conforme alla norma UNI EN 13285 "Miscele non legate - specifiche" e sarà designato secondo la seguente dicitura:

<b>MISTO GRANULARE NATURALE</b>	<b>0 / 31,5</b>
---------------------------------	-----------------

**30.1.1.2. Materiali costituenti**

**Aggregati**

I requisiti di accettazione degli aggregati naturali impiegati, qualora non specificato diversamente, dovranno essere conformi alle seguenti prescrizioni:

- UNI EN 932-3 "Procedura e terminologia per la descrizione petrografica semplificata";
- Regolamento prodotti da costruzione CPR 305/11;
- Allegato ZA della Norma armonizzata UNI EN 13242 "Aggregati per materiali non legati e legati con leganti idraulici per l'impiego in opere di ingegneria civile e nella costruzione di strade".

Il prelievo dei campioni da sottoporre ad analisi deve essere effettuato in conformità alla norma UNI EN 932-1 "Metodi di campionamento degli aggregati".

Gli aggregati naturali utilizzati dovranno soddisfare i requisiti riportati nella seguente tabella:

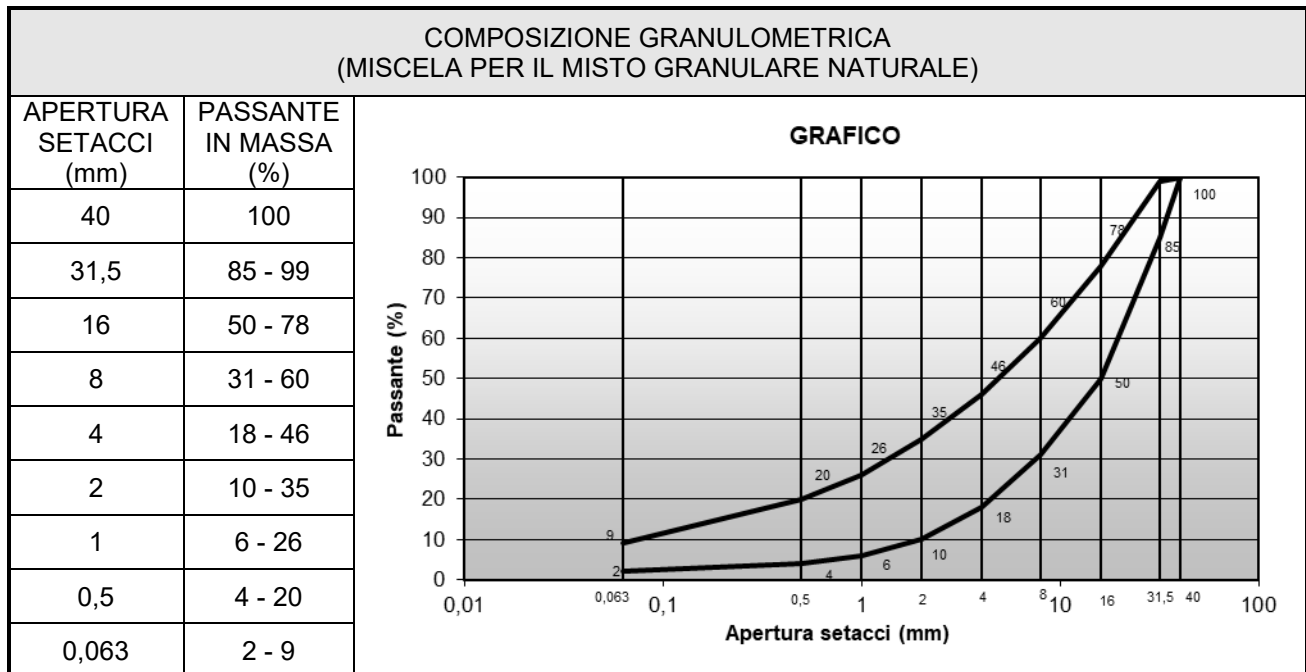
CARATTERISTICHE DEGLI AGGREGATI (MISCELA PER IL MISTO GRANULARE NATURALE)					
REQUISITO	METODO DI PROVA	SIMBOLO	UM	VALORE LIMITE	CATEGORIA (UNI EN 13242)
Dimensione massima	UNI EN 933-1	$D_{max}$	mm	$\leq 40$	-
Requisito di granulometria (per ogni classe utilizzata)	UNI EN 933-1	$G_C$	%	-	$G_{C85-15}$
Resistenza alla frammentazione	UNI EN 1097-2	LA	%	$\leq 30$	$LA_{30}$
Resistenza al gelo/disgelo	UNI EN 1367-1	F	%	$\leq 1$	$F_1$
Percentuale di superfici frantumate	UNI EN 933-5	C	%	$\geq 70$	$C_{70}$
Coefficiente di appiattimento	UNI EN 933-3	FI	%	$\leq 35$	$FI_{35}$
Coefficiente di forma	UNI EN 933-4	SI	%	$\leq 35$	$SI_{35}$
Equivalente in sabbia	UNI EN 933-8	SE	%	$\geq 50$	-
Limite liquido	UNI CEN ISO/TS 17892-12	$W_L$	%	$\leq 15$	-
Indice di plasticità	UNI CEN ISO/TS 17892-12	$I_p$	%	N.P.	-
Componenti idrosolubili	UNI EN 1744-3			Assenti	-
Sostanze organiche	UNI EN 1744-1			Assenti	-

**30.1.1.3. Caratteristiche della miscela**

La miscela degli aggregati impiegati per il confezionamento del misto granulare naturale non legato per lo strato di fondazione dovrà avere le caratteristiche granulometriche conformi ai requisiti definiti nella seguente tabella:

CARATTERISTICHE DELLA MISCELA (MISCELA PER IL MISTO GRANULARE NATURALE)					
REQUISITO	METODO DI PROVA	SIMBOLO	UM	VALORE LIMITE	CATEGORIA (UNI EN 13285)
Designazione della miscela	UNI EN 13285	-	-	0/40	-
Contenuto massimo dei fini	UNI EN 13285	UF	%	≤ 9	UF <sub>9</sub>
Contenuto minimo dei fini	UNI EN 13285	LF	%	≥ 2	LF <sub>2</sub>
Sopravaglio	UNI EN 13285	OC	%	da 85 a 99	OC <sub>85</sub>
Classificazione granulometrica	UNI EN 13285	G <sub>0</sub>	-	-	G <sub>0</sub>

La composizione granulometrica, determinata in conformità alla norma UNI EN 13285 utilizzando i setacci appartenenti al gruppo base + 2, dovrà essere compresa nei limiti del fuso riportato nella seguente tabella:



L'Impresa dovrà inoltre effettuare uno studio preliminare sulla miscela che intende utilizzare per la formazione della fondazione stradale. Tale studio dovrà comprendere la determinazione della curva di costipamento con energia Proctor Modificata (UNI EN 13286-2) e l'indice di portanza CBR in condizioni di saturazione (UNI EN 13286-47).

Lo studio della miscela, la fonte di approvvigionamento e le modalità di produzione dovranno essere documentate e presentate alla Direzione Lavori entro quindici giorni dall'inizio dei lavori per l'approvazione.

L'Indice di portanza CBR sul materiale passante al setaccio 45, dopo 4 giorni di imbibizione in acqua, dovrà essere superiore a 50. E' inoltre richiesto che tale condizione sia verificata per un intervallo di +2% rispetto all'umidità ottimale di costipamento.

Non saranno ammesse variazioni sulla composizione ottimale della miscela validata ed accettata dalla Direzione Lavori, eccedenti le tolleranze massime riportate nella tabella seguente:

TOLLERANZE AMMESSE RIFERITE ALLA COMPOSIZIONE OTTIMALE VALIDATA (MISCELA PER IL MISTO GRANULARE NATURALE)	
MATERIALE COSTITUENTE	TOLLERANZE AMMESSE
Aggregato grosso (trattenuto al setaccio 2 mm)	± 5%
Aggregato fine (passante al setaccio 2 mm e trattenuto al setaccio 0,063 mm)	± 2%

Il misto granulare naturale costipato in opera dovrà avere le caratteristiche di addensamento e di portanza conformi ai requisiti riportati nella seguente tabella:

CARATTERISTICHE DELLO STRATO DI FONDAZIONE (MISCELA PER IL MISTO GRANULARE NATURALE)				
REQUISITO	METODO DI PROVA	SIMBOLO	UM	VALORE LIMITE
Densità in situ (rispetto alla densità massima Proctor)	DIN 18125 – UNI EN 13286-2	-	%	> 98
Modulo di deformazione (portanza su piastra con intervallo fra 0,15 e 0,25 MPa)	CNR 146	M <sub>d</sub>	MPa	> 80

#### 30.1.1.4. Posa in opera del materiale

Il materiale Misto granulare naturale utilizzato per l'esecuzione della fondazione stradale dovrà essere messo in opera a strati di spessore uniforme e non superiore a 25 cm. Ogni strato dovrà essere costipato alla densità prevista e, qualora necessari, l'Impresa dovrà aggiungere acqua, mediante spruzzatura, fino al raggiungimento della quantità prescritta in funzione del massimo addensamento.

Ogni strato dovrà presentare una superficie superiore conforme alle pendenze finali così da evitare ristagni d'acqua e danneggiamenti. L'Impresa non potrà procedere alla stesa degli strati successivi senza l'approvazione della Direzione Lavori.

Lo spessore dovrà essere quello previsto dal Progettista o dal Direttore Lavori, con una tolleranza di ± 5%, purché tale tolleranza si presenti solo saltuariamente.

La superficie finita non dovrà scostarsi dalla sagoma di progetto di oltre 1 cm. La verifica sarà effettuata mediante l'utilizzo di un regolo con lunghezza di 3000 mm posizionato secondo due direzioni ortogonali.

Il materiale dovrà essere steso mediante l'utilizzo di grader o vibrofinitrici e costipato con rulli vibranti gommati e/o combinati (cilindri in ferro e gomma).

Le lavorazioni dovranno essere sospese in caso di condizioni ambientali sfavorevoli (precipitazioni meteoriche, gelo) per non compromettere le caratteristiche della fondazione. Eventuali porzioni di materiale alterato da eccessiva quantità di acqua o da deformazioni dovute al gelo, dovranno essere rimosse e ripristinate.

Sullo strato di fondazione, compattato in conformità alle prescrizioni descritte, è opportuno procedere celermente con l'esecuzione della pavimentazione. Ciò al fine di prevenire fenomeni di allentamento, di asportazione e disgregazione del materiale fine, interessanti la parte superficiale degli strati di fondazione che non siano adeguatamente protetti dal traffico di cantiere, ovvero dagli agenti atmosferici. Nel caso in cui non sia possibile procedere immediatamente dopo la stesa dello strato di fondazione alla realizzazione della pavimentazione, sarà opportuno procedere alla stesa di una mano di emulsione bituminosa a lenta rottura saturata con graniglia a protezione della superficie superiore dello strato di fondazione.



### 30.1.2. Misto granulare riciclato

#### 30.1.2.1. Descrizione

Il misto granulare riciclato è costituito da una miscela non legata di aggregati ottenuti mediante recupero e trattamento di rifiuti provenienti dalle attività di costruzione e demolizione (C&D). Gli aggregati riciclati dovranno provenire da impianti di produzione regolarmente autorizzati all'esercizio in conformità a quanto previsto dal D. Lgs. 3 aprile 2006 n.152 "Norme in materia ambientale" e s.m.i.

Il prodotto dovrà essere conforme alla norma UNI EN 13285 "Miscele non legate - specifiche" e sarà designato secondo la seguente dicitura:

<b>MISTO GRANULARE RICICLATO</b>	<b>0 / 31,5</b>
----------------------------------	-----------------

#### 30.1.2.2. Materiali costituenti

#### Aggregati

I requisiti di accettazione degli aggregati riciclati impiegati, qualora non specificato diversamente, dovranno essere conformi alle seguenti prescrizioni:

- UNI EN 932-3 "Procedura e terminologia per la descrizione petrografica semplificata";
- Regolamento prodotti da costruzione CPR 305/11;
- Allegato ZA della Norma armonizzata UNI EN 13242 "Aggregati per materiali non legati e legati con leganti idraulici per l'impiego in opere di ingegneria civile e nella costruzione di strade";
- D.M. 5 febbraio 1998 come modificato dal Decreto Ministeriale 5 aprile 2006 n. 186 e s.m.i.

Il prelievo dei campioni da sottoporre ad analisi deve essere effettuato in conformità alla norma UNI EN 932-1 "Metodi di campionamento degli aggregati".

Gli aggregati naturali utilizzati dovranno soddisfare i requisiti riportati nella seguente tabella:

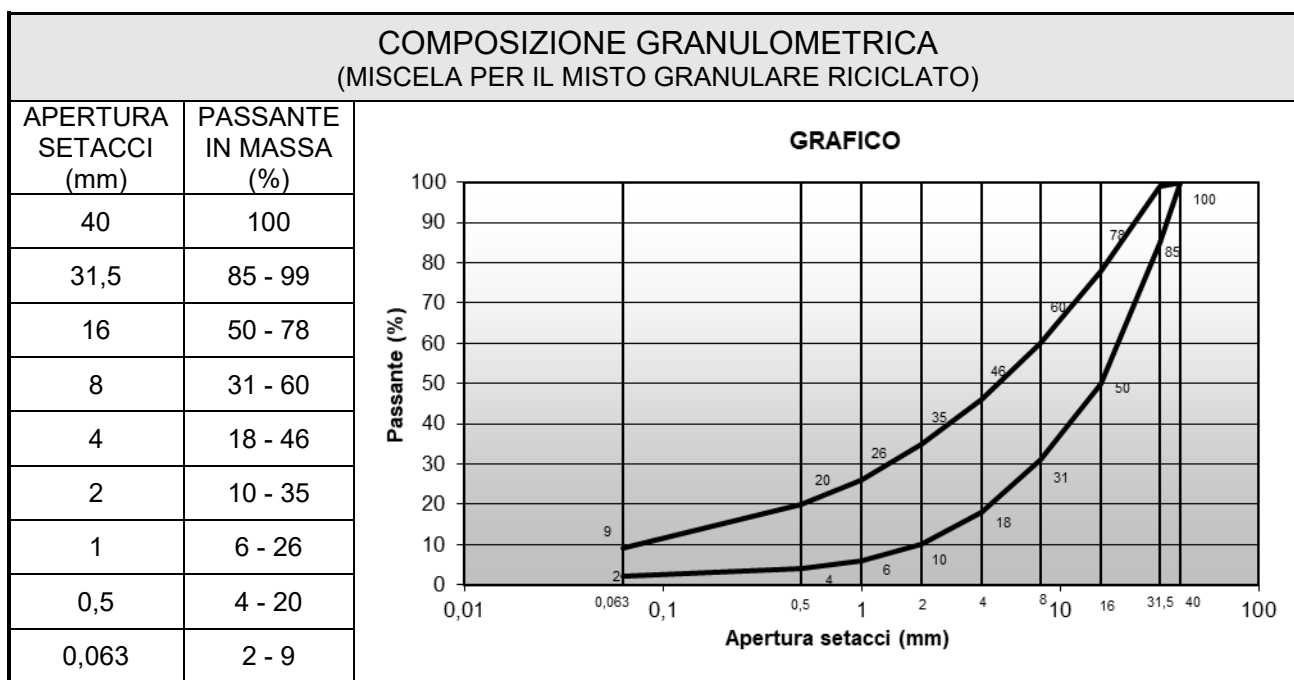
CARATTERISTICHE DEGLI AGGREGATI (MISCELA PER IL MISTO GRANULARE RICICLATO)					
REQUISITO	METODO DI PROVA	SIMBOLO	UM	VALORE LIMITE	CATEGORIA (UNI EN 13242)
Dimensione massima	UNI EN 933-1	$D_{max}$	mm	$\leq 40$	-
Requisito di granulometria (per ogni classe utilizzata)	UNI EN 933-1	$G_C$	%	-	$G_{C85-15}$
Resistenza alla frammentazione	UNI EN 1097-2	LA	%	$\leq 30$	$LA_{30}$
Resistenza al gelo/disgelo	UNI EN 1367-1	F	%	$\leq 1$	$F_1$
Percentuale di superfici frantumate	UNI EN 933-5	C	%	$\geq 70$	$C_{70}$
Coefficiente di appiattimento	UNI EN 933-3	FI	%	$\leq 35$	$FI_{35}$
Coefficiente di forma	UNI EN 933-4	SI	%	$\leq 35$	$SI_{35}$
Equivalente in sabbia	UNI EN 933-8	SE	%	$\geq 50$	-
Limite liquido	UNI CEN ISO/TS 17892-12	$W_L$	%	$\leq 15$	-
Indice di plasticità	UNI CEN ISO/TS 17892-12	$I_p$	%	N.P.	-
Componenti idrosolubili	UNI EN 1744-3			ASSENTI	-
Sostanze organiche	UNI EN 1744-1			ASSENTI	-

**30.1.2.3. Caratteristiche della miscela**

La miscela degli aggregati impiegati per il confezionamento del misto granulare riciclato per lo strato di fondazione dovrà avere le caratteristiche granulometriche conformi ai requisiti definiti nella seguente tabella:

CARATTERISTICHE DELLA MISCELA (MISCELA PER IL MISTO GRANULARE RICICLATO)					
REQUISITO	METODO DI PROVA	SIMBOLO	UM	VALORE LIMITE	CATEGORIA (UNI EN 13285)
Designazione della miscela	UNI EN 13285	-	-	0/40	-
Contenuto massimo dei fini	UNI EN 13285	UF	%	≤ 9	UF <sub>9</sub>
Contenuto minimo dei fini	UNI EN 13285	LF	%	≥ 2	LF <sub>2</sub>
Sopravaglio	UNI EN 13285	OC	%	da 85 a 99	OC <sub>85</sub>
Classificazione granulometrica	UNI EN 13285	G <sub>0</sub>	-	-	G <sub>0</sub>

La composizione granulometrica, determinata in conformità alla norma UNI EN 13285 utilizzando i setacci appartenenti al gruppo base + 2, dovrà essere compresa nei limiti del fuso riportato nella seguente tabella:



L'Impresa dovrà inoltre effettuare uno studio preliminare sulla miscela che intende utilizzare per la formazione della fondazione stradale. Tale studio dovrà comprendere la determinazione della curva di costipamento con energia Proctor Modificata (UNI EN 13286-2) e l'indice di portanza CBR in condizioni di saturazione (UNI EN 13286-47).

Lo studio della miscela, la fonte di approvvigionamento e le modalità di produzione dovranno essere documentate e presentate alla Direzione Lavori entro quindici giorni dall'inizio dei lavori per l'approvazione.

L'Indice di portanza CBR sul materiale passante al setaccio 45, dopo 4 giorni di imbibizione in acqua, dovrà essere superiore a 50. E' inoltre richiesto che tale condizione sia verificata per un intervallo di +2% rispetto all'umidità ottimale di costipamento.

Non saranno ammesse variazioni sulla composizione ottimale della miscela validata ed accettata dalla Direzione Lavori, eccedenti le tolleranze massime riportate nella tabella seguente:

TOLLERANZE AMMESSE RIFERITE ALLA COMPOSIZIONE OTTIMALE VALIDATA (MISCELA PER IL MISTO GRANULARE RICICLATO)	
MATERIALE COSTITUENTE	TOLLERANZE AMMESSE
Aggregato grosso (trattenuto al setaccio 2 mm)	± 5%
Aggregato fine (passante al setaccio 2 mm e trattenuto al setaccio 0,063 mm)	± 2%

Il misto granulare riciclato costipato in opera dovrà avere le caratteristiche di addensamento e di portanza conformi ai requisiti riportati nella seguente tabella:

CARATTERISTICHE DELLO STRATO DI FONDAZIONE (MISCELA PER IL MISTO GRANULARE RICICLATO)				
REQUISITO	METODO DI PROVA	SIMBOLO	UM	VALORE LIMITE
Densità in situ (rispetto alla densità massima Proctor)	DIN 18125 – UNI EN 13286-2	-	%	> 98
Modulo di deformazione (portanza su piastra con intervallo fra 0,15 e 0,25 MPa)	CNR 146	M <sub>d</sub>	MPa	> 80

#### 30.1.2.4. Caratteristiche di ecocompatibilità

Gli aggregati riciclati devono appartenere alle tipologie previste dal D.M. 5 febbraio 1998 e s.m.i. Le sostanze componenti ed il contenuto percentuale ammesso sono riportate nella seguente tabella:

SOSTANZE COMPONENTI (MISCELA PER IL MISTO GRANULARE RICICLATO)				
COMPONENTE	METODO DI PROVA	SIMBOLO	UM	VALORE LIMITE
Materiali litici di qualunque provenienza, pietrisco tolto d'opera, calcestruzzi, laterizi, refrattari, ceramici, malte, intonaci, scorie spente e loppe di fonderia di metalli ferrosi (caratterizzate secondo UNI EN 13242).	UNI EN 933-11	R <sub>cug</sub>	%	> 90
Vetro e scorie vetrose		R <sub>g</sub>	%	≤ 5
Conglomerati bituminosi		R <sub>a</sub>	%	≤ 5
Altri rifiuti minerali dei quali sia ammesso il recupero nel corpo stradale ai sensi della legislazione vigente.		-	%	≤ 15 (totale) ≤ 5 (singolo)
Materiali deperibili: carta, legno, fibre, cellulosa, sostanze organiche eccetto bitume; materiali plastici		FL	%	≤ 0,1
Altri materiali (metalli, gesso, gomme, etc.)		X	%	≤ 0,4

Qualora il materiale venga posizionato a contatto con strutture in calcestruzzo il contenuto di solfato solubile in acido (AS), determinato secondo la Norma UNI EN 1744-1, deve essere inferiore a 0,8 per cento (categoria massima AS<sub>0,8</sub>).

Il Produttore deve effettuare la verifica di rilascio di eventuali sostanze (test di cessione) secondo le Norme UNI 10802 (Appendice A) e UNI EN 12457-2. I valori riscontrati per i parametri di riferimento devono essere conformi all'Allegato 3 del del DM 5 febbraio 1998 così come modificato dal DM 5 aprile 2006 n. 186. Nella tabella seguente sono riportati i parametri di riferimento.

PARAMETRI DI ECOCOMPATIBILITA' (test di cessione) (MISCELA PER IL MISTO GRANULARE RICICLATO)			
PARAMETRO	SIMBOLO	UM	VALORE LIMITE
Acidità	pH	unità pH	da 5,5 a 12,0
Domanda Chimica di Ossigeno	COD	mg/l	30
Amianto	-	mg/l	30
Arsenico	As	µg/l	50
Bario	Ba	mg/l	1
Berillio	Be	µg/l	10
Cadmio	Cd	µg/l	5
Cianuri	Cn	µg/l	50
Cloruri	Cl	mg/l	100
Cobalto	Co	µg/l	250
Cromo totale	Cr	µg/l	50
Fluoruri	F	mg/l	1,5
Mercurio	Hg	µg/l	1
Nichel	Ni	µg/l	10
Nitrati	NO <sub>3</sub>	mg/l	50
Piombo	Pb	µg/l	50
Rame	Cu	mg/l	0,05
Selenio	Se	µg/l	10
Solfati	So <sub>4</sub>	mg/l	250
Vanadio	V	µg/l	250
Zinco	Zn	mg/l	3
NORME DI RIFERIMENTO: le analisi sui campioni devono essere effettuate secondo metodiche standardizzate o riconosciute valide a livello nazionale, comunitario o internazionale.			

#### 30.1.2.5. Posa in opera del materiale

Il materiale misto granulare naturale utilizzato per l'esecuzione della fondazione stradale dovrà essere messo in opera a strati di spessore uniforme e non superiore a 25 cm. Ogni strato dovrà essere costipato alla densità prevista e, qualora necessari, l'Impresa dovrà aggiungere acqua, mediante spruzzatura, fino al raggiungimento della quantità prescritta in funzione del massimo addensamento.

Ogni strato dovrà presentare una superficie superiore conforme alle pendenze finali così da evitare ristagni d'acqua e danneggiamenti. L'Impresa non potrà procedere alla stesa degli strati successivi senza l'approvazione della Direzione Lavori.

Lo spessore dovrà essere quello previsto dal Progettista o dal Direttore Lavori, con una tolleranza di  $\pm 5\%$ , purché tale tolleranza si presenti solo saltuariamente.

La superficie finita non dovrà scostarsi dalla sagoma di progetto di oltre 1 cm. La verifica sarà effettuata mediante l'utilizzo di un regolo con lunghezza di 3000 mm posizionato secondo due direzioni ortogonali.

Il materiale dovrà essere steso mediante l'utilizzo di grader o vibrofinitrici e costipato con rulli vibranti gommati e/o combinati (cilindri in ferro e gomma).

Le lavorazioni dovranno essere sospese in caso di condizioni ambientali sfavorevoli (precipitazioni meteoriche, gelo) per non compromettere le caratteristiche della fondazione. Eventuali porzioni di materiale alterato da eccessiva quantità di acqua o da deformazioni dovute al gelo, dovranno essere rimosse e ripristinate.

Sullo strato di fondazione, compattato in conformità alle prescrizioni descritte, è opportuno procedere celermente con l'esecuzione della pavimentazione. Ciò al fine di prevenire fenomeni di allentamento, di asportazione e disgregazione del materiale fine, interessanti la parte superficiale degli strati di fondazione che non siano adeguatamente protetti dal traffico di cantiere, ovvero dagli agenti atmosferici. Nel caso in cui non sia possibile procedere immediatamente dopo la stesa dello strato di fondazione alla realizzazione della pavimentazione, sarà opportuno procedere alla stesa di una mano di emulsione bituminosa a lenta rottura saturata con graniglia a protezione della superficie superiore dello strato di fondazione.

### **30.1.3. Misto granulare cementato**

#### *30.1.3.1. Descrizione*

Il misto granulare cementato per fondazione è costituito da una miscela di aggregati lapidei (misto granulare) impastata con cemento ed acqua.

Il prodotto dovrà essere conforme alla norma UNI EN 14227-1 "Miscele legate con cemento per fondi e sottofondi stradali" e sarà designato secondo la seguente dicitura:

<b>MISTO GRANULARE LEGATO CON CEMENTO</b>	<b>0 / 31,5</b>
---	-----------------

#### *30.1.3.2. Materiali costituenti*

#### **Aggregati**

I requisiti di accettazione degli aggregati naturali e riciclati impiegati, dovranno essere conformi alle seguenti prescrizioni:

- UNI EN 932-3 "Procedura e terminologia per la descrizione petrografica semplificata"; Regolamento prodotti da costruzione CPR 305/11;
- Allegato ZA della Norma armonizzata UNI EN 13242 "Aggregati per materiali non legati e legati con leganti idraulici per l'impiego in opere di ingegneria civile e nella costruzione di strade";
- D.M. 5 febbraio 1998 come modificato dal Decreto Ministeriale 5 aprile 2006 n. 186 e s.m.i. (da applicare in caso di impiego degli aggregati riciclati).

Il prelievo dei campioni da sottoporre ad analisi deve essere effettuato in conformità alla norma UNI EN 932-1 "Metodi di campionamento degli aggregati".

Gli aggregati utilizzati dovranno soddisfare i requisiti riportati nella seguente tabella:

CARATTERISTICHE DEGLI AGGREGATI (MISCELA PER IL MISTO GRANULARE LEGATO CON CEMENTO)					
REQUISITO	METODO DI PROVA	SIMBOLO	UM	VALORE LIMITE	CATEGORIA (UNI EN 12620)
Dimensione massima	UNI EN 933-1	D <sub>max</sub>	mm	≤40	-
Requisito di granulometria (per ogni classe utilizzata)	UNI EN 933-1	G <sub>C</sub>	%	-	G <sub>C</sub> 85-15
Resistenza alla frammentazione	UNI EN 1097-2	LA	%	≤30	LA <sub>30</sub>
Resistenza al gelo/disgelo	UNI EN 12607-1	F	%	≤1	F <sub>1</sub>
Percentuale di superfici frantumate	UNI EN 933-5	C	%	≥70	C <sub>70</sub>
Coefficiente di appiattimento	UNI EN 933-3	FI	%	≤35	FI <sub>35</sub>
Coefficiente di forma	UNI EN 933-4	SI	%	≤35	SI <sub>35</sub>
Equivalente in sabbia	UNI EN 933-8	SE	%	≥60	-
Limite liquido	UNI CEN ISO/TS 17892-12	W <sub>L</sub>	%	≤25	-
Indice di plasticità	UNI CEN ISO/TS 17892-12	I <sub>p</sub>	%	N.P.	-
Componenti idrosolubili	UNI EN 12644-3			ASSENTI	-
Sostanze organiche	UNI EN 12644-1			ASSENTI	-

#### Legante

Il legante utilizzato dovrà essere cemento conforme alle seguenti prescrizioni:

- Regolamento prodotti da costruzione CPR 305/11;
- Allegato ZA della Norma armonizzata UNI EN 197-1.

#### Acqua

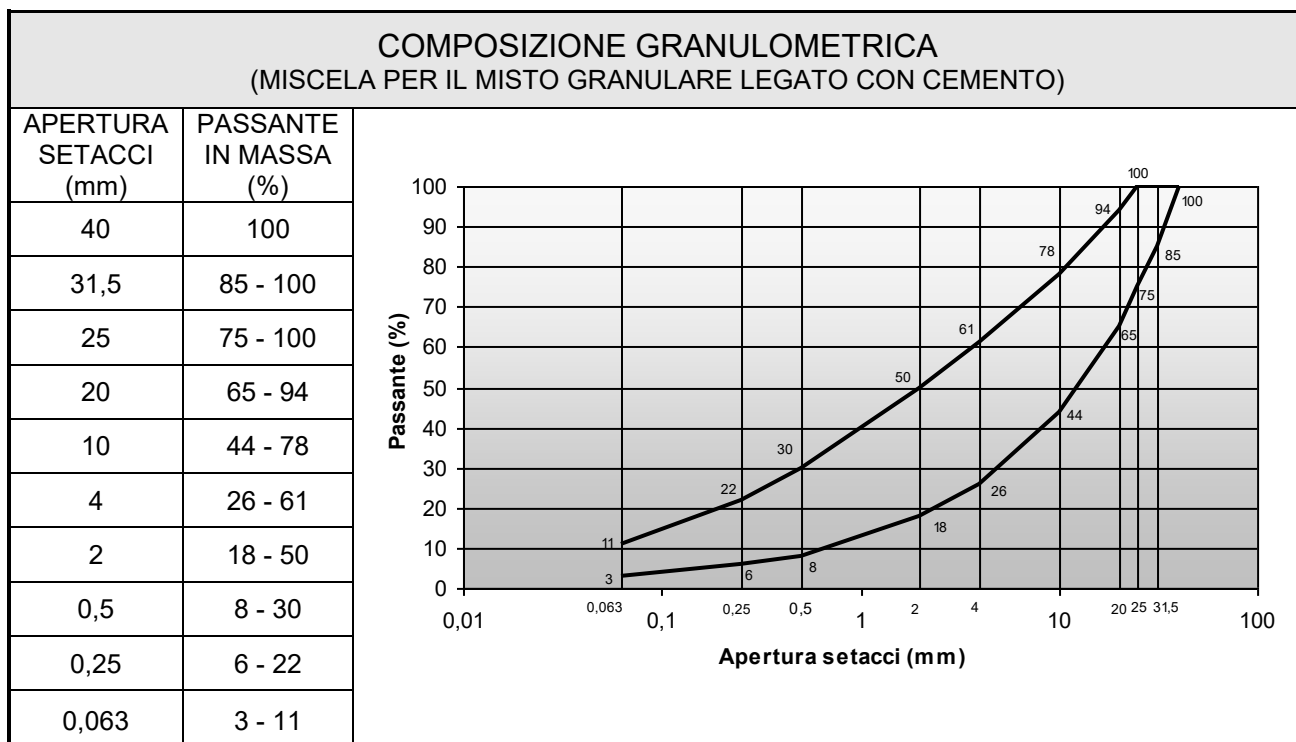
L'acqua utilizzata deve essere esente da impurità dannose quali oli, acidi, alcali, materie organiche od altre sostanze nocive e comunque conforme alla norma UNI EN 1008 e successivi aggiornamenti.

#### Additivi ed aggiunte

Al fine di migliorare le caratteristiche del calcestruzzo è ammesso l'impiego di additivi conformi alla norma UNI EN 934-2 ed aggiunte (ceneri volanti) conformi alla norma UNI EN 450.

#### 30.1.3.3. Caratteristiche della miscela

La miscela degli aggregati impiegati per il confezionamento del misto granulare legato con cemento per lo strato di fondazione dovrà avere la composizione granulometrica, determinata in conformità alla norma UNI EN 12620-1, compresa nei limiti del fuso riportato nella seguente tabella:



L'Impresa dovrà effettuare uno studio preliminare sulla miscela che intende utilizzare per la formazione della fondazione stradale in misto cementato indicando la composizione granulometrica ottimale e le quantità dei materiali costituenti espresse in percentuale in peso rispetto al totale della miscela di aggregati. Le percentuali dei costituenti (cemento, acqua, additivi ed eventuali aggiunte) dovranno essere determinati secondo le modalità e le prescrizioni previste dalla norma UNI EN 14427-1.

Non saranno ammesse variazioni sulla composizione ottimale della miscela validata ed accettata dalla Direzione Lavori, eccedenti le tolleranze massime riportate nella tabella seguente:

TOLLERANZE AMMESSE RIFERITE ALLA COMPOSIZIONE OTTIMALE VALIDATA (MISCELA PER IL MISTO GRANULARE LEGATO CON CEMENTO)	
MATERIALE COSTITUENTE	TOLLERANZE AMMESSE
Aggregato grosso (trattenuto al setaccio 2 mm)	± 5%
Aggregato fine (passante al setaccio 2 mm e trattenuto al setaccio 0,063 mm)	± 2%

La miscela di misto granulare legato con cemento dovrà avere le caratteristiche conformi ai requisiti riportati nella tabella seguente:

CARATTERISTICHE DELLA MISCELA (MISTO GRANULARE LEGATO CON CEMENTO)				
REQUISITO	METODO DI PROVA	SIMBOLO	UM	VALORE LIMITE
Resistenza a compressione a 7 gg	UNI EN 13286-41	R <sub>c</sub>	MPa	da 2,5 a 4,5
Resistenza a trazione indiretta a 7 gg	UNI EN 13286-42	R <sub>it</sub>	MPa	≥ 0,25

Il misto granulare legato con cemento e costipato in opera dovrà avere le caratteristiche di portanza conformi ai requisiti riportati nella seguente tabella:

CARATTERISTICHE DELLO STRATO DI FONDAZIONE (MISTO GRANULARE LEGATO CON CEMENTO)				
REQUISITO	METODO DI PROVA	SIMBOLO	UM	VALORE LIMITE
Modulo di deformazione (portanza su piastra con intervallo fra 0,15 e 0,25 MPa)	CNR 146	$M_d$	MPa	$\geq 100$ entro 24 ore dalla realizzazione
Modulo di deformazione (portanza su piastra con intervallo fra 0,15 e 0,25 MPa)	CNR 146	$M_d$	MPa	$\geq 150$ entro 3 giorni dalla realizzazione

Nei casi in cui il valore di portanza entro le 24 ore risulti  $M_d \geq 120$  MPa lo strato viene accettato senza l'ulteriore controllo a 3 giorni.

A compattazione ultimata la densità in sito (determinata con DIN 18125 oppure UNI EN 13286-2), nel 95% dei prelievi, non deve essere inferiore al 98% del valore di riferimento (ottimo - densità massima Proctor) misurato in laboratorio sulla miscela di progetto e dichiarato prima dell'inizio dei lavori.

La determinazione del grado di addensamento potrà essere effettuata anche mediante volumometro a sabbia (CNR BU 22 – 72).

Lo studio della miscela, la natura e quantità dei materiali costituenti e le modalità di produzione dovranno essere documentate e presentate alla Direzione Lavori entro quindici giorni dall'inizio dei lavori per l'approvazione.

#### 30.1.3.4. Confezionamento della miscela

Il misto granulare legato con cemento dovrà essere prodotto in impianti fissi automatizzati, adeguati alle produzioni richieste e mantenuti in perfetto stato di funzionamento.

L'impianto utilizzato deve assicurare l'uniformità di produzione e la continua conformità alle caratteristiche definite nello studio preliminare della miscela. L'area destinata allo stoccaggio degli aggregati lapidei deve essere confinata e priva di sostanze argillose e di ristagni d'acqua che possono comprometterne la pulizia e le caratteristiche definite. I cumuli degli aggregati dovranno essere separati fra loro al fine di impedire una miscelazione delle classi. L'impianto dovrà essere dotato di un numero di predosatori pari al numero delle classi di aggregati utilizzati.

I cementi e gli additivi dovranno essere depositati in silos dedicati assicurando che non siano miscelati tipi di materiale costituente diversi per classe di resistenza o provenienza.

In alternativa al confezionamento con impianti fissi è possibile produrre il misto cementato con impianti mobili installati in cantiere oppure direttamente in sito con pulvimixer.

#### 30.1.3.5. Posa in opera del materiale

L'Impresa potrà procedere alla stesa della miscela successivamente alla verifica di accettazione del piano di posa da parte della Direzione Lavori. Eventuali anomalie della planarità superficiale o correzioni di pendenza dovranno essere ripristinate prima della posa della miscela.

Il piano di posa dovrà essere umido; qualora l'Impresa dovesse procedere con la bagnatura della superficie si dovrà evitare di creare uno strato fangoso.

La stesa verrà eseguita mediante macchine vibrofinitrici; l'addensamento dello strato dovrà essere effettuato con rulli a due ruote vibranti da 10t per ruota o rullo con una sola ruota vibrante di peso non inferiore a 18t. potranno essere impiegati, in alternativa, rulli misti, vibranti-gommati comunque approvati dalla Direzione Lavori.



La stesa non deve essere eseguita con temperature ambiente inferiori a 0°C, superiori a 25°C ed in caso di pioggia. A discrezione della Direzione Lavori, l'Impresa potrà eseguire le lavorazioni a differenti temperature attivando tutte le misure necessarie per proteggere la miscela da eccessiva evaporazione durante il trasporto.

Il tempo massimo ammesso, tra l'introduzione dell'acqua nella miscela e la posa in opera, non dovrà superare i 60 minuti. Qualora si dovesse procedere con la stesa di due strisciate affiancate, al fine di garantire la continuità alla struttura, il tempo intercorrente non dovrà superare le due ore.

Particolari accorgimenti dovranno essere adottati nella formazione dei giunti longitudinali che andranno protetti con fogli di polietilene o materiale simile. Il giunto di ripresa deve essere ottenuto terminando la stesa dello strato a ridosso di una tavola da rimuovere al momento della ripresa successiva. Non devono essere eseguiti altri giunti oltre a quelli di ripresa. Il transito di cantiere sullo strato posato potrà essere ammesso, limitatamente ai mezzi gommati, a partire dal terzo giorno. In ogni caso il tempo di maturazione non potrà essere mai inferiore a 48 ore.

Nei casi in cui la miscelazione avviene direttamente in sito con pulvimixer, una volta accertata la rispondenza del sottostante strato di fondazione ai requisiti geometrici, di compattazione e di portanza, la miscela di aggregati adottata potrà essere riportata e spianata con la livellatrice.

Prima di procedere allo spandimento del cemento, si dovrà stabilire l'umidità del materiale in sito, procedendo con metodi speditivi, ed eseguendo le verifiche in più punti ed a più profondità.

In presenza di valori che si discostano dal valore di umidità ottima, determinato a seguito delle prove di laboratorio e concordato con la Direzione Lavori, in valore assoluto maggiori del  $\pm 2\%$ , si dovrà areare il materiale in caso di eccesso di umidità, oppure ad annaffiare se troppo asciutto, per raggiungere il grado di umidità desiderato.

Acquisita l'umidità ottima o comunque compresa nel range sopra definito, si procederà alla stesa del cemento, mediante impiego di spanditore a dosaggio volumetrico regolato in funzione della velocità di avanzamento, tale da raggiungere la percentuale prevista in sede di progetto della miscela.

Ultimata la stesa del cemento si procederà alla miscelazione che dovrà essere realizzata con una o due passate di pulvimixer e alla compattazione con rullo vibrante, di peso superiore a 12 ton, e rullo gommato di peso superiore a 24 ton, fino a raggiungere densità del secco pari (o superiori) al 98% di quelle ottenute in laboratorio con la prova AASHTO modificata.

Lo spandimento del cemento dovrà interessare una superficie non superiore a quella che potrà essere trattata nella stessa giornata lavorativa e non dovrà mai essere effettuato in presenza di forte vento per garantire la sicurezza del personale operante, che dovrà comunque essere dotato di maschere protettive, e l'esattezza del dosaggio della miscela.

Le modalità operative indicate e le macchine impiegate comporteranno la creazione di giunti trasversali e longitudinali. I giunti longitudinali ottenuti dalla lavorazione di strisce contigue devono risultare sovrapposti per almeno 15 cm. Nei giunti trasversali la miscela già costipata va ripresa in tutte quelle zone nelle quali il contenuto di cemento e/o calce, lo spessore, o il grado di compattazione risultino inadeguati e/o disomogenei. Le riprese dovranno essere eseguite all'inizio della successiva giornata lavorativa, nello strato indurito, in modo da presentare superficie verticale, per evitare che si manifestino successive fessurazioni.

La lavorazione non deve, di norma, essere eseguita con temperature ambiente inferiori a 5°C e superiori a 30°C, né sotto la pioggia.

Le condizioni ideali di lavoro si hanno con temperature comprese tra 10°C e 25°C ed umidità relative del 50% circa; temperature superiori sono ancora accettabili con umidità relative anch'esse crescenti.

Strati eventualmente compromessi dalle condizioni meteorologiche o da altre cause dovranno essere rimossi e sostituiti a cura e spese dell'Impresa.

Ultimate le fasi di costipamento e di rifinitura deve essere eseguita la spruzzatura di una mano di emulsione bituminosa cationica al 55% di bitume in ragione di 1,0 kg/m<sup>2</sup>, comunque commisurata all'intensità del traffico di cantiere cui sarà sottoposto, previo spargimento di sabbia.

Il tempo di maturazione dello strato non dovrà essere inferiore a 72 ore.

#### **30.1.4. Misto granulare legato con cemento ed emulsione bituminosa mediante la tecnica della miscelazione in situ**

##### **30.1.4.1. Descrizione**

Il misto granulare legato con cemento ed emulsione bituminosa, impiegato per la fondazione stradale (sottobase) mediante miscelazione in situ, è costituito dalla miscela degli aggregati costituenti l'attuale

fondazione in misto granulare non legato (stabilizzato), e aggiunta di cemento, acqua ed emulsione bituminosa; lo spessore dello strato è di circa 20 cm.

Il riciclaggio a freddo in situ è realizzato mediante l'utilizzo di attrezzature mobili che consentono di miscelare direttamente sulla sede stradale la fondazione esistente (misto granulare non legato), parte del conglomerato bituminoso dello strato di base, eventuali aggregati lapidei di integrazione, e aggiunta di emulsione di bitume modificato, acqua, cemento.

Dopo l'asportazione del vecchio conglomerato bituminoso mediante fresatura a freddo si procederà all'esecuzione del riciclaggio in sito del misto granulare di sottofondo. Il Direttore Lavori potrà ordinare di mantenere parte del conglomerato bituminoso esistente, in tal caso un piccolo spessore dello strato di base sarà coinvolto nel processo di riciclaggio.

L'operazione di miscelazione potrà avvenire in due fasi: in una prima fase si frenerà lo strato di fondazione di materiale misto granulare (e un eventuale strato di conglomerato bituminoso su indicazioni della D.L.) per uno spessore complessivo di circa 20 cm, si eseguirà il livellamento delle eventuali irregolarità e, qualora richiesto, un'aggiunta, del materiale di correzione. Successivamente durante la seconda fase di fresatura avviene la miscelazione del legante a base di emulsione bituminosa e cemento con eventuale aggiunta di acqua per raggiungere l'umidità ottimale della miscela.

Completata l'operazione di miscelazione si provvederà al regolare ripristino dei piani livellando il materiale con idonea attrezzatura secondo le quote e le disposizioni della Direzione Lavori. Il materiale dovrà presentare in ogni suo punto uniformità granulometrica e giusto dosaggio di cemento ed emulsione bituminosa.

Le operazioni di costipamento dello strato così realizzato dovranno essere eseguite immediatamente dopo le operazioni di miscelazione e risagomatura.

Successivamente alla formazione dello strato dovrà essere spruzzata sulla superficie una mano di emulsione bituminosa cationica con contenuto di bitume  $\geq 55\%$  così come specificato al paragrafo 2.6.3 delle presenti Prescrizioni tecniche. Nel caso si procedesse subito alla posa dello strato di base di conglomerato bituminoso su indicazioni della D.L. quest'ultima operazione potrà essere omessa.

#### *30.1.4.2. Materiali costituenti*

##### **Aggregati di integrazione**

Gli aggregati sono costituiti dallo strato di fondazione (misto granulare) esistente e da uno spessore limitato di conglomerato bituminoso fresato dello strato di base. Qualora la composizione granulometrica non rientrasse nei limiti di accettazione indicati nel fuso prescritto (caratteristiche della miscela) la DL potrà disporre per l'aggiunta di ulteriori aggregati naturali o riciclati.

Gli eventuali aggregati di integrazione saranno costituiti da elementi ottenuti dalla lavorazione di materiali naturali (rocce e/o aggregati naturali) o riciclati derivanti dalle operazioni di recupero e trattamento dei rifiuti provenienti dalle attività di costruzione e demolizione. Gli aggregati di integrazione, sia naturali che riciclati, dovranno essere qualificati in conformità al Regolamento prodotti da costruzione CPR 305/11. Ciascuna fornitura dovrà essere accompagnata dalla marcatura CE attestante la conformità all'appendice ZA della norma europea armonizzata UNI EN 13043 secondo il sistema di attestazione previsto.

La designazione dell'aggregato grosso dovrà essere effettuata mediante le dimensioni dei setacci appartenenti al gruppo di base più gruppo 2 della norma UNI EN 13043.

L'aggregato grosso potrà essere di provenienza o natura petrografica diversa purché, per ogni tipologia, risultino soddisfatti i requisiti indicati nella tabella sottostante:

CARATTERISTICHE DELL'AGGREGATO GROSSO DI INTEGRAZIONE					
REQUISITO	METODO DI PROVA	SIMBOLO	UM	VALORE LIMITE	CATEGORIA (UNI EN 13043)
Resistenza alla frammentazione	UNI EN 1097-2	LA	%	≤25	LA <sub>25</sub>
Percentuale di superfici frantumate	UNI EN 933-5	C	%	100	C <sub>100/0</sub>
Dimensione massima	UNI EN 933-1	D <sub>max</sub>	mm	40	-
Passante al setaccio 0,063	UNI EN 933-1	f	%	< 1	f <sub>1</sub>
Resistenza al gelo/disgelo	UNI EN 1367-1	F	%	<1	F <sub>1</sub>

Il possesso dei requisiti elencati sarà verificato dalla Direzione Lavori in base ai valori riportati sugli attestati di conformità CE degli aggregati. Gli attestati dovranno essere consegnati alla Direzione Lavori almeno 15 giorni prima dell'inizio dei lavori.

Resta salva la facoltà del Direttore Lavori di verificare con controlli di accettazione i requisiti dichiarati dal Produttore.

#### Legante

Il legante sarà costituito da emulsione bituminosa sovrastabilizzata di bitume modificato e dal bitume presente nel materiale fresato integrato.

I requisiti di accettazione dell'emulsione bituminosa, qualora non specificato diversamente, dovranno essere conformi alle seguenti prescrizioni:

- Regolamento prodotti da costruzione CPR 305/11;
- Allegato ZA della Norma armonizzata UNI EN 13808 " Bitumi e leganti bituminosi. Quadro delle specifiche per le emulsioni bituminose cationiche".

Il prelievo dei campioni da sottoporre ad analisi deve essere effettuato in conformità alla norma UNI EN 58 "Bitumi e leganti bituminosi. Metodi di campionamento".

L'emulsione bituminosa modificata da utilizzare dovrà essere a lenta rottura, di tipo cationico (designazione secondo UNI EN: 13808 C 60 BP 10) ed avere le caratteristiche conformi ai requisiti descritti nella seguente tabella:

CARATTERISTICHE DELL'EMULSIONE BITUMINOSA MODIFICATA (MISCELA PER IL MISTO GRANULARE LEGATO IN SITU CON CEMENTO ED EMULSIONE)			
REQUISITO	METODO DI PROVA	UM	VALORE LIMITE
Polarità	UNI EN 1430		Positiva
Contenuto d'acqua	UNI EN 1428	%	40±1
Contenuto di bitume	UNI EN 1428	%	60±1
Contenuto di legante (bitume e flussante)	UNI EN 1431	%	>59
Contenuto di flussante	UNI EN 1431	%	0
Sedimentazione a 7 gg	UNI EN 12847	%	≤10
Ph (grado di acidità)	UNI EN 12850	%	2-4
Indice di rottura	UNI EN 13075		170-230
Stabilità alla miscelazione con cemento	UNI EN 12848		<2
CARATTERISTICHE DEL RESIDUO BITUMINOSO (recuperato per evaporazione UNI EN 13074)			
Penetrazione a 25°C	UNI EN 1426	dmm	da 50 a 70
Punto di rammollimento	UNI EN 1427	°C	> 60
Punto di rottura Fraass	UNI EN 12593	°C	< -15
Ritorno elastico a 25 °C	UNI EN 13398	%	> 50

Ai fini dell'accettazione, almeno 15 giorni prima dell'inizio delle lavorazioni, l'impresa è tenuta a predisporre la qualificazione dell'emulsione tramite certificazione attestante i requisiti prescritti.

### Cemento

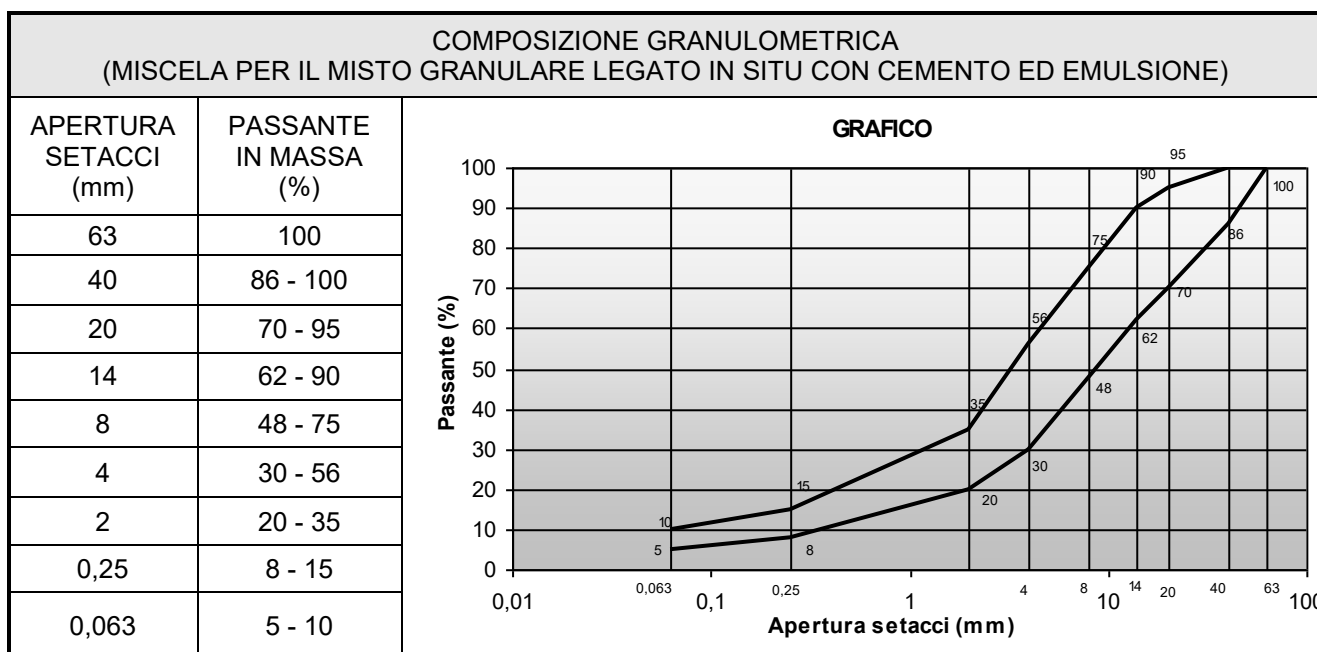
Nel processo di produzione del conglomerato riciclato con emulsione bituminosa modificata deve essere impiegato il cemento come additivo catalizzatore. Il cemento utilizzato deve essere conforme al Regolamento prodotti da costruzione CPR 305/11 secondo il sistema di attestazione in vigore. Il Produttore potrà utilizzare cemento con classe di resistenza N32,5 di tipo Portland o d'alto forno o pozzolanico.

### Acqua

L'acqua utilizzata deve essere esente da impurità dannose quali oli, acidi, alcali, materie organiche od altre sostanze nocive e comunque conforme alla norma UNI EN 1008.

#### 30.1.4.3. Caratteristiche della miscela

La miscela del sottofondo riciclato e degli aggregati lapidei di integrazione per il confezionamento del misto cementato-bitumato legato con emulsione bituminosa modificata dovrà avere la composizione granulometrica compresa nei limiti del fuso riportato nella seguente tabella:



La curva granulometrica dovrà essere quanto più possibile continua.

Per una corretta valutazione delle caratteristiche del materiale esistente nel tronco stradale interessato dal trattamento devono esser eseguiti prelievi di materiali.

Sui campioni prelevati dovranno essere eseguite le analisi granulometriche (UNI EN 933-1) per stabilire la necessità di integrazione degli aggregati lapidei.

Le percentuali ottimali di cemento, acqua e emulsione bituminosa e dell'eventuale integrazione di aggregati sono determinate mediante uno specifico studio preliminare in laboratorio.

Per l'ottimizzazione della miscela (mix design) devono essere confezionati provini con differenti quantità (percentuali riferite al peso degli aggregati) di emulsione bituminosa, cemento ed acqua, costipati con pressa giratoria alle condizioni di prova specificate nella norma di riferimento (UNI EN 12697-31).

I provini dovranno essere confezionati con differenti quantità (percentuali riferite al peso degli aggregati) di emulsione bituminosa, cemento ed acqua, come indicato nella tabella sottostante:

CARATTERISTICA	DOSAGGIO DI LEGANTE								
Contenuto di cemento (%)	1,5			2,0			2,5		
Contenuto di emulsione bituminosa (%)	2,5	2,5	2,5	3,0	3,0	3,0	3,5	3,5	3,5
Contenuto di umidità (%oltre acqua dell'emulsione)	4	5	6	4,5	5,5	6,5	5	6	7
Provini (N°)	6	6	6	6	6	6	6	6	6

Ferme restando le percentuali di cemento, le percentuali delle altre componenti possono variare in funzione della natura e della granulometria del materiale da trattare.

È ammesso l'impiego di materiali costituenti in quantità differenti rispetto a quelle indicate purché validato dai risultati dello studio preliminare accettato dalla Direzione Lavori.

La miscela ottimale di misto granulare legato in situ con cemento ed emulsione bituminosa modificata dovrà avere le caratteristiche conformi ai requisiti riportati nella tabella seguente:

CARATTERISTICHE DELLA MISCELA DI MISTO GRANULARE LEGATO IN SITU CON CEMENTO ED EMULSIONE BITUMINOSA MODIFICATA					
REQUISITO	METODO DI PROVA	SIMBOLO	UM	VALORE LIMITE (a 24 ore)	VALORE LIMITE (a 72 ore)
Resistenza a trazione indiretta	UNI EN 12697-23	ITS	MPa	>0,20	>0,30
Modulo di rigidezza	UNI EN 12697-26 (C)	Sm	MPa	> 1800	> 3000
Resistenza a compressione	UNI EN 13286-41	Rc	MPa	>1,5	da 2,0 a 4,5
I provini dovranno essere sottoposti a maturazione alla temperatura 40°C e provati a 20°C (dopo termostatazione di 4 ore a 20°C).					

Oltre alle caratteristiche meccaniche citate, lo studio della miscela dovrà prevedere anche i seguenti elementi:

- natura e quantità dei materiali costituenti;
- composizione granulometrica della miscela;
- contenuto totale di legante bituminoso;
- densità della miscela ottimale compattata.

Il Produttore dovrà presentare alla Direzione Lavori lo studio preliminare elaborato a proprie spese entro quindici giorni dall'inizio dei lavori per l'approvazione.

In alternativa allo studio preliminare di ottimizzazione la D.L. potrà prevedere la validazione, della miscela ottimale, attraverso la realizzazione di diversi campi prova in cui verranno variate le differenti quantità di legante.

La miscela ottimale dovrà comunque soddisfare almeno i requisiti richiesti per i provini sottoposti a maturazione di 24 ore riportati nella tabella caratteristiche della miscela.

**30.1.4.4. Caratteristiche dello strato**

Per le caratteristiche della miscela i valori misurati in opera non dovranno essere inferiori al 90% rispetto a quelli ottimali determinati mediante studio preliminare approvato dalla Direzione Lavori.

Le caratteristiche di addensamento della miscela in opera saranno determinate secondo il metodo del grado di compattazione in conformità con i requisiti riportati nelle seguenti tabelle:

ADDENSAMENTO DELLO STRATO DI FONDAZIONE IN CONGLOMERATO RICICLATO LEGATO CON EMULSIONE BITUMINOSA MODIFICATA (Grado di compattazione per confronto delle densità)			
REQUISITO	METODO DI PROVA	UM	VALORE LIMITE
Grado di addensamento (per ogni campione)	UNI EN 12697-6	%	> 95
Grado di addensamento (media dei campioni)	UNI EN 12697-6	%	≥ 98
Il grado di compattazione è il rapporto tra la densità della miscela compattata in opera e la densità della miscela compattata in laboratorio riferita allo stesso lotto/giorno di produzione (massimo addensamento teorico).			

La determinazione del grado di addensamento potrà essere effettuata anche mediante volumometro a sabbia (CNR BU 22 – 72).

Le carote prelevate dallo strato per la determinazione delle caratteristiche in opera dovranno avere diametro di mm 150.

Lo strato della fondazione dovrà essere realizzato nel rispetto degli spessori e delle sagome di progetto e la superficie finale dovrà presentarsi in qualunque direzione priva di irregolarità ed ondulazioni. Le caratteristiche che lo strato dovrà avere sono relative al requisito di addensamento della miscela ed alle dimensioni (spessore) dello strato.

**30.1.4.5. Posa in opera**

Il riciclaggio in sito a freddo sarà eseguito mediante idonei macchinari, approvati dalla D.L., (treno di riciclaggio) costituiti da fresa, autobotte per il legante bituminoso, autobotte per l'acqua, livellatrice ed almeno due rulli e macchina stabilizzatrice (pulvimixer tale da frantumare i grumi di conglomerato bituminoso fresato e miscelare omogeneamente cemento, emulsione bituminosa)

I macchinari per la distribuzione ed il dosaggio del cemento, dell'emulsione bituminosa e dell'acqua nonché la miscelazione dovranno avere una larghezza operativa minima di 2 m ed essere dotate di sistemi di dosaggio controllato dei materiali che saranno aggiunti.

Il materiale, dopo il passaggio della riciclatrice, dovrà presentarsi omogeneo (senza grumi o vespai) con bitume ben disperso. Le strisciate devono essere sovrapposte per almeno 15 cm.

L'Impresa deve comunque garantire uniformità di produzione ed essere in grado di realizzare le miscele conformi alle caratteristiche determinate nello studio preliminare predisposto.

La compattazione dovrà avvenire mediante l'impiego di un rullo gommato con carico statico superiore a 24 t e da un rullo con cilindri metallici con peso superiore a 18 t; la fase di compattazione dovrà essere condotta fino a completa rottura dell'emulsione.

Il riciclaggio a freddo deve essere sospeso qualora la temperatura dell'aria sia inferiore a 8°C, in condizioni di pioggia e comunque quando le condizioni meteorologiche generali possono pregiudicare la perfetta riuscita del lavoro.

### **30.1.5. Conglomerato riciclato legato con bitume schiumato**

#### *30.1.5.1. Descrizione*

La fondazione stradale in conglomerato bituminoso riciclato è costituita da una miscela di conglomerato bituminoso proveniente dalla demolizione di pavimentazioni, bitume schiumato e cemento.

Il conglomerato bituminoso riciclato legato con bitume schiumato può essere impiegato nella sovrastruttura stradale anche per la realizzazione dello strato di base, in alternativa al conglomerato bituminoso prodotto a caldo. La scelta di utilizzo ed il dimensionamento dello strato sono definiti dal Progettista e dalla Direzione Lavori.

Il riciclaggio del conglomerato a freddo con bitume schiumato consiste nel riutilizzo del conglomerato bituminoso preesistente negli strati della pavimentazione con aggiunta di eventuali aggregati di integrazione e bitume sotto forma di schiuma. Il riciclaggio può avvenire con impianti fissi o trasportabili al luogo d'impiego o, in opera, mediante l'utilizzo di appositi macchinari.

Il prodotto è designato secondo la seguente dicitura:

<b>CONGLOMERATO RICICLATO LEGATO CON BITUME SCHIUMATO</b>	<b>0 / 31,5</b>
---	-----------------

#### *30.1.5.2. Materiali costituenti*

#### **Conglomerato riciclato**

Il conglomerato riciclato proviene dalla demolizione degli strati di pavimentazione stradale eseguita mediante fresatura.

Il fresato può essere omogeneizzato granulometricamente mediante granulazione e/o vagliatura.

#### **Aggregati**

Qualora la composizione granulometrica non rientrasse nei limiti di accettazione previsti il Produttore dovrà intervenire mediante l'aggiunta di aggregati naturali e/o riciclati per integrazione qualificati in conformità al Regolamento prodotti da costruzione CPR 305/11.

#### **LEGANTE**

Il legante sarà costituito dal bitume presente nel materiale fresato integrato da bitume nuovo sottoposto al procedimento di schiumatura.

I requisiti di accettazione del bitume, qualora non specificato diversamente, dovranno essere conformi alle seguenti prescrizioni:

- Regolamento prodotti da costruzione CPR 305/11;
- Allegato ZA della Norma armonizzata UNI EN 12591 " Bitumi e leganti bituminosi. Specifiche per i bitumi per pavimentazioni stradali".

Il bitume da utilizzare dovrà essere del tipo tal quale con penetrazione 70-100, conforme alla norma UNI EN 12591, oppure del tipo additivato con agenti schiumanti.

Le caratteristiche necessarie per la corretta schiumatura del legante dovranno essere conformi ai requisiti descritti nella seguente tabella:

CARATTERISTICHE DEL BITUME SCHIUMATO (MISCELA PER IL CONGLOMERATO RICICLATO CON BITUME SCHIUMATO)				
REQUISITO	METODO DI PROVA	SIMBOLO	UM	VALORE LIMITE
Rapporto di espansione	-	Er	-	≥ 20
Tempo di semitrasformazione	-	Ts	s	≥ 25
Le caratteristiche di espansione ottimali dovranno essere determinate in base ad un opportuno studio di laboratorio in un campo di temperature compreso tra 160 °C e 190 °C e contenuto di acqua compreso tra 1% e 4%.				

Il prelievo dei campioni da sottoporre ad analisi deve essere effettuato in conformità alla norma UNI EN 58 "Bitumi e leganti bituminosi. Metodi di campionamento".

### Cemento

Nel processo di produzione del conglomerato riciclato con bitume schiumato deve essere impiegato il cemento come additivo catalizzatore. Il cemento utilizzato deve essere conforme al Regolamento prodotti da costruzione CPR 305/11 secondo il sistema di attestazione in vigore.

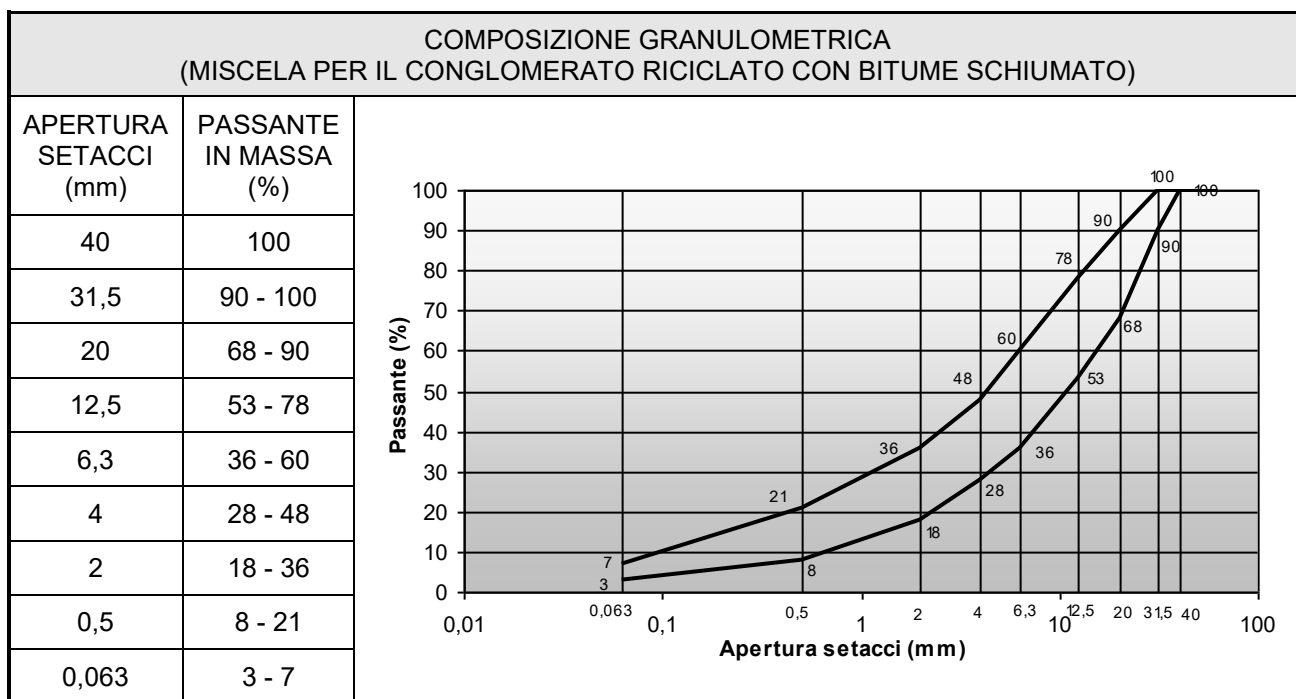
Il Produttore potrà utilizzare cemento con classe di resistenza N32,5 di tipo Portland o d'alto forno o pozzolanico.

### Acqua

L'acqua utilizzata deve essere esente da impurità dannose quali oli, acidi, alcali, materie organiche od altre sostanze nocive e comunque conforme alla norma UNI EN 1008.

#### 30.1.5.3. Caratteristiche della miscela

La miscela del conglomerato riciclato e degli aggregati lapidei di integrazione per il confezionamento del misto granulare legato con bitume schiumato dovrà avere la composizione granulometrica compresa nei limiti del fuso riportato nella seguente tabella:





L'Impresa dovrà effettuare uno studio preliminare sulla miscela che intende utilizzare indicando la composizione granulometrica ottimale e le quantità dei materiali costituenti espresse in percentuale in peso rispetto al totale della miscela di aggregati.

Le percentuali dei costituenti (cemento, acqua, additivi ed eventuali aggiunte) dovranno essere determinate sulla base dei risultati ottenuti dalle analisi di provini confezionati secondo il metodo di compattazione con pressa giratoria secondo la norma UNI EN 12697-31 con contenuto variabile di cemento (1,5% - 2,0% - 2,5%), di bitume schiumato (2% - 3% - 4%) e di umidità (4% - 5% - 6%).

È ammesso l'impiego di materiali costituenti in quantità differenti rispetto a quelle indicate purché validate dai risultati dello studio preliminare accettato dalla Direzione Lavori.

La miscela ottimale di conglomerato riciclato legato con bitume schiumato dovrà avere le caratteristiche conformi ai requisiti riportati nella tabella seguente:

CARATTERISTICHE DELLA MISCELA DI RICICLATO LEGATO CON BITUME SCHIUMATO				
REQUISITO	METODO DI PROVA	SIMBOLO	UM	VALORE LIMITE
Resistenza a trazione indiretta	UNI EN 12697-23	ITS	MPa	> 0,35
Modulo di rigidezza	UNI EN 12697-26 (C)	Sm	MPa	> 3000
Resistenza a compressione	UNI EN 13286-41	Rc	MPa	da 2,5 a 4,5
I provini dovranno essere sottoposti a maturazione per 72 ore a 40°C e provati a 20°C (dopo termostatazione di 4 ore a 20°C).				

Oltre alle caratteristiche meccaniche citate, lo studio della miscela dovrà prevedere anche i seguenti elementi:

- natura e quantità dei materiali costituenti;
- composizione granulometrica della miscela;
- contenuto totale di legante bituminoso;
- densità della miscela ottimale compattata.

Il Produttore dovrà presentare alla Direzione Lavori lo studio preliminare elaborato entro quindici giorni dall'inizio dei lavori per l'approvazione.

#### 30.1.5.4. Caratteristiche dello strato

Per le caratteristiche della miscela i valori misurati in opera non dovranno essere inferiori al 90% rispetto a quelli ottimali determinati mediante studio preliminare approvato dalla Direzione Lavori.

Le caratteristiche di addensamento della miscela in opera saranno determinate preferibilmente secondo il metodo del grado di compattazione o, in alternativa a scelta della Direzione lavori, secondo il metodo dei vuoti residui, in conformità con i requisiti riportati nelle seguenti tabelle:

ADDENSAMENTO DELLO STRATO DI FONDAZIONE IN CONGLOMERATO RICICLATO LEGATO CON BITUME SCHIUMATO (Grado di compattazione per confronto delle densità)			
REQUISITO	METODO DI PROVA	UM	VALORE LIMITE
Grado di addensamento (per ogni campione)	UNI EN 12697-6	%	> 95
Grado di addensamento (media dei campioni)	UNI EN 12697-6	%	≥ 98
Il grado di compattazione è il rapporto tra la densità della miscela compattata in opera e la densità della miscela compattata in laboratorio riferita allo stesso lotto/giorno di produzione (massimo addensamento teorico).			

Le carote prelevate dallo strato per la determinazione delle caratteristiche in opera dovranno avere diametro di 150 mm.

Lo strato della fondazione dovrà essere realizzato nel rispetto degli spessori e delle sagome di progetto e la superficie finale dovrà presentarsi in qualunque direzione priva di irregolarità ed ondulazioni. Le caratteristiche che lo strato dovrà avere sono relative al requisito di addensamento della miscela ed alle dimensioni (spessore) dello strato.

#### **30.1.5.5. Confezionamento e posa della miscela**

Per la produzione delle miscele potrà essere utilizzato un impianto (fisso o mobile da installare in situ) o idonei macchinari per il riciclaggio in situ (treno di riciclaggio). In entrambi i casi l'Impresa deve comunque garantire uniformità di produzione ed essere in grado di realizzare le miscele conformi alle caratteristiche determinate nello studio preliminare predisposto a cura dell'Impresa.

La Direzione lavori ha facoltà di controllare in cantiere, prima della posa in opera della miscela, i parametri di schiumosità e di temperatura del bitume che dovranno essere conformi ai valori determinati nello studio preliminare.

Qualora la miscela venga prodotta in impianto e trasportata in cantiere, dovrà essere rapidamente stesa mediante l'uso di macchine vibrofinitrici in perfetto stato di efficienza e dotate di automatismi di autolivellamento.

La miscela stesa deve essere immediatamente compattata mediante l'impiego di un rullo vibrante con peso superiore a 18 t e di un rullo gommato con carico statico non inferiore a 20 t.

Il riciclaggio a freddo deve essere sospeso qualora la temperatura dell'aria sia inferiore a 3°C e comunque quando le condizioni meteorologiche generali possono pregiudicare la perfetta riuscita del lavoro.

#### **30.1.6. Conglomerato riciclato legato con emulsione bituminosa modificata**

##### **30.1.6.1. Descrizione**

La fondazione stradale in conglomerato bituminoso riciclato è costituita da una miscela di conglomerato bituminoso proveniente da demolizione di pavimentazioni, emulsione bituminosa modificata e cemento.

Il conglomerato bituminoso riciclato legato con emulsione bituminosa modificata può essere impiegato nella sovrastruttura stradale anche per la realizzazione dello strato di base, in alternativa al conglomerato bituminoso prodotto a caldo. La scelta di utilizzo ed il dimensionamento dello strato sono definiti dal Progettista e dalla Direzione Lavori.

Il riciclaggio del conglomerato a freddo con emulsione bituminosa modificata consiste nel riutilizzo del conglomerato bituminoso preesistente negli strati della pavimentazione con aggiunta di eventuali aggregati di integrazione, cemento ed emulsione bituminosa modificata. Il riciclaggio può avvenire con impianti fissi o trasportabili al luogo d'impiego o, in opera, mediante l'utilizzo di appositi macchinari.

Il prodotto è designato secondo la seguente dicitura:

<b>CONGLOMERATO RICICLATO LEGATO CON EMULSIONE BITUMINOSA MODIFICATA</b>	<b>0 / 31,5</b>
--	-----------------

*30.1.6.2. Materiali costituenti*

**Conglomerato riciclato**

Il conglomerato riciclato proviene dalla demolizione degli strati di pavimentazione stradale eseguita mediante fresatura.

Il fresato può essere omogeneizzato granulometricamente mediante granulazione e/o vagliatura.

**Aggregati**

Qualora la composizione granulometrica non rientrasse nei limiti di accettazione previsti il Produttore dovrà intervenire mediante l'aggiunta di aggregati naturali e/o riciclati per integrazione qualificati in conformità al Regolamento prodotti da costruzione.

**Legante**

Il legante sarà costituito dal bitume presente nel materiale fresato integrato da emulsione bituminosa modificata.

requisiti di accettazione dell'emulsione bituminosa, qualora non specificato diversamente, dovranno essere conformi alle seguenti prescrizioni:

- Regolamento prodotti da costruzione CPR 305/11;
- Allegato ZA della Norma armonizzata UNI EN 13808 " Bitumi e leganti bituminosi. Quadro delle specifiche per le emulsioni bituminose cationiche".

Il prelievo dei campioni da sottoporre ad analisi deve essere effettuato in conformità alla norma UNI EN 58 "Bitumi e leganti bituminosi. Metodi di campionamento".

L'emulsione bituminosa modificata da utilizzare dovrà essere a lenta rottura, di tipo cationico (designazione secondo UNI EN: 13808 C 60 BP 5) ed avere le caratteristiche conformi ai requisiti descritti nella seguente tabella:

CARATTERISTICHE DELL'EMULSIONE BITUMINOSA MODIFICATA (MISCELA PER IL CONGLOMERATO RICICLATO CON EMULSIONE BITUMINOSA)			
REQUISITO	METODO DI PROVA	UM	VALORE LIMITE
Polarità delle particelle	UNI EN 1430		Positiva
Indice di rottura	UNI EN 13075-1	Indice	120-180
Stabilità con cemento	UNI EN 12848	g	≤2
Contenuto di bitume (per contenuto d'acqua)	UNI EN 1428	%	60±2
Contenuto di legante (per distillazione)	UNI EN 1431	%	> 59
Tempo di efflusso (2 mm a 40°C)	UNI EN 12846	s	35-80
Sedimentazione a 7 gg	UNI EN 12847	%	≤10
Adesività	UNI EN 13614	%	≥75
CARATTERISTICHE DEL RESIDUO BITUMINOSO (recuperato per evaporazione UNI EN 13074)			
Penetrazione a 25°C	UNI EN 1426	dmm	da 50 a 70
Punto di rammollimento	UNI EN 1427	°C	> 60
Punto di rottura Fraass	UNI EN 12593	°C	< -15
Ritorno elastico a 25 °C	UNI EN 13398	%	> 50
<b>ACCERTAMENTO ULTERIORE:</b> A seguito della miscelazione di 50 g di cemento (classe 325) e 100 g di acqua con 100 g di emulsione bituminosa, dopo un intervallo di 4 minuti non deve essere rilevata alcuna coagulazione di bitume.			

### Cemento

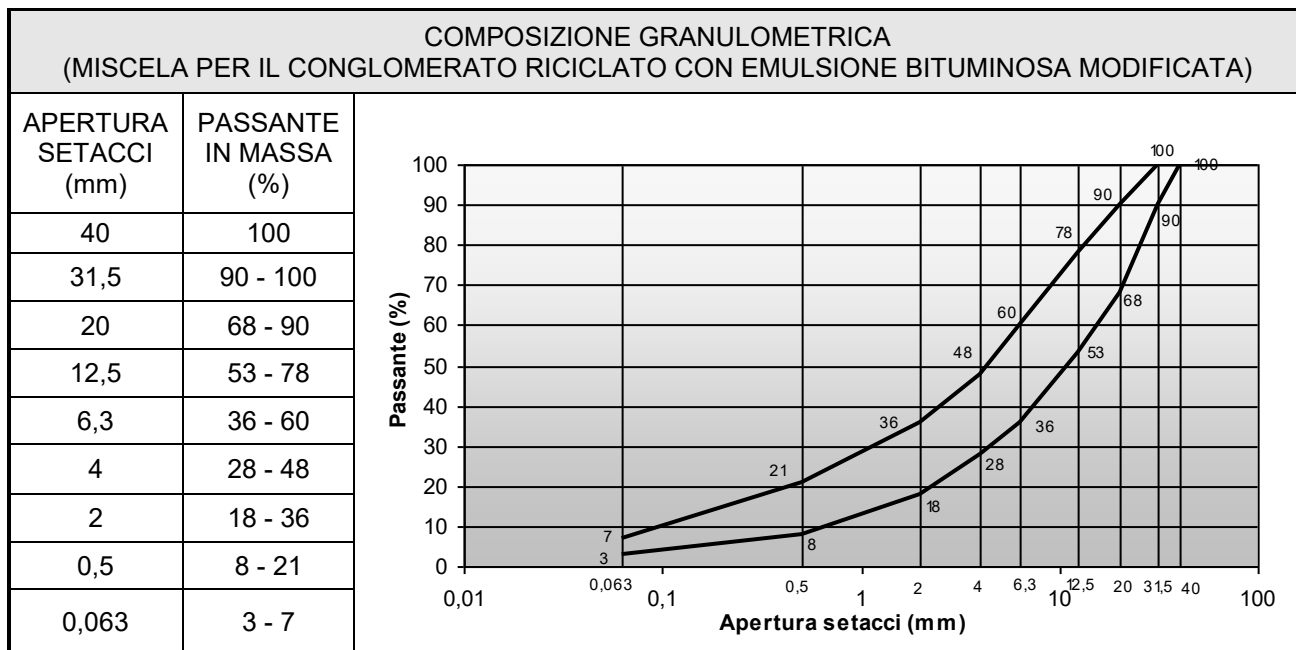
Nel processo di produzione del conglomerato riciclato con emulsione bituminosa modificata deve essere impiegato il cemento come additivo catalizzatore. Il cemento utilizzato deve essere conforme al Regolamento prodotti da costruzione CPR 305/11 secondo il sistema di attestazione in vigore. Il Produttore potrà utilizzare cemento con classe di resistenza N32,5 di tipo Portland o d'alto forno o pozzolanico.

### Acqua

L'acqua utilizzata deve essere esente da impurità dannose quali oli, acidi, alcali, materie organiche od altre sostanze nocive e comunque conforme alla norma UNI EN 1008.

**30.1.6.3. Caratteristiche della miscela**

La miscela del conglomerato riciclato e degli aggregati naturali e/o riciclati di integrazione per il confezionamento del misto granulare legato con emulsione bituminosa modificata dovrà avere la composizione granulometrica compresa nei limiti del fuso riportato nella seguente tabella:



L'Impresa dovrà effettuare uno studio preliminare sulla miscela che intende utilizzare indicando la composizione granulometrica ottimale e le quantità dei materiali costituenti espresse in percentuale in peso rispetto al totale della miscela di aggregati.

Le percentuali dei costituenti (cemento, emulsione bituminosa modificata, acqua, additivi ed eventuali aggiunte) dovranno essere determinate sulla base dei risultati ottenuti dalle analisi di provini confezionati secondo il metodo di compattazione con pressa giratoria secondo la norma UNI EN 12697-31 con contenuto variabile di cemento (1,5% - 2,0% - 2,5%), di emulsione bituminosa modificata (1,5% - 2,0% - 3,5%) e di umidità (4,5% - 5,5% - 6,5%).

È ammesso l'impiego di materiali costituenti in quantità differenti rispetto a quelle indicate purché validate dai risultati dello studio preliminare accettato dalla Direzione Lavori.

La miscela ottimale di conglomerato riciclato legato con emulsione bituminosa modificata dovrà avere le caratteristiche conformi ai requisiti riportati nella tabella seguente:

CARATTERISTICHE DELLA MISCELA DI RICICLATO LEGATO CON EMULSIONE BITUMINOSA MODIFICATA				
REQUISITO	METODO DI PROVA	SIMBOLO	UM	VALORE LIMITE
Resistenza a trazione indiretta	UNI EN 12697-23	ITS	MPa	> 0,35
Modulo di rigidità	UNI EN 12697-26 (C)	Sm	MPa	> 3000
Resistenza a compressione	UNI EN 13286-41	Rc	MPa	da 2,5 a 4,5
I provini dovranno essere sottoposti a maturazione per 72 ore a 40°C e provati a 20°C (dopo termostatazione di 4 ore a 20°C).				

Oltre alle caratteristiche meccaniche citate, lo studio della miscela dovrà prevedere anche i seguenti elementi:

- natura e quantità dei materiali costituenti;
- composizione granulometrica della miscela;
- contenuto totale di legante bituminoso;
- densità della miscela ottimale compattata.

Il Produttore dovrà presentare alla Direzione Lavori lo studio preliminare elaborato entro quindici giorni dall'inizio dei lavori per l'approvazione.

#### *30.1.6.4. Caratteristiche dello strato*

Per le caratteristiche della miscela i valori misurati in opera non dovranno essere inferiori al 90% rispetto a quelli ottimali determinati mediante studio preliminare approvato dalla Direzione Lavori.

Le caratteristiche di addensamento della miscela in opera saranno determinate secondo il metodo del grado di compattazione in conformità con i requisiti riportati nelle seguenti tabelle:

ADDENSAMENTO DELLO STRATO DI FONDAZIONE IN CONGLOMERATO RICICLATO LEGATO CON EMULSIONE BITUMINOSA MODIFICATA (Grado di compattazione per confronto delle densità)			
REQUISITO	METODO DI PROVA	UM	VALORE LIMITE
Grado di addensamento (per ogni campione)	UNI EN 12697-6	%	> 95
Grado di addensamento (media dei campioni)	UNI EN 12697-6	%	≥ 98
Il grado di compattazione è il rapporto tra la densità della miscela compattata in opera e la densità della miscela compattata in laboratorio riferita allo stesso lotto/giorno di produzione (massimo addensamento teorico).			

La determinazione del grado di addensamento potrà essere effettuata anche mediante volumometro a sabbia (CNR BU 22 – 72).

Le carote prelevate dallo strato per la determinazione delle caratteristiche in opera dovranno avere diametro di mm 150.

Lo strato della fondazione dovrà essere realizzato nel rispetto degli spessori e delle sagome di progetto e la superficie finale dovrà presentarsi in qualunque direzione priva di irregolarità ed ondulazioni. Le caratteristiche che lo strato dovrà avere sono relative al requisito di addensamento della miscela ed alle dimensioni (spessore) dello strato.

#### *30.1.6.5. Confezionamento e posa della miscela*

Per la produzione delle miscele potrà essere utilizzato un impianto (fisso o mobile da installare in situ) o idonei macchinari per il riciclaggio in situ (treno di riciclaggio). In entrambi i casi l'Impresa deve comunque garantire uniformità di produzione ed essere in grado di realizzare le miscele conformi alle caratteristiche determinate nello studio preliminare predisposto a cura dell'Impresa.

Qualora la miscela venga prodotta in impianto e trasportata in cantiere, dovrà essere rapidamente stesa mediante l'uso di macchine vibrofinitrici in perfetto stato di efficienza e dotate di automatismi di autolivellamento. La miscela stesa deve essere immediatamente compattata mediante l'impiego di un rullo gommato con carico statico superiore a 24 t e da un rullo con cilindri metallici con peso superiore a 18 t; la fase di compattazione dovrà essere condotta fino a completa rottura dell'emulsione.

Il riciclaggio a freddo deve essere sospeso qualora la temperatura dell'aria sia inferiore a 8°C e comunque quando le condizioni meteorologiche generali possono pregiudicare la perfetta riuscita del lavoro.

### **30.1.7. Rigenerazione a freddo fondazione e base con la tecnica del cemento ed emulsione bituminosa**

#### *30.1.7.1. Descrizione*

Il riciclaggio a freddo in situ è realizzato mediante l'utilizzo di attrezzature mobili che consentono di miscelare direttamente sulla sede stradale la fondazione esistente (misto granulare non legato), inglobando nello strato una quota parte del conglomerato bituminoso che compone lo strato di base, eventuali aggregati lapidei di integrazione, e aggiunta di emulsione di bitume modificato, acqua, cemento.

Dopo l'asportazione di parte del vecchio conglomerato bituminoso mediante fresatura a freddo si procederà all'esecuzione del riciclaggio in sito del conglomerato bituminoso tipo base rimasto e del misto granulare di sottofondo.

L'operazione di riciclaggio a freddo interesserà uno spessore circa 20 cm compatibilmente con la macchina riciclatrice impiegata. Qualora richiesto, si dovrà procedere ad un'aggiunta di materiale di correzione per un massimo del 30%, per riequilibrare la granulometria dello strato.

Completata l'operazione di miscelazione dello strato con emulsione bituminosa, cemento ed acqua per raggiungere l'umidità ottimale di addensamento, si provvederà al regolare ripristino dei piani livellando il materiale con idonea attrezzatura secondo le quote e le disposizioni della Direzione Lavori. Il materiale dovrà presentare in ogni suo punto uniformità granulometrica e giusto dosaggio di cemento ed emulsione bituminosa.

Le operazioni di costipamento dello strato avverranno in modo preferibilmente statico e continuativo, dovranno essere eseguite immediatamente dopo le operazioni di miscelazione e risagomatura.

Successivamente alla formazione dello strato dovrà essere spruzzata sulla superficie una mano di emulsione bituminosa cationica con contenuto di bitume  $\geq 55\%$  così come specificato al paragrafo "MANO D'ATTACCO con bitume normale" delle presenti Prescrizioni tecniche in ragione di almeno 1,0 kg/m<sup>2</sup>.

#### *30.1.7.2. Materiali costituenti*

#### **Aggregati di integrazione**

Il nuovo strato di fondazione sarà costituito dal misto granulare esistente e da uno spessore limitato di conglomerato bituminoso fresato dello strato di base. Qualora la composizione granulometrica non rientrasse nei limiti di accettazione indicati nel fuso prescritto (caratteristiche della miscela) la DL potrà disporre per l'aggiunta di ulteriori aggregati naturali o di riciclo.

Gli eventuali aggregati di integrazione saranno costituiti da elementi ottenuti dalla lavorazione di materiali naturali (rocce e/o aggregati naturali) o di riciclo derivanti dalle operazioni di recupero provenienti dalle attività di costruzione e demolizione. Gli aggregati di integrazione, sia naturali che riciclati, dovranno essere qualificati in conformità al Regolamento prodotti da costruzione CPR 305/11. Ciascuna fornitura dovrà essere accompagnata dalla marcatura CE attestante la conformità all'appendice ZA della norma europea armonizzata UNI EN 13043 secondo il sistema di attestazione previsto.

La designazione dell'aggregato grosso dovrà essere effettuata mediante le dimensioni dei setacci appartenenti al gruppo di base più gruppo 2 della norma UNI EN 13043.

L'aggregato grosso potrà essere di provenienza o natura petrografica diversa purché, per ogni tipologia, risultino soddisfatti i requisiti indicati nella tabella sottostante:

CARATTERISTICHE DELL'AGGREGATO GROSSO DI INTEGRAZIONE					
REQUISITO	METODO DI PROVA	SIMBOLO	UM	VALORE LIMITE	CATEGORIA (UNI EN 13043)
Resistenza alla frammentazione	UNI EN 1097-2	LA	%	≤25	LA <sub>25</sub>
Percentuale di superfici frantumate	UNI EN 933-5	C	%	100	C <sub>100/0</sub>
Dimensione massima	UNI EN 933-1	D <sub>max</sub>	mm	40	-
Passante al setaccio 0,063	UNI EN 933-1	f	%	< 1	f <sub>1</sub>
Resistenza al gelo/disgelo	UNI EN 1367-1	F	%	<1	F <sub>1</sub>

Il possesso dei requisiti elencati sarà verificato dalla Direzione Lavori in base ai valori riportati sugli attestati di conformità CE degli aggregati. Gli attestati dovranno essere consegnati alla Direzione Lavori almeno 15 giorni prima dell'inizio dei lavori.

Resta salva la facoltà del Direttore Lavori di verificare con controlli di accettazione i requisiti dichiarati dal Produttore.

### Legante

Il legante sarà costituito da emulsione bituminosa sovrastabilizzata di bitume modificato e dal bitume presente nel materiale fresato integrato.

I requisiti di accettazione dell'emulsione bituminosa, qualora non specificato diversamente, dovranno essere conformi alle seguenti prescrizioni:

- Regolamento prodotti da costruzione CPR 305/11;
- Allegato ZA della Norma armonizzata UNI EN 13808 " Bitumi e leganti bituminosi. Quadro delle specifiche per le emulsioni bituminose cationiche".

Il prelievo dei campioni da sottoporre ad analisi deve essere effettuato in conformità alla norma UNI EN 58 "Bitumi e leganti bituminosi. Metodi di campionamento".

L'emulsione bituminosa modificata da utilizzare dovrà essere a lenta rottura, di tipo cationico (designazione secondo UNI EN: 13808C 60 BP 10) ed avere le caratteristiche conformi ai requisiti descritti nella seguente tabella:

CARATTERISTICHE DELL'EMULSIONE BITUMINOSA MODIFICATA (MISCELA PER IL MISTO GRANULARE LEGATO IN SITU CON CEMENTO ED EMULSIONE)			
REQUISITO	METODO DI PROVA	UM	VALORE LIMITE
Polarità	UNI EN 1430		Positiva
Contenuto d'acqua	UNI EN 1428	%	40±1
Contenuto di bitume	UNI EN 1428	%	60±1
Sedimentazione a 7 gg	UNI EN 12847	%	≤10
Ph (grado di acidità)	UNI EN 12850	%	2-4
Indice di rottura	UNI EN 13075		170-230
Stabilità alla miscelazione con cemento	UNI EN 12848		<2
CARATTERISTICHE DEL RESIDUO BITUMINOSO (recuperato per evaporazione UNI EN 13074)			
Penetrazione a 25°C	UNI EN 1426	dmm	da 50 a 70
Punto di rammollimento	UNI EN 1427	°C	> 60
Punto di rottura Fraass	UNI EN 12593	°C	< -15
Ritorno elastico a 25 °C	UNI EN 13398	%	> 50



Ai fini dell'accettazione, almeno 15 giorni prima dell'inizio delle lavorazioni, l'impresa è tenuta a predisporre la qualificazione dell'emulsione tramite certificazione attestante i requisiti prescritti.

### Cemento

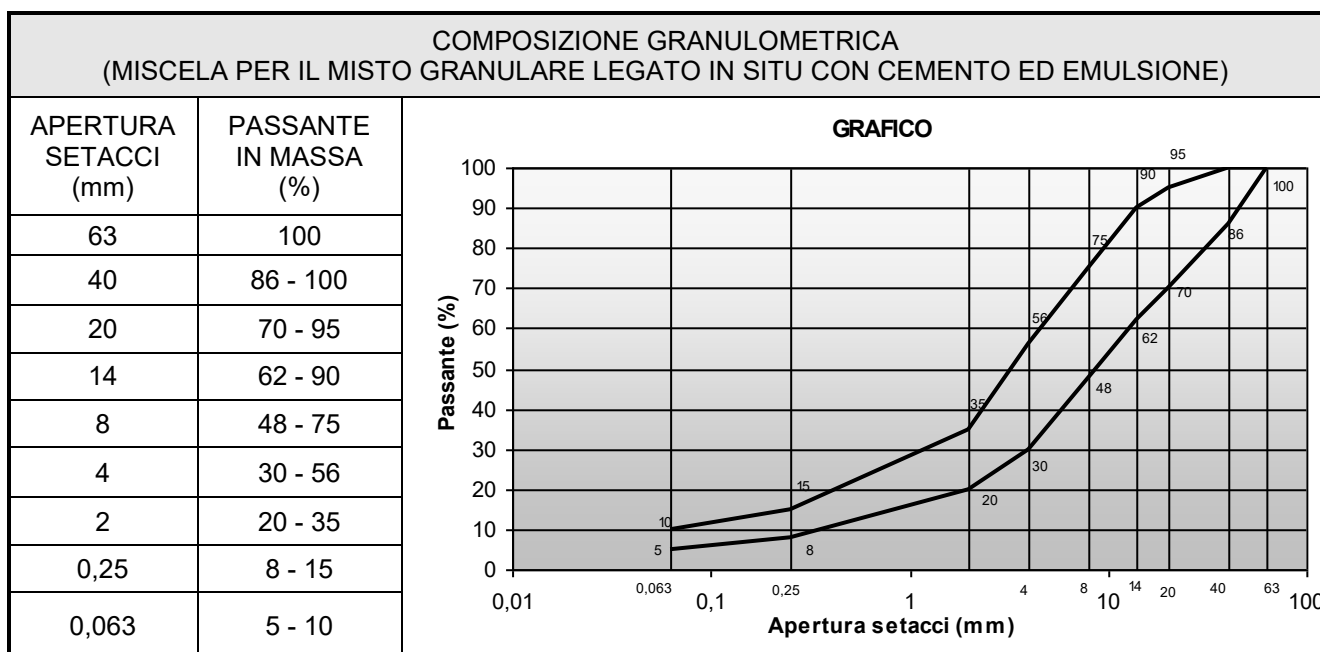
Il cemento utilizzato deve essere conforme al Regolamento prodotti da costruzione CPR 305/11 secondo il sistema di attestazione in vigore. Il Produttore potrà utilizzare cemento con classe di resistenza N32,5 di tipo Portland o d'alto forno o pozzolanico.

### Acqua

L'acqua utilizzata deve essere esente da impurità dannose quali oli, acidi, alcali, materie organiche od altre sostanze nocive e comunque conforme alla norma UNI EN 1008.

#### 30.1.7.3. Caratteristiche della miscela

La miscela del sottofondo riciclato e degli aggregati lapidei di integrazione per il confezionamento del misto cementato-bitumato legato con emulsione bituminosa modificata dovrà avere la composizione granulometrica compresa nei limiti del fuso riportato nella seguente tabella:



La curva granulometrica dovrà essere quanto più possibile continua.

Per una corretta valutazione delle caratteristiche del materiale esistente nel tronco stradale interessato dal trattamento devono esser eseguiti prelievi di materiali.

Sui campioni prelevati dovranno essere eseguite le analisi granulometriche (UNI EN 933-1) per stabilire la necessità di integrazione degli aggregati lapidei.

Le percentuali ottimali di cemento, acqua e emulsione bituminosa e dell'eventuale integrazione di aggregati sono determinate mediante uno specifico studio preliminare in laboratorio.

Per l'ottimizzazione della miscela (mix design) devono essere confezionati provini con differenti quantità (percentuali riferite al peso degli aggregati) di emulsione bituminosa, cemento ed acqua, costipati con pressa giratoria alle condizioni di prova specificate nella norma di riferimento (UNI EN 12697-31).

I provini dovranno essere confezionati con differenti quantità (percentuali riferite al peso degli aggregati) di emulsione bituminosa, cemento ed acqua, come indicato nella tabella sottostante:

**AUTOSTRADA DEL BRENNERO**  
SOCIETA' PER AZIONI CON SEDE IN TRENTO

CARATTERISTICA	DOSAGGIO DI LEGANTE								
Contenuto di cemento (%)	1,5			2,0			2,5		
Contenuto di emulsione bituminosa (%)	3,0	3,0	3,0	3,5	3,5	3,5	4,0	4,0	4,0
Contenuto di umidità (%oltre acqua dell'emulsione)	4	5	6	4,5	5,5	6,5	5	6	7

Ferme restando le percentuali di cemento, le percentuali delle altre componenti possono variare in funzione della natura e della granulometria del materiale da trattare.

È ammesso l'impiego di materiali costituenti in quantità differenti rispetto a quelle indicate purché validato dai risultati dello studio preliminare accettato dalla Direzione Lavori.

La miscela ottimale di misto granulare legato in situ con cemento ed emulsione bituminosa modificata dovrà avere le caratteristiche conformi ai requisiti riportati nella tabella seguente:

CARATTERISTICHE DELLA MISCELA DI MISTO GRANULARE LEGATO IN SITU CON CEMENTO ED EMULSIONE BITUMINOSA MODIFICATA					
REQUISITO	METODO DI PROVA	SIMBOLO	UM	VALORE LIMITE (a 24 ore)	VALORE LIMITE (a 72 ore)
Resistenza a trazione indiretta	UNI EN 12697-23	ITS	MPa	>0,20	>0,35
Modulo di rigidezza	UNI EN 12697-26 (C)	Sm	MPa	> 1800	> 3000
Resistenza a compressione	UNI EN 13286-41	Rc	MPa	>1,5	da 2,0 a 4,5
I provini dovranno essere sottoposti a maturazione alla temperatura 40°C e provati a 20°C (dopo termostatazione di 4 ore a 20°C).					

Oltre alle caratteristiche meccaniche citate, lo studio della miscela dovrà prevedere anche i seguenti elementi:

- natura e quantità dei materiali costituenti;
- composizione granulometrica della miscela;
- contenuto totale di legante bituminoso;
- densità della miscela ottimale compattata.

Il Produttore dovrà presentare alla Direzione Lavori lo studio preliminare elaborato a proprie spese entro quindici giorni dall'inizio dei lavori per l'approvazione.

In alternativa allo studio preliminare di ottimizzazione la D.L. potrà prevedere la validazione, della miscela ottimale, attraverso la realizzazione di diversi campi prova in cui verranno variate le differenti quantità di legante.

La miscela ottimale dovrà comunque soddisfare almeno i requisiti richiesti per i provini sottoposti a maturazione di 24 ore riportati nella tabella caratteristiche della miscela.

**30.1.7.4. Caratteristiche dello strato**

Per le caratteristiche della miscela i valori misurati in opera non dovranno essere inferiori al 90% rispetto a quelli ottimali determinati mediante studio preliminare approvato dalla Direzione Lavori.

Le caratteristiche di addensamento della miscela in opera saranno determinate secondo il metodo del grado di compattazione in conformità con i requisiti riportati nelle seguenti tabelle:

ADDENSAMENTO DELLO STRATO DI FONDAZIONE IN CONGLOMERATO RICICLATO LEGATO CON EMULSIONE BITUMINOSA MODIFICATA (Grado di compattazione per confronto delle densità)			
REQUISITO	METODO DI PROVA	UM	VALORE LIMITE
Grado di addensamento (per ogni campione)	UNI EN 12697-6	%	> 95
Grado di addensamento (media dei campioni)	UNI EN 12697-6	%	≥ 98
Il grado di compattazione è il rapporto tra la densità della miscela compattata in opera e la densità della miscela compattata in laboratorio riferita allo stesso lotto/giorno di produzione (massimo addensamento teorico).			

La determinazione del grado di addensamento potrà essere effettuata anche mediante volumometro a sabbia (CNR BU 22 – 72).

Le carote prelevate dallo strato per la determinazione delle caratteristiche in opera dovranno avere diametro di mm 150.

Lo strato della fondazione dovrà essere realizzato nel rispetto degli spessori e delle sagome di progetto e la superficie finale dovrà presentarsi in qualunque direzione priva di irregolarità ed ondulazioni. Le caratteristiche che lo strato dovrà avere sono relative al requisito di addensamento della miscela ed alle dimensioni (spessore) dello strato.

Si prevede che lo strato riciclato in sito subirà un rigonfiamento medio, sullo spessore, del 15%.

**30.1.7.5. Posa in opera**

Il riciclaggio in sito a freddo sarà eseguito mediante idonei macchinari, approvati dalla D.L., (treno di riciclaggio) costituiti da fresa, autobotte per il legante bituminoso, autobotte per l'acqua, livellatrice ed almeno due rulli e macchina stabilizzatrice (pulvimixer tale da frantumare i grumi di conglomerato bituminoso fresato e miscelare omogeneamente cemento, emulsione bituminosa).

L'appaltatore, per l'esecuzione dei lavori e per l'intera durata degli stessi, dovrà mettere a disposizione riciclatrici che dovranno avere le seguenti caratteristiche minime:

- Potenza del motore ≥ 300 KW
- Normativa antinquinamento ≥ EU Stage 2

I macchinari utilizzati per il lavoro dovranno essere dotati di sistemi di dosaggio controllato dei materiali che saranno aggiunti nonché garantire, la perfetta omogeneità dello strato ed una ottimale distribuzione del cemento, dell'emulsione bituminosa e dell'acqua.

Il materiale, dopo il passaggio della riciclatrice, dovrà presentarsi omogeneo (senza grumi o vespai) con emulsione bituminosa ben disperso. Le strisciate devono essere sovrapposte per almeno 15 cm.

L'Impresa deve comunque garantire uniformità di produzione ed essere in grado di realizzare le miscele conformi alle caratteristiche determinate nello studio preliminare predisposto.

La compattazione dovrà avvenire mediante l'impiego di un rullo con cilindri metallici con peso superiore a 19 t e da un rullo gommato con carico statico superiore a 14 t; la fase di compattazione dovrà essere condotta fino ad addensamento ottimale dello strato.

Il riciclaggio a freddo deve essere sospeso qualora la temperatura dell'aria sia inferiore a 8°C, in condizioni di pioggia e comunque quando le condizioni meteorologiche generali possono pregiudicare la perfetta riuscita del lavoro.

### 30.1.8. Controlli periodici sulla fondazione

Il Direttore dei Lavori oppure il Collaudatore in corso d'opera, secondo le rispettive competenze, controllerà che le opere vengano eseguite nel rispetto di quanto previsto dal presente capitolato.

Durante l'esecuzione dei lavori saranno effettuate sistematiche ispezioni e prove sui materiali impiegati, sui campioni delle miscele sciolte e costipate, per controllarne la rispondenza alla miscela ottimale validata ed alle caratteristiche richieste.

I controlli relativi alle caratteristiche di accettazione dei materiali saranno effettuati prima dell'inizio dei lavori e/o in corso d'opera.

I risultati delle ispezioni, delle prove e della documentazione mediante certificati o rapporti di prova dovranno essere riportate su registro tenuto dal Direttore dei Lavori.

L'Impresa dovrà assicurare che i requisiti dei materiali costituenti, delle miscele e delle opere eseguite siano rigorosamente rispettati.

La Direzione Lavori procederà con l'esecuzione dei controlli periodici, a carico della Stazione Appaltante, secondo le modalità descritte nei Piani dei controlli minimi di seguito specificati. La Direzione Lavori ha la facoltà di effettuare ulteriori accertamenti sui requisiti dei materiali e delle lavorazioni.

Le modalità di esecuzione dei controlli periodici da effettuare sui materiali costituenti impiegati a seconda dei tipi di prodotto, sono riportati nella tabella seguente:

CONTROLLI PERIODICI SUI MATERIALI COSTITUENTI			
MATERIALE	UBICAZIONE PRELIEVO	REQUISITI DA CONTROLLARE	FREQUENZA
Aggregato (naturale, riciclato)	Impianto di produzione, cantiere di posa	<ul style="list-style-type: none"><li>• caratteristiche fisiche;</li><li>• caratteristiche geometriche;</li><li>• caratteristiche chimiche.</li></ul>	A richiesta della Direzione Lavori o in caso di prolungate interruzioni nella fornitura di aggregati
Bitume	Cisterna di stoccaggio, cantiere di posa	<ul style="list-style-type: none"><li>• Rapporto di espansione;</li><li>• Tempo di semitrasformazione.</li></ul>	Giornaliero
Emulsione bituminosa	Cisterna di stoccaggio cantiere di posa	<ul style="list-style-type: none"><li>• Caratteristiche del bitume residuo</li></ul>	A richiesta della Direzione Lavori o settimanale
I controlli sui materiali costituenti sono effettuati in base alle specifiche adottate.			

La verifica di accettazione sulla miscela sarà effettuata per accertare che i requisiti della composizione ottimale, validata ed accettata dalla Direzione Lavori, vengano rigorosamente rispettati mediante l'esecuzione di controlli periodici a frequenze stabilite e distinte in base al metodo prescelto per la caratterizzazione della miscela.

Tali valori dovranno essere verificati mediante prove sulla miscela prelevata all'impianto o al cantiere di stesa; la campionatura dovrà essere effettuata in conformità alla norma UNI EN 12697-27 ed i metodi di preparazione dei campioni dovranno essere conformi alle prescrizioni richieste.

Le modalità di esecuzione dei controlli periodici, da effettuare per la verifica di conformità ai requisiti definiti per le caratteristiche di ogni miscela, sono riportati nella tabella seguente:

CONTROLLI PERIODICI SULLA MISCELA		
REQUISITO	METODO DI PROVA	FREQUENZA
Composizione granulometrica	UNI EN 933-1 UNI EN 12697-2	Ogni 2000 m <sup>2</sup>
Contenuto di legante (bitume o emulsione bituminosa)	UNI EN 12697-1 e 39	

Le modalità di esecuzione dei controlli periodici, da effettuare per la verifica di conformità ai requisiti definiti per le caratteristiche dello strato, sono riportati nella tabella seguente:

CONTROLLI PERIODICI SULLO STRATO		
REQUISITO	METODO DI PROVA	FREQUENZA
Grado di addensamento miscele legate	UNI EN 12697-6	Ogni 2000 m <sup>2</sup>  o  per fascia di stesa (ogni 500 m per corsia).
Resistenza a trazione indiretta	UNI EN 12697-23	
Modulo di rigidezza	UNI EN 12697-26 (C)	
Resistenza a compressione	UNI EN 13286-41	
Moduli di deformazione	CNR 146	
Spessore dello strato	UNI EN 12697-29	

In corso d'opera ed in ogni fase delle singole lavorazioni, la Direzione Lavori effettuerà, a sua discrezione, tutte le verifiche, prove e controlli, atti ad accertare la rispondenza qualitativa e quantitativa dei lavori alle prescrizioni contrattuali.

### **30.2. LAVORAZIONI PRELIMINARI ALLA POSA IN OPERA DEI CONGLOMERATI BITUMINOSI**

Prima della posa in opera dei conglomerati bituminosi l'Impresa dovrà effettuare tutte le lavorazioni previste dal progetto esecutivo.

Gli interventi da realizzare sono relativi alla posa di prodotti per la protezione e per il rafforzamento della pavimentazione ed all'esecuzione di membrane con funzione di ancoraggio e/o impermeabilizzazione fra gli strati.

#### **30.2.1. Geotessile**

Qualora previsto nel progetto, l'Impresa dovrà provvedere ad inserire un geotessile non tessuto all'interfaccia tra lo strato di base e la fondazione in misto granulare, con funzione di separazione (anticontaminante), drenante e di ripartizione dei carichi.

Le caratteristiche del prodotto utilizzato devono essere conformi ai requisiti riportati nella seguente tabella:

CARATTERISTICA DEL GEOTESSILE			
REQUISITO	METODO DI PROVA	UM	VALORE LIMITE
Resistenza alla trazione sia in senso longitudinale sia trasversale.	UNI EN ISO 10319	kN/m	$\geq 18$
Resistenza al punzonamento statico (CBR).	UNI EN ISO 12236	kN	$\geq 3,0$
Apertura efficace dei pori $d_{90}$ .	UNI EN ISO 12956	$\mu\text{m}$	$\leq 100$
Spessore massimo sotto 2 kPa.	UNI 8279/2	mm	$\leq 2,7$

Il geotessile sarà del tipo non tessuto costituito al 100% con fibre di polipropilene o poliestere, coesionate mediante agugliatura meccanica con esclusione di collanti o altri componenti chimici; inoltre dovrà presentare una superficie rugosa, dovrà apparire uniforme, essere resistente agli agenti chimici, essere imputrescibile ed atossico.

La posa del geotessile sarà effettuata sul piano dello stabilizzato, previa rullatura dello stesso e spruzzatura di emulsione bituminosa cationica, al 55%, in ragione di  $1 \text{ kg/m}^2$  di residuo secco bituminoso.

La larghezza del geotessile deve essere tale da inserirsi perfettamente nel cassonetto, senza formare bordi o risalti. Al fine di permettere un'ottimale disposizione del geotessile nel cassonetto è tollerata una larghezza massima di 2 cm inferiore a quella del cassonetto cui dovrà essere posato.

E' necessario che i sormonti, sia nella testata sia in senso longitudinale, garantiscano una sovrapposizione di almeno 20 cm e che gli stessi vengano cosparsi di emulsione per garantire aderenza e continuità. Inoltre nei tratti in curva è necessario apportare idonei tagli, con opportune sovrapposizioni al fine di assicurarne la continuità. Durante la messa in opera il telo deve essere teso sufficientemente per non creare deformazioni (grinze, pieghe, ecc.).

#### **30.2.2. Geogriglia**

Qualora previsto in progetto, l'Impresa dovrà provvedere ad inserire una geogriglia tra gli strati portanti della pavimentazione, con funzione di rinforzo e di barriera alla propagazione verso la superficie di lesioni preesistenti nei vecchi conglomerati bituminosi.

Le caratteristiche del prodotto utilizzato devono essere conformi ai requisiti riportati nella seguente tabella:

CARATTERISTICHE DELLA GEOGRIGLIA			
REQUISITO	METODO DI PROVA	UM	VALORE LIMITE
Resistenza alla trazione sia in senso longitudinale sia trasversale. (Allungamenti <4%)	UNI EN ISO 10319	kN/m	≥ 100

La rete con apertura della maglia 10-20 mm dovrà essere costituita da filamenti di fibra di vetro o carbonio con resistenza a temperature minime di 700 °C e dovrà inoltre essere ricoperta con uno strato di polimeri elastomerici che ne permettano l'adesività.

Le sovrapposizioni tra le diverse strisciate dovranno essere di 10-20 cm.

### 30.2.3. Membrana bituminosa autotermodadesiva

Qualora previsto in progetto, l'Impresa dovrà provvedere ad inserire una membrana bituminosa autotermodadesiva tra gli strati portanti della pavimentazione, con funzione di rinforzo, di barriera alla propagazione verso la superficie di lesioni preesistenti nei vecchi conglomerati bituminosi (fessure di riflessione) e di impermeabilizzazione.

Le caratteristiche del prodotto utilizzato devono essere conformi ai requisiti riportati nella seguente tabella:

CARATTERISTICHE DELLA GEOGRIGLIA			
REQUISITO	METODO DI PROVA	UM	VALORE LIMITE
spessore	EN 1849-1	mm	2,0 ÷ 2,5
Resistenza alla trazione sia in senso longitudinale sia trasversale. (Allungamenti <4%)	UNI EN ISO 12311-1	kN/m	≥ 40

La membrana bituminosa sarà composta da una geomembrana costituita, in massima parte, da un bitume modificato accoppiata ad una geogriglia di rinforzo in fibra di vetro.

La posa potrà avvenire al di sotto dello strato di binder sulla superficie fresata oppure secondo le indicazioni progettuali. La superficie fresata sulla quale andrà posata la membrana non dovrà essere troppo rugosa (è necessario che gli utensili impiegati siano sempre taglienti ed in perfetta efficienza e che la velocità di avanzamento delle fresatrici non sia mai spinta oltre il limite che possa compromettere la regolare esecuzione della lavorazione). La superficie fresata deve essere accuratamente pulita. La spazzolatura per togliere la polvere va fatta in assenza di acqua. La posa va preceduta dalla spruzzatura di una mano di emulsione bituminosa acida al 55% in ragione di 0,5 kg/m<sup>2</sup> di residuo secco.

La posa deve avvenire in condizioni ambientali favorevoli, con la superficie di posa asciutta e con temperatura superiori ai 10°C

Le sovrapposizioni longitudinali delle diverse strisciate dovranno essere di almeno 5 cm mentre le sovrapposizioni trasversali (di testa) fra due fogli consecutivi dovranno essere di almeno 10 cm e dovrà essere effettuata in modo che il lembo superiore sia disposto lungo il senso di marcia della vibrofinitrice.

### 30.2.4. Membrana bituminosa eseguita in sito

Qualora previsto in progetto, l'Impresa dovrà provvedere ad inserire una membrana bituminosa, eseguita in sito, con funzione di rinforzo, di barriera alla propagazione verso la superficie di lesioni preesistenti nei vecchi conglomerati bituminosi (fessure di riflessione) e di impermeabilizzazione.

La membrana bituminosa sarà realizzata con l'interclusione di un geocomposito per il rinforzo e l'impermeabilizzazione della pavimentazione.

Le caratteristiche del prodotto utilizzato devono essere conformi ai requisiti riportati nella seguente tabella:

CARATTERISTICHE DEL GEOCOMPOSITO			
REQUISITO	METODO DI PROVA	UM	VALORE LIMITE
massa totale	EN ISO 9864	g/m <sup>2</sup>	tra 350 e 400
Resistenza alla trazione sia in senso longitudinale sia trasversale.	EN ISO 10319	kN/m	≥ 50
Resistenza alla trazione sia in senso longitudinale sia trasversale. (Allungamenti <2%)	EN ISO 10319	kN/m	≥ 45
Allungamento a rottura	EN ISO 10319	%	3
Punto di fusione	EN ISO 9864	°C	>180

La membrana bituminosa sarà composta da un geocomposito costituito da un non tessuto a filamento continuo agugliato meccanicamente ed accoppiato a filamenti di vetro di rinforzo e da bitume modificato.

La superficie prima della posa della membrana dovrà essere perfettamente pulita.

Successivamente la pulizia andrà stesa, mediante spargimento con autocisterna termica provvista di autonomo impianto di riscaldamento e barra di spruzzatura automatica, bitume modificato con elastomeri oppure emulsione bituminosa al 70% con bitume modificato. La quantità di bitume modificato (o del residuo secco nel caso di emulsione bituminosa) dovrà essere pari a 1,10 kg/m<sup>2</sup> (emulsione al 70% circa 1,6 kg/m<sup>2</sup>). In ogni caso il bitume (residuo bituminoso nel caso di emulsione) dovrà avere le caratteristiche riportate nella seguente tabella:

CARATTERISTICHE BITUME MODIFICATO (o nel caso di emulsione al 70% caratteristiche del Legante recuperato per evaporazione (UNI EN 13074))			
REQUISITO	METODO DI PROVA	UM	VALORE LIMITE
Penetrazione a 25°C	UNI EN 1426	dmm	da 50 a 100
Punto di rammollimento	UNI EN 1427	°C	>60
Punto di rottura (Fraass)	UNI EN 12593	°C	< -15
Ritorno elastico a 25°C	UNI EN 12593	%	>75
Coesione – Force ductility test a 10 °C	UNI EN 13589 UNI EN 13703	J/cm <sup>2</sup>	2

Immediatamente dopo la stesa del bitume (oppure, nel caso di utilizzo di emulsione bituminosa al 70% dopo che l'emulsione abbia effettuato la "rottura" cioè l'acqua sia evaporata) andrà posato il geocomposito evitando qualsiasi tipo di piega. In ogni caso si raccomanda che la posa del geocomposito venga effettuata da personale qualificato attraverso l'utilizzo di opportuna apparecchiatura.

### 30.2.5. Mano d'attacco con bitume normale

Per mano d'attacco si intende quell'applicazione di emulsione bituminosa eseguita prima o durante la stesa del conglomerato con lo scopo di migliorare e garantire l'adesione ed il perfetto ancoraggio tra gli strati della



pavimentazione. La mano d'attacco deve sempre essere effettuata anche nel caso in cui gli strati della pavimentazione vengono posati senza interruzioni.

I requisiti di accettazione dell'emulsione bituminosa, qualora non specificato diversamente, dovranno essere conformi alle seguenti prescrizioni:

- Regolamento prodotti da costruzione CPR 305/11;
- Allegato ZA della Norma armonizzata UNI EN 13808 "Bitumi e leganti bituminosi. Quadro delle specifiche per le emulsioni bituminose cationiche".

Il prelievo dei campioni da sottoporre ad analisi deve essere effettuato in conformità alla norma UNI EN 58 "Bitumi e leganti bituminosi. Metodi di campionamento".

Salvo diverse disposizioni del Progettista, dovrà essere utilizzata emulsione bituminosa cationica (acida) a rapida rottura con il 55% di bitume residuo designata, in conformità alla norma UNI EN 13808, secondo la seguente dicitura: C 55 B 3 (emulsione cationica a rapida rottura con il 55% di bitume residuo).

Le caratteristiche dell'emulsione bituminosa per la realizzazione della mano d'attacco devono essere conformi ai requisiti riportati nella seguente tabella:

CARATTERISTICHE DELL'EMULSIONE BITUMINOSA			
REQUISITO	METODO DI PROVA	UM	VALORE LIMITE
Polarità	UNI EN 1430	-	Cationica
Contenuto di legante+flussante	UNI EN 1431	%	>55+/-2
Contenuto d'acqua	UNI EN 1428	%	45+/-2
Contenuto di flussante	UNI EN 1431	%	<3
Indice di rottura	UNI EN13075-1	-	da 70 a 130
Sedimentazione a 7 giorni	UNI EN 12847	%	<10
Legante recuperato per evaporazione UNI EN 13074			
Penetrazione a 25°C (sul residuo bituminoso)	UNI EN 1426	dmm	da 70 a 220
Punto di rammollimento (sul residuo bituminoso)	UNI EN 1427	°C	da 40 a 45

Prima della stesa della mano d'attacco l'Impresa dovrà rimuovere tutte le impurità presenti.

La quantità di emulsione bituminosa normalmente da impiegare per la realizzazione della mano d'attacco deve essere:

- di 0,35 kg/m<sup>2</sup> di bitume residuo nel caso di ricariche (stesa sopra conglomerato esistente);
- di 0,40 kg/m<sup>2</sup> di bitume residuo nel caso di stesa su pavimentazione precedentemente fresata.

Prima della stesa della mano d'attacco l'Impresa dovrà rimuovere tutte le impurità presenti.

La superficie trattata dovrà risultare perfettamente coperta da uno strato omogeneo di prodotto, compresi i bordi verticali del cavo eventualmente fresato.

### **30.2.6. Mano d'attacco costituita da emulsione elastomerica con bitume modificato Hard**

Per mano d'attacco si intende quell'applicazione di emulsione bituminosa eseguita prima o durante la stesa del conglomerato con lo scopo di migliorare e garantire l'adesione ed il perfetto ancoraggio tra gli strati della pavimentazione. La mano d'attacco deve sempre essere effettuata anche nel caso in cui gli strati della pavimentazione vengono posati senza interruzioni.

I requisiti di accettazione dell'emulsione bituminosa, qualora non specificato diversamente, dovranno essere conformi alle seguenti prescrizioni:

- Regolamento prodotti da costruzione CPR 305/11;

- Allegato ZA della Norma armonizzata UNI EN 13808 “ Bitumi e leganti bituminosi. Quadro delle specifiche per le emulsioni bituminose cationiche”.

Il prelievo dei campioni da sottoporre ad analisi deve essere effettuato in conformità alla norma UNI EN 58 “Bitumi e leganti bituminosi. Metodi di campionamento”.

La mano d'attacco deve essere realizzata con emulsione di bitume modificato con polimeri, spruzzata con apposita spanditrice. La mano d'attacco, per consentire il transito dei mezzi di stesa, deve essere coperta con graniglia oppure con sabbia o filler.

Prima della stesa della mano d'attacco l'Impresa dovrà rimuovere tutte le impurità presenti.

La quantità di emulsione bituminosa normalmente da impiegare per la realizzazione della mano d'attacco deve essere:

- di 0,35 kg/m<sup>2</sup> di bitume residuo nel caso di ricariche (stesa sopra conglomerato esistente);
- di 0,40 kg/m<sup>2</sup> di bitume residuo nel caso di stesa su pavimentazione precedentemente fresata.

La superficie trattata dovrà risultare perfettamente coperta da uno strato omogeneo di prodotto, compresi i bordi verticali del cavo eventualmente fresato.

L'emulsione per mano d'attacco deve essere un'emulsione cationica a rottura rapida con il 69% di bitume residuo modificato con polimeri (designazione secondo UNI EN 13808: C 69 BP 3).

Le caratteristiche dell'emulsione bituminosa per la realizzazione della mano d'attacco devono essere conformi ai requisiti riportati nella seguente tabella:

CARATTERISTICHE DELL'EMULSIONE BITUMINOSA DI BITUME MODIFICATO CON POLIMERI – C 69 BP 3			
REQUISITO	METODO DI PROVA	UM	VALORE LIMITE
Contenuto d'acqua	UNI EN 1428	%	30+/-1
Contenuto di legante bituminoso	UNI EN 1431	%	67-71
Contenuto di flussante	UNI EN 1431	%	0
Sedimentazione a 7 giorni	UNI EN 12847	%	< 10
Indice di rottura	UNI EN13075-1	-	da 70 a 155
Legante recuperato per evaporazione UNI EN 13074			
Penetrazione a 25°C	UNI EN 1426	dmm	da 50 a 70
Punto di rammollimento	UNI EN 1427	°C	>65
Punto di rottura (Fraass)	UNI EN 12593	°C	< -15
Ritorno elastico a 25°C	UNI EN 12593	%	>75

La superficie trattata dovrà risultare perfettamente coperta da uno strato omogeneo di prodotto, compresi i bordi verticali del cavo eventualmente fresato.

L'ancoraggio tra gli strati di conglomerato bituminoso (tra strato di base e binder oppure tra strato binder e usura) viene determinato, sulle carote estratte (diametro 150mm circa), mediante la prova di taglio diretto eseguita con l'apparato Leutner (SN 6070461).

Per valori di resistenza al taglio inferiori a 15 kN viene applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione percentuale al prezzo di elenco degli strati sovrastanti all'ancoraggio pari a:

$$\% \text{ di detrazione} = t + 0,2 t^2$$

Dove **t** è la media degli scostamenti dei valori ottenuti dalle carote rispetto al valore limite di 15kN. Valori di resistenza al taglio inferiori a 5 kN comporteranno al rimozione degli strati sovrastanti all'ancoraggio e la successiva ricostruzione a spese dell'Impresa.

Nei casi in cui all'interfaccia degli strati sia stato inserito un elemento di rinforzo (rete, geocomposito, geomembrane ecc.) il valore minimo di resistenza al taglio accettabile senza detrazioni è ridotto a 12kN

### 30.2.7. Membrana impermeabilizzante

Per membrana impermeabilizzante si intende quello strato di legante bituminoso modificato che svolge contemporaneamente le funzioni di ancoraggio dello strato superiore, mano d'attacco, e di impermeabilizzazione dello strato inferiore. È prevista sotto gli strati di usura Drenante - Fonassorbente Speciale (PA), usura porosa per pavimentazioni semirigide (PA) e usura Antisdrucciolo (SMA).

A seconda del legante utilizzato può essere costituita da uno strato di bitume modificato o di emulsione da bitume modificato.

Nel primo caso dovrà essere impiegato bitume ad alta viscosità, del tipo 50/70 modificato (tipo HARD), così come specificato nella tabella sottostante.

CARATTERISTICHE DEL BITUME MODIFICATO HARD			
REQUISITO	METODO DI PROVA	UM	VALORE LIMITE
Penetrazione a 25°C	UNI EN 1426	dmm	da 50 a 70
Punto di rammollimento (palla anello)	UNI EN 1427	°C	≥ 65
Punto di rottura (Fraass)	UNI EN 12593	°C	≤ -20
Ritorno elastico a 25 °C	UNI EN 13398	%	> 75
Stabilità allo stoccaggio (3 gg a 180°C)	UNI EN 13399	°C	< 0,5
Viscosità dinamica a 160 °C, $Y=10s^{-1}$	UNI EN 13702-2	Pa*s	da 0,30 a 0,50
RESISTENZA ALL'INVECCHIAMENTO			
Rapporto tra la penetrazione residua, dopo invecchiamento accelerato, e la penetrazione originaria, a 25°C. (RTFOT UNI EN 12607-1)	UNI EN 1426	%	≥ 60
Ritorno elastico a 25 °C (RTFOT UNI EN 12607-1)	UNI EN 13398	%	> 50
Incremento del Punto di rammollimento (RTFOT UNI EN 12607-1)	UNI EN 1427	°C	< 5
Scostamento tra la Penetrazione residua, dopo "tuben test", e la Penetrazione originaria, a 25°C. (UNI EN 13399)	UNI EN 1426	$\Delta$ dmm	< 5
Scostamento tra il punto di Rammollimento, dopo "tuben test", ed il Rammollimento originario. (UNI EN 13399)	UNI EN 1427	$\Delta$ °C	< 3

Il bitume modificato verrà distribuito sulla sede stradale asciutta, preventivamente pulita e depolverizzata, mediante serbatoio semovente munito di barra spruzzatrice e di pompa dosatrice. Per stendere il legante l'Impresa dovrà utilizzare macchine spruzzatrici dotate di unità autonoma di riscaldamento.

Il legante, riscaldato alla temperatura di circa 180°C, dovrà essere spruzzato in modo da ricoprire con spessore omogeneo la superficie stradale in quantità di 1,0 kg/m<sup>2</sup>; la tolleranza ammessa è di  $\pm 0,1$  kg/m<sup>2</sup>. Dosaggi differenti dovranno essere autorizzati dalla Direzione Lavori.

Nel secondo caso dovrà essere impiegata emulsione bituminosa proveniente bitume ad alta viscosità, del tipo 50/70 modificato (tipo HARD), conforme ai requisiti specificati nella seguente tabella seguente:

CARATTERISTICA DELL'EMULSIONE BITUMINOSA MODIFICATA			
REQUISITO	METODO DI PROVA	UM	VALORE LIMITE
Contenuto di legante+flussante	UNI EN 1431	%	>67 (±2)
Contenuto d'acqua	UNI EN 1428	%	<30 (±2)
Contenuto di flussante	UNI EN 1431	%	<3
Indice di rottura	UNI EN13075-1	-	da 70 a 130
Sedimentazione a 7 giorni	UNI EN 12847	%	<10
Determinazione del potere pH	UNI EN 12850	-	<6
Penetrazione a 25°C (sul residuo bituminoso)	UNI EN 1426	dmm	da 40 a 70
Punto di rammollimento (sul residuo bituminoso)	UNI EN 1427	°C	> 65
Punto di rottura Fraass	UNI EN 12593	°C	≤ -18

La quantità di emulsione bituminosa modificata spruzzata a caldo dovrà essere calibrata in modo da ricoprire con spessore omogeneo la superficie stradale, stesa in ragione di 1,5 kg/m<sup>2</sup> corrispondente a circa 1 kg/m<sup>2</sup> di residuo secco bituminoso; la tolleranza ammessa è di ± 0,1 kg/m<sup>2</sup> di residuo secco.

Dopo la spruzzatura della membrana impermeabilizzante verrà sparso un sottile velo di filler con macchinari idonei (tipo macchina spargisale). Il filler dovrà provenire dalla frantumazione di rocce, preferibilmente, calcaree ed avrà una funzione antiaderente per consentire il regolare transito dei mezzi senza che la membrana venga danneggiata.

La quantità di filler deve essere la minima necessaria per impedire l'incollaggio delle ruote dei mezzi ed evitare eventuali rifluimenti della mano di attacco.

In alternativa al filler, in presenza di umidità elevata, potranno essere utilizzati aggregati naturali prebitumati di classe d/D 4/8 da utilizzarsi secondo le seguenti modalità.

Immediatamente dopo la spruzzatura della membrana e prima che la sua temperatura sia scesa sotto i 90°C si provvederà alla granigliatura mediante spargimento con apposita macchina di aggregati prebitumati di classe d/D 4/8. Le caratteristiche dell'aggregato devono essere identiche a quelle stabilite dal Capitolato per gli aggregati di classe 4/8 da utilizzare per il conglomerato bituminoso per lo strato di usura Drenante - Fonassorbente Speciale. Con anticipo di almeno una settimana sui tempi di granigliatura della membrana, l'aggregato dovrà essere perfettamente rivestito a caldo in impianto con bitume nella quantità di 0,6÷0,8% sul peso degli aggregati stessi. Il bitume usato dovrà essere di tipo modificato ovvero additivato con 0,4% in peso di Dopes di adesione di provate qualità. L'operazione di granigliatura dovrà essere immediatamente seguita dall'energica rullatura con rulli muniti di cilindro rivestito di gomma al fine di ancorare alla membrana gli aggregati prebitumati.

Dopo l'operazione di rullatura seguirà l'asportazione degli aggregati eccedenti e di quelli non perfettamente ancorati alla membrana, mediante motospazzatrice aspirante. Al termine dell'operazione tutta la superficie trattata dovrà risultare esente da elementi sciolti e non aderenti. La quantità media di graniglia residua sarà mediamente di 10 ÷ 12 kg/m<sup>2</sup>.

La scelta del tipo di legante da utilizzare e del successivo trattamento antiaderente dovrà essere approvata dalla Direzione Lavori.

L'ancoraggio tra gli strati di conglomerato bituminoso (tra strato binder e usura (Drenante oppure SMA)) viene determinato, sulle carote estratte (diametro 150mm circa), mediante la prova di taglio diretto eseguita con l'apparato Leutner (SN 6070461).

Per valori di resistenza al taglio inferiori a 15 kN viene applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione percentuale al prezzo di elenco degli strati sovrastanti all'ancoraggio pari a:

$$\% \text{ di detrazione} = t + 0,2 t^2$$

Dove  $t$  è la media degli scostamenti dei valori ottenuti dalle carote rispetto al valore limite di 15kN. Valori di resistenza al taglio inferiori a 5 kN comporteranno al rimozione degli strati sovrastanti all'ancoraggio e la successiva ricostruzione a spese dell'Impresa.

Nei casi in cui all'interfaccia degli strati sia stato inserito un elemento di rinforzo (rete, geocomposito, geomembrane ecc.) il valore minimo di resistenza al taglio accettabile senza detrazioni è ridotto a 12kN.

### 30.3. CONGLOMERATI BITUMINOSI PRODOTTI A CALDO

Nella tabella seguente sono riportati i tipi di conglomerato bituminoso prodotti a caldo in impianto e specificati nelle presenti Prescrizioni tecniche:

TIPOLOGIE DEI CONGLOMERATI BITUMINOSI PRODOTTI A CALDO				
SIGLA	DIMENSIONE NOMINALE AGGREGATI	STRATO D'IMPIEGO	TIPO DI LEGANTE	NORMA ARMONIZZATA
CB	31,5	base	Bitume modificato 50/70 (modifica hard)	UNI EN 13108-1
CB	16	collegamento	Bitume modificato 50/70 (modifica hard)	UNI EN 13108-1
CB	12,5	usura	Bitume modificato 50/70 (modifica hard)	UNI EN 13108-1
PA	16	usura Drenante- Fonoassorbente Speciale	Bitume modificato 50/70 (modifica hard)	UNI EN 13108-7
PA	16	usura porosa per pavimentazioni semirigide (parcheggio mezzi pesanti)	Bitume modificato 50/70 (modifica hard)	UNI EN 13108-7
SMA	12,5	usura antisdrucchiolo chiuso	Bitume modificato 50/70 (modifica hard)	UNI EN 13108-5

I conglomerati bituminosi utilizzati dovranno soddisfare i requisiti stabiliti dalle Norme armonizzate della serie UNI EN 13108. Il materiale fornito dovrà essere corredato della Marcatura CE per i conglomerati bituminosi prodotti a caldo secondo il sistema di attestazione previsto dalla normativa vigente.

I conglomerati bituminosi devono possedere elevata resistenza meccanica elastoviscoplastica (capacità di sopportare le sollecitazioni trasmesse dai veicoli), ed elevata resistenza a fatica (capacità di sopportare il numero maggiore possibile di ripetizioni di carico).

L'Impresa dovrà formulare la miscela ottimale da analizzare mediante prove preliminari al fine di determinare la composizione granulometrica e la quantità effettiva di bitume da impiegare nel conglomerato bituminoso secondo le modalità di qualifica descritte di seguito.

#### 30.3.1. Prescrizioni generali

L'Impresa ha l'obbligo di eseguire le prove sperimentali preliminari sull'idoneità dei materiali costituenti da utilizzare (aggregati naturali, leganti bituminosi, conglomerato bituminoso di recupero, additivi); i risultati di tali prove determineranno l'accettazione dei materiali. La Direzione Lavori potrà ordinare ulteriori prove di verifica presso un proprio laboratorio incaricato ed i relativi oneri saranno a carico della Società.

L'Impresa è tenuta a presentare, con congruo anticipo rispetto all'inizio dei lavori (almeno due settimane) e per ogni cantiere di produzione, la composizione delle miscele che intende adottare.

L'impresa dovrà provvedere alla validazione delle composizioni ottimali in uscita, presso l'impianto, al fine di dimostrare che tali miscele siano realizzabili non solo in laboratorio ma anche all'impianto di produzione. A tale scopo l'Impresa dovrà presentare alla Direzione Lavori i "mix design" delle composizioni ottimali, corredati dei risultati delle prove di validazione che costituiranno l'insieme delle Prove Iniziali di Tipo (ITT).

Le Prove Iniziali di Tipo dovranno essere eseguite, per ogni tipo di miscela bituminosa prevista dalle presenti Prescrizioni tecniche, nello stesso anno solare in cui viene eseguita la messa in opera e prontamente aggiornate qualora dovessero verificarsi cambiamenti dei materiali costituenti o nel processo produttivo.

I requisiti, determinati mediante le prove iniziali di qualifica secondo le modalità previste dalla norma UNI EN 13108-20, dovranno essere conformi alle caratteristiche previste per i materiali costituenti e per le miscele finite descritte nelle presenti Prescrizioni tecniche.

La Direzione Lavori si riserva di approvare i risultati ottenuti ed ha facoltà di richiedere all'Impresa ulteriori analisi sulle miscele e sui materiali presso un proprio laboratorio incaricato. L'approvazione non ridurrà comunque la responsabilità dell'Impresa, relativa al raggiungimento dei requisiti finali dei conglomerati in opera.

L'Impresa dovrà presidiare rigorosamente il proprio processo produttivo mediante l'esecuzione dei Controlli di Produzione in Fabbrica (FPC) secondo le modalità previste dalla norma UNI EN 13108-21.

I controlli in produzione comprendono sia l'accertamento periodico dei requisiti definiti per i materiali costituenti e per i prodotti sia le verifiche sul processo di produzione dei conglomerati bituminosi.

### **30.3.2. Caratteristiche degli impianti di produzione del conglomerato bituminoso**

Il concorrente deve mettere a disposizione per tutta la durata dei lavori uno o più impianti di produzione di conglomerato bituminoso della capacità produttiva complessiva di almeno 300 t/h.

Gli impianti di produzione del conglomerato bituminoso, mantenuti in perfette condizioni di funzionamento ed idonei per assicurare la continua conformità del prodotto alle caratteristiche definite, devono comunque avere la potenzialità produttiva necessaria per garantire la continuità di fornitura durante la stesa, evitando soste o interruzioni di approvvigionamento.

La produzione di ciascun impianto non deve comunque essere spinta oltre la sua potenzialità per assicurare il perfetto essiccamento, l'uniforme riscaldamento della miscela e la perfetta vagliatura che assicuri un'ideale riclassificazione delle singole classi degli aggregati lapidei utilizzati.

Ogni impianto deve assicurare il riscaldamento del bitume alla temperatura richiesta (non superiore a 190°C) e il mantenimento uniforme della viscosità fino al momento della miscelazione nonché il perfetto dosaggio sia del bitume sia dell'additivo.

La temperatura degli aggregati, all'atto della miscelazione, deve essere compresa tra 160°C e 180°C, e quella del legante non superiore ai 180°C, salvo diverse disposizioni della Direzione Lavori, in rapporto al tipo di bitume impiegato.

Per la verifica delle suddette temperature, gli essiccatori, i serbatoi e le tramogge degli impianti devono essere muniti di termometri fissi perfettamente funzionanti e periodicamente tarati.

La distanza tra gli impianti e i luoghi di stesa, considerando anche le caratteristiche dei mezzi di trasporto utilizzati, deve permettere di garantire, all'atto della stesa, una temperatura del conglomerato compresa tra i 150° ed i 160° C a fronte di una temperatura non superiore ai 180° C nella fase di produzione.

### **30.3.3. Strato di base**

#### **30.3.3.1. Descrizione e designazione**

Lo strato di base è costituito da una miscela di aggregati naturali, bitume modificato ad alta viscosità, filler ed eventuali additivi; è consentito l'utilizzo di conglomerato bituminoso di recupero (Ra) in percentuale massima del 30%. La miscela è prodotta a caldo, previo riscaldamento degli aggregati e del legante.

Il materiale viene steso in opera mediante idonea macchina vibrofinitrice assistita da meccanismi di auto livellamento e munita di rasatore per la precompattazione ed è costipato con rulli gommati e/o metallici vibranti.

Lo spessore dello strato è determinato dal Progettista.

Il conglomerato bituminoso utilizzato per lo strato di base deve essere caratterizzato in conformità ai requisiti delle miscele utilizzate per uso stradale specificati nella norma UNI EN 13108-1 e viene designato secondo la seguente dicitura:

<b>CB</b>	<b>31,5</b>	<b>base</b>	<b>PMB 50-70/65</b>
-----------	-------------	-------------	---------------------

Le miscele impiegate devono essere qualificate in conformità al Regolamento UE n.305/2011 sui prodotti da costruzione. Ciascuna fornitura deve essere accompagnata dalla marcatura CE attestane la conformità all'appendice ZA della norma europea armonizzata UNI EN 13108-1

### 30.3.3.2. Materiali costituenti

#### Aggregati

Gli aggregati naturali costituiscono la struttura portante del conglomerato bituminoso e comprendono gli aggregati grossi, gli aggregati fini e l'aggregato filler.

I requisiti di accettazione degli aggregati naturali impiegati, qualora non specificato diversamente, dovranno essere conformi alle seguenti prescrizioni:

- UNI EN 932-3 "Procedura e terminologia per la descrizione petrografica semplificata";
- Regolamento prodotti da costruzione CPR 305/11;
- Allegato ZA della Norma armonizzata UNI EN 13043 " Aggregati per miscele bituminose e trattamenti superficiali per strade, aeroporti ed altre aree soggette a traffico".

Il prelievo dei campioni da sottoporre ad analisi deve essere effettuato in conformità alla norma UNI EN 932-1 "Metodi di campionamento degli aggregati".

L'Aggregato grosso appartiene alla classe granulometrica compresa tra  $d > 4$  mm e  $D \leq 45$  mm; dovrà essere ottenuto da frantumazione e lavorazione di rocce dure o terreni e dovrà essere costituito granuli privi di elementi in fase di alterazione, polvere o materiali estranei. I materiali dovranno soddisfare i requisiti riportati nella seguente tabella:

CARATTERISTICHE DELL'AGGREGATO GROSSO (MISCELA PER LO STRATO DI BASE)					
REQUISITO	METODO DI PROVA	SIMBOLO	UM	VALORE LIMITE	CATEGORIA (UNI EN 13043)
Dimensione massima	UNI EN 933-1	$D_{max}$	mm	40	-
Requisito di granulometria	UNI EN 933-1	$G_C$	%		$G_{C90-10}$
Resistenza alla frammentazione	UNI EN 1097-2	LA	%	$\leq 25$	$LA_{25}$
Resistenza al gelo/disgelo	UNI EN 1367-1	F	%	$< 1$	$F_1$
Percentuale di superfici frantumate	UNI EN 933-5	C	%	$\geq 70$	$C_{95/1}$
Affinità ai leganti bituminosi	UNI EN 12697-11	-	%	$< 5$	-
Coefficiente di appiattimento	UNI EN 933-3	FI	%	$< 20$	$FI_{20}$

L'Aggregato fine appartiene alla classe granulometrica compresa tra  $d > 0,063$  mm e  $D < 4$  mm con denominazione  $G_F 85$ ; dovrà essere costituito da sabbie di frantumazione e privo di elementi in fase di alterazione, polvere o materiali estranei. I materiali dovranno soddisfare i requisiti riportati nella seguente tabella:

CARATTERISTICHE DELL'AGGREGATO FINE (MISCELA PER LO STRATO DI BASE)
--

REQUISITO	METODO DI PROVA	SIMBOLO	UM	VALORE LIMITE	CATEGORIA (UNI EN 13043)
Passante al setaccio 0,063	UNI EN 933-1	f	%	< 10	f <sub>10</sub>
Equivalente in sabbia	UNI EN 933-8	SE	%	>70	-

L'aggregato filler appartiene alla classe costituita in prevalenza da particelle passanti al setaccio 0,063 mm e dovrà provenire preferibilmente dalla frantumazione di rocce calcaree. Possono essere utilizzati anche cemento, calce idrata, calce idraulica, polvere di roccia asfaltica e ceneri volanti.

I materiali dovranno soddisfare i requisiti riportati nella seguente tabella:

CARATTERISTICHE DELL'AGGREGATO FILLER (MISCELA PER LO STRATO DI BASE)					
REQUISITO	METODO DI PROVA	SIMBOLO	UM	VALORE LIMITE	CATEGORIA (UNI EN 13043)
Passante al setaccio 2 mm	UNI EN 933-10	-	%	100	-
Passante al setaccio 0,125 mm	UNI EN 933-10	-	%	da 85 a 100	-
Passante al setaccio 0,063 mm	UNI EN 933-10	-	%	da 70 a 100	-
Indice di plasticità	UNI CEN ISO/TS 1789-12	-	-	N.P.	-
Porosità del filler compattato secco (Ridgen)	UNI EN 1097-4	V	%	da 28 a 45	V <sub>28/45</sub>
Palla anello (filler/bitume= 1,5)	UNI EN 13179-1	Δ <sub>R&amp;B</sub>	%	> 8	Δ <sub>R&amp;B8/16</sub>

## Legante

Per il confezionamento del conglomerato bituminoso per lo strato di base dovrà essere impiegato come legante bituminoso il bitume modificato ad alta viscosità ottenuto dalla fusione di bitume semisolido con polimeri elastomerici o plastomerici che ne modificano la struttura chimica e le caratteristiche fisiche e meccaniche.

I requisiti di accettazione del bitume, qualora non specificato diversamente, dovranno essere conformi alle seguenti prescrizioni:

- Regolamento prodotti da costruzione CPR 305/11;
- Allegato ZA della Norma armonizzata UNI EN 14023 " Bitumi e leganti bituminosi. Quadro delle specifiche riguardanti i bitumi modificati da polimeri".

Il prelievo dei campioni da sottoporre ad analisi deve essere effettuato in conformità alla norma UNI EN 58 "Metodi di campionamento dei leganti bituminosi".

Il bitume modificato ad alta viscosità, del tipo 50/70 modificato (tipo HARD), dovrà essere conforme alla Norma UNI EN 14023 e dovrà presentare le seguenti caratteristiche:

CARATTERISTICHE DEL BITUME MODIFICATO HARD (MISCELA PER LO STRATO DI BASE)			
REQUISITO	METODO DI PROVA	UM	VALORE LIMITE
Penetrazione a 25°C	UNI EN 1426	dmm	da 50 a 70
Punto di rammollimento (palla anello)	UNI EN 1427	°C	≥ 65
Punto di rottura (Fraass)	UNI EN 12593	°C	≤ -20



**AUTOSTRADA DEL BRENNERO**  
SOCIETA' PER AZIONI CON SEDE IN TRENTO

Ritorno elastico a 25 °C	UNI EN 13398	%	> 75
Stabilità allo stoccaggio (3 gg a 180°C)	UNI EN 13399	°C	< 0,5
Viscosità dinamica a 160 °C, $\gamma=10s^{-1}$	UNI EN 13702-2	Pa*s	da 0,30 a 0,50
<b>RESISTENZA ALL'INVECCHIAMENTO</b>			
Rapporto tra la penetrazione residua, dopo invecchiamento accelerato, e la penetrazione originaria, a 25°C. (RTFOT UNI EN 12607-1)	UNI EN 1426	%	≥ 60
Ritorno elastico a 25 °C (RTFOT UNI EN 12607-1)	UNI EN 13398	%	> 50
Incremento del Punto di rammollimento (RTFOT UNI EN 12607-1)	UNI EN 1427	°C	< 5
Scostamento tra la Penetrazione residua, dopo "tuben test", e la Penetrazione originaria, a 25°C. (UNI EN 13399)	UNI EN 1426	$\Delta mm$	< 5
Scostamento tra il punto di Rammollimento, dopo "tuben test", ed il Rammollimento originario. (UNI EN 13399)	UNI EN 1427	$\Delta ^\circ C$	< 3

Qualora previsto in progetto, per il confezionamento del conglomerato bituminoso per lo strato di base può essere utilizzato bitume tal quale del tipo 50/70, che dovrà essere conforme al Regolamento prodotti da costruzione CPR 305/11 ed all'allegato ZA della Norma UNI EN 12591 e dovrà presentare le seguenti caratteristiche:

<b>CARATTERISTICHE DEL BITUME NORMALE (TAL QUALE)</b> (MISCELA PER LO STRATO DI BASE)			
REQUISITO	METODO DI PROVA	UM	VALORE LIMITE
Penetrazione a 25°C	UNI EN 1426	dmm	da 50 a 70
Punto di rammollimento (palla anello)	UNI EN 1427	°C	da 46 a 54
Punto di rottura (Fraass)	UNI EN 12593	°C	≤ -8
Perdita per riscaldamento a 163 °C (volatilità), massimo	UNI EN 12607-1 o UNI EN 12607-2	%	≤ 0,5
<b>RESISTENZA ALL'INVECCHIAMENTO</b>			
Rapporto tra la penetrazione residua, dopo invecchiamento accelerato, e la penetrazione originaria, a 25°C. (RTFOT UNI EN 12607-1)	UNI EN 1426	%	50
Punto di rottura Fraass del residuo della prova di volatilità, massimo	UNI EN 12593	°C	-8
Contenuto di paraffina	UNI EN 12606-1 o	%	< 2,2
	UNI EN 12606-2		< 4,5

In presenza di temperature atmosferiche o del piano di appoggio non ottimali la DL può richiedere l'impiego di bitume ad elevata lavorabilità per consentire il regolare procedimento di compattazione ed assicurare il raggiungimento delle caratteristiche volumetriche e meccaniche dello strato. Prima della fornitura l'Impresa dovrà consegnare alla DL la documentazione tecnica del prodotto che intende impiegare per l'approvazione.

#### **Conglomerato bituminoso di recupero**

Per il confezionamento della miscela, oltre agli aggregati naturali ed al bitume modificato, è consentito l'utilizzo di conglomerato bituminoso di recupero (Ra) proveniente dalla fresatura, a freddo, di pavimentazioni.

Questo materiale, denominato “fresato”, potrà essere impiegato nella quantità massima del 30% in peso riferito alla miscela degli aggregati nel pieno rispetto delle caratteristiche tecniche previste dalle presenti Prescrizioni tecniche.

Le caratteristiche del conglomerato bituminoso di recupero devono essere determinate in conformità alla norma UNI EN 13108-8. In particolare il cumulo deve essere privo di materie estranee ed il materiale, prima dell'impiego, deve essere opportunamente vagliato per evitare l'inserimento di elementi delle dimensioni superiori a quelle massime della miscela finale. Devono essere accertate il tipo, la quantità e le proprietà del legante e degli aggregati costituenti.

Qualora venga utilizzato il conglomerato bituminoso di recupero, in una quantità superiore al 20% rispetto al peso della miscela, dovranno essere determinati i valori finali della penetrazione e del punto di rammolimento del legante per verificare la conformità alle caratteristiche definite. Il calcolo della penetrazione e del punto di rammolimento del legante della miscela dovrà basarsi sulle caratteristiche del legante aggiunto e del legante contenuto nel conglomerato riciclato secondo le modalità prescritte nella norma UNI EN 13108-1.

Il conglomerato bituminoso dovrà essere confezionato mediante impianti fissi, automatizzati, di idonee caratteristiche, mantenuti sempre perfettamente funzionanti in ogni loro parte, attrezzati per il riscaldamento separato del materiale riciclato al fine di contenere al minimo i danni dovuti al riscaldamento del bitume presente nel fresato.

L'umidità del conglomerato bituminoso di recupero, prima del riscaldamento, deve essere comunque inferiore al 4% in peso; nel caso di valori superiori la produzione di conglomerato bituminoso, con fresato, deve essere sospesa.

Il conglomerato bituminoso per lo strato di base confezionato con il materiale riciclato dovrà soddisfare le medesime prescrizioni del conglomerato prodotto a caldo con materiali di primo impiego.

Le caratteristiche del conglomerato bituminoso riciclato e la quantità di utilizzo dovranno essere riportate nello studio preliminare della miscela (mix design) e sottoposte alla validazione mediante esecuzione delle Prove Iniziali di Tipo (ITT).

Qualora non fossero soddisfatti i requisiti previsti, anche relativamente alle temperature di riscaldamento degli aggregati, o in seguito a verifiche di non adeguata omogeneità dei componenti dovrà essere diminuita la percentuale di materiale da riciclare.

La mancata osservazione delle prescrizioni fornite dal laboratorio comporterà il divieto di utilizzare il materiale “fresato”.

### **Additivi**

Nel caso di impiego del conglomerato bituminoso riciclato potranno essere utilizzati speciali Attivanti Chimici Funzionali (ACF) per rigenerare le caratteristiche di viscosità ed adesività possedute dal bitume invecchiato e soddisfare le prescrizioni finali richieste per la miscela.

Gli Attivanti Chimici Funzionali devono avere le caratteristiche chimico-fisiche descritte nella seguente tabella:

CARATTERISTICHE DEGLI ATTIVANTI DI RIGENERAZIONE (ACF)			
REQUISITO	METODO DI PROVA	UM	VALORE LIMITE
Densità a 25 °C	ASTM D-1298	-	da 0,900 a 0,950
Punto di infiammabilità	ASTM D-92	°C	200
Viscosità dinamica a 160 °C, $\gamma=10s^{-1}$	SNV 671908/74	Pa*s	da 0,03 a 0,05
Solubilità in tricloroetilene (in peso)	ASTM D-2042	%	99,5
Numero di neutralizzazione	IP 213	mg/KOH/g	da 1,5 a 2,5
Contenuto di acqua (in volume)	ASTM D-95	%	1

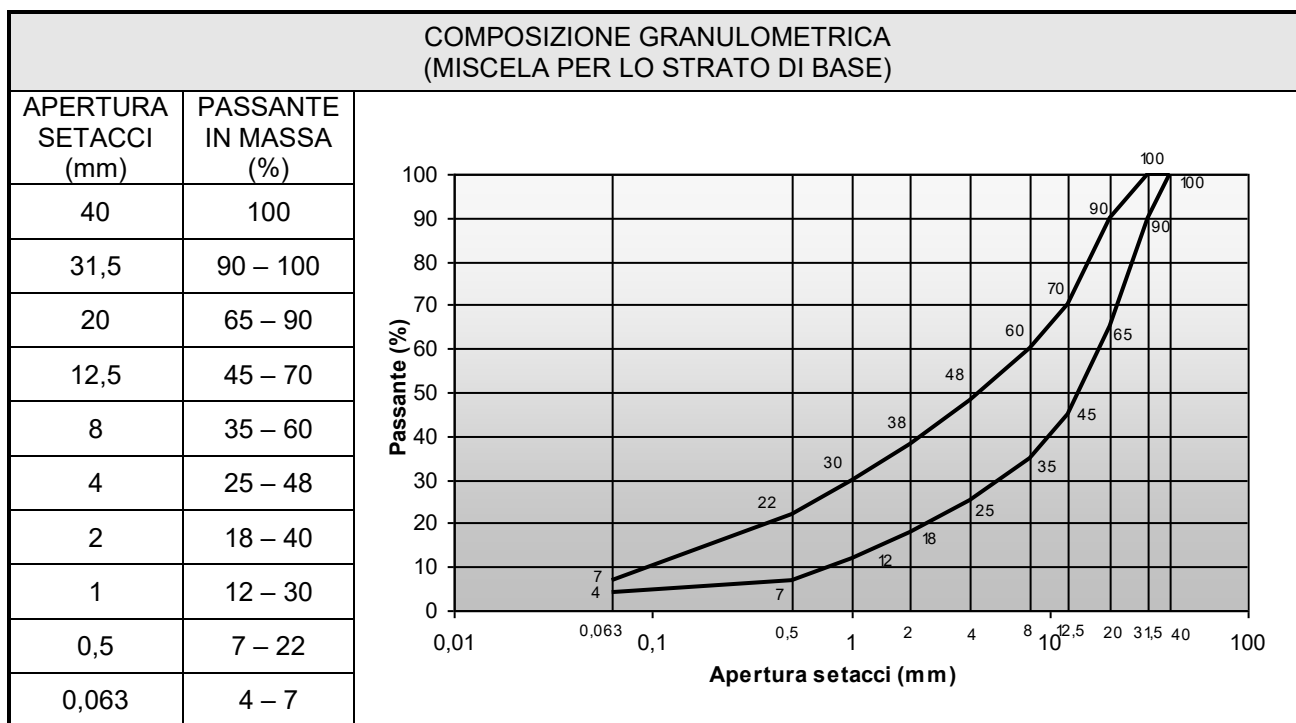
Contenuto di azoto (in peso)	ASTM D-3228	%	da 0,8 a 1,0
------------------------------	-------------	---	--------------

La percentuale di impiego deve essere stabilita e validata con prove sulla miscela di conglomerato bituminoso.

Le caratteristiche e la quantità di utilizzo degli attivanti di rigenerazione dovranno essere riportate nello studio preliminare della miscela (mix design).

### 30.3.3.3. Caratteristiche della miscela

La miscela ottimale degli aggregati lapidei impiegati per il confezionamento del conglomerato bituminoso per lo strato di base dovrà avere una composizione granulometrica, determinata in conformità alle norme UNI EN 933-1 ed UNI EN 12697-2 utilizzando i setacci appartenenti al gruppo base + 2, compresa nei limiti del fuso riportato nella seguente tabella:



La miscela ottimale dovrà avere un contenuto minimo di legante secondo quanto riportato nella seguente tabella:

CONTENUTO MINIMO DI LEGANTE (MISCELA PER LO STRATO DI BASE)					
REQUISITO	METODO DI PROVA	SIMBOLO	UM	VALORE LIMITE	CATEGORIA (UNI EN 13108-1)
Contenuto di legante (riferito alla miscela)	UNI EN 12697-1 e 39	B <sub>min</sub>	%	≥4,2	B <sub>min4,2</sub>

Il legante contenuto nella miscela include il legante del conglomerato di recupero ed il bitume aggiunto e dovrà essere espresso in percentuale in massa rispetto alla miscela totale.

Per l'accettazione del materiale non saranno ammesse variazioni sulla composizione ottimale della miscela validata ed accettata dalla Direzione Lavori, eccedenti le tolleranze massime riportate nella tabella seguente:

TOLLERANZE AMMESSE RIFERITE ALLA COMPOSIZIONE OTTIMALE VALIDATA (MISCELA PER LO STRATO DI BASE)	
MATERIALE COSTITUENTE	TOLLERANZE AMMESSE
Aggregato grosso (trattenuto al setaccio 2mm)	± 5%

**AUTOSTRADA DEL BRENNERO**  
SOCIETÀ PER AZIONI CON SEDE IN TRENTO

Aggregato fine (passante al setaccio 2mm e trattenuto al setaccio 0,063mm)	± 3%
Aggregato filler (passante al setaccio 0,063mm)	± 2%
Legante (riferito alla miscela)	± 0,3%

Il Produttore dovrà determinare la quantità ottimale di legante da impiegare in fase di qualifica della miscela da effettuare secondo il metodo Marshall o, in alternativa, secondo il metodo Volumetrico mediante pressa giratoria.

In base al metodo prescelto, le caratteristiche richieste per il conglomerato bituminoso da impiegare nello strato di base dovranno essere conformi ai requisiti riportati nelle seguenti tabelle:

CARATTERISTICHE DELLA MISCELA PER LO STRATO DI BASE (Metodo Marshall)					
REQUISITO	METODO DI PROVA	SIMBOLO	UM	VALORE LIMITE	CATEGORIA (UNI EN 13108-1)
Minima stabilità	UNI EN 12697-34	$S_{min}$	kN	>14	-
Quoziente (minimo)	UNI EN 12697-34	$Q_{min}$	kN/mm	>2,5	$Q_{min2,5}$
Quoziente (massimo)	UNI EN 12697-34	-	kN/mm	<4,0	-
Contenuto massimo di vuoti residui	UNI EN 12697-8 UNI EN 12697-6B UNI EN 12697-5A	$V_{max}$	%	<6	$V_{max6}$
Contenuto minimo di vuoti residui	UNI EN 12697-8 UNI EN 12697-6B UNI EN 12697-5A	$V_{min}$	%	>3	$V_{min3}$
Sensibilità all'acqua	UNI EN 12697-12	ITSR	%	>75	ITSR <sub>70</sub>
<ul style="list-style-type: none"> <li>i provini per le misure di stabilità, quoziente e percentuale dei vuoti residui riportate dovranno essere confezionati presso l'impianto di produzione e/o all'atto della stesa e la temperatura di compattazione dovrà essere pari a 150°C ± 5°C;</li> <li>la determinazione della stabilità viene eseguita a 60°C su 4 provini costipati con 75 colpi di maglio per faccia;</li> <li>il contenuto dei vuoti dovrà essere determinato in conformità alla norma UNI EN 13108-20.</li> </ul>					

CARATTERISTICHE DELLA MISCELA PER LO STRATO DI BASE (Metodo volumetrico)					
REQUISITO	METODO DI PROVA	SIMBOLO	UM	VALORE LIMITE	CATEGORIA (UNI EN 13108-1)
Vuoti a 10 rotazioni	UNI EN 12697-5, 6, 8	V10G <sub>min</sub>	%	>10	V10G <sub>min9</sub>
		V10G <sub>max</sub>	%	<14	-
Vuoti a 100 rotazioni		V <sub>min</sub>	%	>3	V <sub>min3,0</sub>
		V <sub>max</sub>	%	<6	V <sub>max6</sub>
Vuoti a 180 rotazioni		V <sub>min</sub>	%	>2	V <sub>min2,0</sub>
Modulo di rigidezza	UNI EN 12697-26	S <sub>min</sub>	MPa	> 3 000	S <sub>min2 800</sub>
Resistenza alla trazione indiretta a 25 °C	UNI EN 12697-23	ITS	N/mm <sup>2</sup>	>0,8	-
Sensibilità all'acqua	UNI EN 12697-12	ITSR	%	>75	ITSR <sub>70</sub>
<div>- Le condizioni di prova (parametri della pressa giratoria) sono definiti nella norma di riferimento (UNI EN 12697-31)</div> <div>- i requisiti di resistenza e di rigidezza saranno valutati su provini compattati a 100 rotazioni.</div>					

Su richiesta della Direzione Lavori, il Produttore dovrà determinare le caratteristiche prestazionali della miscela secondo i requisiti riportati nella seguente tabella:

CARATTERISTICHE DELLA MISCELA PER LO STRATO DI BASE (Requisiti prestazionali)					
REQUISITO	METODO DI PROVA	SIMBOLO	UM	VALORE LIMITE	CATEGORIA (UNI EN 13108-1)
Resistenza alla deformazione permanente	UNI EN 12697-25 (proc. B)	$f_{cmax}$	$\mu m/m/n$	<1	$f_{cmax1}$
In alternativa					
Resistenza alla deformazione permanente (ormaiamento)	UNI EN 12697-22 (disp. piccolo)	$WTS_{AIR}$	$mm/10^3$ cicli	<0,50	$WTS_{AIR0,50}$
<ul style="list-style-type: none"> <li>Per evitare la duplicazione di specifiche ("eccesso di specifiche") non dovranno essere determinati entrambi i requisiti.</li> <li>Le densità di riferimento delle miscele analizzate dovranno corrispondere a quelle della compattazione Marshall a 75 colpi per faccia o della compattazione volumetrica, con pressa giratoria, a 180 giri.</li> </ul>					

Al fine di impedire un eccessivo riscaldamento con perdita irreparabile delle caratteristiche viscoelastiche del legante, dovrà essere effettuato un controllo periodico della temperatura della miscela finita.

I limiti della temperatura, massimo in produzione e minimo alla stesa, devono essere conformi ai valori riportati nella seguente tabella:

LIMITI DELLA TEMPERATURA (MISCELA PER LO STRATO DI BASE)				
REQUISITO	METODO DI PROVA	UM	VALORE MINIMO (alla stesa)	VALORE MASSIMO (alla produzione)
Temperatura della miscela	UNI EN 12697-13	°C	≥150	≤180

#### 30.3.3.4. Caratteristiche dello strato

Lo strato della pavimentazione dovrà essere realizzato nel rispetto degli spessori e delle sagome di progetto e la superficie finale dovrà presentarsi in qualunque direzione priva di irregolarità ed ondulazioni. Le caratteristiche che lo strato dovrà avere sono relative al requisito di addensamento della miscela, alle dimensioni (spessore) dello strato ed alle proprietà di aderenza della superficie.

Le caratteristiche di addensamento della miscela in opera saranno determinate preferibilmente secondo il metodo del grado di compattazione o, in alternativa a scelta della Direzione Lavori, secondo il metodo dei vuoti residui, in conformità con i requisiti riportati nelle seguenti tabelle:

ADDENSAMENTO DELLO STRATO DI BASE (Grado di compattazione per confronto delle densità)			
REQUISITO	METODO DI PROVA	UM	VALORE LIMITE
Grado di addensamento (per ogni campione)	UNI EN 12697-6	%	> 95
Grado di addensamento (media dei campioni)	UNI EN 12697-6	%	≥ 98
Il grado di compattazione è il rapporto tra la densità della miscela compattata in opera e la densità della miscela compattata in laboratorio riferita allo stesso lotto/giorno di produzione (massimo addensamento teorico).			

ADDENSAMENTO DELLO STRATO DI BASE (Vuoti residui del campione prelevato in opera)				
REQUISITO	METODO DI PROVA	SIMBOLO	UM	VALORE LIMITE
Vuoti residui (massimo per ogni campione)	UNI EN 12697-8	V <sub>max</sub>	%	< 10
Vuoti residui (media dei campioni)	UNI EN 12697-8	V <sub>max</sub>	%	< 7
Campione prelevato mediante carotaggio in conformità alla norma UNI EN 13108-27.				

Le caratteristiche superficiali dello strato saranno determinate in conformità con i requisiti riportati nella seguente tabella:

CARATTERISTICHE SUPERFICIALI DELLO STRATO DI BASE			
REQUISITO	METODO DI PROVA	UM	VALORE LIMITE
Regolarità della superficie (regolo da mm 3000)	UNI EN 13036-7	mm	< 4

### 30.3.4. Strato di collegamento (binder)

#### 30.3.4.1. Descrizione e designazione

Lo strato di collegamento è costituito da una miscela di aggregati naturali, bitume modificato ad alta viscosità, filler ed eventuali additivi; è consentito l'utilizzo di conglomerato bituminoso di recupero (Ra) in percentuale massima del 10%. La miscela è prodotta a caldo, previo riscaldamento degli aggregati e del legante.

Il materiale viene steso in opera mediante idonea macchina vibrofinitrice assistita da meccanismi di auto livellamento e munita di rasatore per la precompattazione ed è costipato con rulli gommati e/o metallici vibranti.

Prima della stesa, l'Impresa dovrà procedere con la formazione della mano d'attacco in emulsione bituminosa in conformità ai requisiti definiti nel paragrafo "MANO D'ATTACCO con bitume normale" delle presenti Prescrizioni Tecniche.

Lo spessore dello strato è determinato dal Progettista.

Il conglomerato bituminoso utilizzato per lo strato di collegamento deve essere caratterizzato in conformità ai requisiti delle miscele utilizzate per uso stradale specificati nella norma UNI EN 13108-1 e viene designato secondo la seguente dicitura:

Le miscele impiegate devono essere qualificate in conformità al Regolamento UE n.305/2011 sui prodotti da costruzione. Ciascuna fornitura deve essere accompagnata dalla marcatura CE attestante la conformità all'appendice ZA della norma europea armonizzata UNI EN 13108-1

<b>CB</b>	<b>16</b>	<b>binder</b>	<b>PMB 50 – 70/65</b>
-----------	-----------	---------------	-----------------------

Il conglomerato per lo strato di collegamento può essere utilizzato anche per l'esecuzione di risagomature del piano stradale per strati con spessore maggiore di 5 cm.

#### 30.3.4.2. Materiali costituenti

##### Aggregati

Gli aggregati naturali costituiscono la struttura portante del conglomerato bituminoso e comprendono gli aggregati grossi, gli aggregati fini e l'aggregato filler.

I requisiti di accettazione degli aggregati naturali impiegati, qualora non specificato diversamente, dovranno essere conformi alle seguenti prescrizioni:

- UNI EN 932-3 "Procedura e terminologia per la descrizione petrografica semplificata";
- Regolamento prodotti da costruzione CPR 305/11;
- Allegato ZA della Norma armonizzata UNI EN 13043 "Aggregati per miscele bituminose e trattamenti superficiali per strade, aeroporti ed altre aree soggette a traffico".

Il prelievo dei campioni da sottoporre ad analisi deve essere effettuato in conformità alla norma UNI EN 932-1 "Metodi di campionamento degli aggregati".

L'Aggregato grosso appartiene alla classe granulometrica compresa tra  $d > 4$  mm e  $D \leq 45$  mm; dovrà essere ottenuto dalla frantumazione di rocce ignee (Porfido quarzifero o Andesite); dovrà essere costituito da granuli privi di elementi in fase di alterazione, polvere o materiali estranei, gli elementi dovranno essere puliti, approssimativamente poliedrici, con spigoli vivi, a superficie ruvida. I materiali, ottenuti dovranno soddisfare i requisiti riportati nella seguente tabella:

CARATTERISTICHE DELL'AGGREGATO GROSSO (MISCELA PER LO STRATO DI COLLEGAMENTO)					
REQUISITO	METODO DI PROVA	SIMBOLO	UM	VALORE LIMITE	CATEGORIA (UNI EN 13043)
Petrografia (per la classe gran. >4 mm)	UNI EN 932-3	-	-	Rocce ignee (Porfido quarzifero o Andesite)	-
Dimensione massima	UNI EN 933-1	$D_{max}$	mm	20	-
Requisito di granulometria	UNI EN 933-1	$G_C$	%		$G_{C90-10}$
Resistenza alla frammentazione	UNI EN 1097-2	LA	%	$\leq 22$	$LA_{25}$
Resistenza al gelo/disgelo	UNI EN 1367-1	F	%	$\leq 1$	$F_1$
Percentuale di superfici frantumate	UNI EN 933-5	C	%	100	$C_{100/0}$
Affinità ai leganti bituminosi	UNI EN 12697-11	-	%	<5	-
Coefficiente di appiattimento	UNI EN 933-3	FI	%	$\leq 15$	$FI_{15}$

L'Aggregato fine appartiene alla classe granulometrica compresa tra  $d > 0,063$  mm e  $D < 4$  mm con denominazione  $G_F 85$ ; dovrà essere costituito da sabbie di frantumazione e privo di elementi in fase di alterazione, polvere o materiali estranei.

I materiali dovranno soddisfare i requisiti riportati nella seguente tabella:

CARATTERISTICHE DELL'AGGREGATO FINE (MISCELA PER LO STRATO DI COLLEGAMENTO)					
REQUISITO	METODO DI PROVA	SIMBOLO	UM	VALORE LIMITE	CATEGORIA (UNI EN 13043)
Passante al setaccio 0,063	UNI EN 933-1	f	%	< 10	$f_{10}$
Equivalente in sabbia	UNI EN 933-8	SE	%	>70	-

L'aggregato filler appartiene alla classe costituita in prevalenza da particelle passanti al setaccio 0,063 mm e dovrà provenire preferibilmente dalla frantumazione di rocce calcaree. Possono essere utilizzati anche cemento, calce idrata, calce idraulica, polvere di roccia asfaltica e ceneri volanti.

Qualunque sia la provenienza o la natura petrografica, i materiali dovranno soddisfare i requisiti riportati nella seguente tabella:

CARATTERISTICHE DELL'AGGREGATO FILLER (MISCELA PER LO STRATO DI COLLEGAMENTO)					
REQUISITO	METODO DI PROVA	SIMBOLO	UM	VALORE LIMITE	CATEGORIA (UNI EN 13043)
Passante al setaccio 2 mm	UNI EN 933-10	-	%	100	-
Passante al setaccio 0,125 mm	UNI EN 933-10	-	%	da 85 a 100	-
Passante al setaccio 0,063 mm	UNI EN 933-10	-	%	da 70 a 100	-
Indice di plasticità	UNI CEN ISO/TS 1789-12	-	-	N.P.	-
Porosità del filler compattato secco (Ridgen)	UNI EN 1097-4	V	%	da 28 a 45	$V_{28/45}$
Palla anello (filler/bitume= 1,5)	UNI EN 13179-1	$\Delta_{R\&B}$	%	> 8	$\Delta_{R\&B/16}$

### Legante

Per il confezionamento del conglomerato bituminoso per lo strato di collegamento dovrà essere impiegato come legante bituminoso il bitume modificato ad alta viscosità ottenuto dalla fusione di bitume semisolido con polimeri elastomerici o plastomerici che ne modificano la struttura chimica e le caratteristiche fisiche e meccaniche.

I requisiti di accettazione del bitume, qualora non specificato diversamente, dovranno essere conformi alle seguenti prescrizioni:

- Regolamento prodotti da costruzione CPR 305/11;
- Allegato ZA della Norma armonizzata UNI EN 14023 " Bitumi e leganti bituminosi. Quadro delle specifiche riguardanti i bitumi modificati da polimeri".

Il prelievo dei campioni da sottoporre ad analisi deve essere effettuato in conformità alla norma UNI EN 58-1 "Metodi di campionamento dei leganti bituminosi".



Il bitume modificato ad alta viscosità, del tipo 50/70 modificato (tipo HARD), dovrà essere conforme alla Norma UNI EN 14023 e dovrà presentare le seguenti caratteristiche:

CARATTERISTICHE DEL BITUME MODIFICATO HARD (MISCELA PER LO STRATO DI COLLEGAMENTO)			
REQUISITO	METODO DI PROVA	UM	VALORE LIMITE
Penetrazione a 25°C	UNI EN 1426	dmm	da 50 a 70
Punto di rammollimento (palla anello)	UNI EN 1427	°C	≥ 65
Punto di rottura (Fraass)	UNI EN 12593	°C	≤ -20
Ritorno elastico a 25 °C	UNI EN 13398	%	> 75
Stabilità allo stoccaggio (3 gg a 180°C)	UNI EN 13399	°C	< 0,5
Viscosità dinamica a 160 °C, $\gamma=10s^{-1}$	UNI EN 13702-2	Pa*s	da 0,30 a 0,50
RESISTENZA ALL'INVECCHIAMENTO			
Rapporto tra la penetrazione residua, dopo invecchiamento accelerato, e la penetrazione originaria, a 25°C. (RTFOT UNI EN 12607-1)	UNI EN 1426	%	≥ 60
Ritorno elastico a 25 °C (RTFOT UNI EN 12607-1)	UNI EN 13398	%	> 50
Incremento del punto di rammollimento (RTFOT UNI EN 12607-1)	UNI EN 1427	°C	< 5
Scostamento tra la Penetrazione residua, dopo "tuben test", e la Penetrazione originaria, a 25°C. (UNI EN 13399)	UNI EN 1426	$\Delta dmm$	< 5
Scostamento tra il punto di Rammollimento, dopo "tuben test", ed il Rammollimento originario. (UNI EN 13399)	UNI EN 1427	$\Delta ^\circ C$	< 3

In presenza di temperature atmosferiche o del piano di appoggio non ottimali la DL può richiedere l'impiego di bitume ad elevata lavorabilità per consentire il regolare procedimento di compattazione ed assicurare il raggiungimento delle caratteristiche volumetriche e meccaniche dello strato. Prima della fornitura l'Impresa dovrà consegnare alla DL la documentazione tecnica del prodotto che intende impiegare per l'approvazione.

### Conglomerato bituminoso di recupero

Per il confezionamento della miscela, oltre agli aggregati naturali ed al bitume modificato, è consentito l'utilizzo di conglomerato bituminoso di recupero (Ra) proveniente dalla fresatura, a freddo, di pavimentazioni. Questo materiale, denominato "fresato", potrà essere impiegato nella quantità massima del 10% in peso riferito alla miscela degli aggregati i nel pieno rispetto delle caratteristiche tecniche previste dalle presenti Prescrizioni tecniche. I requisiti degli aggregati costituenti il materiale riciclato dovranno essere conformi alle medesime prescrizioni previste per gli aggregati di primo impiego descritti al precedente paragrafo 2.7.4.2.1

Le caratteristiche del conglomerato bituminoso di recupero devono essere determinate in conformità alla norma UNI EN 13108-8. In particolare il cumulo deve essere privo di materie estranee ed il materiale, prima dell'impiego, deve essere opportunamente vagliato per evitare l'inserimento di elementi delle dimensioni superiori a quelle massime della miscela finale. Devono essere accertate il tipo, la quantità e le proprietà del legante e degli aggregati costituenti.

Il conglomerato bituminoso dovrà essere confezionato mediante impianti fissi, automatizzati, di idonee caratteristiche, mantenuti sempre perfettamente funzionanti in ogni loro parte, attrezzati per il riscaldamento del materiale riciclato al fine di contenere al minimo i danni dovuti al riscaldamento del bitume presente nel fresato. L'umidità del conglomerato bituminoso di recupero, prima del riscaldamento, deve essere comunque inferiore al 4% in peso; nel caso di valori superiori la produzione di conglomerato bituminoso, con fresato, deve essere sospesa.

Il conglomerato bituminoso per lo strato di collegamento confezionato con il conglomerato bituminoso di recupero dovrà soddisfare le medesime prescrizioni del conglomerato prodotto a caldo con aggregati naturali.

Le caratteristiche del conglomerato bituminoso di recupero e la quantità di utilizzo dovranno essere riportate nello studio preliminare della miscela (mix design).

Qualora non fossero soddisfatti i requisiti previsti, anche relativamente alle temperature di riscaldamento degli aggregati, o in seguito a verifiche di non adeguata omogeneità dei componenti dovrà essere diminuita la percentuale di materiale di recupero da utilizzare.

La mancata osservazione delle prescrizioni fornite dal laboratorio comporterà il divieto di utilizzare il materiale "fresato".

### Additivi

Nel caso di impiego del conglomerato bituminoso riciclato potranno essere utilizzati speciali Attivanti Chimici Funzionali (ACF) per rigenerare le caratteristiche di viscosità ed adesività possedute dal bitume invecchiato e soddisfare le prescrizioni finali richieste per la miscela.

Gli Attivanti Chimici Funzionali devono avere le caratteristiche chimico-fisiche descritte nella seguente tabella:

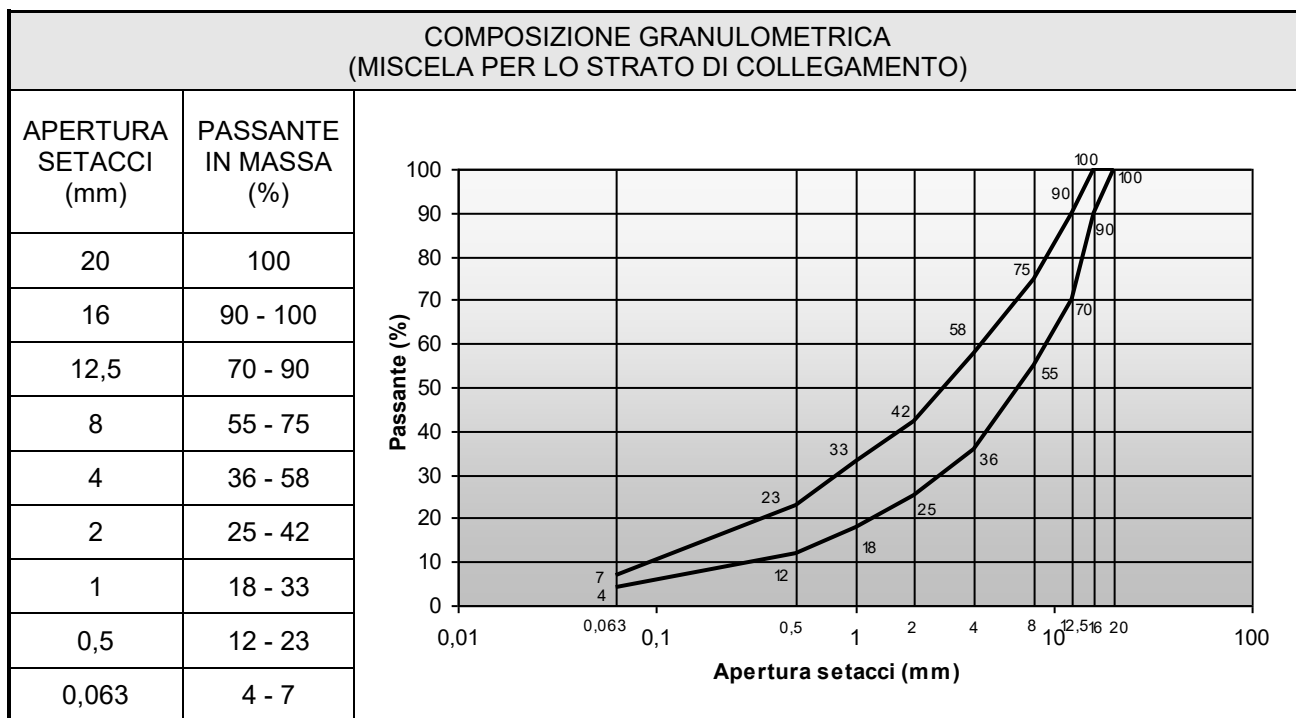
CARATTERISTICHE DEGLI ATTIVANTI DI RIGENERAZIONE (ACF)			
REQUISITO	METODO DI PROVA	UM	VALORE LIMITE
Densità a 25 °C	ASTM D-1298	-	da 0,900 a 0,950
Punto di infiammabilità	ASTM D-92	°C	200
Viscosità dinamica a 160 °C, $\gamma=10s^{-1}$	SNV 671908/74	Pa*s	da 0,03 a 0,05
Solubilità in tricloroetilene (in peso)	ASTM D-2042	%	99,5
Numero di neutralizzazione	IP 213	mg/KOH/g	da 1,5 a 2,5
Contenuto di acqua (in volume)	ASTM D-95	%	1
Contenuto di azoto (in peso)	ASTM D-3228	%	da 0,8 a 1,0

La percentuale di impiego deve essere stabilita e validata con prove sulla miscela di conglomerato bituminoso.

Le caratteristiche e la quantità di utilizzo degli attivanti di rigenerazione dovranno essere riportate nello studio preliminare della miscela (mix design).

### 30.3.4.3. Caratteristiche della miscela

La miscela ottimale degli aggregati lapidei impiegati per il confezionamento del conglomerato bituminoso per lo strato di collegamento dovrà avere una composizione granulometrica, determinata in conformità alle norme UNI EN 933-1 e UNI EN 12697-2 utilizzando i setacci appartenenti al gruppo base + 2, compresa nei limiti del fuso riportato nella seguente tabella:



La miscela ottimale dovrà avere un contenuto minimo di legante secondo quanto riportato nella seguente tabella:

CONTENUTO MINIMO DI LEGANTE (MISCELA PER LO STRATO DI COLLEGAMENTO)					
REQUISITO	METODO DI PROVA	SIMBOLO	UM	VALORE LIMITE	CATEGORIA (UNI EN 13108)
Contenuto di legante (riferito alla miscela)	UNI EN 12697-1 e 39	B <sub>min</sub>	%	≥4,4	B <sub>min4,4</sub>

Il legante contenuto nella miscela include il legante del conglomerato di recupero ed il bitume aggiunto e dovrà essere espresso in percentuale in massa rispetto alla miscela totale.

Non saranno ammesse variazioni sulla composizione ottimale della miscela validata ed accettata dalla Direzione Lavori, eccedenti le tolleranze massime riportate nella tabella seguente:

TOLLERANZE AMMESSE RIFERITE ALLA COMPOSIZIONE OTTIMALE VALIDATA (MISCELA PER LO STRATO DI COLLEGAMENTO)	
MATERIALE COSTITUENTE	TOLLERANZE AMMESSE
Aggregato grosso (trattenuto al setaccio 2mm)	± 5%
Aggregato fine (passante al setaccio 2mm e trattenuto al setaccio 0,063mm)	± 3%
Aggregato filler (passante al setaccio 0,063mm)	± 2%
Legante	± 0,3%

(riferito alla miscela)

Il Produttore dovrà determinare la quantità ottimale di legante da impiegare in fase di qualifica della miscela da effettuare secondo il metodo Marshall o, in alternativa, secondo il metodo Volumetrico mediante pressa giratoria.

In base al metodo prescelto, le caratteristiche richieste per il conglomerato bituminoso da impiegare nello strato di collegamento dovranno essere conformi ai requisiti riportati nelle seguenti tabelle:

CARATTERISTICHE DELLA MISCELA PER LO STRATO DI COLLEGAMENTO (Metodo Marshall)					
REQUISITO	METODO DI PROVA	SIMBOLO	UM	VALORE LIMITE	CATEGORIA (UNI EN 13108-1)
Minima stabilità	UNI EN 12697-34	$S_{min}$	kN	>14	-
Quoziente (minimo)	UNI EN 12697-34	$Q_{min}$	kN/mm	>2,5	$Q_{min2,5}$
Quoziente (massimo)	UNI EN 12697-34	-	kN/mm	<4,0	-
Contenuto massimo di vuoti residui	UNI EN 12697-8 UNI EN 12697-6B UNI EN 12697-5A	$V_{max}$	%	<6	$V_{max6}$
Contenuto minimo di vuoti residui	UNI EN 12697-8 UNI EN 12697-6B UNI EN 12697-5A	$V_{min}$	%	>3	$V_{min3}$
Sensibilità all'acqua	UNI EN 12697-12	ITSR	%	>75	ITSR <sub>70</sub>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- i provini per le misure di stabilità, quoziente e percentuale dei vuoti residui riportate dovranno essere confezionati presso l'impianto di produzione e/o all'atto della stesa e la temperatura di compattazione dovrà essere pari a 150°C ± 5°C;</li> <li>- la determinazione della stabilità viene eseguita a 60°C su 4 provini costipati con 75 colpi di maglio per faccia;</li> <li>- il contenuto dei vuoti dovrà essere determinato in conformità alla norma UNI EN 13108-20.</li> </ul>					

CARATTERISTICHE DELLA MISCELA PER LO STRATO DI COLLEGAMENTO (Metodo volumetrico)					
REQUISITO	METODO DI PROVA	SIMBOLO	UM	VALORE LIMITE	CATEGORIA (UNI EN 13108-1)
Vuoti a 10 rotazioni	UNI EN 12697-5, 6, 8	V10G <sub>min</sub>	%	>10	V10G <sub>min9</sub>
		V10G <sub>max</sub>	%	<14	-
Vuoti a 100 rotazioni		V <sub>min</sub>	%	>3	V <sub>min3,0</sub>
		V <sub>max</sub>	%	<6	V <sub>max6</sub>
Vuoti a 180 rotazioni		V <sub>min</sub>	%	>2	V <sub>min2,0</sub>
Modulo di rigidezza	UNI EN 12697-26	S <sub>min</sub>	MPa	> 3 000	S <sub>min2 800</sub>
Resistenza alla trazione indiretta a 25 °C	UNI EN 12697-23	ITS	N/mm <sup>2</sup>	>1,0	-
Sensibilità all'acqua	UNI EN 12697-12	ITSR	%	>75	ITSR <sub>80</sub>
<div>• Le condizioni di prova (parametri della pressa giratoria) sono definiti nella norma di riferimento (UNI EN 12697-31)</div> <div>• i requisiti di resistenza e di rigidezza saranno valutati su provini compattati a 100 rotazioni.</div>					

Su richiesta della Direzione Lavori, il Produttore dovrà determinare le caratteristiche prestazionali della miscela secondo i requisiti riportati nella seguente tabella:

CARATTERISTICHE DELLA MISCELA PER LO STRATO DI COLLEGAMENTO (Requisiti prestazionali)					
REQUISITO	METODO DI PROVA	SIMBOLO	UM	VALORE LIMITE	CATEGORIA (UNI EN 13108-1)
Resistenza alla deformazione permanente	UNI EN 12697-25	$f_{cmax}$	$\mu m/m/n$	<1	$f_{cmax1}$
<i>In alternativa</i>					
Resistenza alla deformazione permanente (ormaiamento)	UNI EN 12697-22	WTS <sub>AIR</sub>	mm/10 <sup>3</sup> cicli	<0,50	WTS <sub>AIR0,50</sub>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Per evitare la duplicazione di specifiche ("eccesso di specifiche") non dovranno essere determinati entrambi i requisiti.</li> <li>Le densità di riferimento delle miscele analizzate dovranno corrispondere a quelle della compattazione Marshall a 75 colpi per faccia o della compattazione volumetrica, con pressa giratoria a 180 giri.</li> </ul>					

Al fine di impedire un eccessivo riscaldamento con perdita irreparabile delle caratteristiche viscoelastiche del legante, dovrà essere effettuato un controllo periodico della temperatura della miscela finita. I limiti della temperatura, massimo in produzione e minimo alla stesa, devono essere conformi ai valori riportati nella seguente tabella:

LIMITI DELLA TEMPERATURA (MISCELA PER LO STRATO DI COLLEGAMENTO)				
REQUISITO	METODO DI PROVA	UM	VALORE MINIMO (alla stesa)	VALORE MASSIMO (alla produzione)
Temperatura della miscela	UNI EN 12697-13	°C	≥ 150	≤ 180

#### 30.3.4.4. Caratteristiche dello strato

Lo strato della pavimentazione dovrà essere realizzato nel rispetto degli spessori e delle sagome di progetto e la superficie finale dovrà presentarsi in qualunque direzione priva di irregolarità ed ondulazioni. Le caratteristiche che lo strato dovrà avere sono relative al requisito di addensamento della miscela, alle dimensioni (spessore) dello strato ed alle proprietà di aderenza della superficie.

Le caratteristiche di addensamento della miscela in opera saranno determinate preferibilmente secondo il metodo del grado di compattazione o, in alternativa a scelta della Direzione lavori, secondo il metodo dei vuoti residui, in conformità con i requisiti riportati nelle seguenti tabelle:

ADDENSAMENTO DELLO STRATO DI COLLEGAMENTO (Grado di compattazione per confronto delle densità)			
REQUISITO	METODO DI PROVA	UM	VALORE LIMITE
Grado di addensamento (per ogni campione)	UNI EN 12697-6	%	> 95
Grado di addensamento (media dei campioni)	UNI EN 12697-6	%	≥ 98
Il grado di compattazione è il rapporto tra la densità della miscela compattata in opera e la densità della miscela compattata in laboratorio riferita allo stesso lotto/giorno di produzione (massimo addensamento teorico).			

ADDENSAMENTO DELLO STRATO DI COLLEGAMENTO (Vuoti residui del campione prelevato in opera)				
REQUISITO	METODO DI PROVA	SIMBOLO	UM	VALORE LIMITE
Vuoti residui (massimo per ogni campione)	UNI EN 12697-8	$V_{max}$	%	< 10
Vuoti residui (media dei campioni)	UNI EN 12697-8	$V_{max}$	%	< 7
Campione prelevato mediante carotaggio in conformità alla norma UNI EN 13108-27				

Le caratteristiche superficiali dello strato saranno determinate in conformità con i requisiti riportati nella seguente tabella:

CARATTERISTICHE SUPERFICIALI DELLO STRATO DI COLLEGAMENTO				
REQUISITO	METODO DI PROVA	SIMBOLO	UM	VALORE LIMITE
Regolarità della superficie (regolo da mm 3000)	UNI EN 13036-7	-	mm	< 4
Resistenza di attrito radente*	UNI EN 13036-4	PTV	-	≥ 55
Coefficiente di aderenza trasversale*	UNI CEN/TS 15901-6 UNI CEN/TS 15901-8	CAT	-	≥ 50
Profondità della macrotestitura*	UNI EN 13036-1	MTP	mm	≥ 0,3
*Requisito da determinare in caso di diretto contatto con il traffico veicolare.				

### 30.3.5. Strato di usura (tappeto d'usura 3cm oppure 4cm)

#### 30.3.5.1. Descrizione e designazione

Lo strato di usura è costituito da una miscela di aggregati naturali, eventuali additivi e bitume modificato ad alta viscosità ed è confezionato a caldo, previo riscaldamento degli aggregati e del legante.

Il materiale viene steso in opera mediante idonea macchina vibrofinitrice assistita da meccanismi di auto livellamento e munita di rasatore per la precompattazione ed è costipato con rulli gommati e/o metallici vibranti.

Prima della stesa, l'Impresa dovrà procedere con la formazione della mano d'attacco in emulsione bituminosa in conformità ai requisiti definiti nel paragrafo "MANO D'ATTACCO con bitume normale" delle presenti Prescrizioni Tecniche.

Lo spessore dello strato è determinato dal Progettista.

Il conglomerato bituminoso utilizzato per lo strato di usura deve essere caratterizzato in conformità ai requisiti delle miscele utilizzate per uso stradale specificati nella norma UNI EN 13108-1 e viene designato secondo la seguente dicitura:

<b>CB</b>	<b>12,5</b>	<b>usura</b>	<b>PMB 50–70/65</b>
-----------	-------------	--------------	---------------------

Le miscele impiegate devono essere qualificate in conformità al Regolamento UE n.305/2011 sui prodotti da costruzione. Ciascuna fornitura deve essere accompagnata dalla marcatura CE attestante la conformità all'appendice ZA della norma europea armonizzata UNI EN 13108-1

### 30.3.5.2. Materiali costituenti

#### Aggregati

Gli aggregati naturali costituiscono la struttura portante del conglomerato bituminoso e comprendono gli aggregati grossi, gli aggregati fini e l'aggregato filler.

I requisiti di accettazione degli aggregati impiegati, qualora non specificato diversamente, dovranno essere conformi alle seguenti prescrizioni:

- UNI EN 932-3 "Procedura e terminologia per la descrizione petrografica semplificata";
- Regolamento prodotti da costruzione CPR 305/11;
- Allegato ZA della Norma armonizzata UNI EN 13043 "Aggregati per miscele bituminose e trattamenti superficiali per strade, aeroporti ed altre aree soggette a traffico".

Il prelievo dei campioni da sottoporre ad analisi deve essere effettuato in conformità alla norma UNI EN 932-1 "Metodi di campionamento degli aggregati".

L'Aggregato grosso appartiene alla classe granulometrica compresa tra  $d > 4$  mm e  $D \leq 45$  mm; dovrà essere ottenuto dalla frantumazione di rocce ignee (Porfido quarzifero o Andesite); dovrà essere costituito da granuli privi di elementi in fase di alterazione, polvere o materiali estranei, gli elementi dovranno essere puliti, approssimativamente poliedrici, con spigoli vivi, a superficie ruvida. I materiali, ottenuti dovranno soddisfare i requisiti riportati nella seguente tabella:

CARATTERISTICHE DELL'AGGREGATO GROSSO (MISCELA PER LO STRATO DI USURA)					
REQUISITO	METODO DI PROVA	SIMBOLO	UM	VALORE LIMITE	CATEGORIA (UNI EN 13043)
Petrografia (per la classe granulometrica $> 4$ mm)	UNI EN 932-3	-	-	Rocce ignee (Porfido quarzifero o Andesite)	-
Dimensione massima	UNI EN 933-1	$D_{max}$	mm	$< 14$	-
Requisito di granulometria	UNI EN 933-1	$G_C$	%		$G_C 90-10$
Resistenza alla frammentazione	UNI EN 1097-2	LA	%	$\leq 20$	$LA_{20}$
Resistenza alla levigazione	UNI EN 1097-8	VL	-	$\geq 45$	$PSV_{44}$
Resistenza al gelo/disgelo	UNI EN 1367-1	F	%	$\leq 1$	$F_1$
Percentuale di superfici frantumate	UNI EN 933-5	C	%	100	$C_{100/0}$
Affinità ai leganti bituminosi	UNI EN 12697-11	-	%	$< 5$	-
Coefficiente di appiattimento	UNI EN 933-3	FI	%	$\leq 15$	$FI_{15}$

L'Aggregato fine appartiene alla classe granulometrica compresa tra  $d > 0,063$  mm e  $D < 4$  mm con denominazione  $G_F 85$ ; dovrà essere costituito da sabbie di frantumazione e privo di elementi in fase di alterazione, polvere o materiali estranei.

I materiali dovranno soddisfare i requisiti riportati nella seguente tabella:

CARATTERISTICHE DELL'AGGREGATO FINE (MISCELA PER LO STRATO DI USURA)					
REQUISITO	METODO DI PROVA	SIMBOLO	UM	VALORE LIMITE	CATEGORIA (UNI EN 13043)
Passante al setaccio 0,063	UNI EN 933-1	f	%	$< 10$	$f_{10}$
Equivalente in sabbia	UNI EN 933-8	SE	%	$> 70$	-

L'aggregato filler appartiene alla classe costituita in prevalenza da particelle passanti al setaccio 0,063 mm e dovrà provenire preferibilmente dalla frantumazione di rocce calcaree. Possono essere utilizzati anche cemento, calce idrata, calce idraulica, polvere di roccia asfaltica e ceneri volanti.

I materiali dovranno soddisfare i requisiti riportati nella seguente tabella:

CARATTERISTICHE DELL'AGGREGATO FILLER (MISCELA PER LO STRATO DI USURA)					
REQUISITO	METODO DI PROVA	SIMBOLO	UM	VALORE LIMITE	CATEGORIA (UNI EN 13043)
Passante al setaccio 2 mm	UNI EN 933-10	-	%	100	-
Passante al setaccio 0,125 mm	UNI EN 933-10	-	%	da 85 a 100	-
Passante al setaccio 0,063 mm	UNI EN 933-10	-	%	da 70 a 100	-
Indice di plasticità	UNI CEN ISO/TS 1789-12	-	-	N.P.	-
Porosità del filler compattato secco (Ridgen)	UNI EN 1097-4	V	%	da 28 a 45	V <sub>28/45</sub>
Palla anello (filler/bitume=1,5)	UNI EN 13179-1	$\Delta_{R\&B}$	%	> 8	$\Delta_{R\&B/16}$

### Legante

Per il confezionamento del conglomerato bituminoso per lo strato di usura-risagomatura dovrà essere impiegato come legante bituminoso il bitume modificato ad alta viscosità ottenuto dalla fusione di bitume semisolido con polimeri elastomerici o plastomerici che ne modificano la struttura chimica e le caratteristiche fisiche e meccaniche.

I requisiti di accettazione del bitume, qualora non specificato diversamente, dovranno essere conformi alle seguenti prescrizioni:

- Regolamento prodotti da costruzione CPR 305/11;
- Allegato ZA della Norma armonizzata UNI EN 14023 " Bitumi e leganti bituminosi. Quadro delle specifiche riguardanti i bitumi modificati da polimeri".

Il prelievo dei campioni da sottoporre ad analisi deve essere effettuato in conformità alla norma UNI EN 58-1 "Metodi di campionamento dei leganti bituminosi".



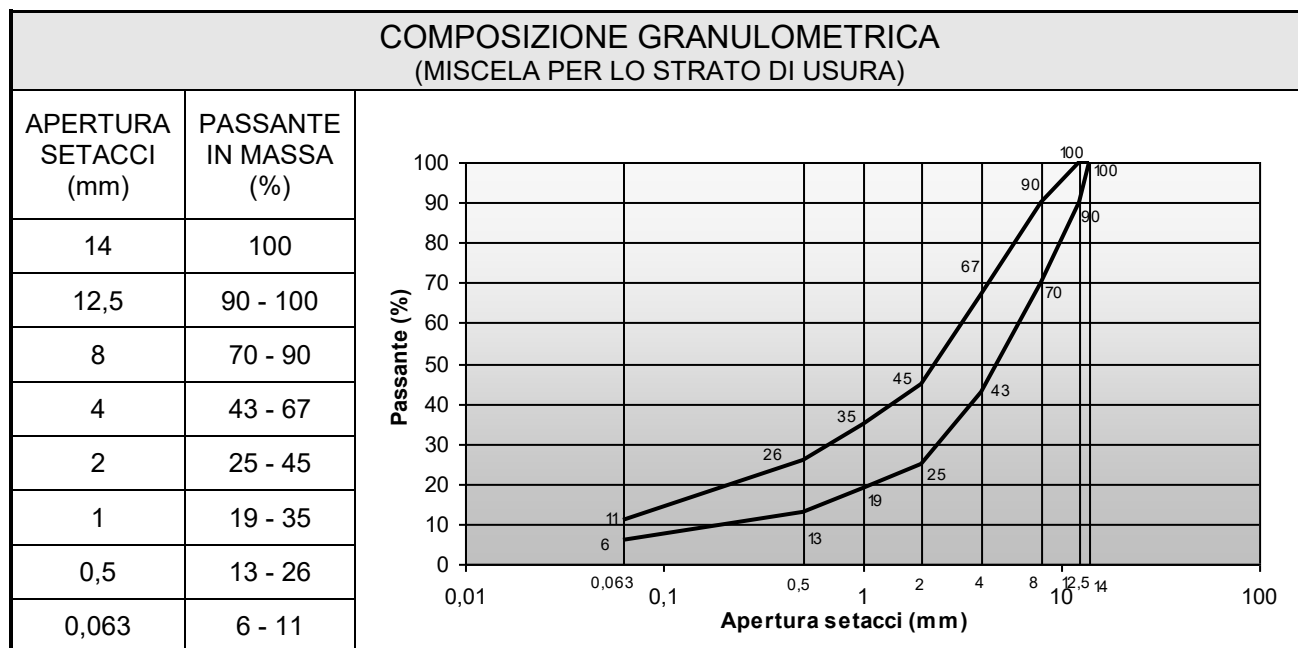
Il bitume modificato ad alta viscosità, del tipo 50/70 modificato (tipo HARD), dovrà essere conforme alla Norma UNI EN 14023 e dovrà presentare le seguenti caratteristiche:

CARATTERISTICHE DEL BITUME MODIFICATO HARD (MISCELA PER LO STRATO DI USURA)			
REQUISITO	METODO DI PROVA	UM	VALORE LIMITE
Penetrazione a 25°C	UNI EN 1426	dmm	da 50 a 70
Punto di rammollimento (palla anello)	UNI EN 1427	°C	≥ 65
Punto di rottura (Fraass)	UNI EN 12593	°C	≤ -20
Ritorno elastico a 25 °C	UNI EN 13398	%	> 75
Stabilità allo stoccaggio (3 gg a 180°C)	UNI EN 13399	°C	< 0,5
Viscosità dinamica a 160 °C, $\gamma=10s^{-1}$	UNI EN 13702-2	Pa*s	da 0,30 a 0,50
RESISTENZA ALL'INVECCHIAMENTO			
Rapporto tra la penetrazione residua, dopo invecchiamento accelerato, e la penetrazione originaria, a 25°C. (RTFOT UNI EN 12607-1)	UNI EN 1426	%	≥ 60
Ritorno elastico a 25 °C (RTFOT UNI EN 12607-1)	UNI EN 13398	%	> 50
Incremento del Punto di rammollimento (RTFOT UNI EN 12607-1)	UNI EN 1427	°C	< 5
Scostamento tra la Penetrazione residua, dopo "tuben test", e la Penetrazione originaria, a 25°C. (UNI EN 13399)	UNI EN 1426	$\Delta dmm$	< 5
Scostamento tra il punto di Rammollimento, dopo "tuben test", ed il Rammollimento originario. (UNI EN 13399)	UNI EN 1427	$\Delta^{\circ}C$	< 3

In presenza di temperature atmosferiche o del piano di appoggio non ottimali la DL può richiedere l'impiego di bitume ad elevata lavorabilità per consentire il regolare procedimento di compattazione ed assicurare il raggiungimento delle caratteristiche volumetriche e meccaniche dello strato. Prima della fornitura l'Impresa dovrà consegnare alla DL la documentazione tecnica del prodotto che intende impiegare per l'approvazione.

### 30.3.5.3. Caratteristiche della miscela

La miscela ottimale degli aggregati impiegati per il confezionamento del conglomerato bituminoso per lo strato di usura dovrà avere una composizione granulometrica, determinata in conformità alle norme UNI EN 933-1 e UNI EN 12697-2 utilizzando i setacci appartenenti al gruppo base + 2, compresa nei limiti del fuso riportato nella seguente tabella:



La miscela ottimale dovrà avere un contenuto minimo di legante secondo quanto riportato nella seguente tabella:

CONTENUTO MINIMO DI LEGANTE (MISCELA PER LO STRATO DI USURA)					
REQUISITO	METODO DI PROVA	SIMBOLO	UM	VALORE LIMITE	CATEGORIA (UNI EN 13108)
Contenuto di legante (riferito alla miscela)	UNI EN 12697-1 e 39	B <sub>min</sub>	%	≥5,2	B <sub>min5,2</sub>

Non saranno ammesse variazioni sulla composizione ottimale della miscela validata ed accettata dalla Direzione Lavori, eccedenti le tolleranze massime riportate nella tabella seguente:

TOLLERANZE AMMESSE RIFERITE ALLA COMPOSIZIONE OTTIMALE VALIDATA (MISCELA PER LO STRATO DI USURA)	
MATERIALE COSTITUENTE	TOLLERANZE AMMESSE
Aggregato grosso (trattenuto al setaccio 2mm)	± 5%
Aggregato fine (passante al setaccio 2mm e trattenuto al setaccio 0,063mm)	± 3%
Aggregato filler (passante al setaccio 0,063mm)	± 2%
Legante (riferito alla miscela)	± 0,3%

Il Produttore dovrà determinare la quantità ottimale di legante da impiegare in fase di qualifica della miscela da effettuare secondo il metodo Marshall o, in alternativa, secondo il metodo Volumetrico mediante pressa giratoria.

In base al metodo prescelto, le caratteristiche richieste per il conglomerato bituminoso da impiegare nello strato di base dovranno essere conformi ai requisiti riportati nelle seguenti tabelle:

CARATTERISTICHE DELLA MISCELA PER LO STRATO DI USURA (Metodo Marshall)					
REQUISITO	METODO DI PROVA	SIMBOLO	UM	VALORE LIMITE	CATEGORIA (UNI EN 13108-1)
Minima stabilità	UNI EN 12697-34	$S_{min}$	kN	>12,5	$S_{min12,5}$
Quoziente (minimo)	UNI EN 12697-34	$Q_{min}$	kN/mm	>3	$Q_{min3}$
Quoziente (massimo)	UNI EN 12697-34	-	kN/mm	<5	-
Contenuto massimo di vuoti residui	UNI EN 12697-8 UNI EN 12697-6B UNI EN 12697-5A	$V_{max}$	%	<6	$V_{max6}$
Contenuto minimo di vuoti residui	UNI EN 12697-8 UNI EN 12697-6B UNI EN 12697-5A	$V_{min}$	%	>3	$V_{min3}$
Sensibilità all'acqua	UNI N 12697-12	ITSR	%	>75	ITSR <sub>80</sub>
<ul style="list-style-type: none"> <li>i provini per le misure di stabilità, quoziente e percentuale dei vuoti residui riportate dovranno essere confezionati presso l'impianto di produzione e/o all'atto della stesa e la temperatura di compattazione dovrà essere pari a 150°C ± 5°C;</li> <li>la determinazione della stabilità viene eseguita a 60°C su 4 provini costipati con 75 colpi di maglio per faccia;</li> <li>il contenuto dei vuoti dovrà essere determinato in conformità alla norma UNI EN 13108-20.</li> </ul>					

CARATTERISTICHE DELLA MISCELA PER LO STRATO DI USURA (Metodo volumetrico)					
REQUISITO	METODO DI PROVA	SIMBOLO	UM	VALORE LIMITE	CATEGORIA (UNI EN 13108-1)
Vuoti a 10 rotazioni	UNI EN 12697-5, 6, 8	V10G <sub>min</sub>	%	>10	V10G <sub>min9</sub>
		V10G <sub>max</sub>	%	<14	-
Vuoti a 100 rotazioni		V <sub>min</sub>	%	>3	V <sub>min3,0</sub>
		V <sub>max</sub>	%	<6	V <sub>max6</sub>
Vuoti a 180 rotazioni		V <sub>min</sub>	%	>2	V <sub>min2,0</sub>
Modulo di rigidezza	UNI EN 12697-26	S <sub>min</sub>	MPa	> 3 300	S <sub>min3 600</sub>
Resistenza alla trazione indiretta a 25 °C	UNI EN 12697-23	ITS	N/mm <sup>2</sup>	>1,0	-
Sensibilità all'acqua	UNI N 12697-12	ITSR	%	>75	ITSR <sub>80</sub>
<ul style="list-style-type: none"><li>Le condizioni di prova (parametri della pressa giratoria) sono definiti nella norma di riferimento (UNI EN 12697-31)</li><li>i requisiti di resistenza e di rigidezza saranno valutati su provini compattati a 100 rotazioni.</li></ul>					

Su richiesta della Direzione Lavori, il Produttore dovrà determinare le caratteristiche prestazionali della miscela secondo i requisiti riportati nella seguente tabella:

CARATTERISTICHE DELLA MISCELA PER LO STRATO DI USURA (Requisiti prestazionali)					
REQUISITO	METODO DI PROVA	SIMBOLO	UM	VALORE LIMITE	CATEGORIA (UNI EN 13108-1)
Resistenza alla deformazione permanente	UNI EN 12697-25	$f_{cmax}$	$\mu m/m/n$	<1	$f_{cmax1}$
<i>In alternativa</i>					
Resistenza alla deformazione permanente (ormaiamento)	UNI EN 12697-22	$WTS_{AIR}$	$mm10^3_{ci}$ cli	<0,10	$WTS_{AIR0,10}$
<ul style="list-style-type: none"> <li>Per evitare la duplicazione di specifiche ("eccesso di specifiche") non dovranno essere determinati entrambi i requisiti.</li> <li>Le densità di riferimento delle miscele analizzate dovranno corrispondere a quelle della compattazione Marshall a 75 colpi per faccia o della compattazione volumetrica, con pressa giratoria a 180 giri.</li> </ul>					

Al fine di impedire un eccessivo riscaldamento con perdita irreparabile delle caratteristiche viscoelastiche del legante, dovrà essere effettuato un controllo periodico della temperatura della miscela finita.

I limiti della temperatura, massimo in produzione e minimo alla stesa, devono essere conformi ai valori riportati nella seguente tabella:

LIMITI DELLA TEMPERATURA (MISCELA PER LO STRATO DI USURA)				
REQUISITO	METODO DI PROVA	UM	VALORE MINIMO (alla stesa)	VALORE MASSIMO (alla produzione)
Temperatura della miscela	UNI EN 12697-13	°C	≥150	≤180

#### 30.3.5.4. Caratteristiche dello strato

Lo strato della pavimentazione dovrà essere realizzato nel rispetto degli spessori e delle sagome di progetto e la superficie finale dovrà presentarsi in qualunque direzione priva di irregolarità ed ondulazioni. Le caratteristiche che lo strato dovrà avere sono relative al requisito di addensamento della miscela, alle dimensioni (spessore) dello strato ed alle proprietà di aderenza della superficie.

Le caratteristiche di addensamento della miscela in opera saranno determinate preferibilmente secondo il metodo del grado di compattazione o, in alternativa a scelta della Direzione lavori, secondo il metodo dei vuoti residui, in conformità con i requisiti riportati nelle seguenti tabelle:

ADDENSAMENTO DELLO STRATO DI USURA (Grado di compattazione per confronto delle densità)			
REQUISITO	METODO DI PROVA	UM	VALORE LIMITE
Grado di addensamento (per ogni campione)	UNI EN 12697-6	%	> 95
Grado di addensamento (media dei campioni)	UNI EN 12697-6	%	≥ 98
Il grado di compattazione è il rapporto tra la densità della miscela compattata in opera e la densità della miscela compattata in laboratorio riferita allo stesso lotto/giorno di produzione (massimo addensamento teorico).			

ADDENSAMENTO DELLO STRATO DI USURA (Vuoti residui del campione prelevato in opera)				
REQUISITO	METODO DI PROVA	SIMBOLO	UM	VALORE LIMITE
Vuoti residui (massimo per ogni campione)	UNI EN 12697-8	$V_{max}$	%	< 10
Vuoti residui (media dei campioni)	UNI EN 12697-8	$V_{max}$	%	< 7
Campione prelevato mediante carotaggio in conformità alla norma UNI EN 13108-27				

Le caratteristiche superficiali dello strato saranno determinate in conformità con i requisiti riportati nella seguente tabella:

CARATTERISTICHE SUPERFICIALI DELLO STRATO DI USURA				
REQUISITO	METODO DI PROVA	SIMBOLO	UM	VALORE LIMITE
Regolarità della superficie (regolo da mm 3000)	UNI EN 13036-7	-	mm	< 4
Resistenza di attrito radente	UNI EN 13036-4	PTV	-	≥ 55
Coefficiente di aderenza trasversale*	UNI CEN/TS 15901-6 UNI CEN/TS 15901-8	CAT	-	≥ 50
Profondità della macrotestitura*	UNI EN 13036-1	MTP	mm	≥ 0,3

### 30.3.6. Strato di usura drenante-fonoassorbente speciale

#### 30.3.6.1. Descrizione e designazione

Lo strato di usura Drenante e Fonoassorbente Speciale è costituito da una miscela di aggregati naturale, eventuali additivi e bitume modificato ad alta viscosità ed è confezionato a caldo, previo riscaldamento degli aggregati e del legante.

Il conglomerato bituminoso Drenante e Fonoassorbente Speciale contiene un elevato tenore di vuoti intercomunicanti che permettono il passaggio di acqua ed aria con lo scopo di consentire la permeabilità e diminuire il rumore dei veicoli circolanti sulla superficie.

Il materiale viene steso in opera mediante idonea macchina vibrofinitrice assistita da meccanismi di auto livellamento e munita di rasatore per la precompattazione ed è costipato con rulli metallici.

Prima della stesa, l'Impresa dovrà procedere con la formazione della membrana impermeabilizzante in conformità ai requisiti definiti nel paragrafo *"MANO D'ATTACCO costituita da emulsione elastomerica con bitume modificato Hard"* delle presenti Prescrizioni Tecniche.

Lo spessore dello strato è determinato dal Progettista.

Il conglomerato bituminoso utilizzato per lo strato di usura Drenante e Fonoassorbente Speciale è un materiale ad elevato tenore di vuoti e deve essere caratterizzato in conformità ai requisiti delle miscele utilizzate per uso stradale specificati nella norma UNI EN 13108-7 e viene designato secondo la seguente dicitura:

Le miscele impiegate devono essere qualificate in conformità al Regolamento UE n.305/2011 sui prodotti da costruzione. Ciascuna fornitura deve essere accompagnata dalla marcatura CE attestane la conformità all'appendice ZA della norma europea armonizzata UNI EN 13108-1

<b>PA</b>	<b>16</b>	<b>PMB 50–70/65</b>
-----------	-----------	---------------------

**30.3.6.2.      Materiali costituenti**

**Aggregati**

Gli aggregati naturali costituiscono la struttura portante del conglomerato bituminoso e comprendono gli aggregati grossi, gli aggregati fini e l'aggregato filler.

I requisiti di accettazione degli aggregati impiegati, qualora non specificato diversamente, dovranno essere conformi alle seguenti prescrizioni:

- UNI EN 932-3 "Procedura e terminologia per la descrizione petrografica semplificata";
- Regolamento prodotti da costruzione CPR 305/11;
- Allegato ZA della Norma armonizzata UNI EN 13043 "Aggregati per miscele bituminose e trattamenti superficiali per strade, aeroporti ed altre aree soggette a traffico".

Il prelievo dei campioni da sottoporre ad analisi deve essere effettuato in conformità alla norma UNI EN 932-1 "Metodi di campionamento degli aggregati".

Ciascuna classe granulometrica dovrà essere costituita da elementi provenienti dalla frantumazione di rocce ignee effusive e piroclastiche, in particolare:

- per il tratto Chiusa-Modena, l'aggregato naturale da impiegarsi dovrà provenire esclusivamente dalla frantumazione di porfido quarzifero;
- per il tratto Brennero-Chiusa l'aggregato naturale da impiegarsi dovrà provenire esclusivamente dalla frantumazione di porfido quarzifero e/o andesite.

La Società, in casi particolari, sempre che sia garantita, in rapporto all'esistente, uniformità di colore al manto autostradale, potrà consentire l'utilizzo di elementi provenienti dalla frantumazione di rocce effusive diverse.

L'Aggregato grosso appartiene alla classe granulometrica compresa tra  $d > 4$  mm e  $D \leq 45$  mm; dovrà essere ottenuto dalla frantumazione di rocce ignee (Porfido quarzifero o Andesite); dovrà essere costituito da granuli privi di elementi in fase di alterazione, polvere o materiali estranei, gli elementi dovranno essere puliti, approssimativamente poliedrici, con spigoli vivi, a superficie ruvida.

I materiali, ottenuti dovranno soddisfare i requisiti riportati nella seguente tabella:

CARATTERISTICHE DELL'AGGREGATO GROSSO (MISCELA PER LO STRATO DI USURA DRENANTE-FONOASSORBENTE SPECIALE)					
REQUISITO	METODO DI PROVA	SIMBOLO	UM	VALORE LIMITE	CATEGORIA (UNI EN 13043)
Petrografia (per la classe granulometrica >4 mm)	UNI EN 932-3	-	-	Rocce ignee (Porfido quarzifero o Andesite)	-
Dimensione massima	UNI EN 933-1	D <sub>max</sub>	mm	<20	-
Requisito di granulometria	UNI EN 933-1	G <sub>C</sub>	%	-	G <sub>C</sub> 90-10
Resistenza alla frammentazione	UNI EN 1097-2	LA	%	≤18	LA <sub>20</sub>
Resistenza alla levigazione	UNI EN 1097-8	VL	-	≥ 45	PSV <sub>44</sub>
Resistenza al gelo/disgelo	UNI EN 1367-1	F	%	≤1	F <sub>1</sub>
Percentuale di superfici frantumate	UNI EN 933-5	C	%	100	C <sub>100/0</sub>
Affinità ai leganti bituminosi	UNI EN 12697-11	-	%	<5	-
Coefficiente di appiattimento	UNI EN 933-3	FI	%	≤10	FI <sub>10</sub>

Con riferimento alle caratteristiche degli aggregati naturali ed in considerazione dei risultati delle prove di prequalificazione e delle effettive disponibilità dei materiali nel mercato, mentre si conferma che ad una perdita di peso con la prova Los Angeles del 18% può corrispondere una resistenza alla levigazione pari a 45; vengono considerati accettabili superiori valori di prova Los Angeles qualora eventualmente vengano migliorati i valori di VL secondo la seguente tabella:

CARATTERISTICHE FISICHE DEGLI AGGREGATI GROSSI (MISCELA PER LO STRATO DI USURA DRENANTE-FONOASSORBENTE SPECIALE)	
RESISTENZA ALLA FRAMMENTAZIONE (LA)	RESISTENZA ALLA LEVIGAZIONE (VL)
≤ 18%	≥ 45
≤ 22%	≥ 47
Non saranno accettati materiali con Los Angeles > 22%.	

L'Aggregato fine appartiene alla classe granulometrica compresa tra d>0,063 mm e D<4 mm con denominazione G<sub>F</sub> 85; dovrà essere costituito da sabbie di frantumazione e privo di elementi in fase di alterazione, polvere o materiali estranei..

I materiali dovranno soddisfare i requisiti riportati nella seguente tabella:

CARATTERISTICHE DELL'AGGREGATO FINE (MISCELA PER LO STRATO DI USURA DRENANTE-FONOASSORBENTE SPECIALE)					
REQUISITO	METODO DI PROVA	SIMBOLO	UM	VALORE LIMITE	CATEGORIA (UNI EN 13043)
Passante al setaccio 0,063	UNI EN 933-1	f	%	< 10	f <sub>10</sub>
Equivalente in sabbia	UNI EN 933-8	SE	%	>70	-

L'aggregato filler appartiene alla classe costituita in prevalenza da particelle passanti al setaccio 0,063 mm e dovrà provenire preferibilmente dalla frantumazione di rocce calcaree. Possono essere utilizzati anche cemento, calce idrata, calce idraulica, polvere di roccia asphaltica e ceneri volanti.

I materiali dovranno soddisfare i requisiti riportati nella seguente tabella:

<b>CARATTERISTICHE DELL'AGGREGATO FILLER</b> (MISCELA PER LO STRATO DI USURA DRENANTE-FONOASSORBENTE SPECIALE)					
REQUISITO	METODO DI PROVA	SIMBOLO	UM	VALORE LIMITE	CATEGORIA (UNI EN 13043)
Passante al setaccio 2 mm	UNI EN 933-10	-	%	100	-
Passante al setaccio 0,125 mm	UNI EN 933-10	-	%	da 85 a 100	-
Passante al setaccio 0,063 mm	UNI EN 933-10	-	%	da 70 a 100	-
Indice di plasticità	UNI CEN ISO/TS 1789-12	-	-	N.P.	-
Porosità del filler compattato (Ridgen)	UNI EN 1097-4	V	%	da 28 a 45	V <sub>28/45</sub>
Palla anello (filler/bitume=1,5)	UNI EN 13179-1	$\Delta_{R\&B}$	%	> 8	$\Delta_{R\&B/16}$

Per il confezionamento del conglomerato bituminoso per lo strato d'usura Drenante Fonoassorbente Speciale il Produttore dovrà utilizzare filler di apporto, calce idrata (in parziale sostituzione del filler di apporto) e microfibre. Il tenore di calce idrata (di tipo CL90S secondo la 459-2) da inserire dovrà essere almeno del 2% rispetto al peso degli aggregati.

Nel caso di utilizzo di filler misto potrà essere utilizzato solo la categoria KA25 come definito dalla EN13043.

Le microfibre dovranno essere inserite nel conglomerato in fase di miscelazione e dosate in ragione dello 0,3% rispetto al peso degli aggregati. Al fine di eseguire la corretta dosatura, disgregazione e dispersione (le fibre o le loro miscele dovranno avere caratteristiche tali da disperdersi in modo capillare) nel conglomerato nonché evitare fenomeni di dispersione in aria dovranno essere utilizzati opportuni macchinari.

Le fibre potranno essere di natura minerale (vetro) o sintetica (acriliche); si potranno usare anche soluzioni miste tramite l'aggiunta di prodotti cellulósici o anche polimerici (es polietilene ecc).

Le fibre rinforzanti dovranno avere le seguenti caratteristiche:

<b>CARATTERISTICHE DELLE FIBRE RINFORZANTI</b>		
REQUISITO	UM	VALORE LIMITE
Lunghezza	$\mu\text{m}$	200 - 6000
Diametro	$\mu\text{m}$	8 - 20
Resistenza alla trazione	GPa	1,5 - 3
Allungamento massimo	%	1 - 3
Punto di fusione	°C	> 300

L'approvazione della fibra della Direzione Lavori avverrà sulla base dei risultati ottenuti in fase di validazione della composizione ottimale con riferimento ai valori ottenuti relativi ai requisiti delle caratteristiche meccaniche e del drenaggio del legante.

In ogni caso le fibre o la loro miscela dovranno essere in formato tale da impedire la dispersione in aria delle parti volatili durante la movimentazione e tutto l'arco temporale dell'impiego (es. pellets realizzati con elementi agglomeranti tipo cellulosa).

Le dimensioni delle fibre o delle loro miscele dovranno essere tali da non risultare pericolose per inalazione e in generale non pericolose per il personale operante. Tutti i prodotti dovranno essere accompagnati da scheda tecnica di sicurezza.



## Legante

Per il confezionamento del conglomerato bituminoso per lo strato di usura Drenante Fonoassorbente Speciale dovrà essere impiegato come legante bituminoso il bitume modificato ad alta viscosità ottenuto dalla fusione di bitume semisolido con polimeri elastomerici o plastomerici che ne modificano la struttura chimica e le caratteristiche fisiche e meccaniche.

I requisiti di accettazione del bitume, qualora non specificato diversamente, dovranno essere conformi alle seguenti prescrizioni:

- Regolamento prodotti da costruzione CPR 305/11;
- Allegato ZA della Norma armonizzata UNI EN 14023 " Bitumi e leganti bituminosi. Quadro delle specifiche riguardanti i bitumi modificati da polimeri".

Il prelievo dei campioni da sottoporre ad analisi deve essere effettuato in conformità alla norma UNI EN 58-1 "Metodi di campionamento dei leganti bituminosi".

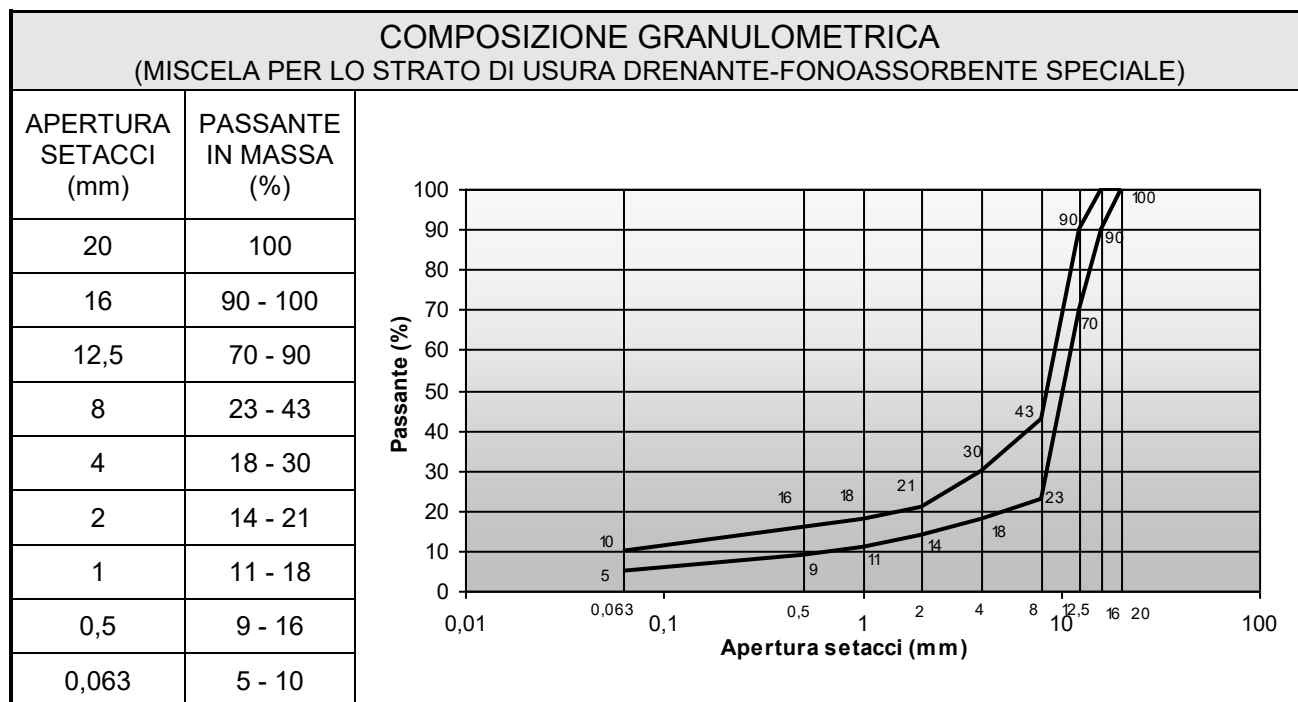
Il bitume modificato a alta viscosità, del tipo 50/70 modificato (tipo HARD), dovrà essere conforme alla Norma UNI EN 14023 e dovrà presentare le seguenti caratteristiche:

CARATTERISTICHE DEL BITUME MODIFICATO HARD (MISCELA PER LO STRATO DI USURA DRENANTE-FONOASSORBENTE SPECIALE)			
REQUISITO	METODO DI PROVA	UM	VALORE LIMITE
Penetrazione a 25°C	UNI EN 1426	dmm	da 50 a 70
Punto di rammollimento (palla anello)	UNI EN 1427	°C	≥ 65
Punto di rottura (Fraass)	UNI EN 12593	°C	≤ -20
Ritorno elastico a 25 °C	UNI EN 13398	%	> 75
Stabilità allo stoccaggio (3 gg a 180°C)	UNI EN 13399	°C	< 0,5
Viscosità dinamica a 160 °C, $\gamma=10s^{-1}$	UNI EN 13702-2	Pa*s	da 0,30 a 0,50
RESISTENZA ALL'INVECCHIAMENTO			
Rapporto tra la penetrazione residua, dopo invecchiamento accelerato, e la penetrazione originaria, a 25°C. (RTFOT UNI EN 12607-1)	UNI EN 1426	%	≥ 60
Ritorno elastico a 25 °C (RTFOT UNI EN 12607-1)	UNI EN 13398	%	> 50
Incremento del Punto di rammollimento (RTFOT UNI EN 12607-1)	UNI EN 1427	°C	< 5
Scostamento tra la Penetrazione residua, dopo "tuben test", e la Penetrazione originaria, a 25°C. (UNI EN 13399)	UNI EN 1426	$\Delta dmm$	< 5
Scostamento tra il punto di Rammollimento, dopo "tuben test", ed il Rammollimento originario. (UNI EN 13399)	UNI EN 1427	$\Delta ^\circ C$	< 3

In presenza di temperature atmosferiche o del piano di appoggio non ottimali la DL può richiedere l'impiego di bitume ad elevata lavorabilità per consentire il regolare procedimento di compattazione ed assicurare il raggiungimento delle caratteristiche volumetriche e meccaniche dello strato. Prima della fornitura l'Impresa dovrà consegnare alla DL la documentazione tecnica del prodotto che intende impiegare per l'approvazione.

### 30.3.6.3. Caratteristiche della miscela

La miscela ottimale degli aggregati impiegati per il confezionamento del conglomerato bituminoso per lo strato Drenante Fonoassorbente Speciale dovrà avere una composizione granulometrica, determinata in conformità alle norme UNI EN 933-1 e UNI EN 12697-2 utilizzando i setacci appartenenti al gruppo base + 2, compresa nei limiti del fuso riportato nella seguente tabella:



La miscela ottimale dovrà avere un contenuto minimo di legante secondo quanto riportato nella seguente tabella:

CONTENUTO MINIMO DI LEGANTE (MISCELA PER LO STRATO DI USURA DRENANTE-FONOASSORBENTE SPECIALE)					
REQUISITO	METODO DI PROVA	SIMBOLO	UM	VALORE LIMITE	CATEGORIA (UNI EN 13108-7)
Contenuto di legante (riferito alla miscela)	UNI EN 12697-1 e 39	B <sub>min</sub>	%	≥4,4	B <sub>min4,4</sub>

Il Produttore dovrà determinare la quantità ottimale di legante da impiegare in fase di qualifica della miscela.

Non saranno ammesse variazioni sulla composizione ottimale della miscela validata ed accettata dalla Direzione Lavori, eccedenti le tolleranze massime riportate nella tabella seguente:

TOLLERANZE AMMESSE RIFERITE ALLA COMPOSIZIONE OTTIMALE VALIDATA (MISCELA PER LO STRATO DI DRENANTE-FONOASSORBENTE SPECIALE)	
MATERIALE COSTITUENTE	TOLLERANZE AMMESSE
Aggregato grosso (trattenuto al setaccio 2mm)	± 5%
Aggregato fine (passante al setaccio 2mm e trattenuto al setaccio 0,063mm)	± 3%
Aggregato filler (passante al setaccio 0,063mm)	± 2%
Legante (riferito alla miscela)	± 0,3%

Le caratteristiche richieste per il conglomerato bituminoso da impiegare nello strato di usura drenante e fonoassorbente dovranno essere conformi ai requisiti riportati nella seguente tabella:

CARATTERISTICHE DELLA MISCELA PER LO STRATO DI USURA DRENANTE-FONOASSORBENTE SPECIALE					
REQUISITO	METODO DI PROVA	SIMBOLO	UM	VALORE LIMITE	CATEGORIA (UNI EN 13108-7)
Contenuto massimo di vuoti residui	UNI EN 12697-8 UNI EN 12697-6D UNI EN 12697-5A	$V_{max}$	%	<18	$V_{max18}$
Contenuto minimo di vuoti residui	UNI EN 12697-8 UNI EN 12697-6D UNI EN 12697-5A	$V_{min}$	%	<14	$V_{min14}$
Resistenza a trazione indiretta	UNI EN 12697-23	ITS	N/mm <sup>2</sup>	>0,6	-
Sensibilità all'acqua	UNI N 12697-12	ITSR	%	>75	ITSR <sub>80</sub>
Perdita di particelle	UNI EN 12697-17	PL	%	<25	PL <sub>30</sub>
Drenaggio del legante	UNI EN 12697-18	D	%	0	D <sub>0</sub>
Permeabilità verticale	UNI EN 12697-19	K <sub>V</sub>	10 <sup>-3</sup> m/s	>2,5	K <sub>V2,5</sub>
Il metodo di preparazione del campione ed il contenuto dei vuoti dovranno essere determinati in conformità alla norma UNI EN 13108-20. Le condizioni di prova (parametri della pressa giratoria) sono definiti nella norma di riferimento (UNI EN 12697-31) Condizioni di prova mediante compattatore Marshall: provini costipati con 75 colpi di maglio per faccia					

Al fine di impedire un eccessivo riscaldamento con perdita irreparabile delle caratteristiche viscoelastiche del legante, dovrà essere effettuato un controllo periodico della temperatura della miscela finita.

I limiti della temperatura, massimo in produzione e minimo alla stesa, devono essere conformi ai valori riportati nella seguente tabella:

LIMITI DELLA TEMPERATURA (MISCELA PER LO STRATO DI USURA DRENANTE-FONOASSORBENTE SPECIALE)				
REQUISITO	METODO DI PROVA	UM	VALORE MINIMO (alla stesa)	VALORE MASSIMO (alla produzione)
Temperatura della miscela	UNI EN 12697-13	°C	≥150	≤180

#### 30.3.6.4. Caratteristiche dimensionali dello strato

Lo strato della pavimentazione dovrà essere realizzato nel rispetto degli spessori e delle sagome di progetto e la superficie finale dovrà presentarsi in qualunque direzione priva di irregolarità ed ondulazioni. Le caratteristiche che lo strato dovrà avere sono relative al requisito di addensamento della miscela, alle dimensioni (spessore) dello strato ed alle proprietà di aderenza della superficie.

Le caratteristiche di addensamento della miscela in opera saranno determinate preferibilmente secondo il metodo del grado di compattazione o, in alternativa a scelta della Direzione lavori, secondo il metodo dei vuoti residui, in conformità con i requisiti riportati nelle seguenti tabelle:

ADDENSAMENTO DELLO STRATO DI USURA DRENANTE-FONOASSORBENTE SPECIALE			
(Grado di compattazione per confronto delle densità)			
REQUISITO	METODO DI PROVA	UM	VALORE LIMITE
Grado di addensamento (per ogni campione)	UNI EN 12697-6	%	> 95
Grado di addensamento (media dei campioni)	UNI EN 12697-6	%	≥ 96
Il grado di compattazione è il rapporto tra la densità della miscela compattata in opera e la densità della miscela compattata in laboratorio riferita allo stesso lotto/giorno di produzione (massimo addensamento teorico).			

ADDENSAMENTO DELLO STRATO DI USURA DRENANTE-FONOASSORBENTE SPECIALE				
(Vuoti residui del campione prelevato in opera)				
REQUISITO	METODO DI PROVA	SIMBOLO	UM	VALORE LIMITE
Vuoti residui (massimo per ogni campione)	UNI EN 12697-8	$V_{max}$	%	< 22
Vuoti residui (minimo per ogni campione)	UNI EN 12697-8	$V_{min}$	%	> 14
Vuoti residui (media dei campioni)	UNI EN 12697-8	-	%	da 14 a 20
Campione prelevato mediante carotaggio in conformità alla norma UNI EN 13108-27.				

Le caratteristiche di drenaggio verticale dello strato in opera dovranno essere conformi ai requisiti definiti nella seguente tabella:

DRENAGGIO VERTICALE DELLO STRATO DI USURA DRENANTE-FONOASSORBENTE SPECIALE				
REQUISITO	METODO DI PROVA	SIMBOLO	UM	VALORE LIMITE
Capacità di permeabilità in opera (equivalente alla permeabilità superiore a 5 l/minuto)	C.M.E. – CAP. 54 N°17 « DETERMINATION DE LA DRAINABILITE' IN SITU D'ENROBES DRAINANTS »  ("prova con permeametro cilindrico secondo la normativa Belga")	-	s	< 17

In alternativa al metodo di misura mediante cilindro Belga, la caratteristica di drenaggio verticale potrà essere determinata in conformità alla norma UNI EN 12697-40, qualora disponibili dati di correlazione.

### 30.3.6.5. Caratteristiche di regolarità superficiale dello strato

Tratti superiori a 1 km

La regolarità superficiale dovrà essere valutata mediante la misura dell'indice I.R.I. (International Roughness Index) espresso in mm/m determinato in conformità alla Norma ASTM E 1926-08. Le misure di regolarità dovranno essere effettuate in un periodo di tempo compreso tra la fine della stesa e il 90° dall'apertura al traffico.

Tale indice è ricavabile dalla misura accurata del profilo longitudinale della pavimentazione utilizzando un sistema di rilevamento tipo ARAN o altro sistema, con grado di precisione superiore, approvato dalla Direzione Lavori.

L'indice IRI viene espresso come valore medio su sezioni di pavimentazione con distanza di 20 m.

L'I.R.I. sarà rilevato, per ogni intervento in carreggiata, su almeno una corsia (corsia di marcia), rilevando i dati dei profili longitudinali relativi all'ormai destra (I.R.I. destro) e sinistra (I.R.I. sinistro).

Ai fini del calcolo delle condizioni prestazionali della regolarità si terrà conto dell'Indicatore di Regolarità superficiale  $I_{A22}$ , per la determinazione del quale si utilizzeranno:

- il valore medio di I.R.I. derivante dall'elaborazione dei dati profilometrici, relativi alle ormaie destre e sinistre, rilevati sulla corsia di marcia sull'intera lunghezza di ogni singolo intervento nelle carreggiate autostradali;
- i valori, della semisomma dei valori I.R.I. destro e I.R.I. sinistro riferiti ai due allineamenti di misura, moltiplicati per 100, considerando la parte intera. (ad esempio nel caso che in una determinata sezione vengano rilevati dei valori di I.R.I. relativi al profilo della ormaia destra pari a 1,05 mm/m e un valore di I.R.I. relativo al profilo della ormaia sinistra pari a 1,00 mm/m il valore di I.R.I. da prendere a riferimento per quella sezione sarà pari a 103  $[(1,05+1,00)/2] \times 100 = 102,5$  arrotondato a 103).

Tutti i valori ottenuti saranno distribuiti nelle classi da A ad E ciascuna definita dai seguenti estremi:

- |            |                      |
|------------|----------------------|
| • Classe A | $IRI \leq 100$       |
| • Classe B | $100 < IRI \leq 130$ |
| • Classe C | $130 < IRI \leq 160$ |
| • Classe D | $160 < IRI \leq 180$ |
| • Classe E | $180 < IRI$          |

L'Indicatore di Regolarità superficiale  $I_{A22}$  risulta dalla seguente formula:

$$I_{A22} = (A\% + 0,75 \times B\% + 0,50 \times C\% + 0,25 \times D\% + 0,00 \times E\%) \times 100$$

Dove:

- A% è la percentuale dei valori in classe A
- B% è la percentuale dei valori in classe B
- C% è la percentuale dei valori in classe C
- D% è la percentuale dei valori in classe D
- E% è la percentuale dei valori in classe E

Ad esempio considerando un cantiere lungo 2.000 m (a cui corrispondono quindi 100 sezioni da 20m) se il valore medio di I.R.I., moltiplicato per 100, (media tra la misura relativa alla ormaia destra e la corrispondente misura relativa alla ormaia sinistra) risulta:

- in 70 sezioni è inferiore o uguale a 100;
- in 20 sezioni minore o uguale a 130 (ma maggiore di 100);
- in 10 sezioni è maggiore di 180, allora:
- A% sarà pari a 70%;
- B% sarà pari a 20%;
- C% sarà pari a 0%;
- D% sarà pari a 0%;
- E% sarà pari a 10%.

L'Indicatore di regolarità superficiale  $I_{A22}$  sarà pari a 85

$$[(70\% + (0,75 \times 20\%) + (0,50 \times 0\%) + (0,25 \times 0\%) + (0,00 \times 10\%)] \times 100 = I_{A22} = 85$$

Fatto salvo l'eventuale aumento del valore dell'indicatore  $I_{A22}$ , prevista dall'offerta tecnica presentata dall'aggiudicatario in sede di gara (criterio di valutazione T5), Il valore minimo dell'Indicatore  $I_{A22}$  dovrà essere maggiore o uguale a 50.

Tratti inferiori a 1 km ma superiori o uguali a 100 metri

IRI medio, per ogni tratta omogenea,  $\leq 1.6$  mm/m.

All'interno della sezione inferiore al km è ammesso al massimo 1 valore (mediato su 20 m) che abbia irregolarità per onde corte o irregolarità per onde medie rispettivamente superiore a 2 mm ma inferiore a 3 mm e superiore a 4 mm ma inferiore a 6 mm.

Tratti inferiori a 100 metri

La regolarità sarà valutata mediante straight-edge (regolo di 3 metri di lunghezza) e saranno considerate insufficienti le sezioni in cui il valore misurato risulti superiore ai 3 mm.

**30.3.6.6. Caratteristiche di aderenza superficiale dello strato**

Le caratteristiche di aderenza superficiale dello strato saranno determinate in conformità con i requisiti riportati nelle seguenti tabelle:

CARATTERISTICHE DI ADERENZA SUPERFICIALE DELLO STRATO DI USURA DRENANTE-FONOASSORBENTE SPECIALE				
TRATTI DI LUNGHEZZA SUPERIORE A m 400				
REQUISITO	METODO DI PROVA	SIMBOLO	UM	VALORE LIMITE
Coefficiente di aderenza trasversale (ogni 10 m di pavimentazione e mediato ogni 50m)	UNI CEN/TS 15901-6 UNI CEN/TS 15901-8	CAT	-	> 55
Coefficiente di aderenza trasversale (valore puntuale ogni 10 m di pavimentazione)	UNI CEN/TS 15901-6 UNI CEN/TS 15901-8	CAT	-	> 50
Profondità media della macrotestitura (valore medio su 50 metri di pavimentazione)	UNI EN ISO 13473-1	MPD	mm	> 0,8
MODALITA' DI RILIEVO DEI DATI:				
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Velocità di movimento dell'apparecchio pari 60 km/h;</li> <li>• temperature dell'aria e della pavimentazione superiori a 10°C e inferiore a 30°C.</li> </ul>				

CARATTERISTICHE DI ADERENZA SUPERFICIALE DELLO STRATO DI USURA DRENANTE-FONOASSORBENTE SPECIALE				
TRATTI DI LUNGHEZZA INFERIORE A m 400				
REQUISITO	METODO DI PROVA	SIMBOLO	UM	VALORE LIMITE
Resistenza all'attrito radente	UNI EN 13036-4	PTV	-	> 65
Profondità della macrotestitura	UNI EN 13036-1	MTP	mm	> 0,8

**30.3.7. Strato di usura tipo poroso per pavimentazioni semirigide**

**30.3.7.1. Descrizione e designazione**

Lo strato di usura poroso per pavimentazioni semirigide è costituito da una miscela di aggregati naturale, eventuali additivi e bitume modificato ad alta viscosità ed è confezionato a caldo, previo riscaldamento degli aggregati e del legante.

Il conglomerato bituminoso poroso per pavimentazioni semirigide contiene un elevato tenore di vuoti intercomunicanti che permettono un successivo intasamento con un'apposita malta cementizia che consente a queste pavimentazioni di fornire prestazioni di assoluto livello in termini di durabilità, stabilità, resistenza alle deformazioni, resistenza all'ormaiamento e rugosità superficiale.

Il materiale viene steso in opera mediante idonea macchina vibrofinitrice assistita da meccanismi di auto livellamento e munita di rasatore per la precompattazione ed è costipato con rulli metallici.

Prima della stesa, l'Impresa dovrà procedere con la formazione della membrana impermeabilizzante in conformità ai requisiti definiti nel paragrafo *"MANO D'ATTACCO costituita da emulsione elastomerica con bitume modificato Hard"* delle presenti Prescrizioni Tecniche.

Lo spessore dello strato è determinato dal Progettista.

Il conglomerato bituminoso utilizzato per lo strato di usura poroso per pavimentazioni semirigide è un materiale ad elevato tenore di vuoti e deve essere caratterizzato in conformità ai requisiti delle miscele utilizzate per uso stradale specificati nella norma UNI EN 13108-7 e viene designato secondo la seguente dicitura:

<b>PA</b>	<b>16</b>	<b>PMB 50-70/65</b>
-----------	-----------	---------------------

Le miscele impiegate devono essere qualificate in conformità al Regolamento UE n.305/2011 sui prodotti da costruzione. Ciascuna fornitura deve essere accompagnata dalla marcatura CE attestane la conformità all'appendice ZA della norma europea armonizzata UNI EN 13108-7

#### **30.3.7.2.      Materiali costituenti**

##### **Aggregati**

Gli aggregati naturali costituiscono la struttura portante del conglomerato bituminoso e comprendono gli aggregati grossi, gli aggregati fini e l'aggregato filler.

I requisiti di accettazione degli aggregati impiegati, qualora non specificato diversamente, dovranno essere conformi alle seguenti prescrizioni:

- UNI EN 932-3 "Procedura e terminologia per la descrizione petrografica semplificata";
- Regolamento prodotti da costruzione CPR 305/11;
- Allegato ZA della Norma armonizzata UNI EN 13043 "Aggregati per miscele bituminose e trattamenti superficiali per strade, aeroporti ed altre aree soggette a traffico".

Il prelievo dei campioni da sottoporre ad analisi deve essere effettuato in conformità alla norma UNI EN 932-1 "Metodi di campionamento degli aggregati".

Ciascuna classe granulometrica dovrà essere costituita da elementi provenienti dalla frantumazione di rocce ignee effusive e piroclastiche quali ad esempio porfido quarzifero e/o andesite. La Direzione Lavori, sempre che siano garantite la caratteristiche tecniche, potrà consentire l'utilizzo di aggregati provenienti dalla frantumazione di rocce effusive diverse.

L'Aggregato grosso appartiene alla classe granulometrica compresa tra  $d > 4$  mm e  $D \leq 45$  mm; dovrà essere ottenuto dalla frantumazione di rocce ignee (Porfido quarzifero o Andesite); dovrà essere costituito da granuli privi di elementi in fase di alterazione, polvere o materiali estranei, gli elementi dovranno essere puliti, approssimativamente poliedrici, con spigoli vivi, a superficie ruvida.

I materiali, ottenuti dovranno soddisfare i requisiti riportati nella seguente tabella:

CARATTERISTICHE DELL'AGGREGATO GROSSO (MISCELA PER LO STRATO DI USURA POROSO PER PAVIMENTAZIONI SEMIRIGIDE)					
REQUISITO	METODO DI PROVA	SIMBOLO	UM	VALORE LIMITE	CATEGORIA (UNI EN 13043)
Petrografia (per la classe granulometrica >4 mm)	UNI EN 932-3	-	-	Rocce ignee (Porfido quarzifero o Andesite)	-
Dimensione massima	UNI EN 933-1	D <sub>max</sub>	mm	<16	-
Requisito di granulometria	UNI EN 933-1	G <sub>C</sub>	%	-	G <sub>C</sub> 90-10
Resistenza alla frammentazione	UNI EN 1097-2	LA	%	≤20	LA <sub>20</sub>
Resistenza alla levigazione	UNI EN 1097-8	VL	-	≥ 45	PSV <sub>44</sub>
Resistenza al gelo/disgelo	UNI EN 1367-1	F	%	≤1	F <sub>1</sub>
Percentuale di superfici frantumate	UNI EN 933-5	C	%	100	C <sub>100/0</sub>
Affinità ai leganti bituminosi	UNI EN 12697-11	-	%	<5	-
Coefficiente di appiattimento	UNI EN 933-3	FI	%	≤10	FI <sub>10</sub>
Coefficiente di forma	UNI EN 933-3	SI	%	≤10	SI <sub>10</sub>

Con riferimento alle caratteristiche degli aggregati naturali ed in considerazione dei risultati delle prove di prequalificazione e delle effettive disponibilità dei materiali nel mercato, mentre si conferma che ad una perdita di peso con la prova Los Angeles del 20% può corrispondere una resistenza alla levigazione pari a 45; vengono considerati accettabili superiori valori di prova Los Angeles qualora eventualmente vengano migliorati i valori di VL secondo la seguente tabella:

CARATTERISTICHE FISICHE DEGLI AGGREGATI GROSSI (MISCELA PER LO STRATO DI USURA POROSO PER PAVIMENTAZIONI SEMIRIGIDE)	
RESISTENZA ALLA FRAMMENTAZIONE (LA)	RESISTENZA ALLA LEVIGAZIONE (VL)
≤ 20%	≥ 45
≤ 22%	≥ 47
Non saranno accettati materiali con Los Angeles > 22%.	

L'Aggregato fine appartiene alla classe granulometrica compresa tra d>0,063 mm e D<4 mm con denominazione G<sub>F</sub> 85; dovrà essere costituito da sabbie di frantumazione e privo di elementi in fase di alterazione, polvere o materiali estranei..

I materiali dovranno soddisfare i requisiti riportati nella seguente tabella:

CARATTERISTICHE DELL'AGGREGATO FINE (MISCELA PER LO STRATO DI USURA POROSO PER PAVIMENTAZIONI SEMIRIGIDE)					
REQUISITO	METODO DI PROVA	SIMBOLO	UM	VALORE LIMITE	CATEGORIA (UNI EN 13043)
Passante al setaccio 0,063	UNI EN 933-1	f	%	< 10	f <sub>10</sub>
Equivalente in sabbia	UNI EN 933-8	SE	%	>70	-



L'aggregato filler appartiene alla classe costituita in prevalenza da particelle passanti al setaccio 0,063 mm e dovrà provenire preferibilmente dalla frantumazione di rocce calcaree. Possono essere utilizzati anche cemento, calce idrata, calce idraulica, polvere di roccia asphaltica e ceneri volanti.  
I materiali dovranno soddisfare i requisiti riportati nella seguente tabella:

CARATTERISTICHE DELL'AGGREGATO FILLER (MISCELA PER LO STRATO DI USURA POROSO PER PAVIMENTAZIONI SEMIRIGIDE)					
REQUISITO	METODO DI PROVA	SIMBOLO	UM	VALORE LIMITE	CATEGORIA (UNI EN 13043)
Passante al setaccio 2 mm	UNI EN 933-10	-	%	100	-
Passante al setaccio 0,125 mm	UNI EN 933-10	-	%	da 85 a 100	-
Passante al setaccio 0,063 mm	UNI EN 933-10	-	%	da 70 a 100	-
Indice di plasticità	UNI CEN ISO/TS 1789-12	-	-	N.P.	-
Porosità del filler compattato secco (Ridgen)	UNI EN 1097-4	V	%	da 28 a 45	V <sub>28/45</sub>
Palla anello (filler/bitume=1,5)	UNI EN 13179-1	$\Delta_{R\&B}$	%	> 5	$\Delta_{R\&B/16}$

Per il confezionamento del conglomerato bituminoso per lo strato d'usura poroso per pavimentazioni semirigide il Produttore dovrà utilizzare filler di apporto, calce idrata (in parziale sostituzione del filler di apporto) e microfibre.

Il tenore di calce idrata (di tipo CL90S secondo la 459-2) da inserire dovrà essere almeno del 2% rispetto al peso degli aggregati.

Nel caso di utilizzo di filler misto potrà essere utilizzato solo la categoria KA25 come definito dalla EN13043.

Le microfibre dovranno essere inserite nel conglomerato in fase di miscelazione e dosate in ragione dello 0,3% rispetto al peso degli aggregati. Al fine di eseguire la corretta dosatura, disaggregazione e dispersione (le fibre o le loro miscele dovranno avere caratteristiche tali da disperdersi in modo capillare) nel conglomerato nonché evitare fenomeni di dispersione in aria dovranno essere utilizzati opportuni macchinari.

Le fibre potranno essere di natura minerale (vetro) o sintetica (acriliche); si potranno usare anche soluzioni miste tramite l'aggiunta di prodotti cellulósici o anche polimerici (es polietilene ecc).

Le fibre rinforzanti dovranno avere le seguenti caratteristiche:

CARATTERISTICHE DELLE FIBRE RINFORZANTI		
REQUISITO	UM	VALORE LIMITE
Lunghezza	$\mu\text{m}$	200 - 6000
Diametro	$\mu\text{m}$	8 - 20
Resistenza alla trazione	GPa	1,5 - 3
Allungamento massimo	%	1 - 3
Punto di fusione	°C	> 300

L'approvazione della fibra della Direzione Lavori avverrà sulla base dei risultati ottenuti in fase di validazione della composizione ottimale con riferimento ai valori ottenuti relativi ai requisiti delle caratteristiche meccaniche e del drenaggio del legante.

In ogni caso le fibre o la loro miscela dovranno essere in formato tale da impedire la dispersione in aria delle parti volatili durante la movimentazione e tutto l'arco temporale dell'impiego (es. pellets realizzati con elementi agglomeranti tipo cellulosa).

Le dimensioni delle fibre o delle loro miscele dovranno essere tali da non risultare pericolose per inalazione e in generale non pericolose per il personale operante. Tutti i prodotti dovranno essere accompagnati da scheda tecnica di sicurezza.

La miscela bituminosa non dovrà tassativamente contenere conglomerato bituminoso di recupero (Reclaimed Asphalt - RA, comunemente detto fresato)

### Legante

Per il confezionamento del conglomerato bituminoso per lo strato d'usura poroso per pavimentazioni semirigide dovrà essere impiegato come legante bituminoso il bitume modificato ad alta viscosità ottenuto dalla fusione di bitume semisolido con polimeri elastomerici o plastomerici che ne modificano la struttura chimica e le caratteristiche fisiche e meccaniche.

I requisiti di accettazione del bitume, qualora non specificato diversamente, dovranno essere conformi alle seguenti prescrizioni:

- Regolamento prodotti da costruzione CPR 305/11;
- Allegato ZA della Norma armonizzata UNI EN 14023 " Bitumi e leganti bituminosi. Quadro delle specifiche riguardanti i bitumi modificati da polimeri".

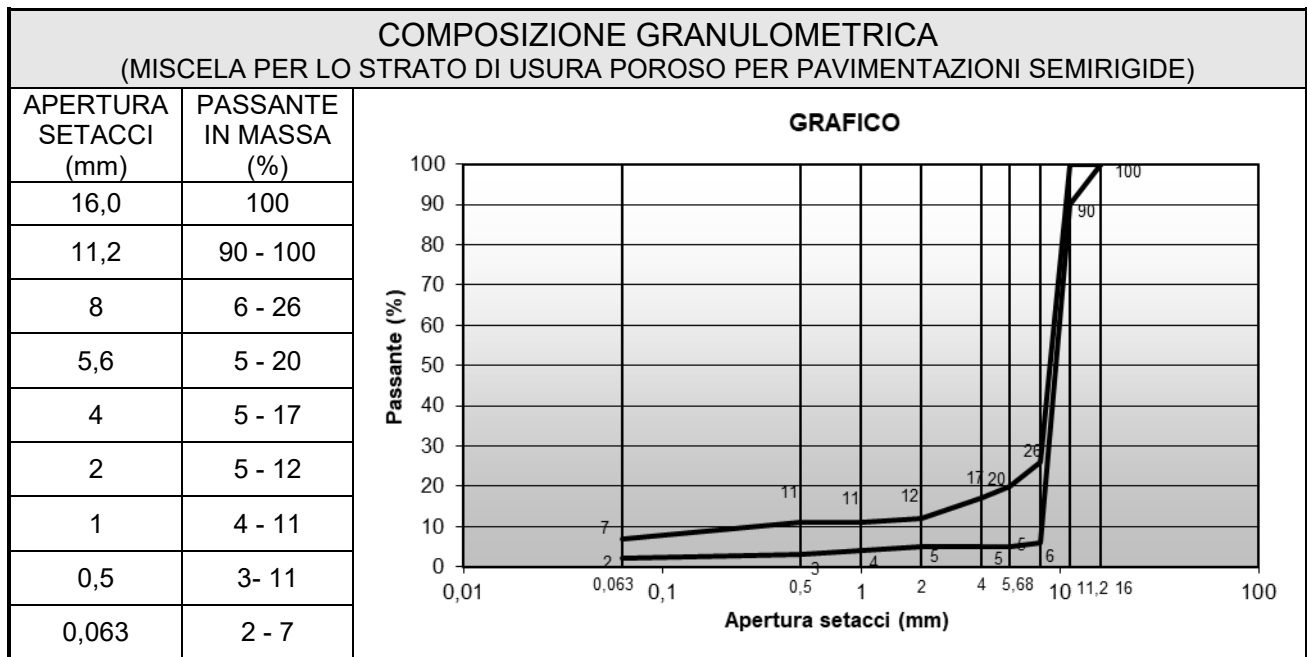
Il prelievo dei campioni da sottoporre ad analisi deve essere effettuato in conformità alla norma UNI EN 58-1 "Metodi di campionamento dei leganti bituminosi".

Il bitume modificato a alta viscosità, del tipo 50/70 modificato (tipo HARD), dovrà essere conforme alla Norma UNI EN 14023 e dovrà presentare le seguenti caratteristiche:

CARATTERISTICHE DEL BITUME MODIFICATO HARD ( MISCELA PER LO STRATO DI USURA POROSO PER PAVIMENTAZIONI SEMIRIGIDE )			
REQUISITO	METODO DI PROVA	UM	VALORE LIMITE
Penetrazione a 25°C	UNI EN 1426	dmm	da 50 a 70
Punto di rammollimento (palla anello)	UNI EN 1427	°C	≥ 65
Punto di rottura (Fraass)	UNI EN 12593	°C	≤ -20
Ritorno elastico a 25 °C	UNI EN 13398	%	> 75
Stabilità allo stoccaggio (3 gg a 180°C)	UNI EN 13399	°C	< 0,5
Viscosità dinamica a 160 °C, $\gamma=10s^{-1}$	UNI EN 13702-2	Pa*s	da 0,30 a 0,50
RESISTENZA ALL'INVECCHIAMENTO			
Rapporto tra la penetrazione residua, dopo invecchiamento accelerato, e la penetrazione originaria, a 25°C. (RTFOT UNI EN 12607-1)	UNI EN 1426	%	≥ 60
Ritorno elastico a 25 °C (RTFOT UNI EN 12607-1)	UNI EN 13398	%	> 50
Incremento del Punto di rammollimento (RTFOT UNI EN 12607-1)	UNI EN 1427	°C	< 5
Scostamento tra la Penetrazione residua, dopo "tuben test", e la Penetrazione originaria, a 25°C. (UNI EN 13399)	UNI EN 1426	$\Delta dmm$	< 5
Scostamento tra il punto di Rammollimento, dopo "tuben test", ed il Rammollimento originario. (UNI EN 13399)	UNI EN 1427	$\Delta^{\circ}C$	< 3

#### 30.3.7.3. Caratteristiche della miscela

La miscela ottimale degli aggregati impiegati per il confezionamento del conglomerato bituminoso per lo strato usura poroso per pavimentazioni semirigide dovrà avere una composizione granulometrica, determinata in conformità alle norma UNI EN 933-1 e UNI EN 12697-2, compresa nei limiti del fuso riportato nella seguente tabella:



La miscela ottimale dovrà avere un contenuto di legante, riferito alla miscela, compreso tra 3,8% e 4,5%

Il Produttore dovrà determinare la quantità ottimale di legante da impiegare in fase di qualifica della miscela.

La quantità di bitume di effettivo impiego dovrà essere determinata mediante lo studio della miscela con il metodo Marshall (metodo di prova UNI EN 12697-34). In alternativa quando possibile si può utilizzare il metodo volumetrico (metodo di prova UNI EN 12697-34)

Non saranno ammesse variazioni sulla composizione ottimale della miscela validata ed accettata dalla Direzione Lavori, eccedenti le tolleranze massime riportate nella tabella seguente:

TOLLERANZE AMMESSE RIFERITE ALLA COMPOSIZIONE OTTIMALE VALIDATA (MISCELA PER LO STRATO DI USURA POROSO PER PAVIMENTAZIONI SEMIRIGIDE)	
MATERIALE COSTITUENTE	TOLLERANZE AMMESSE
Aggregato grosso (trattenuto al setaccio 2mm)	± 5%
Aggregato fine (passante al setaccio 2mm e trattenuto al setaccio 0,063mm)	± 3%
Aggregato filler (passante al setaccio 0,063mm)	± 2%
Legante (riferito alla miscela)	± 0,3%

Le caratteristiche richieste per il conglomerato bituminoso da impiegare nello strato di usura poroso per pavimentazioni semirigide dovranno essere conformi ai requisiti riportati nella seguente tabella:

CARATTERISTICHE DELLA MISCELA PER LO STRATO DI USURA POROSO PER PAVIMENTAZIONI SEMIRIGIDE ( <i>Metodo Marshall</i> )					
REQUISITO	METODO DI PROVA	SIMBOLO	UM	VALORE LIMITE	CATEGORIA (UNI EN 13108-7)
Stabilità Marshall	UNI EN 12697-34	$S_{min}$	KN	>5	$S_{min5}$
Rigidezza Marshall		$Q_{min}$	KN/mm	>2,0	$q_{min3}$
Vuoti residui	UNI EN 12697-8	V	%	24-30	$V_{min24}$
Sensibilità all'acqua	UNI EN 12697-12	ITSR	%	>90	ITSR <sub>90</sub>
Resistenza a trazione indiretta	UNI EN 12697-23	ITS	MPa	>0,4	-
Coefficiente di trazione indiretta a 25°C <sup>(2)</sup>		CTI	MPa	>30	
Sensibilità all'acqua	UNI N 12697-12	ITSR	%	>90	ITSR <sub>90</sub>
Condizioni di prova mediante compattatore Marshall: provini costipati con 50 colpi di maglio per faccia					
<sup>(2)</sup> Coefficiente di trazione indiretta: $CTI = \frac{\pi}{2} \times \frac{D \times R_t}{D_c}$ Dove: <i>D</i> = <i>dimensione in mm della sezione trasversale del provino</i> <i>D<sub>c</sub></i> = <i>deformazione a rottura</i> <i>R<sub>t</sub></i> = <i>resistenza a trazione indiretta</i>					

CARATTERISTICHE DELLA MISCELA PER LO STRATO DI USURA POROSO PER PAVIMENTAZIONI SEMIRIGIDE ( <i>Metodo volumetrico</i> )					
REQUISITO	METODO DI PROVA	SIMBOLO	UM	VALORI RICHIEST	CATEGORIA (UNI EN 13108-7)
Vuoti a 10 rotazioni	UNI EN 12697-8	V	%	24-30	V10G <sub>min24</sub>
Vuoti a 50 rotazioni	UNI EN 12697-8	V	%	22-30	$V_{min22} - V_{max30}$
Vuoti a 180 rotazioni	UNI EN 12697-8	V	%	≥16	
Sensibilità all'acqua	UNI N 12697-12	ITSR	%	>90	ITSR <sub>90</sub>
Resistenza a trazione indiretta <sup>(1)</sup>	UNI EN 12697-23	ITS	MPa	>0,4	-
Coefficiente di trazione indiretta a 25°C <sup>(1)</sup>		CTI	MPa	>30	
Condizioni di prova: - Angolo di rotazione 1.25° ± 0.02; - Velocità di rotazione 30 rotazioni/minuto; - Pressione verticale 600 kPa; - Diametro del provino 100 mm <sup>(1)</sup> su provini compattati a 100 rotazioni.					



Al fine di impedire un eccessivo riscaldamento con perdita irreparabile delle caratteristiche viscoelastiche del legante, dovrà essere effettuato un controllo periodico della temperatura della miscela finita.

I limiti della temperatura, massimo in produzione e minimo alla stesa, devono essere conformi ai valori riportati nella seguente tabella:

LIMITI DELLA TEMPERATURA (MISCELA PER LO STRATO DI USURA POROSO PER PAVIMENTAZIONI SEMIRIGIDE)				
REQUISITO	METODO DI PROVA	UM	VALORE MINIMO (alla stesa)	VALORE MASSIMO (alla produzione)
Temperatura della miscela	UNI EN 12697-13	°C	≥150	≤180

#### 30.3.7.4. Caratteristiche dimensionali dello strato

Lo strato della pavimentazione dovrà essere realizzato nel rispetto degli spessori e delle sagome di progetto e la superficie finale dovrà presentarsi in qualunque direzione priva di irregolarità ed ondulazioni. Le caratteristiche che lo strato dovrà avere sono relative al requisito di addensamento della miscela, alle dimensioni (spessore) dello strato ed alle proprietà di aderenza della superficie.

Le caratteristiche di addensamento della miscela in opera saranno determinate preferibilmente secondo il metodo del grado di compattazione o, in alternativa a scelta della Direzione lavori, secondo il metodo dei vuoti residui, in conformità con i requisiti riportati nelle seguenti tabelle:

ADDENSAMENTO DELLO STRATO DI USURA MISCELA PER LO STRATO DI USURA POROSO PER PAVIMENTAZIONI SEMIRIGIDE (Grado di compattazione per confronto delle densità - Vuoti residui del campione prelevato in opera)			
REQUISITO	METODO DI PROVA	UM	VALORE LIMITE
Grado di addensamento (per ogni campione)	UNI EN 12697-6 – metodo C UNI EN 12697-9	%	> 97
Grado di addensamento (media dei campioni)	UNI EN 12697-6 – metodo C UNI EN 12697-9	%	≥ 98
Vuoti residui (media dei campioni)	UNI EN 12697-8	%	da 24 a 30
Spessore dello strato	UNI EN 12697-36	%	± 5% dello spessore di progetto
Campioni prelevati mediante carotaggio in conformità alla norma UNI EN 13108-27. Il grado di compattazione è il rapporto tra la densità della miscela compattata in opera e la densità della miscela compattata in laboratorio riferita allo stesso lotto/giorno di produzione (massimo addensamento teorico).			

**30.3.7.5. Malta cementizia intasante**

La malta cementizia che dovrà essere utilizzata per intasare i vuoti intergranulari dello strato d'usura poroso dovrà soddisfare le caratteristiche riportate nella tabella sottostante:

SPECIFICHE DELLA MALTA CEMENTIZIA		
PARAMETRO	NORMATIVA	VALORE RICHIESTO
Fluidità al cono Marsh (ugello da 10 mm)	UNI EN 14117	14 sec. – 17 sec.
Flessione a 7 giorni	UNI EN 196-1*	≥ 7,0 MPa
Flessione a 28 giorni	UNI EN 196-1*	≥ 9,0 MPa
Compressione a 7 giorni	UNI EN 196-1*	≥ 30,0 MPa
Compressione a 28 giorni	UNI EN 196-1*	≥ 15,0 MPa
<u>Nota: I travetti dovranno essere confezionati utilizzando esclusivamente la malta cementizia e l'acqua dosata le quantitativo ottimale per ottenere la fluidità richiesta nella presente tabella</u>		

**30.3.7.6. Studio dello strato d'usura semirigido in laboratorio**

L'appaltatore dovrà presentare alla D.L., con congruo anticipo dall'inizio dei lavori, uno studio di laboratorio conforme alle specifiche tecniche del presente CSA. La D.L. si riserva di richiedere l'eventuale verifica o integrazione della documentazione.

I provini, da sottoporre a prova per la verifica delle prestazioni meccaniche dovranno essere confezionati secondo le modalità riportate nella tabella sottostante:

MODALITA' DI CONFEZIONAMENTO DEI PROVINI	
NORMATIVA	UNI EN 12697-33
Stampo	Small size (30cm x 40cm)
Spessore compresso	50 mm
Gradiente di abbassamento fino al raggiungimento dello spessore di 66 mm	0,2 mm / ciclo
Gradiente di abbassamento fino al raggiungimento dello spessore di progetto	0,1 mm / ciclo
Temperatura di compattazione	160 °C ± 5°C

A distanza di 48 ore dalla preparazione le lastre devono essere intasate con la malta cementizia avente fluidità conforme alle specifiche della tabella “SPECIFICHE DELLA MALTA CEMENTIZIA”. Dal momento in cui la malta cementizia, in formato solido, e l'acqua vengono miscelati e l'inizio della fase di intasamento delle lastre di conglomerato bituminoso, non dovrà trascorrere un tempo superiore ai 5 minuti.

Le lastre dovranno essere sigillate ai bordi con idoneo materiale per evitare lo svuotamento della malta cementizia durante la fase di intasamento. Per mezzo di una spatola si dovrà rifinire superficialmente lo strato rasando superficialmente la malta evitando il deposito in eccesso di prodotto. Le lastre dovranno essere poi mantenute a stagionare per 14 giorni alla temperatura di 20°C ± 2°C in camera climatizzata con umidità compresa tra 85% e 95%.

Trascorso tale periodo di tempo, dalle lastre, dovranno essere ricavate numero 6 carote aventi diametri 100 ± 10mm e numero 9 carote aventi diametri 50 ± 10mm.

Tutte le carote dovranno essere poi mantenute a stagionare per altri 14 giorni alla temperatura di  $20^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$  in camera climatizzata con umidità compresa tra 85% e 95%.

I provini, maturati complessivamente per 28 giorni, dovranno soddisfare le specifiche tecniche riportate nella tabella sottostante.

SPECIFICHE TECNICHE DEI PROVINI MATURATI COMPLESSIVAMENTE PER 28 GIORNI		
PARAMETRO	NORMATIVA	VALORE RICHIESTO
Modulo di rigidezza <sup>(1)</sup>	UNI EN 12697-26	$\geq 8.500 \text{ MPa}$
Resistenza a trazione indiretta a $20^{\circ}\text{C}$ <sup>(1)</sup>	UNI EN 12697-23	$\geq 0,8 \text{ MPa}$
Compressione <sup>(2)</sup>	UNI EN 12390-3	$\geq 7,0 \text{ MPa}$
Nota: <sup>(1)</sup> Prova eseguita su carote aventi diametri $100 \pm 10\text{mm}$ ; <sup>(2)</sup> Prova eseguita su carote aventi diametri $50 \pm 10\text{mm}$ ;		

#### 30.3.7.7. Produzione e posa in opera della malta cementizia

L'applicazione della malta cementizia sarà autorizzata da parte della D.L. solamente dopo le indagini previste in tabella "ADDENSAMENTO DELLO STRATO DI USURA MISCELA PER LO STRATO DI USURA POROSO PER PAVIMENTAZIONI SEMIRIGIDE (Grado di compattazione per confronto delle densità- Vuoti residui del campione prelevato in opera)" avranno dato esito favorevole. La pavimentazione bituminosa dovrà presentarsi pulita, priva di parti incoerenti e priva di polvere.

La malta cementizia dovrà essere miscelata con acqua pulita e gli eventuali additivi.

Per la produzione dovranno essere utilizzate macchine mescolatrici in continuo quale ad esempio turbo mixer oppure a doppio stadio, ad alta velocità (con mescolatore e coclea di alimentazione) di potenza e capacità adeguate alla dimensione del cantiere. Nel caso dell'utilizzo degli impianti di produzione tipo turbo mixer, la miscelazione della parte solida con l'acqua e gli eventuali additivi è istantanea. La D.L. potrà valutare l'utilizzo di altre metodologie della preparazione della malta cementizia, ma dovrà essere garantita la perfetta miscelazione tra i componenti assicurandosi che la malta confezionata non contenga grumi. Tutte le attrezzature dovranno garantire la possibilità di regolare rapidamente ed in continuo il contenuto d'acqua dell'impasto al fine di ottenere la fluidità di progetto.

Prima di iniziare a riversare la malta cementizia sulla pavimentazione in conglomerato bituminoso poroso, dovrà essere verificata la corretta fluidità del prodotto conformemente a quanto indicato nella tabella "SPECIFICHE DELLA MALTA CEMENTIZIA".

La malta andrà versata tramite appositi tubi flessibili di uscita dal turbo mixer e distribuita utilizzando spatoloni in gomma (esempio tira acqua) oppure meccanicamente mediante adeguate apparecchiature autorizzate ed approvate dalla D.L.

La malta dovrà essere uniformemente rasata evidenziando superficialmente la struttura litica del conglomerato bituminoso. Non dovranno essere presenti locali accumuli di malta non perfettamente intasata.

Se la pavimentazione da intasare si trova in pendenza, l'applicazione dovrà iniziare dalla zona più depressa salendo verso l'alto.

L'applicazione dovrà essere eseguita su una pavimentazione con temperature superiori a  $8^{\circ}\text{C}$  e inferiori a  $32^{\circ}\text{C}$ .

L'applicazione della malta dovrà essere sospesa quando le condizioni meteorologiche potrebbero compromettere negativamente la qualità della lavorazione.

Per agevolare il corretto intasamento dello strato poroso, da parte della malta, si potranno utilizzare dei rulli ferro-ferro, del peso massimo di 40 q.li, che attraverso la leggera azione vibrante e il passaggio fisico sulla malta, potranno agevolarne l'intasamento.

Dopo la stesura della malta cementizia la pavimentazione intasata dovrà essere protetta mediante teli anti evaporazione per le successive 18/24 ore.

#### 30.3.7.8. Controlli sullo strato finito intasato

Dopo 14 giorni dall'intasamento del conglomerato bituminoso con la malta cementizia verrà verificata la qualità dell'intasamento e delle prestazioni meccaniche.

Mediante carotaggi verranno effettuati dei prelievi della pavimentazione intasata. I campioni prelevati, prima di essere sottoposti a rottura dovranno essere fatti stagionare per altri 14 giorni alla temperatura di  $20^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$  in camera climatizzata con umidità compresa tra 85% e 95%.

La resistenza a compressione eseguita su carote aventi diametri  $50 \pm 10\text{mm}$  secondo la norma UNI EN 12390-3 dovrà fornire valori  $\geq$  di 6,0 MPa.

La **regolarità** sarà valutata mediante straight-edge (regolo di 3 metri di lunghezza) e saranno considerate insufficienti le sezioni in cui il valore misurato risulti superiore ai 5 mm.

Le caratteristiche di **aderenza** superficiale dello strato saranno determinate misurando la Resistenza all'attrito radente secondo la norma UNI EN 13036-4 il valore di PTV dovrà essere  $\geq$  di 55

#### 30.3.7.9. *Apertura al traffico/utilizzo*

La pavimentazione, al termine della lavorazione dovrà essere lasciata maturare per almeno 24 ore prima di permettere il traffico e l'utilizzo.

### 30.3.8. **Strato di usura antistruciolo chiuso (SMA)**

#### 30.3.8.1. *Descrizione e designazione*

Lo strato di usura antisdruciolo chiuso è costituito da una miscela di aggregati naturali, eventuali additivi e bitume modificato ad alta viscosità ed è confezionato a caldo, previo riscaldamento degli aggregati e del legante.

Il materiale viene steso in opera mediante idonea macchina vibrofinitrice assistita da meccanismi di auto livellamento e munita di rasatore per la precompattazione ed è costipato con rulli gommati e/o metallici vibranti.

Prima della stesa, l'Impresa dovrà procedere con la formazione della membrana impermeabilizzante in conformità ai requisiti definiti nel paragrafo "*MANO D'ATTACCO costituita da emulsione elastomerica con bitume modificato Hard*" delle presenti Prescrizioni Tecniche.

Lo spessore dello strato è determinato dal Progettista.

Il conglomerato bituminoso utilizzato per lo strato di usura antisdruciolo deve essere caratterizzato in conformità ai requisiti delle miscele utilizzate per uso stradale specificati nella norma UNI EN 13108-5 e viene designato secondo la seguente dicitura:

<b>SMA</b>	<b>12,5</b>	<b>PMB 50 – 70/65</b>
------------	-------------	-----------------------

#### 30.3.8.2. *Materiali costituenti*

##### **Aggregati**

Gli aggregati naturali costituiscono la struttura portante del conglomerato bituminoso e comprendono gli aggregati grossi, gli aggregati fini e l'aggregato filler.

I requisiti di accettazione degli aggregati impiegati, qualora non specificato diversamente, dovranno essere conformi alle seguenti prescrizioni:

- UNI EN 932-3 "Procedura e terminologia per la descrizione petrografica semplificata";
- Regolamento prodotti da costruzione CPR 305/11;



- Allegato ZA della Norma armonizzata UNI EN 13043 "Aggregati per miscele bituminose e trattamenti superficiali per strade, aeroporti ed altre aree soggette a traffico".

Il prelievo dei campioni da sottoporre ad analisi deve essere effettuato in conformità alla norma UNI EN 932-1 "Metodi di campionamento degli aggregati".

Ciascuna classe granulometrica dovrà essere costituita da elementi provenienti dalla frantumazione di rocce ignee effusive e piroclastiche, in particolare:

- per il tratto Chiusa-Modena, l'aggregato naturale da impiegarsi dovrà provenire esclusivamente dalla frantumazione di porfido quarzifero;
- per il tratto Brennero-Chiusa l'aggregato naturale da impiegarsi dovrà provenire esclusivamente dalla frantumazione di porfido quarzifero e/o andesite.

La Società, in casi particolari, sempre che sia garantita, in rapporto all'esistente, uniformità di colore al manto autostradale, potrà consentire l'utilizzo di elementi provenienti dalla frantumazione di rocce effusive diverse.

L'Aggregato grosso appartiene alla classe granulometrica compresa tra  $d > 4$  mm e  $D \leq 45$  mm; dovrà essere ottenuto dalla frantumazione di rocce ignee (Porfido quarzifero o Andesite); dovrà essere costituito da granuli privi di elementi in fase di alterazione, polvere o materiali estranei, gli elementi dovranno essere puliti, approssimativamente poliedrici, con spigoli vivi, a superficie ruvida. I materiali, ottenuti dovranno soddisfare i requisiti riportati nella seguente tabella:

CARATTERISTICHE DELL'AGGREGATO GROSSO (MISCELA PER LO STRATO DI USURA ANTISDRUCCIOLO CHIUSO)					
REQUISITO	METODO DI PROVA	SIMBOLO	UM	VALORE LIMITE	CATEGORIA (UNI EN 13043)
Petrografia (per la classe granulometrica $> 4$ mm)	UNI EN 932-3	-	-	Rocce ignee (Porfido quarzifero o Andesite)	-
Dimensione massima	UNI EN 933-1	$D_{max}$	Mm	$< 14$	-
Requisito di granulometria	UNI EN 933-1	$G_C$	%	-	$G_{C90-10}$
Resistenza alla frammentazione	UNI EN 1097-2	LA	%	$\leq 18$	$LA_{20}$
Resistenza alla levigazione	UNI EN 1097-8	VL	-	$\geq 45$	$PSV_{44}$
Resistenza al gelo/disgelo	UNI EN 1367-1	F	%	$\leq 1$	$F_1$
Percentuale di superfici frantumate	UNI EN 933-5	C	%	100	$C_{100/0}$
Affinità ai leganti bituminosi	UNI EN 12697-11	-	%	$< 5$	-
Coefficiente di appiattimento	UNI EN 933-3	FI	%	$\leq 10$	$FI_{10}$

Con riferimento alle caratteristiche degli aggregati naturali ed in considerazione dei risultati delle prove di prequalificazione e delle effettive disponibilità dei materiali nel mercato, mentre si conferma che ad una perdita di peso con la prova Los Angeles del 18% può corrispondere una resistenza alla levigazione pari a 45; vengono considerati accettabili superiori valori di prova Los Angeles qualora eventualmente vengano migliorati i valori di VL secondo la seguente tabella:

CARATTERISTICHE FISICHE DEGLI AGGREGATI GROSSI (MISCELA PER LO STRATO DI USURA ANTISDRUCCIOLO CHIUSO)	
RESISTENZA ALLA FRAMMENTAZIONE (LA)	RESISTENZA ALLA LEVIGAZIONE (VL)
≤ 18%	≥ 45
≤ 22%	≥ 47
Non vengono accettati materiali con Los Angeles > 22%.	

L'Aggregato fine appartiene alla classe granulometrica compresa tra  $d > 0,063$  mm e  $D < 4$  mm con denominazione  $G_F 85$ ; dovrà essere costituito da sabbie di frantumazione e privo di elementi in fase di alterazione, polvere o materiali estranei.

Qualunque sia la loro provenienza o natura petrografica, i materiali dovranno soddisfare i requisiti riportati nella seguente tabella:

CARATTERISTICHE DELL'AGGREGATO FINE (MISCELA PER LO STRATO DI USURA ANTISDRUCCIOLO CHIUSO)					
REQUISITO	METODO DI PROVA	SIMBOLO	UM	VALORE LIMITE	CATEGORIA (UNI EN 13043)
Passante al setaccio 0,063	UNI EN 933-1	f	%	< 10	$f_{10}$
Equivalente in sabbia	UNI EN 933-8	SE	%	>70	-

L'aggregato filler appartiene alla classe costituita in prevalenza da particelle passanti al setaccio 0,063 mm e dovrà provenire preferibilmente dalla frantumazione di rocce calcaree. Possono essere utilizzati anche cemento, calce idrata, calce idraulica, polvere di roccia asfaltica e ceneri volanti.

Qualunque sia la provenienza o la natura petrografica, i materiali dovranno soddisfare i requisiti riportati nella seguente tabella:

CARATTERISTICHE DELL'AGGREGATO FILLER (MISCELA PER LO STRATO DI USURA ANTISDRUCCIOLO CHIUSO)					
REQUISITO	METODO DI PROVA	SIMBOLO	UM	VALORE LIMITE	CATEGORIA (UNI EN 13043)
Passante al setaccio 2 mm	UNI EN 933-10	-	%	100	-
Passante al setaccio 0,125 mm	UNI EN 933-10	-	%	da 85 a 100	-
Passante al setaccio 0,063 mm	UNI EN 933-10	-	%	da 70 a 100	-
Indice di plasticità	UNI CEN ISO/TS 1789-12	-	-	N.P.	-
Porosità del filler compattato (Ridgen)	UNI EN 1097-4	V	%	da 28 a 45	$V_{28/45}$
Palla anello (filler/bitume=1,5)	UNI EN 13179-1	$\Delta_{R\&B}$	%	> 8	$\Delta_{R\&B/16}$

Per il confezionamento del conglomerato bituminoso per lo strato d'usura antisdrucchiolo) chiuso (SMA) il Produttore dovrà utilizzare filler di apporto, calce idrata (in parziale sostituzione del filler di apporto) e microfibre.

Il tenore di calce idrata (di tipo CL90S secondo la 459-2) da inserire dovrà essere almeno del 2% rispetto al peso degli aggregati.

Nel caso di utilizzo di filler misto potrà essere utilizzato solo la categoria KA25 come definito dalla EN13043.

Le microfibre dovranno essere inserite nel conglomerato in fase di miscelazione e dosate in ragione dello 0,3% rispetto al peso degli aggregati. Al fine di eseguire la corretta dosatura, disgregazione e dispersione (le fibre o le loro miscele dovranno avere caratteristiche tali da disperdersi in modo capillare) nel conglomerato nonché evitare fenomeni di dispersione in aria dovranno essere utilizzati opportuni macchinari.

Le fibre potranno essere di natura minerale (vetro) o sintetica (acriliche); si potranno usare anche soluzioni miste tramite l'aggiunta di prodotti cellulosici o anche polimerici (es polietilene ecc).

Le fibre rinforzanti dovranno avere le seguenti caratteristiche:

CARATTERISTICHE DELLE FIBRE RINFORZANTI		
REQUISITO	UM	VALORE LIMITE
Lunghezza	µm	200 - 6000
Diametro	µm	8 - 20
Resistenza alla trazione	GPa	1,5 - 3
Allungamento massimo	%	1 - 3
Punto di fusione	°C	> 300

L'approvazione della fibra della Direzione Lavori avverrà sulla base dei risultati ottenuti in fase di validazione della composizione ottimale con riferimento ai valori ottenuti relativi ai requisiti delle caratteristiche meccaniche e del drenaggio del legante.

In ogni caso le fibre o la loro miscela dovranno essere in formato tale da impedire la dispersione in aria delle parti volatili durante la movimentazione e tutto l'arco temporale dell'impiego (es. pellets realizzati con elementi agglomeranti tipo cellulosa).

Le dimensioni delle fibre o delle loro miscele dovranno essere tali da non risultare pericolose per inalazione e in generale non pericolose per il personale operante. Tutti i prodotti dovranno essere accompagnati da scheda tecnica di sicurezza.

### Legante

Per il confezionamento del conglomerato bituminoso per lo strato di usura antisdrucchiolo chiuso dovrà essere impiegato come legante bituminoso il bitume modificato ad alta viscosità ottenuto dalla fusione di bitume semisolido con polimeri elastomerici o plastomerici che ne modificano la struttura chimica e le caratteristiche fisiche e meccaniche.

I requisiti di accettazione del bitume, qualora non specificato diversamente, dovranno essere conformi alle seguenti prescrizioni:

- Regolamento prodotti da costruzione CPR 305/11;
- Allegato ZA della Norma armonizzata UNI EN 14023 " Bitumi e leganti bituminosi. Quadro delle specifiche riguardanti i bitumi modificati da polimeri".

Il prelievo dei campioni da sottoporre ad analisi deve essere effettuato in conformità alla norma UNI EN 58-1 "Metodi di campionamento dei leganti bituminosi".

Il bitume modificato ad alta viscosità, del tipo 50/70 modificato (tipo HARD), dovrà essere conforme alla Norma UNI EN 14023 e dovrà presentare le seguenti caratteristiche:

CARATTERISTICHE DEL BITUME MODIFICATO HARD (MISCELA PER LO STRATO DI USURA ANTISDRUCCHIOLO CHIUSO)			
REQUISITO	METODO DI PROVA	UM	VALORE LIMITE
Penetrazione a 25°C	UNI EN 1426	dmm	da 50 a 70
Punto di rammollimento (palla anello)	UNI EN 1427	°C	≥ 65
Punto di rottura (Fraass)	UNI EN 12593	°C	≤ -20
Ritorno elastico a 25 °C	UNI EN 13398	%	> 75

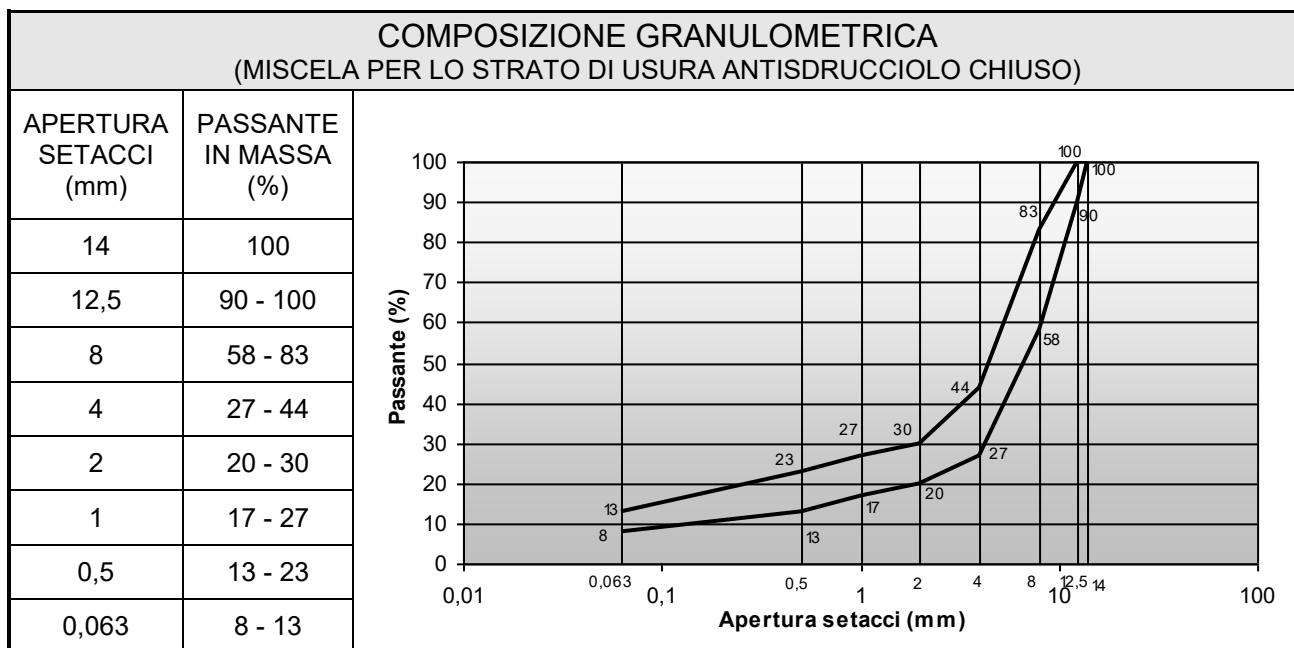
**AUTOSTRADA DEL BRENNERO**  
SOCIETA' PER AZIONI CON SEDE IN TRENTO

Stabilità allo stoccaggio (3 gg a 180°C)	UNI EN 13399	°C	< 0,5
Viscosità dinamica a 160 °C, $\gamma=10s^{-1}$	UNI EN 13702-2	Pa*s	da 0,30 a 0,50
<b>RESISTENZA ALL'INVECCHIAMENTO</b>			
Rapporto tra la penetrazione residua, dopo invecchiamento accelerato, e la penetrazione originaria, a 25°C. (RTFOT UNI EN 12607-1)	UNI EN 1426	%	$\geq 60$
Ritorno elastico a 25 °C (RTFOT UNI EN 12607-1)	UNI EN 13398	%	> 50
Incremento del Punto di rammollimento (RTFOT UNI EN 12607-1)	UNI EN 1427	°C	< 5
Scostamento tra la Penetrazione residua, dopo "tuben test", e la Penetrazione originaria, a 25°C. (UNI EN 13399)	UNI EN 1426	$\Delta dmm$	< 5
Scostamento tra il punto di Rammollimento, dopo "tuben test", ed il Rammollimento originario. (UNI EN 13399)	UNI EN 1427	$\Delta^{\circ}C$	< 3

In presenza di temperature atmosferiche o del piano di appoggio non ottimali la DL può richiedere l'impiego di bitume ad elevata lavorabilità per consentire il regolare procedimento di compattazione ed assicurare il raggiungimento delle caratteristiche volumetriche e meccaniche dello strato. Prima della fornitura l'Impresa dovrà consegnare alla DL la documentazione tecnica del prodotto che intende impiegare per l'approvazione.

### 30.3.8.3. Caratteristiche della miscela

La miscela ottimale degli aggregati impiegati per il confezionamento del conglomerato bituminoso per lo strato di usura antisdrucchiolo chiuso dovrà avere una composizione granulometrica, determinata in conformità alle norme UNI EN 933-1 e UNI EN 12697-2 utilizzando i setacci appartenenti al gruppo base + 2, compresa nei limiti del fuso riportato nella seguente tabella:



La miscela ottimale dovrà avere un contenuto minimo di legante secondo quanto riportato nella seguente tabella:

CONTENUTO MINIMO DI LEGANTE (MISCELA PER LO STRATO DI USURA ANTISDRUCCIOLO CHIUSO)					
REQUISITO	METODO DI PROVA	SIMBOLO	UM	VALORE LIMITE	CATEGORIA (UNI EN 13108-5)
Contenuto di legante (riferito alla miscela)	UNI EN 12697-1 e 39	B <sub>min</sub>	%	≥5,2	B <sub>min5,2</sub>

Il Produttore dovrà determinare la quantità ottimale di legante da impiegare in fase di qualifica della miscela.

Non saranno ammesse variazioni sulla composizione ottimale della miscela validata ed accettata dalla Direzione Lavori, eccedenti le tolleranze massime riportate nella tabella seguente:

TOLLERANZE AMMESSE RIFERITE ALLA COMPOSIZIONE OTTIMALE VALIDATA (MISCELA PER LO STRATO DI USURA ANTISDRUCCIOLO CHIUSO)	
MATERIALE COSTITUENTE	TOLLERANZE AMMESSE
Aggregato grosso (trattenuto al setaccio 2mm)	± 5%
Aggregato fine (passante al setaccio 2mm e trattenuto al setaccio 0,063mm)	± 3%
Aggregato filler (passante al setaccio 0,063mm)	± 2%
Legante (riferito alla miscela)	± 0,3%

Il Produttore dovrà determinare la quantità ottimale di legante da impiegare in fase di qualifica della miscela da effettuare secondo il metodo Marshall o, in alternativa, secondo il metodo Volumetrico mediante pressa giratoria.

In base al metodo prescelto, le caratteristiche richieste per il conglomerato bituminoso da impiegare nello strato di base dovranno essere conformi ai requisiti riportati nelle seguenti tabelle:

CARATTERISTICHE DELLA MISCELA PER LO STRATO DI USURA ANTISDRUCCIOLO CHIUSO (Metodo Marshall)					
REQUISITO	METODO DI PROVA	SIMBOLO	UM	VALORE LIMITE	CATEGORIA (UNI EN 13108-5)
Minima stabilità	UNI EN 12697-34	S <sub>min</sub>	kN	>10	S <sub>min10</sub>
Quoziente (minimo)	UNI EN 12697-34	Q <sub>min</sub>	kN/mm	>3	Q <sub>min3</sub>
Quoziente (massimo)	UNI EN 12697-34	-	kN/mm	<5	-
Contenuto massimo di vuoti residui	UNI EN 12697-8 UNI EN 12697-6B UNI EN 12697-5A	V <sub>max</sub>	%	<5	V <sub>max5</sub>
Contenuto minimo di vuoti residui	UNI EN 12697-8 UNI EN 12697-6B UNI EN 12697-5A	V <sub>min</sub>	%	>3	V <sub>min3</sub>
Sensibilità all'acqua	UNI EN 12697-12	ITSR	%	>75	ITSR <sub>80</sub>
<ul style="list-style-type: none"> <li>i provini per le misure di stabilità, quoziente e percentuale dei vuoti residui riportate dovranno essere confezionati presso l'impianto di produzione e/o all'atto della stesa e la temperatura di compattazione dovrà essere pari a 170°C ± 5°C;</li> <li>la determinazione della stabilità viene eseguita a 60°C su 4 provini costipati con 75 colpi di maglio per faccia;</li> </ul>					

- il contenuto dei vuoti dovrà essere determinato in conformità alla norma UNI EN 13108-20.

CARATTERISTICHE DELLA MISCELA PER LO STRATO DI USURA- ANTISDRUCCIOLO CHIUSO (Metodo volumetrico)					
REQUISITO	METODO DI PROVA	SIMBOLO	UM	VALORE LIMITE	CATEGORIA (UNI EN 13108-5)
Vuoti a 10 rotazioni	UNI EN 12697-5, 6, 8	V10G <sub>min</sub>	%	>10	V10G <sub>min9</sub>
		V10G <sub>max</sub>	%	<14	-
Vuoti a 100 rotazioni		V <sub>min</sub>	%	>3	V <sub>min3,0</sub>
		V <sub>max</sub>	%	<5	V <sub>max5</sub>
Vuoti a 180 rotazioni		V <sub>min</sub>	%	>2	V <sub>min2,0</sub>
Modulo di rigidezza	UNI EN 12697-26	S <sub>min</sub>	MPa	> 3 000	S <sub>min3 600</sub>
Sensibilità all'acqua	UNI N 12697-12	ITSR <sub>min</sub>	%	>75	ITSR <sub>min 80</sub>
Drenaggio del legante	UNI EN 12697-18	D	%	<0,6	D <sub>0,6</sub>
<ul style="list-style-type: none"><li>Le condizioni di prova (parametri della pressa giratoria) sono definiti nella norma di riferimento (UNI EN 12697-31)</li><li>i requisiti di resistenza e di rigidezza saranno valutati su provini compattati a 100 rotazioni.</li></ul>					

Su richiesta della Direzione Lavori, il Produttore dovrà determinare le caratteristiche prestazionali della miscela secondo i requisiti riportati nella seguente tabella:

CARATTERISTICHE DELLA MISCELA PER LO STRATO DI USURA- ANTISDRUCCIOLO CHIUSO (Requisiti prestazionali)					
REQUISITO	METODO DI PROVA	SIMBOLO	UM	VALORE LIMITE	CATEGORIA (UNI EN 13108-5)
Resistenza alla deformazione permanente (ormaiamento)	UNI EN 12697-22	WTS <sub>AIR</sub>	mm/10 <sup>3</sup> cicli	<0,70	WTS <sub>AIR0,60</sub>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Per evitare la duplicazione di specifiche ("eccesso di specifiche") non dovranno essere determinati entrambi i requisiti.</li> <li>Le densità di riferimento delle miscele analizzate dovranno corrispondere a quelle della compattazione Marshall a 75 colpi per faccia o della compattazione volumetrica, con pressa giratoria a 180 giri.</li> </ul>					

Al fine di impedire un eccessivo riscaldamento con perdita irreparabile delle caratteristiche viscoelastiche del legante, dovrà essere effettuato un controllo periodico della temperatura della miscela finita.

I limiti della temperatura, massimo in produzione e minimo alla stesa, devono essere conformi ai valori riportati nella seguente tabella:

LIMITI DELLA TEMPERATURA (MISCELA PER LO STRATO DI USURA-ANTISDRUCCIOLO CHIUSO)				
REQUISITO	METODO DI PROVA	UM	VALORE MINIMO (alla stesa)	VALORE MASSIMO (alla produzione)
Temperatura della miscela	UNI EN 12697-13	°C	≥150	≤180

#### 30.3.8.4. Caratteristiche dello strato

Lo strato della pavimentazione dovrà essere realizzato nel rispetto degli spessori e delle sagome di progetto e la superficie finale dovrà presentarsi in qualunque direzione priva di irregolarità ed ondulazioni. Le caratteristiche che lo strato dovrà avere sono relative al requisito di addensamento della miscela, alle dimensioni (spessore) dello strato ed alle proprietà di aderenza della superficie.

Le caratteristiche di addensamento della miscela in opera saranno determinate preferibilmente secondo il metodo del grado di compattazione o, in alternativa a scelta della Direzione lavori, secondo il metodo dei vuoti residui, in conformità con i requisiti riportati nelle seguenti tabelle:

ADDENSAMENTO DELLO STRATO DI USURA ANTISDRUCCIOLO CHIUSO (Grado di compattazione per confronto delle densità)			
REQUISITO	METODO DI PROVA	UM	VALORE LIMITE
Grado di addensamento (per ogni campione)	UNI EN 12697-6	%	> 95
Grado di addensamento (media dei campioni)	UNI EN 12697-6	%	≥ 98
Il grado di compattazione è il rapporto tra la densità della miscela compattata in opera e la densità della miscela compattata in laboratorio riferita allo stesso lotto/giorno di produzione (massimo addensamento teorico).			

ADDENSAMENTO DELLO STRATO DI USURA ANTISDRUCCIOLO CHIUSO (Vuoti residui del campione prelevato in opera)				
REQUISITO	METODO DI PROVA	SIMBOLO	UM	VALORE LIMITE
Vuoti residui (massimo per ogni campione)	UNI EN 12697-8	$V_{max}$	%	< 10
Vuoti residui (media dei campioni)	UNI EN 12697-8	$V_{max}$	%	< 7
Campione prelevato mediante carotaggio in conformità alla norma UNI EN 13108-27				

#### 30.3.8.5. Caratteristiche di regolarità superficiale dello strato

##### Tratti superiori a 1 km

La regolarità superficiale dovrà essere valutata mediante la misura dell'indice I.R.I. (International Roughness Index) espresso in mm/m determinato in conformità alla Norma ASTM E 1926-08. Le misure di regolarità dovranno essere effettuate in un periodo di tempo compreso tra la fine della stesa e il 90° dall'apertura al traffico.

Tale indice è ricavabile dalla misura accurata del profilo longitudinale della pavimentazione utilizzando un sistema di rilevamento tipo ARAN o altro sistema, con grado di precisione superiore, approvato dalla Direzione Lavori.

L'indice IRI viene espresso come valore medio su sezioni di pavimentazione con distanza di 20 m.

L'I.R.I. sarà rilevato, per ogni intervento in carreggiata, su almeno una corsia (corsia di marcia), rilevando i dati dei profili longitudinali relativi all'ormai destra (I.R.I. destro) e sinistra (I.R.I. sinistro).

Ai fini del calcolo delle condizioni prestazionali della regolarità si terrà conto dell'Indicatore di Regolarità superficiale  $I_{A22}$ , per la determinazione del quale si utilizzeranno:

- il valore medio di I.R.I. derivante dall'elaborazione dei dati profilometrici, relativi alle ormaie destre e sinistre, rilevati sulla corsia di marcia sull'intera lunghezza di ogni singolo intervento nelle carreggiate autostradali;
- i valori, della semisomma dei valori I.R.I. destro e I.R.I. sinistro riferiti ai due allineamenti di misura, moltiplicati per 100, considerando la parte intera. (ad esempio nel caso che in una determinata sezione vengano rilevati dei valori di I.R.I. relativi al profilo della ormaia destra pari a 1,05 mm/m e un valore di I.R.I. relativo al profilo della ormaia sinistra pari a 1,00 mm/m il valore di I.R.I. da prendere a riferimento per quella sezione sarà pari a 103  $[(1,05+1,00)/2] \times 100 = 102,5$  arrotondato a 103).

Tutti i valori ottenuti saranno distribuiti nelle classi da A ad E ciascuna definita dai seguenti estremi:

• Classe A	$IRI \leq 100$
• Classe B	$100 < IRI \leq 130$
• Classe C	$130 < IRI \leq 160$
• Classe D	$160 < IRI \leq 180$
• Classe E	$180 < IRI$

L'Indicatore di Regolarità superficiale  $I_{A22}$  risulta dalla seguente formula:

$$I_{A22} = (A\% + 0,75 \times B\% + 0,50 \times C\% + 0,25 \times D\% + 0,00 \times E\%) \times 100$$

Dove:

- A% è la percentuale dei valori in classe A
- B% è la percentuale dei valori in classe B
- C% è la percentuale dei valori in classe C
- D% è la percentuale dei valori in classe D
- E% è la percentuale dei valori in classe E

Ad esempio considerando un cantiere lungo 2.000 m (a cui corrispondono quindi 100 sezioni da 20m) se il valore medio di I.R.I., moltiplicato per 100, (media tra la misura relativa alla ormaia destra e la corrispondente misura relativa alla ormaia sinistra) risulta:

- in 70 sezioni è inferiore o uguale a 100;
- in 20 sezioni minore o uguale a 130 (ma maggiore di 100);
- in 10 sezioni è maggiore di 180, allora:
- A% sarà pari a 70%;
- B% sarà pari a 20%;
- C% sarà pari a 0%;
- D% sarà pari a 0%;
- E% sarà pari a 10%.

L'Indicatore di regolarità superficiale  $I_{A22}$  sarà pari a 85

$$[(70\% + (0,75 \times 20\%) + (0,50 \times 0\%) + (0,25 \times 0\%) + (0,00 \times 10\%)] \times 100 = I_{A22} = 85$$

Fatto salvo l'eventuale aumento del valore dell'indicatore  $I_{A22}$ , prevista dall'offerta tecnica presentata dall'aggiudicatario in sede di gara (criterio di valutazione T5), Il valore minimo dell'Indicatore  $I_{A22}$  dovrà essere maggiore o uguale a 50.

#### Tratti inferiori a 1 km ma superiori o uguali a 100 metri

IRI medio, per ogni tratta omogenea,  $\leq 1.6$  mm/m.

All'interno della sezione inferiore al km è ammesso al massimo 1 valore (mediato su 20 m) che abbia irregolarità per onde corte o irregolarità per onde medie rispettivamente superiore a 2 mm ma inferiore a 3 mm e superiore a 4 mm ma inferiore a 6 mm.

#### Tratti inferiori a 100 metri

La regolarità sarà valutata mediante straight-edge (regolo di 3 metri di lunghezza) e saranno considerate insufficienti le sezioni in cui il valore misurato risulti superiore ai 3 mm.



**30.3.8.6. Caratteristiche di aderenza superficiale dello strato**

Le caratteristiche di aderenza superficiale dello strato saranno determinate in conformità con i requisiti riportati nelle seguenti tabelle:

CARATTERISTICHE DI ADERENZA SUPERFICIALE DELLO STRATO DI USURA ANTISDRUCCIOLO CHIUSO				
TRATTI DI LUNGHEZZA SUPERIORE A m 400				
REQUISITO	METODO DI PROVA	SIMBOLO	UM	VALORE LIMITE
Coefficiente di aderenza trasversale (ogni 10 m di pavimentazione e mediato ogni 50m)	UNI CEN/TS 15901-6 UNI CEN/TS 15901-8	CAT	-	> 60
Coefficiente di aderenza trasversale (valore puntuale ogni 10 m di pavimentazione)	UNI CEN/TS 15901-6 UNI CEN/TS 15901-8	CAT	-	> 50
Profondità media della macrotestitura (valore medio su 50 metri di pavimentazione)	UNI EN ISO 13473-1	MPD	mm	> 0,8
MODALITA' DI RILIEVO DEI DATI:				
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Velocità di movimento dell'apparecchio pari 60 km/h;</li> <li>• temperature dell'aria e della pavimentazione superiori a 10°C e inferiore a 30°C.</li> </ul>				

CARATTERISTICHE DI ADERENZA SUPERFICIALE DELLO STRATO DI USURA ANTISDRUCCIOLO CHIUSO				
TRATTI DI LUNGHEZZA INFERIORE A m 400				
REQUISITO	METODO DI PROVA	SIMBOLO	UM	VALORE LIMITE
Resistenza all'attrito radente	UNI EN 13036-4	PTV	-	> 65
Profondità della macrotestitura	UNI EN 13036-1	MTP	mm	> 0,8

**30.3.9. Prescrizioni ulteriori**

Poiché i conglomerati bituminosi descritti nelle presenti Prescrizioni tecniche non sono compiutamente caratterizzati con un approccio prestazionale, l'Impresa dovrà attenersi alle prescrizioni di seguito specificate per le fasi di confezionamento della miscela, di consegna e di posa in opera.

**30.3.9.1. Confezionamento della miscela**

Il conglomerato bituminoso sarà confezionato in impianti fissi automatizzati, mantenuti in perfette condizioni di funzionamento ed idonei per assicurare la continua conformità del prodotto alle caratteristiche definite.

L'impianto di produzione dovrà avere la potenzialità produttiva necessaria per garantire la continuità di fornitura durante la stesa, evitando soste od interruzioni di approvvigionamento.

La produzione di ciascun impianto non dovrà comunque essere spinta oltre la sua potenzialità per assicurare il perfetto essiccamento, l'uniforme riscaldamento della miscela e la perfetta vagliatura che assicuri un'idonea riclassificazione delle singole classi degli aggregati lapidei utilizzati.

Il dosaggio dei componenti della miscela dovrà essere eseguito a peso mediante idonea apparecchiatura la cui efficienza dovrà essere costantemente verificata e prontamente tarata in caso di necessità; diverse modalità di dosaggio dovranno essere esplicitamente accettate dalla Direzione Lavori.

Ogni impianto dovrà assicurare il riscaldamento del bitume alla temperatura richiesta (non superiore a 190°C) ed il mantenimento uniforme della viscosità fino al momento della miscelazione nonché il perfetto dosaggio sia del bitume sia dell'additivo.

La zona destinata al deposito degli aggregati lapidei sarà preventivamente e convenientemente confinata per evitare il contatto con elementi estranei (particelle argillose, ristagni di acqua, ecc.) che possono compromettere la pulizia degli aggregati stessi. Inoltre, i cumuli delle diverse classi dovranno essere nettamente separati tra di loro e l'operazione di alimentazione dei predosatori sarà eseguita con la massima cura onde evitare contaminazioni.

Si farà uso del numero minimo di predosatori corrispondenti alle classi di aggregato impiegate.

Il tempo di mescolazione effettivo sarà stabilito in funzione delle caratteristiche dell'impianto e dell'effettiva temperatura raggiunta dai componenti la miscela ed in misura tale da permettere la corretta miscelazione dei materiali costituenti; gli aggregati lapidei dovranno essere completamente rivestiti dal bitume in modo uniforme. La temperatura degli aggregati, all'atto della miscelazione, dovrà essere compresa tra 160°C e 180°C, e quella del legante non superiore ai 180°C, salvo diverse disposizioni della Direzione Lavori, in rapporto al tipo di bitume impiegato.

Per la verifica delle suddette temperature, gli essiccatori, i serbatoi e le tramogge degli impianti dovranno essere muniti di termometri fissi perfettamente funzionanti e periodicamente tarati.

#### *30.3.9.2. Consegna e posa in opera della miscela*

La miscela bituminosa verrà stesa sul piano finito della fondazione dopo che sia stata accertata dalla Direzione Lavori la rispondenza di quest'ultima ai requisiti di quota, sagoma, densità e portanza indicati per fondazioni stradali.

La messa in opera del conglomerato bituminoso deve avvenire in un unico strato compattato con rullo gommato e rullo metallico o con due rulli metallici a seconda degli strati.

In alternativa, limitatamente allo strato di base, l'Impresa può procedere alla stesa in doppio strato; i due strati dovranno essere sovrapposti nel più breve tempo possibile; tra di essi dovrà essere interposta una mano di attacco di emulsione bituminosa, cationica al 55 %, in conformità alle caratteristiche descritte nel paragrafo 2.6.3 delle presenti Prescrizioni tecniche, in ragione di 0,3 kg/m<sup>2</sup> di residuo secco bituminoso.

La posa in opera dei conglomerati bituminosi verrà effettuata mediante macchine vibrofinitrici aventi piastra riscaldante, opportuni dispositivi costipanti quali coltelli battitori ("tamper") o cilindri pressori, sistema vibrante in perfetto stato di efficienza e dotate di automatismi di autolivellamento.

L'appaltatore, per l'esecuzione dei lavori e per l'intera durata degli stessi, dovrà mettere a disposizione vibrofinitrici che dovranno avere le seguenti caratteristiche minime:

Peso	≥ 16 t
Capacità massima di stesa	≥ 650 t/h
Potenza del motore	≥ 120 kW
Normativa antinquinamento	≥ EU Stage 2

Le vibrofinitrici dovranno lasciare uno strato finito perfettamente sagomato, privo di sgranamenti, fessurazioni ed esente da difetti dovuti a segregazioni degli elementi litoidi più grossi. La velocità di avanzamento della vibrofinitrice, di norma, dovrà essere compresa tra 4 e 5 metri al minuto e comunque non superiore al limite di garanzia per la costipazione dello strato in conformità alle prescrizioni definite.

La stesa dei manti d'usura, di tipo drenate e/o splittmastix, come indicato negli allegati: "SEZIONE TIPO INTERVENTI SULLA PAVIMENTAZIONE IN CARREGGIATA", dovrà avvenire con la stesa "caldo a caldo" cioè operando con due vibrofinitrici che stendono in parallelo, su due strisciate adiacenti.

Per la posa in opera del conglomerato bituminoso per gli strati superficiali dovrà essere impiegata almeno una vibrofinitrice cingolata. La seconda vibrofinitrice, dovrà essere anch'essa cingolata o almeno a quattro assi oppure, comunque, appartenenti ai tipi approvati dalla Direzione Lavori.

Nella stesa si dovrà porre la massima cura nella formazione dei giunti longitudinali preferibilmente ottenuti mediante tempestivo affiancamento di una strisciata alla precedente con l'impiego di una o più vibrofinitrici. Qualora ciò non sia possibile, il bordo della striscia già realizzata dovrà essere trattato con emulsione bituminosa per assicurare la saldatura della striscia successiva.

L'Impresa dovrà predisporre idonee opere provvisorie per impedire ai mezzi pesanti che devono accedere al cassonetto di deteriorare il bordo verticale del cavo fresato; qualora venisse danneggiato o arrotondato si dovrà procedere al taglio verticale con idonea attrezzatura.

I giunti trasversali derivanti dalle interruzioni giornaliere dovranno essere eseguiti sempre previo taglio ed asportazione della parte terminale di azzerramento.

La sovrapposizione dei giunti longitudinali tra i vari strati sarà programmata e realizzata in modo da risultare sfalsati, fra loro, per almeno 20 cm e non coincidenti con le zone di passaggio delle ruote di veicoli pesanti.

Il trasporto del conglomerato dall'impianto di confezione al cantiere di stesa dovrà avvenire mediante mezzi di trasporto di adeguata portata, efficienti e veloci e comunque sempre dotati di telone di copertura per evitare eccessivi raffreddamenti superficiali e conseguente formazione di grumi. L'Impresa dovrà disporre di un numero sufficiente di mezzi di trasporto atti ad assicurare una regolare e continua alimentazione del cantiere di stesa al fine di evitare arresti della vibrofinitrice che possano avere effetti negativi sulla qualità della stesa e sul regolare costipamento.

La stesa dei conglomerati dovrà essere sospesa quando le condizioni meteorologiche generali possono pregiudicare la perfetta riuscita del lavoro; gli strati eventualmente compromessi (con densità inferiori a quelle richieste) dovranno essere immediatamente rimossi e successivamente ricostruiti a cura e spese dell'Impresa.

La stesa del conglomerato bituminoso Drenante Fonoassorbente Speciale dovrà essere effettuata preferibilmente nelle ore della giornata in cui le temperature dell'aria sono più elevate e con temperatura dell'ambiente non inferiore a + 5°C.

Limitatamente alla necessità di eseguire la posa del conglomerato bituminoso in condizioni atmosferiche non ottimali, basse temperature ambiente o del piano di appoggio, la DL potrà disporre per l'impiego di leganti bituminosi con caratteristiche di elevata lavorabilità. I requisiti volumetrici di addensamento e meccanici della miscela dovranno essere conformi ai limiti specificati per le singole lavorazioni. Tale soluzione è consentita per permettere la lavorabilità delle miscele a temperature di compattazione fino a 100°C.

La compattazione del conglomerato bituminoso dovrà iniziare appena steso dalla vibrofinitrice e condotta a termine senza soluzione di continuità. L'Impresa dovrà assicurarsi che la compattazione sia condotta con la metodologia più adeguata per ottenere l'uniforme addensamento in ogni punto ed evitare fessurazioni e scorrimenti nello strato appena steso.

La compattazione sarà effettuata mediante l'utilizzo di rulli, combinati e tandem a ruote metalliche vibranti, tutti in numero adeguato (minimo due rulli per ogni vibrofinitrice impiegata) ed aventi idoneo peso, minimo 10 t, e caratteristiche tecnologiche avanzate in modo da assicurare il raggiungimento delle massime densità ottenibili.

Il conglomerato bituminoso di usura Drenante Fonoassorbente Speciale dovrà essere compattato con rulli a ruote metalliche del peso fino a 8-10 t, senza fare ricorso a sistemi di vibrazione.

#### **30.3.9.3.            Prescrizioni in materia ambientale**

##### **Premessa**

Tutti gli oneri connessi alla gestione degli aspetti ambientali relativi al cantiere (quali a titoli indicativo acque, aria, rifiuti, rumore) – e in particolare tutti gli oneri connessi alla gestione dei rifiuti prodotti nel cantiere – nel rispetto delle condizioni di legge e delle prescrizioni usualmente richieste dalle autorità e degli ulteriori patti contrattuali, sono a carico dell'impresa e si intendono compensati nei prezzi offerti.

Per consentire la necessaria funzione di controllo e di garanzia che rimane a carico della Committenza, l'Autostrada del Brennero SpA ha facoltà di controllare che l'esecuzione dell'attività avvenga nel rispetto di leggi e regolamenti e delle condizioni contrattuali. L'impresa ha l'obbligo di fornire all'Autostrada del Brennero SpA tutti i documenti necessari a dare dimostrazione della conformità delle attività svolte alla legge e alle prescrizioni applicabili in materia ambientale, incluse quelle derivanti dal contratto.

### Referente ambientale

L'Impresa esecutrice dovrà fornire il nominativo di una persona con adeguate competenze in campo ambientale (dipendente o esterno) che faccia da referente per l'Impresa nella gestione degli aspetti ambientali correlati all'esecuzione dei lavori. La competenza deve essere estesa anche a tutti i lavori svolti in subappalto.

### **Aspetti particolari inerenti il recupero/riutilizzo del conglomerato bituminoso fresato**

#### Premessa

In base alla normativa vigente è ammessa l'attività di recupero del fresato di conglomerato bituminoso alle condizioni stabilite dalla normativa stessa, che qui si riepilogano sommariamente allo scopo di illustrare le condizioni contrattuali riferibili a tale attività.

L'effettuazione delle attività di recupero viene eseguita da parte dell'Impresa, che pertanto è responsabile dell'effettuazione di tali attività nel rispetto di quanto previsto dalla normativa vigente.

L'Autostrada del Brennero SpA ha facoltà di controllare che l'esecuzione dell'attività avvenga nel rispetto della legge e delle condizioni contrattuali.

Talune attività di recupero possono essere sottoposte alle procedure semplificate previste dal D.M. 5/2/1998 e successive modifiche ed integrazioni.

Le attività di recupero ammesse in regime semplificato sono quelle individuate dal D.M. 5/2/1998 e s.m.i., allegato 1, suballegato 1, punto 7.6. L'impresa che produce il rifiuto dovrà accertare che il sito e/o l'impianto a cui è inviato sia autorizzato per almeno una delle seguenti attività di recupero:

- a) produzione di conglomerato bituminoso "vergine" a caldo e a freddo [R5];
- b) realizzazione di rilevati e sottofondi stradali (il recupero è subordinato all'esecuzione del test di cessione sul rifiuto tal quale secondo il metodo in allegato 3 al D.M. 5/2/1998 e successive modifiche ed integrazioni) [R5];
- c) produzione di materiale per costruzioni stradali e piazzali industriali mediante selezione preventiva (macinazione, vagliatura, separazione delle frazioni indesiderate, eventuale miscelazione con materia inerte vergine) con eluato conforme al test di cessione secondo il metodo in allegato 3 al D.M. 5/2/1998 e s.m.i.

Poiché l'attività di recupero avverrà in un luogo diverso da quello di produzione, l'Impresa dovrà accertare che i soggetti a cui il rifiuto è affidato siano autorizzati ai sensi per gli effetti dell'applicazione del D. Lgs. 152/06 e successive modifiche ed integrazioni. Il codice del rifiuto è ascrivibile nell'Elenco Europeo dei rifiuti con il CER 170302, miscele bituminose diverse da quelle di cui alla voce 17 03 01.

Qualora sia previsto progettualmente, il materiale bituminoso, ottenuto dalla fresatura a freddo, potrà essere utilizzato nuovamente in cantiere ai sensi e per gli effetti dell'applicazione dell'art. 184 bis del D. Lgs. 152/06 e s.m.i..

#### Principi generali e valutazioni in sede di offerta

Al fine di permettere all'impresa di valutare fin dal momento della redazione dell'offerta la possibilità di avviare il rifiuto alle operazioni di cui alle lettere b) e c), Autostrada del Brennero Spa mette a disposizione un'analisi-tipo di test di cessione su conglomerato bituminoso eseguito secondo i metodi previsti dal D.M. 5/2/1998 così come modificato dal D.M. 5/4/2006 n. 186. Tali analisi, non essendo riferite specificamente al sito di provenienza del materiale da recuperare, sono da considerarsi puramente indicative delle caratteristiche di un generico fresato derivante dall'autostrada. Pertanto nel caso che l'Impresa intenda avvalersi della possibilità di avviare il rifiuto a recupero anche alle operazioni di cui alle lettere b) e c), essa è tenuta ad rispettare tutte le condizioni previste dalla normativa vigente, compresa l'integrazione dei test di cessione predetti con altri eseguiti su campioni provenienti dal sito in esame. I campionamenti da farsi per tali integrazioni devono essere fatti in presenza di un rappresentante di Autostrada del Brennero SpA. A tal fine l'impresa è tenuta a comunicare con almeno 7 giorni di anticipo al Direttore dei Lavori e alla Direzione Tecnica di Autostrada del Brennero l'intenzione di effettuare i campionamenti, indicando giorno, ora e luogo per il prelievo.

In alternativa è sempre possibile avviare il rifiuto a recupero con le procedure autorizzative ordinarie previste dalla vigente legislazione in materia ambientale (Parte quarta, titolo I, capo IV "autorizzazioni ed iscrizioni" del D.Lgs. n.152/2006 e s.m.i.).

In particolare, per l'utilizzo di impianti mobili di recupero occorre aver acquisito preliminarmente l'autorizzazione dalla regione ove l'interessato ha la sede legale nonché aver sottoposto a screening l'impiego dell'impianto secondo le procedure dettate dalla normativa nazionale in materia di Valutazione d'Impatto Ambientale di cui alla parte II del D.Lgs. n.152/2006 e s.m.i.. Inoltre, come previsto dall'art. 208, comma 15, del D.Lgs. n.152/2006 e s.m.i. per lo svolgimento delle singole campagne di attività l'interessato, almeno *sessanta* giorni prima dell'installazione dell'impianto deve comunicare alla regione in cui si trova il sito prescelto le specifiche dettagliate relative alla campagna di attività, allegando l'autorizzazione di cui al comma 1 e l'iscrizione all'Albo nazionale gestori ambientali, nonché l'ulteriore documentazione richiesta.

L'acquisizione dell'autorizzazione per l'impianto di recupero è a carico dell'impresa, così come anche la comunicazione di cui all'art. 208, comma 15.

### **Relazione sulla gestione del fresato e degli altri rifiuti del cantiere**

L'Impresa deve consegnare alla Direzione Lavori prima dell'inizio dei lavori di ciascun cantiere la Relazione sulla gestione del fresato e degli altri rifiuti del cantiere, ossia un dettagliato documento descrittivo delle modalità da adottare per la gestione dei materiali derivanti dal cantiere e comprovante la regolarità dal punto di vista della normativa ambientale delle modalità previste dall'impresa per la gestione del fresato e degli altri rifiuti.

Per la gestione del fresato di conglomerato bituminoso la relazione dovrà comprendere per ogni cantiere i dati su:

- quantità che verranno avviate a smaltimento;
- quantità che verranno avviate a recupero, precisando:
- dove il fresato verrà conferito; dovrà essere indicato luogo e nome dell'impianto all'uopo autorizzato. Dovrà essere prodotta copia dell'autorizzazione per il trattamento dei rifiuti con particolare riferimento al codice CER 170302 nel caso che l'attività di recupero utilizzata sia quella di cui all'allegato I, suballegato I, punto 7.6, l'impresa dovrà produrre la relativa documentazione; numero e tipo di mezzi di trasporto previsti (suddivisi per volume di carico), precisando se verranno utilizzati solo mezzi propri, solo mezzi di terzi o mezzi sia propri sia di terzi.

Si ricorda che in base alla normativa:

- per il trasporto di rifiuti non pericolosi prodotti da terzi vi è il requisito dell'iscrizione all'Albo nazionale gestori ambientali;
- per il trasporto dei propri rifiuti non pericolosi le imprese devono essere iscritte all'Albo nazionale gestori ambientali, con le procedure semplificate di cui al comma 8 dell'art. 212 del D.Lgs. 152/2006 così come modificato dal D.Lgs. 4/2008.

Nella Relazione dovranno pure essere descritte le modalità di gestione degli eventuali altri rifiuti che si prevede di produrre nel cantiere, precisando i flussi di produzione giornalieri o settimanali stimati, il luogo di destinazione, le modalità previste per lo smaltimento, (quali frequenza di trasporto dal cantiere, destinazione, ecc.). Eventuali variazioni delle modalità di gestione previste nella Relazione devono preventivamente essere comunicate alla Direzione Lavori per iscritto.

Tutti gli oneri connessi alle attività sopra descritte necessarie a dare evidenza della conformità delle attività previste alla legge e alle prescrizioni applicabili in materia ambientale, incluse quelle derivanti dal contratto, sono a carico dell'impresa e si intendono compensati nei prezzi offerti.

### **Ulteriori aspetti relativi alla gestione del conglomerato bituminoso fresato**

#### Certificazioni analitiche

Qualora l'Impresa avvii il rifiuto alla attività di recupero di cui al D.M. 5.2.1998 e s.m.i., allegato 1, punto 7.6 lettera b) e lettera c) essa dovrà consegnare alla D.L. copia dei certificati di analisi, relativi al test di cessione eseguito secondo la normativa vigente, attestante il rispetto dei limiti vigenti. Nel caso in cui il fresato sia conferito in impianti autorizzati per l'attività di messa in riserva (R13) l'impresa non è tenuta ad effettuare alcun

test di cessione ai sensi del succitato Decreto Ministeriale. L'impresa dovrà tuttavia darne comunicazione prima di dare corso all'attività di conferimento.

Tutti gli oneri connessi sono da ritenersi a carico dell'Impresa e si intendono compensati nei prezzi offerti.

#### Trasporto

Le parti convengono che come luogo di produzione dei rifiuti si intenda il cantiere in cui ha luogo l'attività di scarifica. A tale fine nel documento che accompagna il trasporto del rifiuto, il formulario d'identificazione, dovrà recare nelle annotazioni le progressive chilometriche relative al cantiere oggetto dell'intervento.

Le parti convengono pure che non potrà essere effettuata da parte dei mezzi che trasportano il fresato proveniente dai cantieri di Autostrada del Brennero il carico di ulteriori quantità di fresato provenienti da altri cantieri.

L'Impresa appaltatrice risponde anche dell'osservanza di tale clausola contrattuale da parte di terzi da essa incaricati.

Durante il trasporto il rifiuto deve essere accompagnato dal formulario di cui all'articolo 193 del D.Lgs. n.152/2006 e s.m.i..

#### Autocertificazione settimanale sul conglomerato bituminoso fresato gestito

Entro cinque giorni lavorativi dalla fine di ogni settimana con produzione del conglomerato bituminoso fresato, l'impresa deve fornire alla Direzione Lavori un'autocertificazione relativa al fresato gestito comprendente una tabella di sintesi per ciascun cantiere che riporti:

- per ogni singolo trasporto iniziato nel corso della settimana:
  - data partenza
  - n° formulario
  - destinazione;
  - quantità;
- la quantità totale allontanata nel corso della settimana;
- la quantità totale allontanata in precedenza dallo stesso cantiere;
- la quantità totale allontanata dal cantiere dall'inizio dei lavori;
- il numero di trasporti effettuati nel corso della settimana.

e munita in allegato di una fotocopia di tutti i formulari di identificazione dei trasporti effettuati nel corso della settimana, eventualmente distinti per cantiere se nel corso della settimana sono stati effettuati trasporti con provenienza da diversi cantieri.

Entro cinque giorni lavorativi dalla scadenza del termine di cui all'articolo 188, comma 3, lettera b) (tre mesi dalla data di conferimento dei rifiuti al trasportatore) l'impresa deve fornire alla Direzione Lavori fotocopia delle quarte copie controfirmate e datate in arrivo dal destinatario, di tutti i formulari di identificazione emessi, ordinate per cantiere di provenienza e per data.

Su richiesta della Direzione Lavori o del Committente, in qualsiasi momento, nel rispetto del principio di leale collaborazione, l'impresa deve esibire e se richiesta fornire copia di tutta la documentazione inerente la regolarità dal punto di vista della legislazione ambientale dei trasporti del fresato.

L'impresa appaltatrice risponde dell'osservanza delle clausole contrattuali da parte di terzi da essa incaricati.

Tutti gli oneri connessi alle attività necessarie a rendere possibile il trasporto nel rispetto delle condizioni di legge e degli ulteriori patti contrattuali, sono a carico dell'impresa e si intendono compensati nei prezzi offerti.

#### Iscrizione all'Albo gestori ambientali per le operazioni di trasporto

L'articolo 212, comma 5 del D.Lgs. n.152/2006 e s.m.i. prevede che l'iscrizione all'Albo nazionale gestori ambientali è requisito per lo svolgimento (tra l'altro) dell'attività di trasporto di rifiuti non pericolosi (categoria 4). Pertanto se l'impresa si avvale di terzi per il trasporto del fresato di conglomerato bituminoso, questi devono essere in possesso di tale iscrizione.

Per il trasporto dei propri rifiuti non pericolosi l'impresa appaltatrice deve essere iscritta all'Albo nazionale gestori ambientali secondo la procedura semplificata prevista dall'articolo 212, comma 8 del D.Lgs. 152/2006 così come modificato dal D.Lgs. 4/2008.

Al fine di semplificare il controllo, all'atto dell'istanza di autorizzazione all'esecuzione di lavori in presenza di traffico da inviare alla società Autostrada del Brennero, l'impresa per ciascun mezzo o gruppo di mezzi identificati dalle rispettive targhe, deve indicare se sarà adibito anche al trasporto di fresato o meno e se si deve allegare la copia dell'iscrizione all'Albo da parte del trasportatore dalla quale si devono poter evincere le targhe

dei mezzi e i codici CER per i quali tali mezzi sono autorizzati, che devono includere il codice corrispondente al fresato di conglomerato bituminoso.

Su richiesta della Direzione Lavori o del Committente, in qualsiasi momento, nel rispetto del principio di leale collaborazione, l'impresa deve esibire e se richiesta fornire copia di tutta la documentazione inerente la regolarità dal punto di vista della legislazione ambientale dei mezzi adibiti al trasporti del fresato.

L'impresa appaltatrice risponde anche dell'osservanza di tale clausola contrattuale da parte di terzi da essa incaricati.

Tutti gli oneri connessi alle attività necessarie a rendere possibile il trasporto nel rispetto delle condizioni di legge e degli ulteriori patti contrattuali, sono a carico dell'impresa e si intendono compensati nei prezzi offerti.

## **Ulteriori aspetti ambientali**

### Batterie esauste; pile e accumulatori

#### **1. Batterie al piombo**

E' obbligatoria la raccolta e l'avvio a recupero delle batterie al piombo esauste.

Chiunque detiene batterie al piombo esauste o rifiuti piombosi è obbligato al loro conferimento al consorzio allo scopo formato direttamente o mediante consegna a soggetti incaricati del consorzio o autorizzati, secondo la normativa vigente, a esercitare le attività di gestione di tali rifiuti; (per l'elenco completo si veda sul sito Internet del COBAT [www.cobat.it](http://www.cobat.it), voce "vita della batteria", sottovoce "raccolta- rete raccolta"; al momento di redazione i raccoglitori sono i seguenti: BZ F.lli Santini, Bolzano; TN Armando Rigotti Autodemolizioni, Trento; VR Savio Pietro, Villafranca; MN Bandinelli SpA, Gazzuolo; RE AGAC, Reggio Emilia; MO Morotti SpA, Sassuolo).

Chiunque, in attesa del conferimento al consorzio, detenga batterie esauste, è obbligato a stoccare le batterie stesse in apposito contenitore dotato di adeguati sistemi di contenimento degli sversamenti e conforme alle disposizioni vigenti in materia di smaltimento dei rifiuti.

### Imballaggi

L'impresa è responsabile della corretta gestione ambientale degli imballaggi e dei rifiuti di imballaggio generati dal consumo dei prodotti utilizzati all'interno del cantiere; è fatto assoluto divieto di bruciare in cantiere qualsiasi tipo di imballaggio qualunque ne sia la natura.

Gli imballaggi devono essere necessariamente conferiti, dopo la selezione, ad un soggetto autorizzato alla raccolta dei rifiuti di imballaggio (gestore del servizio comunale o altro soggetto autorizzato alla raccolta dalle aziende).

### Ulteriori prescrizioni

E' fatto assoluto divieto di eseguire operazioni di pulizia o di manutenzione dei mezzi che possano comportare lo sversamento sul terreno o sul piano stradale di oli, gasolio, benzina, solventi o altre sostanze pericolose. In caso di sversamenti accidentali l'impresa dovrà provvedere, a effettuare a propria cura e spese tutto quanto previsto dalla normativa vigente in materia di bonifica di siti inquinati (comprese le analisi sul terreno per caratterizzare la contaminazione e per dimostrare l'avvenuta bonifica) o comunque ordinato dall'autorità competente, tenendo indenne Autostrada del Brennero SpA da qualunque pretesa a riguardo.

Sarà pure onere dell'impresa appaltatrice fornire alla Autostrada del Brennero SpA la documentazione comprovante la regolarità e la completezza, rispetto alla normativa vigente e alle prescrizioni dell'autorità, delle attività intraprese per bonificare il sito oggetto di sversamento, tenendo in ogni caso indenne Autostrada del Brennero SpA da richieste dell'autorità e da pretese di terzi.

### 30.3.10. Controlli periodici sulla pavimentazione

Il Direttore dei Lavori oppure il Collaudatore in corso d'opera, secondo le rispettive competenze, controllerà che le opere vengano eseguite nel rispetto di quanto previsto dal presente capitolato.

Durante la produzione del conglomerato bituminoso ed in fase di esecuzione dei lavori saranno effettuate sistematiche ispezioni e prove sui materiali impiegati, su campioni di forniture e sul conglomerato bituminoso sciolto e costipato, intese a controllarne la rispondenza alla miscela ottimale validata ed alle caratteristiche richieste.

I controlli inerenti alle caratteristiche per l'accettazione dei materiali saranno effettuati prima dell'inizio dei lavori e/o in corso d'opera.

I risultati delle ispezioni, delle prove e della documentazione mediante certificati o rapporti di prova dovranno essere riportate su registro tenuto dal Direttore dei Lavori.

L'Impresa dovrà assicurare che i requisiti dei materiali costituenti, delle miscele e delle opere eseguite siano rigorosamente rispettati.

La Direzione Lavori procederà con l'esecuzione dei controlli periodici, a carico della Società, secondo le modalità descritte nei Piani dei controlli minimi di seguito specificati. La Direzione Lavori ha la facoltà di effettuare ulteriori accertamenti sui requisiti dei materiali e delle lavorazioni.

Le modalità di esecuzione dei controlli periodici da effettuare sui materiali costituenti sono riportati nella tabella seguente:

CONTROLLI PERIODICI SUI MATERIALI COSTITUENTI			
MATERIALE	UBICAZIONE PRELIEVO	REQUISITI DA CONTROLLARE	FREQUENZA
Aggregato	Impianto di produzione	<ul style="list-style-type: none"><li>• Composizione granulometrica</li><li>• Resistenza alla frammentazione</li><li>• Resistenza al gelo/disgelo</li><li>• Percentuale superfici frantumate</li><li>• Coefficiente di appiattimento</li><li>• Assorbimento d'acqua</li></ul>	A richiesta della Direzione Lavori o in caso di prolungate interruzioni nella fornitura di aggregati
Legante bituminoso	Cisterna di stoccaggio	<ul style="list-style-type: none"><li>• Penetrazione</li><li>• Punto di rammollimento</li><li>• Ritorno elastico</li><li>• Viscosità</li><li>• Punto di rottura (RTFOT)</li><li>• Penetrazione e Punto di rammollimento (dopo tuben test)</li></ul>	Settimanale
Il prelievo dei campioni dovrà essere conforme alle specifiche norme di applicazione (aggregati UN EN 932-1; legante UNI EN 58).			

La verifica di accettazione sulla miscela sarà effettuata per accertare che i requisiti della composizione ottimale validata ed accettata dalla Direzione Lavori, vengano rigorosamente rispettati mediante l'esecuzione di controlli periodici a frequenze stabilite e distinte in base al metodo prescelto per la caratterizzazione della miscela.

Tali valori dovranno essere verificati mediante prove sul conglomerato bituminoso prelevato all'impianto o al cantiere di stesa; la campionatura dovrà essere effettuata in conformità alla norma UNI EN 12697-27 ed i metodi di preparazione dei campioni dovranno essere conformi alla norma UNI EN 13108-20.

Le modalità di esecuzione dei controlli periodici, da effettuare per la verifica di conformità ai requisiti definiti per le caratteristiche di ogni miscela, sono riportati nelle tabelle seguenti:



**AUTOSTRADA DEL BRENNERO**  
SOCIETA' PER AZIONI CON SEDE IN TRENTO

CONTROLLI PERIODICI SULLA MISCELA (Metodo Marshall)		
REQUISITO	METODO DI PROVA	FREQUENZA
Composizione granulometrica	UNI EN 933-1; UNI EN 12697-2	Giornaliera o: • ogni 600 t (base) • ogni 500 t (binder) • ogni 200 t (usure)
Contenuto di legante	UNI EN 12697-1 e 39	
Minima stabilità	UNI EN 12697-34	
Scorrimento	UNI EN 12697-34	
Quoziente	UNI EN 12697-34	
Contenuto di vuoti residui	UNI EN 12697-8	

CONTROLLI PERIODICI SULLA MISCELA (Metodo Volumetrico)		
REQUISITO	METODO DI PROVA	FREQUENZA
Composizione granulometrica	UNI EN 933-1; UNI EN 12697-2	Giornaliera o: • ogni 600 t (base) • ogni 500 t (binder) • ogni 200 t (usure)
Contenuto di legante	UNI EN 12697-1 e 39	
Vuoti a 180 rotazioni	UNI EN 12697-5, 6, 8	
Resistenza alla trazione indiretta a 25 °C	UNI EN 12697-23	
Modulo di rigidezza	UNI EN 12697-26	

CONTROLLI PERIODICI SULLA MISCELA (Requisiti prestazionali)		
REQUISITO	METODO DI PROVA	FREQUENZA
Resistenza alla deformazione permanente	UNI EN 12697-25	Ogni 2 000 t
Resistenza alla deformazione permanente (ormaiamento)	UNI EN 12697-22	

La verifica degli spessori dello strato, delle caratteristiche di addensamento della miscela in opera, della adesione tra gli strati saranno effettuati mediante carotaggio della pavimentazione eseguita. Il controllo sull'addensamento della miscela dovrà essere fatto mediante la determinazione del grado di compattazione o, in alternativa, mediante il calcolo dei vuoti residui secondo le modalità e frequenze riportate nelle seguenti tabelle:

CONTROLLI PERIODICI SULL'ADDENSAMENTO (Grado di compattazione per confronto delle densità)		
REQUISITO	METODO DI PROVA	FREQUENZA
Grado di addensamento (per ogni campione)	UNI EN 12697-6	ogni 1500 m <sup>2</sup> o ogni 400 m per corsia
Grado di addensamento (media dei campioni)	UNI EN 12697-6	
Il grado di compattazione è il rapporto tra la densità della miscela compattata in laboratorio (massimo addensamento teorico) e la densità della miscela compattata in opera riferita allo stesso lotto/giorno di produzione.		

### 30.3.11. Penali

#### Penali per composizione granulometrica e stabilità marshall

Qualora la composizione granulometrica di una miscela si scosti dalla composizione ottimale validata con lo studio preliminare oltre le tolleranze ammesse sarà applicata la seguente detrazione:

$$D = p \times PU \times A \times f$$

dove:

D = detrazione o penale (€);

p = scostamenti dai limiti di tolleranza o dai valori limite;

PU = prezzo unitario (€/ m<sup>3</sup>, m<sup>2</sup> x cm);

A = unità della prestazione ( m<sup>3</sup> o m<sup>2</sup> x cm);

f = fattore.

REQUISITO	SCOSTAMENTO (p)	APPLICAZIONE DETRAZIONE (D)	FATTORE (f)
Granulometria: - filler - aggregato fine - aggregato grosso	$ Vp_1 - Vr  - T$	superiore od inferiore alla tolleranza del Capitolato	0,01
Stabilità Marshall	$\frac{Vp_2 - Vr}{Vp_2} \cdot 100$	$\geq 90$ e $< 100\%$ del valore di stabilità Marshall prescritto dal Capitolato (se $p > 0$ e $\leq 10\%$ )	0,01
dove: $Vp_1$ = valore prescritto dalle prove di accettazione (%), (kN) $Vp_2$ = valore prescritto dal capitolato (%), (kN) $Vr$ = valore riscontrato in opera (%), (kN) $T$ = tolleranza del capitolato (%)			

Nel caso in cui la curva granulometrica esca dai valori limite del fuso di capitolato e la stabilità Marshall sia inferiore al 90% della prescrizione del capitolato, la D.L. si riserva di ordinare l'allontanamento della miscela dal cantiere ed il rifacimento dello strato già posato a spese dell'Impresa.

#### Penali per contenuto di legante – grado di addensamento – vuoti residui – spessore dello strato

Per il calcolo delle detrazioni da applicare si applicherà la seguente formula:

$$D = p^2 \times PU \times A \times f$$

dove:

D = detrazione o penale (€);

p = scostamenti dai limiti di tolleranza o dai valori limite;

PU = prezzo unitario (€/ m<sup>3</sup>, m<sup>2</sup> x cm);

A = unità della prestazione ( m<sup>3</sup> o m<sup>2</sup> x cm);

f = fattore.

REQUISITO	SCOSTAMENTO (p)	APPLICAZIONE DETRAZIONE (D)	FATTORE (f)
contenuto di bitume	$ Vp_1 - Vr  - T$	superiore od inferiore alla tolleranza del capitolato	0,25
grado di costipamento <sup>(1)</sup>	$Vp_2 - Vr$	inferiore al valore di capitolato	0,01

vuoti residui <sup>(1)</sup>	$ Vp_2 - Vr $	superiore od inferiore alla tolleranza del capitolato	0,01
Spessori degli strati di base, di collegamento, di usura-risagomatura, di usura Drenante-Fonoassorbente Speciale di usura antisdrucchiolo. <sup>(1)</sup>	$\frac{Sp - T - Vr}{Sp} \times 100$	scostamenti per difetto della tolleranza - del 5% per strato di base; -del 10% per gli altri strati <sup>(2)</sup>	0,01
dove: $Vp_1$ = valore prescritto dalle prove di accettazione $Vp_2$ = valore prescritto dal capitolato $Vr$ = valore riscontrato in opera $T$ = tolleranza del capitolato o tolleranza inserita nella tabella sovrastante $Sp$ = spessore prescritto dal progetto			
<sup>(1)</sup> Qualora un valore singolo si discosti dai limiti (pur rimanendo il valore medio conforme), la detrazione calcolata sulla superficie di pavimentazione relativa alla zona di appartenenza della carota di verifica. Qualora il valore medio della stesa non rientri nei limiti prescritti nel CSA la detrazione sarà calcolata sull'intera superficie di stesa.			
<sup>(2)</sup> Per scostamenti per difetto degli spessori degli strati rispetto al progetto superiori al 20%, la D.L. si riserva la facoltà di ordinare la rimozione ed il rifacimento dello strato a completo carico dell'Impresa.			

### Penali per caratteristiche di regolarità superficiale

Le caratteristiche di regolarità superficiale dello strato di pavimentazione, a diretto contatto con l'azione del traffico, vengono determinate attraverso la misura del profilo longitudinale della pavimentazione con apparecchiature ad alto rendimento in grado di determinare l'Indice I.R.I.

Attraverso l'elaborazione dei dati I.R.I., rilevati sull'ormai destra e sinistra di una corsia autostradale, viene individuato l'Indicatore di Regolarità superficiale  $I_{A22}$ , come descritto nei paragrafi relativi alle caratteristiche di regolarità dello strato.

Per ogni punto in meno rispetto al valore dell'Indicatore di Regolarità  $I_{A22}$  presentato dall'aggiudicatario in sede di gara (criterio di valutazione  $T_5$ ), o dal valore minimo di Capitolato ( $I_{A22} = 50$ ) qualora non vi fossero offerte di miglioramento del parametro qualitativo della Regolarità, verrà applicata una percentuale di detrazione, sul prezzo unitario dello strato di usura, considerando la superficie della corsia interessata dalle misure, pari al quadruplo dei punti di scostamento (esemplificando, se il valore dell'Indicatore di Regolarità, ottenuto dall'elaborazione dei dati I.R.I., rilevati sull'intera lunghezza della corsia di marcia, del tratto di intervento è pari a  $I_{A22} \text{ Rilevato} = 70$  ed il valore di riferimento offerto è pari al  $I_{A22} \text{ Dichiarato} = 75$  lo scostamento è pari a 5 punti e la detrazione sarà pari al 20% sul Prezzo Unitario dello strato d'usura riferito alla superficie della corsia misurata (la superficie è determinata assumendo come dimensioni la lunghezza dell'intervento ed una larghezza pari a 4,0m). Per la detrazione verrà quindi applicata la seguente formula:

$$Det. = \left( \frac{I_{A22} \text{ Dichiarato} - I_{A22} \text{ Rilevato}}{100} \right) \times 4 \times PU_{usura} \times Superficie \text{ int.}$$

Dove:

**Det.** = Detrazione (in euro);

$I_{A22} \text{ Dichiarato}$  = Indicatore dichiarato dall'Appaltatore in sede di gara (criterio di valutazione  $T_5$ );

$I_{A22} \text{ Rilevato}$  = Indicatore misurato, in seguito ai rilievi; nel tratto di intervento;

$PU_{usura}$  = Prezzo Unitario della strato di usura (Drenante oppure SMA) (in euro/m<sup>2</sup>);

**Superficie int.** = Superficie della pavimentazione di intervento, determinata dalla lunghezza del tratto moltiplicata per la larghezza della corsia sulla quale sono state eseguite le misure (la larghezza della corsia viene assunta convenzionalmente pari a 4 metri) (in m<sup>2</sup>).

In situazioni particolari, legate alla presenza ponti o viadotti caratterizzati dalla presenza di numerosi giunti superficiali a pettine o di gomma armata, il valore dell'Indicatore di Regolarità, ottenuto dalle misure, verrà incrementato del 5%.

Nel caso in cui il valore dell'Indicatore di Regolarità  $I_{A22}$  misurato risulti inferiore a 40 l'Impresa dovrà provvedere alla demolizione e ricostruzione dello strato superficiale interessato a proprie spese.

Il nuovo strato sarà soggetto alle stesse condizioni di controllo ed alle stesse generalità precedentemente descritte.

#### **Penali per caratteristiche di aderenza superficiale**

Qualora i valori di aderenza superficiale CAT e/o MPD fossero inferiori alle soglie stabilite, fissati in 55 per CAT e 0,8 per MPD, ove il CAT e MPD rappresentano la media ogni 50 metri dei rispettivi valori campionati ogni 10 metri, fino al raggiungimento di valori di CAT di 50 e di MPD di 0,5 è prevista una penalizzazione del 20% sul prezzo dello strato bituminoso interessato. Al di sotto di tali valori l'Impresa dovrà provvedere alla demolizione e ricostruzione dello strato superficiale interessato a proprie spese.

In ogni caso qualora le deficienze riscontrate comportino gravi alterazioni sulla qualità dei lavori la Direzione Lavori si riserva la facoltà di ordinare la rimozione e il rifacimento delle zone non a regola d'arte a totale carico dell'Impresa.

Nessun compenso spetterà all'Impresa per maggiori forniture, prestazioni o lavori che non siano quelli contrattuali e/o ordinati per iscritto dalla Direzione Lavori, se pur causati da imperizia, accidentalità o comodità di esecuzione, anche se dalle circostanze dovessero derivare vantaggi alla Stazione Appaltante. Eventuali lavori di rifacimento apportati dall'Impresa nel periodo compreso fra l'ultimazione dei lavori ed il collaudo (periodo di manutenzione, per norma, a carico dell'Impresa), non potranno superare il quinto dell'intera superficie.

In caso contrario e in tutti quei casi in cui i risultati delle successive ispezioni o prove non rispondessero ancora (dopo aver adottato i necessari accorgimenti, modificazioni e sostituzioni) ai requisiti, verranno applicate penali e verranno adottati provvedimenti tecnici e amministrativi, a carico dell'Impresa, come previsto dalle vigenti Leggi sui Lavori Pubblici.

CONTROLLI PERIODICI SULL'ADDENSAMENTO (Vuoti residui del campione prelevato in opera)		
REQUISITO	METODO DI PROVA	FREQUENZA
Vuoti residui (massimo per ogni campione)	UNI EN 12697-8	ogni 1500 m <sup>2</sup> o ogni 400 m per corsia
Vuoti residui (media dei campioni)	UNI EN 12697-8	
Campione prelevato mediante carotaggio in conformità alla norma UNI EN 12697-27		

Lo spessore dello strato, definito dal Progettista, sarà verificato secondo le frequenze riportate nella tabella seguente:

CONTROLLO PERIODICO SULLO SPESSORE		
REQUISITO	METODO DI PROVA	FREQUENZA
Spessore dello strato	UNI EN 12697-29	ogni 1500 m <sup>2</sup> o ogni 400 m per corsia

L'adesione tra gli strati (tra base e binder e tra binder e usura), sarà verificato secondo le frequenze riportate nella tabella seguente:

CONTROLLO PERIODICO SULLA ADESIONE TRA GLI STRATI		
REQUISITO	METODO DI PROVA	FREQUENZA
Adesione tra gli strati	SN 670461 (Leutner Shear Test)	ogni 3000 m <sup>2</sup> o ogni 800 m per corsia

Il controllo delle caratteristiche superficiali dello strato dovrà essere effettuato secondo le modalità riportate nella seguente tabella:

CONTROLLI PERIODICI SULLE CARATTERISTICHE SUPERFICIALI DELLO STRATO		
REQUISITO	METODO DI PROVA	FREQUENZA
Regolarità della superficie (regolo da mm 3000)	UNI EN 13036-7	a campione - in caso di anomalia
Resistenza di attrito radente (PTV)	UNI EN 13036-4	
Coefficiente di aderenza trasversale (CAT)	UNI CEN/TS 15901-6 UNI CEN/TS 15901-8	
Profondità della macrotestitura (MTP)	UNI EN 13036-1	
Permeabilità verticale	Normativa Belga o UNI EN 12697-40	ogni 1500 m <sup>2</sup> o ogni 400 m per corsia (IN CORRISPONDENZA DI OGNI CAROTA)  Per la prova completa con la normativa UNI EN 12697-40 ogni 20.000 m <sup>2</sup>

In corso d'opera ed in ogni fase delle singole lavorazioni, la Direzione Lavori effettuerà, a sua discrezione, tutte le verifiche, prove e controlli, atti ad accertare la rispondenza qualitativa e quantitativa dei lavori alle prescrizioni contrattuali.

## **ART. 31.**

### **BARRIERE DI SICUREZZA STRADALE IN ACCIAIO**

Le barriere di sicurezza stradale in acciaio verranno installate lungo tratti saltuari dei cigli della piattaforma stradale, sia su rilevato che su manufatto, nonché lungo lo spartitraffico centrale.

In base alla destinazione si prevedono tre tipologie principali di barriera, secondo la denominazione prevista dalla normativa europea EN1317:

- H2, definita “ad alto contenimento”, per installazioni su bordo laterale su rilevato. Le caratteristiche geometriche principali sono le seguenti: altezza cm 75; interasse montanti ml 2.00; nastro formato da due lame a doppia onda da 3 mm di spessore, unite da elementi denominati “calastrelli” nella misura di 2 ogni ml 2.00 (in corrispondenza dei montanti); nastro vincolato ai montanti mediante elementi denominati “distanziatori” di altezza mm 195 e spessore mm 5; montanti C da mm 100x80x5.
- H3, “ad alto contenimento”, per installazioni nello spartitraffico o su bordo laterale. Caratteristiche geometriche principali: altezza totale cm 125; interasse montanti ml 1.333; nastro formato da due lame a doppia onda da 3 mm di spessore, unite da elementi denominati “calastrelli” nella misura di 2 ogni ml 0.667 ; nastro vincolato ai montanti mediante elementi denominati “distanziatori” di altezza mm 195 e spessore mm 5; corrente tubolare superiore da mm 160x80x4, vincolato ai montanti mediante piastre di collegamento; montanti HEA100.
- H4b, “a contenimento molto alto”, per installazioni nello spartitraffico o su bordo laterale di opere importanti (ponti e viadotti). Caratteristiche geometriche principali della barriera bordo ponte: altezza totale cm 155; interasse montanti ml 1.333; nastro formato da due lame a doppia onda da 3 mm di spessore, unite da elementi denominati “calastrelli” nella misura di 2 ogni ml 0.667 ; nastro vincolato ai montanti mediante elementi denominati “distanziatori” di altezza mm 195 e spessore mm 5; due correnti tubolari superiori da mm 160x80x4, vincolati ai montanti mediante piastre di collegamento; montanti HEB100.

Tali indicazioni rivestono carattere di massima; sarà compito del progettista dare indicazioni progettuali più dettagliate sulle installazioni previste.

Rispetto ai disegni di progetto, la Direzione dei Lavori potrà ordinare una maggiore profondità od altri accorgimenti esecutivi per assicurare un adeguato ancoraggio del sostegno in terreni di scarsa consistenza, come pure potrà variare l'interasse dei sostegni.

Ogni modifica proposta dall'Impresa alla tipologia generale come sopra descritta, per casi particolari riscontrati in corso di installazione, dovrà essere valutata dalla Direzione Lavori, che potrà accettare o meno, oppure chiedere ulteriori approfondimenti del problema (relazioni di calcolo, simulazioni al computer, ecc.), con spese a carico dell'Impresa.

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, effettuata in modo che, nel senso di marcia dei veicoli, la fascia che precede sia sovrapposta a quella che segue.

Il collegamento delle fasce tra loro ed i loro sostegni, con l'interposizione dei distanziatori metallici, deve assicurare, per quanto possibile, il funzionamento della barriera a trave continua ed i sistemi di attacco (bulloni e piastrine copriasola) debbono impedire che per effetto dell'allargamento dei fori, possa verificarsi lo sfilamento delle fasce.

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 un movimento verticale di più o meno cm 2 ed orizzontale di più o meno cm 1.

Le fasce ed i sistemi di collegamento ai sostegni dovranno consentire l'installazione delle barriere lungo curve di raggio non inferiore a m 50 senza ricorrere a pezzi o sagomature speciali.

Ogni tratto di barriera laterale sarà completato con un sistema ad assorbimento telescopico di energia cinetica come da disegni esecutivi, da porre all'inizio del tratto.

Le barriere da collocare nell'aiuola spartitraffico saranno costituite da una doppia fila di barriere del tipo avanti descritto, aventi i sostegni ricadenti in coincidenza nelle stesse sezioni trasversali.

Restano ferme per tali barriere tutte le caratteristiche fissate per le barriere laterali, con l'avvertenza di adottare particolare cura per i pezzi terminali di chiusura e di collegamento delle due fasce, che dovranno essere sagomate secondo forma circolare che sarà approvata dalla Direzione dei Lavori.

In proposito si fa presente che potrà essere richiesta dalla D.L. anche una diversa sistemazione (interramento delle testate) fermi restando i prezzi di Elenco.

In caso di installazione su manufatto, i sostegni saranno di norma alloggiati, per l'occorrenza 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 della D.L..

I fori dovranno essere eseguiti secondo le prescrizioni indicate dalla D.L. così pure il ripristino delle superfici manomesse.

Ad interasse non superiore a 25 metri dovrà essere eseguita l'installazione di dispositivi rifrangenti, i quali avranno area non inferiore a centimetri quadrati 50, in modo che le loro superfici risultino pressoché normali all'asse stradale.

La spaziatura deve essere adeguatamente ridotta a m 12,00 in zone abitualmente nebbiose (Vedi art.173 Regolamento di Attuazione del Codice della Strada) nonché in altre zone specificatamente indicate nei progetti e comunque salvo particolari disposizioni del Direttore dei Lavori.

Tutti gli elementi metallici costituenti la barriera devono essere in acciaio tipo S355J0WP oppure, se zincato, di qualità non inferiore a S275.

## **ART. 32.**

### **STRUTTURE IN ACCIAIO**

#### **32.1. GENERALITA'**

Le strutture in acciaio dovranno essere progettate e costruite tenendo conto di quanto disposto dalla legge 05.11.1971 n. 1086 "Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio armato, normale e precompresso, e per le strutture metalliche", nonché all'osservanza delle Norme Tecniche emanate in applicazione dell'articolo 21 della predetta legge (D.M. 17.01.2018).

L'impresa sarà tenuta, a propria cura e spese, a presentare all'esame ed all'approvazione della D.L. in tempo utile, prima dell'approvvigionamento dei materiali, il progetto costruttivo delle opere; in tale progetto dovranno essere completamente definiti tutti i particolari costruttivi elencati nelle norme sopracitate (diametro e posizione dei bulloni e dei fori relativi, coppie di serraggio dei bulloni ad alta resistenza, classe delle saldature, dimensione dei cordoni, qualità degli elettrodi e dei materiali d'apporto, etc.) nonché gli schemi di montaggio e controfrecce di officina, piani operativi di montaggio. Dovranno inoltre essere elencate tutte le indicazioni necessarie all'esecuzione delle opere di elevazione/fondazione e alla corretta impostazione delle strutture metalliche sulle medesime.

L'Impresa dovrà altresì verificare, nonché sottoscrivere per accettazione e conferma, la relazione di calcolo delle strutture presente all'interno del progetto; dovrà inoltre integrare tale relazione qualora nella redazione del progetto costruttivo dovesse, sempre con la superiore approvazione della D.L., variare alcuni parti dell'opera; dovrà in ogni caso produrre una relazione integrativa nella quale verranno dettagliate specificatamente le fasi di montaggio/esecuzione dell'opera, specificando il funzionamento statico della struttura in tali diverse fasi.

Sugli elaborati del progetto costruttivo, firmati dall'Impresa, saranno inoltre riportate le distinte dei materiali, nelle quali sarà specificato numero, qualità, tipo di lavorazione, grado di finitura, dimensioni e peso teorico di ciascun elemento costituente la struttura. L'Impresa dovrà inoltre far conoscere per iscritto, prima dell'approvvigionamento dei materiali da impiegare, la loro provenienza con riferimento alle distinte di cui sopra.

Per quanto concerne il progetto costruttivo delle saldature (classi di qualità delle saldature, tecnologie di esecuzione delle saldature con dimensione dei cordoni, caratteristiche dei procedimenti, qualità degli elettrodi, etc.) e delle bullonature, è fatto obbligo all'impresa di redigere apposita relazione da allegare al progetto costruttivo; nel caso di strutture di particolare importanza è facoltà della Direzione Lavori di sottoporre il progetto e le tecnologie di esecuzione delle saldature, a cura e spese dell'Impresa, alla consulenza dell'Istituto Italiano della Saldatura o del R.I.N.A. (Registro Italiano

Navale) con sede a Genova o di altro Ente o Laboratorio di sua fiducia; le prescrizioni derivanti da tale consulenza diverranno prescrittive per l'Impresa.

In sede di approvazione del progetto costruttivo, la D.L. stabilirà in particolare i tipi e la estensione dei controlli sulle saldature e sulle bullonature in conformità a quanto stabilito dal D.M. 09.01.1996 sopracitato e tenuto conto di quanto prescritto al riguardo nella relazione dell'Impresa e delle eventuali raccomandazioni scaturite dalla consulenza sopra definita.

Il costruttore delle strutture metalliche saldate dovrà avere una organizzazione tale da soddisfare i requisiti stabiliti dalla norma UNI EN ISO 3834-3. In particolare:

- dovrà essere individuato da parte del Costruttore il Coordinatore delle attività di saldatura;
- le saldature dovranno essere eseguite secondo le linee guida stabilite nella norma UNI EN 1011 parti 1, 2;
- i saldatori dovranno essere certificati, da un Ente Terzo, secondo UNI EN 287-1 per i procedimenti e le posizioni di lavoro previste;
- i saldatori che eseguiranno prevalentemente cordoni d'angolo dovranno superare le prove previste dalla normativa suddetta per i giunti a T;
- gli operatori dovranno essere certificati, da un Terzo Ente, secondo UNI EN 1418;
- i procedimenti di saldatura dovranno essere certificati, da un Terzo Ente, secondo UNI EN ISO 15614-1; per la certificazione dovranno essere eseguiti dei saggi rappresentativi della produzione oltre a quelli testa a testa necessari per la verifica delle caratteristiche meccaniche (la resilienza sui saggi sarà eseguita almeno alla stessa temperatura prevista per il materiale base).

In ogni caso i procedimenti dovranno essere tali da permettere di ottenere dei giunti di buon aspetto esteriore esenti da difetti fisici nella zona fusa ed aventi almeno resistenza a trazione, su provette ricavate trasversalmente al giunto, non minore di quella del metallo base.

La preparazione di lembi da saldare sarà effettuata mediante macchina utensile smerigliatrice od ossitaglio automatico, e dovrà risultare regolare e ben liscia; i lembi al momento della saldatura, dovranno essere esenti da incrostazioni, ruggine, scaglie, grassi, vernici, irregolarità locali ed umidità.

Qualunque sia il sistema di saldatura impiegato, a lavorazione ultimata la superficie della saldatura dovrà risultare sufficientemente liscia e regolare e ben raccordata con il materiale di base.

Dopo l'approvazione del progetto costruttivo da parte della D.L., l'impresa dovrà presentare a quest'ultima, in n. 3 copie ed in formato dwg, i disegni costruttivi di officina sui quali dovranno essere riportate anche le distinte da cui risultino numero, qualità, dimensioni, grado di finitura e pesi teorici di ciascun elemento costituente la struttura.

L'impresa, inoltre, deve far conoscere per iscritto, prima dell'approvvigionamento dei materiali che intende impiegare, la loro provenienza, avuto riferimento alle distinte di cui sopra.

### **32.2. ACCETTAZIONE DEI MATERIALI**

Tutti i materiali destinati alla costruzione di strutture in acciaio dovranno essere approvati ed accettati da parte della D.L., a cura e spese dell'Impresa, prima dell'inizio delle lavorazioni; le prove di accettazione si svolgeranno presso Laboratori Ufficiali, indicati dalla D.L.; la D.L. potrà autorizzare l'effettuazione di tali prove anche presso i laboratori degli stabilimenti di produzione purché questi siano forniti dei mezzi e delle attrezzature necessarie, tarate e controllate da un laboratorio ufficiale, ai sensi dell'art. 20 della Legge 1086/71.

L'entità dei lotti da sottoporre ad accettazione, il numero e le modalità di prelievo dei campioni, saranno di regola conformi alle norme UNI vigenti per i singoli materiali; la D.L. ha comunque la facoltà di prelevare in qualunque momento della lavorazione campioni di materiali da sottoporre a prova presso laboratori ufficiali di suo gradimento per verificarne la rispondenza alle norme di accettazione ed ai requisiti di progetto; tutti gli oneri relativi rimangono a carico dell'Impresa.

Le prove e le modalità di esecuzione saranno quelle prescritte dal D.M. 17.01.2018; in particolare vengono eseguite, per lotto e/o per rotolo, le seguenti prove:



- a) una prova di trazione ed una prova di piegamento su provetta prelevata in senso longitudinale rispetto alla direzione della laminazione;
- b) una prova della composizione chimica dell'acciaio;
- c) tre prove di resilienza KV, su provetta prelevata in senso longitudinale rispetto alla direzione di laminazione, alla temperatura rispettivamente di +20 °C, 0 °C e -20 °C (questo nel caso di acciai con grado JR, J0 e J2).

Per ogni operazione di controllo di accettazione verrà redatto dal D.L. apposito verbale che sarà sottoscritto anche dall'Impresa.

### **32.3. CONTROLLI IN CORSO DI LAVORAZIONE**

Ogni volta che le partite di materiale metallico destinato alla costruzione delle strutture in acciaio perverranno agli stabilimenti per la successiva lavorazione, l'Impresa ne darà comunicazione alla D.L. specificando, per ciascuna colata, la distinta dei pezzi ed il relativo peso, la ferriera di provenienza, la destinazione costruttiva, i risultati di eventuali collaudi interni.

I materiali impiegati nella costruzione di strutture in acciaio dovranno essere "qualificati"; la marcatura dovrà risultare leggibile ed il produttore dovrà accompagnare la fornitura con l'attestato di controllo e la dichiarazione che il prodotto è qualificato.

In particolare, per ciascun manufatto composto con laminati, l'Impresa dovrà redigere una distinta contenente i seguenti dati:

- posizioni e marche di officina costituenti il manufatto (con riferimento ai disegni costruttivi);
- numeri di placca e di colata dei laminati costituenti ciascuna posizione e marca di officina;
- estremi di identificazione dei relativi documenti di collaudo.

La Direzione dei Lavori si riserva il diritto di chiedere il premontaggio in officina, totale o parziale delle strutture, secondo modalità da concordare di volta in volta con l'impresa.

Per i manufatti per i quali è prevista una fornitura di oltre 10 esemplari da realizzare in serie, deve prevedersi, all'atto del collaudo in officina, il premontaggio totale o parziale, da convenirsi secondo i criteri di cui sopra, di un solo prototipo per ogni tipo; in tale occasione la D.L. procederà alla accettazione provvisoria dei materiali metallici lavorati.

Analogamente a quanto detto al comma precedente, ogni volta che si rendono pronte per il collaudo le travate, l'impresa informerà la Direzione dei Lavori indicando tipo e destinazione di ciascuna di esse; entro 8 giorni la D.L. darà risposta fissando la data del controllo in contraddittorio, oppure autorizzando la spedizione della travata stessa in cantiere.

Nel caso del controllo in contraddittorio, gli incaricati della Direzione dei Lavori verificheranno sia per ognuna delle parti componenti le opere appaltate, quanto per l'insieme di esse, la esatta e perfetta lavorazione a regola d'arte ed in osservanza ai patti contrattuali.

I pezzi presentati all'accettazione provvisoria devono essere scevri di qualsiasi verniciatura fatta eccezione per le superfici di contatto dei pezzi uniti definitivamente fra loro, che debbono essere verniciati in conformità alle prescrizioni della Direzione dei Lavori.

In fase di lavorazione l'Impresa dovrà attenersi alle seguenti disposizioni :

- a) il raddrizzamento e lo spianamento, quando necessari, devono essere fatti preferibilmente con dispositivi agenti per pressione. Possono essere usati i riscaldamenti locali (caldo), purché programmati in modo da evitare eccessive concentrazioni di tensioni residue e di deformazioni permanenti;
- b) è ammesso il taglio a ossigeno purché regolare; i tagli irregolari devono essere ripassati con la smerigliatrice;
- c) negli affacciamenti non destinati alla trasmissione di forze possono essere tollerati giochi da 2 a 5 mm di ampiezza, secondo il maggiore o minore spessore del laminato;
- d) i pezzi destinati ad essere chiodati o bullonati in opera devono essere montati in modo da poter riprodurre nel montaggio definitivo le posizioni stesse che avevano in officina all'atto della esecuzione dei fori;

- e) non sono ammesse al montaggio eccentricità, relative a fori corrispondentesi, maggiori del gioco foro/chiodo (o bullone) previste dalle Norme Tecniche emanate in applicazione dell'art. 21 della Legge 1086/71; entro tale limite è opportuna la regolarizzazione del foro con utensile adatto;
- f) l'uso delle spine di acciaio è ammesso, in corso di montaggio, esclusivamente per richiamare i pezzi nella giusta posizione;
- g) fori per chiodi e bulloni devono essere eseguiti con il trapano, con assoluto divieto dell'uso della fiamma, e presentare superficie interna cilindrica e priva di screpolature o cricche; per le giunzioni con bulloni (normali o ad alta resistenza) le eventuali sbavature sul perimetro del foro dovranno essere asportate mediante molatura locale;
- h) di regola si dovranno impiegare bulloni sia normali che ad alta resistenza dei seguenti diametri: D=12, 14, 16, 18, 20, 22, 24, 27 mm;
- i) i bulloni ad alta resistenza non dovranno avere il gambo filettato per la intera lunghezza; la lunghezza del tratto non filettato dovrà essere in generale maggiore di quella delle parti da serrare e si dovrà sempre far uso di rosette sotto la testa e sotto il dado; è tollerato che non più di mezza spira del filetto rimanga compresa nel foro;
- j) nelle unioni di strutture normali o ad attrito, che a giudizio della D.L. potranno essere soggette a vibrazioni od inversioni di sforzo, dovranno essere sempre impiegati controdadi, anche in caso di bulloni con viti 8.8 e 10.9.

#### **32.4. STOCCAGGIO**

Lo stoccaggio deve essere eseguito preferibilmente al coperto; è possibile stoccare i materiali all'aperto solo se si prevedono adeguate misure di protezione dalle intemperie che non permettano l'infiltrazione d'umidità.

In particolare :

- a) non si devono mettere a contatto diretto più pezzi della struttura, ma mantenerli distanziati;
- b) si devono evitare posizionamenti che favoriscano il ristagno d'acqua o di condensa;
- c) bisogna favorire l'aerazione delle superfici anche interne dei pezzi;
- d) non bisogna coprire con teli plastici che possano favorire fenomeni di condensa;
- e) non lasciare i pezzi a contatto diretto con il suolo;
- f) non lasciare a contatto i pezzi con legno trattato o con sostanze che possono attaccare la superficie;
- g) evitare di marcare con vernici o con pastelli cerosi i pezzi, in modo da inficiare l'aggrappo dei trattamenti protettivi superficiali.

#### **32.5. MONTAGGIO**

L'Impresa sottoporrà al preventivo benestare della D.L. il sistema e le modalità esecutive che intende adottare, ferma restando la piena responsabilità dell'Impresa stessa per quanto riguarda l'esecuzione delle operazioni di montaggio, la loro rispondenza a tutte le norme di Legge ed ai criteri di sicurezza che comunque possono riguardarle.

Il sistema prescelto dovrà essere comunque atto a consentire la realizzazione della struttura in conformità alle disposizioni contenute nel progetto esecutivo; 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 nelle relazioni integrative redatte dall'Impresa.

Nella progettazione e nell'impiego delle attrezzature di montaggio, l'impresa è tenuta a rispettare le norme, le prescrizioni ed i vincoli che eventualmente venissero imposti da Enti, Uffici e persone responsabili riguardo alla zona interessata, ed in particolare:

- per l'ingombro degli alvei dei corsi d'acqua;
- per le sagome da lasciare libere nei sovrappassi o sottopassi di strade, autostrade, ferrovie, tramvie, ecc.;
- per le interferenze con servizi di soprassuolo e di sottosuolo.

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 sovrassollecitate.

Le parti a contatto con funi, catene o altri organi di sollevamento saranno opportunamente protette, tenuto conto che tutte le strutture, prima di essere trasferite a piè d'opera, devono essere trattate in officina con sabbiatura ed una mano di primer.

Il montaggio sarà eseguito in modo che la struttura raggiunga la configurazione geometrica di progetto; in particolare, per quanto riguarda le strutture a travata, si dovrà controllare che la controfreccia ed il posizionamento sugli apparecchi di appoggio siano conformi alle indicazioni di progetto, 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.

Nei collegamenti con bulloni si dovrà procedere alla alesatura di quei fori che non risultino centrati e nei quali i bulloni previsti in progetto non entrino liberamente; se il diametro del foro alesato risulta superiore al diametro nominale del bullone oltre la tolleranza prevista dal D.M. 17.01.2018 sopracitato, si dovrà procedere alla sostituzione del bullone con uno di diametro superiore.

La superficie di contatto al montaggio, nei collegamenti ad attrito con bulloni ad alta resistenza, deve presentarsi pulita, priva di olio, vernice, scaglie di laminazione, macchie di grasso e sabbiata a metallo bianco non più di due ore prima dell'unione.

E' ammesso il serraggio dei bulloni con chiave pneumatica purché questo venga controllato con chiave dinamometrica, la cui taratura dovrà risultare da certificato rilasciato da Laboratorio ufficiale in data non anteriore ad un mese.

Per ogni unione con bulloni, l'impresa effettuerà, alla presenza della Direzione Lavori, un controllo di serraggio su un numero di bulloni pari al 10% del totale ed in ogni caso su non meno di quattro; se anche un solo bullone non risponde alle prescrizioni di serraggio, il controllo dovrà essere esteso a tutti i bulloni.

Dopo il completamento della struttura e prima dell'esecuzione della prova di carico, l'impresa dovrà effettuare la ripresa della coppia di serraggio di tutti i bulloni costituenti le unioni, dandone preventiva comunicazione alla Direzione Lavori.

Per i cavalcavia l'assemblaggio ed il montaggio in opera delle strutture dovrà essere effettuato senza che venga interrotto il traffico sulla sede autostradale, salvo brevi interruzioni durante le operazioni di sollevamento, da concordare con la D.L.

### **32.6. CONTROLLI SULLE SALDATURE**

La saldatura sarà impiegata per l'esecuzione delle nuove strutture ove previsto in progetto. Le giunzioni saldate saranno realizzate in accordo a quanto indicato nel presente documento e nel rispetto delle norme e dei requisiti legislativi vigenti per le strutture di carpenteria (D.M. del 17.01.18 "Aggiornamento delle norme tecniche per le costruzioni.") e delle altre norme UNI e Europee comunque applicabili.

Il costruttore dovrà preparare le specifiche di saldatura di produzione (WPS), da sottoporre all'approvazione della Direzione lavori.

Tutte le saldature dovranno essere esaminate con i metodi non distruttivi e le percentuali di seguito descritte:

- esame visivo, (secondo UNI EN ISO 17637): 100% dei giunti;
- esame magnetoscopico superficiale (secondo UNI EN ISO 17638): 50% dei giunti a T/L con parziale penetrazione; 100% dei giunti a T/L con totale penetrazione; 100% dei giunti testa a testa con parziale penetrazione;
- esame ultrasonoro volumetrico (secondo UNI EN ISO 17640): 100% dei giunti testa a testa a piena penetrazione.

Giunti testa a testa non previsti a disegno dovranno essere preventivamente sottoposti alla approvazione della Direzione Lavori, realizzati a piena penetrazione (giunti di prima classe secondo D.M. 17/01/18), controllati al 100% visivamente, con magnetoscopia e ultrasuoni (radiografia per spessori inferiori a 10mm), riportati sui disegni costruttivi.

I criteri di accettabilità dei difetti, per quanto riguarda l'esame visivo, sono riferiti alla UNI EN ISO 5817 classe di qualità B per i giunti tesi e C per i giunti compressi o disposti parallelamente alla direzione degli sforzi. Nel caso di presenza di difetti al di fuori dei criteri di accettabilità stabiliti, le

saldature dovranno essere riparate secondo le procedure previste da una specifica di riparazione preparata dal costruttore ed approvata dalla Direzione lavori.

I criteri di accettabilità dei difetti, per quanto riguarda l'esame magnetoscopico, sono riferiti alla norma UNI EN ISO 23278.

I criteri di accettabilità dei difetti, per quanto riguarda l'esame ultrasonoro, sono riferiti alla norma UNI EN ISO 11666.

Le riparazioni saranno controllate al 100% con i metodi non distruttivi più adeguati; inoltre i controlli non distruttivi saranno estesi per un metro da ogni parte del tratto che contiene il difetto oppure a due giunti analoghi nel caso di saldature di lunghezza inferiore ad un metro (le estensioni verranno computate nella percentuale inizialmente prevista). Nel caso di ulteriori difetti l'estensione dei controlli passerà al 100% del giunto (o dei giunti analoghi nel caso di giunti corti). In presenza di cricche o incollature l'estensione dei controlli passerà subito al 100%.

Prima dell'inizio dei lavori il costruttore dovrà realizzare un simulacro saldato che rappresenti il giunto di testa dei correnti da eseguire al montaggio ed un simulacro saldato rappresentativo degli incroci tra montanti e correnti. I giunti così realizzati saranno soggetti ad esami distruttivi e non distruttivi.

La supervisione alla costruzione delle strutture saldate ed i controlli non distruttivi dovranno essere eseguiti da un Istituto Ufficiale, designato dalla Direzione Lavori/Committenza, ma con ogni onere e spesa a carico dell'Impresa, certificato come European Welding Inspector secondo le linee guida dell'EWI (European Welding Federation) e con particolare esperienza nel campo della costruzione e del controllo delle strutture di carpenteria. Il personale che esegue i controlli deve essere certificato di livello almeno 2 secondo la norma UNI EN ISO 9712.

Per quanto concerne i controlli in servizio prima del collaudo definitivo, è richiesta all'Impresa la verifica della protezione superficiale, l'esame visivo al 100% di tutte le saldature della struttura, e, in caso di dubbi, l'esecuzione dei controlli strumentali previa sverniciatura locale.

Se non diversamente specificato in progetto, tutte le saldature si intendono a piena penetrazione e a completo ripristino di sezione. Inoltre le saldature sono continue e non a tratti.

### **32.7. PROVE DI CARICO E COLLAUDO STATICO DELLE STRUTTURE IN ACCIAIO**

Prima di sottoporre le strutture in acciaio alle prove di carico, dopo la loro ultimazione in opera e, di regola, prima che siano applicate le ultime mani di vernice, verrà eseguita da parte della D.L. un'accurata visita preliminare di tutte le membrature per constatare che le strutture siano state eseguite in conformità ai relativi disegni di progetto, alle buone regole d'arte ed a tutte le prescrizioni di contratto.

Ove nulla osti, si procederà quindi alle prove di carico delle strutture, operazioni che verranno condotte, a cura e spese dell'impresa, secondo le prescrizioni di Legge; anche sulla base di tali prove verrà redatto, a cura e spese della società, il certificato di collaudo statico delle opere.

## **ART. 33.**

### **STRUTTURE IN ACCIAIO TIPO CORTEN**

Nel caso in progetto sia specificato l'utilizzo di acciaio tipo Corten, dovrà esclusivamente essere utilizzato, per la costruzione delle relative strutture, acciaio autopassivante tipo "Corten B" con caratteristiche meccaniche analoghe a quelle degli acciai S355 tipo JR, J0 e J2 (UNI EN 10025) con valore di resilienza garantito rispettivamente a +20°C, 0°C e -20°C.

Le lamiere in tipo Corten B devono rientrare nelle norme NF A 35-502-E36W, ASTM A242 e A588, UNI EN 10025-1 e -5, S.E.W.087.

Oltre a quanto previsto nel precedente articolo riguardante le "strutture in acciaio", per tale tipo particolare di acciaio devono essere verificate le caratteristiche chimiche e meccaniche riportate nell'articolo riguardante le "caratteristiche dei materiali" al punto relativo agli "acciai per strutture in carpenteria metallica", secondo le definizioni e le modalità di prova previste dalle norme di riferimento. La qualità delle materie prime deve essere certificata dai relativi Produttori o da Enti o Laboratori Ufficiali di cui all'art. 20 L. 1086/71 o autorizzati con Decreto del Ministero dei Lavori Pubblici,

secondo le modalità previste dal D.M. 17/01/18, ed in particolare secondo il capitolo 11.3.4.11. dello stesso D.M. "Procedure di controllo su acciai da carpenteria".

Si specifica che per le materie prime provenienti da Paesi della Comunità Economica Europea è sufficiente il certificato di origine del produttore ove questi operi in regime di qualità e sia riconosciuto dalle Autorità competenti; mentre per le materie prime provenienti da Paesi extra CEE o per produttori CEE non operanti in regime di qualità, sarà indispensabile provvedere alla qualificazione dei materiali secondo le normative, in laboratori o enti autorizzati (art.20 Legge 1086/71).

L'impostazione del progetto costruttivo dovrà tener conto delle condizioni che permettono di ottenere una protezione efficace delle superfici in acciaio tipo Corten esposte allo stato nudo o verniciato; il ristagno prolungato dell'acqua piovana e/o la presenza permanente di acque di condensa sono incompatibili con l'impiego dell'acciaio tipo Corten allo stato nudo; gli elementi in acciaio tipo Corten esposti alle intemperie saranno perciò realizzati in modo tale che in ogni punto della struttura l'acqua piovana possa liberamente scorrere e non venga trattenuta da avvallamenti; le parti interne delle strutture dovranno essere adeguatamente areate e ventilate.

Dovrà essere evitato ogni contatto diretto delle superfici in acciaio tipo Corten nudo con altri materiali metallici capaci di provocare coppie elettrochimiche.

L'acciaio tipo Corten è perfettamente saldabile in tutti gli spessori; per la saldatura dell'acciaio tipo Corten dovranno essere seguite le regole e le precauzioni impiegate per l'acciaio ad alto limite elastico.

Nel caso di giunti saldati con una sola passata, la diffusione del metallo base nella zona fusa dovrà essere tale che il cordone di saldatura presenti una resistenza alla corrosione ed una colorazione simili a quelli del metallo di base; l'acciaio tipo Corten può essere saldato ad arco elettrico con metodo manuale con elettrodi al rutilo, neutri e preferibilmente basici, che formino un cordone di saldatura di caratteristiche meccaniche almeno equivalenti a quelle del metallo di base.

Per giunti la cui resistenza è essenziale alla sicurezza della struttura dovranno essere impiegati esclusivamente elettrodi basici o combinazioni equivalenti filoflusso per saldature arco gas od arco sommerso.

Nel caso di giunti saldati in più passate è prescritto di utilizzare lo stesso metallo di apporto impiegato per la saldatura in una sola passata; tuttavia per le passate finali visibili nella struttura esposta alla corrosione atmosferica si raccomanda l'utilizzo di un metallo di apporto leggermente legato al rame o nickel.

Non si dovranno effettuare saldature in officina o in cantiere allorché la temperatura ambiente scenda al di sotto di  $-5^{\circ}\text{C}$ ; per gli spessori fino a 25 mm si asciugheranno alla fiamma i prodotti prima della saldatura; per spessori compresi fra 25 e 50 mm la temperatura di preriscaldamento ed interpass sarà almeno di  $50^{\circ}\text{C}$ ; per spessori superiori tale temperatura sarà almeno di  $100^{\circ}\text{C}$ .

## **ART. 34.**

### **ZINCATURA E VERNICIATURA DELLE STRUTTURE IN ACCIAIO**

#### **34.1. ZINCATURA**

Il trattamento di zincatura degli elementi in acciaio dovrà essere effettuato dopo tutte le lavorazioni meccaniche (taglio, piegature, forature, saldature, ecc.) e dovrà essere preceduto da ciclo di sabbiatura SA 2 ½ oppure trattamento di decapaggio chimico.

La protezione delle superfici sarà ottenuta con zincatura a bagno caldo secondo la norma UNI EN ISO 1461 e dovrà presentarsi uniforme, perfettamente aderente, senza macchie ed esente da difetti visibili come bolle, punte aguzze e zone non zincate.

Il rivestimento di zinco dei vari elementi dovrà avere spessore secondo quanto previsto dalla norma UNI EN ISO 1461 prospetti 3 e 4.

Non dovranno essere effettuate operazioni di passivazione successive al trattamento di zincatura in quanto possono contrastare la chimica dei pretrattamenti effettuati dalle verniciature.

#### **PROSPETTO 3 EN ISO 1461 ZINCATURA SPESSORI**

La tabella fornisce i valori minimi e medi comunemente accettati a seconda dello spessore del materiale trattato.

<b>Spessore dell'acciaio (mm)</b>	<b>Minimo spessore locale del rivestimento (µm)</b>	<b>Minimo spessore medio del rivestimento (µm)</b>
Acciaio ≥ 6 mm	70	85
Acciaio ≥ 3 a < 6mm	55	70
Acciaio ≥ 1.5 a < 3mm	45	55
Acciaio < 1.5mm	35	45

### **34.2. VERNICIATURA A POLVERE TERMOINDURENTE**

Il ciclo di verniciatura previsto, completo di pretrattamento della superficie idoneo a garantire un buon ancoraggio del film di vernice al supporto zincato, è il seguente:

- sgrassaggio mordenzante in fase acida, atto a rimuovere contaminanti organici, quali olii di lavorazione e residui da stoccaggio, e manipolazione con rimozione acida degli eventuali ossidi presenti sui particolari. Decapaggio effettuato ad immersione per un tempo variabile a seconda del grado di ossidazione dello zinco;
- risciacquo con acqua di rete;
- risciacquo con acqua demineralizzata con conducibilità inferiore a 30µS, per una completa rimozione dei sali di trattamento non ancorati, senza lasciare alcun dannoso deposito salino sotto vernice;
- trattamento di passivazione fluorozirconica no rinse esente da cromo, atto a depositare sul pezzo con ottimo ancoraggio chimico un sottile strato di fluoruro di zirconio (spessore 0,5-0,6 µm) necessario per un'ottima resistenza alla corrosione e a migliorare l'ancoraggio della vernice. Effettuato ad immersione per un tempo di 5 minuti minimo;
- asciugatura a temperatura inferiore a 150°C;
- verniciatura in automatico con applicazione di vernice in polvere termoindurente nella versione Poliesteri per architettura TGIC Free, tinta RAL ed effetto superficiale a richiesta;
- polimerizzazione in forno ventilato a circolazione d'aria forzata fino a completa reticolazione del film di vernice rispettando le indicazioni riportate nella scheda tecnica del fornitore del prodotto verniciante;
- Il film di vernice così ottenuto dovrà rispondere alle seguenti caratteristiche:

- 1) spessore:  
minimo 70µm su tutte le facce dell'elemento;
- 2) aderenza:  
grado 0 secondo UNI EN ISO 2409 (prova di quadrettatura) e comunque minimo 3 MPa secondo UNI EN ISO 24624 (test di pull-off);
- 3) resistenza agli urti secondo UNI 8901:  
per caduta di una massa di 1Kg da un'altezza di 30cm non devono verificarsi screpolature o distacchi di pellicola;
- 4) resistenza all'umidità secondo UNI 8744:  
la corrosione e/o la bollatura lungo l'incisione non devono penetrare per più di 2mm dopo 400 ore di esposizione; non è ammessa nessun'altra alterazione visibile o perdita di aderenza.

### **34.3. VERNICIATURA DELLE STRUTTURE IN ACCIAIO**

#### **34.3.1. Generalità**

L'appaltatore dovrà proporre esclusivamente sistemi di pitturazione rispondenti alle specifiche descritte nel capitolato e qualificati secondo UNI EN ISO 12944; i sistemi dovranno essere corredati di certificati che attestino le prestazioni richieste in progetto e che dimostrino che il sistema è qualificato secondo UNI EN ISO 12944 e di spettri IR e termogravimetrie (TGA) di tutti i prodotti impiegati per la realizzazione dei campioni sottoposti a test, come meglio specificato nel seguito.

Le prove di laboratorio dovranno essere condotte da ispettori dei rivestimenti qualificati internazionalmente (es. FROSIO, NACE) e presso laboratori accreditati in conformità alla norma ISO 17025. Ciascun metodo di prova dovrà rientrare tra lo scopo di accreditamento del laboratorio scelto. L'Appaltatore dovrà garantire i trattamenti protettivi di verniciatura delle strutture metalliche per la durata di cinque anni e rilasciare, a favore dell'Ente appaltante, una specifica polizza assicurativa postuma quinquennale, decorrente dalla data di ultimazione lavori. A tal fine l'Appaltatore dovrà consegnare alla Direzione Lavori tutta la documentazione relativa a tutti i sistemi di protezione applicati sui manufatti (certificati di qualifica e spettri IR e TGA dei singoli prodotti), con l'impegno di prestare garanzia quinquennale. Si richiede esplicitamente che il sistema di protezione sia idoneo alla categoria di corrosività e alla durabilità richieste e che abbia superato il test di resistenza all'urto, come meglio definito nel seguito. Anche nei ritocchi/ripristini il sistema protettivo non potrà avere caratteristiche protettive inferiori in termini di categoria di corrosività e durabilità rispetto a quanto previsto in progetto.

Una volta accettato il sistema verniciante, non saranno accettati prodotti diversi rispetto a quelli facenti parte del sistema qualificato e identificati dagli spettri IR e dalle analisi termogravimetriche (TGA) consegnati alla Direzione Lavori in fase di accettazione, restando a totale ed esclusivo carico dell'Impresa l'asportazione e la sostituzione di tutti i prodotti che non risultassero idonei. Le verniciature dovranno essere eseguite in condizioni ambientali idonee alle caratteristiche dei prodotti impiegati; non si dovrà procedere ai trattamenti quando temperatura ed umidità dell'aria superino le soglie minima e massima proprie di ciascun prodotto; non si dovrà procedere all'applicazione di uno strato finché quello precedente non sia perfettamente essiccato; tutti gli strati dovranno essere protetti da pioggia o bagnatura, secondo il periodo minimo previsto nelle schede tecniche. Gli strati dovranno avere tonalità di colore diverse per consentire il controllo della loro applicazione. L'applicazione dovrà essere effettuata secondo lo schema di lavorazioni da eseguirsi in officina e/o in opera impartito dalla Direzione Lavori.

#### **34.3.2. Preparazione delle superfici**

La preparazione degli elementi in acciaio da verniciare, volta a rimuovere i difetti superficiali delle varie aree (saldature, fori, bordi, superfici, etc.) degli elementi strutturali, deve avvenire secondo un preparation grade P3 di cui alla norma UNI EN ISO 8501-3, in funzione della vita attesa per il sistema di protezione e della categoria di corrosività. La preparazione delle superfici da verniciare, al fine di rimuovere ruggine ed ogni impurità e di raggiungere l'adeguata rugosità (profilo di incisione), deve essere in accordo alla EN ISO 12944-4 e EN ISO 8501. Vanno eseguiti test durante le operazioni di sabbiatura per verificare il raggiungimento del profilo di incisione richiesto; le misure della rugosità devono essere eseguite in accordo alla EN ISO 8503-1 e EN ISO 8503-2. Al termine della sabbiatura verrà eseguita la misurazione dei sali solubili secondo norma ISO 8502-6. Prima della preparazione mediante spazzolatura o sabbiatura, la superficie degli elementi da trattare deve essere sgrassata e liberata dai residui di saldatura.

##### **34.3.2.1. Preparazione superfici in officina**

In officina, dopo il taglio, si procederà alla molatura/cianfrinatura di tutti gli spigoli, per eliminare eventuali sbavature che potrebbero compromettere la continuità dello strato protettivo; ovvero su tutti gli spigoli, verrà eseguito un arrotondamento avente raggio minimo di 3 mm, successivamente saranno eliminate eventuali tracce di grasso da tutte le superfici tramite presabbiatura. Subito dopo le lavorazioni (saldature, forature, piegature, etc.) si effettuerà la sabbiatura a metallo quasi bianco di grado A Sa 2 ½ degli standard fotografici della ISO 8501-1, secondo la specifica SP10 delle Norme SSPC (Steel Structures Painting Council); dovranno essere impiegati abrasivi fini per ottenere un profilo di incisione compreso tra 30 µm e 50 µm e potrà essere utilizzata graniglia metallica (cilindretti, piramidi, sfere, etc.). A sabbiatura ultimata, prima di iniziare la verniciatura, si dovrà procedere alla completa asportazione di residui di ossidi, abrasivi e polvere.

Verrà eseguita la misurazione dei sali solubili secondo norma 8502-6. Le superfici sabbiate tassativamente non dovranno essere inumidite prima dell'applicazione dello strato di primer, che dovrà essere effettuata entro il termine di 8 ore dalla sabbiatura, prima che vada a formarsi un qualsiasi principio di ruggine; qualora si verificassero formazioni di ruggine, la sabbiatura dovrà essere ripetuta a cura e spese dell'Impresa.

Fatto salvo quanto sopra, si precisa che in corrispondenza dei giunti ad attrito dovrà essere posta particolare cura nel trattamento delle superfici per impedire qualsiasi infiltrazione; su tali superfici la sabbiatura sarà a metallo bianco di grado A Sa 3 e le superfici, in seguito alla verniciatura, dovranno essere adeguatamente protette fino a completo montaggio.

#### **34.3.2.2. Preparazione superfici in cantiere**

Ad ultimazione del montaggio in opera delle strutture in acciaio si dovrà procedere alla sabbiatura delle saldature eventualmente eseguite in opera e delle zone limitrofe, per renderle atte a ricevere il trattamento protettivo; la sabbiatura dovrà essere a metallo quasi bianco di grado Sa 2 ½ degli standard fotografici della ISO 8501-1. Si eseguirà quindi la spazzolatura delle superfici interessate da abrasioni, danneggiamenti, ecc., in preparazione dei ritocchi che dovranno essere fatti per ricostituire la continuità e lo spessore del sistema di protezione. La spazzolatura, da effettuarsi con attrezzi meccanici, dovrà essere di grado St 3 degli standard fotografici della ISO 8501-1, secondo la specifica SP3 delle Norme SSPC (Steel Structures Painting Council). Prima di procedere alla verniciatura si dovrà procedere alla completa asportazione di ossidi e polveri. Il ripristino a spessore dovrà essere effettuato entro il termine di 4 ore dalla spazzolatura o sabbiatura nel caso ripristino di saldature. La verniciatura dovrà avvenire secondo i tempi previsti dalle schede dei prodotti. Le condizioni climatiche (temperatura, umidità e punto di rugiada) andranno controllate in continuità dall'Impresa con apposita strumentazione che permetta l'acquisizione dei parametri in continuo e registrate in appositi documenti a disposizione degli ispettori. Non sono ammesse operazioni di verniciatura in giornate ventose ed in condizioni climatiche sfavorevoli che possano causare un deposito di polveri o altre sostanze sulla superficie in via di trattamento.

#### **34.3.3. Accettazione dei prodotti vernicianti**

I prodotti proposti, costituenti i sistemi vernicianti, dovranno essere di primarie marche; è facoltà della Direzione Lavori e degli organi di controllo della Società rifiutare prodotti di marche che non diano sicuro affidamento di buona qualità.

Tutti i sistemi dovranno essere corredati di certificati che attestino le prestazioni richieste in progetto e che dimostrino che il sistema è qualificato secondo UNI EN ISO 12944 e di spettri IR e termogravimetrie (TGA) di tutti i prodotti impiegati. Le prove di laboratorio dovranno essere condotte da ispettori dei rivestimenti qualificati internazionalmente (es. FROSIO, NACE) e presso laboratori accreditati in conformità alla norma ISO 17025. Ciascun metodo di prova dovrà rientrare tra lo scopo di accreditamento del laboratorio scelto. Il sistema di verniciatura dovrà avere superato anche la prova di resistenza all'urto (UNI EN ISO 6272-1) da eseguire di norma su provini di dimensione pari a 100x150x4 mm che si riterrà soddisfatta qualora al termine della stessa la superficie del film protettivo non presenti nessuna fessurazione per un valore dell'energia di impatto pari a 3J.

Si richiede inoltre la consegna alla Direzione Lavori delle analisi termogravimetriche (TGA) e dei fingerprinting tramite spettrofotometria IR di ogni prodotto facente parte il sistema verniciante (sia parte A sia parte B se catalizzati), eseguiti sui prodotti utilizzati per la realizzazione del campione sottoposto ai test di qualifica. La Direzione Lavori si riserva di verificare in qualsiasi momento durante il corso dei lavori di verniciatura, sempre a spese dell'Impresa, la conformità dei prodotti impiegati per la realizzazione del sistema verniciante ai prodotti utilizzati per il confezionamento dei campioni sottoposti alle prove di qualifica, eseguite secondo UNI EN ISO 12944.

L'Impresa è tenuta a garantire la buona esecuzione dei lavori e la conservazione del sistema applicato fino al collaudo della struttura, con l'obbligo di gratuita manutenzione fino alla redazione del certificato definitivo di collaudo dell'intera opera oggetto del contratto; nel detto periodo l'Impresa resta obbligata ad eseguire a propria cura e spese i ritocchi e quanto altro si rendesse necessario al fine di mantenere la verniciatura in condizioni di totale efficienza; se i lavori di ritocco eseguiti nel periodo di garanzia supereranno il 20% della superficie totale, l'Impresa sarà tenuta ad eseguire a sua cura e spese, una totale successiva mano di verniciatura a conguaglio, al fine di ripristinare il buon aspetto estetico dell'opera.

L'Impresa è tenuta inoltre a garantire la buona conservazione dei vari strati applicati in officina per tutto il periodo intercorrente fino al completamento del sistema protettivo.



Nel caso fossero rilevate anomalie sul sistema di protezione la Direzione Lavori ha facoltà, in qualsiasi momento, di far rieseguire, a cura e spese dell'Impresa, i test di qualifica del sistema verniciante secondo EN ISO 12944, presso un laboratorio di fiducia della Direzione Lavori.

#### **34.3.4. Sistemi di verniciatura**

I sistemi di verniciature da impiegare dovranno garantire un livello di protezione compatibile con la vita attesa della protezione alla corrosione e la categoria di corrosività definite nel seguito.

I cicli, tanto per le superfici in vista che per quelle interne, sono in generale composti da più strati, oltre ai ritocchi in opera ad avvenuto completamento del montaggio delle strutture.

I tempi di sovraverniciatura e le temperature minime di applicazione devono essere verificate e devono essere rispettate le prescrizioni riportate nella scheda tecnica dei prodotti utilizzati.

Se la verniciatura viene eseguita in stabilimento potrà essere usato l'airless; se la verniciatura viene eseguita in opera sarà, di norma, obbligatorio l'uso del pannello/rullo, salvo diversa indicazione della Direzione Lavori.

Per particolari esigenze, qualora si rendesse necessario l'impiego di sistemi di protezione differenti da quelli standard, definiti nel seguito, si rimanda alle prescrizioni riportate negli specifici elaborati del progetto esecutivo. In ogni caso il sistema dovrà essere qualificato secondo UNI EN ISO 12944 e corredato di tutta la documentazione richiesta per i cicli sopra definita (certificati rilasciati da laboratori accreditati ISO 17025, fingerprinting e TGA).

##### **34.3.4.1. Strutture di acciaio Corten**

Sono richiesti: categoria corrosività C5 in accordo a UNI EN ISO 12944-2

durabilità VH in accordo a UNI EN ISO 12944-1

Il ciclo di verniciatura per le strutture in acciaio Corten sarà costituito da:

a) Ciclo standard:

da applicare in stabilimento:

- fondo zincante epossidico con spessore film secco  $\geq 70 \mu\text{m}$  DFT
- rivestimento epossidico surface tolerant MIOX con spessore film secco  $\geq 180 \mu\text{m}$  DFT

da applicare in opera:

- finitura poliuretanica-acrilica con spessore film secco  $\geq 70 \mu\text{m}$  con colore nella gamma RAL.

Totale spessore  $\geq 320 \mu\text{m}$  NDFT

b) Ciclo per i ritocchi ed i rispristini:

da applicare in opera:

- fondo - intermedio epossidico surface tolerant MIOX con spessore film secco  $\geq 290 \mu\text{m}$ ;
- finitura poliuretanica-acrilica con spessore film secco  $\geq 70 \mu\text{m}$  con colore nella gamma RAL.

Totale spessore  $\geq 360 \mu\text{m}$  NDFT

##### **34.3.4.2. Strutture di acciaio zincato**

Sono richiesti: categoria corrosività C5 in accordo a UNI EN ISO 12944-2

durabilità VH in accordo a UNI EN ISO 12944-1

Il ciclo di verniciatura per le strutture in acciaio sarà costituito da:

c) Ciclo standard:

da applicare in stabilimento:

- fondo - intermedio epossidico surface tolerant MIOX con spessore film secco  $\geq 160 \mu\text{m}$ ;
- finitura poliuretanica-acrilica con spessore film secco  $\geq 80 \mu\text{m}$  con colore nella gamma RAL.

Totale spessore  $\geq 240 \mu\text{m}$  NDFT

d) Ciclo per i ritocchi ed i rispristini:

da applicare in opera:

- fondo - intermedio epossidico surface tolerant con spessore film secco  $\geq 160 \mu\text{m}$  DFT;

- finitura poliuretanica-acrilica con spessore film secco  $\geq 80 \mu\text{m}$  DFT con colore nella gamma RAL

Totale spessore  $\geq 240 \mu\text{m}$  NDFT

#### **34.3.4.3. Strutture di acciaio al carbonio non zincato**

Sono richiesti: categoria corrosività C5 in accordo a UNI EN ISO 12944-2  
durabilità H in accordo a UNI EN ISO 12944-1

Il sistema di verniciatura sarà costituito da:

e) Ciclo standard:

da applicare in stabilimento:

- fondo epossidico surface tolerant con spessore film secco  $\geq 70 \mu\text{m}$  DFT;
- rivestimento epossidico surface tolerant con spessore film secco  $\geq 160 \mu\text{m}$  DFT;
- finitura poliuretanica-acrilica con spessore film secco  $\geq 70 \mu\text{m}$  DFT con colore nella gamma RAL

Totale spessore  $\geq 300 \mu\text{m}$  NDFT

f) Ciclo per i ritocchi ed i ripristini:

da applicare in opera:

- rivestimento epossidico surface tolerant MIOX con spessore film secco  $\geq 230 \mu\text{m}$  DFT;
- finitura poliuretanica-acrilica con spessore film secco  $\geq 70 \mu\text{m}$  DFT con colore nella gamma RAL.

Totale spessore  $\geq 300 \mu\text{m}$  NDFT

#### **34.3.4.4. Sistema di protezione per giunti ad attrito**

In corrispondenza delle unioni bullonate ad attrito è prescritta l'applicazione in stabilimento, previa sabbiatura a metallo bianco grado A Sa3, di:

- fondo zincante inorganico bicomponente con spessore film secco  $\geq 70 \mu\text{m}$  DFT

Le superfici trattate dovranno essere adeguatamente protette fino al momento del montaggio.

Il sistema di protezione dalla corrosione delle superfici di scorrimento dei giunti ad attrito deve garantire un valore minimo del coefficiente d'attrito conforme a quanto previsto dal par. 8.4 della UNI EN 1090-2 e determinato secondo l'appendice G della stessa.

#### **34.3.4.5. Sistema di protezione per giunti saldati**

I giunti di saldatura, per una distanza minima di 15cm e massima di 30cm dalla zona di saldatura stessa, dovranno essere protetti come segue:

- sabbiatura grado A Sa 2 ½ secondo norma ISO 8501-1.
- entro 4 ore (e/o in funzione delle condizioni ambientali) applicazione di primer zincante inorganico saldabile a basso spessore DFT 25  $\mu\text{m}$ ;
- esecuzione del giunto saldato in opera;
- sabbiatura del giunto e della zona limitrofa grado Sa 2 ½ secondo norma ISO 8501-1;
- applicazione del sistema previsto per ritocchi e ripristini (si vedano i paragrafi precedenti).

### **34.3.5. Caratteristiche dei prodotti costituenti i sistemi vernicianti**

#### **34.3.5.1. Primer zincante organico bicomponente**

Primer zincante organico bicomponente, con spessore del film secco minimo previsto dal ciclo specifico, avente le seguenti caratteristiche:

- zinco metallico in peso nel film secco:  $\geq 80\%$  (SSPC Paint20, Tipo 2, Livello 2)

#### **34.3.5.2. Primer zincante inorganico bicomponente**

Primer zincante inorganico bicomponente, per uno spessore di film secco di mm 0,070, avente le seguenti caratteristiche:

- zinco metallico in peso nel film secco:  $\geq 80\%$  (SSPC Paint20, Tipo 2, Livello 2)
- legante: silicato di etile

#### 34.3.5.3. Fondo-intermedio epossidico surface tolerant MIOX

Strato intermedio epossidico surface tolerant MIOX additivato con fosfati di zinco, con lo spessore minimo del ciclo specifico, avente le seguenti caratteristiche:

- contenuto solido in volume del prodotto catalizzato:  $\geq 70\%$
- fosfati di zinco in peso sul film secco:  $\geq 7\%$
- legante: resina epossidica da reticolare con catalizzatori ammino/ammidici

#### 34.3.5.4. Finitura poliuretanica-acrilica

Finitura poliuretanica-acrilica manutenzionabile con catalizzatore alifatico non ingiallente, con lo spessore del film secco previsto dal ciclo specifico, avente le seguenti caratteristiche:

- contenuto solido in volume del prodotto catalizzato:  $\geq 50\%$
- aspetto: semi-lucido (40-70 gloss)

### 34.3.6. Riepilogo dei sistemi vernicianti

#### Acciaio Corten (C5-VH) - impalcati

Esecuzione	In stabilimento		In opera	
<b>Strato</b>	Sabbatura A Sa 2 1/2	primer zincante organico	intermedio	ciclo per ritocchi e ripristini
<b>Applicazione</b>		airless	airless	finitura
<b>DFT</b>		70 $\mu$ m	180 $\mu$ m	pennello/ruolo <sup>(*)</sup>
<b>Contenuto solido in volume del prodotto catalizzato</b>		--	> 70%	290 $\mu$ m
<b>Zinco metallico nel film secco</b>		$\geq 80\%$	--	> 70%
<b>Legante</b>		EP	EP	> 50%
<b>Temperatura min. di applicazione</b>		Secondo indicazioni scheda tecnica prodotti		--
<b>Sovraverniciature alle diverse temperature</b>				EP
				PUR - ACRIL
				Secondo indicazioni scheda tecnica prodotti
				Secondo indicazioni scheda tecnica prodotti

(\*) consentito l'uso dell'airless solo su espressa autorizzazione della D.L.

#### Acciaio Corten (C5-VH) - altre strutture

Esecuzione	In stabilimento			In opera
<b>Strato</b>	Sabbatura A Sa 2 1/2	primer zincante organico	intermedio	finitura
<b>Applicazione</b>		airless	airless	airless
<b>DFT</b>		70 $\mu$ m	180 $\mu$ m	70 $\mu$ m
<b>Contenuto solido in volume del prodotto catalizzato</b>		--	> 70%	> 50%
<b>Zinco metallico nel film secco</b>		$\geq 80\%$	--	--
<b>Legante</b>		EP	EP	PUR - ACRIL
				ciclo per ritocchi e ripristini
				pennello/ruolo <sup>(*)</sup>
				290+70 $\mu$ m
				In funzione dello strato
				--
				EP+ PUR - ACRIL

**AUTOSTRADA DEL BRENNERO**  
SOCIETA' PER AZIONI CON SEDE IN TRENTO

Temperatura min. di applicazione	Secondo indicazioni scheda tecnica prodotti	Secondo indicazioni scheda tecnica prodotti
Sovraverniciature alle diverse temperature		
(*) consentito l'uso dell'airless solo su espressa autorizzazione della D.L.		

Acciaio zincato (C5-VH) - altre strutture

Esecuzione		In stabilimento		Ritocchi/ripristini in opera		
Strato	Sabbatura A Sa 2 1/2	fondo-intermedio	finitura	St 3  Sabbatura Sa 2 1/2 / Spazzolatura	fondo-intermedio	finitura
Applicazione		airless	airless		pennello/ruolo <sup>(*)</sup>	pennello/ruolo <sup>(*)</sup>
DFT		160 µm	80 µm		160 µm	80 µm
Contenuto solido in volume del prodotto catalizzato		≥ 70%	≥ 50%		≥ 70%	≥ 50%
Zinco metallico nel film secco		--	--		EP	PUR - ACRIL
Legante		EP	PUR- ACRIL		EP	PUR - ACRIL
Temperatura min. di applicazione		Secondo indicazioni scheda tecnica prodotti			Secondo indicazioni scheda tecnica prodotti	
Sovraverniciature alle diverse temperature						
<sup>(*)</sup> consentito l'uso dell'airless solo su espressa autorizzazione della D.L.						

Acciaio al carbonio (C5-H) - altre strutture

Esecuzione	In stabilimento			Ritocchi/ripristini in opera			
Strato	Sabbatura A Sa 2 1/2	fondo	intermedio	finitura	Spazzolatura St 3	intermedio	finitura
Applicazione		airless	airless	airless		pennello/ruolo <sup>(*)</sup>	pennello/ruolo <sup>(*)</sup>
DFT		70 µm	160 µm	70 µm		230 µm	70 µm
Contenuto solido in volume del prodotto catalizzato		≥ 70%	≥ 70%	≥ 50%		≥ 70%	≥ 50%
Zinco metallico nel film secco		---	---	---		---	---
Legante		EP	EP	PUR- ACRIL		EP	PUR - ACRIL
Temperatura min. di applicazione		Secondo indicazioni scheda tecnica prodotti				Secondo indicazioni scheda tecnica prodotti	
Sovraverniciature alle diverse temperature							
<sup>(*)</sup> consentito l'uso dell'airless solo su espressa autorizzazione della D.L.							

**34.3.7. Controlli dei sistemi di verniciatura**

Le ispezioni e i collaudi in officina e in cantiere dovranno essere stabiliti dalla Direzione Lavori. Tutte le verifiche concordate dovranno fare riferimento a standard internazionali non passibili di interpretazioni soggettive. Il personale preposto alle ispezioni ed eventuali test dovrà essere in possesso di certificazione NACE o FROSIO, livello minimo accettabile 2. I laboratori esterni preposti alle analisi sui campioni ed ai test sul ciclo applicato dovranno essere in possesso della certificazione Accredia ISO 17025 per tutte le prove richieste.

Il fornitore dovrà essere in grado di produrre la seguente documentazione per ogni lotto di vernice utilizzata in officina e in cantiere:

- certificato di collaudo del lotto;

- fingerprinting tramite spettrofotometria IR.

CONTROLLI IN FASE DI APPLICAZIONE (in numero e posizione definiti dalla Direzione Lavori)

- ispezioni sulla preparazione superficiale (profilo d'incisione, sali solubili, polverosità);
- controllo condizioni ambientali;
- controllo spessore umido dei prodotti applicati;
- controllo spessore secco dei prodotti applicati.

CONTROLLI AD APPLICAZIONE DEL SISTEMA TERMINATA (in numero e posizione definiti dalla Direzione Lavori)

- controllo adesione (metodo pull-off);
- controllo visivo per verificare l'assenza di difetti di applicazione (buccia d'arancia, colature, soffiature, etc...).

## **ART. 35.** **ANCORAGGI IN TERRENI E ROCCE**

### **35.1. MATERIALI SPECIFICI PER ANCORAGGI**

#### **ACCIAI**

Devono essere conformi alle specifiche disposizioni in vigore al momento della posa in opera.

#### **APPARECCHI DI TESTATA**

##### *Dispositivi di bloccaggio*

I tiranti devono essere conformi alle disposizioni del Cap. 6.6 del D.M. 17 gennaio 2018 "Norme tecniche per le costruzioni" e al Cap. C6.6 della Circolare 21 gennaio 2019 nr. 7. Per i bulloni si fa invece riferimento ai Cap. 4.2 e C4.2 delle medesime normative.

##### *Piastre di ripartizione*

Vanno dimensionate in relazione alle loro caratteristiche geometriche ed alle caratteristiche di resistenza e deformabilità del materiale di contrasto.

#### **MISCELE DI INIEZIONE E LORO COMPONENTI**

##### *Cemento*

La scelta del cemento deve essere fatta tenendo conto dei seguenti fattori:

- ritiro, resistenza e lavorabilità della miscela;
- interazione cemento-acciaio;
- interazione cemento-ambiente circostante.

Le caratteristiche del cemento saranno determinate in conformità al Cap. 4.1 del D.M. 17 gennaio 2018 "Norme tecniche per le costruzioni" e al Cap. C4.1 della Circolare 21 gennaio 2019 nr. 7 .

Quando si impiegano acciai per c.a.p., devono essere utilizzati solo cementi con contenuto totale di cloro inferiore allo 0,05% del peso del cemento e contenuto totale di zolfo (da solfuri S--) inferiore allo 0,15% del peso del cemento al fine di evitare il pericolo di corrosione sotto tensione.

Anche in questo caso, l'idoneità del cemento deve essere certificata dal fabbricante.

##### *Resine*

La scelta della resina deve essere fatta tenendo conto dei seguenti fattori:

- viscosità: i valori devono essere compresi tra 300 e 3000 cP a 20° e devono essere misurati con il metodo ASTM D2393-86;
- tempo di gel: valore da definire in progetto in relazione alle caratteristiche dei tiranti e dell'ambiente ed ai tempi di realizzazione; il valore deve essere misurato secondo il metodo ASTM D 2471-99;
- assenza di solventi, diluenti o altri componenti estranei alla reticolazione: la differenza tra il peso della miscela fluida iniziale e della stessa indurita deve essere inferiore al 5% del peso iniziale. La reticolazione non deve dar luogo a fenomeni secondari dannosi, come per esempio, sviluppo di gas;
- compatibilità con l'eventuale presenza di acqua in fase di reticolazione: l'accertamento deve essere fatto attraverso prove di confronto della resistenza a trazione di resine indurite in aria e in acqua, su provini del tipo 2 indicati nella UNIPLAST 5819-66 (con spessore di 10 mm). La riduzione di resistenza deve essere inferiore al 10% del valore della resistenza della resina indurita all'aria ed in acqua.

#### Acqua

I requisiti dell'acqua di impasto sono stabiliti dal Cap. 11.2.9 del D.M. 17 gennaio 2018 "Norme tecniche per le costruzioni".

#### Aggregati

Devono soddisfare ai seguenti requisiti:

- conformità al Cap. 11.2.9 del D.M. 17 gennaio 2018 "Norme tecniche per le costruzioni";
- devono essere costituiti da elementi inerti non gelivi, privi di parti friabili e di sostanze comunque nocive agli effetti della resistenza della miscela ed alla conservazione delle armature;
- il tenore di impurità organiche (valutate col metodo colorimetrico secondo la Norma UNI 8520) non deve provocare una colorazione della soluzione più scura di quella della soluzione di riferimento;
- nel caso di miscele che vanno iniettate la dimensione massima dell'aggregato non deve superare un terzo dello spessore dell'intercapedine da sigillare o del diametro minimo dei condotti di iniezione.

#### Aggregati per miscele a legante idraulico

Il peso di materiale passante al setaccio 0,075 delle Norme UNI 2332 deve essere inferiore al 3% del peso totale dell'aggregato.

Si devono impiegare solo aggregati fini, in particolare sabbie normalmente utilizzate per miscele di iniezione.

#### Aggregati per miscele a legante resina

Sono in genere costituiti da polvere di quarzo passante al setaccio 0,075 mm e da sabbia passante al setaccio 2 mm.

#### Additivi

Possono essere impiegati additivi per migliorare le caratteristiche delle miscele di iniezione sempreché non introducano elementi pregiudizievoli nei riguardi della durabilità e della affidabilità di tutti i componenti dell'ancoraggio.

Norme UNI EN 934-2; e Norme UNI 8146 e 8147.e successive modifiche ed integrazioni

#### Miscele di iniezione con legante cemento

La composizione e le caratteristiche della miscela di iniezione scelta ed utilizzata per gli ancoraggi preliminari di prova devono essere registrate su apposito protocollo, in modo che sia possibile riprodurle esattamente per l'iniezione di tutti gli ancoraggi da realizzare.

Le miscele si dividono nelle seguenti due categorie fondamentali:

- miscele di iniezione tradizionali
- miscele di iniezione speciali.

#### Miscele di iniezione tradizionali

Le miscele di iniezione tradizionale sono costituite essenzialmente da acqua, cemento e da eventuali additivi.

L'impiego addizionale di elementi inerti fini (sabbia, farina di quarzo o altro) è ammissibile purché non introducano elementi potenzialmente aggressivi.

#### Requisiti delle miscele di iniezione tradizionali da controllare

##### a) Fluidità

Si controlla determinando il tempo di percolamento, mediante il cono di Marsh (diametro dell'ugello: 13 mm - fig. 1).

Il tempo di percolamento deve essere compreso tra 10 e 30 secondi.

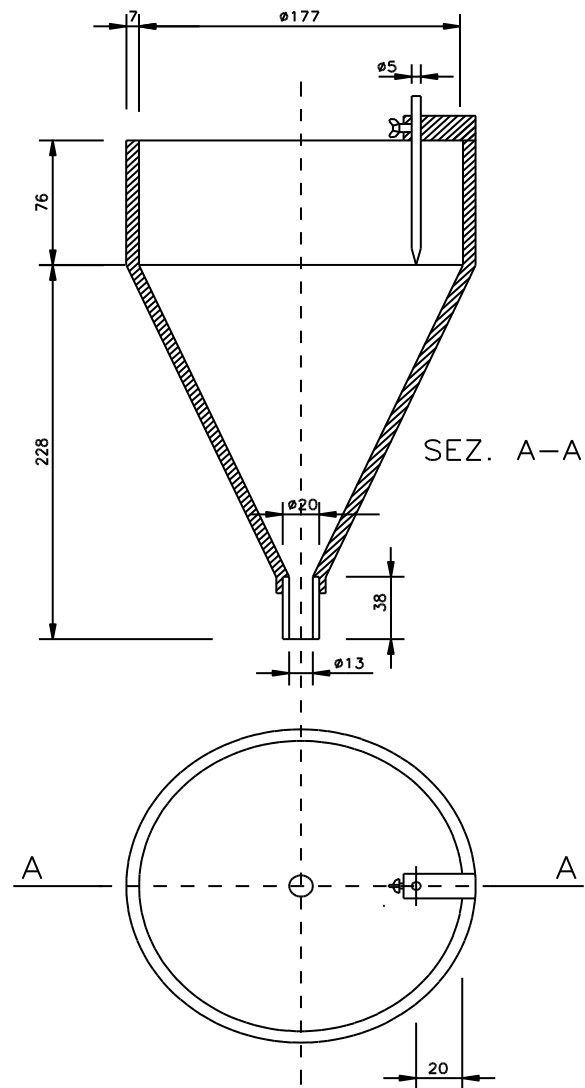


FIG. 1) - Cono di Marsh



b) Essudazione

Si controlla versando 1000 ml di miscela in un cilindro graduato con diametro di 60 mm e con altezza di 450 mm circa e misurando l'acqua essudata alla superficie della miscela, mantenuta in riposo per 3 ore.

Tale acqua essudata deve essere inferiore al 2% del volume iniziale della miscela.

Inoltre l'acqua di essudazione deve essere completamente riassorbita nelle successive 24 ore.

c) Ritiro

Il ritiro della miscela a 28 giorni non deve superare 2800 micron per metro.

d) Tempo di presa

Il tempo di inizio presa a 30°C deve essere superiore a tre ore, mentre il tempo di fine presa a 5°C deve essere inferiore a 24 ore.

e) Resistenza meccanica della miscela

La resistenza a trazione della miscela a 28 giorni, misurata con prove di flessione, deve essere maggiore di 2,5 MPa (25 kg/cm<sup>2</sup>), mentre la resistenza a compressione della miscela a 28 giorni deve essere maggiore di 22 MPa (220 kg/cm<sup>2</sup>). Le modalità di prova sono indicate al Cap. 11.2.10 del D.M. 17 gennaio 2018 "Norme tecniche per le costruzioni"

Controlli sulla qualità delle miscele di iniezione tradizionali

Prima della realizzazione di qualsiasi tipo di ancoraggio, occorre verificare che i componenti che si intendono impiegare per la confezione consentano di ottenere una miscela di caratteristiche rispondenti a requisiti indicati nel progetto.

Nel caso sia richiesta la realizzazione di ancoraggi preliminari di prova, le caratteristiche della miscela scelta ed utilizzata per questi ancoraggi devono essere riportate in un protocollo, in modo che, al momento della realizzazione dei tiranti da eseguire, si impieghi una miscela di uguali caratteristiche.

Nel corso dei lavori devono essere ripetute le sole prove di fluidità ed essudazione.

La prova di fluidità e la prova di essudazione devono essere eseguite all'inizio di ciascuna giornata lavorativa ed in ogni caso dopo l'iniezione di 50 ancoraggi.

I valori di fluidità riscontrati in cantiere devono essere compresi tra 10 e 30 secondi e possono discostarsi al massimo di 3 secondi rispetto a quelli indicati dal protocollo od ottenuti nella fase di verifica preventiva sopra indicata.

L'essudazione deve in ogni caso essere inferiore o uguale al 3%. Se, in occasione di tali controlli, anche solo una delle due prove non fornisce risultati conformi a quanto prescritto, le iniezioni devono essere sospese e possono riprendere solo dopo la confezione di una nuova miscela dalle idonee caratteristiche.

Miscele di iniezione speciali

Le miscele di iniezione speciali possono essere costituite da:

- cementi speciali, acqua e additivi appropriati;
- cementi speciali o non, acqua ed uno o più costituenti sintetici.

La composizione delle miscele speciali deve essere dichiarata dal produttore, che deve inoltre certificare tutti i requisiti indicati nel progetto, oltre a garantire l'assenza di ioni aggressivi e la sua impiegabilità nel caso specifico.

In mancanza della certificazione del fabbricante devono essere prodotti certificati rilasciati da un Laboratorio Ufficiale.

Inoltre, deve essere depositato preventivamente in cantiere un protocollo che elenchi tutte le disposizioni relative alla fabbricazione e utilizzazione della miscela scelta.

Miscele di iniezione con legante resina

Sono costituite da miscele di resina ed aggregati.

Vengono impiegate quando si vogliono ottenere resistenze finali superiori a quelle ottenibili con i leganti idraulici e con tempi di presa in genere più brevi.

La composizione ed i rapporti di miscela devono essere dichiarati dal produttore, che deve inoltre certificare tutti i requisiti indicati nel progetto oltre a garantire l'assenza di ioni aggressivi e la sua impiegabilità nel caso specifico.

In mancanza di certificazione del fabbricante devono essere prodotti certificati rilasciati da un Laboratorio Ufficiale.

Inoltre, deve essere depositato preventivamente in cantiere un protocollo riportante tutte le disposizioni relative alla confezione ed all'impiego delle miscele in oggetto.

#### Requisiti delle miscele di iniezione con legante resina

##### a) Fluidità

Deve essere determinata con il cono di Marsh.

Il tempo di percolamento deve essere compreso tra 10 e 20 secondi per miscele colabili e tra 15 e 30 secondi per miscele iniettabili.

Per miscele ad elevata viscosità, la fluidità si determina secondo le Norme ASTM D 2730-72.

##### b) Tempo di indurimento alla temperatura di applicazione

Devono essere chiaramente indicati, a cura del produttore, i valori delle temperature limiti di impiego con i relativi tempi di indurimento a 20°

#### Controlli sulla qualità delle miscele di iniezione con legante resina

Prima della realizzazione di qualsiasi tipo di ancoraggio, occorre verificare che i componenti che si intendono impiegare consentano di ottenere una miscela di caratteristiche rispondenti a requisiti indicati nel progetto.

Nel caso sia richiesta la realizzazione di ancoraggi preliminari di prova, le caratteristiche della miscela scelta ed utilizzata per questi ancoraggi devono essere riportate in un protocollo, in modo che al momento della realizzazione dei tiranti da eseguire, si impieghi una miscela di uguali caratteristiche.

Nel corso dei lavori deve essere ripetuta la sola prova di fluidità. Questa va eseguita all'inizio di ciascuna giornata lavorativa ed in ogni caso dopo l'iniezione di 50 ancoraggi.

I valori di fluidità riscontrati in cantiere devono essere conformi a quanto prescritto nel progetto e possono discostarsi al massimo di 3 secondi rispetto a quelli indicati dal protocollo o nella fase di verifica preventiva sopra indicata.

Se, in occasione di tali controlli, la prova non fornisce risultati conformi a quanto prescritto nel progetto, le iniezioni devono essere sospese e possono riprendere solo dopo la confezione di una miscela dalle idonee caratteristiche.

#### ELEMENTI DI PROTEZIONE ED ALTRI MATERIALI

##### Guaine

La guaina è un elemento costitutivo del tirante atto a proteggere l'armatura dalla corrosione.

Se è prevista la ritesatura del tirante, è necessario l'impiego della guaina, almeno nel tratto libero.

Le guaine impiegate per i tiranti di ancoraggio devono essere:

- chimicamente stabili per tutta la durata della vita prevista per il tirante;
- esenti da difetti, fessure od altro che possano pregiudicarne la impermeabilità;
- stabili nel campo di temperature alle quali dovranno essere sottoposte prima, durante e dopo la loro posa in opera;
- non reattive con i materiali circostanti, quali cemento, acciaio, altre materie plastiche, ecc.

Lo spessore della parete della guaina deve essere adeguato alle sollecitazioni meccaniche e chimiche previste, ma comunque non inferiore a:

0,5	mm per $d_g < 50$ mm
1	mm per $50 < d_g < 100$ mm

1,5 mm per  $d_g > 100$  mm

dove  $d_g$  è il diametro interno della guaina (sia liscia che corrugata).

La sezione interna della guaina deve essere maggiore di

$$4 \sum_{i=1}^{i=n} a_{si}$$

(ove  $a_{si}$  è l'area della sezione trasversale del singolo filo o trefolo o barra componente il tirante ed  $n$  il numero complessivo dei fili, trefoli o barre), e comunque deve assicurare uno spessore di iniezione per il ricoprimento degli elementi più esterni della armatura di almeno 5 mm.

Il diametro esterno della guaina deve essere più piccolo del diametro del foro di alloggiamento di almeno 20 mm.

Le guaine corrugate devono avere:

$$\begin{array}{ll} \text{passo} & p > 5 \text{ mm} \\ D_g - d_g & > 5 \text{ mm} \end{array}$$

#### Acciai inguainati ed ingrassati

L'acciaio, prima delle operazioni di ingrassaggio ed inguainamento deve essere esente da ogni traccia di ossidazione od altri elementi estranei.

Non deve essere usato acciaio inguainato e non ingrassato; il grasso deve riempire tutti gli spazi all'interno della guaina. Per l'inguainamento devono essere usate materie plastiche con le medesime caratteristiche indicate dal progetto. Lo spessore minimo della guaina è di 1 mm.

Il grasso deve essere assolutamente stabile chimicamente, inalterabile ed insaponificabile; non deve svolgere alcuna azione aggressiva contro l'acciaio o contro le materie plastiche della guaina; deve essere stabile all'interno del campo delle temperature di utilizzazione.

#### Distanziatori

La forma dei distanziatori deve essere tale da consentire il centraggio dell'armatura nel foro di alloggiamento e nello stesso tempo da non ostacolare il passaggio della miscela; in ogni caso in corrispondenza del distanziatore la sezione libera di foro deve essere pari ad almeno due volte la sezione del condotto di iniezione.

I distanziatori devono essere realizzati in forme e materiali di resistenza adeguata agli sforzi che devono sopportare.

#### Condotti di iniezione

Le caratteristiche dei condotti di iniezione devono essere tali da soddisfare i seguenti requisiti:

- a) avere resistenza adeguata alle pressioni di iniezione: devono essere collaudati per resistere alla pressione prevista con un coefficiente di sicurezza pari ad 1,5 e comunque avere una pressione di rottura non inferiore a 10 Atm;
- b) avere diametro interno utile tale da consentire il passaggio delle miscele di iniezione. A tale scopo i diametri minimi sono i seguenti:
  - per miscele di iniezione a base di resine sintetiche:  $\phi_{\min}$  6 mm
  - per miscele cementizie speciali:  $\phi_{\min}$  8 mm
  - per miscele cementizie composte da acqua e cemento senza aggiunte di aggregati:  $\phi_{\min}$  10 mm
  - per miscele cementizie composte di acqua, cemento ed aggregati fini (sabbie):  $\phi_{\min}$  16 mm

#### Tamponi

I tamponi di separazione fra la parte libera e la fondazione devono essere impermeabili alla miscela e tali da resistere alle pressioni di iniezione.

Devono essere realizzati o con elementi meccanici o con elementi chimici (materiale iniettato) di caratteristiche tali da garantire nei confronti della corrosione dell'armatura.

## **35.2. TECNOLOGIE ESECUTIVE DI ANCORAGGIO IN TERRENI E ROCCE**

### METODI DI PERFORAZIONE

#### Disposizioni generali

Le perforazioni devono essere condotte in modo tale da comportare il minimo disturbo del terreno e da evitare danni alle opere circostanti.

#### Scelta del metodo

Il metodo deve essere scelto in modo tale da:

- impedire il franamento della parete del foro, sia durante la perforazione sia durante la posa delle armature;
- ridurre al minimo le variazioni di contenuto d'acqua nel terreno circostante;
- ridurre al minimo la decompressione del terreno circostante;
- non alterare, per quanto possibile, le falde idriche e le relative distribuzioni delle pressioni.

#### Fluido di perforazione

Il fluido di perforazione e gli eventuali additivi non devono risultare inquinanti in base alle vigenti leggi.

Occorre tenere conto che, in particolari tipi di terreno (ad esempio, in alcune argille sovraconsolidate), è da escludere l'impiego dell'acqua come fluido di perforazione.

Allo scopo di estrarre completamente i detriti al termine della perforazione si deve procedere in tutti i casi al lavaggio del foro con il fluido di perforazione senza azionare l'utensile tagliente.

#### Tolleranze

I fori devono essere eseguiti rispettando le seguenti condizioni:

- per il diametro, quanto esplicitamente indicato in progetto; in ogni caso il diametro dell'utensile di perforazione deve essere almeno pari al diametro specificato per il foro.  
In particolare, se la connessione dell'armatura al terreno nel tratto di fondazione si realizza mediante cartucce di resina, il diametro dei fori non deve superare del 10% il diametro nominale del foro;
- la riduzione di lunghezza del tratto di fondazione non può essere maggiore del 5% della lunghezza prevista per la fondazione stessa.

La macchina di perforazione ed in particolare la rigidità delle aste, in relazione alla lunghezza del tirante ed alla natura del terreno, devono garantire il miglior allineamento del foro. A tal fine, l'idoneità dell'apparecchiatura impiegata deve essere verificata durante l'esecuzione dei tiranti preliminari di prova; in particolare, devono essere rispettate le seguenti condizioni:

- la variazione di inclinazione e di direzione azimutale non deve essere maggiore di  $\pm 2^\circ$  ;
- lo scostamento massimo dell'asse del foro di linea retta non deve essere maggiore di 1/30 della lunghezza totale del foro stesso.

### PROVE D'ACQUA ED INIEZIONI PREVENTIVE

In roccia fratturata, quando la perdita totale di acqua nel foro, misurata per un periodo di 10 min, ecceda di 5 l/min/100 kPa per m<sup>2</sup> di superficie, il foro deve essere impermeabilizzato mediante iniezioni e analogamente si deve procedere in presenza di falde artesiane.

Dopo un periodo di almeno un giorno, il foro va riperforato e la prova di tenuta idraulica va ripetuta con le stesse modalità; nel caso la prova d'acqua non dia un risultato soddisfacente la cementazione va ripetuta fino al raggiungimento della necessaria impermeabilizzazione.

## ASSEMBLAGGIO DEGLI ELEMENTI

Nel caso di impiego di armature a trefoli ed a fili, gli elementi costitutivi dell'ancoraggio devono essere preferibilmente confezionati in stabilimento e pervenire in cantiere già arrotolati e inguainati, salvo eventualmente il dispositivo di bloccaggio che può essere montato in cantiere.

Ove, per particolari motivi, fosse necessario effettuare l'assemblaggio degli elementi costitutivi degli ancoraggi in cantiere, deve essere predisposta in prossimità del luogo di impiego una adeguata attrezzatura per confezionare correttamente gli ancoraggi stessi.

In tal caso i componenti, ed in particolare l'acciaio, devono essere immagazzinati convenientemente, possibilmente al coperto, in modo che non subiscano danneggiamenti durante la giacenza.

Deve essere accuratamente evitato il contatto con il terreno o altri materiali che possono danneggiare l'ancoraggio. Pertanto la confezione degli ancoraggi deve avvenire sempre su apposito banco di confezione e non a terra.

La confezione degli ancoraggi deve essere affidata a personale esperto.

Nel caso di impiego di ancoraggi con armature a barre, per i quali l'assemblaggio è fatto in opera, le operazioni di assemblaggio devono essere eseguite da personale esperto e devono essere effettuate via via che la barra viene infilata nel foro avendo cura che il collegamento dei vari tronchi, mediante manicotti di giunzione, avvenga secondo le modalità previste dal costruttore e che parallelamente le sigillature della eventuale guaina siano accuratamente eseguite.

## POSA IN OPERA DELLE ARMATURE

### Modalità di posa in opera

La posa in opera delle armature deve avvenire secondo modalità che ne assicurino il corretto posizionamento e l'efficacia della connessione al terreno.

Sono da evitare franamenti parziali del foro, frammistioni di materiali detritici, danneggiamento degli elementi di protezione anticorrosivi o dei distanziatori.

Nel caso in cui ciò non possa essere garantito, si deve procedere al completo rivestimento del foro con tubazione da recuperare dopo la posa in opera dell'armatura.

### Immagazzinamento in cantiere delle armature

Si rimanda alle vigenti norme per il c.a.p.

### Tempi di esecuzione

Il tempo intercorrente tra la perforazione e la posa in opera delle armature e la successiva iniezione dev'essere ridotto al minimo, soprattutto in terreni soggetti a fenomeni di rigonfiamento o soggetti a franare. Ove ciò non sia possibile, ogni foro deve essere opportunamente rivestito e protetto.

## CONNESSIONE AL TERRENO

Nel caso di semplice riempimento con miscela cementante dell'intercapedine tra armatura e parete del foro, devono essere previsti opportuni organi di sfogo per evitare inclusioni di aria o fluido di perforazione.

Nel caso di iniezione in pressione, in particolare nel tratto di fondazione, è necessario l'uso di un dispositivo otturatore. La pressione di iniezione può essere confrontabile con quella litostatica (iniezione a bassa pressione) o superiore alla litostatica (iniezione ad alta pressione); quest'ultima deve essere tale da non provocare fenomeni di rottura radiale del foro.

Qualora il tratto di fondazione debba essere protetto dalla corrosione con guaina corrugata, quest'ultima deve essere connessa all'armatura per mezzo di un'ulteriore operazione di iniezione, che può essere fatta sia in sede di assemblaggio, sia in sito.

## POSA IN OPERA DEI DISPOSITIVI DI BLOCCAGGIO

Al momento della posa in opera i dispositivi di bloccaggio devono essere in perfette condizioni, privi di ruggine ed incrostazioni di qualsiasi natura.

Nel caso si impieghino tiranti regolabili deve essere possibile regolare la tensione agendo sul dispositivo di bloccaggio (tiranti regolabili).

## TESATURA DELLE ARMATURE

### Modalità ed apparecchiature

L'operazione consiste nell'applicare ad ogni tirante la forza di tesatura prefissata e nel misurare il conseguente allungamento. Il confronto tra l'allungamento misurato e quello teorico previsto consente di fare valutazioni in merito al coefficiente d'attrito, ad eventuali assestamenti, ecc.

Non è consentito variare la forza di tesatura in progetto allo scopo di ottenere l'allungamento teorico.

Il dispositivo di misura della forza deve essere distinto dalle apparecchiature che forniscono il carico per la tesatura (martinetti). Tali dispositivi (generalmente manometri) devono essere frequentemente tarati mediante manometri campione ed in ogni caso almeno all'inizio di ciascuna giornata lavorativa e comunque dopo la tesatura di non più di 100 ancoraggi. La tesatura delle armature deve essere eseguita con gradualità per mezzo di apparecchiature, che garantiscano una precisione sul valore della forza effettiva di più o meno il 5% del valore nominale.

## PROTEZIONI ANTICORROSIVE REALIZZATE IN OPERA

### Protezione della testa

Va assicurata la continuità tra le protezioni del tratto libero del tirante e quelle della testa.

Dopo la tesatura delle armature, i dispositivi di bloccaggio devono essere adeguatamente protetti, per conservare inalterata la loro efficienza nel tempo. La protezione può essere effettuata mediante ricoprimento dei dispositivi di bloccaggio con betoncino o miscela cementizia, adeguatamente solidarizzati alle strutture circostanti per mezzo di opportune armature di collegamento o distribuzione. Possono essere impiegate anche vernici elastiche o altre sigillature protettive, che garantiscano l'efficienza del dispositivo di bloccaggio per tutta la vita dell'ancoraggio.

### Protezione del tratto libero

La protezione dell'armatura si realizza riempiendo l'intercapedine tra l'armatura stessa e le pareti del foro (o la guaina) con opportuni materiali protettivi.

A tal fine, possono essere impiegate miscele cementizie, gel di silice, bitumi o grassi.

### Protezione della fondazione

Si deve usare la guaina corrugata nel caso di tiranti permanenti in ambiente aggressivo.

Se si prevede di effettuare iniezioni ad alta pressione, la guaina deve avere spessore ed elasticità tali da garantire la tenuta.

Per tiranti permanenti in ambiente non aggressivo e per quelli provvisori, la protezione del tratto di fondazione è affidata alla miscela di iniezione.

## **ART. 36.** **MICROPALI INIETTATI AD ALTA PRESSIONE**

Per l'esecuzione di micropali iniettati ad alta pressione si dovranno impiegare idonee pompe di iniezione, che permettono di raggiungere pressioni fino a 100 kg/cmq.

L'armatura sarà costituita da tubi di acciaio con tensione di snervamento superiore o uguale a 550 N/mm<sup>2</sup>. Sono ammessi tubi di secondo impiego conformi agli standard API per perforazioni petrolifere, purché muniti di certificato che ne attesti la qualità.

Le caratteristiche geometriche dell'armatura tubolare saranno funzione delle caratteristiche di resistenza richieste e, salvo diverse indicazioni del progetto, dovranno essere conformi a quanto riportato nella tabella che segue:

TIPO DI MICROPALO	D perfor. (mm)	De (mm)	Di (mm)	PORTATA (t)	
				Compressione	Trazione
A	85-90	51,0	35,0	24	14
B	104-115	60,3	40,3	36	28

C	115-120	76,1	56,1	47	37
D	120-140	76,1	47,7	63	52
E	140-160	88,9	60,5	76	63
F	152-160	101,6	69,6	98	82

La perforazione, con asportazione del terreno, verrà eseguita con sonde a rotazione o a rotopercolazione e comunque con il sistema più adatto alle condizioni che di volta in volta si incontrano e che abbia avuto la preventiva approvazione da parte della D.L..

Lo spostamento planimetrico della posizione teorica dei pali non dovrà superare 5 cm e l'inclinazione, rispetto all'asse teorico, non dovrà superare il 3%. Per valori di scostamento superiori ai suddetti, la D.L. deciderà se scartare i pali che dovranno eventualmente essere rimossi e sostituiti.

I tubi, muniti nella zona di bulbo di valvole di non ritorno ad intervalli di 30 - 50 cm, saranno inseriti in fori di diametro adeguato preventivamente eseguiti.

Successivamente sarà iniettata a bassa pressione la "guaina" (miscela di acqua, cemento e bentonite) che andrà ad occupare lo spazio anulare tra le pareti del foro e la superficie esterna del tubo.

Dopo che la guaina avrà iniziato la presa, si procederà ad iniettare in pressione, valvola per valvola ed in più riprese successive, una miscela costituita da acqua, cemento ed additivi, per la formazione del bulbo. Terminata la serie delle iniezioni, il tubo sarà riempito con malta o miscela cementizia.

La composizione delle miscele sarà la seguente (salvo diversa composizione indicata nel corrispondente articolo di Elenco Prezzi):

- guaina: 100 kg cemento + 4 kg bentonite + 50 l acqua
- bulbo: 100 kg cemento + 1 kg additivo + 50 l acqua

In corso d'opera saranno ammesse modifiche delle composizioni, secondo le indicazioni della Direzione dei Lavori.

Il prezzo dei micropali è comprensivo di perforazione, fornitura e posa in opera dell'armatura tubolare, formazione della guaina, iniezioni ad alta pressione, riempimento del tubo con malta o miscela cementizia. Sono compresi inoltre gli oneri dovuti alla frammentarietà dei lavori ed alle difficoltà di posizionamento delle attrezzature di perforazione per la presenza di strutture esistenti.

## **ART. 37.**

### **PALIFICATE DI FONDAZIONE**

#### **37.1. TIPI DI PALI**

##### **37.1.1. Pali di legno**

Le palificate in legno dovranno essere eseguite con pali di essenza forte (quercia, rovere, larice rosso, pino rosso, ontano, castagno) scortecciati, ben dritti, di taglio fresco, congruati alla superficie ed esenti da carie.

Il loro diametro sarà misurato a metà della lunghezza.

La parte inferiore del palo sarà sagomata a punta e, ove prescritto, munita di cuspidi in ferro, con o senza punta di acciaio, secondo campione che la Direzione dei Lavori avrà approvato.

Prima di procedere all'approvazione della palificata la Direzione dei Lavori potrà richiedere all'Impresa l'infissione di uno o più pali allo scopo di determinare, in base al rifiuto, la capacità portante; le infissioni di prova verranno compensate secondo il prezzo d'elenco.

I pali, salvo diverse prescrizioni, verranno affondati verticalmente nella posizione stabilita in progetto; ogni palo che si spezzasse o deviasse durante l'infissione dovrà essere, a richiesta della Direzione dei Lavori, tagliato o asportato e sostituito da altro idoneo, a cura e spese dell'Impresa.

Durante la battitura la testa dei pali dovrà essere munita di anello di ferro (ghiera) che impedisca ogni spezzatura o guasto.

I pali dovranno essere battuti a rifiuto con maglio di potenza adeguata.

Il rifiuto si intenderà raggiunto quando l'affondamento prodotto da un determinato numero di colpi del maglio (volata), cadente successivamente dalla stessa altezza, non supererà il limite stabilito in relazione alla resistenza che il palo deve offrire.

Le ultime volate dovranno sempre essere battute in presenza di un incaricato della Direzione dei Lavori, né l'Impresa potrà in alcun caso recidere il palo senza averne avuto autorizzazione.

In uno speciale registro tenuto dalla Direzione dei Lavori, che verrà firmato giornalmente da un incaricato dell'Impresa, sarà annotata, giuste le constatazioni da eseguirsi in contraddittorio, la profondità raggiunta da ogni singolo palo, il rifiuto presentato dallo stesso e quindi il carico che ogni palo può sostenere.

L'impresa è obbligata a mettere in opera tanti battipali, quanti ne permetterà lo spazio disponibile e quanti ne potrà esigere una buona e sollecita esecuzione dei lavori. Quando la testa dei pali debba essere spinta sotto acqua, il Direttore dei Lavori può permettere l'uso di un contropalo di conveniente lunghezza e diametro, munito di perno di ferro per la sua temporanea unione col palo che deve essere infisso.

### **37.1.2. Pali prefabbricati in c.a.**

La Direzione dei Lavori, in applicazione delle sopracitate Norme, darà il benestare al tipo e lunghezza dei pali da adottare, solo dopo l'infissione di uno o più pali di saggio, allo scopo di determinarne la capacità portante; l'onere di queste infissioni di saggio è stato tenuto in conto nella determinazione dei prezzi di elenco; sarà opportuno, in generale, che la posizione dei pali di saggio coincida con quella dei pali definitivi.

I pali verranno numerati, così come sulla pianta di dettaglio delle fondazioni; ogni palo che si spezzasse o deviasse durante l'infissione, sarà demolito oppure asportato, e sostituito da altro, a cura e spese dell'Impresa; che non verrà compensata per il palo inutilizzato.

Il rifiuto si intenderà raggiunto quando l'affondamento, prodotto da un determinato numero di colpi di maglio (volata) cadenti successivamente dalla stessa quota, non superi il limite stabilito a seguito della infissione dei pali di saggio, in relazione alla resistenza che il palo deve offrire; a tale fine le ultime volate saranno battute in presenza di un incaricato della Direzione dei Lavori, né l'Impresa è autorizzata, in alcun caso, a recidere il palo senza averne avuta autorizzazione.

Le constatazioni, in contraddittorio, la profondità raggiunta da ciascun palo, ed il rifiuto relativo, saranno annotati con numero relativo, in un registro che verrà firmato giornalmente dall'Impresa e dalla Direzione dei Lavori, e conservato a cura di quest'ultima per essere allegato agli atti da inviare al Collaudatore.

### **37.1.3. Pali (battuti o pressati) in conglomerato cementizio costruiti in opera senza asportazione del terreno.**

La realizzazione del cavo destinato a ricevere il calcestruzzo avverrà sotto l'effetto di un maglio battente su di un tuboforma munito di puntazza, che costringa il terreno in sito a dislocarsi lateralmente, contemporaneamente all'affondarsi del tuboforma senza alcuna asportazione di terreno.

I rifiuti offerti dal suolo dovranno essere riportati su apposito registro e serviranno da riferimento per la presumibile portanza del costruendo palo.

Per i pali di saggio e le constatazioni in contraddittorio verranno osservati i criteri e la procedura previsti nel precedente paragrafo ("Pali prefabbricati in c.a.").

Ultimata l'infissione del tuboforma, verrà realizzato, a mezzo di un maglio cadente entro il tuboforma, oppure mediante aria compressa, un bulbo di base in calcestruzzo.

Il bulbo di base, la canna ed i bulbi intermedi, verranno realizzati in calcestruzzo con  $R_{ck}$  maggiore od uguale a  $25 \text{ N/mm}^2$  avente rapporto acqua/cemento assai limitato, versato tratto a tratto in volumi modesti e battuto, oppure pressato, in maniera che si espanda nelle masse terrose circostanti e dovrà risultare di classe non inferiore a 250.

Il tuboforma verrà ritirato, tratto a tratto, con estrema cautela, ad evitare interruzioni nella continuità del calcestruzzo costituente il fusto del palo. L'armatura metallica interesserà in tutto o in parte la



lunghezza del palo a seconda del progetto ed andrà collocata in opera prima dell'inizio del getto nel tratto di fusto interessato dall'armatura stessa.

L'introduzione del calcestruzzo nel tuboforma avverrà mediante benna munita di valvola automatica all'estremità inferiore, che dovrà essere aperta solo in prossimità della superficie raggiunta dal getto precedente.

Durante i getti verrà evitato con ogni mezzo il dilavamento del calcestruzzo per falde freatiche oppure correnti subalvee.

#### **37.1.4. Pali a piccolo e grande diametro, trivellati**

Per le palificate eseguite con i pali trivellati si procederà all'infissione del tuboforma mediante asportazione del terreno; raggiunta la profondità necessaria, dovrà essere asportata l'acqua e la melma esistente nel cavo.

Messa in opera l'eventuale gabbia metallica, si procederà al getto ed al costipamento del conglomerato cementizio con sistemi in uso e brevettati, riconosciuti idonei dalla D.L. e adeguati alla richiesta portanza del palo.

Il conglomerato cementizio con  $R_{ck}$  maggiore od uguale a  $25 \text{ N/mm}^2$  dovrà essere confezionato con idonei inerti di appropriata granulometria previamente approvata dalla D.L. e dovrà risultare di classe non inferiore a 250.

In particolare per i pali a grande diametro, i getti andranno eseguiti con accorgimenti che garantiscano la massima sicurezza contro i pericoli di decantazione del conglomerato o di taglio del palo.

L'introduzione del calcestruzzo avverrà pertanto mediante benna munita di valvola automatica all'estremità inferiore e con le modalità di cui al precedente punto "Pali speciali in conglomerato cementizio costruiti in opera"; oppure adottando sistemi di tipo "prepakt", o simili: in tal caso l'estremità inferiore della tubazione di mandata sarà mantenuta costantemente immersa entro la massa di calcestruzzo fresco per almeno 2 metri, onde evitare fenomeni di disinnescio.

Viene inoltre precisata la necessità assoluta che la rasatura delle teste dei pali sia eseguita fino alla completa eliminazione di tutti i tratti in cui le caratteristiche del conglomerato non rispondano a quelle previste.

In tal caso è onere dell'Impresa procedere al prolungamento del palo sino alla quota di sottopinto.

La scapitozzatura dovrà avvenire con martello demolitore manuale, o meccanico di piccole dimensioni in modo da evitare lesioni alla testa palo, o scoperture dei ferri di armatura. E' in ogni caso vietato l'uso di "scalpello" o "martellone" montato su escavatore.

Tutti i pali dovranno essere strumentati per essere sottoposti a prove non distruttive "ultrasoniche" del tipo cross-hole. A tal fine per ogni palo e per tutta la lunghezza dello stesso saranno posti in opera n° 3 tubi in acciaio (disposti a  $120^\circ$ ) del diametro interno utile da  $1+1/2"$  a  $2+1/2"$  (in funzione della strumentazione utilizzata per le prove).

Inoltre prima e durante l'esecuzione dei pali l'Impresa dovrà redigere appositi rapportini contenenti:

- n° del palo e posizione in pianta;
- data e ora di inizio e fine perforazione;
- data e ora di inizio e fine getto;
- quantitativo complessivo di calcestruzzo gettato per ogni palo;
- "profilo di getto" ovvero quantitativo di calcestruzzo assorbito per ogni tratto di palo;
- annotazione di eventuali anomalie riscontrate durante la perforazione ed il getto dei pali.

La tolleranza planimetrica della posizione finale dei pali deve essere contenuta entro ( 65mm rispetto alla posizione teorica del palo stesso).

La tolleranza di quota altimetrica, misurata dopo la scapitozzatura e la regolarizzazione della testa palo deve essere contenuta entro ( 15mm rispetto alla quota teorica di progetto).

Le gabbie di armatura dei pali dovranno essere saldate o morsettate nelle giunzioni, ciò anche ai fini di assicurare la continuità elettrica di terra.

#### **37.1.5. Pali a grande diametro con impiego di fanghi bentonitici**

Per i pali a grande diametro realizzati con l'impiego di fanghi bentonitici e senza l'uso del tuboforma, lo scavo dovrà eseguirsi esclusivamente con apposita attrezzatura a rotazione o a rotopercussione a seconda della natura del terreno.

Il cantiere dovrà prevedere un impianto per la produzione del fango di perforazione ed uno per il dissabbiamento dello stesso.

Le vasche ed i condotti della bentonite dovranno essere posizionati in modo tale da evitare spandimenti di bentonite. Ciò per evitare accuratamente inquinamento ambientale.

Relativamente alle vasche contenenti fluidi di perforazione, l'impresa sarà tenuta a controllarne la perfetta tenuta, annotando i relativi controlli su un registro di cantiere a disposizione della DL e delle autorità competenti.

Dovrà essere assicurato l'attento controllo della pressione dei fanghi di perforazione utilizzati, onde evitare qualsiasi rischio di fuoriuscita.

Il fango di perforazione, che torna in superficie, dovrà essere opportunamente convogliato e raccolto in apposite vasche di stoccaggio, dotate alla loro base di telo in plastica, per la sua "rigenerazione" tramite asportazione della frazione più grossolana di terreno in esso contenuta (operazione denominata "disabbiamento"); verrà quindi reimmesso nel flusso continuo di circolazione dopo aver eventualmente corretto e adeguato il dosaggio di bentonite.

Lo smaltimento dei fanghi esausti dovrà essere gestito ed organizzato adeguatamente; non è ammesso lo spargimento incontrollato nell'ambiente, nei corsi d'acqua e nelle canalizzazioni pubbliche.

I fanghi esausti ed i rifiuti di perforazione saranno temporaneamente depositati in bacini impermeabili e poi avviati a trattamento/smaltimento e pertanto gestiti nel regime dei rifiuti speciali con codice CER 0105XX. Le analisi di caratterizzazione per la corretta assegnazione del codice CER saranno a carico dell'impresa, in qualità di produttore del rifiuto.

Il terreno escavato, mescolato con i fanghi bentonitici, dovrà essere depositato in un bacino, appositamente scavato, delimitato e segnalato, dove sarà lasciato decantare per qualche giorno prima di essere portato in impianto autorizzato.

Per ciò che riguarda le modalità di getto del conglomerato, la rasatura delle teste dei pali, ecc. vale quanto prescritto al precedente paragrafo. ("Pali a piccolo e grande diametro, trivellati").

Tutti i mezzi e le attrezzature dovranno essere mantenuti in efficienza mediante attività manutentive programmate.

### **37.2. PROVA DI CARICO**

Le prove di carico saranno effettuate nel numero e con le modalità di cui al Cap. 6.4.3.7 del D.M. 17 gennaio 2018 "Norme tecniche per le costruzioni" e al Cap. C6.4.3.7 della Circolare 21 gennaio 2019 nr. 7.

Poiché tali prove hanno la finalità di determinare il carico limite del complesso palo-terreno, esse vanno spinte fino a quel valore del carico per il quale si raggiunge la condizione di rottura del terreno. Ove ciò non sia possibile, la prova deve essere eseguita fino ad un carico pari ad almeno 1,5 volte l'azione di progetto utilizzata per le verifiche SLE.

La D.L. dovrà in contraddittorio con l'Impresa, stabilire in anticipo su quali pali operare la prova di carico, ai fini dei controlli esecutivi.

Per nessun motivo il palo potrà essere caricato prima dell'inizio della prova; questa potrà essere effettuata solo quando sia trascorso il tempo sufficiente perché il palo ed il plinto abbiano raggiunto la stagionatura prescritta.

Sul palo verrà costruito un plinto rovescio di calcestruzzo armato, avente la superficie superiore ben piantata e coassiale con il palo, sulla quale verrà posata una piastra di ferro di spessore adeguato; un martinetto di portata adeguata verrà posto tra detta piastra ed il carico di contrasto. Il carico di contrasto potrà essere realizzato con un cassone zavorrato, oppure con putrelle, rotaie, cubi di conglomerato cementizio od altro materiale di peso facilmente determinabile. Se invece la prova verrà realizzata utilizzando pali di reazione, di norma dovranno essere costruiti fuori opera pali a perdere, escludendo l'utilizzo, per detta prova, dei pali costituenti la fondazione dell'opera.

In questo caso i pali di reazione dovranno essere realizzati a distanza tale da non influenzare la fondazione dell'opera.

Il carico di contrasto supererà del 20% il carico di prova, affinché questo possa essere raggiunto, comunque, anche se l'incastellatura risultasse non centrata perfettamente rispetto al palo. Gli appoggi dell'incastellatura realizzata per l'esecuzione delle prove di carico saranno ampi e sufficientemente

lontani dal palo di prova, ad evitare interferenze tra le tensioni provocate nel sottosuolo dal carico di contrasto e quelle provocate dal palo in prova.

Il martinetto idraulico da impiegare dovrà consentire di mantenere invariata la pressione del fluido per il tempo necessario alla prova; il manometro avrà una scala sufficientemente ampia in relazione ai carichi da raggiungere.

Il manometro ed i flessimetri verranno preventivamente tarati e sigillati presso un Laboratorio Ufficiale, con relative curve di taratura.

I flessimetri saranno sistemati a 120°, a conveniente distanza dall'asse del palo; essi avranno una corsa sufficientemente ampia in relazione agli eventuali cedimenti. I cedimenti del palo in prova saranno assunti pari alla media delle letture dei flessimetri.

La Direzione dei Lavori si riserva, a prove di carico ultimate, di ricontrollare la taratura del manometro e dei flessimetri. Il carico finale verrà realizzato con incrementi successivi ed eguali. Nel caso che venga realizzata la prova con cassone di zavorra, l'equilibrio di questo dovrà essere mantenuto stabile anche in prossimità del raggiungimento del carico massimo applicato.

Le modalità di applicazione e durata del carico e così pure la successione dei cicli di carico e scarico saranno prescritte dalla Direzione dei Lavori. Di ciascuna prova dovrà essere redatto apposito verbale, controfirmato dalle parti, nel quale saranno riportati tra l'altro: data ed ora di ogni variazione del carico, le corrispondenti letture dei flessimetri ed il diagramma carichi-cedimenti.

### **37.3. CONTROLLI ESECUTIVI**

Fermo restando la facoltà della Direzione dei Lavori, di cui al punto relativo agli oneri ed obblighi diversi a carico dell'Appaltatore, specificati nelle Norme Generali del Capitolato Speciale d'Appalto, l'Impresa, ai fini dell'accertamento dell'integrità e della buona esecuzione dei pali mediante metodi di accertamento indiretto (non distruttivo), dovrà predisporre, su tutti i pali realizzati, quanto occorre per effettuare l'applicazione di prove cross-hole.

## **ART. 38. DIAFRAMMI**

### **38.1. PRESCRIZIONI GENERALI**

Nell'esecuzione dei diaframmi dovranno essere adottati tutti gli accorgimenti necessari a realizzare l'opera conformemente ai requisiti progettuali, in particolare per quanto riguarda il rispetto della verticalità, la complanarità e l'impermeabilità dei giunti.

Le attrezzature, gli utensili e le modalità di scavo dovranno essere definite dall'Appaltatore in modo da assicurare il raggiungimento delle profondità di progetto, l'attraversamento di eventuali strati di terreno lapidei o cementati, l'immorsamento nel substrato roccioso, etc.

La distanza minima fra gli assi di due scavi attigui, in corso, appena ultimati o in corso di getto, dovrà essere tale da impedire eventuali fenomeni di interazione. Qualora in fase di completamento della perforazione fosse accertata l'impossibilità di eseguire rapidamente il getto (sosta notturna, mancato trasporto del calcestruzzo, etc.), sarà necessario interrompere la perforazione alcuni metri prima ed ultimare solo nell'imminenza del getto.

La perforazione a secco senza fanghi di stabilizzazione non è di norma ammessa, salvo, e previa informazione alla Direzione Lavori, il caso in cui si operi in terreni coesivi caratterizzati da valori della coesione non drenata  $c_u \geq \gamma H/3$ , esenti da intercalazioni incoerenti, non interessati da ingresso di acqua nello scavo e non rigonfiabili ( $\gamma$  = peso del volume totale).

Nel caso che, durante la scopertura del paramento in vista del diaframma, si riscontrassero difetti di esecuzione (quali soluzioni di continuità nel conglomerato, non perfetta tenuta dei giunti di collegamento, ecc.), sarà onere dell'Impresa adottare a sua cura e spese i provvedimenti che saranno ritenuti necessari a giudizio insindacabile della Direzione Lavori.

## **38.2. ATTREZZATURE**

### **38.2.1. Escavatori**

Le caratteristiche degli escavatori e delle gru di servizio dovranno essere scelti dall'Appaltatore in relazione alle capacità operative effettivamente necessarie per eseguire gli scavi ed i getti in conformità con le prescrizioni di progetto.

### **38.2.2. Benne mordenti**

Le dimensioni delle benne mordenti dovranno corrispondere alle dimensioni nominali dei pannelli da scavare, a meno di prevedere lo scavo di pannelli multipli.

Le benne mordenti possono essere a funzionamento idraulico o meccanico.

Le benne possono essere manovrate mediante fune libera, o tramite aste di guida tipo Kelly.

Le attrezzature Kelly possono essere del tipo monoblocco, o telescopico. Nei Kelly telescopici i dispositivi di battuta devono essere tali da evitare rotazioni relative tra le varie aste.

L'ancoraggio del Kelly sull'escavatore deve essere realizzato in modo da ridurre gli effetti di beccheggio dell'attrezzatura, conseguenti alla variazione di baricentro durante le manovre di scavo.

In caso di pannelli di notevole profondità o di scavo mediante benna libera la benna deve essere predisposta con un telaio di guida "spalla" dimensionato in maniera tale da eliminare ogni rotazione, seppur minima, sull'asse del pannello e la tendenza alla variazione sulla verticale.

### **38.2.3. Idrofresa**

Le frese idrauliche per lo scavo dei pannelli dovranno essere costituite da due ruote fresanti, dotate di opportuna dentatura, in movimento rotativo sincrono opposto.

I tamburi fresanti saranno azionati da motori idraulici ad albero fisso e telaio ruotante inseriti al loro interno, oppure ad essi collegati con opportuni cinematismi.

Il telaio della fresa idraulica dovrà contenere anche una pompa per la circolazione del fango di perforazione, avente portata non inferiore a 120 l/s e prevalenza adeguata a superare tutti i dislivelli e le perdite di carico esistenti tra il piano delle corree e l'impianto di recupero dei fanghi.

Le dimensioni dell'idrofresa in pianta dovranno corrispondere a quelle dei pannelli da scavare; è ammessa l'esecuzione di pannelli multipli.

### **38.2.4. Impianto di depurazione e recupero dei fanghi**

L'Appaltatore dovrà predisporre e mantenere operanti idonee apparecchiature di depurazione del fango che consentano di eliminare o ridurre le quantità di detrito trattenuto in sospensione. L'efficacia di tali apparecchiature dovrà essere tale da mantenere il peso di volume del fango presente nello scavo entro i limiti seguenti:

- non superiore a 1,25 t/m<sup>3</sup> nel corso della perforazione;
- non superiore a 1,15 t/m<sup>3</sup> prima dell'inizio delle operazioni di getto.

La determinazione prima dell'inizio del getto dovrà essere eseguita su campioni prelevati con campionatore ad una quota di circa 1 m superiore a quella di fondo del pannello.

I dissabbiatori dovranno essere dotati di un vaglio vibrante in corrispondenza dell'arrivo della tubazione di mandata, di una pompa centrifuga per fanghi e di un numero adeguato di cicloni. E' richiesta una capacità minima di 100 m<sup>3</sup>/ora per ogni dissabbiatore. Numero e potenza dei dissabbiatori dovranno essere commisurati alle effettive necessità derivanti dai ritmi di perforazione delle attrezzature di scavo. Gli impianti di recupero dei fanghi asserviti alle idrofresche dovranno avere una capacità operativa commisurata alla pompa di aspirazione della fresa. Nel caso di scavo in terreni coesivi, a valle dei dissabbiatori dovrà essere prevista una centrifuga per la separazione delle frazioni fini inattive tenute in sospensione nel fango.

## **38.3. PERFORAZIONE**

Prima dell'inizio dei lavori l'Appaltatore fornirà gli elaborati di dettaglio del progetto esecutivo, contenenti la planimetria con i pannelli numerati, indicando i primari ed i secondari, e la sequenza di esecuzione degli stessi.

### **38.3.1. Scavo con benna mordente**

Lo scavo con benna mordente sarà eseguito in presenza di fango bentonitico in quiete.

Le lunghezze dei singoli elementi di scavo (pannelli) dovranno essere indicate in funzione delle esigenze costruttive dell'opera, della natura del terreno, della profondità di scavo, della sicurezza delle opere adiacenti, e tenendo conto delle dimensioni caratteristiche degli attrezzi di scavo. In ogni caso, la lunghezza massima (intesa come sviluppo in pianta) di ogni singolo pannello non potrà superare i 6 m.

Durante la perforazione, il livello del fango dovrà costantemente essere mantenuto in prossimità del piano di lavoro. Nel caso di improvviso franamento, con o senza perdita di fango bentonitico, lo scavo verrà immediatamente riempito con calcestruzzo magro.

Durante l'esecuzione dello scavo dovranno essere presi tutti gli accorgimenti ragionevoli al fine di prevenire la fuoriuscita del fango bentonitico al di là delle immediate vicinanze della zona di scavo.

Al termine della perforazione si dovrà procedere all'accurata rimozione dei detriti rimasti sul fondo nonché alla sostituzione parziale od integrale del fango per ricondurlo alle caratteristiche prescritte per l'esecuzione del getto:

- il contenuto in sabbia del fango non dovrà essere superiore al 5 %;
- la densità non potrà superare 1,15 t/m<sup>3</sup>.

In caso contrario, l'Appaltatore sostituirà parzialmente od integralmente il fango per ricondurlo alle caratteristiche richieste.

Tipo e numero dei controlli saranno commisurati, per ogni pannello, al raggiungimento delle suddette prescrizioni.

#### **38.3.2. Scavo con idrofresa**

Nelle prime fasi di scavo è previsto l'utilizzo della benna mordente, almeno fino al raggiungimento della profondità necessaria per il funzionamento della pompa di circolazione del fango incorporata nell'idrofresa. La seconda attrezzatura (idrofresa) sarà impiegata in successione, per profondità di scavo superiori, fino al raggiungimento della quota di progetto.

Le due attrezzature, dunque, costituiranno un unico gruppo di scavo. In relazione alla natura dei litotipi presenti, si potrà effettuare un pre-scavo oltre la profondità minima richiesta per l'innescio della circolazione inversa del fango bentonitico, ottimizzando i tempi di impiego delle due attrezzature ai fini di un corretto e rapido completamento dello scavo.

Di norma l'impiego dell'idrofresa è da prevedersi nella realizzazione di diaframmi di grande profondità e/o interessanti strati di terreno a consistenza litoide o con presenza di grossi trovanti.

#### **38.3.3. Controllo della verticalità**

Per il controllo della verticalità dello scavo, e quindi dei pannelli, saranno utilizzati sistemi la cui precisione è commisurata alle profondità dei pannelli ed all'importanza dell'opera. Di norma potranno essere utilizzati inclinometri biassali da fissare sull'utensile di scavo, in modo da avere il controllo della perforazione a varie profondità.

Poiché l'inclinometro non dà indicazioni circa l'eventuale rotazione del pannello, si provvederà, ove richiesto dal progetto o dalla Direzione Lavori, a misure più precise o integrative quali:

- rilievo della geometria del pannello mediante sonda ad ultrasuoni (tipo sistema KODEN);
- rilievo della rotazione mediante controllo della posizione delle funi di sospensione di un "pendolo" di massa non inferiore a 2000 kg, a forma di parallelepipedo a base quadrata, il cui lato è pari allo spessore del pannello meno 5 cm.

Sia la sonda che il pendolo saranno fatti discendere in corrispondenza delle estremità del pannello da misurare.

Le misure saranno eseguite in risalita.

#### **38.4. DISPOSITIVI PER LA FORMAZIONE DEI GIUNTI**

Per la corretta formazione dei giunti, si utilizzeranno tubi -spalla di opportuna forma e dimensione:

- colonne semi-circolari;
- profilati piatti irrigiditi con colonne semi-circolari;
- "canne d'organo", etc.

Di norma i tubi spalla saranno messi in opera, controllandone la verticalità con sistemi ottici, non appena completata la perforazione, e per tutta la profondità del pannello.

Ad avvenuta presa del getto si provvederà alla loro rimozione, utilizzando un opportuno estrattore a morsa idraulica; se necessario la superficie del tubo spalla potrà essere preventivamente trattata con vernici disarmanti.

Si avrà cura di pulire adeguatamente i tubi spalla prima del loro impiego.

Nello scavo dei pannelli adiacenti (pannelli secondari) si avrà cura di pulire con estrema cura l'impronta lasciata dal tubo-spalla, mediante opportuni raschiatori, la cui forma è ricalcata su quella del tubo spalla utilizzato. I raschiatori saranno utilizzati a fine perforazione, fissandoli rigidamente sull'utensile di scavo.

Qualora sia utilizzata l'idrofresa è possibile realizzare i giunti senza impiego dei tubi-spalla, provvedendo ad alesare i pannelli primari già gettati.

### **38.5. ARMATURE**

Completata la perforazione si provvederà alla posa in opera delle gabbie preassemblate costruite in conformità ai disegni di dettaglio.

### **38.6. GETTO DEL CALCESTRUZZO**

Prima del getto si provvederà alla sostituzione del fango di perforazione fino al raggiungimento dei prescritti valori del contenuto in sabbia.

Per la rimonta del fango di perforazione da sostituire prima del getto, si potrà utilizzare uno dei seguenti sistemi:

- eiettore (air lifting);
- pompa sommersa per fanghi;
- pompa-vuoto applicata in testa al tubo-getto.

Nel caso di scavo con idrofresa l'eventuale dissabbiamento, se necessario, sarà condotto mantenendo l'utensile a fondo foro e prolungando la circolazione inversa del fango.

Il getto del calcestruzzo avverrà impiegando il tubo di convogliamento. Esso sarà costituito da sezioni non più lunghe di 3,00 m di tubo in acciaio avente diametro interno  $20 \div 26$  cm.

L'interno del tubo sarà pulito, privo di irregolarità e strozzature.

Le giunzioni tra sezione e sezione saranno del tipo filettato, senza manicotto (filettatura in spessore) o con manicotti esterni che comportino un aumento di diametro non superiore a 2,0 cm; sono escluse le giunzioni a flangia.

Il tubo sarà provvisto, all'estremità superiore, di una tramoggia di carico avente una capacità di almeno 0,5-0,6 mc, e mantenuto sospeso da un mezzo di sollevamento.

Prima di installare il tubo getto sarà eseguita una ulteriore misura del fondo foro; qualora lo spessore del deposito superi i 20 cm si provvederà all'estrazione della gabbia d'armatura ed alle operazioni di pulizia.

Il tubo di convogliamento sarà posto in opera arrestando il suo piede a 30-60 cm dal fondo della perforazione; al fine di evitare azioni di contaminazione/dilavamento del primo calcestruzzo gettato, prima di iniziare il getto si disporrà entro il tubo, in prossimità del suo raccordo con la tramoggia, un tappo formato da un involucro di carta riempito con vermiculite granulare o palline di polistirolo.

Durante il getto il tubo convogliatore sarà opportunamente manovrato per un'ampiezza di  $20 \div 30$  cm, in modo da favorire l'uscita e la risalita del calcestruzzo. Previa verifica del livello raggiunto, utilizzando uno scandaglio metallico a fondo piatto, il tubo di convogliamento sarà accorciato per tratti successivi nel corso del getto, sempre conservando un'immersione minima nel calcestruzzo di 2,5 m e massima di 6 m.

All'inizio del getto si dovrà disporre di un volume di calcestruzzo pari a quello del tubo di getto e di almeno 3 o 4 m di pannello. E' prescritta una cadenza di getto non inferiore a 25 m<sup>3</sup>/ora.

Il getto di un pannello dovrà comunque essere completato in un tempo tale che il calcestruzzo rimanga sempre lavorabile nella zona di rifluimento. In presenza di pannelli di lunghezza superiore a 4 m, o forma tale da richiedere l'impiego di due o più tubi getto, questi dovranno essere alimentati in modo sincrono per assicurare la risalita uniforme del calcestruzzo.

Per nessuna ragione il getto dovrà venire sospeso prima del totale riempimento del pannello. A pannello riempito il getto sarà proseguito fino alla completa espulsione del calcestruzzo contaminato dal fango di bentonite.

### 38.7. CONTROLLI E DOCUMENTAZIONE

Per ciascun pannello l'Appaltatore dovrà redigere una scheda indicante:

- data di esecuzione;
- numero progressivo del pannello;
- dati tecnici dell'attrezzatura;
- profondità di perforazione;
- informazioni relative alla stratigrafia locale;
- volumi e grafico del getto.

La scheda così compilata sarà conservata a cura dell'Appaltatore, e copia della scheda va consegnata alla DL.

In presenza di anomalie o differenze rispetto alla stratigrafia prevista, qualora le condizioni reali risultino inferiori a quelle di progetto, l'Appaltatore procederà al riesame della progettazione ed adotterà gli opportuni provvedimenti, concordandoli con la D.L.

### 38.8. CONTROLLI FINALI

Sono previste le seguenti tipologie di prove:

- Prove di carico
  - assiale di collaudo (non distruttiva): con carichi massimi di prova pari a 1,5 volte il carico di esercizio;
  - laterale (non distruttiva): con l'ausilio di pannelli di contrasto posti almeno a 3 m di distanza dal pannello di prova.
- Prova di carico su pannelli strumentati -assiale; -laterale;
- Prova sonica;
- Prova della deformazione in fase di scavo.

Le prove di carico assiali verranno eseguite solo per diaframmi soggetti ad azioni prevalentemente verticali.

La frequenza delle prove (anche predeterminata prima della fase di realizzazione) per ognuno dei tipi di controllo dovrà essere in ragione di:

Prova di carico non distruttiva (prova di collaudo)	<p>Il numero e l'ubicazione delle prove di verifica devono essere stabiliti in base all'importanza dell'opera e al grado di omogeneità del terreno di fondazione. Le prove saranno effettuate su diaframmi prova appositamente realizzati in numero non inferiore a:</p> <p><input type="checkbox"/><input type="checkbox"/>1 se il numero di diaframmi è inferiore o uguale a 20, <input type="checkbox"/><input type="checkbox"/>2 se il numero di diaframmi è compreso tra 21 e 50, <input type="checkbox"/><input type="checkbox"/>3 se il numero di diaframmi è compreso tra 51 e 100, <input type="checkbox"/><input type="checkbox"/>4 se il numero di diaframmi è compreso tra 101 e 200, <input type="checkbox"/><input type="checkbox"/>5 se il numero di diaframmi è compreso tra 201 e 500, <input type="checkbox"/><input type="checkbox"/>il numero intero più prossimo al valore <math>5 + n/500</math>, se il numero n di pali è superiore a 500.</p> <p>Il numero di prove di carico di verifica può essere ridotto se sono eseguite prove di carico dinamiche, da tarare con quelle statiche di progetto, e siano effettuati controlli non distruttivi su almeno il 50% dei pali.</p>
Prova sonica (cross hole)	<p>- <u>Pannelli attrezzati</u>: vengono attrezzati il 50% dei pannelli ed eseguite prove su 1/3 di questi a scelta della DL (qualora le prove abbiano esito negativo si estenderanno alla totalità dei pannelli attrezzati)</p> <p>- <u>Pannelli non attrezzati</u>: esecuzione di carotaggi su pannelli già realizzati ed esecuzione della prova per 5 pannelli ogni 100 o frazione a scelta della DL. (tali prove verranno eseguite solo nel caso in cui le prove sui pannelli attrezzati</p>

	abbiano esito negativo)
Prove con pannelli strumentati	1% dei pannelli

Per le prove di carico laterale e quelle di controllo della deformazione la frequenza sarà quella indicata dal progettista.

Le frequenze suddette sono da ritenersi un limite minimo e potranno essere incrementate su richiesta della DL quando i risultati siano non soddisfacenti o indichino possibili anomalie.

#### **38.8.1. Prove di carico laterale**

Tali tipologie di prove saranno effettuate su quei pannelli indicati dal progettista del diaframma e/o preventivamente concordati con la Direzione Lavori pannelli, comunque anch'essi definiti prima della loro realizzazione, dovranno essere stati affiancati da un pannello di caratteristiche geometriche analoghe.

#### **38.8.2. Prove su pannelli strumentati**

Per tali tipi di pannelli oltre alle prove di carico assiale e laterale si dovranno prevedere anche i seguenti controlli integrativi:

- a) Controllo dell'integrità della strumentazione subito dopo il getto del pannello strumentato si dovrà procedere alla verifica della funzionalità della strumentazione installata, al fine di accertarsi che non abbia subito alcun danno;
- b) Controlli successivi sulla strumentazione. Oltre al controllo di funzionalità precedente, si dovranno eseguire degli ulteriori controlli ma con registrazione dei dati. Tali controlli verranno effettuati con le seguenti cadenze a partire dalla data del getto:
  - 1° controllo: a 7 giorni;
  - 2° controllo: a 14 giorni;
  - 3° controllo: a 28 giorni;
  - 4° controllo: immediatamente prima della prova di carico

I dati registrati su apposito modulo, riportante oltre all'identificazione del pannello anche la data (giornaliera e progressiva) del controllo, saranno allegati alla documentazione della prova di carico.

Per quanto riguarda la prova di carico laterale, questa avverrà con l'ausilio del tubo inclinometrico e con gli estensimetri elettrici già predisposti se ciò era già stato concordato con la D.L..

#### **38.8.3. Prove di controllo sonico**

Si tratta di controlli basati su prove soniche, la cui esecuzione richiede che i pannelli siano attrezzati con tubazioni metalliche annegate nel getto di calcestruzzo.

L'Appaltatore dovrà attrezzare con tubi almeno il 50 % dei diaframmi.

Le prove verranno eseguite non prima di 28 giorni dal termine delle operazioni di getto su:

- 1/3 dei pannelli attrezzati a scelta della D.L.;
- n° 5 pannelli non attrezzati ogni 100 o frazione dietro realizzazione di carotaggi verticali nei pannelli stessi. La scelta dei pannelli su cui eseguire la prova è eseguita dalla D.L.. Data la forma geometrica rettangolare della sezione dei pannelli, le prove di controllo sonico saranno eseguite con la metodologia "cross-hole".

##### **38.8.3.1. Modalità di prova**

Per l'esecuzione della prova è necessario installare un minimo di 2 tubi (o realizzare due fori) di diametro interno non inferiore a 1" ½, il numero effettivo di tubi da installare andrà calcolato in funzione delle dimensioni dei singoli pannelli considerando una distanza radiale massima tra i tubi di 150 cm.

Su richiesta della DL, su pannelli non ancora sottoposti a prova o anche per pannelli sui quali la prova è già stata eseguita fornendo risultati dubbi, dovranno essere invece realizzati o posti in opera più tubi o fori, disposti ai vertici del pannello e lungo le facce dello stesso. In questo caso è, infatti, possibile reiterare la prova e determinare con maggiore precisione le caratteristiche del getto.

Il numero dei tubi e delle prove sarà definito dall'Appaltatore e comunicato alla Direzione Lavori, in base anche alle dimensioni del pannello. Le misure di cross-hole (impulso su percorso orizzontale) sonico consistono nella registrazione delle modalità di propagazione di un impulso sonico nel calcestruzzo interposto tra i tubi di misura.



Prima dell'esecuzione della prova i tubi devono essere riempiti con acqua dolce.

I tubi sono utilizzati a coppie; in uno viene introdotta la sonda emettitrice, nell'altro (o negli altri) quella ricevente.

Le due sonde vengono contemporaneamente fatte scorrere all'interno dei due tubi, ad intervalli regolari di profondità, la sonda emettitrice genera un impulso sonico che raggiunge l'altra sonda dopo aver attraversato il calcestruzzo.

Le misure debbono essere eseguite almeno ogni 10 cm di avanzamento delle sonde nelle tubazioni predisposte.

Il segnale sonico modula il pennello elettronico di un oscilloscopio al cui traccia sincronizzata sull'istante di emissione, viene fatta traslare della stessa quantità ad ogni emissione di impulso.

L'esito delle prove sarà registrato con strumentazione digitale. Nel caso si individuassero anomalie, le misure saranno ripetute con le sonde a quote diverse tra loro, al fine di stabilire se l'anomalia riscontrata è dovuta ad un piano di discontinuità oppure è provocata da cavità o inclusioni nel getto di calcestruzzo.

#### **38.8.3.2. Documentazione della prova**

L'esito delle prove soniche sarà registrato in una apposita scheda in cui sarà indicato, per ogni pannello:

- i dati identificativi del pannello rispetto alla planimetria;
- la data di esecuzione delle varie operazioni di prova;
- il tipo di sonda sonica impiegata;
- le registrazioni digitali effettuate ad ogni avanzamento della sonda.

#### **38.8.4. Controllo delle deformazioni**

Questo tipo di controllo si eseguirà con l'ausilio di tubi inclinometrici annegati nel getto di calcestruzzo.

##### **38.8.4.1. Modalità di prova**

Per il controllo delle deformazioni con l'ausilio dei tubi inclinometrici si seguirà la prassi normalmente adottata nell'esecuzione di tali controlli e qui precisata in alcuni particolari.

Si utilizzeranno tubi in alluminio a 4 scanalature, diametro  $\varnothing$  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 biassiale, previo rilevamento delle torsioni iniziali del tubo guida.

La frequenza delle misure sarà stabilita volta per volta in accordo con la Direzione Lavori, in relazione ai programmi di scavo del pannello ed alla messa in trazione degli eventuali tiranti di ancoraggio.

##### **38.8.4.2. Documentazione della prova**

L'esito delle prove sarà registrato in una apposita scheda in cui sarà indicato, per ogni pannello:

- i dati identificativi del pannello rispetto alla planimetria;
- la data di esecuzione delle varie operazioni di prova;
- il tipo di sonda inclinometrica impiegata;
- i dati sulla torsione iniziale dei tubi guida;
- le registrazioni dei dati inclinometrici rilevati.

### **ART. 39. FANGHI BENTONITICI**

I fanghi bentonitici da impiegare nello scavo di palificate, di trincee, o per l'esecuzione di paratie e di muri, o comunque per il sostegno delle pareti di un cavo, dovranno essere costituiti da una miscela di bentonite attivata, di ottima qualità, ed acqua, di norma nella proporzione di 8÷17 kg di bentonite asciutta per 100 litri d'acqua, salva la facoltà della Direzione dei Lavori di ordinare dosature diverse. Il contenuto in sabbia finissima dovrà essere inferiore al 3% del peso della bentonite asciutta.

La miscela sarà eseguita in impianti automatici con mescolatore ad alta turbolenza e dosatore a peso dei componenti.

Circa le caratteristiche della miscela si precisa che questa dovrà avere una gelimetria, a temperatura zero, non superiore a 15 cm e non inferiore a 5 cm di affondamento, ed un peso specifico, misurato alla vasca di accumulo, compreso fra 1,05 e 1,10 t/m<sup>3</sup>.

L'Impresa dovrà disporre in cantiere di una adeguata attrezzatura di laboratorio per il controllo del peso specifico della miscela; mentre per la constatazione delle predette caratteristiche di gelimetria, nonché dei valori del rigonfiamento della bentonite, del pH, della decantazione e della viscosità della miscela, si ricorrerà al Laboratorio ufficiale.

#### **ART. 40.**

#### **PARATIE TIRANTATE TIPO BERLINESE**

Le paratie saranno realizzate nel rispetto di quanto prescritto al Cap. 6.5 e 6.6 del D.M. 17 gennaio 2018 "Norme tecniche per le costruzioni" e al Cap. C6.5. e C6.6 della Circolare 21 gennaio 2019 nr. 7.

La paratia sarà costituita da armature in travi o tubi in acciaio (del tipo specificato in progetto) inserite nel terreno e ancorate mediante tiranti. I fori per l'alloggiamento delle armature saranno realizzati con perforazione verticale a rotazione o rotopercussione e saranno completamente rivestiti con tubi-forma del diametro indicato nel progetto.

La cementazione delle armature costituenti la berlinese sarà effettuata, secondo le indicazioni progettuali, o con malta cementizia o con una miscela acqua-cemento-additivi.

Nel primo caso la malta sarà inserita nel foro rivestito e successivamente sarà introdotta l'armatura; quindi verrà estratto lentamente il tubo forma; dopo l'estrazione sarà inserita altra malta in modo da riempire completamente il foro.

Nel secondo caso si inserirà l'armatura eventualmente rivestita da calza in geotessile all'interno del tubo-forma e si inietterà attraverso apposito tubicino la miscela cementizia, da fondo foro, estraendo gradualmente il tubo-forma (avendo cura che il livello della miscela nel foro sia superiore alla quota del fondo del rivestimento).

Eseguite la posa e la cementazione delle armature, sarà effettuato lo sbancamento del terreno davanti alla berlinese, fino a 50 cm sotto il livello al quale è prevista la prima fila di tiranti; dopo l'esecuzione della tirantatura si procederà alla seconda fase di sbancamento fino alla seconda fila di tiranti e così di seguito fino alla quota di fondo scavo.

Sarà posta in opera, in corrispondenza di ciascuna fila di tiranti, una trave di ripartizione secondo le indicazioni di progetto.

Il paramento ottenuto con lo sbancamento del terreno sarà rivestito con uno strato di spritz-beton, previa posa in opera di una rete elettrosaldata.

#### **ART. 41.**

#### **SCOGLIERE IN MASSI CICLOPICI**

L'Appaltatore deve impiegare per il sollevamento, trasporto e collocamento in opera dei massi, quegli attrezzi, meccanismi e mezzi d'opera che saranno riconosciuti più adatti per la buona esecuzione del lavoro e per evitare che i massi abbiano a subire avarie.

La scogliera deve essere formata incastrando con ogni diligenza i massi gli uni contro gli altri, in modo da costruire un tutto compatto e regolare, di quelle forme e dimensioni stabilite dal progetto.

Per ciascuna scogliera il progetto e/o il Direttore dei Lavori fissa il volume minimo/massimo dei massi e le proporzioni dei massi di volume differente.

La forma dei massi deve essere comunque tale che, in scrivendo ogni masso in un parallelepipedo, il minore dei lati del parallelepipedo circoscritto non risulti inferiore alla metà del lato maggiore dello stesso.

I massi per la realizzazione della scogliera, in pietra naturale di tipo calcareo, devono essere inalterabili all'azione delle acque, tenaci, privi di fratture e piani di scistosità e/o di sfaldamento,

La roccia costituente i massi deve presentare massa volumica apparente maggiore o uguale a 2,5 kg/dmc e massa volumica reale maggiore o uguale a 2,6 kg/dmc; questi valori devono essere certificati secondo la norma UNI EN 13755 e UNI EN 1936; va certificata anche la resistenza a compressione (UNI EN 1926) e a flessione (UNI EN 12372).

La roccia costituente i massi non deve risultare geliva alla prova eseguita secondo le norme del R.D. 16 novembre 1939, n° 2232 e s.m. relativo alla accettazione delle pietre naturali da costruzione (20 cicli); sempre secondo lo stesso R.D. va certificata la resistenza all'attrito e all'urto.

Per l'accertamento delle caratteristiche della roccia l'Impresa dovrà predisporre a propria cura e spese, per l'invio al laboratorio scelto dalla Società, un prelievo, costituito da sei cubi di roccia costituente i massi, per ogni 1000 mc di scogliera realizzata, con un minimo di un prelievo; tale prelievo dovrà inoltre essere ripetuto ogni qual volta il Direttore dei Lavori apprezzi variazioni sostanziali sulle caratteristiche dei materiali; i cubi, delle dimensioni di cm 10x10x10, dovranno presentare facce perfettamente piane e parallele nonché spigoli regolari; su ciascun cubo deve indicarsi quali sono le facce parallele al piano di giacitura in cava.

Il conglomerato cementizio per l'intasamento degli interstizi rimasti fra masso e masso del paramento inclinato, deve presentare resistenza caratteristica a compressione  $R'_{ck} \geq 20 \text{ N/mm}^2$ , rapporto acqua/ cemento non superiore a 0,50 e diametro massimo degli inerti 30 mm; tale conglomerato deve essere posato in modo da rimanere ca. 10 cm arretrato rispetto alla faccia visibile della scogliera; stesse caratteristiche meccaniche dovrà presentare il conglomerato utilizzato sia in fondazione della scogliera che nelle zone da riempire in prossimità di manufatti esistenti.

Per l'accertamento della resistenza caratteristica a compressione dei conglomerati cementizi secondo UNI EN 12390-3 l'Impresa dovrà predisporre a propria cura e spese, per l'invio al laboratorio scelto dalla Società, un prelievo, costituito da sei cubetti di conglomerato per ogni 200 mc di scogliera realizzata, con un minimo di un prelievo; tale prelievo dovrà inoltre essere ripetuto ogni qual volta il Direttore dei Lavori apprezzi variazioni sostanziali sulle caratteristiche dei materiali; i cubi, delle dimensioni di cm 15x15x15, dovranno presentare facce perfettamente piane e parallele nonché spigoli regolari;

Durante la realizzazione della scogliera l'Impresa dovrà provvedere, a sua cura e spese, all'esaurimento dell'acqua all'interno degli scavi, per qualunque battente d'acqua, attraverso l'utilizzo di idonee pompe e relative tubazioni, compreso il nolo delle pompe, tubazioni, lo smaltimento dell'acqua emunta, etc. e la messa a disposizione dell'energia per il funzionamento delle stesse; tale esaurimento dovrà essere mantenuto fino al momento del completo indurimento del conglomerato cementizio di intasamento/fondazione.

A causa della discontinuità e la frammentarietà nei tempi di posa della scogliera, la messa in opera dei massi in una particolare sezione della scogliera può avvenire anche in più tempi successivi; in tale caso l'Impresa deve provvedere a ripulire la scogliera già eseguita da materiale incoerente in modo da ottenere una corretta superficie di ripresa; tale pulizia potrà essere attuata con idrolance ad acqua, con l'accortezza di non creare nicchie o vuoti sul retro del paramento già realizzato, oppure con idrosabbiatrici.

La misurazione verrà effettuata a metrocubo di scogliera effettivamente realizzata, comprensiva sia della fornitura e posa dei massi che del calcestruzzo di intasamento, nonché di ogni altro onere previsto all'interno del corrispondente prezzo unitario.

## **ART. 42.**

### **JET-GROUTING**

#### **42.1. GENERALITÀ**

I trattamenti colonnari, ovvero quei trattamenti di consolidamento e impermeabilizzazione realizzati stabilizzando mediante rimescolamento il terreno con una miscela legante di acqua-cemento immessa a getto ad altissima pressione, dovranno essere eseguiti secondo modalità di dettaglio approvate dalla Direzione Lavori e potranno essere realizzati in posizione verticale o comunque inclinati in relazione alle previsioni progettuali.

Vengono distinte tre diverse tipologie di iniezione per la realizzazione delle colonne di terra stabilizzata jet-grouting:

- Sistema di gettiniezione normale o monofluido

È prevista l'iniezione a pressione di un solo fluido, normalmente miscele di acqua e cemento, eventualmente con aggiunte di bentonite e/o additivi.

È possibile ottenere colonne di terreno trattato di diametro variabile da 35÷40 cm in terreni coesivi sino a 80 cm in terreni incoerenti.

- Sistema di gettiniezione bifluido

Si basa sul presupposto secondo il quale il raggio di azione di un getto di un liquido aumenta notevolmente se questo è contornato da un getto anulare di aria di velocità almeno pari.

I fluidi utilizzati sono una miscela di acqua-cemento (con eventualmente bentonite e/o additivi) e aria. L'iniezione avviene radialmente alla batteria di aste attraverso due ugelli coassiali: dall'ugello centrale fuoriesce il getto della miscela cementizia a circa 150÷200 m/s, mentre l'aria viene iniettata dall'ugello estremo anulare ad una velocità di circa 300 m/s.

Si possono ottenere colonne di diametro variabile da 100 cm, in terreni coesivi, sino a 160÷180 cm in terreni incoerenti granulari.

- Sistema di gettiniezione trifluido

Vengono utilizzati tre fluidi: acqua e aria ad altissima velocità (300÷350 m/s), e una miscela cementizia a media velocità (50÷80 m/s). I primi due fluidi vengono iniettati nel terreno a mezzo di due ugelli coassiali con la stessa metodologia descritta per i jet bifluido, con la funzione di disgregare il terreno; la miscela cementizia viene invece iniettata da un ugello situato al di sotto dei primi due.

Si possono ottenere colonne di diametro variabile da 100 cm, in terreni coesivi, sino a 180÷200 cm in terreni incoerenti granulari.

Nei relativi prezzi di elenco si intendono comprese e compensate 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;
- il carico e trasporto a rifiuto degli eventuali fanghi di risulta, compreso il loro trattamento secondo le leggi vigenti;
- tutte le prove, i controlli e la documentazione dei lavori.

## **42.2. TOLLERANZE**

Le tolleranze ammesse sull'assetto geometrico delle colonne di terreno consolidato sono le seguenti:

- la posizione dell'asse di ciascun punto di trattamento non dovrà discostarsi da quella di progetto più di 5 cm salvo diverse prescrizioni della Direzione Lavori;
- la deviazione dell'asse della colonna rispetto all'asse di progetto non dovrà essere maggiore dell'1,5%;
- la lunghezza non dovrà differire di  $\cong 15$  cm da quella di progetto;
- il diametro delle colonne non dovrà in nessuno caso risultare inferiore a quello nominale indicato in progetto.

## **42.3. SISTEMA DI GETTINIEZIONE NORMALE O MONOFLUIDO**

La perforazione deve essere eseguita a rotazione o a rotopercussione, con diametro di almeno 20 mm superiore a quello della batteria di aste e del monitor.

Può essere utilizzata per la perforazione la stessa batteria di aste da utilizzare per la gettiniezione; in questo caso il monitor deve essere del tipo autoperforante, cioè munito al piede di scalpello a lame o a rulli e con un dispositivo di deviazione del fluido di perforazione dallo scalpello agli ugelli per il getto della miscela.

Una volta terminata la perforazione, deve essere calata nel foro la batteria per la gettiniezione, di diametro costante di circa 70 mm e formata da tubi in acciaio di grosso spessore atti a resistere a forti pressioni interne, con giunzioni filettate tali da garantire la tenuta idraulica. La parte inferiore deve quindi essere collegata al monitor porta ugelli sopra descritto.

Nel caso che la perforazione venga eseguita con il monitor autoperforante, questa fase non esiste.

Nel caso la perforazione abbia richiesto per la sua esecuzione di una tubazione di rivestimento

provvisorio, si deve provvedere al suo recupero.

La miscela dovrà essere costituita da acqua e cemento tipo 425, nel rapporto compreso tra 0,7/1 e 1,5/1, con impiego eventuale di additivi secondo le disposizioni della Direzione Lavori, e dovrà essere iniettata a pressioni pari a 30÷40 MPa.

La quantità di miscela iniettata dovrà superare il 70% del volume teorico del terreno da trattare, con un minimo di 350 kg di cemento (peso secco) per metro cubo di terreno trattato. Mentre la miscela fuoriesce dagli ugelli posti alla estremità inferiore delle aste di iniezione, a queste ultime viene impresso un moto di rotazione ed estrazione a velocità predeterminata, tale comunque da soddisfare le seguenti condizioni:

- velocità di rotazione: 10÷20 giri al minuto;
- velocità di estrazione: 2÷6 minuti per metro.

La resistenza a compressione semplice del terreno consolidato dovrà risultare  $\geq 10$  MPa a 28 gg nei materiali incoerenti, con limite minimo di 5 MPa a 40 gg nei terreni coesivi, salvo diverse indicazioni della Direzione Lavori a seguito dei risultati delle eventuali colonne prova.

Il valore dell'R.Q.D. dovrà risultare non inferiore al 70%.

Nel caso per esigenze di progetto o a causa della particolare natura del terreno venga richiesta anche la fase della gettiniezione preliminare, la sua esecuzione deve avvenire secondo le modalità previste per il trattamento, iniettando acqua al posto della miscela.

#### **42.4. SISTEMA DI GETTINIEZIONE BIFLUIDO**

La perforazione deve essere eseguita a rotazione o a rotopercussione, con diametro di almeno 20 mm superiore a quello della batteria di aste a due condotti e monitor.

Può essere utilizzata per la perforazione la stessa batteria di aste da utilizzare per la gettiniezione; in questo caso il monitor deve essere del tipo autoperforante, cioè munito al piede di scalpello a lame o a rulli e con un dispositivo di deviazione del fluido di perforazione dallo scalpello agli ugelli per il getto della miscela.

Una volta terminata la perforazione, deve essere calata nei fori la batteria per la gettiniezione, di diametro costante di circa 90 mm e formata da due tubi in acciaio concentrici in maniera tale che nel tubo centrale venga convogliata la miscela ad altissima pressione, mentre nello spazio anulare periferico venga inviata l'aria compressa; la parte inferiore è collegata con il monitor descritto al punto precedente.

Nel caso che la perforazione venga eseguita con il monitor autoperforante, questa fase non esiste.

Nel caso la perforazione abbia richiesto per la sua esecuzione di una tubazione di rivestimento provvisorio, si deve provvedere al suo recupero.

La miscela cementante, di caratteristiche analoghe a quella descritta al punto precedente, deve essere iniettata a pressioni pari a 30÷40 MPa; l'aria compressa deve essere iniettata a pressioni pari a 0,7÷1,7 MPa.

La quantità di miscela iniettata dovrà superare il 70% del volume teorico del terreno da trattare, con un minimo di 400 kg di cemento (peso secco) per metro cubo di terreno trattato. Mentre la miscela fuoriesce dagli ugelli posti alla estremità inferiore delle aste di iniezione, a queste ultime viene immesso un moto di rotazione ed estrazione a velocità predeterminata, tale comunque da soddisfare le seguenti condizioni:

- velocità di rotazione: 3÷10 giri al minuto;
- velocità di estrazione: 20÷30 minuti per metro.

La resistenza a compressione semplice del terreno consolidato dovrà risultare  $\geq 10$  MPa a 28 gg nei materiali incoerenti, con limite minimo di 5 MPa a 40 gg negli eventuali interstrati di materiali coesivi, salvo diverse indicazioni della Direzione Lavori a seguito dei risultati del campo prove.

Il valore dell'R.Q.D. dovrà risultare non inferiore al 70%.

Nel caso per esigenze di progetto o a causa della particolare natura del terreno venga richiesta anche la fase della gettiniezione preliminare, la sua esecuzione deve avvenire secondo le modalità previste per il trattamento, iniettando acqua al posto della miscela.

#### **42.5. SISTEMA DI GETTINIEZIONE TRIFLUIDO**

La perforazione deve essere eseguita a rotazione o a rotopercussione, con diametro di almeno 20 mm superiore a quello della batteria di aste a due condotti e monitor.

Può essere utilizzata per la perforazione la stessa batteria di aste da utilizzare per la gettiniezione; in questo caso il monitor deve essere del tipo autoperforante, cioè munito al piede di scalpello a lame o a rulli e con un dispositivo di deviazione del fluido di perforazione dallo scalpello agli ugelli per il getto della miscela.

Una volta terminata la perforazione, deve essere calata nel foro la batteria per la gettiniezione, di diametro costante di circa 90 mm e formata da tre tubi in acciaio concentrici predisposti in modo tale che nel tubo centrale venga convogliata l'acqua ad altissima pressione, nello spazio anulare intermedio l'aria compressa ed in quello periferico la miscela; la parte inferiore è collegata con il monitor descritto al punto precedente.

Nel caso che la perforazione venga eseguita con il monitor autoperforante, questa fase non esiste.

Nel caso la perforazione abbia richiesto per la sua esecuzione di una tubazione di rivestimento provvisorio, si deve provvedere al suo recupero.

La pressione di iniezione dell'acqua dovrà essere superiore a 40 MPa, quella della miscela di 2÷7 MPa e la quantità di miscela iniettata dovrà superare il 70% del volume teorico del terreno da trattare, con un minimo di 400 kg di cemento (peso secco) per metro cubo di terreno trattato. Mentre aria, acqua e miscela fuoriescono dagli ugelli posti alla estremità inferiore delle aste di iniezione, a queste ultime viene impresso un moto di rotazione e risalita a velocità predeterminata, tale comunque da soddisfare le seguenti condizioni:

- velocità di rotazione: 3÷7 giri al minuto;
- velocità di estrazione: 20÷30 minuti per metro.

La resistenza a compressione semplice del terreno consolidato dovrà risultare  $\geq 8$  Mpa a 28 gg. nei materiali incoerenti, con limite minimo di 5 Mpa a 40 gg. negli eventuali interstrati di materiali coesivi, salvo diverse indicazioni della Direzione Lavori a seguito dei risultati del campo prove. Il valore dell'R.Q.D. dovrà risultare non inferiore al 70%

Nel caso per esigenze di progetto o a causa della particolare natura del terreno venga richiesta anche la fase della gettiniezione preliminare, la sua esecuzione deve avvenire secondo le modalità previste per il trattamento, con la sola differenza che in questa fase non verrà iniettata la miscela.

#### **42.6. ARMATURA DEI TRATTAMENTI COLONNARI**

Quando previsto in progetto o formalmente ordinato dalla Direzione Lavori, le colonne dovranno essere armate con elementi in acciaio (tubi o barre), da introdurre a spinta con idonea attrezzatura nel corpo delle colonne in corrispondenza del preforo, appena ultimata l'iniezione e prima che la miscela inizi la presa.

Nel caso la Direzione Lavori ordini l'inserimento dell'armatura in acciaio ad avvenuta presa della miscela, si dovrà procedere alla esecuzione di un foro di diametro adeguato nel corpo delle colonne, all'introduzione dell'armatura ed al suo inghisaggio mediante iniezione a pressione di malta di cemento; la malta verrà iniettata attraverso lo stesso tubo in acciaio quando l'armatura è tubolare e attraverso un tubo in PVC quando l'armatura è in barre.

#### **42.7. DOCUMENTAZIONE LAVORI**

L'esecuzione di ogni trattamento colonnare sarà documentata mediante la compilazione da parte dell'Appaltatore, in contraddittorio con la Direzione Lavori, di una apposita scheda sulla quale si registreranno i dati seguenti:

- identificazione della colonna;
- data di inizio perforazione e termine iniezione;
- profondità di perforazione con inizio e fine del tratto consolidato;
- durata dell'iniezione;
- assorbimento totale effettivo di miscela di iniezione;
- tipo e quantitativo di additivi eventualmente impiegati;
- risultati delle prove di rottura e compressione semplice della miscela cementizia.

#### **42.8. CONTROLLI**

I controlli sui trattamenti colonnari da eseguire a cura e spese dell'Appaltatore, d'intesa con la

Direzione Lavori e con la frequenza di seguito indicata, dovranno essere finalizzati a verificare la congruenza dei risultati conseguiti in sede operativa con le tolleranze ammesse e le soglie minime di resistenza.

La geometria dei trattamenti (diametro, posizione e deviazione dell'asse, lunghezza) e la resistenza a compressione del terreno consolidato dovranno essere accertati con le prove sotto elencate su colonne scelte dall'Ufficio di Direzione Lavori:

- scavi di ispezione e prelievo di campioni indisturbati su tratti di colonne in ragione di una colonna ogni 100 eseguite; gli scavi dovranno essere spinti almeno fino alla profondità di 4 m e successivamente rinterrati procedendo a strati accuratamente compattati;
- sondaggi sulle colonne, in ragione di una colonna ogni 100 eseguite mediante carotaggio a rotazione continua con batteria di aste e doppio carotiere con corone diamantate di diametro nominale  $\cong 100$  mm.

Il sondaggio dovrà essere posizionato all'incirca a metà del raggio teorico della colonna e dovrà essere spinto per tutta la lunghezza della colonna fino a penetrare nel terreno naturale alla base della stessa. Si dovrà evitare che l'acqua di spurgo dilavi la carota.

Le carote estratte devono essere custodite con cura in apposite cassette catalogatrici.

In questa fase dovrà essere determinato l'indice R.Q.D. (Indice di Recupero Modificato) espresso come percentuale di recupero del carotaggio tenendo conto dei soli spezzoni di carota di lunghezza  $\cong 100$  mm:

$$R.Q.D.\% = \frac{\text{Somma della lunghezza degli spezzoni } \cong 100 \text{ mm}}{\text{Lunghezza perforata}} \times 100$$

La Direzione Lavori selezionerà un certo numero di campioni per carota (mediamente da 3 a 5) da sigillare con paraffina entro fustelle in PVC e da inviare in laboratorio per le prove di resistenza a compressione.

Negli scomparti delle cassette catalogatrici saranno inseriti distanziatori al posto dei campioni di carota prelevati per il laboratorio e su ciascuno saranno indicati la quota e la lunghezza del campione. Ogni cassetta verrà fotografata utilizzando film a colori ed avendo cura che le quote ed i riferimenti (cantiere, numero sondaggio) risultino leggibili anche nel fotogramma.

Qualora dalle prove di cui sopra risultasse che anche uno solo dei parametri sottoelencati:

- tolleranze geometriche:  
posizione dell'asse, deviazione dell'asse, lunghezza, diametro;
- resistenza a compressione semplice;
- valore di R.Q.D.;

è variato rispetto a quanto stabilito in precedenza con scostamenti negativi contenuti nei limiti del 10%, la Direzione Lavori, d'intesa con il progettista, effettuerà una verifica della sicurezza.

Nel caso che tale verifica dia esito positivo, il trattamento colonnare verrà accettato, ma il suo prezzo unitario verrà decurtato del 15%.

Qualora gli scostamenti negativi superino il limite del 10% l'Appaltatore sarà tenuto 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 dalla Direzione Lavori.

## **ART. 43.** **PARAMASSI**

### **43.1. RIVESTIMENTO IN RETE METALLICA**

Il rivestimento della parete è costituito da rete metallica a doppia torsione a maglia esagonale cm 8x10 o 6x8, tessuta con trafilato di ferro conforme alle UNI-EN 10223-3 per le caratteristiche meccaniche e UNI-EN 10218 per le tolleranze sui diametri, avente carico di rottura compreso tra 350 e 500 N/mm<sup>2</sup> e allungamento minimo pari all'8 %, avente un diametro pari a 2,7 mm per maglia 6x8 cm e 3 mm per maglia 8x10 con rivestimento con leghe di zinco-alluminio Zn95Al5 (min. 245 g/m<sup>2</sup> di rivestimento per maglia 6x8 cm e 255 g/m<sup>2</sup> per maglia 8x10 cm), conforme a quanto previsto nelle Linee Guida del Consiglio Superiore dei LL.PP del settembre 2013.

La rete, in teli di larghezza 3 m, sarà fissata alla sommità ed al piede della parete alla predisposta struttura di contenimento (ancoraggi e funi da pagarsi a parte).

I teli di rete dovranno essere legati tra loro ogni 20 cm con doppio filo metallico zincato del diametro di 2,2 mm; stessa legatura verrà effettuata alle funi correnti di sommità e struttura di contenimento inferiore previa ripiegatura delle stesse reti per cm 25, il tutto per far aderire il più possibile il rivestimento di rete alla roccia.

Nella voce dell'Elenco Prezzi è compresa la fornitura e posa in opera di tutto il materiale, il trasporto e ogni onere per dare l'opera finita a regola d'arte, in qualsiasi luogo ed a qualsiasi altezza.

#### **43.2. FUNE METALLICA**

La posa della fune metallica comprende la tesatura per 1/3 del carico di rottura o secondo indicazioni della DL.

Tutte le funi da utilizzare sono di tipo a trefoli con resistenza unitaria del filo elementare di 1770 N/mm<sup>2</sup> zincato secondo la ISO 2232 e, se richiesto, sono verniciate con colore verde.

I morsetti da utilizzare, in quantità di minimo 3 per ogni asola, sono del tipo DIN 741 e delle dimensioni corrispondenti al diametro delle funi; la chiusura delle funi deve garantire oltre il 95 % del carico di rottura delle funi stesse; tolleranza del diametro delle funi secondo UNI 4048, 7291/74 o DIN 3039.

Esclusa l'esecuzione degli ancoraggi, nella voce dell'Elenco Prezzi è compresa la fornitura e posa in opera di tutto il materiale, compresi i morsetti, il trasporto e ogni onere per dare l'opera finita a regola d'arte, in qualsiasi luogo ed a qualsiasi altezza.

### **ART. 44. LAVORI IN SOTTERRANEO**

#### **44.1. NORME GENERALI DI ESECUZIONE**

Per i lavori in sotterraneo si intendono tutti quei lavori da eseguire in galleria, in caverna o in pozzi di aerazione, con esclusione dei pozzi per fondazioni o per contrafforti.

L'Impresa è tenuta alla più scrupolosa osservanza di tutte le norme vigenti in materia con particolare riguardo:

- alle "Norme per la sicurezza e l'igiene del lavoro in sotterraneo" di cui al Decreto del Presidente della Repubblica n. 320 in data 20 marzo 1956;
- alle "Norme di polizia delle miniere e delle cave" di cui alla Legge 4 marzo 1958, n. 198;
- al D.P.R. n. 128 del 9 aprile 1959 integrato con D.P.R. n.886 del 24 maggio 1979;
- alle "Norme Tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione" di cui al D.M. 11 marzo 1988.

Nel progetto esecutivo predisposto dall'Amministrazione, ovvero dall'impresa ed approvato dall'Amministrazione nel caso di prestazione integrata o concessione, sono definite le sezioni tipo che stabiliscono caratteristiche e quantità degli interventi di stabilizzazione definitiva (comprendenti opere permanentemente installate nelle formazioni attraversate ed aventi efficacia definitiva) da attuare di norma in più fasi.

Le sezioni definitive sono state determinate sulla base del prevedibile comportamento dell'ammasso durante lo scavo ed in particolare dei fenomeni che si prevede che possano innescarsi nel nucleo di terreno al fronte di avanzamento e di quelli di convergenza che, come conseguenza, si manifesterebbero nella fascia di materiale al contorno del cavo.

Sulla base del comportamento previsto al fronte di avanzamento, sono state sclassificate tratte di galleria a comportamento omogeneo, cui corrispondono altrettante sezioni tipo, come previsto dal metodo ADECO - RS (Analisi delle deformazioni controllate nelle Rocce e nei Suoli):

- fronte stabile
- fronte stabile a medio termine
- fronte instabile.



Le gallerie a "fronte stabile" o "fronte stabile a medio termine" sono quelle nelle quali lo scavo viene eseguito in assenza di interventi conservativi di preconsolidamento atti a creare, in avanzamento oltre il fronte di scavo, un effetto arco al contorno del cavo.

Le gallerie a "fronte instabile" sono quelle nelle quali lo scavo viene eseguito dopo aver attuato, in avanzamento oltre il fronte di scavo, gli interventi conservativi di preconsolidamento.

#### **44.2. SCAVI, ARMATURE E VENTILAZIONE**

Le prescrizioni degli articoli relativi agli scavi all'aperto valgono, fin quando applicabili, anche per gli scavi in sotterraneo.

Tali ultimi scavi verranno eseguiti secondo il procedimento, il sistema e lo schema di avanzamento che l'Impresa riterrà più opportuno proporre in relazione alla natura ed alle caratteristiche delle formazioni geologiche da interessare con gli scavi ed ai tempi del programma predisposto dalla stessa Impresa. Il procedimento, il sistema e lo schema di avanzamento di cui sopra ed eventuali adattamenti o variazioni di essi, verranno sottoposti all'esame della Direzione dei Lavori.

Al riguardo si precisa che le variazioni di programma dei lavori in sotterraneo, che la Direzione dei Lavori dovesse disporre a suo insindacabile giudizio, prima dell'inizio dei lavori od in corso di essi in relazione alle particolari condizioni geomorfologiche dei terreni interessati dai lavori medesimi, non implicano responsabilità alcuna da parte della Direzione dei Lavori, restando l'Impresa, come già detto, la sola responsabile, sotto tutti i riguardi, dell'esecuzione dei lavori e dell'avanzamento degli stessi secondo il programma già approvato dalla Direzione dei Lavori.

Nell'esecuzione dei lavori in sotterraneo l'Impresa dovrà, se necessario, adottare tutte le precauzioni, compresa la limitazione dell'impiego dell'esplosivo, mezzi e modalità esecutivi ritenuti idonei al fine di non danneggiare le proprietà di terzi (immobili, gallerie o viadotti ferroviari o stradali, acquedotti, elettrodotti, ecc.) interessate dai lavori di cui trattasi.

L'Impresa non potrà ritenersi esonerata da responsabilità per il fatto, eventuale, di non aver ricevuto disposizioni in proposito dalla Direzione dei Lavori.

Le armature provvisorie per il sostegno della superficie di scavo in sotterraneo (calotta e strozzo) devono essere adeguate di volta in volta ai terreni in cui vengono eseguiti i lavori, in modo da garantire il loro regolare andamento e la incolumità del personale che vi è addetto.

Le armature stesse saranno eseguite dall'Impresa con il materiale che essa riterrà più idoneo (ferro o legname) e con le dimensioni richieste dalle singole circostanze, con propri criteri e sotto la propria diretta responsabilità.

Particolari cure ed accorgimenti dovranno essere adottati dalla Impresa nelle fasi dello scavo e di rivestimento in corrispondenza degli imbocchi delle gallerie, soprattutto per salvaguardare l'incolumità degli operai.

Le armature provvisorie dovranno comunque consentire la realizzazione della struttura definitiva del rivestimento in conformità alle indicazioni di progetto a diretto contatto con la superficie di scavo.

A cura e spese dell'Impresa dovranno essere predisposti idonei impianti per assicurare una efficiente ventilazione della galleria nel rispetto delle norme vigenti per la sicurezza e l'igiene dei lavori in sotterraneo di cui al richiamato D.P.R. n. 320 del 20 marzo 1956 e successivi aggiornamenti.

##### **44.2.1. Scavo in galleria a fronte stabile ed in galleria a fronte stabile a breve termine**

Per gallerie a "fronte stabile" o "fronte stabile a breve termine" viene eseguito in assenza di interventi conservativi di precontenimento (trattamenti colonnari, pretaglio, ecc. atti a creare, in avanzamento oltre il fronte di scavo, un effetto arco al contorno del cavo), a sezione piena o parzializzata, in terreni di qualsiasi natura e consistenza, comprese le rocce tenere, le rocce dure da mina, i materiali coesivi anche rigonfianti, ecc..

Le modalità di scavo saranno scelte dall'Impresa in funzione della propria organizzazione e delle attrezzature impiegate, tenuto conto degli interventi di stabilizzazione previsti in progetto, in funzione della classificazione della galleria.

Ad ogni avanzamento, prima di procedere a quello successivo, dovranno essere eseguiti gli interventi di stabilizzazione previsti (rivestimento di prima fase in conglomerato cementizio spruzzato armato, bulloni di ancoraggio, centine metalliche, ecc.), e nel pieno rispetto delle sezioni tipo di progetto, localizzate in base all'effettivo comportamento della galleria.

Quando il comportamento della galleria è caratterizzato da fenomeni di convergenza di entità apprezzabile si potrà rendere necessario il completamento della struttura anulare resistente con il getto dell'arco rovescio entro la distanza massima dal fronte di scavo di tre volte il diametro della galleria.

Lo scavo avverrà di norma a piena sezione. Solo in alcuni casi particolari potrà essere realizzato a sezione parzializzata; si procederà poi al completamento dello scavo ricorrendo, se necessario, allo scavo preliminare a campione dei piedritti, quindi dello strozzo ed infine dell'arco rovescio.

#### **44.2.2. Scavo in galleria a fronte instabile**

Eseguito in presenza di interventi conservativi di precontenimento (trattamenti colonnari, pretaglio, ecc., atti a creare, in avanzamento oltre il fronte di scavo, un effetto arco al contorno del cavo), a sezione piena o parzializzata, in terreni di qualsiasi natura e consistenza, compreso le rocce tenere, le rocce dure da mina, i materiali sciolti e quelli coesivi anche rigonfianti, ecc.

Lo scavo dovrà essere eseguito esclusivamente con impiego di mezzi meccanici (escavatori, martelloni demolitori, ecc.), con assoluto divieto di impiego di mine, per non danneggiare gli interventi conservativi presenti.

Il fronte di scavo, prima della ripresa di ciascun intervento conservativo, dovrà essere rivestito in conglomerato cementizio spruzzato, secondo le previsioni di progetto e/o gli ordini della Direzione Lavori.

La realizzazione dell'arco rovescio per il completamento della struttura anulare resistente dovrà seguire il fronte di scavo entro 1.5 diametri, secondo le previsioni di progetto.

#### **44.2.3. Scavo in cunicolo con fresa integrale a testa rotante**

Il posizionamento del cunicolo nell'ambito della sezione di scavo della galleria e relativo diametro, dovranno essere conformi alle previsioni di progetto od alle prescrizioni della Direzione Lavori.

Il cunicolo dovrà essere atto al transito di mezzi e macchine operatrici aventi sagoma iscrivibile nella sua area e dovrà poter essere utilizzato per la ventilazione in sede di allargo della sezione di scavo.

Lo scavo sarà eseguito con fresa integrale a testa rotante e dovrà essere preceduto da un foro esplorativo del diametro non inferiore a cm 10, in avanzamento di m 30-40 rispetto alla testa della fresa, per individuare anomalie eventualmente presenti nell'ammasso roccioso, sacche di gas tossici o metano, acqua, ecc.

La fresa dovrà avere caratteristiche antideflagranti ed essere corredata di attrezzature e presidi atti a garantire l'incolumità delle persone e la sicurezza dei lavori in qualsiasi condizione, anche in presenza di esalazione di gas tossici o metano, ricorrendo tra l'altro a sistemi di iperventilazione.

Dovrà essere corredata inoltre da idonea strumentazione atta a regolare i parametri sottoelencati, occorrenti per la eventuale progettazione e/o programmazione dello scavo di allargo secondo il "Metodo RS":

- spinta alla testa (t)
- velocità di avanzamento (m/h)
- potenza alla testa (kW)
- assorbimento energia (kW)
- energia assorbita (kWh)
- energia specifica (kWh/m<sup>3</sup>)
- progressiva (km)
- data (giorno, mese, anno).

Si prescrive inoltre che lo scavo dovrà essere eseguito adottando attrezzature idonee ad ottenere una sezione regolare, qualunque siano natura e condizioni delle formazioni attraversate, anche in presenza di acqua e di gas, così da evitare fornelli, frane e rilasci.

Quando le formazioni attraversate dal cunicolo presentano problemi di instabilità, si devono eseguire a cura e spese dell'Impresa opportuni interventi di consolidamento, ad esempio:

- esecuzione di tiranti di ancoraggio;
- rivestimento strutturale delle pareti di scavo con conglomerato cementizio spruzzato o con malta a base cementizia o sintetica spruzzata;
- centine;
- impiego di armature di sostegno provvisionali in pannelli metallici (Liner-plates).

#### **44.2.4. Scavo di gallerie a doppio fornice**

Nel caso di gallerie a doppio fornice lo scavo dovrà procedere a fronti di avanzamento sfalsati per una lunghezza pari ad almeno tre diametri di scavo. Se la galleria è parietale, il fronte più avanzato deve essere quello di monte.

#### **44.3. CONTROLLI TENSO-DEFORMATIVI**

L'avvio delle operazioni di scavo deve coincidere con quelle delle operazioni di controllo dei fenomeni tenso-deformativi che potranno prodursi in superficie lungo il tracciato in galleria ed all'interno della cavità in corrispondenza del fronte e delle pareti di scavo.

L'intensità e la qualità degli strumenti da adottare sarà commisurata all'importanza dei fenomeni di estrusione del fronte e di convergenza superficiale e dalla profondità del cavo.

Le stazioni di convergenza dovranno essere installate in fase di avanzamento, immediatamente a ridosso del fronte di scavo, secondo le prescrizioni di progetto o ordinate dalla Direzione Lavori e, di norma, ai seguenti intervalli:

- galleria a fronte stabile 100 m
- galleria a fronte stabile a medio termine 50 m
- galleria a fronte instabile a 30 m

La prima lettura di convergenza dovrà essere effettuata il più presto possibile e comunque prima che il fronte di scavo avanzi più di mezzo diametro oltre l'ultima stazione.

Le stazioni speciali, da installare in galleria, ubicate secondo le prescrizioni del Progettista o del Direttore dei Lavori, saranno equipaggiate con strumentazione atta a rilevare le deformazioni all'interno delle formazioni attraversate, oltre il contorno dello scavo ed eventualmente le pressioni radiali di contatto roccia-struttura di contenimento e le tensioni nel rivestimento.

Le deformazioni entro le formazioni attraversate, oltre il contorno dello scavo, verranno misurate mediante estensimetri multibase (da 2 a 5 basi), posti in opera mediante perforazioni eseguite in direzione radiale all'interno della galleria, a distanza dal fronte di scavo non superiore al raggio dello scavo in calotta. Gli strumenti dovranno essere posti in opera e letti per la prima volta prima che riprenda l'avanzamento dello scavo.

Nelle sezioni con debole copertura (di norma inferiore a m 50) potrà essere richiesta dalla Direzione dei Lavori l'installazione di estensimetri multibase entro perforazioni verticali eseguite dal piano di campagna soprastante; in tal caso gli strumenti dovranno essere posti in opera e letti prima che il fronte di scavo raggiunga la progressiva della stazione speciale, allorché ne disti almeno m 20.

#### **44.4. INTERVENTI DI CONTENIMENTO DEL CAVO**

##### **44.4.1. Bullonatura**

La bullonatura delle rocce in sotterraneo consiste nel consolidare il terreno intorno alla galleria, rendendo solidali tra loro gli strati superficiali deboli e gli strati profondi più resistenti, per mezzo di barre metalliche o in vetroresina. Questa tecnica, non solo permette di sostenere la superficie della roccia, ma genera una precompressione che provoca un aumento della coesione della roccia stessa, consentendole di resistere efficacemente agli sforzi cui viene sottoposta.

I bulloni possono essere:

- ad aderenza continua, quando sono cementati per tutta la lunghezza;
- ad ancoraggio puntuale quando sono ancorati nel terreno mediante un bulbo ad espansione e sul paramento con l'apposita piastra.

##### **44.4.2. Bullonatura ad aderenza continua**

Con l'adozione della bullonatura ad aderenza continua si utilizzano i bulloni passivi in cui l'aderenza del bullone con l'ammasso è assicurata per tutta la sua lunghezza mediante malta cementizia.

La bullonatura ad aderenza continua si utilizza in ammassi che hanno subito delle plasticizzazioni in seguito all'apertura della galleria (fronte stabile a breve termine, e/o fronte instabile).

L'intervento viene realizzato nel modo seguente:

- esecuzione della perforazione di diametro necessario per la posa dei bulloni, allontanamento del materiale di risulta e lavaggio del foro;

- infilaggio dei bulloni prescritti dal progetto mediante attrezzatura idonea, già predisposti con tubi di iniezione e di sfiato, e messa in opera del tampone di tenuta;
- cementazione di ogni bullone per tutta la sua lunghezza, mediante iniezioni di boiacca di cemento opportunamente additivata.

Quando sono inclinati verso l'alto (30° rispetto l'orizzontale) i bulloni saranno muniti di testa di ancoraggio ad espansione sull'estremità a fondo foro.

#### **44.4.3. Bullonatura ad ancoraggio puntuale**

Il bullone ad ancoraggio puntuale è costituito, in genere, da una barra o tirante, munito di una fondazione di ancoraggio a una delle estremità e di una testa con piastra di appoggio all'altra.

Introdotta il bullone in un foro appropriato, l'estremità viene incastrata nel terreno attraverso il bulbo di ancoraggio. Per mezzo di una operazione di serraggio, la piastra viene applicata contro la parete della cavità e il tirante può essere messo in tensione tra il bulbo e la piastra con l'impiego di chiave dinamometrica.

I bulloni ad ancoraggio puntuale devono essere per opporsi allo scollamento di blocchi resi instabili dallo scavo della galleria, pur rimanendo in campo elastico (fronte stabile). E' necessario infatti, per garantire una buona tenuta del bullone, che il bulbo di ancoraggio all'interno dell'ammasso si innesti in roccia a comportamento elastico.

L'intervento viene realizzato nel modo seguente:

- esecuzione della perforazione di diametro necessario per la posa dei bulloni, allontanamento del materiale di risulta e lavaggio del foro;
- infilaggio dei bulloni prescritti dal progetto mediante attrezzatura idonee, l'ancoraggio può essere realizzato con resina in cartucce o con testina ad espansione;
- messa in tensione del bullone mediante dado di bloccaggio, piastra di ripartizione e testa di ancoraggio, con eventuale pressione di pretensione (secondo quanto indicato nel progetto).

#### **44.4.4. Prescrizioni tecniche**

I bulloni possono essere in acciaio o in vetroresina.

I bulloni in acciaio saranno ad alto limite elastico avente le seguenti caratteristiche:

- carico di snervamento  $(0,2\%) \geq 5 \text{ t/cm}^2$
- carico di rottura  $\geq 7 \text{ t/cm}^2$
- allungamento a rottura  $\geq 8\%$

I bulloni stessi avranno normalmente il diametro di mm 24 e presenteranno in superficie opportuni risalti per migliorarne l'aderenza.

I bulloni in vetroresina avranno le seguenti caratteristiche minime:

- contenuto in peso della fibra di vetro 45%
- peso specifico  $1.7 \text{ g/cm}^3$
- resistenza a trazione  $200 \text{ N/mm}^2$
- modulo di elasticità  $E = 15750 \text{ N/mm}^2$
- resistenza al taglio  $80 \text{ N/mm}^2$

I bulloni ad ancoraggio puntuale saranno solo in acciaio.

Oltre che ai bulloni costituiti da barre di acciaio, in presenza di rocce tenere possono essere usati bulloni costituiti da tubo di acciaio ripiegato su se stesso assialmente, che viene espanso mediante acqua ad alta pressione, nel foro precedentemente eseguito passando dalla posizione 1 alla posizione 2 come evidenziato nella figura che segue rappresentante una sezione nelle due fasi: prima e dopo espansione.

#### **44.5. CENTINE METALLICHE, RETI DI ACCIAIO A MAGLIE ELETTROSALDATE, SCALETTE DI RINFORZO**

Eventuali centine metalliche, reti di acciaio a maglie elettrosaldate, scalette di rinforzo, da lasciare annegate nel conglomerato cementizio, dovranno avere caratteristiche dimensionali ed interasse

conformi alle sezioni tipo del progetto esecutivo previste per le varie tratte od a quanto ordinato dalla Direzione Lavori.

Quando le centine metalliche sostengono l'armatura tronco-conica costituita dagli infilaggi, devono essere messe a contatto degli infilaggi stessi, per cui devono essere calandrate a profilo variabile, per assicurare una buona trasmissione dei carichi. Le variazioni in altezza dovranno essere assorbite posizionando i piedi delle centine a quote diverse, quando in sezione di calotta, e dotandole di gambe di diversa lunghezza, quando si passa a piena sezione.

#### **44.6. RIVESTIMENTO DI 1<sup>A</sup> FASE IN CALCESTRUZZO SPRUZZATO (SPRITZ-BETON)**

Lo spritz-beton è calcestruzzo proiettato in posto ad alta velocità e compattato mediante la propria forza di getto.

Nel caso in cui interessi aumentare la duttilità, la resistenza a trazione ed a flessione dello spritz-beton è bene incorporare delle fibre metalliche di rinforzo (0.3÷0.6%) in volume dell'impasto). Gli incrementi percentuali di dette resistenze sono correlati al rapporto lunghezza/diametro della fibra e al volume di fibre aggiunte; un eccesso di fibre può comportare difficoltà nella messa in opera.

La composizione del calcestruzzo fibroarmato è basata sugli stessi principi utilizzati per il calcestruzzo tradizionale. Fattori di primaria importanza per il conseguimento della resistenza e della qualità richieste dal progetto sono il rapporto acqua/cemento, contenuto d'aria e grado di costipamento ottenuto (massa volumica). Le principali differenze riguardano la curva granulometrica e il contenuto di cemento.

La scelta dei materiali tiene conto non solo dei requisiti dell'opera da realizzare ma anche delle materie prime disponibili, soprattutto per quanto concerne il tipo di aggregati e il metodo di applicazione, mediante pompaggio o protezione con aria.

La composizione teorica in cui la miscela di sabbia e aggregato grosso è dosata in modo da fornire un minimo di volume di vuoti colmati da aria e acqua, viene generalmente considerato soddisfacente per il metodo secco.

Quando, invece, viene pompata una miscela umida, diviene necessaria una aggiunta di materiali finissimi e di cemento per lubrificare il flusso ed evitare la sua segregazione. La porzione di materiali finissimi non deve però essere eccessiva, pena il bloccaggio delle tubazioni specie se queste sono di una certa lunghezza.

La miscela tipo deve contenere circa 20% di materiali cementizi, 15÷20% di aggregato grosso, 60÷50% di sabbia sul peso totale degli aggregati. Va preferita sabbia naturale lavata. Il proporzionamento finale terrà conto della disponibilità di inerti naturali arrotondati o di materiale di cava frantumato.

Una corretta analisi granulometrica della miscela è essenziale e le curve passante percentuale/luce dei vagli devono mostrare un andamento continuo, senza picchi o salti granulometrici.

Per applicazioni sulla volta, le miscele saranno scelte verso la parte fine della curva granulometrica, verso il centro per applicazioni in verticale, verso la parte più grossa per i lavori sulla pavimentazione.

Per miscele secche il quantitativo di cemento Portland deve essere compreso tra i seguenti limiti:

- |                            |                                 |
|----------------------------|---------------------------------|
| - spritz fine 0÷4 mm       | = 450 ÷ 600 kg/m <sup>3</sup> ; |
| - spritz 0÷8 mm            | = 340 ÷ 450 kg/m <sup>3</sup> ; |
| - spritz grossolano 0÷5 mm | = 300 ÷ 350 kg/m <sup>3</sup> . |

Nel caso di spritz-beton fibrorinforzati, le fibre di acciaio devono essere prodotte da filo crudo trafilato ottenuto da acciaio a basso contenuto di carbonio. Devono avere entrambe le estremità sagomate ad uncino, per migliorare l'ancoraggio meccanico. La resistenza alla trazione minima sarà di 110 N/mm<sup>2</sup>.

La lunghezza nominale sarà compresa tra 25 e 40 mm, il diametro nominale tra 0,40 e 0,80 mm.

Le fibre di acciaio, sciolte o incollate in placchette, devono essere aggiunte all'impasto secondo le informazioni del fornitore e curando che si ottenga una dispersione omogenea durante il mescolamento.

La quantità di fibre deve essere tale da fornire la resistenza richiesta dal progetto.

La posa in opera può avvenire per via secca o per via umida.

Se lo spritz-beton è proiettato per via secca, l'impasto viene preparato mescolando cemento ed inerti, con fibre di rinforzo se necessarie, senza l'aggiunta di acqua.

Il betoncino secco viene poi scaricato in una "spruzzatrice" dalla quale, sotto la spinta di aria compressa, viene trasportato attraverso tubazioni.

L'addizione dell'acqua all'impasto viene fatta nella zona terminale della tubazione.

Lo spritz-beton proiettato per via umida è composto di acqua, cemento, inerti ed eventuali fibre di rinforzo. Lo spritz così composto viene pompato da una pompa per calcestruzzo fino alla "lancia" dove viene aggiunta aria compressa che spinge il calcestruzzo contro la superficie di applicazione.

In questa tecnica l'accelerante viene aggiunto alla lancia con l'aria compressa o immediatamente dopo l'ugello di aggiunta dell'aria.

Le stesse regole valide per il calcestruzzo sono applicabili allo spritz-beton per quanto attiene la maturazione. Questa deve essere infatti protetta affinché la resistenza potenziale e la durabilità possano svilupparsi nella loro completezza. Ciò è particolarmente valido per sezioni sottili e superfici strutturalmente complesse.

Additivi per la maturazione sono utili se non si verificano condizioni severe di disidratazione e se non devono essere applicati strati successivi di spritz-beton o vernici.

Si richiedono delle curve di resistenza dal tempo  $t=0$  (immediatamente dopo il getto) fino alla completa maturazione, al fine di confrontarle con le prescrizioni progettuali.

#### **44.6.1. Caratteristiche del calcestruzzo armato con fibre d'acciaio**

La quantità dello spritz-fibroarmato viene verificata mediante prove di:

- 1) resistenza a compressione;
- 2) capacità di assorbimento di energia.

Pannelli di prova devono essere collocati in casseforme apposite, posizionate verticalmente e impossibilitate a vibrare. La dimensione dei pannelli di prova sarà 60x60x15 cm oppure 60x60x10 cm.

Verranno prelevate carote dai pannelli con spessore 15 cm per la determinazione della resistenza a compressione.

Con pannelli di spessore 10 cm saranno realizzate le prove di assorbimento dell'energia mediante il test di punzonamento.

Le prove di compressione sono effettuate con carote aventi diametro e altezza di 10 cm. Le prove saranno eseguite in accordo con la normativa vigente. La resistenza minima sarà di 25 N/mm<sup>2</sup>.

La determinazione dell'energia assorbita viene realizzata con la prova di punzonamento: l'energia assorbita deve essere almeno pari a 500 J.

La prova di punzonamento (prova di flessione su piastre) consiste nel provocare la rottura per flessione di una piastra quadrata avente dimensioni di 60x60x10 cm mediante un carico applicato con un punzone centrale avente superficie di appoggio di 10x10 cm.

Così facendo si ottiene la comparsa di almeno 4 fratture ad andamento radiale e la mobilitazione di un gran numero di fibre, consentendo quindi di esaltarne le caratteristiche di resistenza meccanica a

trazione (qualità dell'acciaio impiegato, qualità del processo produttivo) e le capacità di opposizione allo sfilamento della massa di calcestruzzo (qualità della sagomatura imposta).

La prova, inoltre, riproduce fedelmente il comportamento di una porzione di rivestimento sollecitato.

Con la cadenza di un prelievo ogni 500 m<sup>3</sup> di calcestruzzo gettato saranno confezionate tre piastre.

I provini saranno ricoverati in camera umida a 20°C e umidità relativa pari al 90% per 28 giorni o, all'occorrenza, per il tempo richiesto in sede di progetto.

La prova avviene secondo le seguenti fasi:

- alloggiare la piastra nel frame della pressa su una cornice metallica avente dimensioni interne di 50x50 cm in modo che appoggi per 5 cm su ogni lato; la superficie di proiezione deve rimanere volta verso il basso;
- applicare il carico in centro mediante il puntone;
- posizionare il trasduttore di spostamento;
- regolare la velocità di deformazione a 1.5 mm/min;
- avviare la prova e contemporaneamente l'acquisizione dei valori di carico e deformazione;
- al raggiungimento di una deformazione (freccia) leggermente superiore a 25 mm interrompere la prova, asportare il provino e fotografarlo.

#### **44.7. INTERVENTI DI PRECONTENIMENTO DEL CAVO (SPRITZ-BETON)**

##### **44.7.1. Iniezioni**

Tecniche di iniezione.

E' un intervento che modifica le caratteristiche meccaniche (resistenza e deformabilità) ed idrauliche (permeabilità) del terreno attraverso l'immissione a bassa pressione di adeguate miscele effettuata da tubi in acciaio, o vetroresina o pvc. valvolati e cementati in appositi fori di piccolo diametro eseguiti in avanzamento.

I trattamenti possono essere "di impregnazione" quando riempiono i vuoti esistenti nel terreno senza alterare le loro dimensioni, oppure possono servire per "ricomprimere" terreni a bassa permeabilità, in modo da formare ramificazioni o bulbi concentrati con miscele non penetrabili nel mezzo interessato. La tecnica di iniezione, definita la geometria del trattamento, consiste nell'eseguire un numero necessario di perforazioni a rotazione o a rotopercussione (65÷130 mm) che dovranno dare il minore disturbo possibile al terreno.

Nella perforazione viene inserito un tubo valvolato protetto da una guaina e successivamente iniettato. Durante l'iniezione a bassa pressione si verifica la rottura della guaina nella zona intorno alle valvole permettendo il passaggio delle miscele iniettate nel terreno circostante, impedendone contemporaneamente il rientro.

I parametri che regolano il trattamento sono:

- volume delle miscela in rapporto al volume del terreno da trattare
- la portata
- la pressione

I quantitativi delle miscele da iniettare attraverso una valvola sono stabiliti tenendo conto di:

- riempimento effettivo di almeno il 50% dei vuoti;
- dispersione oltre il limite previsto;
- probabile drenaggio delle sospensioni.

La pressione sopportabile dai tubi di iniezione aumenta all'aumentare delle caratteristiche di resistenza dei materiali che li uniscono: pvc, vetroresina e acciaio. I tubi in vetroresina avranno una resistenza minima allo scoppio di 100 atm. I tubi in acciaio, invece, saranno del tipo Fe 510, senza saldatura longitudinale.

Sono iniettabili, oltre alle grandi cavità (carsiche ecc.):

- tutti i tipi di terreno alluvionale o detritico fino a un certo limite inferiore di permeabilità (dalle ghiaie ai limi-sabbiosi);
- le fessure nelle rocce (da carsiche a microfessure).

Le iniezioni servono per conferire al terreno elevati valori di resistenza, oppure per renderlo impermeabile o entrambi gli effetti contemporaneamente.

I trattamenti possono definirsi di "impregnazione" se il riempimento avviene senza modificare i contatti intergranulari: in questo modo si conferisce al terreno la coesione della miscela iniettata mantenendo invariato l'angolo di attrito interno. Nel caso in cui l'iniezione sia spinta oltre al riempimento, si ha una compattazione dei terreni a granulometria più fine.

Le iniezioni vengono utilizzate per gallerie in terreni incoerenti, con una tecnica in avanzamento a partire dal fronte con raggiere coniche di fori suborizzontali distribuite in modo da ottenere un arco di terreno trattato con un dato spessore minimo a partire dall'estradosso della costruenda calotta. In altri casi i fori del trattamento sono radiali rispetto alla sezione di scavo ed eseguiti da un cunicolo di preavanzamento.

L'esecuzione di ogni trattamento di preconsolidamento con tubi valvolati sarà documentato mediante compilazione da parte dell'Impresa, in contraddittorio con la Direzione Lavori, di una apposita scheda con le seguenti registrazioni:

- 1) data di esecuzione e ubicazione (progressiva metrica dall'imbocco della galleria) del campo di trattamento;
- 2) identificazione di ciascun tubo, con riferimento alla sezione tipo di progetto;
- 3) per ciascun tubo, numero d'ordine e posizione (distanza dal fronte in m) delle valvole di iniezione;
- 4) per ciascuna valvola, caratteristiche e composizione della miscela iniettata e valori dei seguenti parametri di iniezione assegnati in progetto:
  - volume massimo  $V_{max}$  (litri);
  - portata  $q = cost$  (litri/min);
  - eventuale pressione massima  $P_{max}$  (bar);
- 5) sempre per ciascuna valvola e in relazione ai diversi tipi di comportamento del terreno, valori registrati in fase di iniezione:
  - pressione iniziale di rottura della valvola  $p_o$  (bar);
  - pressione al termine dell'iniezione  $P_{fim}$ ,  $P_{creack}$ ,  $P_{rif}$  (bar);
  - assorbimento di miscela  $v_{in}$  (litri);
  - tempo di iniezione  $t$  (min);
  - portata  $q$  (litri/min) dell'eventuale iniezione di II<sup>a</sup> fase;
  - pressione iniziale e finale, assorbimento e durata dell'eventuale iniezione di II<sup>a</sup> fase.

Prima di dare inizio all'esecuzione sistematica dei trattamenti dovranno essere effettuati i seguenti tipi di prove e controlli:

- determinazione delle caratteristiche geomeccaniche del terreno;
- messa a punto del sistema ed esecuzione di un campo prova.

Nel corso delle operazioni di iniezione si preleverà un campione della miscela di iniezione almeno ogni cinque tubi. Sul campione si determineranno: peso specifico mediante apposita bilancia, decantazione (bleeding) mediante buretta graduata del diametro di 30 mm.

Il peso specifico dovrà risultare pari ad almeno il 90% di quello teorico, calcolato assumendo  $3 \text{ g/cm}^3$  il peso specifico del cemento e  $2.65 \text{ g/cm}^3$  quello degli inerti, nell'ipotesi che non venga inclusa aria. Nelle prove di decantazione, l'acqua separata in 24 ore non dovrà superare il 3% in volume. Con il campione di miscela saranno altresì confezionati cubetti di 7 o 10 cm di lato, da sottoporre a prove di resistenza cubica a compressione.



Le modalità di prova dovranno essere conformi alle normative vigenti ed alle preventive richieste della Direzione Lavori.

#### **44.7.2. Jet-grouting sub-orizzontale**

Per la realizzazione del jet-grouting sono utilizzate delle aste di perforazione con una valvola eiettrice all'estremità inferiore; sulla valvola si trovano 2 o più ugelli ( $\varnothing$  1.5-3mm) perpendicolari all'asse dell'asta.

Le fasi di esecuzione del trattamento sono:

1. andata o perforazione, in cui le aste sono inserite fino alla profondità richiesta. L'avanzamento può avvenire a rotazione nei terreni a granulometria medio-fine fino a 16-17 m di profondità, o a rotopercolazione nei terreni incoerenti grossolani;
2. ritorno o estrazione contemporanea iniezione ad altissima pressione (300÷600 atm) della miscela. La miscela può essere costituita da un solo fluido disgregante e stabilizzante o da 2 o 3 fluidi, (aria o aria + acqua), come disgregante e miscela cementizia come stabilizzante).

La sospensione cementizia avrà un rapporto cemento/acqua pari a 0.5÷1 da determinare in base a: granulometria, permeabilità o grado di umidità nelle formazioni coesive a bassa permeabilità e quantità media di miscela in base al volume da trattare.

In questa fase le aste hanno velocità di risalita (25÷50 cm/min) e velocità di rotazione (10÷20 giri/min) adeguate al caso particolare.

La proiezione della miscela dagli appositi ugelli disgrega il terreno e lo mescola con il fluido stabilizzante che lo cementa conferendogli un nuovo assetto strutturale; si ottengono in questo modo dei volumi cilindrici delle dimensioni volute (0.5÷0.6 m in terreni coesivi saturi 0.7÷0.9 m in terreni incoerenti grossolani e 2÷3 m con 3 fluidi).

La portata di iniezione sarà di 10÷3 litri/sec. e il volume di miscela iniettata 200÷350 litri/m corrispondente al 60÷70% del volume di terreno trattato.

Stabilita la portata in base al diametro degli ugelli e alla pressione, la velocità di risalita è data dal volume specifico di miscela che si vuole iniettare.

L'omogeneità e l'estensione del trattamento richiedono di aumentare la pressione e ridurre la velocità di rotazione e estrazione man mano che si passa a terreni più fini o addensati (il raggio d'azione del trattamento  $R_a$  è funzione della resistenza al taglio del terreno, del tempo, della pressione di iniezione).

Il jet-grouting è applicabile in qualunque terreno richieda un miglioramento delle proprietà meccaniche, in particolare in terreni incoerenti e debolmente coesivi e in zone urbane. E' applicabile anche sotto falda in presenza di moti di filtrazione con velocità dell'ordine di  $10^{-1}$  cm/sec. utilizzando particolari miscele.

Nei terreni trattati con jet-grouting la permeabilità finale deve risultare nulla.

In galleria il jet-grouting viene utilizzato per realizzare archi tronco conici ottenuti compenetrando le colonne di jet lanciate oltre il fronte al contorno del perimetro della sezione di scavo.

Le tecniche di perforazione e le modalità di iniezione delle miscele dovranno essere messe a punto, in relazione alla natura dei materiali da attraversare ed alle caratteristiche idrogeologiche locali, mediante esecuzione di colonne di prova in ragione dello 0,5% del numero totale delle colonne, con un minimo di una colonna di prova. Sulle colonne di prova verranno eseguite le prove sotto elencate:

- prove in situ mediante carotaggio continuo, su tutte le colonne e per l'intera loro lunghezza, ubicata all'incirca a metà del raggio teorico di ciascuna colonna;
- prove di laboratorio su campioni significativi, di dimensioni rispondenti alle norme sui calcestruzzi;
- prove di rottura a compressione semplice, con rilievo della curva sforzi deformazioni, da eseguire dopo 28 giorni di maturazione della miscela per terreni incoerenti, dopo 40 giorni per terreni coesivi, ed inoltre per i tempi di maturazione corrispondenti a quelli dell'effettivo utilizzo nel lavoro;
- prova di trazione brasiliana;
- prova triassiale.

Il controllo rigoroso e sistematico della pressione, della portata e dei quantitativi di miscela immessa deve essere attuato mediante l'utilizzo di opportune apparecchiature per la registrazione ed il controllo automatico dei parametri suddetti.

La composizione della miscela, definita preliminarmente, deve essere controllata sistematicamente in cantiere, apportando eventuali correzioni.

Dovrà essere garantita l'esattezza del dosaggio e gli eventuali requisiti imposti dal progetto.

Per le miscele comunemente usate (sospensioni instabili con rapporti acqua/cemento pari ad 1) è sufficiente il controllo periodico, con un densimetro, del liquido contenuto nel miscelatore. Si dovranno osservare e registrare o eventuali rifluimenti di fluido dal foro o da punti ad esso vicini, il rigonfiamento del terreno nel tempo e la sua entità finale.

#### **44.7.3. Pretaglio**

Questo sistema consiste nel praticare sul fronte, prima dello scavo, un taglio di spessore (max 20 cm) e lunghezza predeterminati seguendo il profilo di estradosso della galleria mediante una macchina fresatrice provvista di una sega a catena.

Il taglio è immediatamente riempito con spritz-beton fibrorinforzato additivato in modo da avere alte resistenze a breve termine (70% della resistenza finale maggiore di 30 N/mm<sup>2</sup> dopo 6÷8 h).

La stabilità trasversale è garantita, dopo lo scavo che avviene a piena sezione, per circa 1÷1.5 diametri di distanza dal fronte, dalle tegole di spritz-beton; a distanze superiori si effettuano piedritti e l'arco rovescio.

La tegola deve avere una geometria ottimale che eviti gli sforzi di trazione al suo interno. Il fronte andrà sagomato a forma concava, protetto da uno strato di spritz-beton ed eventualmente rinforzato con chiodi in vetroresina.

Il pretaglio è adatto per terreni coesivi o semicoesivi saturi, alterabili al contatto con l'aria.

La lama di taglio, a causa dello scorrimento della catena e del movimento del meccanismo, trasmette vibrazioni al terreno, che possono innescare o favorire il distacco di blocchi lungo superfici di rotture latenti o preesistenti. E' quindi necessario che le maestranze impegnate rimangano al di fuori del raggio di azione del fronte e che siano rispettate alcune fondamentali norme esecutive:

- è necessario che il profilo del pretaglio rispecchi fedelmente gli schemi progettuali, allo scopo di evitare errori nella geometria del trattamento, errori che si traducono, per il successivo e necessario ripristino della sezione di scavo, in difficili interventi di "rifilatura";
- l'esecuzione del guscio avviene per conci successivi, il cui sviluppo è regolabile in funzione delle caratteristiche geotecniche del terreno, ma normalmente è pari a 3.00 m;
- prima di iniziare il taglio di un concio, è indispensabile che sia stato completato il getto di quello precedente;
- è necessario garantire la continuità strutturale del guscio, curando in particolare le riprese di getto tra i vari conci, ed evitando la giunzione di calotta in corrispondenza dell'asse della galleria;
- si deve sempre garantire, quale condizione necessaria per la stabilità globale del guscio di pretaglio anche in fase di scavo, l'incastro del piedritto del guscio di spritz-beton per un tratto di lunghezza pari a L=80 cm al di sotto del piano di lavoro;
- nel caso in cui si verificano difficoltà di esecuzione dei tagli a causa di presenza di materiali incoerenti, è necessario dotare il terreno della coesione mancante per il sostegno del taglio eseguendo opportune iniezioni di malte cementizie nelle zone incoerenti in prossimità del profilo di scavo.

Il controllo di qualità durante l'esecuzione dei lavori, prevede la seguente serie di prove:

- verifica della resistenza alla compressione e a flessione dello spritz-beton di riempimento confezionato presso il fronte;
- verifica della qualità delle volte di pretaglio mediante prelievo di campioni carotati;
- controllo dell'umidità degli inerti all'impianto con strumento apposito.

Le prove di controllo di qualità vanno eseguite regolarmente e al massimo dopo il consumo di 100 m<sup>3</sup> di spritz-beton. Si dovranno determinare delle curve di resistenza a partire dal tempo  $t=0$  (immediatamente dopo la presa) fino alla maturazione completa, al fine di effettuare il controllo con le prescrizioni progettuali.

In ogni caso la resistenza minima dopo 4 ore dovrà essere almeno 6 N/mm<sup>2</sup> e la resistenza finale sarà compatibile con le indicazioni di progetto e superiore a  $R_{ck} = 25 \text{ N/mm}^2$ .

Per eseguire un programma di prove sullo spritz confezionato e messo in opera si vedano le prove indicate al paragrafo F).

In parallelo a queste prove si eseguiranno dei carotaggi delle volte con una frequenza indicativa di 10 giorni lavorativi. Per determinare la porosità dei campioni carotati, si seguirà la norma ASTM C642.

#### **44.7.4. Drenaggi**

I drenaggi sono realizzati mediante perforazione a distruzione in cui è inserito un tubo in PVC microfessurato rivestito con una calza in tessuto non tessuto per evitare l'intasamento dei fori. Nel caso in cui le pressioni dell'acqua siano elevate vengono utilizzati dei dispositivi che impediscono la fuoriuscita di acqua prima dell'inserimento del tubo drenante. In questa situazione si opera posando prima un tubo in attesa di diametro superiore, su cui si collegherà un "preventer" atto a controllare il fluido di spurgo della perforazione in modo da evitare l'innescare di fenomeni di sifonamento e tale da permettere la chiusura rapida del foro.

In tal caso la perforazione sarà fatta con rivestimento, per impedire la chiusura del foro e con punta a perdere. Finita la perforazione si inserirà all'interno del rivestimento un tubo drenante forato o finestrato. I drenaggi saranno posti a formare un aureola drenante esterna al profilo dello scavo oltre il fronte (posizionarli sul fronte sarebbe un grave errore per il richiamo d'acqua che aumenterebbe proprio sul fronte stesso).

L'installazione dei dreni suborizzontali si articola secondo le seguenti fasi esecutive:

- a) esecuzione delle perforazioni rivestite come prescritto precedentemente nel rispetto delle posizioni degli assi di perforazione;
- b) introduzione nei perfori rivestiti di tubi drenanti aventi i requisiti descritti precedentemente;
- c) messa in opera di ciascun dreno.

Nel caso di drenaggi sotto falda ad elevata pressione si prevedono le seguenti operazioni:

- recupero del tubo di rivestimento del foro per una lunghezza pari a quella del tratto di dreno attivo, più la lunghezza del sacco otturatore, in modo che questo risulti direttamente a contatto con le pareti del perforo;
  - gonfiaggio del sacco otturatore tramite iniezione a pressione controllata dalla relativa valvola tramite doppio otturatore inserito da bocca-foro all'interno del tubo drenante. Raggiunto un valore di pressione prestabilita (alcuni bar), quest'ultimo dovrà essere mantenuto per un congruo intervallo di tempo per verificare l'avvenuto gonfiaggio del sacco. Nel caso di calo di pressione si procederà con successive iniezioni fino al raggiungimento della pressione prestabilita. Non appena la malta cementizia ha fatto presa nel sacco otturatore, si procederà alla estrazione del tubo di rivestimento per la rimanente lunghezza, pari a quella del tratto cieco, e immediata esecuzione, sempre mediante doppio otturatore, dell'iniezione di intasamento di tale tratto a partire dalla valvola superiore;
  - rottura della membrana interna sita in corrispondenza del sacco otturatore mediante introduzione nel dreno di una normale asta rigida;
- d) verifica del corretto funzionamento dei dreni.

Al termine della III.a fase i dreni risultano attivati alla captazione d'acqua in avanzamento sugli scavi. Tale preconsolidamento potrà rimanere attivo anche a lungo termine durante la fase di esercizio, per cui si dovrà provvedere a raccogliere mediante un apposito collettore le venute d'acqua captate dai dreni, onde evitare che queste possano disperdersi in galleria, causando nocive infiltrazioni che potrebbero compromettere la stabilità delle opere di rivestimento definitive.

I drenaggi saranno sovrapposti per una lunghezza pari almeno al diametro della galleria in modo da avere più punti drenanti per sezione e avranno lunghezza di almeno 3 diametri della stessa.

Nel caso di ammassi in cui le pareti del perforo rimangono stabili per tutta la lunghezza, il tubo microfessurato rivestito di filtro in tessuto non tessuto, inserito nel foro sarà semplicemente cianfrinato e sigillato e l'acqua captata intubata e opportunamente convogliata lontano dalla zona del fronte di scavo.

Questo intervento è consigliabile nel caso di galleria sotto falda nel caso in cui sia possibile abbattere parzialmente o totalmente il livello della falda.

La realizzazione di fori drenanti al contorno del cavo permette di minimizzare l'apporto idrico nella zona del nucleo del fronte di scavo impedendo così alle caratteristiche del terreno di decadere per effetto dell'acqua e consente contemporaneamente un consolidamento del nucleo stesso.

La presenza di una zona a permeabilità maggiore al contorno del cavo consente inoltre un abbattimento delle pressioni interstiziali che potrebbero compromettere la stabilità del caso stesso.

Le attrezzature di perforazione e rivestimento devono essere idonee ad effettuare perforazioni del diametro e della lunghezza previsti, con rivestimento continuo per tutta la lunghezza del foro.

Il tubo di rivestimento risulta in genere costituito dalla stessa batteria di aste tubolari impiegate nella perforazione.

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

I raccordi tubolari dovranno essere rigidamente fissati al tampone in spritz-beton preventivamente realizzato sul fronte.

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

#### **44.7.5. Preconsolidamento del fronte di scavo mediante tubi in vetroresina**

L'intervento di armatura del fronte di scavo può essere efficacemente realizzato mediante la messa in opera, in avanzamento rispetto al fronte di scavo, di tubi in vetroresina iniettati con malte cementizie. I tubi saranno posti in opera per una profondità non inferiore al diametro della galleria con una sovrapposizione minima, tra due trattamenti successivi, di almeno 5 m e con un'intensità da definire in funzione dell'incremento di resistenza al taglio che si intende conferire al terreno.

Oltre a intervenire con i tubi in vetroresina è consigliabile sagomare il fronte a forma concava in modo da favorire la canalizzazione delle tensioni ai lati dello scavo e garantire una maggior sicurezza.

La chiodatura del fronte si realizza in terreni da semicoerenti a coerenti soggetti ad alterazione chimico-fisiche e a fenomeni di estrusione del nucleo che tende a muoversi verso la parte già scavata.

E' preferibile che i tubi siano forniti della lunghezza richiesta dal progetto. Nel caso siano forniti in spezzoni, questi dovranno essere giuntati con manicotti in vetroresina.

Il collegamento del manicotto e degli spezzoni deve essere realizzato per incollaggio con resina epossidica oltre che per avvitamento.

Il prodotto deve essere spalmato mediante spatola o pennello in maniera uniforme sulla parte di tubo in vetroresina da avvitarsi al manicotto, utilizzando non meno di 70÷80 grammi di prodotto per ciascuna estremità delle barre. Le parti incollate dovranno maturare per non meno di 3÷4 giorni.

La testa dei tubi dovrà essere dotata di un'apposita cianfrinatura in materiale plastico o similare a forma troncoconica, che impedisca la fuoriuscita della cementazione, in particolare nel caso di perforazioni inclinate verso l'alto. La cianfrinatura così conformata dovrà essere inoltre dotata di un tubicino di sfiato da posizionare al di sopra di ogni tubo. La testa del tubo sarà dotata di una valvola a sfera di non ritorno in ABS con attacco rapido a baionetta per la pompa di iniezione. Per evitare che il

tubo si intasi, durante la fase di inserimento nel foro, sarà opportuno che l'altra estremità sia dotata di un tappo in materiale plastico e che quindi la miscela di iniezione fuoriesca da opportune valvole a manchette. Le perforazioni e l'inserimento della miscela nel foro devono essere eseguite con un'attrezzatura per perforazione a secco, preferibilmente ad elica; in questo caso la perforazione del terreno dovrà essere eseguita con un diametro minimo tale da permettere l'esecuzione agevole ed efficace di tutte le operazioni previste. L'operazione successiva di inserimento del tubo nel foro dovrà avvenire immediatamente dopo l'esecuzione della perforazione.

Per evitare franamenti del foro appena eseguito, la cementazione dovrà avvenire immediatamente dopo l'inserimento del tubo nel foro stesso.

Il riempimento del foro con la cementazione, avverrà da fondo foro verso il paramento del fronte per i fori inclinati verso il basso e viceversa per quelli verso l'alto (al fine di evitare bolle d'aria e tratti mal cementati).

#### **44.7.6. Arco rovescio**

E' un elemento strutturale che realizza la chiusura nella parte inferiore delle opere di rivestimento della galleria conferendo loro una maggiore rigidità.

Nel caso di terreni difficili può essere utilizzato per agire sul rivestimento di prima fase.

Quando viene posto in opera entro 3 diametri dal fronte di scavo ha funzione di contenimento sull'ammasso al contorno. In questo caso può essere preceduto dal getto delle murette, che avranno le interfacce con i futuri getti di calotta e dell'arco rovescio stesso sagomate a raggio.

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

Quando vengono adottati interventi conservativi di precontenimento l'arco rovescio sarà gettato entro 1.5 diametri dal fronte.

Se la situazione lo richiede può essere consigliabile, terminato lo scavo dell'arco rovescio, mettere in opera puntoni di contrasto di curvatura pari a quelle di estradosso collegati alle centine, in modo da chiudere subito il rivestimento di prima fase, prima ancora della presa del calcestruzzo.

Il getto dell'arco rovescio deve essere eseguito su rocce in posto e non su materiale smosso; eventuali sovrascavi dovranno essere riempiti e risagomati con conglomerato cementizio magro.

E' sempre preferibile prevedere archi rovesci senza maglie di armatura, eventualmente modificandone la curvatura e/o utilizzando calcestruzzo fibrorinforzato con  $R_{ck} \geq 25 \text{ N/mm}^2$ .

Il tipo e lo spessore dell'arco sarà stabilito in sede di progetto in funzione della sezione tipo adottata e controllata in corso d'opera secondo quanto previsto dalla normativa vigente (DM 14/02/92 e D.M. 09/01/1996) e dalle prove sui calcestruzzi fibrorinforzati.

#### **44.7.7. Rivestimento di 2<sup>a</sup> fase in conglomerato cementizio semplice o armato**

Il rivestimento consiste in un getto di dato spessore di conglomerato cementizio contro le pareti della galleria, mediante apposite casseforme.

Se previsto nel progetto dovrà anche essere armato.

In alcuni casi può essere realizzato mediante posa in opera di conci prefabbricati ed eventualmente precompressi.

Il calcestruzzo utilizzato sarà almeno di classe  $R_{ck} 25 \text{ N/mm}^2$ .

Il tipo e lo spessore del rivestimento sarà stabilito in sede di progetto in funzione della sezione tipo adottata.

Si dovranno osservare gli spessori di rivestimento prescritti nel progetto ed evitare la presenza di vuoti all'estradosso delle murature. Dovrà essere ben eseguita la ripresa con i getti precedenti e la preparazione e pulitura delle superfici con le quali i getti stessi dovranno venire a contatto.

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

Per i getti da eseguirsi in presenza d'acqua si dovranno attuare adeguati sistemi di captazione delle acque e di drenaggio delle stesse.

Per quanto attiene ai controlli si rimanda a quanto prescritto per le opere in calcestruzzo dalla vigente normativa (DM 14/02/'92 e D.M.09/01/1996).

#### **44.8. IMPERMEABILIZZAZIONE ESEGUITA IN SOTTERRANEO CON GUAINA IN PVC**

La Direzione Lavori ha facoltà di ordinare, per determinati tratti o superfici di galleria, l'impermeabilizzazione con guaine di PVC, in conformità alle prescrizioni riportate di seguito.

Le caratteristiche del foglio impermeabile in PVC elastico preconfezionato saranno le seguenti:

Caratteristiche	Valore	Norma di riferimento
spessore	2 mm	--
peso specifico	1,3 g/cm <sup>3</sup>	--
resistenza a pressione	10 atm	DIN 16938
allungamento a rottura	300%	DIN 16938 E
resistenza a compressione	300 N/cm <sup>2</sup>	--
durezza A-Shore	75	DIN 53505
resistenza a trazione	1700 N/cm <sup>2</sup>	DIN 16938 E
resistenza al calore	+70°C	--
resistenza al freddo	-40°C	DIN 53372
piegamento a freddo	-20°C	DIN 16938
imputrescibilità	illimitata	--

L'impermeabilizzazione viene disposta fra il priverivestimento in calcestruzzo spruzzato ed il rivestimento in calcestruzzo; essa consta di uno strato di compensazione e di uno strato impermeabile composto da fogli in PVC saldati fra loro.

Sono previsti i seguenti magisteri:

- la captazione di eventuali forti venute d'acqua, tali da impedire la regolare stesa dei fogli di compensazione e di impermeabilizzazione ottenuta mediante impiego di tubi drenanti di materiale plastico, protetti da uno strato di lana di vetro; i tubi saranno fissati con malta di cemento e accelerante, ricoperti da uno strato di gunite fine e collegati col drenaggio al piede del rivestimento impermeabilizzante;
- la eliminazione delle parti metalliche sporgenti, quali teste di ancoraggio, reti metalliche, ecc.;
- la regolarizzazione con gunite avente lo spessore minimo di 5 mm. del priverivestimento esistente per raccordare eventuali punte e cavità della roccia e parti metalliche quali centine, catene, ecc.;
- la fornitura e la posa in opera dello strato di compensazione, costituito da un feltro di materiale sintetico non infiammabile, di peso non inferiore a 400 g/m<sup>2</sup>;
- la fornitura e posa di dischi e/o listoni in PVC semirigido fissati al priverivestimento mediante chiodi a sparo o mediante tasselli ad espansione, con funzione di ancoraggio dello strato di compensazione e di sostegno dello strato impermeabile, nel numero di 4 dischi/m<sup>2</sup> oppure di 1 listone/m.;
- la fornitura e la posa in opera dello strato impermeabile, costituito da un foglio in PVC elastico preconfezionato rispondente alle caratteristiche sopra specificate;
- il fissaggio dei fogli in PVC ai dischi e/o listoni di ancoraggio mediante termosaldatura; dopo questa operazione il foglio dovrà presentarsi senza gobbe o pieghe, ben disteso fra gli ancoraggi cui è stato vulcanizzato;

- la saldatura delle riprese fra i fogli di PVC mediante sovrapposizione dei lembi e successiva sigillatura per termofusione in modo da formare un giunto a perfetta tenuta;
- la formazione del drenaggio al piede della impermeabilizzazione, con fornitura e posa in opera di tubo in materiale plastico forato e sistemato in apposita canaletta ricavata nel calcestruzzo della "muretta" e collegato ai pozzetti di raccolta del marciapiede.

L'impermeabilizzazione di cui al presente articolo verrà compensata, per i tratti e le superfici ordinati dalla Direzione Lavori, col corrispondente prezzo di Elenco.

In esso si intendono compresi e compensati, oltre alle forniture, prestazioni e magisteri sopra descritti, anche tutti gli altri oneri occorrenti per l'esecuzione della impermeabilizzazione e per dare il lavoro finito a perfetta regola d'arte, ed in particolare:

- il montaggio e lo smontaggio delle attrezzature mobili e dei ponteggi;
- la ventilazione e l'illuminazione del luogo di lavoro;
- la fornitura di aria compressa, energia elettrica, e quanto altro occorre;
- tutti gli oneri che possono derivare all'Impresa per la esecuzione di lavori in sotterraneo.

#### **44.9. NORME E PRESCRIZIONI AGGIUNTIVE AI LAVORI IN SOTTERRANEO**

##### **44.9.1. Iniezioni di intasamento tra rivestimento e roccia**

###### Preparazione paramento

Tutte le vie di possibile comunicazione fra intradosso ed estradosso del rivestimento dovranno essere inizialmente lasciate aperte, provvedendo inoltre a rimuovere eventuali stuccature e saturazioni in stato precario.

###### Perforazioni e predisposizioni per le iniezioni

Si adotterà una maglia di perforazione 2.5x2.5 metri, a quinconce, estesa dall'uno all'altro piedritto. Si avranno quindi delle raggiere con 7 o 8 fori ad interasse 2.20 metri.

Verranno realizzati su ogni sezione i fori nella serraglia ed in asse calotta.

La perforazione avrà diametro 50÷60 mm e sarà effettuata a rotopercolazione.

La perforazione, che attraverserà l'intero rivestimento, la zona di contatto e che si attesterà nella roccia, avrà una lunghezza di circa 1.50 metri.

Tutti i fori, compresi nel campo di lavoro, verranno chiusi da otturatori con l'estremità aggettante munita di sistema di chiusura rapida e di filettatura per la connessione rapida alla linea di mandata dell'iniezione; sarà inoltre predisposto l'attacco per l'inserimento di un manometro.

###### Sigillatura fessure comunicanti

La sigillatura delle fessure comunicanti con cemento espansivo a rapida presa, è ipotizzata nel corso dell'iniezione, ma solo a seguito di comunicazione; eventuali fessure che non abbiano presentato comunicazione dovranno essere trattate nella fase finale di ripristino del rivestimento.

###### Riempimento vuoti

Nelle zone dove le perforazioni e le successive iniezioni evidenziassero forti presenze di vuoti, si procederà ad una prima iniezione di miscela analoga a quella utilizzata per il ripristino del contatto ma con l'aggiunta di sabbia lavata e vagliata. Seguirà poi una seconda iniezione con la miscela utilizzata per il contatto che avverrà su una nuova serie di fori equipaggiati.

###### Iniezione di contatto

Le iniezioni verranno eseguite per campi, prevedendo la possibilità di contemporaneo invio della miscela ai tubi di attesa su almeno 3 linee, lasciando aperta l'eventuale comunicazione in almeno 5 fori attigui.

La miscela utilizzata avrà la seguente composizione a metro cubo di prodotto miscelato:

- 600÷800 kg di acqua
- 500 kg di cemento CEM-I-52.5
- 35 kg di bentonite
- 4 kg di additivo disperdente-stabilizzante



La miscela cementizia dovrà garantire una resistenza a compressione misurata su provini cilindrici ( $h/d=2$ ) non minore di  $2.0 \text{ N/mm}^2$  a 28 gg

I provini verranno mantenuti per 28 giorni in ambiente termostato alla temperatura di  $20^\circ\text{C}$ .

Si procederà iniettando dai fori predisposti nei piedritti attendendo la comunicazione nei fori man mano risalenti verso la chiave della galleria. I fori in asse calotta saranno alternativamente attrezzati con dei tubi di diversa lunghezza. Quando la miscela fluirà dal tubo più basso (che farà da spia) si dovrà interrompere l'iniezione, aspettare che essa raggiunga un minimo di resistenza e riprendere ad iniettare dal tubo più basso attendendo la comunicazione da quello più alto. Si dovrà curare che l'estradosso del rivestimento non venga assolutamente messo in alcun momento in pressione: verranno pertanto utilizzate pompe a bassa pressione con limitatori di pressione.

La tipologia di pompa utilizzata verrà sottoposta all'approvazione della Direzione Lavori.

Le linee di mandata dovranno disporre di manometri collocati a boccaforo o comunque nell'immediata prossimità del foro per un controllo visivo costante.

L'Impresa dovrà certificare all'inizio dei lavori e periodicamente la buona taratura dei manometri impiegati.

Un foro verrà considerato completato, potendo quindi provvedere alla sua chiusura, quando:

- se foro di invio, quando si raggiunga la pressione di rifiuto;
- se foro di comunicazione, quando da esso defluisca miscela pulita di uguali caratteristiche di quella inviata; quindi esente da presenza di acqua in eccesso o di materiali contenuti nelle fessure e nella zona di contatto.

Man mano che tali circostanze abbiano caratterizzato i fori in trattamento, si sposteranno le mandate sui fori attigui, non ancora interessati alla procedura, salvaguardando il minimo di pressione raggiunto al fine di garantire la conservazione del riempimento delle zone già trattate: a tal fine verranno applicati dei manometri su alcune delle mandate dei fori già iniettati per osservarne l'evoluzione di pressione nel tempo e per eventuali riprese sin tanto che il fenomeno di presa lo consenta.

Verranno redatti dei rapportini di iniezione, in continuo con idonea attrezzatura in automatico da sottoporre all'approvazione della Direzione Lavori, su cui si annoterà:

- all'impianto di miscelazione:
  - volumi confezionati
  - composizione della miscela

- alle pompe:
  - quantitativi pompati da ogni foro
  - comunicazioni osservate
  - composizione della miscela
  - pressione di iniezione

Come criterio di limitazione in fase di pompaggio si stabilisce un tetto di 500 litri (1000 per i fori bassi nei piedritti) per foro, superato il quale quantitativo senza né comunicazione con fori attigui né raggiungimento della pressione minima di 1.5 bar, si opererà come segue:

- si lascerà riposare per riprendere l'iniezione a distanza di 24 ore, evitando comunque di proseguire l'iniezione nei fori più attigui
- si adotterà una miscela additivata con inerti

I valori delle pressioni di iniezione e di "rifiuto" saranno definite preliminarmente con la direzione lavori, previa realizzazione di "campo prova" e comunque con un valore massimo di 1.5 bar (a boccaforo).

Durante i lavori che riguardano una delle due gallerie, quella adiacente verrà mantenuta normalmente in esercizio, controllando in fase di iniezione che non vi sia passaggio di miscela in essa e prendendo eventualmente le dovute contromisure (temporanea sospensione dell'iniezione, inspessimento della miscela, ecc.).

**44.9.2. Modalità di esecuzione e caratteristiche del rivestimento composito interno di gallerie**

- 1) lamiera pressopiegata inox AISI 316 dello spessore minimo di 0,8 mm, calandrata secondo i diversi raggi della galleria; la lamiera avrà forma grecata con altezze delle greche di circa 30 mm e passo medio delle greche di circa 100 mm, come da disegni di progetto; la lamiera sarà fissata al rivestimento della galleria mediante ancoraggi composti da tassello in nylon della lunghezza minima di 60 mm e viti in acciaio inox del diametro minimo di 8 mm, complete di rondelle in acciaio inox e relativa guarnizione in neoprene o similare, in ragione minimo di 1 fissaggio ogni 1,00 mq; compresa e compensata la sovrapposizione della lamiera in verticale di almeno 45 mm con un minimo di una greca ed in orizzontale di almeno 100 mm completa di guarnizione; le sovrapposizioni maggiori dovute alla irregolarità della galleria sono comprese e compensate.
- 2) isolazione termica in lana di vetro in pannelli idrorepellenti ed intumescenti di classe 0 di resistenza al fuoco dello spessore minimo di mm 30, rivestiti esternamente con due veli di vetro incombustibili; l'isolazione, con massa volumica apparente superiore a 50 kg/mc, verrà fissata provvisoriamente alle sottostanti lamiere grecate inox mediante incollaggio tale da assicurarne la tenuta nel tempo; tutti i materiali impiegati non dovranno emettere gas tossici o nocivi nel caso di incendio, ne' propagare l'incendio; l'isolazione verrà posizionata opportunamente sormontata in tutte le direzioni al fine di evitare qualunque ponte termico, provvedendo a coibentare per quanto possibile anche la sottostruttura e altre zone particolari;
- 3) struttura primaria in alluminio consistente in profilati di qualsiasi tipo (L,T,Z,C, omega o similari) dello spessore minimo di mm 3, calandratati secondo i diversi raggi della galleria, completi di fissaggi meccanici in acciaio inox anche distanziati da parete, in ragione minimo di 1 fissaggio ogni 1,50 ml di struttura sostenuta, aventi barra filettata del diametro di 10 mm e lunghezza variabile di infissione da 15 a 20 cm, completi di rondella in materiale isolante per lo stacco fra materiali diversi (inox e acciaio zincato), dado e controdado; la posa della struttura avverrà su una superficie irregolare e quindi necessiteranno anche spessorazioni e aggiustamenti localizzati; dovranno inoltre essere attuate tutte quelle misure necessarie (guarnizioni, isolazioni, stuccature, etc.) necessarie per impedire la pur minima venuta d'acqua attraverso fissaggi e fori praticati nella struttura; andranno realizzati inoltre tutti i pezzi speciali (per esempio per il raccordo con il rivestimento dei by-pass e per il completamento degli imbocchi), tagli fuori squadra, calandrature, sagomature, e quanto altro necessario per dare la struttura realizzata a perfetta regola d'arte; il passo della struttura, nel senso longitudinale della galleria, sarà di circa 3 m, con possibili infittimenti; è compreso la maggior lunghezza e/o il maggior numero di fissaggi per sostenere l'impianto di illuminazione, nonché l'onere per il corretto posizionamento e allineamento dei fissaggi stessi.
- 4) lamiere pressopiegate in alluminio (tipo AA 4015) dello spessore minimo di 1,0 mm, grecate e preforate sui lati delle greche, per la realizzazione del rivestimento fonoassorbente; la greca dovrà avere una profondità di circa 40 mm ed un passo di circa 100 mm, come da disegni di progetto; la lamiera sarà fissata alla struttura secondaria mediante rivetti in alluminio min. Ø 4 mm lungh. min. 12 mm in ragione di min. 2 per 1 mq di lamiera sostenuta; potranno essere necessari anche spessorazioni e aggiustamenti localizzati; andrà prevista una sovrapposizione della lamiera con un minimo di una greca, completa di opportuna guarnizione se necessaria;
- 5) struttura secondaria in alluminio consistente in profilati di qualsiasi tipo o lamiera pressopiegata dello spessore minimo di mm 3, calandratati secondo i diversi raggi della galleria, completi di fissaggi meccanici in inox (perforazione della struttura compresa e compensata nel prezzo), in ragione minimo di 1 fissaggio ogni 1,50 ml di struttura; compresi e compensati nel prezzo gli oneri per il realizzo di pezzi speciali (per esempio per il raccordo con il rivestimento dei by-pass e per il completamento degli imbocchi), nonché ogni altro onere per sfridi, tagli fuori squadra, calandrature, sagomature, e quanto altro necessario per dare la struttura secondaria realizzata a perfetta regola d'arte; il passo della struttura secondaria, nel senso longitudinale della galleria, sarà di circa 3 m, ma sono compresi e compensati anche oneri per eventuali infittimenti.

L'intera struttura dovrà essere in grado di resistere ad una pressione/depressione di 600 N/m<sup>2</sup> sull'intero rivestimento oltre al peso proprio.

#### **44.9.3. Modalità di esecuzione e caratteristiche del rivestimento riflettente**

- 1) posa in opera di barre filettate  $\phi$  20 mm in acciaio inox ancorate entro fori eseguiti nel rivestimento con resina in uretano meta-acrilato o, in presenza di umidità, con tasselli meccanici. Le barre saranno almeno in numero di 4 per ogni elemento verticale della struttura di sostegno dei pannelli e complete di dado, controdado e rondelle. Tutto quanto compreso e compensato nel prezzo;
- 2) posa in opera di struttura di sostegno in alluminio, costituita da profilati di qualsiasi tipo, (L,T,Z,C, omega o simili), dello spessore min. di mm 3, anche calandrat; potranno necessitare anche spessorazioni e aggiustamenti localizzati; realizzazione di pezzi speciali (per esempio in corrispondenza dei cassonetti antincendio e per il completamento degli imbocchi), pezzi di collegamento e di aggancio delle lastre in acciaio porcellanato, profilati pressopiegati di finitura; il passo della struttura, orientata nel senso verticale, sarà di circa 1.5 m;
- 3) lastre in acciaio a basso tenore di carbonio dello spessore minimo di 2,5 mm, porcellanate a tre strati nella parte a vista con smalti di classe A, acidoresistenti nel colore pastello (avorio o simile), nichelate e porcellanate ad uno strato nella parte retrostante; le lastre andranno inserite, opportunamente piegate, nella struttura secondaria e dovranno essere dotate di guarnizioni tali da non permetterne la vibrazione; la porcellanatura dei pannelli dovrà essere eseguita in conformità alle norme P.E.I. S-100 per Architettura e UNI-EN14431:2005 con smalti acidoresistenti di classe "A" ed inalterabili nella struttura e nel colore all'azione degli agenti atmosferici e chimici (in particolare ai gas di scarico dei mezzi di trasporto); la porcellanatura dovrà avvenire con l'applicazione di almeno tre strati di smalto e da altrettante cotture in forno a temperatura di circa 850 °C; lo spessore finale dello smalto applicato dovrà essere superiore ai 220 micron; i pannelli dovranno essere forniti con garanzia decennale; dovranno inoltre essere prodotte le certificazioni riguardanti la resistenza all'acido citrico (UNI EN 14483/1:2004/ISO 2722), le prove di aderenza (UNI 8883), la determinazione della resistenza all'urto (UNI 6725 e UNI 9613/ISO 4532), la resistenza all'abrasione (UNI 7233/ISO 6370,1,2) nonché la resistenza alla corrosione in nebbia salina (UNI ISO 9227:1993); in corso d'opera si provvederà alla verifica di quanto certificato e alla misurazione dello spessore del rivestimento.

L'intera struttura dovrà essere in grado di resistere ad una pressione/depressione di 600 N/m<sup>2</sup> sull'intero rivestimento oltre al peso proprio.

#### **44.9.4. Idrodemolizione di rivestimento di gallerie**

L'idrodemolizione per fasi del rivestimento di galleria in conglomerato cementizio anche armato, dovrà essere eseguita mediante idrodemolitrici capaci di produrre getti d'acqua con portata variabile fino ad un massimo di 300 lt/minuto e/o pressione massima in uscita fino a 2500 Atm. Demolizione atta ad asportare tutto il calcestruzzo degradato e/o preparare le superfici di adesione tra vecchi e nuovi getti, senza compromettere l'integrità e l'ancoraggio dei ferri d'armatura messi a nudo nonché l'integrità strutturale del calcestruzzo limitrofo non demolito; la speciale attrezzatura di idrodemolizione sarà montata su mezzi semoventi ed adeguatamente automatizzata per poter realizzare profondità di idrodemolizione richieste nelle varie zone della galleria; il materiale di risulta andrà caricato e trasportato a discarica autorizzata; le superfici trattate andranno pulite con una energica soffiatura; vanno realizzati tutti i lavori accessori di sgaggiatura e pulizia necessari per ottenere una superficie del calcestruzzo integra e pulita, con ferri d'armatura disossidati, che garantiscano un buon aggrappo del nuovo getto.

In fase di demolizione andranno effettuate le misurazioni di sezioni (ogni 2 metri e con minimo 30 misure per sezione) con profilometro laser con tolleranze complessive di  $\pm 2$  mm.

Si dovranno inoltre eseguire delle misure per la verifica delle condizioni di stabilità dell'opera; i controlli consisteranno principalmente in misure di spostamento su 5 chiodi di convergenza (calotta, reni e piedritti) installati direttamente nel rivestimento in sezioni poste a distanza minore

di 40 metri ed ancorati nel rivestimento per una profondità di almeno 50 cm, affinché rimangano in posto anche in seguito alla scarificazione superficiale; le misure, condotte giornalmente durante le operazioni di idrodemolizione, saranno poi con cadenza settimanale per il successivo mese ed infine con cadenza mensile, salvo anomalie nelle misure, fino alla realizzazione del rivestimento. Se gli spostamenti dovessero superare i livelli di soglia, si adotteranno le contromisure necessarie (chiodature, ecc.).

#### **44.9.5. Ricostruzione del rivestimento di gallerie con spritzbeton**

Fornitura e posa in opera di conglomerato cementizio strutturale proiettato (spritzbeton strutturale) a ritiro compensato, confezionato con cemento speciale per spritzbeton e aggregati di umidità naturale e posto in opera tramite sistema di proiezione per via secca con immissione della miscela base in una pompa pneumatica e convogliamento ad una lancia di proiezione ove viene immessa l'acqua necessaria all'idratazione del legante cementizio.

Dovrà essere garantita l'assenza di fessurazione in fase plastica d'indurimento anche con l'eventuale aggiunta di fibre di natura organica comprese e compensate nel prezzo.

Lo spritzbeton, sarà posto in opera in sotterraneo, in qualunque punto della cavità, dal colmo calotta fino all'imposta, per la configurazione di nuovi rivestimenti in aderenza a preesistenti rivestimenti di gallerie.

La posa del calcestruzzo proiettato andrà preceduta da:

- fornitura ed applicazione (compresa e compensata nel prezzo) di un primer (malta cementizia reoplastica espansiva ad alta adesività e bassa viscosità spruzzata sulla superficie di aggrappo del ripristino per la sua rialcalinizzazione);
- saturazione del supporto con acqua per almeno 12 ore prima della posa;
- idropulizia accurata del supporto sia dopo la idrodemolizione, sia fra ogni eventuale strato riportato di conglomerato proiettato;

il tutto compreso e compensato nel prezzo.

La posa in opera del calcestruzzo sarà eseguita esclusivamente mediante proiezione con idonee macchine spruzzatrici in uno o più strati successivi, tirato a staggia per congruaggio in sagome del rivestimento (dime in alluminio con profilo ad "U" o similare ad interasse di circa 4.0 metri, opportunamente calandrate e fissate al rivestimento con tasselli meccanici a barra filettata in acciaio inox M10 inseriti in fori di lunghezza almeno 10 cm, completi di dado e controdado, con un numero minimo di 13 fissaggi per ciascuna sezione, il tutto compreso nel prezzo) fornite e premontate, con finitura a frattazzo greggio (tutto quanto compreso e compensato nel prezzo).

Il conglomerato cementizio avrà le seguenti caratteristiche:

- peso specifico: maggiore di  $20 \text{ kN/m}^3$
- resistenza meccanica (a 28 gg):  $f_{cm} > 35 \text{ N/mm}^2$  (resistenza cilindrica media misurata su carote con rapporto  $h/d=2$ )  
 $f_{cmin} > 30 \text{ N/mm}^2$  (resistenza cilindrica minima misurata su carote con  $h/d=2$ )
- rapporto acqua/cemento  $< 0.50$
- adesione al supporto determinata per trazione diretta (a 28 giorni):  
valore medio  $\geq 2.0 \text{ N/mm}^2$   
valore minimo  $\geq 1.5 \text{ N/mm}^2$   
Rif: le prove sono da condurre per trazione diretta su provini del diametro di 50 mm.
- coefficiente di permeabilità all'acqua sotto pressione  $< 5 \times 10^{-10} \text{ cm/s}$  (secondo DIN1048 penetrazione massima 50 mm)
- resistenza ai cicli di gelo e disgelo: (secondo SIA 162/1 1989)  $N_{50} > 100$

Per quanto non specificatamente indicato il conglomerato cementizio dovrà poter essere classificato, secondo le indicazioni della Norma UNI 10834 come:

- destinazione d'uso: PS
- sviluppo delle resistenze meccaniche nel cls fresco: sviluppo rapido

Il calcestruzzo proiettato sarà confezionato:

- a) utilizzando un cemento speciale per calcestruzzo spruzzato, a base pozzolanica, classificato CEM IV / A 42.5 R secondo UNI EN 197/1, ad alta resistenza ai solfati secondo UNI 9156;

- b) utilizzando aggregati conformi alla norma UNI 8520 - parte 2<sup>a</sup> classe A, caratterizzati da un diametro massimo non superiore a 8 mm ed un tenore di umidità all'atto dell'utilizzo, non superiore al 6% in peso.

Sono inoltre compresi e compensati nel prezzo: lo sfrido; ogni onere per la fornitura e la posa in opera del materiale; ogni onere per il nolo e l'impiego di attrezzature; l'impiego del ponte di lavoro mobile e/o dei ponteggi ed impalcature necessarie per accedere al posto di lavoro ed eseguire i lavori stessi, nonché tutti gli oneri derivanti dalla necessità di accedere al posto di lavoro e di eseguire i lavori stessi operando su ponteggi o su ponte di lavoro mobile con speciali attrezzature opportunamente montate sul ponte di lavoro, nonché l'eventuale onere per la ventilazione e l'illuminazione dei posti di lavoro (a norma di legge); l'onere per la misurazione delle sezioni (ogni 2 metri e con minimo 30 misure per sezione) con profilometro laser con tolleranze complessive di  $\pm 2$  mm.; il carico ed il trasporto del materiale di rimbalzo a scarica autorizzata; ogni fornitura o nolo, prestazione e lavorazione per dare il lavoro completo a regola d'arte.

## **ART. 45.**

### **BARRIERE ANTIRUMORE**

#### **45.1. PREMESSA**

Tutte le barriere ed i loro componenti devono soddisfare le prescrizioni tecniche del presente Capitolato Speciale di Appalto

Al momento dell'offerta l'Impresa prende visione delle opere da realizzare e si impegna, in caso di aggiudicazione, a fornire componenti e sistema barriera conformi alle prescrizioni tecniche con la relativa marcatura CE.

Ad aggiudicazione avvenuta, l'accettazione della barriera è subordinata alla verifica della rispondenza delle prestazioni dichiarate alle prescrizioni tecniche del presente Capitolato Speciale d'Appalto. In questa fase l'Impresa è inoltre tenuta a fornire un piano di controlli in produzione per assicurare le prestazioni dichiarate per l'intera fornitura ed il manuale di montaggio e manutenzione della barriera da seguire per assicurarne la corretta installazione.

La dichiarazione di prestazione ed il piano dei controlli in produzione sono documenti che devono essere prodotti in conformità alla norma armonizzata UNI EN 14388. L'insieme di questa documentazione consente la marcatura CE resa obbligatoria per questi prodotti dal Regolamento Europeo Prodotti da Costruzione (n.305/2011 - CPR).

Tutti i certificati di prova utilizzati a supporto della dichiarazione di prestazione per la marcatura CE devono essere rilasciati da laboratorio notificato. L'evidenza della notifica è attestata dalla iscrizione del laboratorio sul sito <http://ec.europa.eu/enterprise/newapproach/nando/> della Commissione Europea.

In aggiunta ai controlli pianificati possono essere richieste eventuali nuove dichiarazioni all'Impresa, al fine di assicurare la costanza e la qualità delle forniture, ogni qualvolta la Direzione Lavori e/o il Collaudatore, a loro insindacabile giudizio, lo ritengano opportuno.

L'accettazione della fornitura ed i controlli effettuati in fase di esecuzione della commessa non sollevano tuttavia l'Impresa dalla responsabilità della riuscita delle opere anche per quanto può dipendere dai materiali stessi e/o dalla loro posa in opera fino a collaudo avvenuto.

Qualora la Direzione dei Lavori abbia rifiutato una qualsiasi provvista perché ritenuta non atta all'impiego, l'Impresa deve sostituirla con altra che corrisponda alle caratteristiche volute. I materiali rifiutati devono essere immediatamente allontanati dal cantiere a cura e spese della stessa Impresa

Per le prove e le certificazioni richieste l'impresa dovrà avvalersi di laboratorio presso il quale le prove stesse risultano accreditate da ACCREDIA (Ente Italiano per l'Accreditamento) o da equivalente organismo di accreditamento europeo o da un laboratorio specializzato preventivamente accettato dalla Direzione Lavori.

Lo schema a blocchi seguente riassume per completezza le competenze dell'Impresa e l'attività di controllo del Committente per le singole fasi della commessa. Gli allegati citati nello schema contengono le procedure da seguire ed i controlli da effettuare per i singoli componenti e per il sistema barriera nelle fasi di qualifica del prodotto e del sistema produttivo, accettazione della fornitura e controllo finale in cantiere.

In allegato alle presenti norme tecniche si riportano le "SCHEDE DEI CONTROLLI PER LE BARRIERE ANTIRUMORE" che la DL seguirà nella fase di accettazione e controllo del prodotto, tali controlli sono da intendersi come indicativi, ma non esaustivi.

Fase		attività dell'Impresa	attività del Committente
0	Offerta	dichiara la conformità a capitolato dei prodotti offerti	
1	aggiudicazione avvenuta  qualifica del prodotto e del sistema produttivo	<p>produce la dichiarazione di prestazione della barriera con allegati i certificati che attestano la conformità a capitolato dei prodotti offerti. Produce inoltre:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>il piano dei controlli in produzione (FPC);</li> <li>il manuale di montaggio e manutenzione della barriera.</li> </ul>	<p>verifica la rispondenza a capitolato dei prodotti e del sistema produttivo. Recepisce il piano dei controlli.</p> <p>Conferma l'accettazione del prodotto.</p>
<p>Nota: nella fase 1 sono stati qualificati i componenti ed il sistema barriera. Per la qualificazione acustica del sistema barriera è previsto l'allestimento di un campione, a cura e onere dell'appaltatore, in campo prove presso il cantiere o presso il sito produttivo a discrezione della Direzione Lavori. Gli oneri delle prove restano a carico della Direzione Lavori che dovrà disporre del campione per almeno due settimane lavorative consecutive senza che questo comporti un allungamento dei tempi contrattuali. E' stato inoltre qualificato il sistema produttivo e presentato il piano dei controlli. Il completamento di queste attività corrisponde agli adempimenti previsti per il rilascio della marcatura CE della barriera ai sensi della norma armonizzata UNI EN 14388. L'Impresa può avviare l'approvvigionamento dei componenti.</p>			
2	produzione in stabilimento ed accettazione della fornitura	effettua i controlli in produzione secondo FPC e ne produce i risultati	<p>effettua i controlli a campione per singoli lotti di prodotto fornito.</p> <p>Accetta la fornitura.</p>
<p>Sono stati accettati i prodotti in cantiere. L'impresa può avviare l'attività di montaggio.</p>			
3	installazione in cantiere	esegue il montaggio in conformità al manuale fornito in fase di qualifica.	<p>Il committente verifica il campione di barriera installato ed effettua i controlli in cantiere.</p> <p>Accetta la barriera installata.</p>
4	collaudo o certificato di regolare esecuzione	fornisce l'assistenza e la documentazione richiesta in fase di collaudo	<p>vengono effettuate le verifiche di collaudo dei requisiti acustici e non acustici della barriera e dei suoi componenti.</p>

## 45.2. PRECISAZIONI SULLA MARCATURA CE

Per esigenze di carattere tecnico, di manutenibilità delle opere e non ultimo, di ordine architettonico il Committente opta per una uniformità dei prodotti impiegati nella realizzazione delle barriere antirumore. Nel presente C.S.A. sono stabiliti nel dettaglio i requisiti prescrizionali dei singoli prodotti.

Il livello di dettaglio dei requisiti fissati cambia in funzione della tipologia di prodotto e dipende dalla necessità di attrezzature ed impianti specifici che possano essere di proprietà esclusiva di un singolo fornitore. Ad esempio, per i pannelli metallici o in calcestruzzo per i quali occorrono specifiche attrezzature produttive (impianti di profilatura meccanica, casseri per getti speciali), i requisiti prescrizionali non si riferiscono al dettaglio geometrico superficiale del pannello al fine di mantenere aperta la scelta del fornitore da parte dell'impresa appaltatrice.

In altri casi (ad esempio pannelli in legno) il Committente stabilisce in modo univoco le caratteristiche prescrizionali del prodotto e provvede alla stesura degli elaborati grafici.

In questo caso il Committente potrà rendere disponibile la certificazione del prodotto all'impresa che fornisce il sistema barriera antirumore così da poter autorizzare la produzione al fabbricante di volta in volta individuato.

Questa procedura, denominata "sharing ITT" è prevista dai documenti attuativi della Direttiva Europea rif. [3] – *Guidance Paper M - (concerning Council Directive - 89/106/EEC (CPD))*.

Resta inteso che il fabbricante si deve attenere al rispetto dei requisiti prescrizionali riportati su disegni e specifiche tecniche ed è responsabile dei controlli per la valutazione della conformità della produzione.

L'impresa che fornisce il sistema barriera utilizza la certificazione disponibile nella stesura della dichiarazione di prestazione della barriera antirumore al fine di predisporre la marcatura CE.

La valutazione della prestazione e la successiva marcatura CE deve essere effettuata sul sistema barriera antirumore per assicurare il soddisfacimento dei requisiti essenziali dell'infrastruttura stradale in cui deve essere inserita. Questi requisiti, che per il prodotto "barriera antirumore" sono il n.4 "sicurezza all'uso" e n.5 "protezione al rumore" (rif. Regolamento Europeo Prodotti da Costruzione n.305/2011) non possono essere assicurati dalla valutazione della prestazione dei singoli componenti (esempio pannelli antirumore). A titolo di esempio se si considera il requisito "protezione al rumore" il prodotto di cui occorre valutare la prestazione di "isolamento acustico" è la barriera antirumore nel suo complesso. La valutazione dell'isolamento acustico del singolo componente (pannello) è utile a questo scopo ma da sola non consente di conoscere la tenuta acustica del sistema che comporta la presenza di montanti e pannelli di tipo diverso con relative giunzioni.

Nel seguito del presente documento sono presentate le caratteristiche prestazionali da dichiarare nel processo di marcatura CE del sistema barriera antirumore.

Segue l'analisi in dettaglio delle tipologie di componenti (struttura portante e pannelli antirumore) con relativi requisiti prescrittivi e rimando agli elaborati grafici.

### **45.3. PRESTAZIONI ACUSTICHE DEI SISTEMI ANTIRUMORE**

Le prestazioni acustiche richieste per i sistemi antirumore da realizzare lungo l'infrastruttura stradale devono essere distinte tra:

- Prestazioni acustiche intrinseche del sistema antirumore indipendenti dalla localizzazione dei ricettori e dall'effetto atteso di riduzione del rumore in corrispondenza degli stessi. La valutazione di queste prestazioni fa parte del processo di marcatura CE.
- Prestazioni acustiche estrinseche del sistema antirumore, relative all'efficacia acustica globale (Insertion Loss) in opera. Si tratta della riduzione dei livelli di pressione sonora dovuti alla realizzazione della barriera antirumore in corrispondenza di una serie di punti localizzati sul territorio ed individuati come ricettori. La valutazione di queste prestazioni non fa parte del processo di marcatura CE.

#### **45.3.1. PRESTAZIONI ACUSTICHE INTRINSECHE: RIFLESSIONE, (ASSORBIMENTO) ED ISOLAMENTO DEL RUMORE**

La valutazione delle prestazioni acustiche intrinseche prevede l'effettuazione di due tipologie di prove, su un campione rappresentativo di pannelli in laboratorio e sul sistema barriera in campo libero.

In camera riverberante devono essere valutate le seguenti prestazioni acustiche intrinseche:

- indice di assorbimento acustico  $DL_{\alpha}$ , secondo le norme UNI EN 1793-1:2013 ed UNI EN 1793-3:1999;
- indice di isolamento acustico  $DL_R$ , secondo le norme UNI EN 1793-2:2013 ed UNI EN 1793-3:1999.

In campo libero devono essere valutate le seguenti prestazioni acustiche intrinseche:

- indice di riflessione acustico  $DL_{Ri}$ , secondo la norma UNI EN 1793-5:2016;
- indice di isolamento acustico  $DL_{Si}$ , secondo la norma UNI EN 1793-6:2013;

Si precisa che i concetti sopra espressi di assorbimento e riflessione sono utilizzati in conformità alla diversa terminologia utilizzata nelle rispettive norme tecniche. Sono da intendersi riferiti alla stessa proprietà della barriera, ovvero alla sua capacità di minimizzare la quota parte di energia acustica che potrebbe essere riflessa verso altri ricettori situati sul lato della strada opposto al sito da proteggere.

I risultati di tutte le prove sopracitate sono espressi in funzione delle frequenze in bande di terzi di ottava comprese nel range da 100 Hz a 5 kHz.

I risultati sono sintetizzati con un indice unico di valutazione ottenuto pesando i valori sulle singole bande di terzi d'ottava rispetto allo spettro normalizzato di rumore da traffico stradale riportato nella norma UNI EN 1793-3:1999.

Il campione di barriera realizzato in campo libero deve rappresentare compiutamente tutte le tipologie di componenti e/o materiali che la costituiscono (montanti e pannelli in metallo, calcestruzzo, legno, vetro, lastre trasparenti, ecc.).

Se necessario occorre predisporre più interassi di barriera di superficie sufficientemente estesa in modo da contenere le diverse combinazioni di pannelli e montanti da valutare nel rispetto delle superfici minime del campione indicate dalla norma tecnica di riferimento.

Le aree da indagare con prove di fonoisolamento devono essere scelte in corrispondenza del tratto montante – montante del centro pannello e delle giunzioni pannello-pannello e pannello-montante. Con le prove di riflessione sonora deve essere indagata la zona centrale del pannello con caratteristiche fonoassorbenti. L'esecuzione della prova può avvenire in uno spazio libero esterno individuato presso il cantiere o presso il sito produttivo prima dell'avvio della produzione.

In alternativa è possibile effettuare le prove in cantiere preferibilmente all'inizio dell'attività di montaggio in un tratto di fondazione già eseguita e concordato con la Direzione Lavori.

In caso di esecuzione della prova in cantiere l'impresa fornitrice non potrà rivendicare maggiori oneri per possibili interventi correttivi da apportare in base alla valutazione dei risultati della prova eseguita.

I risultati delle prove dovranno rispettare i valori minimi indicati sugli elaborati grafici. Nella tabella seguente sono riportati i livelli acustici minimi attesi per le varie tipologie di barriera. Risulta evidente che non c'è una correlazione tra i valori limite in campo riverberato e quelli in campo libero. Per quanto riguarda le prove in campo libero è fissato un livello minimo per l'indice di fono isolamento  $DL_{SI}$  in corrispondenza della zona solo pannello e della zona pannello - montante. Per l'indice di riflessione sonora  $DL_{RI}$  il valore limite è fissato solo per l'area centrale ai montanti con proprietà fonoassorbente dichiarata. Nel caso di barriera composta da pannelli di diverse tipologie dovrà essere verificato l'isolamento acustico in campo libero comprendendo nell'area di prova le giunzioni dei pannelli con diverse tipologie. In questo caso il livello minimo da garantire sarà pari al valore inferiore dei livelli stabiliti per le due tipologie di pannelli sovrapposti.

Tabella di requisiti acustici minimi per le tipologie in uso di barriere antirumore

TIPOLOGIA DI BARRIERA	$DL_{\alpha}$ , [dB] UNI EN 1793-1:13	$DL_R$ , [dB] UNI EN 1793-2:13	$DL_{RI}$ , [dB] UNI EN 1793-5:16	$DL_{SI}$ , [dB] UNI EN 1793-6:13	$DL_{SI}$ , [dB] UNI EN 1793-6:13
	campo riverberato	campo riverberato	campo libero centro pannello	campo libero centro pannello	campo libero centro montante
PANNELLI METALLICI	15	26	7	27	25
PANNELLI METALLICI BIASSORBENTI	13	26	5	27	25
PANNELLI IN LEGNO	11	26	4	27	25
PANNELLI TRASPARENTI	-	26	-	27	25
PANNELLI TRASPARENTI FONOASSORBENTI	5	26	1 (*)	27	25
PANNELLI IN CALCESTRUZZO	5	33	4	34	32

(\*) il dato è da intendersi come un obiettivo da raggiungere. Non è da ritenersi cogente in assenza di una sperimentazione specifica sui prodotti e sulle soluzioni esistenti.

Le prove in campo libero sopra citate dovranno essere ripetute in fase di collaudo sulla barriera installata, su richiesta della Direzione Lavori, per valutare la corretta installazione, ovvero per valutare nel tempo il mantenimento delle caratteristiche iniziali (controlli da effettuare se previsti nell'ambito del piano di manutenzione).

In fase di collaudo le prove devono essere eseguite nelle posizioni individuate dalla Direzione Lavori. Rispetto ai valori nominali di pre-qualificazione, è ammessa una tolleranza pari a quella di misura dichiarata nella certificazione di prodotto e, comunque, non superiore a 2 dB per quanto riguarda il fonoisolamento espresso con l'indice  $DL_{SI}$ .

#### **45.3.2. CARATTERISTICHE ACUSTICHE ESTRINSECE: VALUTAZIONE DELL'INSERTION LOSS**

Per ogni tipologia di barriera posta in opera deve essere eseguita una valutazione dell'efficacia dell'intervento secondo la metodologia di seguito descritta, che utilizza in modo semplificato le indicazioni della norma ISO 10847:1997.

La valutazione deve essere eseguita da un tecnico competente in acustica ambientale (ex art. 2, commi 6 e 7, legge 26 ottobre 1995, n. 447), al fine di interpretare le misurazioni fonometriche eseguite, in funzione delle condizioni ambientali e di traffico riscontrate al momento della prova.

Scopo della valutazione è l'individuazione del valore di abbattimento del livello di pressione sonora in corrispondenza di alcuni punti di controllo. Tali punti devono essere individuati in fase di stesura del progetto acustico negli spazi schermati dalla barriera.

In fase di valutazione devono essere inoltre individuati i punti di riferimento, ovvero punti utili a monitorare la sorgente sonora e non influenzati dalla barriera.

La determinazione dell'efficacia della barriera si ottiene quindi per confronto tra i livelli di pressione sonora misurati nei punti di controllo e nei punti di riferimento.



I punti di controllo devono essere scelti in corrispondenza di almeno un edificio da proteggere che sia rappresentativo dell'area complessiva interessata dal rumore autostradale; il punto deve essere individuato in conformità Decreto 16 Marzo 1998 *Tecniche di rilevamento e di misurazione dell'inquinamento acustico*. Le misurazioni, effettuate simultaneamente nei punti di riferimento e nei punti di controllo, devono fornire i valori del livello continuo equivalente, ponderato in scala A, e dei livelli continui equivalenti lineari, rilevati in ciascuna banda di terzo d'ottava nell'intervallo compreso tra 100 Hz e 5 kHz.

Le misurazioni devono essere eseguite in giornate infrasettimanali non festive. Si deve effettuare almeno un campionamento di 60 minuti per ognuno dei due periodi di riferimento (diurno e notturno), acquisendo per entrambi i punti (di controllo e di riferimento) l'andamento dei livelli di pressione sonora, al fine di poter individuare ed eliminare il contributo acustico degli eventi atipici.

La strumentazione impiegata deve essere conforme a quanto stabilito dall'articolo 2 del D.M. 16/3/1998, relativo alle "Tecniche di rilevamento e di misurazione dell'inquinamento acustico".

Non sono considerate valide misurazioni acustiche effettuate con velocità media del vento superiore a 5 m/s o in condizioni climatiche particolarmente avverse (temporali, piogge, nevicate, ecc.).

Le misurazioni acustiche sono valide se il livello del rumore residuo si mantiene di sotto dei valori rilevati di almeno 10 dB(A) o comunque tale da poter considerare il rumore provocato da traffico autostradale come prevalente.

La sorgente sonora "naturale" per l'effettuazione delle misurazioni acustiche è il rumore del traffico stradale che deve essere contenuto dalla barriera antirumore oggetto del collaudo.

Nel corso delle misurazioni non devono subentrare elementi di disturbo, quali deviazioni di traffico o limitazioni alla normale circolazione, tali da comportare l'ottenimento di valori sensibilmente differenti nelle posizioni di riferimento e, conseguentemente, necessitanti di correzioni significative.

Simultaneamente alle grandezze acustiche, è consigliabile acquisire i dati relativi al volume e alla composizione del traffico, nonché le velocità medie di transito, con gli stessi tempi di acquisizione previsti per le misurazioni acustiche.

Il rapporto di prova deve includere almeno le seguenti informazioni:

- strumentazione utilizzata;
- copia della taratura della strumentazione (effettuata da laboratorio accreditato ACCREDIA);
- descrizione del sito di prova, inclusi disegni o fotografie che mostrino le caratteristiche del terreno, gli edifici e gli ostacoli presenti, le zone nelle quali sono individuati i punti di controllo e di riferimento;
- descrizione delle condizioni meteorologiche;
- descrizione della barriera in prova, corredata da tutti i dati dimensionali e da un disegno illustrativo, e descritta geometricamente rispetto al sito;
- per ogni posizione di rilevamento, rappresentazione tabulare e grafica dei valori del livello continuo equivalente, ponderato in scala A, e dei livelli continui equivalenti lineari, rilevati in ciascuna banda di terzo d'ottava nell'intervallo compreso tra 100 Hz e 5 kHz;
- date di effettuazione delle misurazioni;
- firma e qualifica del tecnico competente in acustica ambientale.

#### **45.4. PRESTAZIONE NON ACUSTICHE DEI SISTEMI ANTIRUMORE**

Le prestazioni non acustiche da valutare per i sistemi antirumore e la relativa normativa di riferimento sono riportati nella tabella seguente.

PRESTAZIONI NON ACUSTICHE	NORME DI RIFERIMENTO
Resistenza al carico aerodinamico e statico	UNI EN 1794-1:2011 (Appendici A e B) UNI EN 1991-1-4:2005 NTC 2018
Resistenza all'impatto causato da pietre	UNI EN 1794-2:2011 (Appendice C)
Pericolo di caduta da frammenti	UNI EN 1794-2:2011 (Appendice B)
Sicurezza nelle collisioni per gli occupanti il veicolo impattante	UNI EN 1794-1:2011 (Appendice D)
Sicurezza nelle collisioni	UNI EN 1317-1:2010 - UNI EN 1317-2:2010
Resistenza al carico dinamico causato dalla rimozione della neve	UNI EN 1794-1:2011 (Appendice E)
Resistenza al fuoco	UNI EN 1794-2:2011 (Appendice A)
Protezione ambientale	UNI EN 1794-2:2011 (Appendice C)
Vie di fuga in caso di emergenza	UNI EN 1794-2:2011 (Appendice D)
Riflessione della luce	UNI EN 1794-2:2011 (Appendice E)
Trasparenza	UNI EN 1794-2:2011 (Appendice F)

Oltre alle caratteristiche non acustiche riportate nella tabella precedente, sono da considerarsi come tali anche quelle di seguito indicate, anche se non specificatamente normate, per le quali l'impresa è tenuta a presentare una dichiarazione specifica:

- Resistenza agli agenti atmosferici (che riguarda, soprattutto, il rischio di ristagno dell'acqua)
- Colorazioni (relativamente all'utilizzo di colori della gamma RAL previsti dal progetto)
- Protezione contro gli atti vandalici
- Protezione elettrica - riferimento norma CEI EN 50122-1:2011
- Schema di smontaggio e smaltimento della barriera e dei suoi componenti con indicati i codici CER per il corretto smaltimento dei singoli elementi smontati.

Nei successivi paragrafi viene descritta ciascuna delle caratteristiche non acustiche sopra elencate.

#### **45.4.1. RESISTENZA AI CARICHI**

I sistemi antirumore sono soggetti a carichi di tipo statico e dinamico riconducibili a:

- azione del vento della neve e del peso proprio;
- sovrappressione dinamica dei veicoli in transito;
- sovrappressione dovuta alla neve accumulata dai mezzi di sgombero.

Relativamente ai valori dei carichi da considerare per il calcolo, la norma UNI EN 1794-1:2011 in allegato A specifica:

- i carichi indotti dal vento come da Eurocodice UNI EN 1991-1-4:2005. Quando nel progetto specifico viene assunto un carico del vento pari a  $2,0 \text{ kN/m}^2$  questo carico è da assumersi uniforme per tutto lo sviluppo planimetrico della barriera. Diversamente sarà necessario effettuare una valutazione dei carichi come indicato dalla norma EN1794-1:2011 tenendo in conto le maggiorazioni in corrispondenza delle estremità della barriera dovute a vortici ed effetti di bordo.
- il peso proprio dei pannelli che il produttore è tenuto a fornire sia per la condizione di prodotto asciutto che a seguito di impregnazione d'acqua secondo la norma EN 1794-1:2011 All. B.
- il carico della neve per le parti di barriera in aggetto o orizzontali come da NTC2018 -"Norme tecniche per le costruzioni" D.M. 17 Gennaio 2018 e successive modificazioni.
- i carichi indotti dalla sovrappressione dinamica alternata dovuta al passaggio dei veicoli; nel caso delle barriere si assume il carico massimo pari a  $800 \text{ N/m}^2$ . Nel caso dei rivestimenti fonoassorbenti delle gallerie si assume il carico massimo pari a  $1500 \text{ N/m}^2$ .  
Il carico dinamico può essere considerato per la valutazione di effetti di fatica; non si sovrappone al carico del vento.

Al fine di evitare che movimenti eccessivi sotto carico possano compromettere la stabilità strutturale dei pannelli o delle lastre trasparenti, viene fissato un limite massimo della deformazione verificata in sommità del montante pari a:

$$\text{freccia massima} = \text{lunghezza del montante} / 150$$

Un limite della deformazione è stabilito anche per i pannelli acustici. La deflessione massima del pannello sotto il carico di progetto è pari a:

freccia massima = 50 mm per pannelli di lunghezza  $\leq 5 \text{ m}$

freccia massima = lunghezza del pannello / 40 per pannelli di lunghezza  $> 5 \text{ m}$

La norma EN 1794-1:2011 in allegato A fornisce il metodo sperimentale per la valutazione della freccia.

Nel caso di pannelli acustici installati in orizzontale (deflettore della barriera o coperture) la freccia massima del pannello sotto carico di progetto è pari a  $L/200$ , dove L è la lunghezza dell'elemento.

I sistemi antirumore devono inoltre resistere al carico dinamico di neve e ghiaccio sollevati dai mezzi spazzaneve utilizzati nelle operazioni di manutenzione invernale.

A tale proposito, il volume, l'altezza e l'entità del carico dipendono dalla velocità e dal tipo del mezzo, oltre che dalla distanza dei sistemi antirumore dal margine della strada.

La prestazione del sistema antirumore in termini di resistenza al carico dinamico causato dalla rimozione della neve deve essere dimostrata in conformità alla Norma UNI EN 1794-1:2011 (Appendice E).

La porzione di barriera interessata da questa verifica dovrà essere la porzione di superficie dal piano del cordolo fino ad una altezza di 1,0 metro rispetto al piano asfalto.

#### **45.4.2. RESISTENZA AGLI IMPATTI**

I sistemi antirumore posizionati lungo le infrastrutture stradali possono essere soggetti ad impatti riconducibili a scenari di severità crescente. La normativa tecnica prende in considerazione 3 livelli di prestazione.

- 1) La resistenza all'impatto del pietrisco sollevato dai veicoli in transito;
- 2) la resistenza all'impatto di oggetti pesanti che si possono distaccare dai veicoli in transito (perdita di una ruota o parte di carico da un mezzo pesante);
- 3) la sicurezza in caso di collisione di veicolo in svio.

1) La prestazione del sistema antirumore in termini di resistenza all'impatto causato da pietre deve essere dimostrata con una prova sperimentale, conforme alla Norma UNI EN 1794-1:2011 (Appendice C). Il sistema antirumore deve dimostrare l'assenza di danneggiamenti superficiali tali da pregiudicare la durabilità delle prestazioni.

2) La prestazione del sistema antirumore in termini di resistenza all'impatto di oggetti pesanti deve essere dimostrata in conformità alla Norma UNI EN 1794-2:2011 (Appendice B). Questa valutazione è richiesta in tutti i casi in cui il sistema antirumore è installato in posizioni tali per cui la caduta di componenti o pezzi a seguito di un urto può arrecare danni agli utenti della strada o persone e cose nelle vicinanze. In questi casi è richiesto il dimensionamento di un sistema di ritenuta che vincoli i pannelli alla struttura portante. La verifica a calcolo deve essere fatta tenendo in conto il peso bagnato del singolo pannello valutato secondo la norma EN1794-1:2011 Allegato B applicando un fattore moltiplicativo del carico pari a 4.

In presenza di materiali fragili (ad esempio, lastre trasparenti) che possono produrre frammenti a seguito dell'impatto occorre che sia previsto un idoneo sistema di rinforzo. Il ricorso a reti o sistemi analoghi di raccolta dei frammenti non è previsto in quanto non soddisfa l'esigenza principale della trasparenza per la quale è previsto l'impiego di questo tipo di lastre nella barriera antirumore.

La resistenza all'urto dei materiali fragili deve essere effettuata con prova di impatto (EN1794-2:2011 Appendice B).

Il campione deve essere installato con le medesime condizioni di vincolo utilizzate in opera.

L'energia di impatto deve essere di 6 kJoule.

Il risultato della prova è da considerarsi positivo se i frammenti eventualmente generati rispettano i criteri di forma e dimensione fissati per la classe stabilita a progetto in base al livello di rischio come indicato dalla norma EN 1794-2:2011 Appendice B.

3) La prestazione di un sistema antirumore in termini di sicurezza in caso di collisione di veicoli in svio deve essere valutata secondo 1794-1:2011 (Appendice D).

#### **45.4.3. SICUREZZA IN CASO DI INCENDIO**

Per le barriere antirumore la normativa prevede siano valutati gli effetti di un incendio facendo riferimento al caso di fiamme provenienti dalla vegetazione secca o da altro materiale in stretta vicinanza. La prova di laboratorio riportata nella norma UNI EN 1794-2:2011 (Appendice A), viene effettuata su un campione sottoposto a prova avente la medesima composizione del sistema antirumore che verrà effettivamente installato; quando si debba caratterizzare il comportamento al fuoco di un sistema antirumore composto da pannelli di materiali differenti, posti a diverse altezze dal suolo, il campione in prova deve essere costituito da pannelli dello stesso tipo e con la stessa posizione relativa.

Nel caso di applicazioni più critiche come per esempio incendi che possano coinvolgere i rivestimenti delle pareti di galleria, coperture realizzate sull'infrastruttura, barriere installate su viadotti o molto in prossimità delle abitazioni è richiesta per i singoli componenti della barriera la classificazione al fuoco come stabilito dalla EN 13501-1:2009. In dettaglio è richiesta:

- classe B o superiore per le applicazioni in galleria e per le coperture totali;
- classe E o superiore per le coperture parziali, le barriere su viadotto e in prossimità delle abitazioni.

In casi in cui l'effetto di un incendio possa comportare criticità particolari per la circolazione e per i residenti, occorre verificare la densità dei fumi con una prova eseguita su un campione di pannello, o porzione rappresentativo di barriera, sottoposto ad irraggiamento costante e pari a  $25\text{kW/m}^2$ , secondo le indicazioni della norma ISO 5659-2:2012.

L'impresa dovrà comunque fornire una dichiarazione in base alla quale risulti che i materiali impiegati in caso di incendio non rilasciano gas o sostanze nocive in quantità significative per le eventuali persone coinvolte.

#### **45.4.4. PROTEZIONE AMBIENTALE**

La Norma UNI 11160:2005 specifica i requisiti minimi necessari affinché un sistema antirumore per infrastrutture stradali sia conforme alle istanze di protezione ambientale, così come definite nella Norma UNI EN 1794-2:2011 (Appendice C).

Nel dettaglio, il produttore del sistema antirumore per impieghi stradali deve dichiarare chiaramente e compiutamente:

- il nome dei singoli materiali che costituiscono il sistema antirumore, utilizzando a tale proposito la nomenclatura chimica, evitando i nomi commerciali;
- le sostanze che risultano dalla decomposizione, a seguito di esposizione naturale all'ambiente in cui sono inserite, durante l'intera vita di servizio del sistema antirumore;
- i materiali costituenti il sistema antirumore che possono essere riciclati ed in quale misura, indicando eventuali limitazioni all'uso;
- i materiali costituenti il sistema antirumore che sono riciclati ed in quale misura;
- i materiali costituenti il sistema antirumore da smaltire secondo particolari procedure, che devono essere specificate in dettaglio; si richiede che siano indicati i codici CER (Catalogo europeo dei rifiuti) in vigore dall'1.1.2002 come riportati sulla Direttiva del Ministero Ambiente emessa in data 9.4.2002 (rif. G.U. n. 108 del 10 maggio 2002);
- gli eventuali benefici legati al riutilizzo dei materiali che costituiscono il sistema antirumore, indicando tutte le limitazioni esistenti alle condizioni di trasformazione.

#### **45.4.5. PROTEZIONE ELETTRICA**

Per quanto riguarda i sistemi antirumore che includono montanti o pannelli metallici, in presenza di cavi elettrici (ad esempio, per l'eventuale installazione di barriere su sovrappassi ferroviari o nel caso di sistemi integrati con pannelli fotovoltaici, ecc.) devono essere applicate le seguenti prescrizioni.

I montanti metallici devono essere ancorati al basamento (tipicamente in calcestruzzo), proteggendone la parte immersa e, per almeno 10 cm, la parte che fuoriesce dal basamento (con un opportuno mezzo isolante), in modo da ostacolare il passaggio di correnti elettriche vaganti tra terra e sistema antirumore.

I montanti metallici ed i singoli pannelli metallici devono essere collegati elettricamente attraverso un elemento conduttore di opportune dimensioni, che corre lungo tutto il sistema antirumore.

Il cavo dovrà essere collegato in un solo punto ad un dispersore di terra installato in un idoneo pozzetto.

L'impianto di messa a terra dovrà essere sviluppato e certificato in conformità alla Norma CEI EN 50122-1 (CEI 9.6), recante "Provvedimenti di protezione concernenti la sicurezza elettrica e la messa a terra".

Relativamente alle barriere antirumore che sono installate su viadotti in cemento armato, la continuità elettrica deve essere interrotta in corrispondenza dei giunti di dilatazione delle travate del viadotto; inoltre, l'elemento conduttore deve essere collegato elettricamente al circuito di terra in corrispondenza di un solo punto per ogni travata.

Al fine di prevenire fenomeni di corrosione dovrà essere evitato il contatto diretto tra materiali metallici con diverso potenziale elettrico mediante l'interposizione di idoneo materiale isolante.

#### **45.4.6. VIE DI FUGA**

La realizzazione di una barriera antirumore limita in casi specifici l'accesso alle zone adiacenti, sia all'interno del sedime stradale, sia in altri contesti; in corrispondenza di tali zone, può invece essere richiesto un accesso diretto in particolari circostanze, quali ad esempio:

- manutenzione;
- soccorsi in caso di incidente;
- vie di fuga per gli occupanti dei veicoli in caso di incidente

In particolare, le vie di fuga nei casi di emergenza dovranno avere una dimensione minima in altezza pari a 2.0 metri ed in larghezza pari a 1.2 metri. Le misure indicate devono corrispondere al varco netto.

In mancanza di un'indicazione precisa relativamente alla distanza minima tra le vie di fuga, salvo specifiche indicazioni progettuali più restrittive, si assume come riferimento la norma UNI 11160:2005 che indica una distanza minima di 500 metri tra due vie di fuga successive.

Le porte devono avere dispositivi di apertura azionabili dall'esterno con l'uso di chiavi in dotazione al centro di manutenzione, dall'interno, con maniglione antipánico. Dovranno essere comunque apribili in caso di gelo. In corrispondenza di tali aperture deve essere previsto uno spazio di accumulo per le persone con area non inferiore a 20 m<sup>2</sup>. Ove necessario devono essere previste scale di servizio.

Tutti gli organi di manovra e di apertura devono essere di ottima robustezza e durata con garanzia di funzionamento anche in presenza di situazioni climatiche avverse.

Per le porte l'indice di valutazione del potere fonoisolante (DLSi) deve essere valutato sulla porzione di barriera contenente la porta di servizio in conformità alla Norma UNI EN 1793-6. Le lamiere di tamponamento installate sul perimetro della porta dovranno essere coibentate con guaine smorzanti o con fibra di poliestere nel caso siano previste sezioni cave. La prestazione minima richiesta deve essere pari a quella stabilita per la barriera antirumore con una tolleranza massima ammessa pari a 2 dB.

Per la porta ed il modulo di barriera in cui è inserita dovranno essere predisposti i disegni costruttivi relativi all'esecuzione di pezzi speciali di barriera quali, ad esempio, parti di aggancio fra barriere di diverso tipo, parti di

angolo delle stesse barriere, parti di contenimento delle colonnine S.O.S., parti di aggancio a portali di gallerie o a portali segnaletici, nonché di qualsiasi altra particolarità che si dovesse presentare.

#### **45.4.7. RIFLESSIONE DELLA LUCE**

Il fenomeno della riflessione della luce solare o dei fari dei veicoli di notte sui sistemi antirumore per impieghi stradali, per molti angoli di incidenza, può essere abbastanza forte da confondere o abbagliare i guidatori, pregiudicando la sicurezza stradale.

L'effetto dipende da molti parametri specifici dei prodotti e dei siti di installazione, per cui non si può fissare un unico valore limite di riflessività. Tuttavia, in fase di progettazione, è opportuno disporre di valori di riflessività determinati in condizioni normalizzate.

Per quanto riguarda i sistemi antirumore per impieghi stradali o, comunque, in prossimità di strade, i valori di riflessività sono misurati in conformità al metodo di prova prescritto dalla Norma UNI EN 1794-2:2011 (Appendice E).

In ogni caso, ovunque necessario, si devono adottare particolari accorgimenti per evitare fenomeni di riflessione ottica diurna e notturna, utilizzando eventualmente vernici a basso indice di riflessione.

#### **45.4.8. TRASPARENZA**

Per quanto concerne il fenomeno della trasparenza, nei sistemi antirumore per infrastrutture stradali sono generalmente considerati i seguenti due aspetti:

- trasparenza per le persone che vivono oltre i sistemi antirumore (trasparenza statica);
- trasparenza per gli utenti dell'infrastruttura stradale di trasporto (trasparenza dinamica)

Nel dettaglio, la trasparenza statica è importante per ragioni estetiche, mentre quella dinamica aiuta l'orientamento dei guidatori e contribuisce alla sicurezza, particolarmente in ambito stradale.

Allo scopo di ridurre il rischio di collisione degli uccelli contro le lastre trasparenti delle barriere antirumore, occorre prevedere l'applicazione di disegni, serigrafie, satinature, ecc., o altro accorgimento di convalidata efficacia, previa consultazione e approvazione della D.L., sulle lastre in vetro, polycarbonato e PMMA.

In particolare, in base ai risultati ottenuti dalla stazione ornitologica svizzera ([www.vogelwarte.ch](http://www.vogelwarte.ch)), per le barriere antirumore sono raccomandati, come sistemi di protezione per l'avifauna, l'impiego di lastre traslucide o trasparenti con strisce serigrafate o satinare, poste ad opportuna distanza l'una dall'altra. Non sono accettate strisce adesivizzate o decalcomanie applicate superficialmente. Sagome e/o tecniche diverse devono essere sottoposte a preventiva approvazione della Direzione Lavori.

#### **45.5. PANNELLI MULTISTRATO IN CALCESTRUZZO ARMATO E CALCESTRUZZO ALLEGGERITO**

Sono costituiti da pannelli prefabbricati a due o più strati, nei quali la funzione portante è assicurata dallo strato in calcestruzzo armato, mentre la funzione fono-assorbente è assicurata da uno strato in calcestruzzo alleggerito (con argilla espansa, pomice o impasto di cemento e fibra di legno mineralizzata), di forma tale da assicurare le caratteristiche acustiche richieste e rivolto verso la sorgente di rumore.

Sono ammesse forme alternative della superficie fonoassorbente purché siano rispettati i requisiti prestazionali ed il disegno sia stato preventivamente approvato dal committente.

Gli strati sono normalmente abbinati in fase di getto con la tecnica del fresco su fresco.

L'ancoraggio dello strato di calcestruzzo alleggerito alla strato portante dovrà essere garantito mediante opportuni sistemi di collegamento in acciaio INOX AISI 316 o con sistema di ancoraggio alternativo preventivamente approvato dalla Direzione Lavori.

I tempi di getto devono essere ravvicinati in modo da garantire la contemporaneità del fenomeno di presa.

Alternativamente, è prevista la produzione di moduli fonoassorbenti in materiale poroso alleggerito (argilla espansa, pomice o impasto di cemento e fibra di legno mineralizzata), con la realizzazione di blocchi prefabbricati, applicati successivamente allo strato in calcestruzzo armato in fase di getto, con la tecnica del fresco su fresco ovvero mediante tasselli meccanici.

Per la progettazione ed il calcolo strutturale di tali pannelli multi-strato si fa riferimento alla parte in calcestruzzo armato, e quindi all'Eurocodice 2 (ENV 1992 – Progettazione delle strutture di calcestruzzo).

Il pannello deve essere protetto a tutti gli effetti contro le intemperie, il gelo e disgelo, gli UV, le muffe, gli agenti aggressivi presenti nelle acque meteoriche, secondo i cicli protettivi descritti nei paragrafi seguenti.

Il trattamento protettivo del calcestruzzo va eseguito su tutte le superfici esterne del pannello, sia in calcestruzzo normale che in calcestruzzo alleggerito, con vernici trasparenti o colorate a seconda delle indicazioni del progetto o della DL (solitamente vernice acrilica).

Il fornitore dovrà indicare il numero, lo spessore e la natura dello strato protettivo nonché allegare le schede tecniche relative ai prodotti impiegati nonché il mix design impiegato per la realizzazione del pannello in cemento.

La colorazione dello strato fonoassorbente, ove prevista nel progetto o richiesto dalla DL, deve essere realizzata con pigmentazione nell'impasto e non mediante verniciatura superficiale; qualora si debba utilizzare questa seconda tecnica, deve essere comunque assicurato che le proprietà acustiche del manufatto (indice di riflessione acustica) rimangano inalterate.

Quando richiesto per motivi architettonici il lato del pannello rivolto ai ricettori (lato esterno) può essere trattato con matrice decorativa; in questo caso occorre assicurare che lo spessore minimo del copriferro sia garantito in tutti i punti della superficie del pannello.

La matrice decorativa del lato esterno del pannello potrà essere realizzata con controstampi in metallo, in matrici elastomeriche o altro materiale da applicare a getti in calcestruzzo faccia a vista.

Il sistema impiegato dovrà garantire la riproduzione fedele a spigoli vivi della finitura del disegno indicato in progetto, anche in caso di sottosquadri, rispettando sempre in ogni punto il copriferro minimo

La Ditta esecutrice dei pannelli, dovrà, in primo luogo realizzare, su indicazione della D.L., 4 campioni prova da sottoporre all'approvazione della DL.

La DL potrà chiedere qualsiasi tipo di disegno tecnicamente riproducibile con profondità massima delle scanalature del disegno pari a 40 mm.

Esempi di disegni sono pietra in porfido, mattone faccia a vista, pietra squadrata ecc.,

Le fughe dovranno essere ben rappresentate dallo stampo e non realizzate con particolari colorazioni; la colorazione del pannello, se prevista verrà realizzata per mezzo di pittura e/o con l'impiego di ossidi nell'impasto del cemento, mantenendo sempre ben distinta e rifinita la fuga.

In questo caso il pannello andrà protetto con una vernice di tipo trasparente.

#### **45.5.1. STRATO IN CALCESTRUZZO ARMATO**

Il calcestruzzo deve essere prodotto ed impiegato a regola d'arte, secondo quanto previsto dalle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al DM 17/1/2018 e dalla Circolare n. 7 del 21/1/2019

In particolare, per quanto concerne la durabilità, tenuto conto dell'ambiente di utilizzo, le caratteristiche dello strato in cemento armato (esempio copriferro) devono essere adeguate alla classe di esposizione corrispondente nel rispetto di quanto indicato dalle NTC sopracitate e dalla UNI EN 206-1, UNI 11104 e successive modifiche.

In ogni caso, il calcestruzzo deve rispondere ai seguenti requisiti:

- |                          |                                 |
|--------------------------|---------------------------------|
| • classe di resistenza   | $R_{ck} \geq 40 \text{ N/mm}^2$ |
| • rapporto acqua/cemento | $\leq 0,42$                     |
| • slump                  | $> 10 \text{ cm}$               |
| • spessore pannello      | $\geq 8 \text{ cm}$             |

L'armatura sarà in barre d'acciaio con  $f_{yk} > 450 \text{ N/mm}^2$ , il copriferro dovrà avere un valore minimo calcolato per Classe strutturale = S2 e Classe di esposizione XF4 come da NTC di cui al D.M. 17/01/2018 e da Circolare n. 7 del 21/1/2019.

Le testate del pannello in calcestruzzo dovranno essere attrezzate con idonee guarnizioni in EPDM al fine di garantire una adeguata tenuta acustica ed evitare il contatto diretto della superficie in calcestruzzo con il montante metallico.

Le guarnizioni hanno la funzione di assicurare la tenuta acustica del sistema oltre che di evitare rotture del pannello o asportazioni degli strati protettivi dei montanti metallici.

Le superfici di calcestruzzo armato saranno protette mediante vernice monocomponente a base di resine metacriliche in solvente organico.

Tale vernice dovrà essere applicata in stabilimento con pennello, con rullo o, qualora espressamente autorizzato dalla Direzione Lavori, mediante airless, secondo il seguente ciclo:

- trattamento preventivo delle superfici da proteggere, da eseguirsi a mezzo di sabbiatrice ad alta pressione ( $\geq 12 \text{ Atm}$ ) con solo sabbia silicea o con idrosabbiatrice operante con un impasto di acqua e sabbia fino a pressione max di 400 Atm;
- prima mano di primer a bassa viscosità per un consumo minimo di  $150 \text{ gr/m}^2$ ;
- altre due mani di vernice (trasparente se pannello colorato nell'impasto) per un consumo minimo totale (per le due mani) di  $500 \text{ gr/m}^2$ .

Lo spessore di film secco applicato non dovrà mai risultare in nessun punto inferiore ai  $200 \mu\text{m}$ .

La finitura inoltre dovrà avere le seguenti caratteristiche:

CARATTERISTICHE	NORMATIVA	VALORE DI RIFERIMENTO
Aderenza al cls (MPa)	UNI EN 1542	≥ 0,8
Temperatura di applicazione (C°)		+10° ÷ +40°
Permeabilità CO2	UNI EN 1062-6	Sd ≥ 200 m
Permeabilità al vapore acqueo	UNI EN 7783	≥ 0,4
Permeabilità all'acqua kg/ (m² x h0,5)	UNI EN 1062-3	≤ 0,01
Compatibilità termica, misurata come adesione (cicli di gelo-disgelo con sali disgelanti) dopo 50 cicli conforme aderenza (MPa)	UNI EN 1542	≥ 0,8

#### 45.5.2. STRATO IN CALCESTRUZZO ALLEGGERITO

Se lo strato in materiale alleggerito viene realizzato con argilla espansa (o pomice) dovrà avere le seguenti caratteristiche:

- inerti costituiti al 100% da argilla espansa o pomice di adeguata granulometria;
- resistenza alla compressione media pari ad almeno 10 N/mm<sup>2</sup> (da misurarsi su cubetti stagionati con spigolo di 100 mm);
- massa volumica in mucchio non superiore a 1100 kg/m<sup>3</sup> (secondo UNI EN 13055);
- spessore dello strato costante non inferiore a 4 cm.

Per le caratteristiche di tali pannelli e degli inerti si dovrà fare riferimento rispettivamente alle normative UNI 7548:1992 (parti I e II) e UNI 7549:1976 (parti da 1 a 12, esclusa la parte 11), UNI EN 13055-1:2002 ed UNI EN 12390-1:2012.

Le superfici di calcestruzzo alleggerito in argilla espansa o pomice saranno rese idrorepellenti mediante un trattamento idrofobizzante condotto in profondità, con prodotti a base di derivati silanici, incolori, trasparenti, resistenti agli UV. Tale trattamento evita la formazione di pellicole superficiali che possano modificare le caratteristiche acustiche del materiale trattato.

Il trattamento non deve comunque sviluppare fumi o gas tossici in caso di incendio.

Qualora la parte del pannello realizzata con materiale alleggerito (argilla espansa o pomice) sia confezionata separatamente in blocchetti o mattonelle la massa volumica degli elementi dovrà essere valutata secondo la norma UNI 772-13:2002.

Se lo strato in materiale alleggerito viene realizzato con impasto di cemento e fibra di legno mineralizzato, dovrà avere le seguenti caratteristiche:

- densità minima delle fibre in legno mineralizzato pari a 500 Kg/m<sup>3</sup>
- requisiti legati alla natura del materiale organico conforme alla norma UNI EN 14774:2004
- resistenza all'azione della pioggia e del gelo conforme alla norma UNI EN 15498:2008

Anche nel caso di impiego di impasto di cemento e fibra di legno è possibile confezionare separatamente il materiale in blocchetti vibrocompressi da solidarizzare successivamente alla struttura portante in calcestruzzo con l'impiego di collegamenti meccanici.

#### 45.6. PANNELLI IN LEGNO DI PINO

I pannelli in legno utilizzati come barriere antirumore sono generalmente costituiti da un telaio scatolare ad incastri, all'interno del quale è inserito un pannello fonoassorbente, realizzato in materiale fibroso. Per minimizzare le giunzioni strutturali ed i ponti acustici è raccomandata la realizzazione del pannello con dimensioni massime compatibili con i vincoli geometrici dei trasporti su gomma.

La parte del pannello rivolta verso la sorgente del rumore verrà abbellita con listellatura in legno, nella forma di progetto, mentre la superficie posteriore sarà costituita da perline accoppiate di spessore ≥ 19 mm o con soluzioni alternative da sottoporre a preventiva approvazione della DL.

Tutte le viti utilizzate per l'assemblaggio del pannello dovranno essere o tropicalizzate o in acciaio inox, come richiesto in progetto.

Per quanto riguarda i dettagli costruttivi si rimanda agli elaborati di progetto.

L'essenza legnosa deve essere di conifera (pino). E' ammesso l'uso di legno lamellare di pino per la realizzazione del telaio del pannello previa autorizzazione della DL.

Si evidenzia, inoltre, come gli elementi in legno che saranno forniti dovranno essere accompagnati da certificati attestanti l'origine del materiale, il tipo del legno utilizzato e la certificazione ambientale di riforestazione, del tipo FSC (Forest Stewardship Council) o similare.

Tutti gli elementi in legno devono essere realizzati in legno di pino di ottima qualità, esente da radici, funghi, muffe e discolorazioni, trattato in autoclave (secondo metodo Bethel, impregnazione profonda con preservanti

chimici ecologici) e munito di certificazione decennale contro marcescenza e raggi uva; non saranno accettati elementi danneggiati dalle attività di movimentazione o da attacchi da parte di batteri o insetti; analogamente non saranno accettati elementi che presentino cricche, fessure profonde e nodi non collegati fermamente alla struttura.

Finitura della parte più esterna del legno mediante ciclo protettivo con vernice "all'acqua", pigmentata color noce scuro/mogano 100% acrilica, senza solventi, trasparente, non ingiallente, antigraffio, resistente all'abrasione e munito di dichiarazione decennale di durabilità da parte del produttore.

Tutte le viti utilizzate per l'assemblaggio del pannello dovranno essere o tropicalizzate o in acciaio inox AISI 316, come richiesto in progetto; le viti dovranno essere avvitate solo dopo la realizzazione di preforo nell'elemento fissato, non è ammessa la chiodatura.

L'impregnazione deve essere eseguita in autoclave, mediante la tecnologia "vuoto-pressione", con prodotti pigmentati tipo C-Bo-C (Rame - Boro - Betaina o Rame organico) o comunque definiti "ecologici", ad alto residuo secco.

L'impregnazione deve essere spinta fino a circa 6 mm di profondità delle zone di alburno (parte esterna del tronco).

Dovranno inoltre essere verificate le seguenti caratteristiche:

CARATTERISTICA	NORMATIVA	VALORE DI RIFERIMENTO
Aspetto degli elementi di legno	-----	Legno di ottima qualità, esente da radici, funghi e muffe. Non sono accettabili elementi danneggiati dagli attacchi da parte di batteri o insetti. Non sono accettabili elementi che presentino cricche, fessure profonde e nodi non collegati fermamente alla struttura
Durabilità del legno massiccio (Classi di utilizzo, di rischio dall'attacco biologico e guida ai requisiti di durabilità nelle classi di rischio)	UNI EN 335-1:2006 UNI EN 335-2:2006 UNI EN 335-3:1998 UNI EN 460	Classe 2
Durabilità del legno massiccio (Principi di prova ed al trattamento delle specie di importazione in Europa)	UNI EN 350-1:1996 UNI EN 350-2:1996	Certificata
Legno lamellare – classe di resistenza	DIN 1052:2008	Classe 2
Classe di impregnazione: prodotti per l'impregnazione	UNI EN 350-2:1996	Classe 3
Classificazione di penetrazione e ritenzione del preservante	UNI EN 351-1:2008	Conforme

Il materassino fonoassorbente inserito all'interno deve essere realizzato in fibre sintetiche termolegate di poliestere riciclato (densità pari a 30 +/- 10% secondo UNI 6485:1969) ed uno spessore minimo di 120 mm protetto anteriormente da telo in HDPE (grammatura 160 gr/m<sup>2</sup>), grado di oscuramento >= 90%, resistente ai raggi UV.

#### **45.7. LASTRE TRASPARENTI**

Per la realizzazione delle parti trasparenti della barriera è previsto l'uso di lastre in materiale plastico (polimetilmetacrilato o policarbonato) o vetro stratificato. La lastra deve essere vincolata alla struttura portante della barriera con profili metallici o con una cornice metallica e, in ogni caso, con guarnizioni idonee.

La pulizia e la trasparenza del manufatto è garantita dal dilavamento con acqua piovana, pertanto andrà studiato anche idoneo sistema di smaltimento e allontanamento dell'acqua. Per interventi di pulizia eccezionale, il produttore dovrà indicare i prodotti ed i metodi specifici per il materiale e compatibili con le esigenze di tutela dell'ambiente.

Dovranno inoltre essere utilizzate soluzioni per ridurre il rischio d'impatto degli uccelli sui pannelli, mediante, ad esempio, l'impiego di lastre colorate o con strisce orizzontali eseguite con lavorazione superficiale delle lastre (non sono accettati adesivi o decalcomanie superficiali);.

##### **45.7.1. LASTRE IN POLIMETILMETACRILATO**

Le lastre in polimetilmetacrilato devono essere del tipo colato o estruso, con spessore minimo 20 mm o come altrimenti specificato negli elaborati progettuali; non è ammesso l'impiego di materiale rigenerato in fase di produzione delle lastre.

Dovranno inoltre essere verificate le seguenti caratteristiche:



CARATTERISTICHE	NORMATIVA	VALORE DI RIFERIMENTO
Densità (kg/dm <sup>3</sup> )	UNI EN ISO 1183-2:2005	> 1.15
Assorbimento d'acqua (%)	UNI EN ISO 62:2008 metodo 1(24h 23°C)	< 0,5
Trasmissione luminosa totale (%) a 420 nm <sup>2</sup> (prima dell'esposizione alla lampada allo Xenon Dopo l'esposizione alla lampada allo Xenon (1000 h)	UNI EN ISO 13468-2:2006  UNI EN ISO 4892-2:2013	>90  >85
Temperatura di rammollimento VICAT (°C)	UNI EN ISO 306:2014 metodo B50	> 85
Resistenza a trazione (N/mm <sup>2</sup> )	UNI EN ISO 527-2:2012	≥ 70
Resistenza a flessione (N/mm <sup>2</sup> )	UNI EN ISO 178:2013	≥ 95
Resistenza a compressione (N/mm <sup>2</sup> )	UNI EN ISO 604:2008	≥ 100
Modulo elastico a flessione (N/mm <sup>2</sup> )	UNI EN ISO 527:2012	≥ 3000
Modulo elastico a trazione (N/mm <sup>2</sup> )	UNI EN ISO 527-2:2012 /1B/1	≥ 3000
Temperatura di inflessione (C°)	UNI EN ISO 75	> 80
Coefficiente di dilatazione termica lineare (1/°C)	UNI 6065:2001	< 75x10 <sup>-6</sup>
Resistenza all'urto Izod con intaglio (kJ/m <sup>2</sup> )	UNI EN ISO 180:2013	>= 1.5

<sup>1</sup> Per la sola verifica dell'assorbimento d'acqua, le provette sono quadrate, di lato pari a 50 mm e di spessore pari a 3 mm (vedere UNI EN ISO 62:2008)

<sup>2</sup> Per la sola verifica delle caratteristiche ottiche, le provette sono incolori e di spessore pari a 3 mm (UNI EN ISO 7823-1:2005 e UNI EN ISO 7823-2:2004)

#### 45.7.2. LASTRE IN POLICARBONATO

Le lastre in polycarbonato devono essere del tipo estruso, con spessore minimo 20 mm o come altrimenti specificato negli elaborati progettuali. Le lastre devono essere realizzate in polycarbonato resistente all'abrasione e elevata resistenza ai raggi UV su entrambi i lati. Lo strato di protezione UV deve essere omogeneo con il substrato (identico coefficiente di dilatazione termica lineare), onde evitare fenomeni di delaminazione e/o microfessurazioni dovuti a sollecitazioni meccaniche e/o termiche.

Dovranno inoltre essere verificate le seguenti caratteristiche:

CARATTERISTICHE	NORMATIVA	VALORE DI RIFERIMENTO
Densità (kg/dm <sup>3</sup> )	UNI EN ISO 1183-2:2005	≥ 1.20
Assorbimento d'acqua (%) <sup>1</sup>	UNI EN ISO 62:2008 metodo 1(24h 23°C)	<0,5
Trasmissione luminosa totale (%) a 420 nm <sup>2</sup> (prima dell'esposizione alla lampada allo Xenon Dopo l'esposizione alla lampada allo Xenon (1000 h)	UNI EN ISO 13468-2:2006  UNI EN ISO 4892-2:2013	>85  >80
Resistenza a trazione (N/mm <sup>2</sup> )	UNI EN ISO 527-2:2012	≥ 60
Resistenza all'urto Charpy con intaglio (kJ/m <sup>2</sup> )	UNI EN ISO 179-1:2010	≥ 70
Temperatura di rammollimento VICAT (°C)	UNI EN ISO 306:2014 Metodo B50	≥ 140
Coefficiente di dilatazione termica lineare (1/°C)	UNI 6061:1967 - D696	≤ 65x10 <sup>-6</sup>

<sup>1</sup> Per la sola verifica dell'assorbimento d'acqua, le provette sono quadrate, di lato pari a 50 mm e di spessore pari a 3 mm (vedere UNI EN ISO 62:2008)

<sup>2</sup> Per la sola verifica delle caratteristiche ottiche, le provette sono incolori e di spessore pari a 3 mm (UNI EN ISO 7823-1:2005 e UNI EN ISO 7823-2:2004)

#### 45.7.3. LASTRE IN VETRO STRATIFICATO

Le lastre in vetro stratificato, per motivi di sicurezza, devono essere realizzate esclusivamente per accoppiamento di lastre di vetro temperato o indurito. La lastra in vetro stratificato è composta da 2 o più lastre di vetro, anche di natura e spessore diverso, con interposto un film plastico in polivinilbutirale (PVB), dello spessore minimo di 1,52 mm, applicato in autoclave a pressione e temperatura controllata.

Le singole lastre devono essere sottoposte a trattamento termico di tempera o di indurimento, in funzione del tipo di applicazione, della resistenza che occorre garantire e del grado di sicurezza che si vuole conseguire in caso di urto. Il trattamento di tempera aggiunge, al livello di sicurezza dovuto alla stratificazione, i risultati di maggior resistenza meccanica ed agli shock termici.

Oltre al processo di tempera deve essere eseguito il trattamento HST (heat soak test) che minimizza drasticamente il rischio di rotture spontanee.

Nel caso dell'utilizzo di lastre curve, è preferibile la stratificazione di due o più vetri temperati della stessa natura e spessore.

Qualora le lastre siano applicate in copertura, si raccomanda l'uso di vetro stratificato costituito da una lastra temperata ed una indurita, in quanto il vetro temperato ha una migliore resistenza meccanica, mentre il vetro indurito ha una compattezza in caso di rottura superiore al vetro stratificato temperato, poiché presenta una frammentazione di grandi dimensioni.

Dovranno inoltre essere verificate le seguenti caratteristiche:

CARATTERISTICHE	NORMATIVA	VALORE DI RIFERIMENTO
Caratteristiche del materiale di base e limitazione dei difetti ottici e visivi	UNI EN 572-1:2016 - UNI EN 572-2:2012 UNI EN ISO 12543-6:2016	-----
Resistenza ad alta temperatura, all'umidità ed all'irraggiamento solare simulato	UNI EN ISO 12543:2011 (Parti 1, 2, 3 e 4)	-----
Dimensioni, scostamenti limite e finiture dei bordi	UNI EN ISO 12543-5:2011	-----
Criteri di sicurezza nelle applicazioni vetrarie	UNI 7697:2015	-----
Molatura delle lastre	UNI 6028:1967 (ritirata)	-----
Trattamento serigrafico (eventuale)	UNI EN 12150-1 :2015	-----
Fattore di trasmissione luminosa <sup>1</sup>	UNI EN 410:2011 - UNI EN 673:2011	≥ 0,81
Fattore di riflessione luminosa <sup>1</sup>	UNI EN 410:2011 - UNI EN 673:2011	≥ 0,07
Fattore di trasmissione energetica <sup>1</sup>	UNI EN 410:2011 - UNI EN 673:2011	≥ 0,54
Fattore di riflessione energetica <sup>1</sup>	UNI EN 410:2011 - UNI EN 673:2011	≥ 0,40
Fattore di assorbimento energetico <sup>1</sup>	UNI EN 410:2011 - UNI EN 673:2011	≥ 0,06
Fattore solare <sup>1</sup>	UNI EN 410:2011 - UNI EN 673:2011	≥ 0,65

<sup>1</sup> Tali requisiti non potranno più essere garantiti in caso di trattamento serigrafico o acidatura delle lastre.

#### **45.7.4. SISTEMA DI FISSAGGIO ALLA STRUTTURA DELLE LASTRE TRASPARENTI**

Le lastre trasparenti devono essere vincolate alla struttura metallica portante della barriera con profili metallici o con una cornice metallica per le cui caratteristiche si rimanda al paragrafo relativo alla carpenteria metallica.

La struttura di fissaggio della lastra alla barriera deve essere realizzata in modo da assicurare la resistenza ai carichi e la tenuta acustica tenendo conto delle dilatazioni termiche e delle deformazioni conseguenti ai carichi. La tenuta acustica deve essere assicurata per le combinazioni telaio – montante e telaio – altro pannello sottostante o soprastante. Tra la lastra ed il telaio dovrà essere prevista una guarnizione compatibile con il materiale della lastra, con profilo ad U e di geometria tale da consentire la libera dilatazione e deformazione della lastra e nello stesso tempo impedirne la fuoriuscita dalla sede. La guarnizione deve essere realizzata con materiale compatibile con il materiale della lastra trasparente ovvero durante la vita di servizio, la guarnizione non deve rilasciare prodotti chimici che aggrediscano chimicamente il materiale trasparente). Per le lastre in materiale plastico (PMMA o polycarbonato) non è ammesso l'impiego di siliconi; la guarnizione deve essere realizzata in EPDM della durezza di 70 (+/- 5) Shores. Per le caratteristiche dell'EPDM si rimanda al paragrafo "sigillanti e guarnizioni".

Specificatamente per le lastre in vetro, nel caso di contatto tra la pellicola di PVB e le guarnizioni perimetrali, tali guarnizioni devono essere realizzate con una miscela a base siliconica, compatibile con la pellicola di PVB.

#### **45.8. PANNELLI O SISTEMI TRASPARENTI FONOASSORBENTI**

I pannelli o i sistemi barriera trasparenti fonoassorbenti sono utilizzati in casi specifici quando occorre minimizzare il rumore riflesso pur garantendo la trasparenza della barriera.

I pannelli sono realizzati con una doppia lastra, di cui una piena (lato ricettore) dello spessore minimo di 12 mm, in grado di assicurare la resistenza strutturale ed il fonoisolamento del manufatto, mentre l'altra (lato sorgente) deve essere forata (dello spessore minimo di 8 mm), allo scopo di garantire la fonoassorbente del pannello. La lastra piena può essere realizzata in materiale plastico (PMMA o polycarbonato), ovvero vetro stratificato (purché rispetti i requisiti acustici minimi del pannello), mentre per la lastra forata è ammesso unicamente l'impiego di materiale plastico (PMMA o polycarbonato).

Le due lastre sono assemblate in una cornice che ne consente l'inserimento nel montante ed assicura le prestazioni meccaniche ed acustiche del prodotto con idonee guarnizioni.

Per sistemi trasparenti fonoassorbenti si intendono soluzioni specifiche di barriera antirumore in cui la fonoassorbente è assicurata dalla combinazione tra la sua geometria e la modalità di propagazione dell'onda acustica. I pannelli utilizzati sono riconducibili alle tipologie già previste nei paragrafi precedenti di questo capitolo.

#### **45.9. PANNELLI METALLICI**

I pannelli metallici utilizzati sono costituiti da una struttura scatolare (guscio in alluminio), all'interno della quale è inserito un pannello fonoassorbente, realizzato in materiale fibroso.

I gusci che costituiscono la struttura scatolare sono di tipo pieno e forato. La superficie forata del pannello è rivolta verso la sorgente di rumore. I fori dovranno essere realizzati con raggio minimo pari a 5 mm, meglio se fori di diverso diametro al fine di migliorare le prestazioni di assorbimento acustico.

In ogni caso le superfici forate devono avere un rapporto non inferiore al 30% vuoto-pieno. Si dovranno prendere gli accorgimenti idonei a ridurre l'ingresso di acqua meteorica ed a favorirne la fuoriuscita mediante opportune aperture di drenaggio.

I pannelli sono provvisti di elementi di chiusura laterale in PVC o in alternativa di lamiera a "U" dotati di guarnizioni tubolari in EPDM fissate alle estremità laterali per evitare il contatto diretto tra montante e pannello e garantire la tenuta acustica.

Nel caso di applicazioni particolari, barriere in spartitraffico o con pannelli comunque rivolti con entrambi i lati ad una sorgente di rumore, è prevista la realizzazione di strutture scatolari bi-assorbenti, con entrambi i gusci forati. In questi casi il fonoisolamento è garantito dalla presenza nel guscio di una lamiera intermedia o altro materiale di idonea massa areica. In questo caso è previsto un doppio pannello fonoassorbente in materiale fibroso.

Per ottenere migliori prestazioni in termini di fonoisolamento per i pannelli di tipo mono e bi-assorbente, è ammesso l'impiego di lamine smorzanti da applicare sulla superficie non forata del guscio metallico. Si richiede in questo caso che la lamina sia di tipo sintetico, ad alta densità a base polimero, non a base bituminosa. Deve essere aderente alla superficie metallica, avere provata resistenza agli sbalzi termici ed essere autoestinguente, imputrescibile e resistente all'invecchiamento. La guaina smorzante deve essere preventivamente approvata dalla Direzione Lavori.

Il guscio in metallo deve essere protetto a tutti gli effetti contro la corrosione; il trattamento protettivo delle superfici va eseguito sia all'interno che all'esterno del pannello e, in ogni caso, dopo le varie fasi di lavorazione della lamiera (tranciatura, punzonatura, piegatura, ecc.).

L'applicazione della vernice può essere effettuata a spruzzo o ad immersione di smalti a base poliestere o poliuretanica, oppure con applicazione elettrostatica di polveri a base di poliestere; polimerizzazione in forno a una temperatura non inferiore a 140°C.

Lo spessore minimo locale della protezione, deve essere non inferiore a 60 micron in conformità alla norma UNI EN ISO 2360. Il film di vernice dovrà avere anche tutti i requisiti specificati nel prospetto 6 della norma UNI 11160:2005 e rispettarne i valori raccomandati

E' previsto l'impiego di colori secondo gamma RAL.

In tabella sono riportate le caratteristiche da valutare ed i risultati richiesti per lo strato verniciato.

CARATTERISTICA	NORMATIVA	VALORE DI RIFERIMENTO
Valutazione dello spessore del film di vernice	UNI EN ISO 2360:2004	> 60 µm
Determinazione della brillantezza (con luce incidente a 60°)	UNI EN ISO 2813:2016	40±5 gloss
Valutazione del grado di aderenza	UNI EN ISO 2409:2013	Classe 0 (nessun distacco)
Valutazione della durezza (resistenza all'impronta Bucholz)	UNI EN ISO 2815:2009	> 80
Valutazione della resistenza all'urto	UNI EN ISO 6272-2:2013	Nessun distacco o fessurazione
Prova di resistenza alla corrosione accelerata Kesternich	UNI EN ISO 3231:1999	Nessuna corrosione oltre 1 mm dall'incisione dopo 24 cicli
Determinazione della ritenzione della brillantezza	UNI EN ISO 11341:2005 (ritirata)	Perdita < 50% del valore iniziale
Prova di resistenza alla corrosione in camera a nebbia salina acetica	UNI ISO 9227:2012	Dopo 1.500 h di esposizione per l'alluminio (500 h per l'acciaio zincato), l'arrugginimento e/o la bollatura lungo l'incisione non devono penetrare per più di 16 mm <sup>2</sup> per un taglio di 100 mm, con un massimo di 4 mm per ogni infiltrazione. Non è ammessa altra alterazione visibile o perdita di aderenza
Determinazione della resistenza del colore	UNI EN ISO 11341:2005 (ritirata)	Perdita < 50% del valore iniziale
Determinazione della resistenza all'umidità	UNI EN ISO 6270-1:2001	Dopo 1.000 ore di esposizione, nessuna formazione di bolle e

CARATTERISTICA	NORMATIVA	VALORE DI RIFERIMENTO
		penetrazione < 1 mm
Determinazione della resistenza alla corrosione filiforme	UNI EN 3665:1998	Dopo 1.500 ore di esposizione, penetrazione < 2 mm
Determinazione della resistenza a graffi	ASTM D7089:2014	Dopo 20 cicli di sporcamento e pulizia: nessun distacco o rigonfiamento della pittura, nessuna variazione di colore

Il pannello fonoassorbente inserito all'interno del guscio metallico deve essere realizzato in fibre sintetiche termolegate di poliestere riciclato (densità pari a 50 +/- 10% secondo UNI 6485:1969) ed uno spessore minimo di 80 mm. (Non sono accettate le fibre di vetro o lana minerale).

Nel caso di pannelli di tipo biassorbente è ammessa una riduzione dello spessore compensato da un aumento di densità, a parità di massa volumica complessiva. Tra il materiale fonoassorbente e la faccia anteriore e posteriore del pannello deve essere previsto un interstizio che faciliti lo scolo delle acque, permettendone per aerazione il rapido asciugamento in modo da non pregiudicare l'efficienza fonoassorbente del materiale stesso.

Il materiale fonoassorbente deve essere assicurato in modo tale da evitarne spostamenti e piegature e deve essere protetto in modo che non possa impregnarsi d'acqua e non possa essere facilmente danneggiato

#### **45.9.1. PANNELLI METALLICI CON GUSCIO DI ALLUMINIO VERNICIATO**

Il guscio dei pannelli deve essere realizzato in lega Al-Mg-Mn serie 3105 secondo norma UNI EN 573-1:2005, con buona resistenza alla corrosione. Lo spessore minimo della lamiera sarà di 1,5 mm.

Tutti i componenti metallici dei pannelli devono essere sottoposti ad un trattamento di protezione superficiale contro la corrosione.

Lo stato fisico dell'alluminio, indipendentemente dal tipo di lega, deve essere tale da permettere la formabilità a freddo senza che siano compromesse le caratteristiche meccaniche (per esempio a causa della formazione di cricche).

La lega metallica non deve essere stabilmente in contatto con materiale di diverso potenziale elettrico al fine di prevenire fenomeni di corrosione per effetto galvanico.

Il pannello dovrà essere provvisto di elementi di chiusura laterale di sezione ad "U" in lamiera di alluminio e di guarnizioni tubolari in gomma fissate alle estremità laterali esterne del pannello per evitare il contatto diretto tra montante in acciaio e pannello in alluminio garantendo la "tenuta acustica". In alternativa l'elemento di chiusura laterale e le relative guarnizioni possono essere ottenuti per pressofusione di materiale plastico.

### **45.10. CARPENTERIA METALLICA PORTANTE**

#### **45.10.1. Generalità**

Si premette che per la carpenteria metallica valgono i requisiti minimi fissati dalla normativa tecnica di riferimento.

Tutti i componenti strutturali in carpenteria metallica, ove non diversamente specificato, devono essere realizzati in acciaio con caratteristiche meccaniche non inferiori a quelle del tipo S235JR. In particolare, gli elementi costituenti il componente "montante" (profilo HE, piastre di base ed irrigidenti del profilo) devono essere realizzati in acciaio con caratteristiche meccaniche non inferiori a quelle del tipo S355J2 ai sensi della norma armonizzata UNI EN 10025-1 e delle norme tecniche UNI EN 10025-2 per acciai non legati e UNI EN 10025-5 per acciai con resistenza migliorata alla corrosione atmosferica.

Per i prodotti di acciaio non legato piani o a sezione aperta in accordo con la norma UNI EN 10025-2 è richiesta la classe di idoneità 1 per la zincatura per immersione a caldo in accordo al prospetto 1 della norma UNI EN 10025-2.

Per quanto riguarda, invece, i laminati da realizzare in forma di profilati cavi, devono essere realizzati in conformità alla norma armonizzata UNI EN 10210-1. (profilati cavi finiti a caldo di acciai non legati e a grano fine per impieghi strutturali).

#### **45.10.2. Trattamento superficiale di protezione dalla corrosione**

In funzione della tipologia di substrato al trattamento si distinguono le seguenti fattispecie di trattamento:

a) Componenti in acciaio con resistenza migliorata alla corrosione atmosferica (Corten);

Per il processo di verniciatura si rimanda al paragrafo "verniciatura delle strutture in acciaio - strutture di acciaio Corten".

b) Componenti in acciaio non legato;

Il processo di zincatura per immersione a caldo deve essere attuato in accordo alla norma UNI EN ISO 1461:2009 ma con spessore minimo come da tabella 3. Il processo di zincatura deve essere attuato nel rispetto dei principi generali di progettazione della norma UNI EN 14713-1 e delle raccomandazioni di cui alla UNI EN 14713-2.

Per Il successivo processo di verniciatura si rimanda al paragrafo “verniciatura delle strutture in acciaio - strutture di acciaio zincato”.

Per entrambe le fattispecie di trattamento superficiale:

- è ammessa la proposizione di un “sistema di verniciatura” (painting system) equivalente in accordo alla norma UNI EN 12944-5 per durabilità della protezione dalla corrosione VH (non inferiore a 25 anni) e categoria di corrosività almeno C5.
- La pulizia propedeutica delle superfici deve essere attuata in accordo ai contenuti della specifica tecnica del prodotto verniciante di prima mano.
- I tempi di applicazione del prodotto di prima mano e di sovraverniciabilità devono essere in accordo ai contenuti delle specifiche tecniche dei prodotti impiegati
- Lo spessore totale minimo locale della protezione, escluso lo spessore della zincatura, deve essere compatibile con lo spessore minimo del sistema di verniciatura selezionato, in modo da realizzare una superficie esente da difetti, quali ad esempio, soffiature, bolle di fusione, macchie, scalfitture, pori, parti non zincate, ecc.
- La verniciatura, eseguita tramite procedimento airless, dovrà essere completata in stabilimento, salvo gli eventuali ritocchi in opera per eventuali danneggiamenti della protezione a seguito delle operazioni di movimentazione immagazzinamento ed installazione, a seguito di approvazione da parte della DL di specifica procedura di riparazione.

#### **45.11. SIGILLANTI E GUARNIZIONI**

L'Impresa dovrà specificare preventivamente le caratteristiche tecniche dei materiali utilizzati per le guarnizioni ed i sigillanti specie per quanto riguarda la qualità dell'elemento elastico e la sua resistenza all'invecchiamento. In particolare il materiale costituente la guarnizione dei pannelli e delle lastre trasparenti dovrà essere gomma EPDM con profilo sagomato come da disegni di progetto e dovrà rispondere alle seguenti prescrizioni, se non diversamente indicato o autorizzato dalla D.L.:

CARATTERISTICA	NORMATIVA	VALORE DI RIFERIMENTO
Durezza	UNI EN ISO 868:2005	70 ± 5 Shore A/3
Carico di rottura minimo	UNI 4913-2:2000	10 MPa
Allungamento a rottura	UNI 6065:2001	300%

Dopo invecchiamento termico di 7 giorni alla temperatura di 70°C, secondo UNI ISO 188, non dovranno verificarsi variazioni delle caratteristiche superiori a quelle sotto riportate:

CARATTERISTICA	NORMATIVA	VALORE DI RIFERIMENTO
Durezza	UNI EN ISO 868:2005	± 3 Shore A/3
Carico di rottura minimo	UNI 4913-2:2000	± 5%
Allungamento a rottura	UNI 6065:2001	± 15%

Per le giunzioni metallo – metallo e tra metallo e altri materiali è anche possibile l'impiego di mousse EPDM con caratteristiche diverse.

Per la giunzione tra ed il cordolo di base e la barriera (solitamente pannello in calcestruzzo) è raccomandato l'impiego di un giuntoplasto in poliuretano espanso bitumato (nastro LEM) con le seguenti caratteristiche:

CARATTERISTICA	NORMATIVA	VALORE DI RIFERIMENTO
Densità	-	130 kg/m <sup>3</sup> +-10%
Colore	-	nero
Resistenza a trazione	DIN 53571	167 kPa
Allungamento a rottura	DIN 53571	245 %
Resistenza alla compressione (deformazione 80%)	DIN 53577	140 kPa

#### **45.12. ACCESSORI METALLICI**

Tutti gli elementi metallici non precedentemente contemplati (viti, dadi, bulloni, rivetti, rondelle elastiche, distanziatori, angolari di fissaggio e supporto) devono essere scelti avendo cura di evitare problemi di corrosione catodica dovuta al diverso valore di potenziale elettrochimico dei materiali a contatto, anche mediante l'uso di adeguati distanziatori/guarnizioni isolanti.

Tutti gli insiemi bulloni ("bolting assemblies" in accordo al par. 5.6 della norma EN 1090-2) devono essere conformi alla classe 8.8 di cui ai requisiti generali della norma armonizzata EN 14399-1 (pertanto corredati di DoP e relativa Marcatura CE), sia per applicazioni senza precarico che con precarico.

I collegamenti delle piastre al cordolo di fondazione sono realizzati con barre filettate, dadi e rondelle in acciaio inossidabile AISI 316L classificati A4-50 secondo UNI EN ISO 3506-1 per la barre filettate, UNI EN ISO 3506-2 per i dadi e le rondelle.

#### **45.13. BARRIERE INTEGRATE (DI SICUREZZA ED ANTIRUMORE)**

Per le barriere integrate, di sicurezza ed antirumore, si rimanda alle soluzioni testate e previste negli elaborati progettuali.

Si tratta di barriere in grado di assolvere contemporaneamente alla funzione di antirumore e di sicurezza combinate in un'unica struttura. Tali soluzioni sono utilizzate qualora lo spazio a disposizione non permette di installare separatamente le due barriere rumore e sicurezza (per mancanza dello spazio adeguato per permettere alla barriera di sicurezza di non avere ostacoli nell'ambito del suo spazio di lavoro).

Per tali barriere si rimanda alle specifiche tecniche relative ai sistemi antirumore con riferimento ai singoli capitoli del presente documento ed alle specifiche tecniche delle barriere di sicurezza stradale (vedi prescrizioni riportate nel Capitolato Speciale di Appalto all'articolo di riferimento).

#### **45.14. CARATTERISTICHE COSTRUTTIVE DELLE BARRIERE**

La geometria sarà indicata negli elaborati grafici di progetto.

Il bordo superiore della barriera si deve mantenere il più possibile parallelo alle livellette stradali; mentre i montanti saranno posizionati "a piombo", qualora ciò non fosse possibile, è compito dell'Impresa presentare una proposta di montaggio differente, con passo da stabilire di volta in volta; tale proposta deve ottenere l'approvazione della Direzione Lavori.

L'Impresa dovrà inoltre presentare gli elaborati costruttivi della barriera, con dettagliati tutti i particolari esecutivi dei nodi particolari, quali per esempio l'aggancio delle barriere a portali di galleria, l'aggancio reciproco di barriere di diversa forma e/o materiale, nonché dei cambi di direzione bruschi come nel caso di barriere in corrispondenza di piazzole di sosta o di aree S.O.S, parti di angolo delle stesse barriere, la presenza di porte o portoni nella barriera, nonché di qualsiasi altra particolarità che si dovesse presentare.

Tutta la barriera deve essere costruita in modo da evitare in ogni punto il ristagno dell'acqua; in particolare per i pannelli compositi l'acqua deve fuoriuscire facilmente dai singoli pannelli (fori sul fondo) e non ristagnare sia fra pannello e pannello sia tra il pannello inferiore della parete e la superficie di appoggio.

Dovranno essere adottate soluzioni costruttive tali che i montanti possano essere rimossi senza che occorra la demolizione della relativa fondazione. I getti di bloccaggio e di allettamento dovranno essere effettuati con idonee malte cementizie di tipo reoplastico.

La struttura portante dei pannelli deve essere il più possibile distinta e distante dalle eventuali barriere di sicurezza esistenti o di progetto.

#### **45.15. MANUTENZIONE, SOSTITUZIONE E/O DEMOLIZIONE DELLA BARRIERA**

Tutta la costruzione del manufatto deve essere tale da garantire che durante i primi 10 anni dopo il collaudo non si debbano eseguire lavori di manutenzione, escludendo i lavori dovuti a cause accidentali e la pulizia periodica. L'Impresa deve fornire un piano di manutenzione a cui l'opera deve essere assoggettata dopo i primi 10 anni, specificando le attività da eseguire, e i relativi oneri, per ogni componente del manufatto.

Si devono adottare soluzioni costruttive e scelte di materiali in modo da minimizzare gli interventi di manutenzione. Quanto sopra risulterà da apposita relazione.

Il ciclo di manutenzione previsto deve poter essere effettuato con mezzi semplici senza pregiudicare il traffico stradale e senza causare danni.

La relazione di cui sopra dovrà comprendere in forma chiara e schematica le operazioni occorrenti per la sostituzione facile e rapida dei pannelli o di altri componenti della barriera.

L'impresa sarà tenuta anche a fornire in allegato un piano di smaltimento che riporti per gli elementi principali della barriera, quali pannelli, guarnizioni ecc... come vanno smontati e portati a discarica indicando anche i codici CER per ogni componente.

#### **45.16. FORNITURA DI MATERIALI DI RISERVA**

Dopo il collaudo dell'opera, l'Impresa può essere chiamata a fornire materiali di riserva alle strutture preposte alla manutenzione, per sostituire gli elementi danneggiati da incidenti.

A tal fine l'Impresa deve garantire per un periodo di almeno 10 anni a decorrere dalla data di collaudo, la possibilità di intervento manutentivo con l'impiego di materiali atti a garantire le prestazioni dichiarate per la fornitura specifica.

Il prezzo sarà stabilito previo aggiornamento del prezzo di appalto in base agli indici revisionali legati al materiale ed alla mano d'opera.

Al fine di rendere più agevole quanto sopra, l'Impresa fornirà un elenco dei principali elementi costituenti le barriere corredato dei rispettivi prezzi vigenti all'atto del Contratto d'Appalto e i prezzi di riferimento del materiale base e della mano d'opera.

### **ART. 46.** **GESTIONE DEI MATERIALI DI RISULTA IN CANTIERE**

#### **46.1. NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

Normativa statale

- D.Lgs. 95	d.d. 27.01.1992
- Legge n. 70	d.d. 25.01.1994
- D.M. 392	d.d. 16.05.1996
- D.M.	d.d. 05.02.1998
- D.M. 145	d.d. 01.04.1998
- D.M. 148	d.d. 01.04.1998
- D.Lgs. 36	d.d. 13.01.2003
- D. Lgs. n. 152 e s.m.i.	d.d. 03.04.2006
- D.M. n. 186	d.d. 05.04.2006
- D.M. Ambiente e successive modifiche	d.d. 17.12.2009
- D.M. Ambiente	d.d. 27.09.2010
- D Lgs. n. 205	d.d. 03.12.2010
- D.M. Ambiente	d.d. 22.12.2010
- D.M. Ambiente n.161	d.d. 10 08 2012
- Legge n. 98	d.d. 09.08.2013
- DPR n. 120	d.d. 13.06.2017

##### **46.1.1. Normativa locale della Provincia Autonoma di Bolzano – Alto Adige**

- DPGP n. 69	d.d. 16.12.1999
- L.P. n: 4	d.d. 26.05.2006 (ad esclusione delle norme dichiarate illegittime con sentenza 14/03/2008, n. 62 della Corte Costituzionale)
- D.G.P. n. 1030 e s.m.i.	d.d. 27.09.2016

##### **46.1.2. Normativa locale della Provincia Autonoma di Trento**

- DPGP n. 1-41/Legisl.	d.d. 26.01.1987
------------------------	-----------------

##### **46.1.3. Normativa locale della Regione del Veneto**

- L.R. n. 3	d.d. 21 01 2000
- L.R. n. 11	d.d. 13.04.2001

## **46.2. PREMESSE**

Gli oneri connessi alla gestione dei rifiuti destinati allo smaltimento e/o al recupero sono compensati all'interno degli specifici articoli di elenco prezzi relativi ai lavori e pertanto a totale carico dell'Impresa Appaltatrice. Sono altresì a carico dell'Impresa tutti gli oneri per una corretta gestione dei rifiuti nell'ambito del cantiere.

L'Impresa esecutrice dovrà fornire il nominativo di una persona con adeguate competenze in campo ambientale (dipendente od esterno) che faccia da referente per l'Impresa nella gestione degli aspetti ambientali correlati all'esecuzione dei lavori. La competenza deve essere estesa anche a tutti i lavori svolti in subappalto. Prima dell'avvio del cantiere l'Impresa dovrà presentare alla Direzione Lavori, una relazione di valutazione degli aspetti ambientali associati alle lavorazioni previste in cantiere (es: approvvigionamenti idrici e scarichi, suolo, stoccaggio sostanze pericolose, serbatoi, terre e rocce da scavo, rifiuti, rumore) e la descrizione delle misure di contenimento dei potenziali impatti e il relativo sorveglianza e controllo.

Per consentire la necessaria funzione di controllo e di garanzia che rimane a carico della Committenza, l'Impresa prima dell'inizio dei lavori, periodicamente durante i lavori e comunque ogniqualvolta espressamente richiesta, deve consegnare alla Direzione Lavori la documentazione di seguito specificata.

### **Prima dell'inizio dei lavori**

La "Relazione sulla gestione dei materiali da scavo e sulla gestione di altri materiali costituenti rifiuti del cantiere", ossia un dettagliato documento descrittivo delle modalità da adottare per la gestione delle terre e rocce da scavo nonché per la gestione dei rifiuti speciali pericolosi e non pericolosi.

\* **Terre e rocce da scavo**. La relazione dovrà comprendere una descrizione dei flussi di produzione giornalieri o settimanali delle terre e rocce da scavo che si origineranno dai lavori del presente appalto a prescindere dal novero giuridico (sottoprodotto o rifiuto). La relazione dovrà inoltre indicare il modo di movimentazione all'interno del cantiere, delle eventuali aree previste per il deposito temporaneo, e l'individuazione dei siti o impianti di smaltimento e/o recupero e/o utilizzo cui i materiali verranno destinati. In allegato dovrà essere fornita copia dell'autorizzazione dell'impianto o della documentazione comprovante l'espletamento delle procedure per il sito di utilizzo o l'impianto.

\* **Altri rifiuti**. La relazione dovrà comprendere l'elenco delle tipologie di rifiuti che si prevede di gestire, i relativi flussi di produzione giornalieri o settimanali, il modo di movimentazione all'interno del cantiere, le aree previste per il deposito temporaneo e relative caratteristiche, le modalità previste per l'avvio a smaltimento o a recupero, (quali frequenza di trasporto dal cantiere, destinazione, ecc.). Per ogni tipologia di rifiuto deve essere specificata la caratteristica in relazione alla specifica classificazione di "pericoloso" oppure "non pericoloso". Nel caso che nel cantiere siano previste operazioni di idrodemolizione con raccolta e trattamento delle acque reflue, fra le tipologie di rifiuti da gestire dovranno essere compresi anche i fanghi dal trattamento degli effluenti. Relativamente alla gestione dei rifiuti pericolosi, dovrà essere indicato il luogo di conservazione del registro di carico e scarico e il soggetto giuridico produttore/detentore (impresa appaltatrice o eventuale subappaltatore) responsabile della tenuta. L'appaltatore risponde nei confronti della stazione appaltante della corretta gestione dei rifiuti anche da parte dei propri subcontraenti.

E' facoltà dell'Impresa avvalersi di un **deposito temporaneo** di rifiuti all'interno del cantiere, nel rispetto di tutte le norme di legge (art. 183 comma 1 lettera *bb*) del D. Lgs. 152/06 e s.m.i.); il deposito temporaneo deve essere effettuato per tipi omogenei e nel rispetto delle relative norme tecniche, nonché, per i rifiuti pericolosi, nel rispetto delle norme che disciplinano il deposito delle sostanze pericolose in essi contenute.

Eventuali variazioni delle modalità di gestione previste nella Relazione devono preventivamente essere comunicate alla Direzione Lavori per iscritto.

### **Nel corso dei lavori**

\* **Terre e rocce da scavo**. Con riferimento alla data fissata per lo stato di avanzamento dei lavori, l'Impresa deve consegnare alla Direzione Lavori entro la settimana successiva, una autocertificazione sottoscritta dal Legale Rappresentante dell'Impresa Appaltatrice, nella quale vengono descritte:



le quantità scavate, quelle presenti nell'eventuale deposito temporaneo di cantiere all'inizio e alla fine del periodo di riferimento per il SAL e quelle allontanate dal cantiere. Per le terre e rocce allontanate dal cantiere l'Impresa appaltatrice è inoltre tenuta ad allegare copia conforme di tutti i formulari di identificazione con indicazione del peso, controfirmati dal destinatario. Qualora i materiali di scavo vengano gestiti come sottoprodotti ai sensi dell'art. 184 bis del D. Lgs. 152/06 e s.m.i. e per gli effetti dell'applicazione del DPR n. 120 del 13.06.2017, l'Impresa dovrà produrre la documentazione derivante dagli adempimenti ivi previsti.

\* **Altri rifiuti.** Con riferimento alla data fissata per lo stato di avanzamento dei lavori, l'Impresa deve consegnare alla Direzione Lavori entro la settimana successiva, una autocertificazione sottoscritta dal Legale Rappresentante dell'Impresa Appaltatrice, nella quale vengono descritte, per ogni tipologia di rifiuti, le quantità prodotte, quelle in deposito temporaneo in cantiere all'inizio e alla fine del periodo di riferimento), quelle avviate a recupero o a smaltimento fuori cantiere. Per i materiali prodotti dall'attività di cantiere per i quali è ammesso l'utilizzo nel medesimo ambito, ai sensi e per gli effetti dell'applicazione degli artt. 184 bis e 185 comma 1 lettera c) del D. Lgs. 152/06 e s.m.i., l'Impresa dovrà documentare le quantità prodotte ed utilizzate settimanalmente.

I rifiuti che presentano un codice speculare la cui origine non è nota o presenta caratteristiche diverse da quelle attese, dovranno essere sottoposti a campionamento ai sensi della norma UNI 10802:2013 e ad analisi finalizzata ad escludere un livello di concentrazione pericolosa delle sostanze ivi contenute.

Per i rifiuti avviati fuori cantiere l'Impresa appaltatrice è inoltre tenuta ad allegare copia di tutti i formulari di identificazione con indicazione del peso, ove possibile, controfirmati dal destinatario.

La consegna della suddetta autocertificazione (completa degli allegati) è condizione indispensabile per il pagamento dello Stato di Avanzamento dei Lavori.

Nel caso di conferimento dei rifiuti in impianti di discarica autorizzati ai sensi del D. Lgs 36/2003, la caratterizzazione di base del rifiuto effettuata ai sensi del D.M. 27/09/2010, comprensiva ove necessario delle eventuali analisi è a carico dell'Impresa; essa si intende compresa e compensata nei prezzi offerti; il risultato della caratterizzazione deve essere comunicato per iscritto e tempestivamente alla Direzione dei Lavori.

L'onere della caratterizzazione dei materiali, così come la tenuta dei registri di carico/scarico e la compilazione dei formulari di identificazione previsti per il trasporto, è a carico dell'Impresa.

L'Impresa dovrà trasmettere alla Direzione dei Lavori, prima dell'inizio del conferimento dei rifiuti, sia l'iscrizione all'Albo Nazionale dei Gestori Ambientali, sia l'Autorizzazione dell'impianto di smaltimento o recupero del sito di destino; nel caso di variazione dei soggetti interessati dovranno essere trasmessi alla Direzione dei Lavori i nuovi documenti.

#### **46.3. MATERIALI PROVENIENTI DA DEMOLIZIONI DI CALCESTRUZZI ANCHE ARMATI**

I materiali derivanti dalle demolizioni di calcestruzzi rimangono in capo all'Impresa appaltatrice; devono essere gestiti come rifiuti ed avviati a recupero o a smaltimento in conformità alla normativa vigente. Gli oneri connessi a tale attività sono a carico dell'Impresa e si intendono compresi e compensati nei prezzi offerti.

#### **46.4. MATERIALI PROVENIENTI DA DEMOLIZIONI DI CONGLOMERATI BITUMINOSI**

I materiali derivanti dall'attività di demolizione di conglomerati bituminosi dovranno essere avviati come rifiuti a recupero o smaltimento in conformità alla normativa vigente. Gli oneri connessi a tale attività sono a carico dell'impresa e si intendono compresi e compensati nei prezzi offerti.

Qualora sia previsto progettualmente, il materiale bituminoso, ottenuto dalla fresatura a freddo, potrà essere utilizzato nuovamente in cantiere ai sensi e per gli effetti dell'applicazione dell'art. 184 bis del D. Lgs. 152/06 e s.m.i..

#### **46.5. MATERIALI DI SCARTO PROVENIENTI DALLA REALIZZAZIONE DI INTONACI E CONGLOMERATI CEMENTIZI O SIMILARI**

I materiali di scarto provenienti dalla realizzazione di intonaci e conglomerati cementizi o similari rimangono in capo all'Impresa appaltatrice, devono essere gestiti come rifiuti ed avviati a recupero o

a smaltimento in conformità alla normativa vigente. Gli oneri connessi a tale attività sono a carico dell'Impresa e si intendono compresi e compensati nei prezzi offerti.

#### **46.6. MATERIALI DI SCARTO PROVENIENTI DALLA DEMOLIZIONE DI PARTI D'OPERA CON L'UTILIZZO DI RESINE SINTETICHE**

I materiali di scarto provenienti dalla demolizione di parti d'opera con utilizzo di resine sintetiche rimangono in capo all'Impresa appaltatrice, devono essere gestiti come rifiuti e devono essere avviati a recupero o a smaltimento in conformità alla normativa vigente. Gli oneri connessi a tale attività sono a carico dell'Impresa e si intendono compresi e compensati nei prezzi offerti.

#### **46.7. MATERIALI DI SCARTO PROVENIENTI DALLA DEMOLIZIONE DI PARTI D'OPERA IN MATERIALI FERROSI**

I materiali di scarto provenienti dalla demolizione di parti d'opera con utilizzo di materiali ferrosi rimangono in capo all'Impresa appaltatrice, devono essere gestiti come rifiuti e devono essere avviati a recupero o a smaltimento in conformità alla normativa vigente. Gli oneri connessi a tale attività sono a carico dell'Impresa e si intendono compresi e compensati nei prezzi offerti.

#### **46.8. BATTERIE ESAUSTE**

##### Batterie al piombo

E' obbligatoria la raccolta e lo smaltimento mediante riciclaggio delle batterie al piombo esauste. Chiunque detiene batterie al piombo esauste o rifiuti piombosi è obbligato al loro conferimento al consorzio allo scopo formato direttamente o mediante consegna a soggetti incaricati del consorzio o autorizzati, secondo la normativa vigente, a esercitare le attività di gestione di tali rifiuti; (per l'elenco completo si veda sul sito Internet del COBAT [www.cobat.it](http://www.cobat.it), voce "vita della batteria", sottovoce "raccolta- rete raccolta"; Chiunque, in attesa del conferimento al consorzio, detenga batterie esauste, è obbligato a stoccare le batterie stesse in apposito contenitore dotato di adeguati sistemi di contenimento degli sversamenti e conforme alle disposizioni vigenti in materia di smaltimento dei rifiuti. Gli oneri connessi a tale attività sono a carico dell'Impresa e si intendono compresi e compensati nei prezzi offerti.

#### **46.9. IMBALLAGGI**

L'Impresa è responsabile della corretta gestione ambientale degli imballaggi e dei rifiuti di imballaggio generati dal consumo dei prodotti utilizzati all'interno del cantiere; è fatto assoluto divieto di bruciare in cantiere qualsiasi tipo di imballaggio qualunque ne sia la natura.

Gli imballaggi devono essere raccolti in modo separato e conferiti ad un soggetto autorizzato alla raccolta dei rifiuti di imballaggio. Gli oneri connessi a quelle parti di tale attività che non fossero già coperti dai produttori degli imballaggi, sono a carico dell'Impresa e si intendono compresi e compensati nei prezzi offerti.

#### **46.10. OLI USATI E FILTRI**

L'impresa è responsabile della corretta gestione degli oli usati e dei filtri generati da operazioni di manutenzione dei mezzi di cantiere.

I contenitori devono essere dotati di adeguati sistemi di contenimento ed idonei al deposito temporaneo come prescritto dal DM. 392/96.

Il conferimento e le successive fasi di gestione devono essere fatte verso soggetti autorizzati.

#### **46.11. ALTRI RIFIUTI**

L'Impresa è responsabile della corretta gestione ambientale, secondo i dettami della vigente legislazione, degli altri materiali/rifiuti di risulta dai lavori eseguiti in cantiere e non direttamente richiamati nelle presenti norme tecniche.

#### **46.12. CASI PARTICOLARI**

In caso di sversamenti l'impresa dovrà provvedere, a propria cura ed onere, ad eseguire tutte le attività previste dalla normativa vigente in materia di bonifica di siti contaminati (Decreto legislativo n. 152/2006, parte quarta, titolo V) oltre darne tempestiva comunicazione alla D.L.

E' onere dell'impresa trasmettere in copia alla D.L. tutta la documentazione inerente la bonifica (compresa la corrispondenza con le autorità interessate) nei minimi tempi tecnici di volta in volta necessari all'inoltro.

### **ART. 47.**

## **GESTIONE DEGLI APPROVVIGIONAMENTI IDRICI E DEI REFLUI IN CANTIERE**

#### **47.1. NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

##### **47.1.1. Normativa statale**

- R.D. 1775 del 11.12.1933
- D.M. n. 185 del 12.06.2003
- D. Lgs. 152/2006 e s.m.i.

##### **47.1.2. Normativa locale della Provincia Autonoma di Bolzano – Alto Adige**

- L.P. n. 8 del. 18.07.2002
- D.P.P. n. 6 del 21.01.2008

##### **47.1.3. Normativa locale della Provincia Autonoma di Trento**

- L.P. n. 18 del. 08.07.1976
- DPGP n. 1-41/Legisl. d.d. 26.01.1987

##### **47.1.4. Normativa locale della Regione Emilia-Romagna**

- Regolamento n. 41 del 20.11.2001

#### **47.2. APPROVVIGIONAMENTO IDRICO**

Per quanto riguarda l'approvvigionamento idrico autonomo in cantiere, da corpi idrici superficiali o sotterranei, nonché da altri punti di prelievo, l'Impresa sarà responsabile per il rilascio delle autorizzazioni richieste per l'emungimento/prelievo e l'avvenuta autorizzazione dovrà essere comunicata alla Direzione Lavori.

#### **47.3. GESTIONE DEGLI SCARICHI**

Gli oneri per l'analisi, l'eventuale trattamento e lo scarico dei reflui di cantiere sono compensati all'interno degli specifici articoli di elenco prezzi relativi ai lavori e pertanto a totale carico dell'Impresa Appaltatrice.

Al fine dell'assolvimento della necessaria funzione di controllo e di garanzia che rimane a carico della Committenza, l'Impresa deve produrre alla Direzione Lavori,

a) prima dell'inizio dello scarico :

- copia delle autorizzazioni rilasciate dagli Enti competenti, ai sensi dell'art. 124 del D.Lgs. 152/06, completa di tutti gli allegati alla relativa domanda inoltrata;
- progetto dei sistemi di incanalamento dei reflui fino all'eventuale impianto di trattamento;
- progetto degli eventuali sistemi di trattamento e di scarico, completo di dettagliata relazione che dimostri la rispondenza dello scarico stesso alle imposizioni di Legge nonché alle disposizioni autorizzative;

b) durante il periodo dello scarico :

- copia delle analisi via via effettuate sullo scarico dei reflui con raffronto dei parametri misurati con i valori limite di Legge;
- una autocertificazione, con cadenza almeno bimestrale, nella quale vengono riepilogati i tipi e le quantità dei rifiuti derivanti dall'eventuale processo di trattamento dei reflui, avviati a smaltimento o

recupero, allegando le fotocopie del formulario-rifiuti previsto dalla Legge dalla quale risulti fra l'altro, la data del trasporto, la data di arrivo, l'indirizzo dell'impianto di destinazione, il tipo e la quantità del rifiuto trasportato.

Per la definizione di "scarico" si rinvia alla normativa vigente (D. Lgs. 152/06, articolo 74, comma 1, lettera ff).

#### **47.4. ASPETTI PARTICOLARI INERENTI LE ACQUE REFLUE DA IDRODEMOLIZIONE**

Nelle attività di idrodemolizione in tutti i casi nei quali si abbia uno scarico (quindi sicuramente nei casi di attività di idrodemolizione eseguita in galleria o altro ambiente confinato con la possibilità di convogliare i reflui in una condotta), l'Impresa deve chiedere all'Ente Competente per la tutela delle acque (Regione o Provincia) l'autorizzazione allo scarico ai sensi degli articoli 124 e 125 del D.Lgs. 152/2006 (o delle norme provinciali o regionali applicabili). In tal caso è a carico dell'impresa durante l'attività di scarico dare dimostrazione alla Direzione Lavori mediante opportuna documentazione (certificati di analisi e quant'altro del caso) del rispetto dei limiti di Legge per lo scarico e delle eventuali altre prescrizioni contenute nell'autorizzazione.

Nel caso di scarico sul suolo o nel sottosuolo è a carico dell'Impresa anche:

- (i) accertare, mediante idonea relazione firmata da un tecnico, l'impossibilità tecnica o l'eccessiva onerosità a fronte dei benefici ambientali conseguibili, a recapitare lo scarico in corpi idrici superficiali (articolo 103.comma 1 lettera c) del D.Lgs. 152/2006);
- (ii) prima dell'inizio dell'attività di scarico: effettuare le analisi del terreno (da confrontare in seguito con quelle eseguite dopo la cessazione dell'attività di scarico) e fornirne un originale alla direzione lavori;
- (iii) durante l'attività di scarico: dare dimostrazione alla Direzione Lavori mediante opportuna documentazione (certificati di analisi e quant'altro del caso) del rispetto dei limiti di legge (D.Lgs. 152/2006, Allegato 5, tabella 4; o quelli delle eventuali norme locali) per lo scarico e delle eventuali altre prescrizioni contenute nell'autorizzazione;
- (iv) dopo la cessazione definitiva dell'attività di scarico sul suolo effettuare le analisi del terreno, per verificare che lo scarico non abbia comportato uno stato di inquinamento; un originale dei certificati di analisi dovrà essere consegnato alla direzione lavori;
- (v) nel caso che l'attività di scarico abbia condotto ad uno stato di inquinamento, effettuare la bonifica del terreno.

#### **47.5. ASPETTI PARTICOLARI INERENTI GLI SCARICHI DELLE ACQUE POMPATE NEL CORSO DI LAVORI DI INGEGNERIA CIVILE**

Riferimento normativo: D.Lgs. 152/2006, Art 104, comma 2.

Nel caso che siano previste lavorazioni sotto il piano di campagna che comportino la presenza di scarichi di acque (acque di aggrottamento, restituzione di acque derivanti da impianti per l'abbassamento della falda, anche provvisori) l'impresa deve, in dipendenza anche delle soluzioni tecniche adottate, redigere prima dell'inizio di tali lavori una **relazione tecnica sullo scarico delle acque pompate**, che illustri tutte le opere e gli impianti che si intendono realizzare, i tempi di esecuzione, le cautele operative adottate per evitare danni alle opere e all'ambiente, il recapito dello scarico, l'iter e i tempi previsti per ottenere l'eventuale autorizzazione allo scarico. Copia di tale relazione deve essere consegnata alla Direzione Lavori.

Tutti gli oneri per una corretta gestione degli scarichi delle acque pompate nel corso dei lavori sono a carico dell'Impresa, ivi compresi quelli per gli eventuali sistemi di trattamento di tali acque e per la corretta gestione dei fanghi da essa derivanti, quelli per l'ottenimento dell'autorizzazione e per la redazione della citata relazione tecnica.

## Capo Terzo - NORME PER LA MISURAZIONE E VALUTAZIONE DEI LAVORI

### **ART. 48. MISURAZIONI**

Oltre a quanto indicato nelle singole voci di elenco, per il computo dei lavori valutati a misura, saranno adottati i seguenti criteri:

- per tutte le opere dell'appalto le varie quantità di lavoro saranno determinate con misure geometriche, escluso ogni altro metodo;
- particolarmente si conviene quanto espresso:

a) Scarifiche di strutture in conglomerato cementizio

I prezzi fissati in elenco si applicheranno al volume effettivo del calcestruzzo asportato. Detto volume dovrà essere determinato per differenza tra sezioni trasversali eseguite prima e dopo i lavori di scarifica; le sezioni trasversali dovranno essere costruite per punti rilevati con una distanza tra di loro stabilita dalla D.L. e comunque mai superiore a 1,0 m; l'intervallo tra sezioni successive sarà pure stabilito dalla D.L. e non dovrà essere superiore a 1,0 m.

b) Demolizioni di conglomerati cementizi

I prezzi fissati in elenco per la demolizione di calcestruzzi si applicheranno al volume effettivo demolito, valutato con metodi geometrici.

Tali prezzi comprendono i compensi per gli oneri ed obblighi specificati nel prezzo di elenco in particolare la scelta, l'accatastamento ed il trasporto a rifiuto dei materiali.

I materiali demoliti resteranno di proprietà dell'Impresa la quale potrà reimpiegare quelli ritenuti utilizzabili dalla Direzione Lavori con l'obbligo di trasportare alla discarica, fuori delle pertinenze stradali, a sua cura e spese, i materiali di rifiuto.

c) Conglomerato cementizio armato

Il conglomerato per opere in cemento armato di qualsiasi natura e peso sarà valutato con metodi geometrici per il suo volume effettivo, salvo i casi in cui i prezzi di elenco siano indicati a superficie, senza detrazione del volume del ferro che verrà pagato a parte senza detrazione dei fori di passaggio delle tubazioni di scarico e simili, ma con detrazione di tutti gli altri.

d) Casseforme

Le casseforme saranno computate in base allo sviluppo delle facce interne a contatto del conglomerato cementizio, ad opera finita.

e) Acciaio per strutture in c.a. e c.a.p.

Il peso dell'acciaio tondo per l'armatura del calcestruzzo, sia esso del tipo Fe B 22 K, Fe B 32 K, Fe B 38 K, Fe B 44 K, verrà determinato mediante il peso teorico corrispondente ai 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 del ferro in ogni caso verrà determinato con mezzi analitici ordinari, misurando cioè lo sviluppo teorico di progetto di ogni barra e moltiplicando per il peso unitario dato dalle tabelle UNI 6407-69. Il peso dell'acciaio ad aderenza migliorata di sezione anche non circolare, sarà determinato moltiplicando lo sviluppo teorico di progetto dell'elemento per il peso unitario della barra tonda di eguale diametro nominale dato dalle tabelle UNI di cui sopra. Il peso dell'acciaio per strutture in cemento 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

tondini componenti il cavo e per il peso unitario dei tondini stessi, calcolato in funzione del diametro nominale e del peso specifico dell'acciaio di 7,85 kg/dmc.

**f) Conglomerato polimerico**

I prezzi fissati in elenco si applicheranno al volume effettivo del conglomerato polimerico. Detto volume dovrà essere determinato per differenza tra sezioni trasversali eseguite prima e dopo i lavori di getto, le sezioni trasversali dovranno essere costruite per punti rilevati con una distanza tra di loro stabilita dalla D.L. e comunque mai superiore a 1,0 m; l'intervallo tra sezioni successive sarà pure stabilito dalla D.L. e non dovrà essere superiore a 1,0 m.

**g) Pavimentazione**

I lavori di pavimentazione verranno normalmente contabilizzati a misura, moltiplicando i prezzi unitari di elenco, dedotti del ribasso d'asta, per la sola superficie effettivamente pavimentata e ordinata.

Per eventuali interventi di pavimentazione eseguiti mediante le forniture di materiali, quali ad esempio i lavori di risagomatura per i quali la complessità del rilievo non è compatibile con i tempi di intervento, ai fini contabili saranno liquidati solamente i quantitativi accompagnati dal rispettivo scontrino di peso (pesa pubblica), debitamente timbrato e controfirmato dai rappresentanti della Direzione Lavori, ai quali saranno consegnati, all'atto dello scarico.

La posa in opera e il costipamento del conglomerato bituminoso fornito in peso o in volume saranno contabilizzati in base al quantitativo totale della miscela riscontrata in fornitura, moltiplicando per il rispettivo prezzo unitario indicato nell'elenco prezzi, al netto del ribasso per il valore della densità in opera ricavata dalla media dei dati riscontrati nei campioni di carote prelevate in sito.

**h) Barriere di sicurezza in acciaio e parapetti metallici.**

Le barriere, rette o curve verranno misurate sulla effettiva lunghezza, in questa compresi i terminali.

I tratti di barriere costituenti l'avvio ai parapetti saranno misurati dal sostegno del parapetto da cui esse si dipartono e pagati con l'apposita voce di Elenco prezzi.

La barriera disposta su due file distinte, da situarsi nello spartitraffico, sarà compensata, per ogni fila, con l'apposita voce di Elenco Prezzi relativo alle barriere semplici.

Le barriere montate con diversa configurazione verranno compensate con le relative voci di Elenco Prezzi.

I pezzi terminali e di chiusura curvi, da impiegare nelle confluenze autostradali ed a chiusura delle barriere nello spartitraffico, ed aventi raggio di curvatura inferiore a m. 3, saranno valutati e pagati con l'apposita voce di Elenco Prezzi.

Resta stabilito che nelle voci di Elenco sono compresi e compensati i pezzi speciali in rettilineo, in curva, terminali, eventuali blocchi di fondazione di calcestruzzo, ed in particolare, per i parapetti o le barriere ricadenti sulle opere d'arte, anche l'onere della formazione dei fori nelle varie opere d'arte e del fissaggio dei sostegni con eventuale malta cementizia.

Nelle voci di Elenco deve intendersi sempre compreso e compensato anche l'onere della interposizione di idonei elementi distanziatori fra la fascia ed il sostegno, nonché quello della fornitura e posa in opera dei dispositivi rifrangenti.

**ART. 49.**  
**PAVIMENTAZIONI**

Le attività di supporto relative alle fasi di rilevamento e valutazione delle opere dovranno essere eseguite secondo l'andamento cronologico seguente.

#### **49.1. Lavori propedeutici**

Individuazione e fissaggio dei caposaldi:

- rilievo e calcolo della rete poligonale e del livellamento trigonometrico;
- tracciamento delle sezioni progressive necessarie per il rilievo generalmente ogni m 50, in caso di particolari condizioni, la Direzione Lavori potrà ordinare un maggior numero di sezioni anche una sezione ogni m 10.

#### **49.2. Accertamento dello stato della carreggiata**

- rilievo di almeno 4 punti sulle sezioni tracciate per ogni senso di marcia;
- rilievo del lato corrispondente al margine superiore del cordolo rivolto verso i margini delle carreggiate;
- rilievo dei giunti trasversali e dei travi laterali dei ponti;
- rilievo dei By-Pass dello spartitraffico centrale;
- ricalcolo dei risultati ottenuti dalle misurazioni e trasformazione dei valori calcolati in coordinate e contemporaneo tracciamento delle sezioni rilevate.

#### **49.3. Elaborazione dei libretti delle pavimentazioni**

- calcolo di un'asse fittizio della carreggiata lungo la posizione della linea centrale di ogni senso di marcia per il calcolo e il tracciamento delle sezioni progressive secondo il punto "Rilievi topografici preliminari alla rettifica delle pavimentazioni";
- calcolo della pendenza in base ai rilievi di accertamento dello stato della carreggiata in conformità con la pendenza laterale prevista dal Progetto o rideterminata dalla Direzione Lavori;
- predisposizione dei libretti della pavimentazione e contemporaneo adeguamento alle prescrizioni indicate;
- elaborazione di protocolli di stesa che indichino le quote sia della superficie superiore della carreggiata che della superficie inferiore del binder da realizzare riferiti ai punti tracciati;
- elaborazione di sezioni longitudinali in scala 1:500/25 con indicazione sia delle quote dello stato attuale della pavimentazione (lungo la segnaletica longitudinale destra, la linea centrale e la segnaletica longitudinale sinistra) che le quote della pavimentazione definitiva.

#### **49.4. Tracciamento e controlli in corso d'opera**

- tracciamento dei punti di sicurezza necessari per indicare le quote dello strato di collegamento (binder) e dello strato di usura nella misura di due punti per ogni sezione progressiva e segnalazione dei punti con colore apposto sul cordolo della carreggiata o sulle pareti di contenimento in calcestruzzo o sul sicurvia;
- calcolo delle quote dello strato di collegamento (binder) e dello strato di usura tenendo conto delle larghezze e delle quote di sicurezza, nonché dei punti di variazione delle pendenze trasversali in corrispondenza dei punti tracciati e redazione di un elaborato in cui sono riportati tutti i tracciamenti;
- indicazione della profondità di fresatura segnalando la differenza di quota sulla pavimentazione della carreggiata, in modo chiaro e leggibile all'operatore della fresa;
- rilievo topografico delle profondità di fresatura e dello strato di base;
- verifica delle quote altimetriche del piano di fresatura e redazione di un elaborato che indichi gli spessori dello strato di collegamento (binder) secondo il libretto delle pavimentazioni;
- indicazione degli spessori di fresatura e degli spessori dello strato di usura da stendere ove la scarifica interessi solo questo strato.

#### **49.5. Redazione della contabilità di cantiere**

Per la redazione della contabilità dei lavori dovranno essere applicate le dimensioni delle singole lavorazioni eseguite secondo le unità di misura riportate nella seguente tabella:

SIMBOLOGIA PER LA CONTABILIZZAZIONE DEI LAVORI	
LAVORAZIONE	UNITA' DI MISURA
Fresatura conglomerato	m <sup>2</sup> x cm

**AUTOSTRADA DEL BRENNERO**  
SOCIETA' PER AZIONI CON SEDE IN TRENTO

bituminoso	
Conferimento fresato in impianto di smaltimento	tonnellata
Geotessuto	m <sup>2</sup>
Fondazione stradale	m <sup>2</sup>
Strato di base	m <sup>3</sup>
Strato di collegamento	m <sup>3</sup>
Strato di usura	m <sup>2</sup> x 3cm
Strato di usura	m <sup>2</sup> x 4cm
Membrana impermeabilizzante	m <sup>2</sup>
Strato di usura Drenante Fonoassorbente Speciale (PA)	m <sup>2</sup> x 4cm
Strato di usura poroso (da intasare con miscela cementizia)	m <sup>2</sup> x 5cm
Boiaccia cementizia	m <sup>2</sup>
Strato di usura Antisdrucciolo (SMA)	m <sup>2</sup> x 3cm
Strato di usura Antisdrucciolo (SMA)	m <sup>2</sup> x 4cm
Geogriglia	m <sup>2</sup>
Rilievi topografici carreggiata	km
Rilievi topografici pista di svincolo	km
Rilievi topografici piazzali	ha

- redazione dei disegni di contabilità sotto forma di planimetrie generali (in scala longitudinale 1:500 e in scala trasversale 1:200) che riportano i dati di contabilità rilevanti comprese le profondità di fresatura, gli spessori delle carote, la superficie di stesa della base, le fresature per la posa in opera dello strato d'usura, etc.;
- redazione dei protocolli di calcolo (determinazione delle superfici e delle cubature) e delle tabelle riassuntive;
- raccolta in triplice copia della documentazione contabile.

**ART. 50.**  
**LAVORI IN SOTTERRANEO**

**50.1. Scavi**

Il volume di scavo in galleria verrà computato in base al tipo di sezione stabilito, tratto a tratto, dalla Direzione dei Lavori; saranno quindi esclusi dal computo i maggiori volumi dovuti ad irregolarità delle pareti di scavo, ovvero a cavità di qualunque specie, esistenti o formatesi durante l'esecuzione dei lavori.

Lo sgombrò di materiale eventualmente franato verrà compensato solo eccezionalmente, nel caso di franamenti o cedimenti non imputabili a deficienza di armature, e comunque non dovuti a negligenza od inesperienza dell'Impresa.

Nel prezzo dello scavo in galleria integrato dal compenso per venute d'acqua in eccesso sulle portate già comprese nei prezzi unitari (in quanto tali compensi sono applicabili) sono compresi oltre gli oneri relativi agli scavi in genere, anche quelli inerenti allo specifico tipo di lavoro; tra questi, a titolo esemplificativo, si intendono compresi gli oneri per armature provvisorie di qualsiasi tipo recuperate o perse, per i provvedimenti conseguenti a venute di gas, per gli aggettamenti necessari,



per la raccolta dietro le murature di rivestimento della calotta e dei piedritti ed il convogliamento nelle cunette di acque di infiltrazione e delle sorgenti incontrate nell'escavazione delle gallerie, per eventuali trovanti rinvenuti in terreni sciolti, intendendo tale dizione generica comprensiva di tutto quanto necessario per rendere possibile la regolare esecuzione degli scavi in galleria anche in presenza di forti portate di acqua di filtrazione o provenienti dallo svuotamento di sacche.

Con il prezzo dello scavo sono altresì compensati gli oneri connessi alla necessità di dover cambiare, durante la costruzione della galleria, i vari sistemi di scavo e l'impiego di specifiche attrezzature in rapporto al mutare delle caratteristiche geo-meccaniche dei terreni attraversati ed al loro comportamento in relazione alla decompressione dell'ammasso, nonché l'onere relativo alla esecuzione dell'arco rovescio (che verrà pagato a parte con i relativi prezzi di elenco) entro tre diametri, ovvero entro 1,5 diametri dal fronte di scavo.

Le centine metalliche, i relativi distanziatori e la rete di acciaio a maglie elettrosaldate saranno compensati con i relativi prezzi di Elenco ed il loro peso sarà determinato con le norme di cui all'Art. del Cap.1°.

I tiranti in roccia realizzati con barre d'acciaio o con aste in fibra sintetica in conformità alle prescrizioni del progetto ed agli ordini impartiti dalla D.L. saranno compensati con i relativi prezzi di Elenco. Come pure saranno compensate a parte con i relativi prezzi di elenco tutte le categorie di lavoro da adottare per conseguire il precontenimento del cavo ed il preconsolidamento del fronte di scavo.

Si precisa che, nel caso di rescissione del contratto di appalto, tutte le armature in opera degli scavi rimangono di proprietà della Stazione Appaltante e non potranno in alcun modo essere asportate.

L'Impresa non potrà pretendere per tali armature alcun compenso, oltre il pagamento dei materiali in base al prezzo di Elenco a piè d'opera. Tutti gli oneri relativi alla lavorazione, posa in opera, sfrido, ecc.. si intendono compresi e compensati con pagamento degli scavi eseguiti e contabilizzati.

Il prezzo dello scavo in cunicolo con fresa integrale a testa rotante comprende e compensa l'onere della esecuzione, in avanzamento di 30-40 m rispetto alla testa della fresa, di un foro esplorativo del diametro non inferiore a cm 10.

I prezzi unitari relativi alle voci degli scavi in galleria sono comprensivi di tutti gli oneri e soggezioni derivanti da presenza o venuta d'acqua per una portata fino a 5 l/sec. per le tratte in salita e 4 l/sec. per quelle in discesa.

Per corrispondenti portate superiori e per le tratte in cui effettivamente si verificano, verranno applicate le maggiorazioni percentuali di cui all'Elenco Prezzi.

## **50.2. Murature di rivestimento**

I volumi delle strutture di rivestimento delle gallerie, verranno computati per i tratti aventi sezione costante e valutati sul vivo della superficie esclusi gli eventuali intonaci.

Il maggior volume di rivestimento rispetto agli spessori prescritti e la muratura di bloccaggio, occorrenti per il riempimento di vuoti dovuti ad irregolarità delle pareti di scavo, rimarranno a carico dell'Impresa.

Solo nel caso di caverne naturali, oppure di cavità causate da cedimenti o franamenti non imputabili a deficienze di armature od a negligenze dell'Impresa, il calcestruzzo e la muratura di bloccaggio occorrenti per il riempimento oltre l'estradosso del rivestimento prescritto, verranno valutati a parte e compensati.

Quando la Direzione dei Lavori ordinasse la realizzazione di fori, canalette, ecc., nello spessore di rivestimento, ogni onere relativo alla formazione di essi è compreso nel prezzo del rivestimento, e nella misurazione del rivestimento stesso non verranno detratti i vuoti corrispondenti.

Nel caso di rivestimenti eseguiti in roccia consistente e non alterabile, a giudizio esclusivo della Direzione dei Lavori potranno essere consentite punte di roccia che s'insinuino nella massa del rivestimento, purché non oltre il quarto dello spessore di esso; il volume di queste punte non verrà detratto nel computo del rivestimento. Nel caso la Direzione dei Lavori prescrivesse, in dipendenza della natura dei terreni attraversati, un rivestimento ad anelli concentrici di calcestruzzo semplice ed armato, di caratteristiche diverse, nel computo e nella valutazione verranno seguite le norme sopra esposte, applicando per ogni anello il corrispondente prezzo unitario; l'Impresa non avrà diritto a richiedere alcun compenso in relazione ai maggiori oneri derivanti dall'esecuzione in più tempi.

I prezzi unitari delle categorie di lavoro relative alle strutture di rivestimento da eseguire in gallerie comprendono e compensano tutti gli oneri e soggezioni dovuti alla presenza d'acqua qualunque ne sia la portata.

### **50.3. Calcestruzzo spruzzato**

Il computo dei volumi di calcestruzzo spruzzato in sotterraneo o all'aperto verrà effettuato secondo gli spessori teorici ordinati di volta in volta dalla Direzione dei Lavori. Nei prezzi di Elenco relativi si intendono compresi e compensati gli eventuali maggiori oneri derivanti del riempimento di irregolarità delle pareti di scavo oltre lo spessore teorico, intendendosi che tale riempimento andrà eseguito con lo stesso materiale e le stesse modalità previsti per il rivestimento in calcestruzzo spruzzato. Si specifica che, in ogni caso, non saranno tollerate riduzioni di spessore, dovute ad irregolarità delle pareti di scavo, di oltre un terzo dello spessore teorico, e solamente in corrispondenza di singole punte di parete maggiormente sporgenti.

Nel solo caso di caverne o di cavità causate da cedimenti o franamenti non imputabili a deficienze di armatura o, in generale, a negligenze dell'Impresa, sarà eseguito a tergo o al di sotto dello spessore ordinato di calcestruzzo spruzzato, un riempimento con calcestruzzo normale che verrà compensato secondo i relativi prezzi d'Elenco a norma di quanto specificato al precedente comma B) per le murature in fuori sagoma. Si intendono compresi e compensati con il prezzo d'Elenco tutti gli oneri e sfridi di qualsiasi entità conseguenti al sistema di lavoro.

Eventuali murature di rivestimento in calcestruzzo normale o con pietrame annegato, eseguite per il completamento della sagoma di galleria (sia per completamento calotta, che piedritti o arco rovescio), ove sia stato adottato e pagato il calcestruzzo spruzzato per rivestimento parziale o totale, saranno pagate con le rispettive voci di Elenco.

Si precisa che i prezzi di Elenco, relativi alle varie categorie di lavoro in galleria, vanno applicati qualunque sia la lunghezza della galleria e qualunque sia la distanza del fronte di scavo dall'imbocco o dagli imbocchi della galleria stessa.

### **50.4. Idrodemolizione e ricostruzione di rivestimento gallerie**

Per la corretta valutazione delle quantità di idrodemolizione e ricostruzione si dovrà eseguire:

- 1) Tracciamento dell'asse piano altimetrico della galleria (chiodi ogni 2 metri).
- 2) Misurazione delle attuali sezioni (ogni 2 m con un minimo di 30 misure per sezione) con un profilometro laser con tolleranze complessive di  $\pm 2$  mm.
- 3) Esecuzione dell'idrodemolizione.
- 4) Misurazione (come al punto 2) dell'idrodemolizione effettuata posa delle reti, dei connettori e montaggio di dime metalliche (profilo a "U" o similare calandrato) opportunamente ancorate al rivestimento che definiscono la sagoma di ricostruzione.
- 5) Esecuzione della ricostruzione con calcestruzzo spruzzato.
- 6) Misurazione (come al punto 2) della sezione finale.