

# NUOVE OPERE DI REGOLAZIONE PER LA MESSA IN SICUREZZA DEL LAGO D'IDRO



RAGGRUPPAMENTO TEMPORANEO DI PROGETTISTI



## PROGETTO ESECUTIVO

### ELABORATI GENERALI

### DOCUMENTI AMMINISTRATIVI

### Capitolato Speciale d'Appalto - Prescrizioni Tecniche

Fase PE	Ambito 000	Opera AMM	Argomento GE	Progressivo 001	Tipo elaborato CS	Revisione A
Redatto B. Illuminati		Controllato M. Ghidoli		Approvato P. Galvanin	Scala -	Data 18/10/22

 Agenzia Interregionale per il fiume Po	IL RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO  Ing. M. Vergnani	
	RESPONSABILE INTEGRAZIONE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE ALPINA S.p.A.  Ing. Paola Erba	PROGETTAZIONE STRUTTURALE ALPINA S.p.A.  Ing. Paolo Galvanin

REV.	DATA	OGGETTO REVISIONE	REDATTO	CONTROLLATO	APPROVATO
A	18/10/2022	Prima emissione	BIL	MGI	PGA
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-



## SOMMARIO

1	PREMESSA .....	18
2	NORME AMMINISTRATIVE.....	18
2.1	OGGETTO DELL'APPALTO .....	18
2.2	AMMONTARE DELL'APPALTO .....	19
2.3	CATEGORIE E CLASSIFICHE DELL'APPALTO.....	19
3	NORMATIVE DI RIFERIMENTO.....	19
3.1	STRUTTURE .....	20
3.2	NORMATIVA EUROPEA .....	20
3.3	INDAGINI GEOTECNICHE.....	20
3.4	TERRE E AGGREGATI.....	22
3.5	GEOTESSUTI E AFFINI .....	23
3.6	OPERE DI IMPERMEABILIZZAZIONE.....	25
3.7	OPERE DI FONDAZIONE .....	25
3.8	OPERE IN CALCESTRUZZO .....	26
3.9	STRUTTURE IN ACCIAIO.....	26
3.9.1	Bulloni.....	26
3.10	PREVENZIONE INFORTUNI ED IGIENE SUL LAVORO.....	27
4	DISPOSIZIONI GENERALI RIGUARDANTI I LAVORI.....	27
4.1	ORDINE DA TENERSI NELL'ANDAMENTO DEI LAVORI.....	27
4.2	AREE DA ADIBIRE A CANTIERE .....	27
4.3	LIBERTÀ E SICUREZZA NEL TRANSITO.....	27
4.4	INTERFERENZE CON SERVIZI PUBBLICI SOTTERRANEI .....	28
4.5	SVILUPPO DEI LAVORI E ORDINE DA TENERSI NELLO SVOLGIMENTO DI SPECIFICHE LAVORAZIONI.....	29
4.6	RISPETTO PRESCRIZIONI PER LA SICUREZZA IN CANTIERE .....	29
4.7	PULIZIA E PROTEZIONE DEI MANUFATTI DURANTE IL CANTIERE.....	29
4.8	VERIFICHE E RILIEVI PROPEDEUTICI ALLE LAVORAZIONI E FORNITURE.....	30
4.9	DANNI AD OPERE DI TERZI .....	30
5	PRESCRIZIONI GENERALI, QUALITA' E PROVENIENZA DEI MATERIALI .....	30

5.1	NORME E PRESCRIZIONI RIGUARDANTI L'ACCETTAZIONE, L'IMPIEGO, LA QUALITÀ E PROVENIENZA DEI MATERIALI E FORNITURE .....	30
5.1.1	Materiali e forniture in genere .....	30
5.1.2	Prove di controllo e accertamenti di laboratorio.....	32
5.1.3	Norme di riferimento per l'accettazione dei materiali .....	33
5.2	CERTIFICATI DI CONFORMITÀ.....	33
5.3	ACCERTAMENTI PREVENTIVI .....	34
5.4	PROVE DI CONTROLLO IN FASE ESECUTIVA.....	34
5.5	CUSTODIA DEI MATERIALI E DEI PRODOTTI .....	34
6	QUALITÀ DEI MATERIALI E DEI COMPONENTI .....	35
6.1	PRESCRIZIONI GENERALI SUI MATERIALI .....	35
6.1.1	Terre e aggregati.....	35
6.1.2	Altri materiali.....	35
6.1.3	Geotessili .....	36
6.1.4	Acqua.....	36
6.1.5	Leganti .....	36
6.1.6	Calci .....	38
6.1.7	Pozzolane.....	38
6.1.8	Cementi e agglomerati cementizi .....	38
6.1.9	Inerti .....	39
6.1.10	Calcestruzzi a Resistenza garantita e Classi di lavorabilità.....	40
6.1.11	Calcestruzzo proiettato.....	40
6.1.12	Additivi .....	41
6.1.13	Armature per opere in calcestruzzo.....	41
6.1.14	Acciaio infili lisci o nervati .....	42
6.1.15	Reti di acciaio elettrosaldate .....	42
6.1.16	Acciai per cemento armato precompresso .....	42
6.1.17	Resina epossidica.....	42
6.1.18	Acciai per strutture metalliche .....	43
6.1.19	Bulloni per carpenteria metallica .....	43
6.1.20	Profilati, barre e larghi piatti di uso generale.....	43

6.1.21	<b>Prodotti per impermeabilizzazione .....</b>	<b>43</b>
6.1.22	<b>Prodotti bentonitici .....</b>	<b>44</b>
6.1.23	<b>Manufatti di cemento. ....</b>	<b>44</b>
<b>6.2</b>	<b>PRESCRIZIONI SPECIFICHE SUI MATERIALI .....</b>	<b>45</b>
6.2.1	<b>Opere in calcestruzzo .....</b>	<b>45</b>
6.2.1.1	Calcestruzzo per rivestimento definitivo:.....	45
6.2.1.2	Calcestruzzo per magrone .....	46
6.2.1.3	Spritz beton fibrorinforzato .....	46
6.2.1.4	Spritz beton di finitura.....	46
6.2.1.5	Acciaio d' armatura B450 C controllato in stabilimento.....	46
6.2.1.6	Rete elettrosaldata, acciaio B 450 C.....	46
6.2.2	<b>Interventi di stabilizzazione al fronte e al contorno in fase di scavo.....</b>	<b>47</b>
6.2.2.1	Opere di carpenteria .....	47
6.2.2.2	Centine metalliche .....	47
6.2.2.3	Tubi per infilaggi.....	47
6.2.2.4	Chiodature radiali.....	47
6.2.2.5	Chiodature in avanzamento .....	48
6.2.2.6	Tubi in vetroresina .....	48
6.2.2.7	Colonne di terreno consolidate con sistema jet grouting .....	48
6.2.2.8	Iniezioni di consolidamento arco rovescio .....	49
6.2.3	<b>Miscela cementizie .....</b>	<b>49</b>
6.2.3.1	Composizione miscela cementizia per iniezioni di semplice cementazione .....	49
6.2.3.2	Composizione miscela per iniezioni di guaina .....	49
6.2.3.3	Composizione miscela per iniezioni di consolidamento:.....	49
6.2.4	<b>Impermeabilizzazioni .....</b>	<b>50</b>
6.2.4.1	Teli in PVC.....	50
6.2.4.2	Tessuto non tessuto.....	50
<b>7</b>	<b>GALLERIA.....</b>	<b>50</b>
7.1	<b>GENERALITÀ.....</b>	<b>50</b>
7.2	<b>SCAVI.....</b>	<b>51</b>
7.2.1	Scavo in galleria in presenza di preconsolidamento del fronte e del contorno del cavo	
	52	
7.2.2	Scavo di pozzi d'aerazione.....	52
7.3	<b>ESAURIMENTI D'ACQUA .....</b>	<b>53</b>
7.4	<b>ARMATURE PROVVISORIALI.....</b>	<b>53</b>

<b>7.5</b>	<b>CENTINE METALLICHE, RETI DI ACCIAIO A MAGLIE ELETTRICAMENTE SALDATE, SCALETTE DI RINFORZO.....</b>	<b>53</b>
<b>7.6</b>	<b>BULLONI DI ANCORAGGIO .....</b>	<b>54</b>
<b>7.7</b>	<b>RIVESTIMENTO IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO DI GALLERIE E POZZI DI AERAZIONE.....</b>	<b>55</b>
7.7.1	Rivestimento di prima fase in conglomerato cementizio spruzzato .....	55
7.7.2	Rivestimento di seconda fase in conglomerato cementizio .....	58
7.7.3	Casseforme.....	59
7.7.4	Impermeabilizzazione di gallerie e pozzi d'aerazione .....	60
7.7.5	Strato di compensazione in geotessile.....	60
<b>7.8</b>	<b>INTERVENTI CONSERVATIVI DI PRECONSOLIDAMENTO, PRESOSTEGNO E PRECONTENIMENTO .....</b>	<b>61</b>
7.8.1	<b>Pre-consolidamento del fronte di scavo con tubi in vetroresina.....</b>	<b>61</b>
7.8.1.1	Geometria del trattamento e tolleranza .....	62
7.8.1.2	Tracciamento e perforazione.....	62
7.8.1.3	Tubo in vetroresina.....	62
7.8.1.4	Iniezione di miscela cementizia.....	62
7.8.1.5	Documentazione dei lavori.....	63
7.8.2	<b>Pre-consolidamento del terreno al contorno dello scavo mediante iniezioni di miscele cementizie .....</b>	<b>63</b>
7.8.2.1	Geometria dei trattamenti.....	63
7.8.2.2	Descrizione dei trattamenti – Messa a punto della tecnologia – Campo prove.....	63
7.8.2.3	Esecuzione dei trattamenti.....	64
7.8.2.4	Controlli.....	65
7.8.2.5	Documentazione dei lavori.....	66
7.8.3	<b>Presostegno mediante infilaggi.....</b>	<b>66</b>
7.8.3.1	Tracciamento .....	66
7.8.3.2	Tolleranze geometriche.....	66
7.8.3.3	Attrezzature e tecniche di perforazione.....	67
7.8.3.4	Confezione e posa delle armature tubolari.....	67
7.8.3.5	Formazione dell'infilaggio .....	67
7.8.3.6	Composizione standard della miscela d' iniezione .....	68
7.8.3.7	Controlli.....	68
7.8.3.8	Documentazione dei lavori.....	68
7.8.4	<b>Precontenimento mediante trattamenti colonnari (colonne consolidate jet-grouting)</b>	<b>69</b>

7.8.4.1	Soggezioni geotecniche ed idrogeologiche .....	69
7.8.4.2	Caratteristiche delle attrezzature.....	69
7.8.4.3	Tolleranze geometriche.....	69
7.8.4.4	Esecuzione dei trattamenti.....	70
7.8.4.5	Controlli.....	70
7.8.4.6	Documentazione dei lavori.....	71
<b>7.9</b>	<b>STAZIONI DI CONVERGENZA E STAZIONI SPECIALI.....</b>	<b>71</b>
<b>7.10</b>	<b>DRENAGGI IN GALLERIA.....</b>	<b>72</b>
7.10.1	Drenaggi sotto l'arco rovescio .....	72
7.10.2	Posa in opera dei tubi di raccolta acque posti sotto l'arco rovescio.....	72
7.10.3	Drenaggio di captazione d'acque di falda .....	72
<b>7.11</b>	<b>INIEZIONI PER PERMEAZIONE DEI TERRENI E MISCELE DI INIEZIONE .....</b>	<b>73</b>
7.11.1	Perforazioni, tubi valvolati, uso del preventer .....	73
7.11.2	Miscela: composizione, proprietà reologiche e meccaniche .....	74
7.11.3	Modalità di esecuzione .....	76
7.11.4	Installazione impianti per le iniezioni .....	77
7.11.5	Controlli in corso d'opera delle miscele di iniezione.....	78
7.11.5.1	Controlli sulle miscele a base di cemento .....	78
7.11.5.2	Controlli sulle miscele silicatiche .....	79
7.11.6	Campo Prove .....	79
7.11.6.1	Controlli in situ e in laboratorio sulla riuscita del campo prove .....	80
<b>8</b>	<b>OPERE IN CALCESTRUZZO ARMATO ESTERNE ALLA GALLERIA.....</b>	<b>80</b>
<b>8.1</b>	<b>PRESCRIZIONI GENERALI.....</b>	<b>80</b>
8.1.1	Calcestruzzo.....	80
8.1.2	Leganti .....	81
8.1.3	Impasti .....	81
8.1.4	Additivi .....	82
8.1.5	Acciaio per armatura delle strutture in calcestruzzo .....	83
<b>8.2</b>	<b>MODALITA' DI ESECUZIONE.....</b>	<b>83</b>
8.2.1	Piegatura del ferro e formazione delle gabbie .....	83
8.2.2	Manicotti filettati per armature ordinarie .....	84
8.2.3	Inghisaggi .....	84
8.2.4	Esecuzione dei casseri .....	85

8.2.5	Getto del conglomerato .....	85
8.2.6	Disarmo.....	86
8.2.7	Stagionatura .....	86
8.2.8	Predisposizione opere.....	87
8.2.9	Tolleranze dimensionali .....	87
8.3	<b>CERTIFICAZIONI.....</b>	<b>87</b>
8.3.1	Acciaio .....	87
8.3.2	Cemento .....	87
8.3.3	Calcestruzzo preconfezionato.....	87
8.3.4	Calcestruzzo preconfezionato in cantiere .....	88
8.4	<b>CAMPIONI E PROVE.....</b>	<b>88</b>
8.5	<b>ACCIAIO PER LE ARMATURE.....</b>	<b>89</b>
8.6	<b>COLLAUDI.....</b>	<b>89</b>
8.6.1	Collaudo statico.....	89
8.6.2	Collaudo definitivo.....	90
9	<b>OPERE SPECIALI DI FONDAZIONE E CONSOLIDAMENTO ESTERNE ALLA GALLERIA.</b>	<b>90</b>
9.1	<b>DEMOLIZIONI E RIMOZIONI .....</b>	<b>90</b>
9.1.1	Generalità - Tecnica operativa - Responsabilità.....	90
9.1.2	Disposizioni antinfortunistiche.....	90
9.1.3	Accorgimenti e protezioni .....	91
9.1.4	Limiti di demolizione .....	91
9.1.5	Materiale di risulta .....	91
9.2	<b>DIAFRAMMI IN CEMENTO ARMATO .....</b>	<b>91</b>
9.2.1	Definizioni e campi di impiego.....	91
9.2.2	Soggezioni geotecniche e geoidrologiche.....	92
9.2.3	Tolleranze geometriche .....	92
9.2.4	Modalità esecutive .....	93
9.2.5	Sequenza di scavo del diaframma .....	93
9.2.6	Scavo del diaframma.....	93
9.2.6.1	Fluido stabilizzante .....	94
9.2.7	Armature metalliche.....	95
9.2.7.1	Caratteristiche delle armature metalliche.....	95

9.2.7.2	Installazione delle armature metalliche .....	96
9.2.7.3	Controlli sulla qualità e sull'installazione delle armature metalliche.....	96
<b>9.2.8</b>	<b>Getto del conglomerato cementizio .....</b>	<b>97</b>
9.2.8.1	Preparazione e trasporto del conglomerato cementizio.....	97
9.2.8.2	Posa in opera del conglomerato cementizio .....	97
9.2.8.3	Scapitozzatura.....	98
9.2.8.4	Rifilatura pareti.....	98
9.2.8.5	Controlli sulla qualità e sul getto del conglomerato cementizio.....	98
<b>9.2.9</b>	<b>Documentazione dei lavori .....</b>	<b>99</b>
<b>9.2.10</b>	<b>Controlli non distruttivi.....</b>	<b>100</b>
<b>9.2.11</b>	<b>Prove geofisiche.....</b>	<b>100</b>
<b>9.2.12</b>	<b>Carotaggio continuo meccanico.....</b>	<b>100</b>
<b>9.2.13</b>	<b>Scavi attorno al fusto del diaframma.....</b>	<b>101</b>
<b>9.3</b>	<b>PALI.....</b>	<b>101</b>
9.3.1	Classificazione .....	101
9.3.2	Definizioni.....	102
9.3.3	Pali di medio e grande diametro .....	103
9.3.4	<b>TIPOLOGIE ESECUTIVE .....</b>	<b>107</b>
9.3.4.1	Pali infissi prefabbricati.....	107
9.3.4.2	Pali infissi gettati in opera .....	110
9.3.4.3	Pali trivellati.....	112
9.3.4.4	Micropali.....	115
<b>9.3.5</b>	<b>Prove di carico .....</b>	<b>120</b>
9.3.5.1	Prove sui pali di grande diametro.....	121
9.3.5.2	Prove di carico su micropali.....	126
<b>9.3.6</b>	<b>Specifiche di controllo .....</b>	<b>129</b>
9.3.6.1	Pali infissi.....	130
9.3.6.2	Pali trivellati ad elica.....	132
9.3.6.3	Micropali.....	133
<b>9.4</b>	<b>TIRANTI DI ANCORAGGIO.....</b>	<b>134</b>
9.4.1	Definizioni.....	134
9.4.2	Elementi costitutivi dei tiranti e delle barre di ancoraggio .....	134
9.4.3	Prove tecnologiche preliminari .....	135
9.4.4	Soggezioni geotecniche, idrogeologiche e ambientali.....	136
9.4.5	Materiali ed elementi costruttivi.....	136

9.4.6	Tolleranze geometriche .....	138
9.4.7	Perforazione.....	138
9.4.8	Allestimento del tirante.....	139
9.4.9	Iniezione .....	139
9.4.10	Caratteristiche degli iniettori .....	140
9.4.11	Elementi di protezione.....	140
9.4.12	Tesatura e collaudo .....	141
9.4.13	Protezioni anticorrosive in opera.....	141
9.5	<b>TRATTAMENTI COLONNARI .....</b>	<b>142</b>
9.5.1	Definizioni.....	142
9.5.2	Prove tecnologiche preliminari .....	142
9.5.3	Caratteristiche delle attrezzature .....	143
9.5.4	Tolleranze geometriche .....	143
9.5.5	Tracciamento, programma lavori.....	143
9.5.6	Esecuzione dei trattamenti .....	144
9.5.6.1	Trattamenti colonnari fino a 1,00 m di diametro .....	144
9.5.6.2	Trattamenti colonnari di diametro superiore a 1.00 m.....	144
9.5.7	Controlli.....	145
9.5.8	Documentazione dei lavori .....	146
9.6	<b>PALANCOLE TIPO LARSEN.....</b>	<b>146</b>
9.6.1	Definizione.....	147
9.6.2	Tolleranze geometriche .....	147
9.6.3	Preparazione dei piani di lavoro.....	148
9.6.4	Materiali .....	148
9.6.5	Modalità esecutive .....	148
9.6.6	Specifiche di controllo.....	149
9.6.6.1	Materiali.....	149
9.6.6.2	Controlli in fase esecutiva .....	149
9.7	<b>MANUFATTI TUBOLARI IN LAMIERA D'ACCIAIO ONDULATA.....</b>	<b>150</b>
9.7.1	Generalità .....	150
9.7.2	Preparazione del letto di posa.....	151
9.7.3	Montaggio delle condotte portanti a piastre multiple.....	151

9.7.4	Costipamento laterale e riempimento .....	151
9.7.5	Controllo dei requisiti di accettazione .....	152
9.8	RILEVATI RINFORZATI .....	152
10	DECESPUGLIAMENTI E DISBOSCAMENTI .....	153
10.1	GENERALITÀ .....	153
10.2	DISBOSCAMENTI .....	153
10.3	SFALCIO E DECESPUGLIAMENTO DI SPONDE .....	154
11	MOVIMENTI TERRA ESTERNI ALLA GALLERIA .....	154
11.1	GENERALITÀ' .....	154
11.2	SCAVI PER SISTEMAZIONI FLUVIALI .....	156
11.3	SCAVI DI SBANCAMENTO E DI SPLATEAMENTO O IN SEZIONE AMPIA .....	156
11.4	SCAVI DI FONDAZIONE A SEZIONE OBBLIGATA .....	157
11.5	REINTERRI .....	157
11.6	FORMAZIONE DI RILEVATI .....	158
11.7	MURI IN GABBIONI .....	159
11.8	SMALTIMENTO DELLE TERRE DA SCAVO .....	160
12	RIVESTIMENTI DI SPONDA .....	161
12.1	OPERE DI PROTEZIONE SPONDALE IN MASSI .....	161
12.1.1	Generalità .....	161
12.1.2	Caratteristiche dei materiali .....	161
12.1.3	Modalità esecutive .....	161
12.1.4	Prove di accettazione e controllo .....	162
12.2	GEOTESSILI DI RINFORZO E FILTRAZIONE .....	163
12.3	GEORETI TRIDIMENSIONALI ANTIEROSIONE .....	163
12.4	MATERASSI RENO .....	164
12.5	GABBIONI METALLICI .....	164
13	OPERE A VERDE .....	165
13.1	RIPRISTINI – GENERALITÀ' .....	165
13.2	MESSA A DIMORA DI TALEE .....	165
13.3	RIMBOSCHIMENTI E FASCE ARBOREO/ARBUSTIVE .....	166
13.3.1	Qualità del materiale vivaistico .....	166

13.3.2	Posa a dimora.....	166
13.3.3	Manutenzioni.....	167
13.4	RICOSTITUZIONE DELLE AREE PRATIVE .....	167
13.4.1	Preparazione del terreno .....	167
13.4.2	Preparazione della semente.....	167
13.4.3	Semina .....	167
13.5	INERBIMENTO DELLE SCARPATE E DELLE AREE MARGINALI.....	168
13.6	STACCIONATA .....	168
13.7	ALTRE OPERE DI ARREDO VERDE .....	169
14	PAVIMENTAZIONI STRADALI .....	169
14.1	GENERALITÀ.....	169
14.2	FONDAZIONI IN MISTO GRANULARE.....	169
14.3	STRATI DI BASE.....	170
14.4	STRATI DI COLLEGAMENTO E DI USURA.....	173
15	IMPERMEABILIZZAZIONI.....	173
15.1	GUAINES.....	173
15.2	WATERSTOP A BASE DI BENTONITE SODICA.....	174
16	RIVESTIMENTI IN PIETRA.....	174
17	OPERE IN CARPENTERIA METALLICA .....	175
17.1	OPERE IN ACCIAIO .....	175
17.2	SALDATURA .....	176
17.2.1	Procedimento di saldatura .....	177
17.3	ZINCATURA.....	178
17.3.1	Zincatura dei giunti di saldatura.....	178
17.4	GARANZIE SUI RIVESTIMENTI E LE ZINCATURE .....	179
17.4.1	Garanzia sulla qualità del prodotto .....	179
17.4.2	Garanzia sulla qualità dell'applicazione .....	179
17.4.3	Garanzia della durata del rivestimento.....	179
17.4.4	Garanzia sulle zincature.....	180
18	OPERE DA DIPINTORE.....	180
19	OPERE DA VETRAIO.....	180

20	SERRAMENTI .....	181
21	INTONACO CIVILE CON MALTE CEMENTIZIE .....	181
22	MURATURE IN LATERIZIO .....	182
23	OPERE Elettromeccaniche – GENERALITA' .....	182
23.1	CONSISTENZA DELLA FORNITURA .....	182
23.2	PROVE E CONTROLLI .....	182
23.3	OPERAZIONI DI TRASPORTO E MONTAGGIO .....	184
23.4	ONERI A CARICO DELL'IMPRESA .....	184
24	OPERE Elettromeccaniche ALLA NUOVA TRAVERSA DI SBARRAMENTO .....	184
24.1	CONSISTENZA DELLA FORNITURA .....	184
24.2	PARATOIE A SETTORE .....	184
24.2.1	Costruzione .....	185
24.2.2	Materiali, formatura di carpenteria, controlli e trattamenti superficiali .....	185
24.2.3	Trattamenti superficiali delle opere elettromeccaniche .....	186
24.2.3.1	Superfici a contatto con acqua .....	186
24.2.3.2	Superfici dei serbatoi in contatto con olio minerale .....	187
24.2.3.3	Superfici a contatto con aria .....	187
24.2.4	Impianto oleodinamico per il comando delle paratoie a settore e paratoia dmv..	187
24.2.5	Impianto elettrico di comando delle paratoie a settore e paratoia dmv .....	188
24.2.6	Impianto di terra ed equipotenziale .....	189
24.2.7	Caratteristiche impianto di automazione .....	190
24.3	PANCONATURA DI MONTE PARATOIE A SETTORE .....	191
24.3.1	Gargami .....	191
24.3.1.1	Materiali, formatura di carpenteria, controlli e trattamenti superficiali Gargami Panconi	192
24.3.2	Panconi .....	192
24.3.3	Materiali, formatura di carpenteria, controlli e trattamenti superficiali Panconi ..	192
24.3.4	Accessori .....	192
24.4	PARATOIA PIANA A STRISCIAMENTO D M V .....	193
24.4.1	Costruzione .....	193
24.4.2	Materiali, formatura di carpenteria, controlli e trattamenti superficiali .....	194
24.4.3	Logica di funzionamento ed accessori .....	195
24.4.3.1	Misuratore di livello ad ultrasuoni .....	195

<b>24.5</b>	<b>PANCONATURA DI MONTE PARATOIA DMV .....</b>	<b>196</b>
24.5.1	<b>Gargami .....</b>	<b>196</b>
24.5.1.1	Materiali, formatura di carpenteria, controlli e trattamenti superficiali Gargami Panconi	196
24.5.2	<b>Panconi .....</b>	<b>196</b>
24.5.2.1	Materiali, formatura di carpenteria, controlli e trattamenti superficiali Panconi .....	197
24.5.2.2	Accessori .....	197
<b>25</b>	<b>OPERE ELETTROMECCANICHE IMBOCCO GALLERIA.....</b>	<b>197</b>
25.1	<b>CONSISTENZA DELLA FORNITURA .....</b>	<b>197</b>
25.2	<b>PARATOIA DI MONTE IMBOCCO GALLERIA CON CLAPET DI ISOLAMENTO .....</b>	<b>198</b>
25.2.1	Costruzione .....	198
25.2.2	Materiali, formatura di carpenteria, controlli e trattamenti superficiali .....	198
25.3	<b>PARATOIA DI VALLE IMBOCCO GALLERIA .....</b>	<b>200</b>
25.3.1	Costruzione .....	200
25.3.1.1	Materiali, formatura di carpenteria, controlli e trattamenti superficiali .....	201
25.4	<b>IMPIANTO OLEODINAMICO PER IL COMANDO DELLE PARATOIE IN CASSA.....</b>	<b>202</b>
25.4.1	Centrale oleodinamica .....	202
25.4.2	Pannelli idraulici di comando e controllo .....	203
25.4.3	Tubazioni olio .....	203
25.5	<b>IMPIANTO ELETTRICO DI COMANDO DELLE PARATOIE IN CASSA .....</b>	<b>203</b>
25.5.1	Impianto di terra ed equipotenziale .....	204
25.6	<b>CARATTERISTICHE IMPIANTO DI AUTOMAZIONE .....</b>	<b>205</b>
25.6.1	Centrale oleodinamica .....	205
25.6.2	Paratoie .....	205
25.6.3	Cavi impianto automazione .....	205
25.6.4	Impianto di terra ed equipotenziale .....	206
25.7	<b>TRATTAMENTI SUPERFICIALI DELLE OPERE ELETTROMECCANICHE RELATIVE ALLE PARATOIE IN CASSA .....</b>	<b>206</b>
25.8	<b>TUBAZIONI AEROFORE.....</b>	<b>207</b>
<b>26</b>	<b>IMPIANTI ELETTRICI MANUFATTO IMBOCCO .....</b>	<b>207</b>
26.1	<b>Quadro “Q00” .....</b>	<b>207</b>
26.1.1	Norme di riferimento.....	207

26.1.2	Descrizione.....	207
26.1.3	Condizioni di esercizio.....	208
26.1.4	Dimensioni.....	208
26.2	Quadro “Q01” .....	209
26.2.1	Norme di riferimento.....	209
26.2.2	Descrizione.....	209
26.2.3	Condizioni di esercizio.....	209
26.2.4	Dimensioni.....	209
26.2.5	Apparecchiature di bassa tensione.....	209
26.2.6	Interruttori.....	209
26.2.7	Accessori per il completamento del quadro .....	210
26.2.7.1	Morsetti.....	210
26.2.7.2	Targhette di identificazione.....	210
26.2.8	Altri componenti.....	210
26.3	PROVE E DOCUMENTAZIONE COMUNE AD ENTRAMBI I QUADRI.....	211
26.3.1	Prove e certificati.....	211
26.3.2	Prove individuali .....	211
26.3.3	Ispezioni e verifiche .....	211
26.3.4	Documentazione tecnica .....	211
26.3.5	Documentazione di prova e istruzioni.....	212
26.3.6	Altri accessori .....	212
26.3.7	Progetto .....	212
26.4	GRUPPO ELETTROGENO .....	212
26.4.1	Dati nominali.....	212
26.4.2	Motore.....	212
26.4.3	Alternatore.....	213
26.4.4	Quadro di controllo automatico.....	214
26.4.5	Altre caratteristiche .....	215
26.5	Rifasamento.....	216
26.5.1	Descrizione.....	216
26.5.2	Dati apparecchiature .....	216
26.5.3	Dati condensatori.....	216

<b>26.6</b>	<b>impianto illuminazione</b>	<b>216</b>
<b>26.7</b>	<b>impianto forza motrice</b>	<b>217</b>
<b>26.7.1</b>	<b>Gruppo prese IEC 309</b>	<b>217</b>
<b>26.8</b>	<b>Cavi bassa tensione</b>	<b>217</b>
<b>26.8.1</b>	<b>Cavi BT tipo FG16(O)R16 - 0,6/1 KV</b>	<b>217</b>
26.8.1.1	Norme di riferimento	218
26.8.1.2	Caratteristiche costruttive	218
26.8.1.3	Caratteristiche elettriche	218
26.8.1.4	Condizioni di posa	218
26.8.1.5	Colori anime	218
26.8.1.6	Colori guaine	219
26.8.1.7	Marcature ad inchiostro	219
<b>26.8.2</b>	<b>Cavi BT tipo FS17 450/750 V</b>	<b>219</b>
26.8.2.1	Norme di riferimento	219
26.8.2.2	Caratteristiche costruttive	219
26.8.2.3	Caratteristiche elettriche	219
26.8.2.4	Condizioni di posa	219
26.8.2.5	Marcature ad inchiostro	219
<b>26.9</b>	<b>VIE CAVI</b>	<b>219</b>
<b>26.10</b>	<b>Rete di messa a terra</b>	<b>220</b>
<b>27</b>	<b>IMPIANTI ELETTRICI NUOVA TRAVERSA</b>	<b>220</b>
<b>27.1</b>	<b>Quadro "Q00"</b>	<b>220</b>
27.1.1	Norme di riferimento	220
27.1.2	Descrizione	220
27.1.3	Condizioni di esercizio	221
27.1.4	Dimensioni	221
<b>27.2</b>	<b>Quadro "Q01"</b>	<b>222</b>
27.2.1	Norme di riferimento	222
27.2.2	Descrizione	222
27.2.3	Condizioni di esercizio	222
27.2.4	Dimensioni	222
27.2.5	Apparecchiature di bassa tensione	222
27.2.6	Interruttori	222
27.2.7	Accessori per il completamento del quadro	223

27.2.7.1	Morsetti.....	223
27.2.7.2	Targhette di identificazione.....	223
27.2.8	<b>Altri componenti.....</b>	<b>223</b>
27.3	<b>PROVE E DOCUMENTAZIONE COMUNE AD ENTRAMBI I QUADRI.....</b>	<b>223</b>
27.3.1	Prove e certificati.....	223
27.3.2	Prove individuali.....	224
27.3.3	Ispezioni e verifiche.....	224
27.3.4	Documentazione tecnica.....	224
27.3.5	Documentazione di prova e istruzioni.....	225
27.3.6	Altri accessori.....	225
27.3.7	Progetto.....	225
27.4	<b>GRUPPO ELETTROGENO.....</b>	<b>225</b>
27.4.1	Dati nominali.....	225
27.4.2	Motore.....	225
27.4.3	Alternatore.....	226
27.4.4	Quadro di controllo automatico.....	226
27.4.5	Altre caratteristiche.....	227
27.5	<b>Rifasamento.....</b>	<b>228</b>
27.5.1	Descrizione.....	228
27.5.2	Dati apparecchiature.....	229
27.5.3	Dati condensatori.....	229
27.6	<b>impianto illuminazione.....</b>	<b>229</b>
27.7	<b>Impianto forza motrice.....</b>	<b>231</b>
27.7.1	Gruppo prese IEC 309.....	231
27.8	<b>Cavi bassa tensione.....</b>	<b>231</b>
27.8.1	<b>Cavi BT tipo FG16(O)R16 - 0,6/1 KV.....</b>	<b>231</b>
27.8.1.1	Norme di riferimento.....	231
27.8.1.2	Caratteristiche costruttive.....	231
27.8.1.3	Caratteristiche elettriche.....	231
27.8.1.4	Condizioni di posa.....	232
27.8.1.5	Colori anime.....	232
27.8.1.6	Colori guaine.....	232
27.8.1.7	Marcature ad inchiostro.....	232

<b>27.8.2</b>	<b>Cavi BT tipo FS17 450/750 V .....</b>	<b>232</b>
27.8.2.1	Norme di riferimento .....	232
27.8.2.2	Caratteristiche costruttive .....	232
27.8.2.3	Caratteristiche elettriche .....	232
27.8.2.4	Condizioni di posa .....	233
27.8.2.5	Marcature ad inchiostro.....	233
<b>27.9</b>	<b>Vie cavi .....</b>	<b>233</b>
<b>27.10</b>	<b>Rete di messa a terra .....</b>	<b>233</b>

## 1 PREMESSA

Il presente Capitolato Speciale d'Appalto – Prescrizioni Tecniche, definisce le caratteristiche tecniche e prestazionali di tutti i materiali ed accessori per la fornitura e la messa in opera delle attrezzature e dei lavori necessari per la “Realizzazione in appalto integrato dell'intervento afferente alle nuove opere di regolazione per la messa in sicurezza del Lago d'Idro” sito in provincia di Brescia, per conto di Infrastrutture Lombarde S.p.A.

## 2 NORME AMMINISTRATIVE

L'appalto è regolato da tutte le leggi statali, relativi regolamenti, dalle istruzioni ministeriali vigenti, inerenti e conseguenti la materia di appalto e di esecuzione di opere pubbliche che l'Appaltatore, con la presentazione dell'offerta, dichiara di conoscere integralmente impegnandosi all'osservanza delle stesse.

Per quanto non espressamente regolato nel contratto di appalto e nei suoi allegati, l'appalto è soggetto all'esatta osservanza di tutte le condizioni stabilite dalle leggi e le norme vigenti in materia di lavori pubblici e in particolare:

- Decreto legislativo 18 aprile 2016, n. 50 “Codice dei contratti pubblici”
- Decreto legislativo 12 aprile 2006, n. 163 “Codice dei contratti pubblici relativi a lavori, servizi e forniture in attuazione delle direttive 2004/17/CE e 2004/18/CE” e s.m.i.;
- Decreto legislativo 09 aprile 2008, n° 81 (Attuazione dell'articolo 1 della Legge 3 agosto 2007, n. 123, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro”;
- Decreto del Presidente della Repubblica 21 dicembre 1999, n. 554 – “Regolamento di attuazione della legge quadro in materia di lavori pubblici” di seguito denominato anche semplicemente “Regolamento”;
- Decreto del Presidente della Repubblica 25 gennaio 2000, n. 34 - Regolamento per l'istituzione di un sistema di qualificazione unico dei soggetti esecutori di lavori pubblici;
- Decreto del Ministro dei Lavori Pubblici 19 aprile 2000, n. 145 – “Capitolato Generale delle opere pubbliche”, di seguito denominato anche semplicemente “Capitolato Generale d'Appalto”.

L'appalto è, altresì, soggetto alla completa osservanza:

- delle leggi, dei decreti e delle Circolari ministeriali vigenti alla data di esecuzione dei lavori;
- delle leggi, dei decreti, dei regolamenti e delle circolari vigenti nella Regione, Provincia e Comune nel quale devono essere eseguite le opere oggetto dell'appalto;
- delle norme emanate dal CNR, delle norme U.N.I., delle norme CEI, delle tabelle CEI UNEL, anche se non espressamente richiamate e di tutte le altre norme modificative e/o sostitutive che venissero eventualmente emanate nel corso dell'esecuzione del presente appalto.

### 2.1 OGGETTO DELL'APPALTO

Sono compresi nell'appalto tutti i lavori, le prestazioni, le forniture e le provviste necessarie per dare il lavoro completamente compiuto, con le caratteristiche tecniche, qualitative e quantitative previste dal Progetto Esecutivo con i relativi allegati, approvato dalla S.A. e dagli Organi superiori come previsto dalla Legge.

L'esecuzione dei lavori è sempre e comunque effettuata secondo le prescrizioni tecniche contenute nel presente Capitolato e le regole dell'arte; l'Appaltatore deve conformarsi alla massima diligenza

nell'adempimento dei propri obblighi, ponendo particolare attenzione a quanto impartito dalla direzione lavori che seguirà direttamente i lavori.

## 2.2 AMMONTARE DELL'APPALTO

L'importo complessivo della progettazione e dei lavori a corpo e misura oggetto del presente appalto, compresi tutti gli oneri inerenti, l'esecuzione delle opere stesse e gli oneri per la sicurezza, ammonta, al lordo del ribasso offerto ad euro 33.392.033,51 (trentatremilionitrecentonovantaduemilazerotrentatse/51), e si articola in:

- a) competenze per la progettazione esecutiva:  
L'importo per la progettazione esecutiva delle opere assoggettabile a ribasso d'asta ammonta ad euro 623.058,65 (seicentoventitremilazerocinquantotto/65)
- b) importo dei lavori a corpo e misura  
L'importo complessivo dei lavori a corpo e misura oggetto del presente appalto, ammonta, al lordo del ribasso d'offerta, ad euro 31.508.629,67 (trentunmilionicinquecentoottomilaseicentoventinove/67), al netto degli oneri connessi alla redazione e all'attuazione delle misure di sicurezza previste dal D.lgs. 81/2008 s.m.i.,
- c) oneri per la sicurezza non soggetti a ribasso d'offerta  
L'importo degli oneri connessi alla redazione e all'attuazione delle misure di sicurezza previste dal D.lgs. 81/2008 s.m.i. ammonta in euro 1.260.345,19 (unmilione duecentosessantamilatrecentoquaratacinque/19).

## 2.3 CATEGORIE E CLASSIFICHE DELL'APPALTO

Le categorie dei lavori, attribuite sulla base del progetto definitivo ai sensi degli artt. 1 e 3 del regolamento per la qualificazione delle imprese di costruzione approvato con D.P.R. 25 gennaio 2000, n 34 sono le seguenti:

	Categoria	Oggetto	Importo	%	Natura	Classe
1	OG4	Opere d'arte nel sottosuolo	€ 23.026.549,80	70,27%	Prevalente	VIII
2	OS21	Opere strutturali speciali	€ 5.887.228,05	17,97%	scorporabile non subappaltabile	VI
3	OG5	Dighe	€ 2.364.898,01	7,22%	scorporabile e subappaltabile	IV
4	OG8	Opere fluviali, di difesa, di sistemazione idraulica e di bonifica	€ 1.405.679,61	4,29%	scorporabile e subappaltabile	IV
5	OG12	Opere e impianti di bonifica e protezione ambientale - fornitori app. Forze Armate	€ 84.619,39	0,26%	scorporabile e subappaltabile	I
		TOTALE importo lavori compresi oneri per la sicurezza	€ 32.768.974,86	100,00%		

## 3 NORMATIVE DI RIFERIMENTO

Le normative avranno valore cogente e pertanto, tutte le forniture, prestazioni, lavori ed opere compiute dovranno uniformarsi. L'Appaltatore dovrà rispettare ogni disposizione legislativa nazionale, le direttive europee, le norme UNI EN ed ISO vigenti al momento dell'esecuzione delle opere, anche se entrate in vigore

dopo la consegna dei lavori, o comunque non espressamente citate nel presente Capitolato speciale d'appalto-partite tecniche.

### 3.1 STRUTTURE

D.M. 17/01/2018	Norme tecniche per le costruzioni.
Circ. 11/02/2019	Circolare applicativa delle nuove Norme Tecniche per le Costruzioni approvate con D.M. 17 Gennaio 2018
Legge 05/11/1971 n. 1086	Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica (G.U. 21/12/71 n. 321). Relative istruzioni circ. LL.PP. 26/04/93.
D.M. 16/02/2007	Classificazione di resistenza al fuoco dei prodotti e degli elementi costruttivi di opere da costruzione.
Istruzioni C.N.R. 10011/97	Costruzioni in acciaio- Istruzioni per il calcolo, l'esecuzione il collaudo e la manutenzione.
Istruzioni C.N.R. 10025/98	Istruzioni per il progetto, l'esecuzione ed il controllo delle strutture prefabbricate in calcestruzzo".
UNI 9502/2001	Procedimento analitico per valutare la resistenza al fuoco degli elementi costruttivi di conglomerato cementizio armato, normale, e precompresso
UNI 9503/2007	Procedimento analitico per valutare la resistenza al fuoco degli elementi costruttivi di acciaio.

### 3.2 NORMATIVA EUROPEA

UNI EN 1990 - Eurocodice 0	Criteri generali di progettazione strutturale.
UNI EN 1991 - Eurocodice 1	Azioni sulle strutture
UNI EN 1992 - Eurocodice 2	Progettazione delle strutture di calcestruzzo
UNI EN 1993 - Eurocodice 3	Progettazione delle strutture di acciaio
UNI EN 1994 - Eurocodice 4	Progettazione delle strutture composte acciaio-calcestruzzo.
UNI EN 1995 - Eurocodice 5	Progettazione delle strutture di legno - Parte 1-2: Regole generali – Progettazione strutturale contro l'incendio
UNI EN 1997 - Eurocodice 7	Progettazione geotecnica
UNI EN 1998 - Eurocodice 8	Progettazione delle strutture per la resistenza sismica

### 3.3 INDAGINI GEOTECNICHE

EC 1-2004 UNI EN ISO 14688-1:2018	Indagini e prove geotecniche	Identificazione e classificazione dei terreni	Identificazione e descrizione.	-
UNI EN ISO 14688-2:2018	Indagini e prove geotecniche	Identificazione e classificazione dei terreni	Parte 2: Principi per una classificazione	-

UNI EN ISO 14689-1:2004	Indagini e prove geotecniche	Identificazione e classificazione delle rocce	Identificazione e descrizione	-
UNI CEN ISO/TS 17892-1:2005	Indagini e prove geotecniche	Prove di laboratorio sui terreni	Parte 1: Determinazione del contenuto in acqua	-
UNI CEN ISO/TS 17892-2:2005	Indagini e prove geotecniche	Prove di laboratorio sui terreni	Parte 2: Determinazione della massa volumica dei terreni a grana fine.	-
UNI CEN ISO/TS 17892-3:2005	Indagini e prove geotecniche	Prove di laboratorio sui terreni	Parte 3: Determinazione della massa volumica dei granuli solidi	Metodo del picnometro.
UNI CEN ISO/TS 17892-4:2005	Indagini e prove geotecniche	Prove di laboratorio sui terreni	Parte 4: Determinazione granulometrica	-
UNI CEN ISO/TS 17892-5:2017	Indagini e prove geotecniche	Prove di laboratorio sui terreni	Parte 5: Prova edometrica ad incrementi di carico.	-
UNI CEN ISO/TS 17892-6:2017	Indagini e prove geotecniche	Prove di laboratorio sui terreni	Parte 6: Prova con la punta conica	-
UNI CEN ISO/TS 17892-7:2005	Indagini e prove geotecniche	Prove di laboratorio sui terreni	Parte 7: Prova di compressione non confinata su terreni a grana fine.	-
UNI CEN ISO/TS 17892-8:2018	Indagini e prove geotecniche	Prove di laboratorio sui terreni	Parte 8: Prova triassiale non consolidata non drenata	-
UNI CEN ISO/TS 17892-9:2018	Indagini e prove geotecniche	Prove di laboratorio sui terreni	Parte 9: Prove di compressione triassiale, consolidate, su terreni saturi.	-
UNI CEN ISO/TS 17892-10:2019	Indagini e prove geotecniche	Prove di laboratorio sui terreni	Parte 10: Prove di taglio diretto	-
UNI CEN ISO/TS 17892-11:2019	Indagini e prove geotecniche	Prove di laboratorio sui terreni	Parte 11: Determinazione della permeabilità con prove a carico costante o a carico variabile	-
UNI CEN ISO/TS 17892-12:2022	Indagini e prove geotecniche	Prove di laboratorio sui terreni	Parte 12: Determinazione dei limiti di Atterberg	-
UNI EN ISO 22475-1:2021	Indagini e prove geotecniche	Metodi di campionamento e misurazioni sull'acqua del sottosuolo	Parte 1: Principi tecnici per l'esecuzione	-
UNI CEN ISO/TS 22475-2:2007	Indagini e prove geotecniche	Metodi di campionamento e misurazioni sull'acqua del sottosuolo	Parte 2: Criteri di qualificazione per le imprese e il personale	-

UNI CEN ISO/TS 22475-3:2008	Indagini e prove geotecniche.	Metodi di campionamento e misurazioni sull'acqua del sottosuolo	Parte 3: Valutazione di conformità delle imprese e del personale da una terza parte	-
UNI EN ISO 22476-2:2012	Indagini e prove geotecniche	Prove in sito	Parte 2: Prova di penetrazione dinamica.	-
UNI EN ISO 22476-3:2012	Indagini e prove geotecniche	Prove in sito	Parte 3: Prova penetrometrica dinamica tipo SPT (Standard Penetration Test).	-
UNI CEN ISO/TS 22476-10:2005	Indagini e prove geotecniche	Prove in sito	Parte 10: Prova di penetrazione sottopeso	-
UNI CEN ISO/TS 22476-11:2005	Indagini e prove geotecniche	Prove in sito	Parte 11: Prova con dilatometro piatto.	-
UNI EN ISO 22476-12:2009	Indagini e prove geotecniche	Prove in sito	Parte 12: Prova meccanica di penetrazione del cono (CPTM)	-

### 3.4 TERRE E AGGREGATI

UNI EN ISO 14688-1:2018	Indagini e prove geotecniche	Identificazione e classificazione dei terreni	-
UNI EN 13242:2008	Aggregati per materiali legati e non legati con leganti idraulici per l'impiego in opere di ingegneria civile e nella costruzione di strade	-	-
UNI EN 13282:2013	Leganti idraulici per impieghi stradali	Composizione, specificazioni e criteri di conformità	-
UNI EN 13285:2010	Miscele non legate	Specifiche	-
UNI EN 932-1:1998	Metodi di prova per determinare le proprietà generali degli aggregati.	Metodi di campionamento	-
UNI EN 932-2:2000	Metodi di prova per determinare le proprietà generali degli aggregati.	Metodi per la riduzione dei campioni in laboratorio.	-
UNI EN 933-1:2012	Prove per determinare le caratteristiche geometriche degli aggregati	Determinazione della distribuzione granulometrica	Analisi granulometrica per stacciatura.
UNI EN 933-2:2020	Prove per determinare le caratteristiche geometriche degli aggregati	Determinazione della distribuzione granulometrica	Stacci di controllo, dimensioni nominali delle aperture

UNI EN 1367-1:2007	Prove per determinare le proprietà termiche e la degradabilità degli aggregati	Determinazione della resistenza al gelo e disgelo.	-
UNI EN 1097-1:2011	Prove per determinare le proprietà meccaniche e fisiche degli aggregati.	-	-
UNI EN 1744-1:2013	Prove per determinare le proprietà chimiche degli aggregati	Analisi chimica.	-
UNI EN 1097-2:2020	Prove per determinare le proprietà meccaniche e fisiche degli aggregati.	Metodi per la determinazione della resistenza alla frammentazione	Sostituisce la CNR 341973 (Los Angeles).
UNI EN 1744-1:2013	Contenuto in solfati e cloruri solubili in acqua.	-	-
UNI EN 13282-3:2015	Miscela non legate e legate con leganti idraulici	Metodo di prova per la determinazione della massa volumica e del contenuto di acqua di riferimento di laboratorio	Vibro-compressione a parametri controllati
UNI EN 13286-2:2010	Miscela non legate e legate con leganti idraulici	Metodo di prova per la determinazione della massa volumica e del contenuto di acqua di riferimento di laboratorio	Compattazione Proctor.
UNI EN 13286-4:2022	Miscela non legate e legate con leganti idraulici	Metodo di prova per la determinazione della massa volumica e del contenuto di acqua di riferimento di laboratorio	Martello vibrante.
UNI EN 13286-46:2003	Miscela non legate e legate con leganti idraulici	Metodi di prova per la determinazione della costipabilità mediante MCV.	-
UNI EN 13286-49:2004	Miscela non legate e legate con leganti idraulici	Prova di rigonfiamento accelerata per suoli trattati con calce e/o legante idraulico.	-
UNI EN 1926:2007	Determinazione della resistenza a compressione della roccia	-	-
BS 1377-3:1990	Determinazione del pH e della resistività elettrica.	-	-

### 3.5 GEOTESSUTI E AFFINI

EC 1-2008 UNI EN 13253:2016	Geotessili e prodotti affini	Caratteristiche richieste per l'impiego di sistemi esterni di controllo dell'erosione	-
EC 1-2007 UNI EN 13254:2016	Geotessili e prodotti affini	Caratteristiche richieste per l'impiego nella costruzione di bacini e dighe	-

EC 1-2007 UNI EN 13255:2016	Geotessili e prodotti affini	Caratteristiche richieste per l'impiego nella costruzione di canali	-
EC 1-2007 UNI EN 13256:2016	Geotessili e prodotti affini	Caratteristiche richieste per l'impiego nella costruzione di gallerie e di strutture in sotterraneo	-
EC 1-2007 UNI EN 13719:2016	Geotessili e prodotti affini	Determinazione dell'efficacia della protezione a lungo termine di geotessili in contatto con geosintetici con funzione barriera	-
UNI EN 13562:2002	Geotessili e prodotti affini	Determinazione della resistenza alla penetrazione da acqua (prova sotto pressione idrostatica)	-
UNI EN 13738:2005	Geotessili e prodotti affini	Determinazione della resistenza allo sfilamento dal terreno	-
UNI EN 14030:2004	Geotessili e prodotti affini	Metodo di prova selettivo per la determinazione della resistenza ai liquidi acidi e alcalini	-
UNI EN 15381:2008	Geotessili e prodotti affini	Caratteristiche richieste per l'impiego nelle pavimentazioni e nelle coperture di asfalto	-
UNI EN ISO 10320:2019	Geotessili e prodotti affini	Identificazione in sito	-
UNI EN ISO 11058:2019	Geotessili e prodotti affini	Determinazione delle caratteristiche di permeabilità all'acqua perpendicolare al piano, senza carico	-
UNI EN ISO 12956:2020	Geotessili e prodotti affini	Determinazione della dimensione di apertura (opening size) caratteristica	-
UNI EN ISO 12958-1:2021	Geotessili e prodotti affini	Determinazione della capacità drenante nel piano	Parte 1: Indice di prova
UNI EN ISO 12958-2:2021	Geotessili e prodotti affini	Determinazione della capacità drenante nel piano	Parte 2: Prova di prestazione
UNI EN ISO 13426-1:2020	Geotessili e prodotti affini	Resistenza dei giunti strutturali interni	Parte 1: Geocelle
UNI EN ISO 13426-2:2005	Geotessili e prodotti affini	Resistenza dei giunti strutturali interni	Parte 2: Geocompositi
UNI EN ISO 13427:2015	Geotessili e prodotti affini	Simulazione del danneggiamento dovuto ad abrasione (prova del blocco scorrevole in moto alternato)	-
UNI EN ISO 13431:2002	Geotessili e prodotti affini	Determinazione delle proprietà di viscosità a trazione (tensile creep) e comportamento a rottura (creep rupture)	-
UNI EN ISO 13437:2019	Geotessili e prodotti affini	Metodo per la messa in opera ed il prelievo dei campioni nel terreno e per l'esecuzione delle prove di laboratorio sui provini	-
UNI EN ISO 13438:2019	Geotessili e prodotti affini	Metodo di prova per la determinazione della resistenza all'ossidazione	-
UNI EN ISO 9863-2:1998	Geotessili e prodotti affini	Determinazione dello spessore a pressioni stabilite	Procedura per la determinazione dello spessore

			dei singoli strati di prodotti multistrato
UNI EN ISO 9864:2005	Geosintetici	Determinazione della massa areica di geotessili e prodotti affini	

### 3.6 OPERE DI IMPERMEABILIZZAZIONE

UNI EN 13967:2017	Membrane flessibili per impermeabilizzazione	Membrane di materiale plastico e di gomma impermeabili all'umidità incluse membrane di materiale plastico e di gomma destinate a impedire la risalita di umidità dal suolo	Definizioni e caratteristiche
UNI EN 12691:2018	Membrane flessibili per impermeabilizzazione	Membrane bituminose, di materiale plastico e di gomma per impermeabilizzazione di coperture	Determinazione della resistenza all'urto
UNI EN 1109:2013	Membrane flessibili per impermeabilizzazione	Membrane bituminose per l'impermeabilizzazione delle coperture	Determinazione della flessibilità a freddo.
UNI EN 12691:2018	Membrane flessibili per impermeabilizzazione	Membrane bituminose, di materiale plastico e di gomma per impermeabilizzazione di coperture	Determinazione della resistenza all'urto
UNI EN 12730/2015	Membrane flessibili per impermeabilizzazione	Membrane bituminose, di materiale plastico e di gomma per impermeabilizzazione di coperture	Determinazione della resistenza al carico statico
UNI EN 13416/2003	Membrane flessibili per impermeabilizzazione	Membrane bituminose, di materiale plastico e gomma per impermeabilizzazione di coperture	Regole per il campionamento

### 3.7 OPERE DI FONDAZIONE

D.M. 17/01/2018;	Norme Tecniche per le Costruzioni
D.M. Lavori Pubblici n. 11/03/1988 circolare LL.PP. n. 30483 del 24/09/1988	Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione. Istruzioni per l'applicazione
D.M. del Ministero dei lavori Pubblici del 11/03/1988	Norme Tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii 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
Raccomandazioni dell'Associazione Geotecnica Italiana sui pali di fondazione,	"Ancoraggi nei terreni e nelle rocce", edizione 1983"

Dic. 1984; Raccomandazioni A.I.C.A.P.	
---------------------------------------	--

### 3.8 OPERE IN CALCESTRUZZO

UNI EN 197-1:2011	Cemento: Composizione, specifiche e criteri di conformità	Parte 1: Definizioni e composizione
UNI EN 206-1:2021	Calcestruzzo	Specificazione, prestazione, produzione e conformità
UNI 11104:2016	Calcestruzzo	Specificazione, prestazione, produzione e conformità - Specificazioni complementari per l'applicazione della EN 206
UNI EN 10080:2005	Acciaio per opere in cemento armato	Condizioni tecniche di fornitura
UNI EN 12390-3:2009	Prova sul calcestruzzo indurito	Resistenza alla compressione dei provini
UNI EN 12390-5:2019	Prova sul calcestruzzo indurito	Resistenza a flessione dei provini
UNI 6393:2022	Controllo della composizione del calcestruzzo fresco	-
UNI EN 12350-2:2019	Prova sul calcestruzzo fresco	Prova di abbassamento al cono
UNI 8381:1982	Strati del supporto di pavimentazione	-

### 3.9 STRUTTURE IN ACCIAIO

UNI 9502:2001	Procedimento analitico per valutare la resistenza al fuoco degli elementi costruttivi in acciaio	-
UNI EN 10210-1:2006	Profilati cavi finiti a caldo di acciai non legati e a grano fine per impieghi strutturali.	-
CNR 10029/87	Costruzioni in acciaio ad elevata resistenza	Istruzioni per il calcolo, il collaudo e la manutenzione

#### 3.9.1 Bulloni

UNI EN ISO 4759-1:2001	Tolerance for fasteners	Bolts, screws, studs and nuts	Product grades A, B and C.
UNI EN ISO 898-1:2013	Mechanical properties of fasteners made of carbon steel and alloy steel	Bolts, screws and studs.	-
UNI EN 20898-2:1994	Caratteristiche meccaniche degli elementi di collegamento. Dadi con carichi di prova determinati. Filettatura a passo grosso	-	-
UNI EN 20898-7:1996	Caratteristiche meccaniche degli elementi di collegamento. Prova di torsione e coppia minima di rottura per viti con diametro nominale da 1 mm a 10 mm.	-	-

### 3.10 PREVENZIONE INFORTUNI ED IGIENE SUL LAVORO

D.Lsg. 09/04/2008, n. 81	Testo Unico Sicurezza, in attuazione dell'art. 1 della legge 3 agosto 2007, n. 123, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro
Legge 04/08/2006, n. 248	Conversione in legge, con modificazioni, del decreto-legge 4 luglio 2006, n. 223, recante disposizioni urgenti per il rilancio economico e sociale, per il contenimento e la razionalizzazione della spesa pubblica, nonché interventi in materia di entrate e di contrasto all'evasione fiscale"(GU n. 186 dell'11 agosto 2006 – S.O. n. 183)
Legge 03/08/2007, n. 123	Misure in tema di tutela della salute e della sicurezza sul lavoro e delega al Governo per il riassetto e la riforma della normativa in materia.
D.Lgs. 106 del 03/08/2009	Disposizioni integrative e correttive del decreto legislativo 9 aprile 2008, n. 81, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro.

Altre norme UNI-CNR, ASTM, DIN, saranno specificate ove pertinenti.

## 4 DISPOSIZIONI GENERALI RIGUARDANTI I LAVORI

Tutti i lavori in genere devono essere seguiti secondo le norme di buona tecnica ed uniformati alle prescrizioni degli elaborati progettuali e delle presenti specifiche tecniche, salvo quelle maggiori istruzioni, che a suo insindacabile giudizio, la D.L. potrà disporre in corso di esecuzione

### 4.1 ORDINE DA TENERSI NELL'ANDAMENTO DEI LAVORI

L'Amministrazione si riserva in ogni modo il diritto di variare l'ordine di esecuzione di determinati lavori, di stabilire l'esecuzione di un determinato lavoro entro un congruo termine perentorio e di disporre l'esecuzione dei lavori nel modo che riterrà più conveniente, specialmente in relazione alle esigenze dipendenti dai lavori e forniture esclusi dall'appalto, senza che l'Appaltatore possa rifiutarsi, o farne oggetto di richiesta di speciali compensi.

### 4.2 AREE DA ADIBIRE A CANTIERE

L'onere della richiesta in concessione dell'impiego delle aree, che dovranno essere adibite a cantiere, spetta all'Appaltatore nel caso in cui queste siano esterne alle aree consegnate dall'Amministrazione, il quale dovrà ottemperare scrupolosamente a tutte le prescrizioni, gli obblighi e gli oneri della concessione.

Le aree medesime dovranno esclusivamente servire ad uso di cantiere, per i lavori appaltati e, quindi, non potranno, in nessuna circostanza, essere destinate, sia pure temporaneamente, ad altro uso.

### 4.3 LIBERTÀ E SICUREZZA NEL TRANSITO

Viene fatto stretto obbligo all'Impresa di mantenere, in ogni tempo e in qualunque punto, libero il transito sulla vecchia e sulla nuova strada, di prendere tutti i provvedimenti atti a garantire sicurezza di transito, per i quali non verrà corrisposta all'Impresa alcuna indennità speciale essendo questa già compresa nei prezzi unitari offerti.

In particolare, l'Impresa è tenuta a conservare le vie e i passaggi che venissero intersecati con la costruzione della strada, provvedendo a tale scopo, a sue spese, con opere provvisorie e a mantenere il transito qualora trattasi di lavori di riassetto, di strade esistenti, per una larghezza utile di carreggiata di 3.00 m restando a carico dell'Appaltatore ogni responsabilità per danni che avessero a derivare alle persone e alle cose.

Le strade a carattere temporaneo dovranno essere adottate di idonee inclinazioni e opere d'arte adeguate a consentire una corretta regimazione delle acque meteoriche che dovranno essere recapitate in idonea area e stabile.

Nei tratti stradali interessati dai lavori l'Appaltatore dovrà provvedere all'installazione di segnalazioni diurne e notturne mediante appositi cartelli e fanali.

Per patto contrattuale la Stazione appaltante è esonerata da ogni responsabilità verso gli operai e verso chiunque altro per infortuni o danni che possano avvenire in dipendenza dell'appalto, rimanendo intesi che eventuali danni saranno completamente risarciti unicamente all'assuntore (a chi assume) dei lavori.

È fatto carico all'Impresa di osservare tutte le prescrizioni in merito alla pubblica incolumità, con particolare riguardo al rispetto delle norme di cui al D.L. 30 aprile 1992 n.285 e s.m. (Codice della strada) e relativo regolamento.

Eventuali chiusure della strada dovute a necessità oggettive per l'esecuzione dei lavori stessi devono comunque essere concordate e autorizzate dal Direttore dei Lavori e dall'Amministrazione appaltante.

#### **4.4 INTERFERENZE CON SERVIZI PUBBLICI SOTTERRANEI**

L'Appaltatore prima dell'inizio dei lavori di scavo, sulla scorta dei disegni di progetto, mediante sopralluoghi con gli incaricati degli uffici competenti e/o mediante saggi, deve determinare con esattezza i punti dove la canalizzazione interferisce con servizi pubblici sotterranei (condutture per acqua e gas, cavi elettrici, telefonici e simili, nonché manufatti in genere).

Nel caso di intersezione, spetta all'Appaltatore coordinare gli interventi di spostamento che verranno eseguiti dagli Enti Gestori, mediante richieste, sopralluoghi, verifiche.

La stazione appaltante provvederà in diretta amministrazione ai pagamenti degli oneri dovuti agli enti gestori per spostamenti ed interruzioni.

L'Appaltatore dovrà invece garantire, su specifica richiesta degli Enti Gestori l'assistenza allo spostamento delle infrastrutture. Tali oneri saranno compensati in economia.

Qualora si riscontrassero delle interferenze con i sottoservizi che però non rendessero assolutamente necessario il loro spostamento, i servizi interessati dovranno essere messi in luce ed assicurati solo alla presenza di incaricati degli uffici competenti, con accurato scavo, anche a mano, fino alla quota di posa della canalizzazione, assicurati mediante un solido sistema di puntellamento nella fossa e, se si tratta di acquedotti, protetti dal gelo nella stagione invernale, prima di avviare i lavori generali di escavazione con mezzi meccanici.

Le misure di protezione adottate devono assicurare stabilmente l'esercizio dei servizi intersecati. Qualora ciò non sia possibile, su disposizione della Direzione dei Lavori, sentiti gli Uffici competenti, si provvederà a deviare dalla fossa i servizi stessi.

Restano comunque a carico dell'Appaltatore tutti i danni che fossero arrecati sia in via diretta che indiretta alle suddette opere.

L'Appaltatore dovrà inoltre porre tutta l'attenzione per ridurre al minimo gli inconvenienti e se si verificheranno, dovranno essere tempestivamente rimediati, sempre a tutta sua cura e spese.

In ogni caso, appena venga scoperto un condotto non in precedenza segnalato, appartenente ad un servizio pubblico sotterraneo, o si verifichi un danno allo stesso durante i lavori, l'Appaltatore dovrà avvertire immediatamente l'Ufficio competente.

Nessun onere aggiuntivo sarà riconosciuto all'Appaltatore per rallentamenti nelle lavorazioni dovuti alla realizzazione delle opere in presenza di sottoservizi e/o alla necessità di spostamento di reti tecnologiche.

## **4.5 SVILUPPO DEI LAVORI E ORDINE DA TERNERSI NELLO SVOLGIMENTO DI SPECIFICHE LAVORAZIONI**

L'Amministrazione si riserva a ogni modo il diritto di fissare all'Impresa i punti dove devono a preferenza essere incominciati i lavori, concentrati i mezzi d'opera, a seconda delle diverse circostanze e di quanto possa essere richiesto dal pubblico vantaggio e in particolare i preparativi e le provviste necessarie, saranno fatti dall'Imprenditore appena sottoscritto in contratto d'appalto.

Prima dell'inizio di ciascuna lavorazione che sia di particolare rilevanza tecnico-economica (secondo il giudizio della Direzione Lavori) o che richieda operazioni ripetute ed il cui svolgimento temporale si sviluppi oltre due settimane o che presenti particolari rischi (secondo il giudizio del Coordinatore della Sicurezza in Esecuzione) l'Appaltatore dovrà presentare per approvazione al Direttore Lavori e/o al CSE una "Procedura di Lavoro" che:

- descriva la lavorazione (anche utilizzando appositi elaborati grafici) indicando i documenti progettuali di riferimento;
- definisca il metodo di esecuzione, la sequenza delle attività da porre in opera e la fasizzazione rispetto ad altre attività dotate di Procedura di Lavoro;
- precisi la composizione della Manodopera da utilizzare dichiarando il nominativo del Responsabile o del Capo Squadra e del preposto;
- precisi i materiali da utilizzare, descrivendone le caratteristiche ed allegandone le relative schede sicurezza prodotto;
- definisca i controlli da eseguire in corso d'opera;
- definisca gli specifici apprestamenti per la sicurezza.
- precisi i macchinari da utilizzare, allegandone il Piano di Impiego.

## **4.6 RISPETTO PRESCRIZIONI PER LA SICUREZZA IN CANTIERE**

L'Appaltatore dovrà rispettare tutte le prescrizioni di sicurezza previste dalla normativa vigente, dal Piano di Sicurezza e Coordinamento e dal Piano Operativo di Sicurezza che dovrà redigere.

Altresì dovrà mantenere in perfetta efficienza parapetti, steccati, cavalletti, luci di segnalazione notturna e tutti quei servizi e accessori per la protezione delle persone, delle cose e del lavoro finito da ogni tipo di danno.

## **4.7 PULIZIA E PROTEZIONE DEI MANUFATTI DURANTE IL CANTIERE**

L'Appaltatore sarà tenuto a:

- mantenere nelle aree di lavoro il massimo ordine e pulizia;
- eseguire la pulizia quotidiana delle aree interessate alle proprie lavorazioni ed accatastare i materiali di rifiuto o di risulta in container, su area indicata dalla D.L.;
- mantenere pulite le aree utilizzate per l'accatastamento dei materiali e dei rifiuti;
- fornire, posare e successivamente smantellare idonei rivestimenti protettivi provvisori delle lavorazioni per evitare ogni e qualsiasi danneggiamento alle opere finite,
- predisporre tutte le opere provvisorie atte ad impedirne l'utilizzo da parte del personale di cantiere non autorizzato, fino alla consegna dei lavori.

## 4.8 VERIFICHE E RILIEVI PROPEDEUTICI ALLE LAVORAZIONI E FORNITURE

Prima dell'inizio delle lavorazioni o della posa in opera di materiali e manufatti, sarà cura dell'Appaltatore verificare che le condizioni ambientali del cantiere non comportino rischi di compromissione delle opere o rischi di degrado del materiale e delle finiture. L'Appaltatore dovrà, inoltre, controllare le strutture sulle quali dovranno essere installati i manufatti, effettuare verifiche dimensionali e rilievi di dettaglio, controllare la presenza di eventuali fuori piombo e la corrispondenza delle opere e delle predisposizioni già eseguite con gli elaborati di progetto.

Tale ispezione dovrà essere eseguita tempestivamente affinché eventuali lavori di ripristino necessari possano essere realizzati in tempo utile al rispetto del programma lavori. Le risultanze di ogni verifica dovranno essere verbalizzate e presentate alla D.L.. Restano comunque a carico dell'Appaltatore le maggiorazioni degli oneri per compensare eventuali carenze o difformità delle opere eseguite alle prescrizioni progettuali, normative e di buona tecnica.

## 4.9 DANNI AD OPERE DI TERZI

L'Appaltatore dovrà ripristinare a propria cura e spese ogni opera, manufatto od impianto eventualmente danneggiato durante l'esecuzione delle lavorazioni di propria competenza.

## 5 PRESCRIZIONI GENERALI, QUALITÀ' E PROVENIENZA DEI MATERIALI

### 5.1 NORME E PRESCRIZIONI RIGUARDANTI L'ACCETTAZIONE, L'IMPIEGO, LA QUALITÀ E PROVENIENZA DEI MATERIALI E FORNITURE

#### 5.1.1 Materiali e forniture in genere

I materiali e le 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 ottemperanza al Regolamento UE 305/2011 dovranno essere utilizzati prodotti muniti di marcatura CE, cioè prodotti da costruzione conformi alle norme armonizzate europee o, in alternativa, nel caso in cui non esistano norme armonizzate specifiche, conformi ad una Valutazione Tecnica Europea (ETA), ovvero in possesso di un certificato tecnico all'Impiego rilasciato dal Servizio tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei LL.PP. L'utilizzo di un materiale o prodotto da costruzione sprovvisto dei requisiti di cui sopra potrà avvenire solo nel caso in cui lo stesso non abbia funzione strutturale e **non sia soggetto ad una specifica norma armonizzata europea.**

**I materiali potranno essere posti in opera solamente dopo essere stati riconosciuti idonei e accettati formalmente dalla Direzione dei Lavori.**

L'Impresa è obbligata a chiedere alla Direzione Lavori l'approvazione dei materiali da impiegare almeno quindici giorni prima della consegna in cantiere allegando la relativa documentazione tecnica e di qualità completa. Tale obbligo sussiste anche nel caso di eventuali successive modifiche dei luoghi di provenienza dei materiali.

La Direzione Lavori si riserva di accertare le caratteristiche dei materiali tramite prelevamento di campioni da sottoporre, a spese dell'Impresa, alle prove e verifiche di prequalifica presso un Laboratorio Ufficiale, prima di emettere formale approvazione.

Gli esiti delle prove di prequalifica e/o degli studi di ottimizzazione costituiranno i riferimenti per i successivi controlli in corso d'opera.

L'accettazione dei materiali, che normalmente è definitiva dopo che i materiali sono posti in opera, non può mai pregiudicare il diritto del Direttore dei Lavori 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.

Potranno essere ammessi materiali speciali, o non previsti, solo dopo esame e parere favorevole del Direttore dei Lavori, il quale ha piena facoltà di rifiutare in qualunque tempo 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 risultino conformi alle condizioni contrattuali; l'Impresa dovrà provvedere a rimuovere dal cantiere le forniture ed i materiali rifiutati e sostituirli a sue spese con altri idonei.

Qualora l'Impresa non effettui la rimozione nel termine prescritto dal Direttore dei Lavori, vi provvederà direttamente la Direzione dei Lavori con totale spesa a carico dell'Impresa, che resterà responsabile anche per 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, si procederà come disposto dall'art. 18 del Capitolato Generale di Appalto per le opere di competenza del Ministero dei Lavori Pubblici.

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

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

Tutti i materiali occorrenti per la costruzione delle opere proverranno 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 Prezzi come pure tutte le prescrizioni che si riferissero alla qualità e dimensione dei singoli materiali.

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.

Su richiesta del Direttore dei Lavori l'Appaltatore dovrà consegnare copia delle bolle di accompagnamento di tutte le singole forniture presenti in cantiere. **Resta d'obbligo la consegna di copia delle bolle di fornitura del calcestruzzo, dell'acciaio per C.A. e di tutti i materiali avente funzione strutturale** con modalità e tempi da concordarsi preliminarmente all'inizio lavori.

I calcestruzzi e i materiali che li compongono dovranno essere rispondenti requisiti prescritti dalle norme UNI EN 206-1, EN 197-1 e alle classi di esposizione di cui alla norma UNI 11104.

Le miscele dei conglomerati dovranno essere basate su analisi chimiche preventive, i cui risultati dovranno essere confrontati con i "valori limite per le classi di esposizione all'attacco chimico nel suolo naturale e nell'acqua del terreno" stabiliti nel prospetto 2 della norma UNI EN 206-1.

Per quanto attiene alla classificazione di resistenza al fuoco si farà riferimento alle norme europee UNI EN 13501-05 e UNI EN 13501-07 - Classificazione al fuoco dei prodotti e degli elementi da costruzione. Tutti i prodotti per i quali la norma EN di riferimento sia stata recepita dalla normativa nazionale dovranno presentare obbligatoriamente la marchiatura CE.

### 5.1.2 Prove di controllo e accertamenti di laboratorio

L'appaltatore è obbligato a prestarsi, in qualsiasi momento, ad eseguire o a far eseguire tutte le prove 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 vigenti in materia, verrà effettuato sulla base della redazione di verbale di prelievo.

Tutti i campioni prelevati dovranno essere muniti di tagliando identificativo e firma di un rappresentante della Direzione Lavori.

La valutazione della consistenza del calcestruzzo, il prelievo con relativo confezionamento e maturazione dei provini, saranno a carico del tecnologo dell'impianto fornitore del calcestruzzo. Il ritiro dei provini e relative prove di rottura nelle modalità previste dal DM 17/01/2018, saranno a carico della Stazione Appaltante che si avvarrà di apposito laboratorio.

Gli accertamenti di laboratorio e le verifiche tecniche obbligatorie sono disposti dalla Direzione dei Lavori o dall'Organo di Collaudo, imputando la spesa a carico della Stazione Appaltante, con **l'esclusione di tutte le eventuali prove di prequalifica**, da eseguirsi presso un Laboratorio preventivamente autorizzato dalla D.L., **che rimangono a completo carico dell'Impresa**.

Il numero delle prove di controllo riportato nel presente Capitolato potrà subire variazioni in aumento o in diminuzione, ad insindacabile giudizio della Direzione Lavori e dell'Organo di Collaudo.

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.

Nel caso in cui le prove richieste dalla D.L. o dall'Organo di Collaudo non diano risultati conformi, le lavorazioni in atto potranno essere sospese ad insindacabile giudizio della DL. L'Impresa dovrà in ogni caso correggere le lavorazioni non conformi e/o dimostrare il raggiungimento dei requisiti richiesti tramite ulteriori prove effettuate da un laboratorio preventivamente autorizzato dalla D.L.

L'onere delle ulteriori prove di verifica sarà a carico dell'Impresa.

Per i campioni prelevati in corso d'opera o a fine lavori, nonché per qualsiasi attività di misurazione, di ispezione o di collaudo, l'Impresa ha l'obbligo di fornire tutta l'assistenza necessaria richiesta dalla Direzione Lavori. L'appaltatore ha anche l'obbligo, se necessario, di eseguire i campioni e di mantenerli in cantiere nelle condizioni ottimali previste dalle norme specifiche, fino al prelievamento da parte del Laboratorio che eseguirà le prove con spesa a carico della Stazione Appaltante. Gli oneri di cui sopra, le assistenze varie, la provvista di campioni di forniture, l'esecuzione prelievi e il loro mantenimento in cantiere in condizioni ottimali, è compreso e compensato nei prezzi unitari e pertanto è ad esclusivo carico dell'Impresa.

Gli addetti al Laboratorio, come quelli dell'Ufficio di Direzione dei Lavori, 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 asportati dall'opera in corso di esecuzione, l'Impresa è tenuta a provvedere a sua cura e spese al ripristino della parte manomessa con modalità che dovranno essere proposte ed approvate dalla Direzione Lavori.

Le prove sopraddette, se necessario, potranno essere ripetute anche per materiali e forniture della stessa specie e provenienza.

Nel caso di esecuzione di opere che per effetto di operazioni successive risultassero inaccessibili o non più ispezionabili, prima di procedere con le operazioni successive l'Appaltatore dovrà darne informazione al Direttore dei Lavori, se ciò non avvenisse quest'ultimo può richiedere a spese e cura dell'Appaltatore la messa a nudo delle parti occultate o che vengano rese accessibili le aree non ispezionate oppure che vengano rieseguite completamente le lavorazioni.

Nel caso in cui si dovessero rinviare, per cause imputabili all'Impresa, le prove e/o gli accertamenti di laboratorio da eseguire in cantiere, i relativi costi di vacanza del laboratorio mobile sostenuti dalla Stazione Appaltante saranno trasferiti integralmente all'Appaltatore.

### **5.1.3 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 e dalle norme tecniche UNI, EN, ISO, ASTM, ecc. vigenti in materia, anche se non espressamente richiamate nel presente capitolato speciale d'appalto.

I riferimenti alle norme tecniche UNI, EN, ISO e ad ogni altra specifica tecnica citata nel presente Capitolato si intendono relativi alla versione attualmente in vigore o, qualora risulti ritirata, alla norma che la sostituisce.

In mancanza di specifiche norme tecniche di riferimento potranno essere utilizzati documenti tecnici di comprovata validità o altri codici internazionali purché sia dimostrato che garantiscano livelli di sicurezza non inferiori a quelli delle Norme Tecniche nazionali.

## **5.2 CERTIFICATI DI CONFORMITÀ**

L'Appaltatore, prima dell'impiego dei vari tipi di materiali per ogni categoria di lavoro previsti, dovrà esibire al Direttore dei Lavori, i relativi "Certificati di conformità" rilasciati da un Laboratorio ufficiale e comunque secondo quanto prescritto dalle norme vigenti.

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.

Nel caso di prodotti industriali, la rispondenza delle forniture ai requisiti richiesti sarà comprovata per mezzo di attestati di conformità corredati da idonea documentazione e/o certificazione rilasciati dal produttore. I

materiali dovranno provenire da produttori di provata capacità e serietà in grado di assicurare forniture con caratteristiche costanti.

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

Quando la Direzione dei Lavori abbia rifiutato una qualsiasi provvista 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.

### **5.3 ACCERTAMENTI PREVENTIVI**

Il Direttore dei Lavori, presa visione dei certificati di qualità presentati dall'Appaltatore, disporrà 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 e 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 saranno applicate le penali previste dai documenti di contratto.

### **5.4 PROVE DI CONTROLLO IN FASE ESECUTIVA**

Gli accertamenti di laboratorio e le verifiche tecniche obbligatorie, o specificamente previsti dai documenti contrattuali, saranno disposti dalla Direzione dei lavori o dal Collaudatore, imputando la spesa a carico dell'Appaltatore.

I campioni verranno prelevati in contraddittorio. La D.L. provvederà al prelievo del relativo campione ed alla redazione di apposito verbale di prelievo; la certificazione effettuata dal laboratorio prove materiali dovrà riportare espresso riferimento a tale verbale.

L'Appaltatore sarà obbligato 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, richiesti dalla D.L. e dal Collaudatore, sottostando a tutte le spese di prelevamento e di invio dei campioni ai Laboratori ufficiali indicati dalla Stazione Appaltante.

Degli stessi potrà essere ordinata la conservazione presso il Laboratorio Ufficiale previa apposizione di sigilli e firme del Direttore dei Lavori e dell'Appaltatore e nei modi più adatti a garantirne l'autenticità e la conservazione.

I risultati ottenuti in tali Laboratori saranno i soli riconosciuti validi da entrambe le parti, ad essi si farà esclusivo riferimento a tutti gli effetti delle normative vigenti.

### **5.5 CUSTODIA DEI MATERIALI E DEI PRODOTTI**

L'Appaltatore sarà responsabile della custodia di tutti i prodotti e dei materiali fino al collaudo definitivo delle opere e loro sostituzione in caso di danneggiamenti.

## 6 QUALITÀ DEI MATERIALI E DEI COMPONENTI

I materiali impiegati nell'esecuzione dei lavori dovranno essere rispondenti alle caratteristiche tecniche di seguito descritte

### 6.1 PRESCRIZIONI GENERALI SUI MATERIALI

#### 6.1.1 Terre e aggregati

I materiali sciolti naturali possono derivare dalla scomposizione di formazioni naturali di terreni o di rocce lapidee provenienti dall'area di progetto, ovvero dall'estrazione da cave di prestito. I materiali provenienti dagli scavi possono essere destinati alla costruzione di rilevati, a bonifiche, a riempimenti ecc. ovvero, se quantitativamente eccedenti rispetto alle necessità o qualitativamente non affidabili, al deposito in apposite discariche. Nei casi in cui i materiali impiegati non siano provenienti dagli scavi, ma da cave di prestito ove subiscano una lavorazione, dovranno essere qualificati nel rispetto della direttiva 89/106/CEE sui prodotti da costruzione. In questo caso la fornitura dovrà essere accompagnata dalla marcatura CE, attestante la conformità all'appendice ZA della norma europea armonizzata UNI EN 13242 (Sistema 4: autodichiarazione del produttore).

Prima di impiegare i materiali provenienti dagli scavi o dalle cave di prestito, l'Impresa, per ogni zona di provenienza, deve procedere alla qualifica delle terre da impiegare attraverso una campagna di indagine corredata dei risultati di prove di laboratorio.

La classificazione dei materiali sciolti (terre) e degli aggregati dovrà essere conforme alla norma UNI 13242 sopracitata che sostituisce la precedente UNI 10006.

L'impiego mediante trattamento con calce delle terre appartenenti ai restanti gruppi dovrà essere valutato dalla D.L.. Se ritenuto non idoneo dette terre dovranno essere portate a rifiuto.

Quando l'umidità delle terre scavate è tale da non consentire il costipamento necessario a raggiungere l'addensamento e la portanza richiesti dalle presenti norme tecniche, l'Impresa è tenuta a mettere in atto i provvedimenti correttivi per modificare in senso conveniente il contenuto d'acqua naturale e/o, a seconda dei casi, a migliorarle mediante stabilizzazione.

I materiali impiegati, qualunque sia il gruppo di appartenenza, devono essere del tutto esenti da sostanze organiche, vegetali e da elementi solubili o comunque instabili nel tempo. Terre con contenuto di sostanza organica di origine vegetale minore del 2% possono essere utilizzate per strati di rilevato posti a più di 2 metri dal piano di posa della pavimentazione.

#### 6.1.2 Altri materiali

Il progetto può prevedere l'adozione di tecnologie, materiali e prodotti di tipo innovativo, diversi dalle terre. In tali casi l'Impresa deve attenersi, per le qualificazioni dei materiali e i controlli, alle specifiche di progetto, eventualmente riferite a normativa nazionale o internazionale specifica.

In presenza di esigenze tecniche particolari l'Impresa può proporre, nel rispetto del quadro economico, l'impiego di materiali non previsti espressamente in progetto.

In tale caso i materiali debbono essere sottoposti, prima del loro impiego, ad adeguate verifiche e, se necessario, a prove di laboratorio per accertarne l'idoneità alla particolare utilizzazione prevista; gli oneri delle prove e delle verifiche sono a totale ed esclusivo carico dell'Impresa.

### 6.1.3 Geotessili

I geotessili sono costituiti, salvo diversa prescrizione specifica, da tessuto non tessuto, a caratteristiche il più possibile isotrope, ottenuto da fibre 100% polipropilene o poliestere di prima qualità, agglomerate principalmente mediante sistema di agugliatura meccanica, con esclusione di collanti, resine, additivi chimici e/o processi di termofusione, termocalandratura e termolegatura, salvo che per processi di finitura del prodotto.

I geotessili sono denominati a filo continuo quando il filamento ha lunghezza teoricamente illimitata; a fiocco quando la lunghezza del filamento varia da 20 a 100 mm. I geotessili debbono presentare superficie scabra, essere imputrescibili ed atossici, essere resistenti ai raggi ultravioletti (se destinati a permanere all'aperto per più di 12 ore), ai solventi, alle reazioni chimiche che si producono nel terreno, alle cementazioni naturali, all'azione di microrganismi, nonché essere antinquinanti ed isotropi.

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

I teli "geotessili", in fibre di polipropilene o poliestere a filo continuo, agglomerate senza impiego di collanti, dovranno essere rispondenti alle seguenti norme:

<u>Parametro</u>	<u>Normativa di riferimento</u>
Peso	UNI EN ISO 9864
Spessore (strato singolo)	UNI EN ISO 9863-1
Resistenza a trazione longitudinale	UNI EN ISO 10319
Resistenza a trazione trasversale	UNI EN ISO 10319
Resistenza all'invecchiamento (diminuzione del carico di rottura a trazione)	UNI EN 12224
Resistenza chimica (diminuzione del carico di rottura a trazione)	UNI EN 13438
Lacerazione (con prova a caduta conica-diametro massimo lungamento, in %)	UNI EN ISO 10319
Coefficiente di permeabilità per filtrazione trasversale	UNI EN 918

### 6.1.4 Acqua

L'acqua per l'impasto con leganti idraulici dovrà essere limpida, priva di sostanze organiche o grassi e priva di sali in percentuali dannose, in particolare per solfati e cloruri, e non essere aggressiva per il conglomerato risultante. Sono considerate idonee l'acqua d'impasto e l'acqua di riciclo della produzione del calcestruzzo, conformi alla UNI EN 1008.

### 6.1.5 Leganti

L'approvvigionamento dei leganti potrà avvenire sia ricorrendo al prodotto sfuso che a quello confezionato in sacchi sigillati, su cui dovranno essere chiaramente indicati il peso, la qualità del legante, lo stabilimento di produzione, la quantità di acqua occorrente per il confezionamento di una malta normale e le resistenze minime a trazione ed a compressione dopo 28 gg. di stagionatura dei provini.

L'introduzione in cantiere di ogni partita di cemento sfuso dovrà essere annotata sul giornale dei lavori o sul registro dei getti; la conservazione dei leganti dovrà essere effettuata in locali asciutti e su tavolati in legname appositamente approntati a cura dell'Impresa.

I cementi e gli agglomerati cementizi dovranno essere conservati in magazzini coperti, ben riparati dall'umidità e da altri agenti capaci di degradarli prima dell'impiego.

I cementi sono classificati dalla norma UNI EN 197-1, in base alla loro composizione secondo la tabella che segue, nella quale le percentuali sono espresse in massa.

Tipi principali	Denominazione dei 27 prodotti (tipi di cemento comune)		Composizione (percentuale in massa <sup>a)</sup> )										Costituenti secondari	
			Costituenti principali											
			Clinker	Loppa di altoforno	Fumo di silice	Pozzolana		Cenere volante		Scisto calcinato	Calcare			
						naturale	naturale calcinata	silicea	calcareo					
K	S	D <sup>b)</sup>	P	Q	V	W	T	L	LL					
CEM I	Cemento Portland	CEM I	95-100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0-5
CEM II	Cemento Portland alla loppa	CEM II/A-S	80-94	6-20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0-5
		CEM II/B-S	65-79	21-35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0-5
	Cemento Portland ai fumi di silice	CEM II/A-D	90-94	-	6-10	-	-	-	-	-	-	-	-	0-5
	Cemento Portland alla pozzolana	CEM II/A-P	80-94	-	-	6-20	-	-	-	-	-	-	-	0-5
		CEM II/B-P	65-79	-	-	21-35	-	-	-	-	-	-	-	0-5
		CEM II/A-Q	80-94	-	-	-	6-20	-	-	-	-	-	-	0-5
		CEM II/B-Q	65-79	-	-	-	21-35	-	-	-	-	-	-	0-5
	Cemento Portland alle ceneri volanti	CEM II/A-V	80-94	-	-	-	-	6-20	-	-	-	-	-	0-5
		CEM II/B-V	65-79	-	-	-	-	21-35	-	-	-	-	-	0-5
		CEM II/A-W	80-94	-	-	-	-	-	6-20	-	-	-	-	0-5
		CEM II/B-W	65-79	-	-	-	-	-	21-35	-	-	-	-	0-5
	Cemento Portland allo scisto calcinato	CEM II/A-T	80-94	-	-	-	-	-	-	6-20	-	-	-	0-5
		CEM II/B-T	65-79	-	-	-	-	-	-	21-35	-	-	-	0-5
	Cemento Portland al calcare	CEM II/A-L	80-94	-	-	-	-	-	-	-	6-20	-	-	0-5
		CEM II/B-L	65-79	-	-	-	-	-	-	-	21-35	-	-	0-5
		CEM II/A-LL	80-94	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6-20	0-5
		CEM II/B-LL	65-79	-	-	-	-	-	-	-	-	-	21-35	0-5
	Cemento Portland composito <sup>c)</sup>	CEM II/A-M	80-88	←----- 12-20 -----→								0-5		
		CEM II/B-M	65-79	←----- 21-35 -----→										
CEM III	Cemento d'altoforno	CEM III/A	35-64	36-65	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0-5
		CEM III/B	20-34	66-80	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0-5
		CEM III/C	5-19	81-95	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0-5
CEM IV	Cemento pozzolanico <sup>c)</sup>	CEM IV/A	65-89	-	←----- 11-35 -----→						-	-	-	0-5
		CEM IV/B	45-64	-	←----- 36-55 -----→						-	-	-	0-5
CEM V	Cemento composito <sup>c)</sup>	CEM V/A	40-64	18-30	-	←--- 18-30 ---→		-	-	-	-	-	-	0-5
		CEM V/B	20-38	31-49	-	←--- 31-49 ---→		-	-	-	-	-	-	0-5

a) I valori del prospetto si riferiscono alla somma dei costituenti principali e secondari.  
b) La proporzione di fumi di silice è limitata al 10%.  
c) Nei cementi Portland compositi CEM II/A-M e CEM II/B-M, nei cementi pozzolanici CEM IV/A e CEM IV/B e nei cementi compositi CEM V/A e CEM V/B i costituenti principali diversi dal clinker devono essere dichiarati mediante la designazione del cemento (per esempio vedere punto 8).

## 6.1.6 Calci

La norma UNI EN 459-1 classifica le calci idrauliche in tre categorie:

- calci idrauliche naturali (NHL) Natural Hidraulic Lime: calci prodotte esclusivamente mediante cottura di marne naturali o di calcari silicei con successiva riduzione in polvere mediante idratazione con o senza macinazione. Le calci idrauliche naturali NHL possiedono la proprietà di far presa e indurire sott'acqua. L'anidride carbonica atmosferica contribuisce al processo di indurimento.
- calci idrauliche naturali con materiale aggiunto (NHL-Z): calci naturali miscelate con materiali pozzolanici o idraulici, fino al 20% in massa;
- calci idrauliche (HL) Hidraulic Lime: composti costituiti prevalentemente da miscele di idrossido di calcio, silicati di calcio, alluminati di calcio e appropriati materiali. Esse hanno la proprietà di far presa e indurire sotto acqua. L'anidride carbonica atmosferica contribuisce al processo di indurimento.

La resistenza meccanica della calce, riferita come minima resistenza alla compressione di un provino di malta dopo 28 gg. di stagionatura, è espressa dal numero che segue la sigla, come riportato in tabella:

<u>Prodotto</u>	<u>Resistenza (MPa)</u>		<u>Compressione (MPa)</u>	
	<u>7 giorni</u>		<u>28 giorni</u>	
NHL 2, HL 2	-		$\geq 2 \leq 7$	
NHL 3.5, HL 3.5	-		$\geq 3.5 \leq 10$	
NHL 5, HL 5	$\geq 2$		$\geq 5 \leq 15$	

## 6.1.7 Pozzolane

Le pozzolane saranno ricavate da strati mondi da cappellaccio ed esenti da sostanze eterogenee o di parti inerti; qualunque sia la provenienza dovranno rispondere a tutti i requisiti prescritti dal R. Decreto 16 novembre 1939, n. 2230.

## 6.1.8 Cementi e agglomerati cementizi

Il cemento, fra quelli considerati idonei in conformità alla norma EN 197-1, dovrà essere scelto, tenendo in considerazione:

- l'esecuzione dell'opera;
- l'uso finale del calcestruzzo;
- le condizioni di maturazione;
- le dimensioni della struttura;
- le condizioni ambientali alle quali la struttura sarà esposta;
- la potenzialità reattiva degli aggregati agli alcali provenienti dai componenti.

Gli agglomerati cementizi dovranno rispondere ai limiti di accettazione previsti dalle norme UNI EN 197-1 e UNI EN 206-1; l'accettazione e le modalità d'esecuzione delle prove d'idoneità e di collaudo sono regolate dal D.M. 14.01.2008.

I cementi normali e ad alta resistenza portland, pozzolanico e d'altoforno, se utilizzati per confezionare il conglomerato cementizio normale, armato e precompresso, devono essere certificati presso laboratori ufficialmente riconosciuti.

Per i cementi d'importazione, la procedura di controllo e di certificazione potrà essere svolta nei luoghi di produzione da analoghi laboratori esteri di analisi.

Nel caso in cui il cemento sia approvvigionato allo stato sfuso, il relativo trasporto dovrà effettuarsi a mezzo di contenitori che lo proteggano dall'umidità; l'immagazzinamento del cemento nei silos deve essere effettuato senza miscelare tipi diversi.

L'Impresa deve avere cura di approvvigionare il cemento presso cementifici che diano garanzia di bontà, costanza del tipo, continuità di fornitura.

Pertanto, all'inizio dei lavori essa dovrà presentare alla Direzione dei Lavori un impegno, assunto dai cementifici prescelti, a fornire cemento per il quantitativo previsto, ed in corrispondenza ai requisiti chimici e fisici di legge.

#### Leganti idraulici speciali:

I cementi a presa rapida dovranno rispondere alle sopraindicate norme sui cementi ed essere conservati al riparo dall'umidità; le modalità di posa in opera dovranno rispettare scrupolosamente le prescrizioni del produttore e, gli sfridi, a presa avvenuta, dovranno essere portati a rifiuto.

I cementi privi di ritiro, costituiti da cemento portland, agenti espansivi (solfoalluminati di calcio) ed agenti stabilizzanti avranno le seguenti caratteristiche:

- determinazione del ritiro del cls indurito (UNI 11307)
- consistenza (slump) compresa fra i valori di 14-20 cm.;
- assenza di acqua essudata (bleeding) UNI 7122;
- buona lavorabilità e lungo mantenimento della stessa (UNI 7123);
- ottima capacità di adesione su diversi tipi di supporti (CNR UNI 10020);
- resistenze meccaniche adeguate alla specifica applicazione (UNI EN 12390).

I leganti idraulici speciali saranno miscelati con l'esatto quantitativo d'acqua consigliato dal produttore e gli sfridi, una volta rappresi dovranno essere trasportati a rifiuto.

L'Appaltatore dovrà prestare particolare attenzione alla loro stagionatura umida rispettando le indicazioni consigliate dal produttore.

### **6.1.9 Inerti**

Gli inerti da impiegarsi nella formazione di conglomerati cementizi dovranno corrispondere ai requisiti stabiliti dal D.M. 14 gennaio 2008: Norme tecniche per le costruzioni. Gli aggregati per conglomerati cementizi, naturali e di frantumazione, in conformità alla norma EN 12620, devono essere costituiti da elementi non gelivi e non friabili, privi di sostanze organiche, limose ed argillose, di getto, ecc., in proporzioni non nocive all'indurimento del conglomerato o alla conservazione delle armature. Gli aggregati leggeri per calcestruzzo, malta e malta per iniezione devono essere conformi alle norme EN 13055-1 e UNI 11013.

La sabbia dovrà essere di grossezza bene assortita e costituita da grani resistenti, non provenienti da rocce decomposte, limose o gessose. Dovrà essere scricchiolante alla mano, non lasciare tracce di sporco, non contenere materie organiche, argillose o comunque dannose. In particolare, gli inerti dovranno essere liberi da sostanze a base di cloruri, solfati, silice reattiva. La forma degli elementi costituenti l'inerte fino deve tendere a quella sferica o cubica; non sono ammessi materiali in cui siano presenti elementi appiattiti in percentuale notevole.

La ghiaia dovrà essere bene assortita, formata da elementi resistenti e non gelivi, scevra da sostanze estranee, da parti friabili, terrose, o comunque dannose. La ghiaia, se necessario, dovrà essere lavata con acqua dolce, per eliminare le materie nocive. Le dimensioni degli elementi di ghiaia dovranno essere tali che il conglomerato passi agevolmente fra le maglie dell'armatura.

Qualora invece della ghiaia si impieghi pietrisco, questo dovrà provenire dalla frantumazione di roccia compatta, non gessosa né geliva, non dovrà contenere impurità né materie pulverulenti, dovrà essere costituito da elementi le cui dimensioni soddisfino alle condizioni sopra indicate per la ghiaia.

Il pietrisco dovrà essere lavato con acqua dolce, qualora ciò sia necessario per eliminare materie nocive, al fine di non alterare il rapporto acqua-cemento rispetto a quanto determinato in progetto, sarà necessario conoscere per l'inerte impiegato, il quantitativo di acqua che determina la condizione di saturazione a superficie asciutta (s.s.a.) e quindi l'umidità superficiale.

### **6.1.10 Calcestruzzi a Resistenza garantita e Classi di lavorabilità**

Il calcestruzzo dovrà essere rispondente alle caratteristiche prescritte negli elaborati di progetto in base alla loro destinazione di impiego. Le caratteristiche saranno definite in base alla normativa europea e saranno determinate dalle seguenti classi di appartenenza:

- resistenza;
- esposizione;
- lavorabilità;
- durabilità.

Nell'esecuzione delle opere, nei casi specifici ove si sia assegnata una determinata classe di resistenza al fuoco delle strutture dovranno essere rigorosamente rispettati i valori di copriferro prescritti.

Inerti naturali o di frantumazione, con granulometria contenuta nei fusi granulometrici indicati dalle vigenti norme UNI.

### **6.1.11 Calcestruzzo proiettato**

Il conglomerato cementizio da proiettare meccanicamente dovrà essere progettato nel rispetto delle prescrizioni della norma UNI EN 206 per quanto attiene alle caratteristiche di durabilità, con particolare riguardo alle aggressioni da solfati o all'azione del gelo e disgelo in presenza di sali disgelanti, e in ottemperanza alla norma specifica UNI 10834.

Il tipo e la classe del cemento da impiegarsi, deve essere conforme alla UNI 197-1 (tab. 7). Possono essere impiegati anche altri cementi o leganti previa verifica mediante prove preliminari che simulino condizioni analoghe a quelle operative.

Nel caso di calcestruzzo proiettato con il procedimento per via secca, il dosaggio di cemento si riferisce a 1000 litri di aggregato; nel caso di calcestruzzo proiettato per via umida, il dosaggio di cemento si riferisce al metro cubo di calcestruzzo della miscela di base, messo in opera e compattato meccanicamente.

Gli aggregati da impiegarsi devono essere conformi alla UNI EN 12620 e nel caso di calcestruzzo proiettato strutturale devono rispondere ai requisiti definiti dalla classe A della norma UNI 8520-2. Se il fuso granulometrico degli aggregati ha un diametro massimo maggiore o uguale a 8 mm è indispensabile che sia costituito da almeno due classi granulometriche.

### 6.1.12 Additivi

Gli additivi per calcestruzzi e malte sono sostanze chimiche che, aggiunte in piccole dosi agli impasti, hanno la capacità di modificarne le proprietà. Gli additivi per impasti cementizi sono classificati in funzione delle caratteristiche prestazionali di seguito elencate:

- fluidificanti;
- aeranti;
- ritardanti,
- acceleranti;
- fluidificanti-aeranti;
- fluidificanti-ritardanti;
- fluidificanti-acceleranti;
- antigelo- super-fluidificanti.

L'appaltatore dovrà fornirli nei contenitori originali sigillati su cui dovranno essere indicate le quantità, la data di scadenza e le modalità d'uso ed avrà l'obbligo di miscelarli alle malte, nei rapporti prescritti, in presenza della D.L... Gli additivi dovranno possedere caratteristiche conformi alla norma EN 934-2.

I fluidificanti ed i super-fluidificanti se utilizzati come "riduttori d'acqua" dovranno consentire una consistente riduzione del dosaggio d'acqua, mantenendo inalterata la lavorabilità dell'impasto, pari ai seguenti valori:

fluidificanti su malta	6%
fluidificanti su calcestruzzi	5%
Super-fluidificanti su malta	10%
Super-fluidificanti su calcestruzzi	10%

Per le modalità di controllo ed accettazione il Direttore dei Lavori potrà far eseguire prove od accettare l'attestazione di conformità alla normativa vigente.

### 6.1.13 Armature per opere in calcestruzzo

Gli acciai per l'armatura del calcestruzzo normale devono rispondere alle prescrizioni contenute nel vigente D.M. 14 gennaio 2008 e nella legge 5 novembre 1971, n. 1086.

Gli acciai dovranno essere esenti da difetti tali da pregiudicarne l'impiego, quali incisioni, ossidazioni, corrosioni, lesioni, untuosità ed in genere ricopertura da sostanze che possano ridurne sensibilmente l'aderenza al conglomerato. Essi, inoltre, dovranno essere controllati in stabilimento. È fatto divieto di impiegare acciai non qualificati all'origine.

Le relative forniture debbono essere accompagnate da un certificato di Laboratorio Ufficiale riferentesi al tipo di armatura di cui trattasi, nonché dotate di marchiatura, da cui risulti il riferimento allo stabilimento produttore, al tipo di acciaio ed alla sua eventuale saldabilità.

I controlli in cantiere sono obbligatori. Essi saranno riferiti ai gruppi di diametri definiti dal D.M. citato ed effettuati con il prelevamento di tre spezzoni marchiati, di uno stesso diametro, scelto entro ciascun gruppo di ciascuna partita di comune provenienza. Le prove, da eseguirsi presso un Laboratorio Ufficiale, accerteranno la resistenza e la duttilità del materiale. Eventuali risultati anomali saranno dal Direttore dei Lavori comunicati sia al Laboratorio Ufficiale incaricato in stabilimento, sia al Servizio Tecnico Centrale del Ministero dei LL.PP..

Per le condizioni tecniche generali di fornitura si applica la norma UNI EN 10080. Il prelievo dai campioni ed i metodi di prova saranno effettuati secondo quanto stabilito al capitolo 11 del Decreto citato. L'acciaio per barre dovrà possedere le proprietà indicate nella seguente tabella:

Acciaio per armature B450C, D.M. 14.01.08, paragrafo 11.3.2.1 - Barre ad aderenza migliorata in acciaio:

Tensione caratteristica di snervamento:	$f_{yk} \geq 450 \text{ MPa}$
Tensione caratteristica di rottura:	$f_{tk} \geq 540 \text{ MPa}$
Valore minimo di $k = (f_t / f_y)$ :	$1.15 \leq k \leq 1,35$
Tensione di snervamento nominale ( $f_y / f_y$ , nom) k:	$\leq 1.25$
Deformazione caratteristica al carico massimo:	$\epsilon_{uk} \geq 7.5\%$
Modulo di elasticità Es:	200GPa

Le barre inoltre dovranno superare con esito positivo prove di aderenza (secondo il metodo "Beam test") da eseguire presso un laboratorio ufficiale con le modalità specificate dalla norma UNI EN 10020:01.

#### **6.1.14 Acciaio infili lisci o nervati**

I fili lisci o nervati di acciaio trafilato di diametro compreso fra 5 e 12 mm, dovranno corrispondere, per l'impiego nel calcestruzzo armato, alle proprietà indicate, dalle "Norme tecniche per le costruzioni" (D.M. 14.01.2008).

#### **6.1.15 Reti di acciaio elettrosaldate**

Dovranno avere fili elementari compresi fra 5 e 12 mm e rispondere altresì alle caratteristiche delle "Norme tecniche per le costruzioni". (D.M. 14.01.2008)

#### **6.1.16 Acciai per cemento armato precompresso**

Gli acciai per armature da precompressione potranno essere forniti in rotoli (fili, trecce, trefoli), su bobine (trefoli) ed in fasci (barre). I fili dovranno 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 dovrà indicare il diametro minimo di avvolgimento. Ciascun rotolo di filo (liscio, ondulato, con impronte) dovrà essere esente da saldature. Sono ammesse le saldature sui fili componenti le trecce effettuate prima della trafilatura; per i trefoli sono ammesse saldature anche durante l'operazione di cordatura, purché le saldature siano opportunamente distanziate e sfalsate. Dovranno comunque essere rispettate le prescrizioni delle "Norme tecniche" (D.M. 14.01.2008), nonché le altre disposizioni che, in materia, venissero successivamente emanate.

#### **6.1.17 Resina epossidica**

Le resine epossidiche per inghisaggi e ancoraggio di barre d'armatura dovranno garantire alte prestazioni adesive, elevata resistenza meccanica a compressione e a trazione, resistenza ai più comuni acidi, alcali, solventi e idrocarburi ed essere impermeabili all'acqua.

Il foro per l'inghisaggio di barre dovrà essere di diametro maggiore di almeno 4/5 mm rispetto il diametro delle barre e prima del collaggio della resina dovrà essere perfettamente pulito depolverato. I prodotti impiegati dovranno essere preventivamente approvati dalla D.L.

### 6.1.18 Acciai per strutture metalliche

I materiali da impiegare per la realizzazione di strutture dovranno rispettare le prescrizioni contenute nelle norme tecniche di cui al D.M. 14.01.2008 più volte richiamato, con le eventuali successive modifiche ed integrazioni. La progettazione strutturale è inoltre soggetta al rispetto dell'Eurocodice 3 per le strutture in acciaio. Gli acciai di uso generale da impiegare saranno laminati a caldo in profilati, barre, larghi piatti, lamiere e profilati cavi, anche tubi saldati provenienti da nastro laminato a caldo, e dovranno essere del tipo S235, del tipo S275 o del tipo S355 definiti, come classificati dalle norme UNI EN 1993-1-1 e UNI EN 10025-2:

Tipologia acciaio			Spessore nominale dell'elemento t [mm]		
			t ≤ 40 mm		40 mm < t ≤ 80
Classe di Resistenza	Classe di Resilienza	fy [MPa]	fu [MPa]	fy [MPa]	fu [MPa]
S 235	JR	235	360	215	360
S 275	JR	275	430	255	410
S 355	JR	355	510	335	470
S 355	J0	355	510	335	470

La classe di resilienza dell'acciaio è definita secondo le indicazioni contenute nell'Eurocodice 3, parte 1-10. I profilati cavi per impieghi strutturali dovranno essere alla norma tecnica UNI EN 10210-1.

### 6.1.19 Bulloni per carpenteria metallica

Bulloni ad alta resistenza con viti di classe 8.8. Dadi e rosette associati secondo prescrizioni Eurocodice 3, parte 1-8.

### 6.1.20 Profilati, barre e larghi piatti di uso generale

Saranno conformi alle prescrizioni di cui alla norma di unificazione: UNI EN 10163/1/2/3. Le superfici dei laminati dovranno essere esenti da cretti, scaglie, paglie, ripiegature, cricche od altri difetti tali che ne possano pregiudicare ragionevolmente le possibilità d'impiego. Sarà tollerata la presenza di lievi sporgenze o rientranze, di leggere rigature e vaiolature, purché non venga superata la tolleranza in meno prescritta sullo spessore.

### 6.1.21 Prodotti per impermeabilizzazione

Per rendere impermeabili le strutture si utilizzano di consuetudine due tipologie di prodotti.

Le membrane in fogli e/o rotoli da applicare a freddo od a caldo, in fogli singoli o pluri-strato si differenziano in funzione delle seguenti componenti:

- al materiale componente (esempio: bitume ossidato fillerizzato, bitume polimero elastomero, bitume polimero plastomero, etilene propilene diene, etilene vinil acetato, ecc.);

- al materiale di armatura inserito nella membrana (esempio: armatura vetro velo, armatura poliammide tessuto, armatura polipropilene film, armatura alluminio foglio sottile, ecc.);
- al materiale di finitura della faccia superiore (esempio: poliestere film da non asportare, polietilene film da non asportare, graniglie, ecc.);
- al materiale di finitura della faccia inferiore (esempio: poliestere non tessuto, sughero, alluminio foglio sottile, ecc.).

I prodotti forniti in contenitori (solitamente liquidi e/o in pasta) da applicare a freddo od a caldo su eventuali armature (che restano inglobate nello strato finale) fino a formare in sito una membrana continua si differenziano in funzione delle seguenti componenti:

- mastici di rocce asfaltiche e di asfalto sintetico;
- asfalti colati;
- malte asfaltiche;
- prodotti termoplastici;
- soluzioni in solvente di bitume;
- emulsioni acquose di bitume;
- prodotti a base di polimeri organici.

### 6.1.22 Prodotti bentonitici

La bentonite è un'argilla composta principalmente da fillosilicati a struttura planare, (micro-lamelle). Per questa particolare struttura le bentoniti sono in grado di assorbire negli spazi intralamellari molecole d'acqua, trasformandosi da polvere micrometrica a gel denso e impermeabile capace di trattenere tenacemente grandi quantità d'acqua e contrastare, grazie alla ritenzione, la spinta idraulica esterna. I prodotti impermeabilizzanti impiegano nella loro composizione la bentonite sodica, che a differenza di quella calcica, ha la prerogativa di aumentare il suo volume sino a sedici volte il volume iniziale senza perdere la coesività caratteristica del gel. In presenza di acqua dura o permeata attraverso terreni calcarei o gessosi possono generarsi processi di scambi ionici che riducono sensibilmente la capacità espansiva della bentonitica sodica con conseguente aumento della permeabilità.

I prodotti impermeabilizzanti bentonitici realizzano efficaci barriere all'acqua se vengono confinati uniformemente e con un carico di compressione elevato. Meno la bentonite si espande, maggiori sono le sue prestazioni di impermeabilità.

Con gel bentonitici stabilizzati e pre-gelificati con acqua pura sono prodotti diverse tipologie di materiali quali membrane, profili water-stop e mastici sigillanti.

I prodotti dovranno soddisfare requisiti di affidabilità nel tempo, resistenza meccanica, resistenza agli attacchi biologici ed in particolare stabilità chimico reattiva.

### 6.1.23 Manufatti di cemento.

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

## 6.2 PRESCRIZIONI SPECIFICHE SUI MATERIALI

### 6.2.1 Opere in calcestruzzo

Tutti i materiali impiegati nella realizzazione delle opere dovranno essere corredati da certificazioni che ne attestino:

- provenienza;
- composizione chimica secondo classificazioni normate;
- caratteristiche prestazionali secondo normativa europea.

Le miscele dei conglomerati dovranno essere basate su analisi chimiche preventive, i cui risultati dovranno essere confrontati con i "valori limite per le classi di esposizione all'attacco chimico nel suolo naturale e nell'acqua del terreno" stabiliti nel prospetto 2 della norma UNI EN 206-1.

I conglomerati dovranno rispondere alle seguenti caratteristiche in base alla loro destinazione di impiego:

#### 6.2.1.1 Calcestruzzo per rivestimento definitivo:

Tratta in galleria fino alla pk 0+990

Classe di esposizione secondo UNI 11104	XC4
Classe di resistenza del calcestruzzo	C32/40
Minimo contenuto di cemento	340 Kg/mc
Massimo rapporto a/c	0.50
Slump	S4
Dmax inerte	25 mm
Tipo di cemento: d'altoforno	pozzolanico
Copriferro:	≥ 50 mm

Tratte in corrispondenza di eventuali lenti evaporitiche, attese fino alla pk 0+440

Classe di esposizione secondo UNI 11104	XA3
Classe di resistenza del calcestruzzo	C34/45
Minimo contenuto di cemento	360 Kg/mc
Massimo rapporto a/c	0.45
Slump	S4
Dmax inerte	25 mm
Tipo di cemento: d'altoforno	pozzolanico
Copriferro:	≥ 50 mm

Tratta in galleria dalla pk 0+990 fino allo sbocco

Classe di esposizione secondo UNI 11104	XC4
Classe di resistenza del calcestruzzo	C35/45
Minimo contenuto di cemento	360 Kg/mc
Massimo rapporto a/c	0.45
Slump	S4
Dmax inerte	25 mm
Tipo di cemento: d'altoforno	pozzolanico
Copriferro:	≥ 50 mm

### 6.2.1.2 Calcestruzzo per magrone

Classe di esposizione secondo UNI 11104	X0
Classe di resistenza del calcestruzzo	C 12/15
Minimo contenuto di cemento	150 Kg/mc
Massimo rapporto a/c	0.50
Tipo di cemento:	CEM I/II

### 6.2.1.3 Spritz beton fibrorinforzato

Resistenza sui provini h/ø=1 secondo UNI 10843 h provini 10 cm

Rck a 24 h:	10 MPa
Rck a 48 h:	20 MPa
Rck a 28 gg:	30 MPa
Quantità di fibre:	≥ 30 Kg/mq

Fibre per armatura diffusa in filo d'acciaio trafilato a freddo, a basso tenore di carbonio e aderenza migliorata

resistenza a trazione:	≥ 800 MPa
Rapporto L/D:	60
Diametro:	0,5 mm

### 6.2.1.4 Spritz beton di finitura

Resistenza media sui provini h/ø=1 secondo UNI 10843 h provini 10 cm

Rck a 28 gg:	30 Mpa
--------------	--------

Ricoprimento di tutte le parti metalliche e regolarizzazione di tutte le superfici con dislivello ≤ 10 cm tra due punti delle superfici distanti tra loro di circa 100 cm, raggio di curvatura minimo di tutti i raccordi, sporgenze e/o rientranze ≥ 20 cm.

Inerti naturali o di frantumazione, con granulometria contenuta nei fusi granulometrici indicati dalle vigenti norme UNI EN.

### 6.2.1.5 Acciaio d'armatura B450 C controllato in stabilimento

Tensione caratteristica di snervamento:	$f_{yk} = 4300 \text{ daN/cm}^2$
Tensione caratteristica di rottura:	$f_{tk} = 5400 \text{ daN/cm}^2$
Allungamento:	$A_5 > 12 \%$
Tensione di trazione ammissibile: daN/cm <sup>2</sup>	$\sigma'_{adm} = 2550 \text{ daN/cm}^2$
Sollecitazione massima di calcolo:	$\sigma'd = 2500 \text{ kg/cm}^2$

### 6.2.1.6 Rete elettrosaldata, acciaio B 450 C

diametro minimo:	ø 8 mm
maglia minima:	10x10 cm

Le reti dovranno essere sovrapposte di due maglie.

Per le condizioni tecniche generali di fornitura si applica la norma UNI EU 21 (parzialmente sostituita da UNI EN 10204), UNI EN 10080 - Acciaio d'armatura per calcestruzzo - Acciaio d'armatura saldabile – Generalità.

Le barre inoltre dovranno superare con esito positivo prove di aderenza (secondo il metodo "Beam test") da eseguire presso un laboratorio ufficiale con le modalità specificate dalla norma CNR - UNI 10020-71

Dovranno in ogni caso essere osservati rigorosamente i valori di copriferro nei casi specifici ove si sia assegnata una determinata classe di resistenza al fuoco delle strutture.

La classe di resistenza al fuoco sarà corrispondente a quella indicata nei disegni di progetto strutture e sicurezza antincendio: qualora non fosse indicato il valore del copriferro si dovrà far riferimento a quanto prescritto nelle norme europee vigenti.

## 6.2.2 Interventi di stabilizzazione al fronte e al contorno in fase di scavo

### 6.2.2.1 Opere di carpenteria

Le opere di carpenteria metallica saranno realizzate con le seguenti tipologie di acciaio per costruzioni secondo definizione Eurocodice 3/2005:

#### Acciaio S235:

Tensione caratteristica di snervamento:  $f_{yk} = 235 \text{ MPa}$

Tensione caratteristica di rottura:  $f_{tk} = 360 \text{ MPa}$

#### Acciaio S275:

Tensione caratteristica di snervamento:  $f_{yk} = 275 \text{ MPa}$

Tensione caratteristica di rottura:  $f_{tk} = 430 \text{ MPa}$

#### Acciaio S355:

Tensione caratteristica di snervamento:  $f_{yk} = 355 \text{ MPa}$

Tensione caratteristica di rottura:  $f_{tk} = 510 \text{ MPa}$

### 6.2.2.2 Centine metalliche

Le centine metalliche in acciaio S355JR secondo norma EC 3 saranno realizzate con profili HE ed IPE secondo indicazioni di progetto.

Le catene di collegamento di diametro  $\varnothing 20 \text{ mm}$  saranno realizzate in acciaio S235. I collegamenti saranno eseguiti mediante dadi e bulloni  $\varnothing 20 \text{ mm}$  classe 8.8 con dado di classe 8.

### 6.2.2.3 Tubi per infilaggi

Infilaggi metallici di lunghezza compresa fra 12/16 metri, composti da tubi in acciaio S355JR, diametro:  $\varnothing 114.3$  e  $127.0 \text{ mm}$ , spessore  $10 \text{ mm}$ , posti in opera, secondo elaborati di progetto, a passo  $40/50 \text{ cm}$  in perforazioni di diametro  $\varnothing 131 \div 190 \text{ mm}$ .

La cementazione dovrà essere eseguita con la miscela prescritta dagli elaborati di progetto.

### 6.2.2.4 Chiodature radiali

Chiodature radiali mediante chiodi tipo "Superswellex" o equivalenti.

Barre in acciaio per l'esecuzione della chiodatura radiale, ad ancoraggio meccanico distribuito per espansione del profilato, aventi le seguenti caratteristiche:

Carico di rottura:  $\geq 240 \text{ KN}$

Resistenza allo snervamento:  $\geq 200 \text{ KN}$

Lunghezza:	5,50 m
Diametro minimo perforazioni:	51 mm

Piastre di ancoraggio in acciaio S355 di dimensione 150x150x8 mm.

### 6.2.2.5 Chiodature in avanzamento

Chiodature in avanzamento mediante chiodi auto-perforanti.

Ove necessario dovranno essere posti in opera chiodi auto perforanti in avanzamento aventi le seguenti caratteristiche:

Ny:	$\geq 400$ kN
lunghezza:	4,50/6.00 m

Piastre di ancoraggio in acciaio S275 JR di dimensioni 150x150 mm.

La cementazione dovrà essere eseguita con la miscela prescritta dagli elaborati di progetto.

### 6.2.2.6 Tubi in vetroresina

Consolidamento del fronte con tubi in VTR cementati:

Sul fronte dello scavo saranno posti in opera tubi in VTR  $\varnothing$  60/40 mm, spessore 10 mm, ogni campo di avanzamento cementati con miscela cementizia avente le caratteristiche sopra descritte.

Di seguito si riportano le caratteristiche meccaniche del tubo:

lunghezza minima tubi	12 m
diametro perforazione	91÷130 m
densità (UNI 7092)	$> 1,8$ g/cm <sup>3</sup>
resistenza a trazione (UNI 5819)	$> 600$ MPa
allungamento a rottura	2%
resistenza a flessione (UNI 7219)	$> 600$ MPa
resistenza al taglio (ASTM D 732)	$> 100$ MPa
modulo elastico (UNI 5819/66)	$> 30000$ MPa

Consolidamento del contorno del cavo e piede centina con tubi in VTR iniettati:

Tubi in VTR  $\varnothing$  60/40, spessore 10 mm, muniti di valvole di non ritorno tipo a "manchettes" una ogni tre metri.

lunghezza tubi:	9/12/15 m
diametro perforazione:	91÷130 m

### 6.2.2.7 Colonne di terreno consolidate con sistema jet grouting

In corrispondenza del fronte, del contorno, del piedritto e al piede della centina, si procederà al consolidamento del terreno mediante l'introduzione a rotazione di aste di diametro adeguato, iniettando attraverso appositi ugelli ad altissima pressione (300-400 atm) le miscele disgreganti e cementizie con cemento tipo 42.5 o 42.5 R, con procedimento monofluido in modo tale da ottenete lungo la colonna una resistenza a compressione del terreno consolidato, non inferiore a 10 N/mm<sup>2</sup> (1.5- 2 N/mm<sup>2</sup>) a 28 gg.

### 6.2.2.8 Iniezioni di consolidamento arco rovescio

La composizione della miscela sarà determinata in corso d'opera in funzione delle condizioni di ammasso riscontrate.

Prima dell'iniezione in pressione, attraverso le valvole, della miscela di consolidamento si dovrà procedere all'iniezione di guaina tra le pareti del pre-foro e il tubo predisposto.

Di seguito, si riportano le caratteristiche tecniche delle miscele per iniezione di guaina e di consolidamento:

#### Composizione miscela per iniezioni di guaina

Cemento tipo I o II 42.5 o 42.5 R	
Contenuto minimo di cemento:	350 Kg
Acqua:	140 Kg
Eventuale bentonite:	max 60 kg
Additivo antiritiro e super-fluidificante:	4÷6% peso cemento +bentonite
Resistenza a compressione Rck a 48 h:	≥ 5 MPa

#### Composizione miscela per iniezioni di consolidamento:

Cemento tipo I o II 42.5 o 42.5 R	
-Contenuto minimo di cemento:	350 Kg
-rapporto a/c:	2/1
-Eventuale bentonite:	max 60 kg
-Additivo stabilizzante (bentonite):	5% peso cemento
-Resistenza a compressione Rck a 48 h:	≥ 5 MPa

## 6.2.3 Miscele cementizie

### 6.2.3.1 Composizione miscela cementizia per iniezioni di semplice cementazione

Cemento tipo I o II 42.5 o 42.5 R	
Resistenza a compressione Rck a 48 h:	≥ 5 MPa
Resistenza a compressione Rck a 28 gg:	≥ 20 MPa
Rapporto a/c:	0,5
Fluidificante:	1-2 % peso cemento

### 6.2.3.2 Composizione miscela per iniezioni di guaina

Cemento tipo I o II 42.5 o 42.5 R	
Contenuto minimo di cemento:	350 Kg
Acqua:	140 Kg
Eventuale bentonite:	max 60 kg
Additivo antiritiro e super-fluidificante:	4÷6% peso cemento +bentonite
Resistenza a compressione Rck a 48 h:	≥ 5 MPa

### 6.2.3.3 Composizione miscela per iniezioni di consolidamento:

Cemento tipo I o II 42.5 o 42.5 R	350 Kg
rapporto a/c:	2/1

Eventuale bentonite:	max 60 kg
Additivo stabilizzante (bentonite):	5% peso cemento
Resistenza a compressione Rck a 48 h:	≥ 5 MPa

## 6.2.4 Impermeabilizzazioni

### 6.2.4.1 Teli in PVC

Teli per impermeabilizzazione in PVC conforme alla avente le seguenti caratteristiche tecniche:

spessore:	2 ± 0.5 mm
peso specifico/densità $\gamma$ :	≥ 1.3 g/ mc

### 6.2.4.2 Tessuto non tessuto

Strato separatore in tessuto non tessuto di polipropilene a filo continuo, 400g/mq

## 7 GALLERIA

### 7.1 GENERALITÀ

Per lavori in sotterraneo s'intendono tutti quei lavori da eseguire in galleria, caverna, cunicolo o pozzi d'aerazione, con esclusione delle fondazioni o contrafforti a pozzo.

Nel progetto definitivo sono definite le sezioni tipo che stabiliscono caratteristiche e quantità degli interventi di stabilizzazione permanenti (comprendenti opere permanentemente installate nelle formazioni attraversate ed aventi efficacia definitiva) da attuare di norma in più fasi.

La definizione delle sezioni tipo è stata determinata in funzione del prevedibile comportamento dell'ammasso durante lo scavo.

La localizzazione delle sezioni tipo è indicata presuntivamente in progetto; la Direzione Lavori procederà in sede esecutiva, in contraddittorio con l'Impresa, alla verifica di tale localizzazione sulla base dell'effettivo comportamento della galleria, fatti salvi i provvedimenti che la stessa Direzione Lavori, in accordo con il Progettista, riterrà di ordinare.

L'Impresa è tenuta ad adottare a propria cura e spese tutti gli accorgimenti e le cautele necessarie per garantire l'incolumità delle persone e la sicurezza dei lavori; essa è tenuta in particolare alla scrupolosa osservanza di tutte le norme per la sicurezza e l'igiene del lavoro in sotterraneo, emanate ed emanande, con particolare riferimento a quelle contenute nel D.P.R. 20/03/1956 n. 320 "Norme per la prevenzione degli infortuni e l'igiene del lavoro in sotterraneo", nel D.P.R. 09/04/1959 n. 128 "Norme di polizia delle miniere e delle cave" e nelle successive modifiche ed integrazioni, nonché nel DPR 302/56.

L'Impresa, pertanto, dovrà perseguire a sua cura e spese, nella misura adeguata alle singole circostanze, secondo propri criteri e sotto la propria diretta responsabilità tutti i provvedimenti attinenti al rispetto delle Norme suddette, inclusi tra essi in particolare la ventilazione, l'illuminazione dei cantieri di lavoro e le eventuali armature provvisorie.

## 7.2 SCAVI

Oltre alle prescrizioni contenute nel presente articolo, valgono, per gli scavi in sotterraneo, tutte quelle relative agli scavi all'aperto. Gli scavi saranno eseguiti di norma a sezione piena.

Gli scavi in sotterraneo dovranno rispettare il programma dei lavori approvato dalla Direzione Lavori, in esso l'Impresa dovrà tener conto delle interruzioni dei cicli di lavoro e dei fermi di cantiere conseguenti che a titolo esemplificativo possono essere; l'adozione d'interventi conservativi di pre-consolidamento e pre-contenimento, la presenza di venute di gas, la presenza di venute d'acqua anche molto forti, guasti delle attrezzature, mancanza d'energia, montaggio e smontaggio di macchine e d'attrezzature effettuate anche in galleria, pozzi o cunicoli, ecc.

A tale riguardo si precisa che, anche in presenza di variazioni al programma predisposte dalla Direzione Lavori, prima dell'inizio dei lavori e/o nel corso di essi in relazione alle particolari condizioni geomorfologiche dei terreni interessati dagli scavi, esse non implicano responsabilità alcuna da parte della Società restando l'Impresa la sola responsabile, sotto tutti i riguardi, dell'esecuzione dei lavori e dell'avanzamento degli stessi.

L'Impresa dovrà curare che gli scavi in sotterraneo ad essa affidati siano eseguiti con la massima diligenza, prudenza e perizia, nonché in perfetta conformità con le indicazioni del progetto esecutivo e le prescrizioni della Direzione Lavori, adottando tutte le precauzioni, limitazioni, mezzi di sostegno provvisori, attrezzature e modalità esecutive ritenute idonee al fine di non danneggiare le proprietà di terzi (immobili, infrastrutture, acquedotti, elettrodotti, ecc.) interessate e/o sottopassate dai lavori stessi. Essa Impresa resta in ogni modo responsabile d'ogni eventuale danno che dovesse derivare a persone o a cose anche di terzi in dipendenza della mancata osservanza delle precauzioni e cautele di cui sopra e in nessun caso potrà addurre, a diminuzione della propria responsabilità, il fatto di non avere ricevuto ordini in proposito dalla Direzione Lavori.

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

A questo scopo, anche la distribuzione e la profondità dei fori da mina, l'entità delle cariche d'esplosivo ed il frazionamento dei tempi dovranno essere stabiliti in relazione alle caratteristiche dei materiali attraversati.

Subito dopo ogni volata le pareti dello scavo dovranno essere disgregate con la massima cura e ciò sia in prossimità del fronte di scavo che a distanza da esso.

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

Eccezionalmente e ad insindacabile giudizio della Direzione Lavori, e solo in presenza di roccia consistente e non alterabile, saranno ammesse protuberanze puntuali all'interno della sezione di progetto, che non dovranno superare lo spessore del conglomerato cementizio spruzzato e in ogni modo con un massimo di 1/10 dello spessore complessivo del rivestimento di conglomerato cementizio spruzzato e conglomerato cementizio gettato.

Nel caso di formazione di fornelli, qualora la Direzione Lavori, ritenesse l'evento non imputabile a deficienza d'armatura provvisoria o a mezzi e sistemi non adeguati alla natura del terreno attraversato o in ogni modo non dovuto a negligenza dell'Impresa, potrà proporre alla Società la contabilizzazione del materiale franato, seguendo la procedura utilizzata per i danni di forza maggiore.

Lo scavo sarà considerato finito, e quindi da contabilizzarsi, esclusivamente dopo che l'Impresa abbia provveduto ad assolvere, nelle distanze, nei tempi e nei modi, a tutti gli interventi previsti dal progetto, per il tipo di sezione incontrata; qualora l'Impresa non assolva ai propri compiti entro le distanze, i tempi e con i modi stabiliti dalle

prescrizioni progettuali, nel momento in cui darà corso agli interventi precedentemente trascurati, agli stessi, in fase di contabilizzazione saranno applicate delle penalità.

## **7.2.1 Scavo in galleria in presenza di preconsolidamento del fronte e del contorno del cavo**

Eseguito in presenza d'interventi conservativi di pre-contenimento (trattamenti colonnari, infilaggio, ecc., atti a creare, in avanzamento oltre il fronte di scavo, un effetto arco al contorno del cavo), 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.

Il fronte di scavo, prima della ripresa di ciascun intervento conservativo, dovrà essere rivestito in conglomerato cementizio spruzzato, secondo le previsioni di progetto in condizioni geomeccaniche sfavorevoli. La realizzazione dell'arco rovescio per il completamento della struttura anulare resistente dovrà seguire il fronte di scavo secondo le distanze previste dal progetto od ordinate dalla Direzione Lavori.

Lo scavo in formazioni aventi consistenza tale da richiedere l'uso d'esplosivo sarà eseguito con l'impiego di microcariche ritardate, mediante volate ad abbattimento controllato.

## **7.2.2 Scavo di pozzi d'aerazione**

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

Lo scavo dovrà essere eseguito in tre fasi:

- le prime due, con l'impiego di una speciale attrezzatura operante dalla sommità del pozzo, per l'esecuzione di un primo foro pilota del diametro di circa 30 cm, attraverso il quale è azionata una testa fresante che risalendo esegue un pre-foro del diametro conforme alle indicazioni di progetto. Quest'ultimo assicura la ventilazione della zona di lavoro durante lo scavo di terza fase ed inoltre convoglia in basso il materiale di risulta per essere trasportato a rifiuto o a deposito; in questo ultimo caso, prima d'essere reimpiegato, detto materiale dovrà essere ridotto alle pezzature idonee all'uso previsto;
- la terza fase, con l'adozione di qualsiasi mezzo di scavo, per l'esecuzione dell'allargo del pre-foro fino al diametro definitivo del pozzo, secondo le previsioni di progetto.

In questa fase l'Impresa dovrà impiegare tutte le attrezzature occorrenti per l'esecuzione degli scavi e per la sicurezza degli addetti ai lavori, compreso un'apposita struttura a chiusura del vano del pre-foro durante le fasi di scavo, d'eventuale consolidamento e di rivestimento di prima fase delle pareti di scavo.

Mentre si richiamano tutte le prescrizioni e gli oneri previsti dai documenti contrattuali, si ribadisce che l'Impresa è la sola responsabile, sotto tutti i riguardi, della esecuzione dei lavori e dell'avanzamento degli stessi, che dovranno essere eseguiti con la massima diligenza, prudenza e perizia.

Pertanto, l'Impresa in particolare dovrà:

- adottare tutti i mezzi di sostegno provvisori che si rendessero necessari;
- captare le eventuali venute d'acqua e convogliarle al piede del pozzo;
- allontanare immediatamente il materiale di risulta dello scavo;
- illuminare in maniera adeguata gli ambienti di lavoro;

- rispettare le fasi e gli avanzamenti approvati dalla Direzione Lavori per l'esecuzione degli scavi, dei consolidamenti e dei rivestimenti del pozzo.

### **7.3 ESAURIMENTI D'ACQUA**

Gli esaurimenti d'acqua necessari per l'esecuzione dei lavori in sotterraneo, qualunque sia la provenienza ed il volume delle acque e la metodologia di scavo adottata, dovranno essere effettuati a cura e spese dell'Impresa, con mezzi sicuri e idonei, in modo che non derivi alcun intralcio al normale svolgimento dei lavori e nessun danno alle opere in costruzione.

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

Le acque di infiltrazione e le sorgenti incontrate nella escavazione delle gallerie, dei cunicoli pre-forati e dei pozzi di aerazione, dovranno essere convogliate attraverso appositi collettori fino ai recapiti previsti in progetto o prescritti dalla Direzione Lavori.

In presenza di acque aggressive od inquinanti l'Impresa dovrà predisporre i trattamenti previsti a norma delle leggi vigenti od emanate in materia. L'Impresa dovrà inoltre provvedere, in conformità alle vigenti leggi e normative al trattamento dei fanghi residui della depurazione.

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

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

L'Impresa è tenuta a segnalare tempestivamente ogni venuta di acqua di qualsiasi portata che si manifestasse in galleria o nel cunicolo pre-forato ed a prelevarne i campioni su cui verranno, a cura e spese dell'Impresa e sotto il controllo della Direzione Lavori, eseguite le prove per accertare la sua eventuale aggressività.

### **7.4 ARMATURE PROVVISORIALI**

Indipendentemente dalla eventuale previsione in progetto di interventi di stabilizzazione definitivi di prima fase da eseguirsi ad ogni avanzamento sino in prossimità del fronte, l'Impresa, a suo giudizio, dovrà eventualmente provvedere, a sua cura e spese, ad un'armatura provvisoria, recuperata o persa, adeguata alle formazioni del terreno incontrato, in modo da garantire in corso d'opera, il regolare andamento dei lavori stessi e l'incolumità del personale che vi è addetto.

### **7.5 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, sagoma ed interasse conformi alle sezioni tipo del progetto esecutivo previste per le varie tratte; quando le centine metalliche sottendono l'armatura tronco-conica costituita dagli infilaggi, devono essere messe a contatto degli infilaggi stessi e perciò devono essere calandrate a profilo variabile, sia pure per gruppi, 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.

## 7.6 BULLONI DI ANCORAGGIO

I bulloni di ancoraggio, le loro caratteristiche dimensionali e la loro disposizione saranno conformi alle previsioni di progetto.

Potranno essere realizzati mediante l'adozione delle seguenti tecnologie:

- bulloni del tipo auto-perforante costituiti da un'asta cava in acciaio laminata a caldo elettrosaldato con cordone interno, normalizzato di diametro secondo indicazioni di progetto.

La perforazione dovrà avvenire tramite idoneo utensile, da porsi all'estremità dell'ancoraggio stesso; detto utensile è da considerarsi "a perdere". Durante l'esecuzione del foro l'ancoraggio sarà utilizzato come asta di perforazione. Una volta posto in opera l'ancoraggio dovrà essere iniettato con miscela cementizia.

La resistenza al pull-out test in opera dovrà essere > 20 t. Le caratteristiche meccaniche dell'ancoraggio di tipo auto-perforante dovranno conformi agli elaborati di progetto.

- bulloni costituiti da tubo di acciaio dello spessore di 3 mm, ripiegato su sé stesso assialmente che viene espanso, mediante acqua ad alta pressione, nel foro precedentemente eseguito che dovrà avere diametro minimo pari a 45 mm. La tensione di snervamento deve essere  $\geq 240$  kN.

In relazione alle previsioni di progetto si hanno bulloni ad ancoraggio puntuale e bulloni ad ancoraggio continuo. I primi sono ancorati mediante testa ad espansione ed hanno filettata anche l'estremità a fondo foro.

I secondi che sono ad ancoraggio continuo mediante riempimento del perforo con iniezioni di boiaccia di cemento additivata con accelerante antiritiro o con cartucce di resina poliestere insatura, hanno entrambe le estremità filettate perché quando la loro inclinazione sull'orizzontale supera i 35° devono essere muniti di testa di ancoraggio ad espansione sulla estremità a fondo foro e comunque secondo le prescrizioni progettuali.

L'esecuzione dei bulloni di ancoraggio comporta le lavorazioni, le forniture e gli oneri che di seguito vengono elencati a titolo esemplificativo:

- perforazione eseguita con idonea attrezzatura, del diametro strettamente necessario per la posa del bullone; compreso l'eventuale perforazione a vuoto, l'uso di tuboforma, l'allontanamento dei materiali di risulta, il lavaggio del foro;
- eventuale riperforazione;
- fornitura dei bulloni conformi ai requisiti sopra riportati;
- infilaggio dei bulloni mediante apposita attrezzatura.

Nel caso dei bulloni ad ancoraggio continuo, aventi inclinazione sull'orizzontale superiore a 35°, si dovrà procedere preliminarmente al loro bloccaggio entro il perforo mediante espansione della testa di ancoraggio posta all'estremità del bullone a fondo foro (detti bulloni pur essendo utilizzabili sia come ancoraggi continui sia ancoraggi puntuali non necessitano di alcun tipo di iniezione cementizia o in resina, di alcuna filettatura, né di alcuna testina di ancoraggio, in quanto la tecnologia applicata all'ancoraggio consente di ottenere, immediatamente dopo la fine della posa in opera dell'ancoraggio, il 100% delle proprie capacità prestazionali);

- fornitura di tubi di iniezione e di sfiato, di tampone di tenuta e di teste ad espansione per i bulloni ad ancoraggio continuo;

- fornitura di piastre di ripartizione e dadi di bloccaggio;
- fornitura di testa ad espansione per i bulloni ad ancoraggio puntuale;
- iniezioni di boiaccia di cemento additivata con accelerante antiritiro nei bulloni ad ancoraggio continuo per conseguire l'aderenza del bullone alle pareti del perforo sull'intera lunghezza;
- messa in tensione del bullone per mezzo di dado avvitato all'estremità filettata, previa interposizione di piastra di ripartizione opportunamente sagomata secondo le prescrizioni del progetto esecutivo; il serraggio dei dadi verrà eseguito mediante chiave dinamometrica, coi valori della coppia che verranno di volta in volta comunicati dalla Direzione Lavori;
- ancoraggio alla testa dei bulloni di eventuali reti metalliche e scalette di rinforzo;
- opere provvisoriale, ponteggi, eventuale abbandono anche totale dei tubiforma e degli utensili di perforazione;
- prove sui materiali con tre prelievi per ogni carico di ancoraggi, giunti in cantiere, e sulla resistenza allo sfilamento (pull-out test) degli ancoraggi, da effettuare nel numero, con le modalità, e prescrizioni ordinate dalla Direzione Lavori e comunque non meno dell'1% dalla produzione totale;
- misurazioni delle variazioni della tensione dei bulloni; ripristino della tensione prescritta sino ad avvenuta stabilizzazione dei fenomeni.
- detti bulloni pur essendo utilizzati sia come ancoraggi continui che ancoraggi puntuali non necessitano di alcuna filettatura, in quanto la tecnologia non prevede che quest'ultima vi sia.

## **7.7 RIVESTIMENTO IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO DI GALLERIE E POZZI DI AERAZIONE**

### **7.7.1 Rivestimento di prima fase in conglomerato cementizio spruzzato**

Il rivestimento di prima fase delle pareti di scavo di gallerie e pozzi di aerazione sarà eseguito con conglomerato cementizio spruzzato, negli spessori indicati in progetto. La superficie in vista del conglomerato cementizio, sulla quale sarà applicata l'impermeabilizzazione costituita da una guaina in PVC con interposto strato di geotessile, dovrà presentarsi regolare, priva di asperità e di ferri sporgenti. Eventuali irregolarità, che a giudizio insindacabile della Direzione Lavori potrebbero danneggiare l'impermeabilizzazione, dovranno essere conguagliate a cura e spese dell'Impresa mediante apporto di conglomerato cementizio. I ferri eventualmente sporgenti dal rivestimento dovranno essere accuratamente ripiegati e inglobati nel conglomerato.

Il conglomerato cementizio (miscela base), da applicare a spruzzo per il rivestimento di prima fase, dovrà essere confezionato nel rispetto delle prescrizioni delle presenti Norme; dovrà avere classe di resistenza a 28 gg. di maturazione, misurato in opera tramite l'esecuzione di carotaggi, conforme alle indicazioni progettuali e comunque non inferiore a C 25/30 MPa (con le seguenti resistenze iniziali di almeno: 13 MPa a 48 h e 30MPa a 28 gg., salvo diverse disposizioni progettuali) confezionato con impiego di aggregati di appropriata granulometria continua e di dimensioni non superiori a 12 mm, tali da poter essere proiettati sia con il metodo "ad umido" che con il metodo "a secco" con le normali attrezzature da "spritzi"; il rapporto acqua/legante, compreso l'apporto dato dall'accelerante di presa, qualora fosse di tipo liquido, non dovrà essere superiore a 0,5.

Per conseguire fluidità, coesione e rapidità di presa, senza compromettere le caratteristiche di resistenza del conglomerato, potranno essere impiegati cementi di tipo I o II, tutti di classe 42,5 o 42,5 R in ragione di minimo 300 kg per metro cubo di impasto.

Nel caso di tecnologia ad umido si dovrà inoltre fare uso costante di additivi riduttori d'acqua ad azione iper-fluidificante, ed acceleranti di presa del tipo ALKALI FREE (con tenore di alcali < dell'1%), in soluzione o sospensione liquida, oppure in polvere, compatibili con il cemento impiegato.

Trattasi in particolare di:

- additivo riduttore d'acqua iper-fluidificante in grado di mantenere la consistenza del conglomerato (miscela base) costante per 90 minuti;
- silice ad elevata superficie specifica, silicafume, in ragione del 5-10% del peso del cemento attivata e compattata.
- additivo accelerante di presa del tipo ALKALI FREE (con tenore di alcali < dell'1%) utilizzato in quantità non superiore del 7% (con la tolleranza dell'1%) se in soluzione o sospensione liquida, e non superiore del 4,5% (con la tolleranza dell'1%) se in polvere.

L'accelerante dovrà essere aggiunto in corrispondenza della lancia di proiezione ed il calcolo della quantità di accelerante da utilizzarsi sarà eseguito peso/peso. Ad ogni carico di accelerante giunto in cantiere, l'Impresa dovrà consegnare alla Direzione Lavori, copia fotostatica del Documento di Trasporto. Il tipo di prodotto che l'Impresa intenderà utilizzare dovrà essere accompagnato da idonea certificazione, rilasciata da un laboratorio ufficiale attestante l'effettivo contenuto massimo in alcali presente, la capacità di accelerazioni del prodotto dosato ai massimi dosaggi consentiti dalle presenti Norme, nonché il raggiungimento dei requisiti meccanici richiesti dal progetto (resistenza a 24 e 48 h ed a 28 gg) nel certificato dovrà essere inoltre specificata la quantità ed il tipo di cemento utilizzato per l'esecuzione della prova, dovrà essere inoltre specificata la cementeria produttrice e lo stabilimento di provenienza del legante. Il cemento adottato per l'esecuzione della prova dovrà essere lo stesso da utilizzarsi durante il corso delle lavorazioni.

La certificazione dovrà inoltre contenere quanto segue:

- la resistenza a compressione a 28 d di maturazione su provini riguardanti la miscela base;
- le classi granulometriche, le quantità utilizzate e la cava di provenienza degli aggregati;
- il tipo ed il dosaggio dell'additivo iper-fluidificante nonché la risultanza della verifica del mantenimento della lavorabilità dopo 90 minuti dalla confezione dell'impasto;
- il tipo ed il dosaggio del prodotto auto-stagionante;
- il tipo ed il dosaggio della silice ad alta superficie specifica;
- il tipo e il dosaggio delle fibre metalliche (per i due metodi).

Tutti i materiali adottati per l'esecuzione delle prove dovranno essere gli stessi da utilizzarsi durante il corso delle lavorazioni. Qualsiasi cambiamento di materiale utilizzato per la confezione del calcestruzzo spruzzato implica la presentazione di una nuova certificazione atta a comprovare la bontà della soluzione adottata. La mancata presentazione della certificazione richiesta comporterà la non autorizzazione all'utilizzo dei materiali prescelti.

Al fine di conferire al sistema ALKALI FREE una adeguata capacità di autosostentamento, l'operatore alla lancia, dovrà curarsi di distribuire il calcestruzzo uniformemente, a più riprese, in strati di lieve spessore su tutta la sezione da rivestire senza creare sovrassessori puntuali (non maggiori di 5 cm per ogni passata).

La classe di consistenza della miscela base dovrà essere conforme alle prescrizioni di progetto con caratteristiche costanti dal momento del confezionamento sino al momento della proiezione per 90 min.

Al fine di consentire una migliore maturazione in opera del calcestruzzo spruzzato, alla miscela base dovrà essere aggiunto, in fase di confezione, un additivo "autostagionante" che permetta al conglomerato di conseguire

una maturazione umida tale da evitare il crearsi di fessurazioni e tale da consentire uno sviluppo ottimale in opera, delle resistenze.

La qualifica preliminare del conglomerato cementizio, le prove sui materiali e sul conglomerato fresco, per quanto non espressamente definito nel presente articolo, dovranno essere effettuati con l'osservanza di quanto disposto nelle presenti Norme.

I controlli della resistenza del conglomerato saranno verificati esclusivamente in opera mediante l'esecuzione di carotaggi in parete (per le resistenze a 28 gg); dovrà essere effettuato su provini cilindrici (carotaggi) prelevati secondo norma UNI 10843.

Per normalizzare i risultati ottenuti su carote aventi rapporti h/d diversi da 1 si prenderà in considerazione la snellezza  $\lambda = h/d$ .

La stima della resistenza cubica  $R_c$  (MPa) del calcestruzzo proiettato a partire dalla resistenza compressione sui cilindri  $f_{\lambda}$  (MPa) dovrà essere calcolata secondo la seguente formula:

$$R_c = \frac{2,5}{1,5 + 1/\lambda} f_{\lambda}$$

Al fine di tenere nella dovuta considerazione l'effetto di disturbo indotto nel calcestruzzo, il valore di  $R_c$  dovrà essere incrementato del 20%.

In base ai risultati ottenuti, la resistenza cubica caratteristica a compressione ( $R_{ck}$ ) viene stimata secondo quanto indicato nella normativa vigente

Negli attimi precedenti alla proiezione del conglomerato, dovranno essere confezionati per ogni giorno di getto, n. 2 provini di calcestruzzo privo di accelerante al fine di accertare l'effettivo abbattimento delle resistenze causato dall'aggiunta dello stesso; i provini saranno sottoposti a controllo così come previsto dalle presenti Norme Tecniche.

Il controllo, ai fini della contabilizzazione, della resistenza caratteristica sarà eseguito esclusivamente sulla scorta dei risultati della rottura a compressione dei carotaggi eseguiti in opera.

Qualora le resistenze alle diverse maturazioni fossero inferiori a quanto previsto verranno applicate delle penalità. Le prove per la determinazione della resistenza stimata saranno eseguite dal personale tecnico della Direzione Lavori in contraddittorio con il personale tecnico dell'Impresa, la quale dovrà farsi carico di tutti gli oneri relativi alle prove eseguite.

Le rotture a compressione delle carote andranno eseguite presso i Laboratori indicati dalla Direzione Lavori. Sul conglomerato fibrorinforzato con frequenza settimanale, si determinerà la quantità di energia assorbita mediante punzonamento su piastra.

Tale valore dovrà risultare conforme alle indicazioni progettuali e comunque superiore a 500 Joule. Qualora i valori riscontrati fossero inferiori a quanto previsto verranno applicate delle penalità.

Quando gli spessori minimi rilevati dalla misurazione dei prelievi eseguiti in opera, fossero inferiori a quelli minimi previsti, la Direzione Lavori sospenderà le successive fasi delle lavorazioni fino a che non siano stati ripristinati gli spessori minimi progettualmente richiesti.

Il rivestimento di prima fase in conglomerato cementizio spruzzato, in relazione alle previsioni di progetto, potrà essere armato con fibre di acciaio.

Le fibre di acciaio per la confezione del conglomerato armato con fibre dovranno essere realizzate con filo ottenuto per trafilatura a freddo di acciaio a basso contenuto di carbonio, del diametro di 0,5 mm circa, avente tensione di rottura per trazione ( $f$ ) > di 1.200 MPa e tensione di scostamento dalla proporzionalità avente rapporto di aspetto ( $L/D$ ) = 60 ed avere le estremità sagomate ad uncino.

Per agevolare l'uniforme distribuzione delle fibre nell'impasto, le stesse dovranno essere confezionate in pacchetti di più fibre affiancate, tra loro unite con speciale collante rapidamente solubile nell'acqua d'impasto. La quantità di fibre di acciaio da impiegare per l'armatura del conglomerato cementizio spruzzato dovrà essere quella prevista in progetto; le fibre dovranno essere incorporate nel conglomerato già impastato avendo cura che la loro immissione e l'ulteriore miscelazione dell'impasto avvengano immediatamente prima della posa in opera.

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

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

La frequenza dei controlli dovrà essere di almeno un prelievo ogni 50 m<sup>3</sup> di conglomerato e comunque per ogni giorno di getto.

Lo strato superficiale del conglomerato cementizio spruzzato, per uno spessore di 3 cm, dovrà essere steso senza impiego di fibre d'acciaio allo scopo di evitare possibili danni alla soprastante guaina impermeabile in PVC. Per eventuali vuoti conseguenti ad irregolarità della sezione di scavo, l'Impresa dovrà procedere riempiendo, a sua cura e spese, con conglomerato cementizio spruzzato fibrorinforzato dato anche a più strati.

Nel caso invece di caverne naturali non previste negli elaborati progettuali o di cavità causate da cedimenti o franamenti non imputabili, a giudizio insindacabile della Direzione Lavori, a negligenza dell'Impresa, si potrà proporre alla Società la contabilizzazione dei riempimenti di conglomerato o di murature di bloccaggio o di iniezione d'intasamento, seguendo la procedura utilizzata per i danni di forza maggiore.

Le norme di cui al presente articolo, si applicano anche per il conglomerato impiegato nel rivestimento delle pareti del cunicolo di drenaggio delle acque.

### **7.7.2 Rivestimento di seconda fase in conglomerato cementizio**

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

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

Prima della posa in opera dell'impermeabilizzazione, e quindi del rivestimento, a totale cura e spese dell'Impresa dovrà essere eseguito, in contraddittorio con la Direzione lavori, un rilievo del profilo di scavo, per tratti pari alla lunghezza del cassero, mediante misure topografiche, al fine di accertare le effettive quantità di conglomerato cementizio da porsi in opera.

Nel mentre si richiamano integralmente le norme sui conglomerati cementizi, si stabilisce che il conglomerato cementizio impiegato per il rivestimento di seconda fase dovrà avere caratteristiche conformi alle previsioni di progetto, restando a carico dell'Impresa i maggiori spessori realizzati.

In particolari condizioni e quando previsto dal progetto, al fine di aumentare l'impermeabilità e la pozzolanicità del rivestimento e diminuire il calore d'idratazione del conglomerato potrà essere impiegata, in ragione del 10% sul peso del legante, della silice ad alta superficie specifica attivata e compattata in ragione di una percentuale sul peso del legante, in funzione delle prestazioni del conglomerato richieste dal Progettista.

L'Impresa ha l'obbligo di non eseguire alcun getto prima che l'incaricato della Direzione Lavori abbia effettuato i controlli e le verifiche del caso.

La Direzione Lavori si riserva in ogni modo la facoltà di procedere in qualsiasi momento, anche ad opera ultimata ed anche con metodi non distruttivi, alla verifica, a cura e spese dell'Impresa, dei prescritti spessori di rivestimento e dell'eventuale presenza di vuoti all'estradosso delle murature.

In caso di presenza di vuoti dietro all'estradosso del rivestimento di seconda fase, l'Impresa, a sua cura e spese, dovrà colmare detti vuoti mediante iniezioni a pressione di malte di cemento e sabbia additate con espansivo, previa esecuzione di fori di diametro e passo appropriato sul rivestimento.

Dovrà essere particolarmente curata la ripresa con i getti precedenti, la preparazione e la pulitura delle superfici con le quali i getti stessi dovranno venire a contatto. In particolare, si dovranno adottare degli accorgimenti tali da evitare assolutamente il formarsi d'incrostazioni cementizie, aventi stabilità precaria soprattutto in corrispondenza dei giunti di ripresa dei getti.

La superficie in vista dei getti di rivestimento dovrà essere perfettamente pulita, liscia, esente da vespai, fessure e da qualsiasi altra imperfezione imputabile ad una non corretta posa in opera, essere impermeabile secondo la normativa vigente (detta prova andrà eseguita con la frequenza di una per ogni concio di rivestimento), essere regolare e con profilatura secondo i disegni progetto, curata in modo particolare nei tratti in curva.

Quando la Direzione Lavori, a suo insindacabile giudizio, riterrà che la superficie del rivestimento non sia conforme a quanto prescritto, in caso di ammaloramenti puntuali ordinerà la rimozione ed il ripristino degli stessi a cura ed onere dell'Impresa.

In entrambi i casi, le fasi di rimozione, di preparazione delle superfici e la successiva fase di maturazione dovranno essere quelle previste dalle presenti Norme Tecniche.

L'armatura dell'arco rovescio dovrà essere posata previa rimozione del materiale smosso e solamente dopo aver posto in opera, uno strato di minimo 10 cm di magrone avente classe di resistenza > 16/20 MPa.

Il getto armato dell'arco rovescio dovrà inoltre avvenire entro apposite casseforme che conferiscano al conglomerato cementizio indurito la forma geometrica prevista dal progetto; sulla superficie della cassaforma dovranno essere predisposti appositi fori di sfianto, in numero tale da evitare il formarsi di bolle d'aria all'interno del calcestruzzo.

La classe di consistenza del calcestruzzo dovrà essere conforme alle prescrizioni di progetto

L'arco rovescio sarà considerato transitabile dai mezzi di cantiere, quando avrà raggiunto un valore di resistenza a compressione > 6 MPa.

Eventuali sovra-scavi dell'arco rovescio, dovranno essere riempiti e risagomati con conglomerato cementizio strutturale avente classe di resistenza  $\geq$  32/40 MPa; gli oneri per detta lavorazione saranno a totale carico dell'Impresa.

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

In presenza di particolari fenomeni deformativi la lunghezza dei campioni dovrà essere opportunamente ridotta, secondo le prescrizioni della Direzione Lavori.

Per i getti da eseguirsi in presenza d'acqua, l'Impresa dovrà provvedere, a sua cura e spese, ad attuare adeguati sistemi di captazione e di drenaggio, così come prescritto precedentemente.

### 7.7.3 Casseforme

Le casseforme dovranno essere atte a garantire superfici di getto regolari ed a perfetta regola d'arte; in tal senso l'Impresa provvederà, a sua cura e spese, alla posa d'opportuni ponteggi ed impalcature, previa presentazione ed approvazione da parte della Direzione Lavori dei relativi progetti.

Dovranno essere impiegati prodotti disarmanti aventi i requisiti conformi alle norme tecniche vigenti e le modalità d'applicazione dovranno essere quelle indicate dal produttore evitando accuratamente aggiunte eccessive e ristagni di prodotto sul fondo delle casseforme.

La Direzione Lavori eseguirà un controllo della quantità di disarmante impiegato in relazione allo sviluppo della superficie di casseforme trattate.

Dovrà essere controllato inoltre che il disarmante impiegato non macchi o danneggi la superficie del conglomerato.

A tale scopo saranno usati prodotti efficaci per la loro azione specifica escludendo i lubrificanti di varia natura. Dal giornale lavori del cantiere dovrà risultare la data d'inizio e di fine dei getti e del disarmo.

È responsabilità dell'Impresa garantire la conformità delle attrezzature in funzione delle opere da realizzare ed all'impiego d'idonei prodotti disarmanti. In linea generale si prescrive quanto segue:

- a) casseforme per il contenimento del getto di conglomerato cementizio di rivestimento delle gallerie: dovranno essere impiegate casseforme metalliche montate su carro portaforme, munite di sistema di movimentazione idraulico; la struttura dovrà essere opportunamente irrigidita e controventata, dimensionata per non subire deformazioni sotto carico, con la superficie a contatto del conglomerato liscia e conforme alla generatrice di progetto, tale da assicurare ai getti una rifinitura perfettamente regolare;
- b) casseforme per il contenimento del getto di conglomerato cementizio di rivestimento dei pozzi d'aerazione: dovranno essere impiegate casseforme metalliche, rampanti, munite di sistema di sollevamento idraulico.

La struttura dovrà essere opportunamente irrigidita e controventata, dimensionata per non subire deformazioni durante le varie fasi di lavorazione e per non alterare la geometria di progetto dei getti che dovranno essere perfettamente lisci e privi d'irregolarità nelle generatrici superficiali.

Compreso inoltre gli occorrenti ponteggi ed impalcature.

#### **7.7.4 Impermeabilizzazione di gallerie e pozzi d'aerazione**

L'impermeabilizzazione delle pareti delle gallerie e dei pozzi d'aerazione è posta fra i rivestimenti di conglomerato cementizio di prima e di seconda fase.

Consiste essenzialmente in uno strato di compensazione in geotessile non tessuto a filo continuo in polipropilene o poliestere del peso di 400 g/mq ed in una guaina in PVC, dello spessore di 2 mm e densità  $\geq 1.3$  g/mc.

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

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

#### **7.7.5 Strato di compensazione in geotessile**

Sul rivestimento di prima fase, preparato come al punto precedente, dovrà essere steso uno strato di geotessile del tipo autoestinguente, di peso non inferiore a 400 g/m<sup>2</sup>, come strato di compensazione con funzione anti-punzonante.

Le prove dovranno essere effettuate presso Laboratori qualificati, a cura e spese dell'Impresa e sotto il controllo della Direzione Lavori, preliminarmente sul materiale approvvigionato in cantiere, prima del suo impiego; successivamente sul materiale prelevato durante il corso dei lavori.

La campionatura del materiale dovrà essere fatta secondo la Norma UNI 8279/Parte 1, intendendosi per N l'unità elementare di un rotolo.

Dalle prove dovranno essere soddisfatti i seguenti requisiti:

peso (UNI 5114)	> 400 g/m <sup>2</sup>
resistenza a trazione su striscia di cm 5 (UNI 8639)	> 25 kN/m
allungamento (UNI 8639)	> 80%
lacerazione (UNI 8279/9)	> 1,6 kN
punzonamento (UNI 8279/14)	> 5 kN
Resistenza al fuoco (CSE RF 1/75/A) e DIN 4102	Classe 1 Classe B2
permeabilità radiale all'acqua alla pressione di 0,002 MPa (UNI 8279/13)	> 0,5 cm/s

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

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

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

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

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

## **7.8 INTERVENTI CONSERVATIVI DI PRECONSOLIDAMENTO, PRESOSTEGNO E PRECONTENIMENTO**

### **7.8.1 Pre-consolidamento del fronte di scavo con tubi in vetroresina**

Pre-consolidamento del fronte di scavo in gallerie in presenza di terreni coesivi, semi-coesivi ed in genere di natura argillosa soggetti ad alterazione chimico fisiche e a fenomeni d'estrusione del nucleo tendenti a muoversi verso la parte già scavata; eseguito mediante tubi in vetroresina forniti e posti in opera entro perfori eseguiti in avanzamento, in anticipo sugli scavi, compreso il loro inghisaggio con iniezione di miscela cementizia ad alta o a bassa pressione.

### 7.8.1.1 Geometria del trattamento e tolleranza

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

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

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

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

### 7.8.1.2 Tracciamento e perforazione

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

La perforazione dovrà essere eseguita a secco con idonea attrezzatura, impiegando preferibilmente utensili ad elica; avrà andamento orizzontale, sub-orizzontale o comunque inclinato; il diametro sarà di 100÷120 mm e dovrà essere spinta a qualsiasi profondità oltre il fronte d'avanzamento in galleria; compreso l'attraversamento dello strato di conglomerato cementizio spruzzato sul fronte di scavo e degli eventuali strati rocciosi, l'eventuale rivestimento del foro nonché l'allontanamento dei materiali di risulta ed il trattamento dei fanghi secondo quanto disposto dalle Leggi vigenti.

### 7.8.1.3 Tubo in vetroresina

Il tubo in vetroresina dovrà essere prodotto con resina poliestere termoindurente rinforzata con fibre di vetro; il contenuto in peso della fibra di vetro non dovrà essere inferiore al 55%.

Il tubo dovrà avere le dimensioni previste in progetto; l'aderenza della superficie esterna del tubo dovrà essere migliorata mediante fresatura elicoidale della profondità di almeno 1 mm od altro procedimento equivalente che conferisca al tubo elevata resistenza allo sfilamento.

La lunghezza del tubo dovrà essere conforme a quella di progetto, fino ad un massimo di 15,00 m, ottenuto preferibilmente con un'unica barra; ove si dovessero effettuare giunzioni, resta a carico dell'Impresa la fornitura dei necessari manicotti e collanti che dovranno garantire, anche in corrispondenza del giunto, la medesima resistenza a trazione e taglio.

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

### 7.8.1.4 Iniezione di miscela cementizia

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

La composizione della miscela, salvo diverse disposizioni della Direzione Lavori, dovrà essere conforme alle prescrizioni di progetto.

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

La resistenza a compressione a 48 h dovrà essere quella prevista in progetto e comunque non inferiore a  $> 5/6$  MPa; a 7 gg  $> 7/8$  MPa; a 28 gg  $> 28/35$  MPa su provini cubici di 10 cm di lato. I prelievi saranno eseguiti nella misura di uno per ogni giorno d'iniezione. Qualora non fossero raggiunte le resistenze previste saranno applicate delle penali.

#### 7.8.1.5 Documentazione dei lavori

L'esecuzione d'ogni trattamento di pre-consolidamento con tubi di vetroresina sarà documentata mediante compilazione da parte dell'Impresa, in contraddittorio con la Direzione Lavori, di un'apposita scheda contenenti le seguenti registrazioni:

- identificazione di ciascun tubo, con riferimento alla sezione tipo di progetto;
- data d'esecuzione delle perforazioni e delle relative iniezioni;
- lunghezza di ciascun tubo;
- assorbimento di miscela nell'iniezione di ciascun tubo;
- marca d'additivo impiegato;
- tipo cemento e cementeria di produzione;
- numero di verbale di confezione dei provini.

Tale scheda dovrà essere riportata su apposito modello che sarà trasmesso dall'Impresa alla Direzione Lavori.

## 7.8.2 Pre-consolidamento del terreno al contorno dello scavo mediante iniezioni di miscele cementizie

Pre-consolidamento del terreno sotto l'arco rovescio, mediante iniezioni di miscele cementizie molto fluide e stabili, ad alta capacità di permeazione, a base di cementi microfini che presentano superficie specifica Blaine fino a  $12.000 \text{ cm}^2/\text{g}$ , con granuli di dimensioni comprese fra  $1 \div 25 \text{ }\mu\text{m}$ .

Le iniezioni dovranno essere eseguite in avanzamento in arco rovescio, secondo le previsioni di progetto e/o le prescrizioni della Direzione Lavori.

### 7.8.2.1 Geometria dei trattamenti

Il pre-consolidamento, costituito essenzialmente da una successione d'archi a geometria tronco-conica iniettati in avanzamento rispetto al fronte di scavo, ciascuno della lunghezza prevista in progetto, dovrà garantire il raggiungimento della resistenza prescritta sul contorno della sezione di scavo (compresi i piedritti ma escluso l'arco rovescio) per tutto il tratto da consolidare.

### 7.8.2.2 Descrizione dei trattamenti – Messa a punto della tecnologia – Campo prove

Le iniezioni saranno effettuate impiegando tubi valvolati introdotti in appositi perfori all'interno del terreno da consolidare.

I perfori, eseguiti sul contorno della sezione di scavo della galleria, in avanzamento rispetto al fronte di scavo, potranno essere orizzontali, sub-orizzontali o comunque inclinati, di diametro  $\geq$  di 50 mm, eventualmente rivestiti. Preliminarmente saranno eseguite iniezioni di guaina tra le pareti del perforo ed il tubo e successivamente quelle di consolidamento, iniettando in pressione attraverso le valvole; tali iniezioni saranno

eseguite in più fasi con miscele cementizie additivate eseguite a bassa pressione tra tubo e perforo e ripetute ad alta pressione, attraverso le valvole per il pre-consolidamento.

Il tubo impiegato sarà in vetroresina del tipo a aderenza migliorata del diametro 40/60 mm e spessore 10 mm; le giunzioni dei tubi saranno eseguite con i necessari manicotti e collanti che dovranno garantire, anche in corrispondenza del giunto, la medesima resistenza a trazione e taglio dei tratti di tubo giuntati. Il tubo sarà corredato del tappo di fondo, del tubo di sfogo dell'aria e delle valvole per l'iniezione, costituite da manicotti di gomma di spessore 3,5 mm.

Il terreno consolidato dovrà presentare le caratteristiche meccaniche progettuali ulteriormente riportate nella tabella che segue, uniformemente distribuite nell'ambito dei volumi minimi considerati:

Caratteristiche meccaniche del terreno consolidato	Intervallo della prova	
	Dopo 48h dalla iniezione	Dopo 7gg dalla iniezione
Resistenza a compressione semplice	>5MPa	>7,5MPa

L'Impresa, a sua totale cura e spese e sotto il controllo della Direzione Lavori, provvederà alla messa a punto della tecnologia d'intervento procedendo preliminarmente, mediante prove e sondaggi, alla determinazione delle caratteristiche geomeccaniche, livello di falda e permeabilità del terreno da consolidare.

In base ai risultati ottenuti definirà:

- la quantità e distribuzione dei tubi d'iniezione;
- il passo delle valvole;
- la composizione delle miscele con specifico riferimento alla viscosità, che dovrà essere bassa per eseguire le iniezioni in tempi brevi, il rapporto acqua cemento e l'impiego d'additivi adeguati;
- la finezza del cemento;
- la pressione d'iniezione, che di norma dovrà essere inferiore a quella di cedimento del sistema (clacquage).

L'Impresa dovrà inoltre eseguire, sempre a sua cura e spese, sotto il controllo della Direzione Lavori, la verifica degli effetti indotti nel terreno ed infine l'accertamento dell'uniformità e delle caratteristiche meccaniche del terreno consolidato mediante prove in sito ed in laboratorio su campioni prelevati con carotaggi.

L'Impresa potrà dare corso ai trattamenti soltanto dopo che la Direzione Lavori avrà espresso il suo benestare in base ai risultati delle prove di cui sopra, con l'avvertenza che in ogni caso tale benestare non ridurrà la responsabilità dell'Impresa circa il raggiungimento delle prescrizioni progettuali in termini di spessore e resistenza del terreno consolidato.

### 7.8.2.3 Esecuzione dei trattamenti

Le attrezzature impiegate dovranno essere in grado di eseguire le lavorazioni richieste con la necessaria continuità per assicurare l'uniformità dei trattamenti; i tubi d'iniezione dovranno essere atti a resistere a pressioni non inferiori a 8 MPa; l'impianto di miscelazione dovrà essere munito di dispositivi di pesatura del cemento e di misura dell'acqua, dosatore d'additivi e conta cicli di miscelazione progressivo; la centrale d'iniezione sarà attrezzata con pompe ad alta pressione munite di manometri posti a bocca foro, con certificato ufficiale di taratura.

Lo scavo della galleria in corrispondenza delle tratte consolidate dovrà essere condotto dall'Impresa con le dovute cautele, verificando in avanzamento l'efficacia dei trattamenti effettuati.

Qualora si dovessero riscontrare variazioni sensibili nelle caratteristiche dei terreni attraversati rispetto a quelle assunte inizialmente per la messa a punto del sistema, l'Impresa, a sua cura e spese, dovrà verificare puntualmente l'idoneità dei parametri adottati provvedendo eventualmente ad una loro ritaratura in corso d'opera.

L'Impresa in ogni caso dovrà procedere a continui sondaggi nei trattamenti effettuati per verificare la rispondenza alle prescrizioni progettuali relativamente a resistenze e spessori.

A carico dell'Impresa si considerano tutte le operazioni preliminari di sondaggio, prove, progettazione e campo prove; le verifiche in avanzamento; la documentazione dei lavori; l'ubicazione dei punti di trattamento; le operazioni di perforazione ed infissione dei tubi valvolati; l'esecuzione delle iniezioni di guaina e di quelle di consolidamento, compreso la fornitura di tutti i materiali ed in particolare:

- il cemento da impiegare nelle iniezioni di guaina e di consolidamento in terreni molto aperti, caratterizzati da un coefficiente di permeabilità fino a  $10^{-2}$  m/s, sarà cemento del tipo normale;
- per le iniezioni di consolidamento in terreni con coefficiente di permeabilità minori di  $10^{-2}$  m/s, si useranno cementi microfini, con superficie specifica Blaine fino a 12.000  $\text{cm}^2/\text{g}$ ; acqua; additivi fluidificanti, ecc.;

salvo diverse disposizioni progettuali e/o della Direzione Lavori.

Sono altresì a carico dell'Impresa eventuali superfici di parete consolidata eccedenti le dimensioni teoriche di progetto.

#### 7.8.2.4 Controlli

I controlli, a cura e spese dell'Impresa, in contraddittorio con la Direzione Lavori e con la frequenza di seguito indicata, dovranno essere finalizzati a verificare le congruenze dei risultati conseguiti con le tolleranze ammesse e le soglie minime di resistenza.

Lo spessore dello strato di terreno consolidato, la sua resistenza a compressione dovranno essere accertati mediante carotaggi a rotazione continua con batteria d'aste e doppio carotiere tipo T2 e/o T6S con corone diamantate di diametro nominale > 100 mm, con la frequenza di almeno tre carotaggi per ogni 10 m di galleria pre-consolidata.

I carotaggi dovranno essere eseguiti dopo l'applicazione del rivestimento di prima fase in conglomerato cementizio spruzzato, posizionandoli nei punti scelti dalla Direzione Lavori, con andamento radiale rispetto all'asse della galleria e dovranno essere spinti per l'intero spessore dello strato di terreno consolidato fino a penetrare nel terreno naturale.

Le carote estratte devono essere custodite con cura in apposite cassette catalogatrici.

In questa fase dovrà essere determinato l'indice R.Q.D. (Indice di Recupero Modificato) espresso come percentuale di recupero del carotaggio tenendo conto dei soli spezzoni di carota di lunghezza > 100 mm:

Da ogni carota saranno selezionati alcuni spezzoni da sottoporre a prove di resistenza a Compressione semplice nei diversi tempi di maturazione

$$\text{R.Q.D.} = \frac{\text{Somma della lunghezza degli spezzoni} \geq 100}{\text{Lunghezza perforata}} \times 100$$

Qualora dalle prove di cui sopra risultasse che anche uno solo dei sottoelencati valori relativi al terreno consolidato:

- spessore dello strato;
- resistenza a compressione semplice;

- R.Q.D.;

Sono variati rispetto a quanto stabilito in progetto, con scostamenti in negativo superiori al 10%, sarà applicata una penale.

### 7.8.2.5 Documentazione dei lavori

L'esecuzione dei trattamenti sarà documentata mediante la compilazione da parte dell'Impresa, in contraddittorio con la Direzione Lavori, di una apposita scheda sulla quale si registreranno i dati seguenti:

- progressiva del trattamento misurata dall'imbocco della galleria;
- individuazione di ciascun punto d'iniezione nell'ambito d'ogni trattamento;
- per ogni singolo punto d'iniezione:
  - data d'inizio perforazione e termine iniezione;
  - profondità di perforazione, lunghezza del tubo d'iniezione;
  - numero delle valvole d'iniezione;
  - pressione della iniezione di consolidamento, tempo d'iniezione, assorbimento totale effettivo di miscela;
  - tipi e quantità degli additivi acceleranti e antiritiro impiegati.

Tale scheda dovrà essere riportata su apposito modello che sarà trasmesso dall'Impresa alla Direzione Lavori.

## 7.8.3 Presostegno mediante infilaggi

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

I tubi saranno connessi al terreno mediante iniezione a bassa pressione nella cavità anulare tra tubo e pareti del perforo. I tubi dovranno essere disposti in posizione orizzontale o sub orizzontale con geometria tronco conica e divergenza, rispetto all'asse della galleria, non superiore di norma a 6°.

Con i tubi che lavorano come travi continue su molti appoggi, questi ultimi costituiti dalle centine metalliche installate in fase d'avanzamento, si viene a creare una armatura a forma tronco-conica, solidarizzata all'ammasso circostante mediante iniezioni di cemento, a protezione dello scavo che avanza.

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

### 7.8.3.1 Tracciamento

Prima di iniziare ciascun rango di perforazione, l'impresa dovrà a sua cura e spese, individuare sul fronte d'avanzamento le posizioni degli infilaggi da contrassegnare con marche od altro, in modo da renderle facilmente individuabili.

### 7.8.3.2 Tolleranze geometriche

Le tolleranze ammesse sono le seguenti:

- la posizione della testa non dovrà discostarsi da quella di progetto più di 5 cm; salvo diverse prescrizioni della Direzione Lavori;
- la deviazione dell'asse dell'infilaggio rispetto all'asse di progetto non dovrà essere maggiore dell'1%;
- la lunghezza non dovrà differire di  $\pm 15$  cm da quella di progetto;
- la sezione dell'armatura metallica non dovrà risultare inferiore a quella di progetto;

- il diametro dell'utensile di perforazione dovrà risultare non inferiore al diametro di perforazione di progetto.

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

### 7.8.3.3 Attrezzature e tecniche di perforazione

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

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

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

- possibilità di eseguire perforazioni con rivestimento provvisorio fino ad almeno 15,00 m di lunghezza, con agevole e preciso posizionamento dei fori secondo la geometria tronco-conica o cilindrica tipica dell'applicazione;
- testa di rotazione con foro passante e con ingombro verso l'esterno non eccedente 35 cm rispetto all'asse della perforazione;
- slitta di scorrimento di costruzione sufficientemente rigida, dispositivi di guida delle aste ed apparecchi di stazionamento dell'attrezzatura tali da assicurare il rispetto delle tolleranze geometriche prescritte; la slitta non dovrà comunque subire spostamenti elastici superiori a 5 mm a seguito dell'applicazione, ad una qualsiasi delle sue estremità, di una forza di 100 kg in qualunque direzione nel piano ortogonale dell'asse di perforazione.

La perforazione deve essere condotta impiegando utensili atti ad ottenere fori del diametro previsto in progetto ed a consentire la regolarità delle successive operazioni d'infilaggio dei tubi e d'iniezione.

Di norma dovrà essere impiegato il rivestimento provvisorio, da tenere in opera fino ad avvenuto riempimento della cavità anulare tra il tubo e le pareti del perforo.

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

L'ordine d'esecuzione degli infilaggi nell'ambito di ciascun rango dovrà assicurare la non interferenza delle perforazioni e delle iniezioni con perfori in corso o nella attesa d'iniezione.

### 7.8.3.4 Confezione e posa delle armature tubolari

Le armature metalliche dovranno essere costituite da tubi d'acciaio tipo S355 senza saldatura longitudinale, del tipo per costruzioni meccaniche. Dovranno avere estensione, diametro e spessore come previsto in progetto.

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

Le armature tubolari dovranno essere dotate di distanziatori non metallici per assicurare un copriferro minimo di 1,5 cm, posizionati di preferenza sui manicotti di giunzione.

### 7.8.3.5 Formazione dell'infilaggio

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

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

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

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

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

Tubi non valvolati (tubi ciechi):

- riempimento della cavità anulare compresa tra il tubo e le pareti del perforo, ottenuto iniettando con apposito condotto d'iniezione ed otturatore semplice dalla testa del tubo.

Trattandosi di perfori posti di norma in posizione orizzontale o inclinati verso l'alto, dovranno essere adottati opportuni accorgimenti (tubetti di sfiato, otturatore sulla bocca del perforo, ecc.) per evitare che la miscela cementizia riempi solo parzialmente la cavità o ne fuoriesca.

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

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

#### **7.8.3.6 Composizione standard della miscela d' iniezione**

La composizione della miscela d'iniezione dovrà essere conforme alle prescrizioni di progetto.

#### **7.8.3.7 Controlli**

Nel corso delle operazioni d'iniezione si preleverà un campione della miscela d'iniezione almeno ogni cinque infilaggi. Con il campione di miscela saranno confezionati cubetti di 7÷10 cm di lato, da sottoporre a prove di resistenza cubica a compressione nella misura di almeno una prova per ogni cinque infilaggi.

La resistenza dovrà essere quella prevista in progetto e comunque superiore a > 30 MPa a 28 gg. Sul campione si determineranno altresì:

- peso specifico mediante bilancia;
- la decantazione (BLEEDING) mediante buretta graduata del diametro > 30 mm.

Il peso specifico dovrà risultare pari ad almeno il 90% di quello teorico, calcolato assumendo 3 g/cm<sup>3</sup> il peso specifico assoluto del cemento e 2,65 g/cm<sup>3</sup> quello degli aggregati, nell'ipotesi che non sia inclusa aria.

Nelle prove di decantazione, l'acqua separata in 24 h non dovrà superare il 3% in volume. Le modalità di prova dovranno essere conformi alle normative vigenti ed alle preventive richieste della Direzione Lavori.

#### **7.8.3.8 Documentazione dei lavori**

L'esecuzione d'ogni singolo infilaggio sarà documentata mediante la compilazione da parte dell'Impresa, in contraddittorio con la Direzione Lavori, di una apposita scheda sulla quale si registreranno i dati seguenti:

- identificazione dell'infilaggio;
- data d'inizio perforazione e termine dell'iniezione;
- profondità perforazione con inizio e fine tratto armato;
- assorbimento totale effettivo di miscela d'iniezione; per ogni fase d'iniezione ripetuta
- ad alta pressione: pressioni residue minime e quantità complessive iniettate.

Tale scheda dovrà essere riportata su apposito modello che sarà trasmesso dall'Impresa alla Direzione Lavori.

## 7.8.4 Precontenimento mediante trattamenti colonnari (colonne consolidate jet-grouting)

Si definiscono trattamenti colonnari quei trattamenti di pre-contenimento- impermeabilizzazione che stabilizzano il terreno mediante rimescolamento con una miscela legante d'acqua-cemento immessa a getto ad altissima pressione.

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

- dal fronte di scavo, in anticipo sugli scavi in avanzamento, con andamento orizzontale o sub orizzontale e geometria tronco conica, per formare un arco di terreno consolidato intorno alla sezione di scavo.

Le colonne di terreno consolidato dovranno risultare conformi agli elementi progettuali e comunque di diametro non inferiore a 60 cm; quelle eseguite in avanzamento dal fronte di scavo, con andamento tronco conico, dovranno presentare una divergenza rispetto all'asse della galleria non superiore di norma a 5°.

### 7.8.4.1 Soggezioni geotecniche ed idrogeologiche

Le tecniche di perforazione e le modalità d'iniezione della miscela stabilizzante dovranno essere messe a punto, in relazione alla natura dei materiali da trattare ed alle caratteristiche idrogeologiche locali, mediante esecuzione di colonne di prova nelle posizioni e quantità prescritte dalla Direzione Lavori.

Dovranno inoltre essere eseguite tutte le prove previste dai documenti di contratto ed inoltre l'esecuzione di un carotaggio continuo per tutta la lunghezza delle colonne, posizionato all'intersezione di due colonne contigue compenstrate.

Se dalle prove di cui sopra risulterà che non sono stati raggiunti i limiti di resistenza e continuità previsti dagli elaborati progettuali, la Direzione Lavori verificherà il sistema ed eventualmente proporrà al Progettista la revisione del progetto.

### 7.8.4.2 Caratteristiche delle attrezzature

Le attrezzature di perforazione dovranno essere idonee a garantire deviazioni non superiori all'1% rispetto all'asse teorico.

Quelle d'iniezione dovranno essere in grado di effettuare l'iniezione d'ogni colonna senza interruzioni, in un'unica fase, di norma almeno per profondità fino a 20÷25 m.

Dovranno essere muniti di dispositivi di comando e di contagiri per il controllo della velocità di rotazione delle aste ed inoltre di dispositivi per la regolazione della velocità d'estrazione delle aste stesse (temporizzatore a scatti o simili).

L'impianto di miscelazione dovrà essere del tipo a cicli ripetitivi con polmone d'accumulo ed agitatore di miscela e munito di dispositivi di pesatura del cemento e di misura dell'acqua, dosatore d'additivi e contacicli di miscelazione progressivo.

La centrale d'iniezione sarà attrezzata con pompe ad alta pressione, > 30 MPa, dotate di manometri posti a bocca foro, muniti di certificato ufficiale di taratura.

### 7.8.4.3 Tolleranze geometriche

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 del 1%;
- la lunghezza non dovrà differire di  $\pm 15$  cm da quella di progetto;
- il diametro delle colonne non dovrà in nessun caso risultare inferiore a quello nominale indicato in progetto.

#### 7.8.4.4 Esecuzione dei trattamenti

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

Le fasi di lavorazione comprendono:

- la perforazione a rotazione o rotopercolazione, di diametro adeguato, eseguita di norma con impiego di rivestimento provvisorio;
- l'iniezione di una miscela d'acqua e cemento tipo 42,5 o 42,5R, nel rapporto in peso compreso tra 0,5/1 e 1/1, con l'impiego d'additivi stabilizzanti, fluidificanti, acceleranti o ritardanti di presa, espansivi, impermeabilizzanti, antidilavamento, ecc., secondo le disposizioni della Direzione Lavori;
- la sigillatura del foro, ad iniezione ultimata, per impedire la fuoriuscita della miscela.

La pressione d'iniezione della miscela a bocca foro dovrà essere superiore a 30 MPa e 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 d'iniezione, a queste ultime è impresso un moto di rotazione ed estrazione a velocità predeterminata, tale comunque da soddisfare le seguenti condizioni:

- velocità di rotazione:  $10 \div 20$  giro/min;
- velocità d'estrazione:  $1/2 \div 6$  m/min.

La resistenza a compressione semplice del terreno consolidato dovrà risultare conforme alle previsioni progettuali salvo diverse indicazioni della Direzione Lavori a seguito dei risultati ottenuti delle colonne di prova, d'intesa con il Progettista. Il valore R.Q.D. dovrà risultare non inferiore al 70%.

L'Impresa dovrà porre particolare cura alla raccolta e al trattamento dei fanghi di spurgo secondo le Leggi vigenti ed al loro allontanamento.

#### 7.8.4.5 Controlli

I controlli sui trattamenti colonnari, da eseguire a cura e spese dell'Impresa sotto il controllo della 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.

Il diametro delle colonne e la resistenza a compressione del terreno consolidato dovranno essere accertati mediante carotaggi a rotazione continua con batteria d'aste e doppio carotiere tipo T2 e/o T6S con corone diamantate di diametro nominale  $> 100$  mm, con la frequenza di almeno 3 carotaggi ogni 50 colonne eseguite.

I carotaggi dovranno essere eseguiti dopo l'applicazione del rivestimento di prima fase in conglomerato cementizio spruzzato, posizionandoli nei punti scelti dalla Direzione Lavori, con andamento radiale rispetto all'asse della galleria ed ortogonale rispetto all'asse della colonna e dovranno essere spinti per l'intero spessore delle colonne stesse fino a penetrare nel terreno naturale.

Le carote estratte devono essere custodite con cura in apposite cassette catalogatrici.

In questa fase dovrà essere determinato l'indice R.Q.D. (Indice di Recupero Modificato) espresso come percentuale di recupero del carotaggio tenendo conto dei soli spezzoni di carota di lunghezza > 100 mm:

Da ogni carota saranno selezionati alcuni spezzoni da sigillare con paraffina entro fustelle in PVC e da inviare in Laboratorio per le prove di resistenza a compressione.

Il corretto posizionamento delle colonne, la lunghezza e le eventuali deviazioni dell'asse saranno verificati a mano a mano che procedono gli scavi in sotterraneo. Qualora dalle prove di cui sopra risultasse che anche uno solo dei parametri sottoelencati:

- tolleranze geometriche;
- posizione dell'asse;
- deviazione dell'asse;
- diametro;
- lunghezza;
- resistenza a compressione semplice;
- valore R.Q.D;

è variato rispetto a quanto stabilito in precedenza, con scostamenti negativi superiori al 10%, sarà applicata una penale.

#### 7.8.4.6 Documentazione dei lavori

L'esecuzione d'ogni trattamento colonnare sarà documentata mediante la compilazione da parte dell'Impresa, in contraddittorio con la Direzione Lavori, di una apposita scheda sulla quale si registreranno i dati seguenti:

- identificazione della colonna;
- data d'inizio perforazione e termine iniezione;
- profondità di perforazione con inizio e fine del tratto consolidato;
- durata dell'iniezione;
- assorbimento totale effettivo di miscela d'iniezione;
- tipo e quantitativo d'additivi eventualmente impiegati.

Tale scheda dovrà essere riportata su apposito modello che sarà trasmesso dall'Impresa alla Direzione Lavori.

## 7.9 STAZIONI DI CONVERGENZA E STAZIONI SPECIALI

In generale, la tipologia, l'ubicazione e la frequenza del monitoraggio tensiodeformativo, è specificatamente prevista negli elaborati tecnici allegati al progetto.

Le stazioni di convergenza, salvo diverse disposizioni della Direzione Lavori, dovranno essere disposte immediatamente a ridosso del fronte di scavo, di norma a distanza non superiore al raggio di scavo in calotta. 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.

Ogni stazione è composta da 5 chiodi di lunghezza complessiva 1,00 m, fissati mediante resine alla roccia a ridosso del fronte di scavo.

Ciascun chiodo sarà composto da una parte della lunghezza di 25 cm, avente le caratteristiche indicate in progetto, saldato ad una base d'acciaio a aderenza migliorata secondo indicazioni di progetto.

Le stazioni speciali, da installare in galleria, ubicate secondo le prescrizioni del Progettista o della Direzione Lavori, saranno equipaggiate con strumentazione atta a rilevare le deformazioni all'interno delle formazioni attraversate oltre il contorno dello scavo, le pressioni radiali di contatto roccia-struttura di sostegno e le pressioni circonferenziali nel rivestimento.

Le deformazioni entro le formazioni attraversate, oltre il contorno dello scavo, saranno misurate mediante estensimetri multibase (da 2 a 6 basi), posti in opera mediante perforazioni eseguite in direzione radiale dall'interno della galleria, alla distanza prescritta della Direzione Lavori.

Nelle sezioni con debole copertura (di norma inferiore a 50 m) potrà essere richiesta l'installazione d'estensimetri multibase entro perforazioni verticali eseguite dal piano di campagna soprastante; in tal caso gli strumenti dovranno essere posti in opera e letti per la prima volta prima che il fronte di scavo raggiunga la progressiva della stazione speciale, allorché ne dista almeno 20÷30 m.

Le pressioni di carico saranno misurate mediante celle di carico opportunamente orientate ed installate contemporaneamente al rivestimento di prima fase sotto il piede delle centine.

Le pressioni neutre, da porre entro l'interno delle formazioni attraversate, a breve distanza dalla superficie di contatto del rivestimento di prima fase, saranno misurate mediante celle Casagrande o elettropneumatiche o piezoelettriche, in funzione della situazione piezometrica locale e della permeabilità del terreno.

La sensibilità delle celle non dovrà essere inferiore a 1/100 dell'ampiezza del campo di misura.

## **7.10 DRENAGGI IN GALLERIA**

### **7.10.1 Drenaggi sotto l'arco rovescio**

Il drenaggio sotto l'arco rovescio sarà eseguito secondo elaborati di progetto. Il materiale potrà provenire dagli scavi, essere d'idonea origine litologica, indicata dalla Direzione Lavori, e dovrà essere opportunamente selezionato, frantumato, vagliato e lavato.

### **7.10.2 Posa in opera dei tubi di raccolta acque posti sotto l'arco rovescio**

Gli elementi tubolari in PVC micro-fessurato saranno rivestiti con tessuto non tessuto, contornati da materiale drenante proveniente dagli scavi e rinfiancati con getto in calcestruzzo di tipo I/II con classe di resistenza > 16/20 MPa.

La mancata presentazione preventiva della certificazione d'origine comporta, da parte della Direzione Lavori, il rifiuto dell'intera fornitura ed il suo immediato allontanamento dal cantiere a cura e spese dell'Impresa.

### **7.10.3 Drenaggio di captazione d'acque di falda**

I drenaggi hanno la funzione di captare l'acqua di falda, qualunque sia la pressione, in avanzamento sugli scavi, allo scopo di consolidarne il terreno.

Tale pre-consolidamento potrà sussistere anche a lungo termine durante la fase d'esercizio della galleria; pertanto, si dovrà provvedere a raccogliere con apposito dispositivo le acque convogliate a tergo del rivestimento dai dreni. Essi saranno eseguiti mediante perforazione sia verticale sia orizzontale o comunque inclinata con idonee attrezzature a rotazione o rotopercolazione, eventualmente con impiego di rivestimento provvisorio.

All'interno del perforo sarà inserito un tubo microfessurato in PVC rigido con caratteristiche previste in progetto, eventualmente rivestito con calza di geotessile non tessuto in polipropilene, atta ad evitare l'intasamento dei fori.

Nel caso di drenaggi sottofalda in pressione, dovrà essere utilizzato un tubo filtrante con tratto cieco, che una volta messo in opera, quando il progetto lo prevede, dovrà essere inghisato.

## **7.11 INIEZIONI PER PERMEAZIONE DEI TERRENI E MISCELE DI INIEZIONE**

I trattamenti di consolidamento ed impermeabilizzazione dei terreni deve essere condotto mediante iniezioni per permeazione di miscela cementizia e silicatica, eseguite in più passate attraverso tubi in plastica dotati ogni 33 cm di valvole in plastica (tubi à manchettes), messi in opera entro fori eseguiti nel terreno e cementati con miscela plastica cementizia (guaina), secondo le geometrie indicate nel progetto.

### **7.11.1 Perforazioni, tubi valvolati, uso del preventer**

La perforazione, comunque inclinata, sarà eseguita a rotazione o rotopercolazione, con l'impiego di fluidi, sostenendo il terreno per mezzo di tubi provvisori in acciaio, con diametro complessivo del foro 90-100 mm, allo scopo di evitare detensionamenti del terreno stesso ovvero franamenti del foro. Essa sarà eseguita con utensili adatti ad ottenere il diametro del foro previsto ed a consentire la regolarità delle successive operazioni di posa in opera dei tubi valvolati.

La perforazione sarà remunerata per metro lineare di foro eseguito.

In caso di perforazioni da eseguire al di sotto del livello di falda, queste saranno condotte utilizzando un dispositivo che consenta di gestire l'acqua di spurgo in fase di perforazione ed impedisca la fuoriuscita d'acqua prima dell'inserimento del tubo valvolato. In questa situazione sul fronte di perforazione si fisserà preventivamente, in corrispondenza di ciascun foro da eseguire, un tubo di attesa di diametro superiore, su cui si collegherà un "blow-out preventer" atto a controllare il fluido di spurgo della perforazione in modo da evitare l'insorgere di fenomeni di sifonamento e tale da permettere la chiusura rapida del foro.

Il tubo di attesa e il suo attrezzaggio con il preventer saranno remunerati per ciascun foro attrezzato.

Al termine della perforazione, (tramite il preventer in caso di suo utilizzo), sarà posato in opera il tubo valvolato (a manchettes). Esso sarà in PVC ad alta resistenza, con diametro di 1" 1/8 ÷ 1" 1/2, e spessore 4÷5 mm. Il tratto valvolato sarà dotato di 3 valvole per ogni metro di lunghezza. Le valvole saranno costituite da fori di diametro 6.5 mm, protetti da una manichetta in gomma ABS, di 75÷100 mm di altezza, dotata di nervatura esterna longitudinale in modo da garantire a fatica il mantenimento della funzionalità a fronte dei numerosi colpi di pompaggio. Le manichette saranno esterne allo spessore del tubo e tenute in posizione mediante anelli in PVC termosaldati in due punti al tubo valvolato.

Ciascun tubo avrà le lunghezze dei tratti valvolati e dei tratti ciechi pari a quelle previste sui suoi disegni, e allo scopo di agevolare l'inserimento degli otturatori dovrà sporgere al di sopra del piano di lavoro di ulteriori 20 cm circa.

Gli elementi costituenti il tubo, dotati alle estremità di filettatura, sono giuntati testa a testa tramite manicotti filettati in plastica. Il primo elemento di un tubo, da inserire alla base del foro, deve essere dotato di un tappo a cono in plastica.

Lo spazio anulare tra la parete del foro e il tubo in PVC sarà riempito utilizzando una specifica miscela plastica (miscela di guaina) avente caratteristiche tali da permettere l'apertura delle valvole anche qualche settimana dopo la sua formazione.

La miscela di guaina sarà iniettata attraverso la valvola più profonda, verificandone il refluentoi a boccaforo. Il tubo valvolato sarà poi immediatamente lavato per assicurarne il successivo utilizzo per le iniezioni. Nel caso di utilizzo del preventer, questo sarà infine rimosso.

La posa del tubo valvolato e la relativa formazione della guaina cementizia plastica saranno remunerati a metro lineare di tubo in opera

L'uso del preventer sarà valutato con un sovrapprezzo sulla perforazione e sulla posa del tubo valvolato.

### 7.11.2 Miscela: composizione, proprietà reologiche e meccaniche

Nel corso della realizzazione degli interventi progettati dovranno essere utilizzate le seguenti miscele.

#### A. Miscela di guaina per la posa del tubo valvolato

Acqua	100 kg pari a 844 lt/mc di miscela
Cemento R32,5	50 kg pari a 422 kg/mc di miscela
Bentonite	5 kg pari a 42 kg/mc di miscela

#### Caratteristiche della miscela:

Massa volumica	1280÷1320 kg/mc
Viscosità Marsh	> 50"
Stabilità (bleeding)	99% dopo 3 ore
Resistenza	< 2 MPa

#### B. Miscela cementizia fine per l'iniezione per permeazione del terreno

Essa è costituita da sospensioni di leganti idraulici ad alta resistenza ed elevata finezza di macinazione con componenti inorganici a base di bentonite a elevata finezza.

Acqua	100 kg (868 lt/mc di miscela)
Cemento Portland 52,5	40 kg (348 kg/mc di miscela)
Bentonite (tipo Bentosund Y)	4 kg (35 kg/mc di miscela)
Additivo disperdente inorganico (tipo Lampserse HB)	0,3÷0,5 lt (2,6÷4,3 Lt/mc di miscela)

#### Caratteristiche della miscela

Massa volumica	1220÷1270 kg/mc
----------------	-----------------

Viscosità Marsh	35÷40"
Stabilità (bleeding)	99% dopo 3 ore
Stabilità alla filtropressa	< 90 cc dopo 30' a 7 atm

### C. Miscela silicatica per l'iniezione per permeazione del terreno

I componenti utilizzati per il confezionamento della miscela non devono essere inquinanti e il prodotto di reazione che si ottiene deve essere stabile nel tempo.

La miscela dovrà essere in grado di permeare sabbie anche molto fini, caratterizzate da coefficienti di permeabilità di 10-3 cm/s.

Si prevede di utilizzare, ad integrazione della miscela cementizia, una miscela chimica inorganica avente caratteristiche di elevatissima penetrabilità ed alta resistenza, adatta pertanto a migliorare le caratteristiche meccaniche del terreno da consolidare e a ridurre la permeabilità dello stesso, per effetto della sua capacità di permeare omogeneamente i meati anche delle frazioni più fini del terreno. La miscela silicatica monocomponente, è composta da silicato di sodio (a basso rapporto  $\text{SiO}_2/\text{Na}_2\text{O}$ ) miscelato con reagente inorganico a base di carbonato di calcio e acqua di diluizione. Il silicato ed il reagente vengono miscelati con l'acqua di diluizione nella centrale di iniezione e la miscela risultante viene iniettata in una unica fase. I componenti di base da diluire in acqua possono essere del tipo secco premiscelato o del tipo liquido da unire l'uno all'altro.

Particolare attenzione deve essere fatta nel dosaggio dei diversi componenti in quanto il tempo di gelificazione è fortemente influenzato dalla temperatura dell'ambiente.

Il tempo di gelificazione deve essere superiore a 45 minuti, tempo ritenuto sufficiente affinché la miscela raggiunga il punto di iniezione nel terreno, mantenendo una bassa viscosità anche quando deve essere pompata ad una certa distanza dalla centrale di iniezione (limite di lavorabilità). Le prove di laboratorio condotte su entrambi i tipi di miscela (con componenti secchi o liquidi) indicano in 15÷18 cP il valore massimo di viscosità accettabile per la lavorabilità, con successiva evoluzione fino alla presa.

Essa è composta da:

Acqua	400-500 l/mc
Silicato di sodio	350-450 kg/mc
Microcarbonato	200-300 kg/mc
Reagente inorganico	150-300 kg/mc

#### Caratteristiche della miscela

Massa volumica	1250-1350 kg/mc
Viscosità iniziale Baroid	5÷7 cP
Tempo di gelificazione	45÷60 min

La Direzione Lavori avrà la facoltà di apportare eventuali correzioni a quanto previsto in funzione delle risposte che verranno dai trattamenti iniziali e dalle prime prove di controllo.

Sulle miscele dovranno essere effettuati controlli sistematici per la verifica delle loro caratteristiche peculiari, tra cui le prove su candela per la miscela silicatica.

In caso di danni imputabili alla cattiva conduzione dei lavori di iniezione, sarà a carico dell'Appaltatore ogni operazione che la Direzione Lavori riterrà necessaria per il loro ripristino.

### 7.11.3 Modalità di esecuzione

Le iniezioni, del tipo ripetuto e selettivo (IRS), saranno eseguite per permeazione secondo il sistema a volume controllato, con limitazione delle portate e rispetto delle pressioni di rifiuto.

Per ciascuna valvola viene determinato il volume teorico di terreno da trattare  $V_t$ , funzione del raggio di azione scelto per la definizione della maglia dei fori e dell'interasse tra le valvole pari a 0.33m; a partire da  $V_t$ , sulla base delle percentuali di miscela cementizia e silicatica decise per il trattamento, vengono calcolati i volumi di miscela da iniettare per ciascuna passata:  $V_c$  per le miscele cementizie e  $V_s$  per la miscela silicatica.

Il numero di passate per ciascuna miscela è definito dal progetto.

La quantità prefissata sarà iniettata nella valvola di competenza a partire da quella più profonda, con una portata istantanea dell'iniettore non superiore a 9 lt/min (pari a 540 lt/h). L'iniezione sarà condotta comunque senza superare la pressione di rifiuto, prefissata inizialmente, oltre la quale l'iniezione stessa rischierebbe di provocare la rottura del terreno con conseguente rifluimento della miscela verso zone non interessanti ai fini del trattamento e disattendendo l'obbiettivo di omogeneità dello stesso, essenziale ai fini dell'abbattimento della permeabilità del terreno. All'avvicinarsi della pressione al valore di rifiuto, la portata  $Q$  dell'iniettore verrà ridotta gradualmente, così da rispettare il parametro limite. Nel caso in cui  $Q$  scenda fino a circa 3 lt/min (180 lt/ora), il terreno è da ritenersi saturo, e pertanto l'iniezione verrà arrestata (rifiuto per saturazione).

Per permettere l'apertura della guaina, i primi colpi di iniezione di ogni passata potranno essere eseguiti ad alta pressione, aumentando la portata.

Nel caso in cui la pressione di iniezione al termine dell'ultima passata prevista per un determinato tipo di miscela non raggiunga la pressione di 10 bar, sarà necessario eseguire una ulteriore passata con lo stesso tipo di miscela.

Al termine dell'iniezione completa di un foro, relativa ad una passata, il foro dovrà essere lavato accuratamente per permettere l'esecuzione delle passate successive. La cementazione finale del foro avverrà solo dopo autorizzazione da parte della D.L.

I parametri operativi dell'iniezione (portata, pressione, quantitativi complessivi) saranno registrati tramite un sistema automatico di registrazione e controllo.

Il posizionamento del pistoncino sarà remunerato per ciascuna valvola iniettata.

L'iniezione delle miscela sarà remunerata per metro cubo di miscela effettivamente iniettato.

In linea di massima, tutte le acque derivanti dalle lavorazioni di perforazione, posa tubi valvolati ed iniezione dovranno opportunamente essere regimate e raccolte per evitare che si possano disperdere ed essere sversate lungo i rilevati verso la piana circostante.

I rifiuti solidi derivanti dalle attività di consolidamento del terreno e dagli scavi saranno smaltiti in discarica.

#### Quantitativi

I quantitativi qui sotto riportati sono patibili di variazioni a seguito delle prime esperienze, della effettiva reazione del terreno all'iniezione e secondo lo svolgimento del campo prova, e pertanto sono indicativi.

Il passata cementizia  $V_{c1} = 9\%$

Il passata silicatica  $V_{s2} = 8\%$

Passata silicatica  $V_s = 13\%$

#### Pressione di rifiuto

Anche per le pressioni di rifiuto potranno intervenire variazioni a seguito delle prime esperienze di iniezione e della risposta del monitoraggio dei binari, oltre che dalle indicazioni ricavate dallo svolgimento del campo prova:

I passata cementizia	12-14 bar
II passata cementizia	14-16 bar
Passata silicatica	14-16 bar

#### Portata

Portata istantanea massima per iniettore: 9 lt/min, pari a 560 lt/h.

Portata istantanea minima a cui arrestare il trattamento: 3,3 lt/min pari a 200 lt/h

### **7.11.4 Installazione impianti per le iniezioni**

La centrale di iniezione sarà equipaggiata con dosatori di precisione in grado di garantire l'esatta composizione delle miscele, e silos per lo stoccaggio dei materiali.

L'impianto di miscelazione e stoccaggio delle miscele sarà costituito dai seguenti principali componenti:

- silos per lo stoccaggio dei materiali di iniezione
- sistema di dosaggio elettronico per componenti solidi, nonché per acqua e latte di bentonite (anche silicato, soda e microcarbonato per il confezionamento della miscela silicatica con prodotti liquidi sfusi);
- mescolatori ad alta turbolenza (min. 1500 rpm/min) che garantisca una efficace miscelazione dei componenti con diffusione omogenea degli stessi;
- vasca di maturazione del latte di bentonite;
- vasca di stoccaggio delle miscele con agitatore
- serbatoi o contenitori entro cui stoccare le taniche contenenti sostanze liquide, quali ad esempio gli additivi.

L'impianto di iniezione comprenderà:

- dosatori volumetrici della miscela, direttamente collegati ai gruppi di iniezione e al sistema centrale di comando computerizzato;
- iniettori oleodinamici a pistoni direttamente comandati dal sistema centrale computerizzato;
- linea di mandata per ogni iniettore, normalmente in materiale plastico, con struttura flessibile che ne permetta l'agevole infilaggio nei tubi valvolati fino alle quote necessarie per eseguire l'iniezione;
- doppio pistoncino (o doppio packer), con otturatori a calottine multiple, posto all'estremità della linea di mandata e posizionato, di volta in volta, alla quota di ciascuna valvola di iniezione; gli otturatori devono essere distanziati tra loro in funzione dell'interasse tra le valvole, in questo caso scelto pari a 0,33 m;
- sistema centrale di comando computerizzato, in grado di assolvere le seguenti funzioni:
  - ✓ in fase di programmazione: incamerare, per ogni valvola di ciascun foro, i dati di progetto (quantità prefissata, pressione di rifiuto, portata massima), stampando le relative schede e registrando i dati;
  - ✓ in fase di esecuzione: misurare, visualizzare su monitor, registrare su file e quindi poter restituire files, tabelle e grafici i valori di pressione, portata istantanea, volume iniettato in continuo.

La strumentazione dovrà essere in grado di consentire l'arresto automatico degli iniettori al raggiungimento, valvola per valvola, del volume prefissato di iniezione e di una pressione massima prefissata (pressione di rifiuto). Inoltre, il sistema sarà in grado, all'inizio dell'iniezione di ciascuna valvola, di consentire una programmazione temporale per l'esecuzione di alcuni colpi ad alta portata per permettere la rottura della guaina.

È inoltre comunque prevista la presenza, a boccaforo, di manometri (con adeguato fondo scala) montati su appositi cavalletti e posti lungo ogni linea di iniezione attraverso la cui lettura sarà possibile controllare in tempo reale e con continuità la pressione di iniezione, compito che dovrà essere svolto da un addetto. Questo sistema di controllo delle pressioni sarà sempre operante; pertanto, è prevista una sistematica manutenzione dei manometri.

Nel caso in cui la distanza dell'impianto di miscelazione dall'impianto di iniezione fosse elevata e superasse i 400 m, è prevista una stazione intermedia di rilancio, dotata di opportuni serbatoi ed adeguati agitatori che alimenteranno poi l'impianto di iniezione.

Il reperimento, l'allestimento e la gestione del sistema di controllo e di acquisizione dei dati durante i lavori di iniezione, sono compresi nei prezzi relativi alle singole operazioni e quindi da effettuarsi da parte dell'Appaltatore senza che l'Appaltatore stesso possa chiedere variazioni di prezzo o compensi speciali.

L'impresa dovrà inoltre prevedere l'installazione di un impianto di gestione e trattamento delle acque reflue derivanti dalla attività di perforazione e di iniezione.

### **7.11.5 Controlli in corso d'opera delle miscele di iniezione**

Di seguito vengono indicati i controlli sulle miscele di iniezione che dovranno essere eseguite, a cura e spese dell'Appaltatore, in cantiere, dove sarà attrezzato uno spazio adibito a laboratorio.

L'attrezzatura che dovrà corredare il laboratorio di cantiere dovrà essere la seguente:

- bilancia elettronica con la precisione di 1 gr;
- bilancia Baroid standard;
- cono di Marsh;
- contenitori cilindrici in vetro da 1 l per la misura della decantazione (almeno 3);
- viscosimetro rotativo a 300 e a 600 giri/minuto;
- filtropressa standard Baroid;
- termometro;
- attrezzatura varia per il confezionamento dei provini da sottoporre a schiacciamento a libera espansione (cubetti o cilindretti).

#### **7.11.5.1 Controlli sulle miscele a base di cemento**

Le prove di caratterizzazione della miscela cementizia comprendono i seguenti test (API RP 13B Standard Procedure for Field Testing Drilling Fluids):

- misura della densità della miscela (peso di volume)
- misura della viscosità della miscela col cono di Marsh e con il viscosimetro rotativo tipo Rheometer
- misura della separazione (bleeding test)
- prova di pressofiltrazione
- prova sperimentale di iniezione della miscela in candele costituite da ghiaino standard

- prove di compressione monoassiale semplice con determinazione del modulo elastico, su campioni di miscela e su campioni di candela iniettata, maturati 28 giorni (ASTM D 2166)

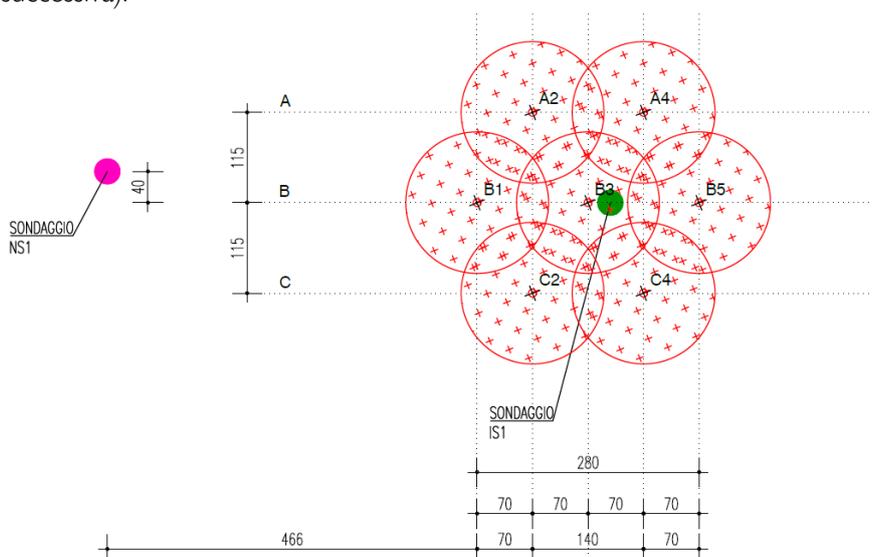
### 7.11.5.2 Controlli sulle miscele silicatiche

Le prove di caratterizzazione della miscela cementizia comprendono i seguenti test (API RP 13B Standard Procedure for Field Testing Drilling Fluids):

- misura della densità della miscela (peso di volume)
- misura della viscosità della miscela con il viscosimetro rotativo tipo Rheometer al momento del confezionamento e durante l'evoluzione successiva, per determinazione del tempo di iniettabilità
- prova sperimentale di iniezione della miscela in candele costituite da sabbia standard
- prove di compressione monoassiale semplice con determinazione del modulo elastico, su campioni di candela iniettata, maturati 28 giorni (ASTM D 2166)

### 7.11.6 Campo Prove

Il campo prove delle iniezioni verrà eseguito a partire dal piano campagna eseguendo le iniezioni entro le formazioni poi interessate dal trattamento in galleria. Esso sarà realizzato mediante una rosetta di 7 tubi valvolati (vedere la figura successiva).



Schema planimetrico del campo prove di iniezioni per peremazione dal piano campagna

I tubi valvolati dovranno avere lunghezza compatibile con la condizione stratigrafica dei terreni, in modo da permettere di trattare un adeguato spessore delle formazioni da trattare in corso d'opera. La posa in opera degli stessi e le iniezioni

dovranno essere eseguite secondo le specifiche di progetto.

Di seguito la descrizione dello svolgimento delle attività in situ:

- esecuzione di un carotaggio iniziale di indagine preliminare nel terreno non trattato, in cui saranno eseguite N prove di permeabilità di tipo Lefranc, di cui N-1 entro la zona da trattare e 1 posta un metro al di sotto di essa;
- esecuzione delle perforazioni per l'installazione dei tubi valvolati e delle iniezioni secondo le specifiche previste per i lavori

- maturazione del trattamento per almeno 28 giorni
- esecuzione entro il trattamento di un carotaggio finale di controllo di lunghezza superiore di 1 metro rispetto alla profondità del trattamento, con esecuzione di prove di permeabilità in foro alle stesse profondità del carotaggio iniziale.

Il terreno trattato con iniezioni a bassa pressione per permeazione non è facilmente carotabile; normalmente questo non è possibile in quanto il carotaggio entro terreni che in generale contengono percentuali di ghiaia importanti, comporta un disturbo che non permette di ottenere carote.

#### 7.11.6.1 Controlli in situ e in laboratorio sulla riuscita del campo prove

Durante il campo prove saranno eseguite le seguenti prove in situ sulle miscele:

- prelievo di campioni di miscela cementizia con misura della densità, viscosità Marsh e viscosità con rheometer tipo Baroid/Fann, stabilità alla filtropressa, bleeding test, e confezionamento di provini, da sottoporre, dopo loro maturazione a 28 giorni, alle seguenti prove di laboratorio:
  - ✓ prova di compressione monoassiale con determinazione del modulo elastico
  - ✓ determinazione del peso del campione e del contenuto di acqua e di cemento nello stesso
- durante l'iniezione, prelievo di campioni di miscela silicatica con misura della densità, evoluzione della viscosità con rheometer tipo Baroid/Fann e determinazione del tempo di iniettabilità, test del tempo di presa con bicchierino (cup test);
- dopo la maturazione del trattamento (almeno 28 giorni), come già detto esecuzione delle prove di permeabilità Lefranc.

## 8 OPERE IN CALCESTRUZZO ARMATO ESTERNE ALLA GALLERIA

Il presente paragrafo definisce le modalità, le caratteristiche e le prescrizioni tecniche per l'esecuzione di opere in calcestruzzo armato e non gettato in opera. Tutti i materiali impiegati nella realizzazione delle opere dovranno essere conformi alle caratteristiche tecniche prescritte nei capitoli relativi alle prescrizioni generali e di progetto.

### 8.1 PRESCRIZIONI GENERALI

#### 8.1.1 Calcestruzzo

Il calcestruzzo dovrà essere rispondente alle caratteristiche prescritte negli elaborati di progetto in funzione delle destinazioni di impiego.

I calcestruzzi sono classificati dalle norme tecniche UNI EN 197-1 e UNI EN 206 in funzione delle seguenti prestazioni:

- resistenza;
- esposizione;
- lavorabilità;
- durabilità.

Nell'esecuzione delle opere, nei casi specifici ove si sia assegnata una determinata classe di resistenza al fuoco delle strutture dovranno essere rigorosamente rispettati i valori di copriferro prescritti.

Indicativamente per l'esecuzione di sottofondi e di strutture gettate in opera si impiegheranno calcestruzzi appartenenti alle classi prescritte dagli elaborati di progetto.

Le miscele dei conglomerati dovranno essere basate su analisi chimiche preventive, i cui risultati dovranno essere confrontati con i “valori limite per le classi di esposizione all’attacco chimico nel suolo naturale e nell’acqua del terreno” stabiliti nel prospetto 2 della norma UNI EN 206-1.

### 8.1.2 Leganti

Saranno impiegati esclusivamente leganti idraulici definiti come cementi conformi alla norma UNI-EN197-1, di tipo adeguato a raggiungere la resistenza caratteristica prevista in progetto.

Per la confezione dei calcestruzzi e delle malte è previsto l’impiego di cemento rispondente ai requisiti di accettazione prescritti dalle norme UNI EN 206-1, UNI EN 197-1 e UNI EN 197-2.

Con un conveniente anticipo rispetto all’inizio del loro impiego, l’Appaltatore, se richiesto dal Committente, deve consegnare alla D.L. per l’approvazione un campione del cemento che intende utilizzare, corredato dai certificati originali, sotto riportati, rilasciati da un Laboratorio ufficiale attestanti la rispondenza alle caratteristiche richieste:

- analisi chimica del cemento;
- prove di resistenza meccanica a flessione e compressione su calcestruzzo indurito, eseguite secondo le modalità di cui alle norme UNI EN 12390-1, UNI EN 12390-2, UNI EN 12390-3, UNI EN 12390-5.

Durante il corso dei lavori il Committente stabilirà le modalità di successivi prelievi di campioni di cemento in cementificio e/o dai depositi di cantiere, per la ripetizione di tutte o di parte delle analisi e prove suddette. La frequenza dei prelievi sarà di norma conforme a quanto stabilito all’articolo 4 della già citata legge n. 595 e potrà essere comunque variata, a giudizio della D.L. in funzione del ritmo degli approvvigionamenti, allo scopo di ottenere il controllo sistematico dei cementi impiegati.

Qualora il cemento venga trasportato alla rinfusa, devono essere impiegati appositi ed idonei mezzi di trasporto, ed in corrispondenza dei coperchi e degli orifici di scarico dei contenitori devono essere apposti cartellini piombati recanti le indicazioni prescritte dalla legge suddetta.

L’Appaltatore deve approvvigionare il cemento presso fabbriche che diano adeguate garanzie per l’espletamento della fornitura con costanza di caratteristiche ed a prendere tutti i provvedimenti necessari ad assicurare l’efficacia e la regolarità dei controlli in generale.

### 8.1.3 Impasti

La composizione del calcestruzzo sarà studiata in funzione delle diverse prescrizioni di resistenza e durabilità associate al tipo di impiego e all’esposizione cui l’opera verrà soggetta. Pertanto, il Progettista delle opere nello specificare le prescrizioni sopraelencate ed in particolare per quanto riguarda la resistenza terrà conto non solo delle necessità statiche ma anche delle esigenze di durabilità (basso rapporto a/c e copriferro adeguato), impermeabilità, resistenza ai solfati, al gelo, ai sali, ecc.

La relazione esistente fra rapporto acqua/cemento e la resistenza Rck del calcestruzzo è tale per cui una volta stabilita la classe di esposizione ambientale è correlato a questa un rapporto a/c massimo e quindi una Rck minima. In particolare, si dovrà tenere conto che il cambiamento di cemento (per es. da 32.5 a 42.5) può comportare la necessità di adeguamento della classe Rck minima per soddisfare le prescrizioni di durabilità della UNI EN 206-1 e UNI 11104 per la classe di esposizione data.

L'Appaltatore deve studiare preventivamente, e sottoporre al Direttore dei Lavori, la composizione con tutte le informazioni circa provenienza e dosaggi dei materiali, curve granulometriche, eventuali additivi utilizzati, ecc.; deve essere sottoposto mix design distinto per ogni miscela impiegata.

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. In linea generale non deve superare 1/4 dello spessore minimo della struttura, deve essere 5 mm inferiore al minore interferro e minore di 1,3 volte lo spessore del copriferro. Il Progettista ha la facoltà di prescrivere il diametro massimo.

Se la classe di esposizione lo richiede, dovrà essere utilizzato un additivo aerante. In tal caso l'Appaltatore dovrà tenere conto degli oneri derivanti dall'effetto riducente della resistenza - a parità di composizione - che ha l'aerante.

Il quantitativo d'acqua deve essere il minimo necessario a consentire una buona lavorabilità del conglomerato. Il rapporto a/c sarà determinato tenendo conto dell'umidità degli inerti.

Il rapporto a/c, dovrà essere scelto in relazione alla resistenza richiesta per il conglomerato, e alle caratteristiche di esposizione del manufatto, al fine di garantire la durabilità del materiale.

L'impiego degli additivi dovrà essere subordinato all'accertamento dell'assenza di ogni pericolo di aggressività.

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.

Si raccomanda di valutare la presenza di solfati nell'acqua e in caso di verifica di tale condizione prevedere l'impiego di cementi resistenti ai solfati

La resistenza caratteristica del conglomerato sarà nei disegni di progetto. In alcun caso potrà essere prevista una resistenza caratteristica inferiore a 15 N/mm<sup>2</sup> o superiore a 50 N/mm<sup>2</sup>.

Si ricorda infine che l'impiego di conglomerato con resistenza caratteristica uguale o superiore a 40 N/mm<sup>2</sup> e sino a 50 N/mm<sup>2</sup> richiede l'esecuzione di controlli statistici sia preliminari che in corso di impiego.

### 8.1.4 Additivi

Gli additivi, conformi alla norma EN 934-2, dovranno essere prodotti da ditte specializzate. Sostanze antiritiro, anti-fessurazione, aeranti, fluidificanti o acceleranti della presa non possono essere in nessun caso impiegate senza approvazione scritta della D.L.

Gli additivi dovranno essere forniti nei contenitori originali sigillati, su cui dovranno essere indicate le quantità, la data di scadenza e le modalità d'uso, e corredati da scheda tecnica; l'Appaltatore avrà l'obbligo di miscelarli alle malte, nei rapporti prescritti, in presenza della D.L.

I fluidificanti ed i superfluidificanti, se utilizzati come "riduttori d'acqua", dovranno consentire una consistente riduzione del dosaggio d'acqua, mantenendo inalterata la lavorabilità dell'impasto.

L'obiettivo da perseguire nella scelta dell'additivo è quello di ottimizzare i seguenti aspetti:

- incrementare la resistenza meccanica e la durabilità dei manufatti;
- agevolare lo scarico ed il pompaggio del conglomerato, attenuando il rischio di insorgenza di fenomeni di disgregazione;
- ridurre i tempi di vibrazione meccanica dei getti;
- diminuire i fenomeni di ritiro e fluage.

Per le modalità di controllo ed accettazione il Direttore dei lavori potrà far eseguire prove od accettare l'attestazione di conformità alla normativa vigente.

## 8.1.5 Acciaio per armatura delle strutture in calcestruzzo

Sarà utilizzato esclusivamente acciaio controllato in stabilimento, avente le caratteristiche previste dalle tavole di progetto e dalla relazione di calcolo.

Per l'armatura ordinaria sarà utilizzato acciaio del tipo B 450C laminato a caldo, classe di duttilità C secondo Eurocodice 2, appendice C.1. Tutte le barre ad aderenza migliorata dovranno portare un marchio dal quale risulta in modo inequivocabile il riferimento all'Azienda produttrice, allo stabilimento e al tipo di acciaio.

Ciascuna fornitura dovrà essere accompagnata da un certificato rilasciato da un Laboratorio Ufficiale, in originale, con timbro e firma del responsabile del laboratorio che lo ha rilasciato e con il preciso riferimento alla bolla di consegna del materiale.

Gli elementi strutturali di acciaio, quali staffe, ferri piegati, gabbie d'armatura, dovranno provenire da un Centro di Trasformazione, dotato di certificazione UNI EN ISO 9001 e, in relazione alla tipologia dei manufatti realizzati mediante saldatura, UNI EN ISO 3834, parti 2-4. Ogni fornitura in cantiere di elementi di acciaio provenienti dai centri di trasformazione deve essere corredata dagli estremi dell'avvenuta attestazione presso il Servizio Tecnico Centrale del Ministero delle Infrastrutture e Trasporti.

Non si devono porre in opera armature ossidate, corrose, recanti difetti, screpolature, bruciature o altre irregolarità che possono ridurre sensibilmente l'aderenza al conglomerato.

I valori di copriferro prescritti dagli elaborati del progetto strutturale e antincendio, in funzione della classe di resistenza al fuoco delle strutture dovranno essere rigorosamente rispettati

Qualora non fosse indicato il valore del copriferro si dovrà far riferimento a quanto prescritto nelle norme vigenti.

## 8.2 MODALITA' DI ESECUZIONE

### 8.2.1 Piegatura del ferro e formazione delle gabbie

Le armature metalliche dovranno essere tagliate e sagomate in conformità ai disegni.

La piegatura dovrà essere fatta meccanicamente, mai a caldo, a mezzo di piegaferri.

I mandrini dovranno avere raggio tale da evitare deformazioni dannose. Detto raggio dipenderà dal diametro dei tondini in lavorazione.

Le giunzioni di barre saranno consentite solo quando la lunghezza commerciale delle stesse è inferiore a quella necessaria.

Le eventuali giunzioni dovranno essere sfalsate e trovarsi nelle regioni di minor sollecitazione; ciascuna giunzione inoltre non dovrà interessare una sezione metallica superiore al 30% di quella complessiva.

Le giunzioni potranno essere eseguite mediante sovrapposizione delle barre secondo le prescrizioni dei disegni di progetto, le sovrapposizioni che coinvolgono più barre andranno, per quanto possibile, sfalsate. In nessun caso saranno accettate sovrapposizioni inferiori a 40 volte il diametro delle armature interessate.

Le fondazioni dell'edificio e in generale tutte le armature in acciaio saranno utilizzate come dispersori naturali dell'impianto di messa a terra per la realizzazione dell'impianto di protezione contro le scariche atmosferiche.

In ogni caso al fine di realizzare la continuità elettrica richiesta, si prescrive che alcuni tondini facenti parte di elementi strutturali (plinti, pilastri, travi, ecc.) siano saldati elettricamente in corrispondenza delle giunzioni. Il medesimo provvedimento deve essere applicato ad alcuni tondini delle strutture verticali e orizzontali.

La distanza fra cassero e armatura metallica del getto non dovrà essere inferiore ai 20 mm salvo diverse indicazioni riportate sui disegni di progetto. La distanza minima netta tra le barre deve essere almeno pari al

diametro delle medesime, in ogni caso non inferiore al diametro massimo dell'inerte impiegato per il calcestruzzo.

Il posizionamento di ciascun ferro sarà ottenuto legando il medesimo alle staffe mediante filo di ferro in modo da ottenere una gabbia entro la quale i ferri non possono muoversi.

La gabbia sarà mantenuta in posizione all'interno dei casseri mediante opportuni distanziatori di materia plastica in modo che, a getto ultimato, la posizione delle armature metalliche risulti quella indicata nei disegni di progetto.

## 8.2.2 Manicotti filettati per armature ordinarie

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

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

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

- tensione di snervamento > 550 N/mm<sup>2</sup>
- tensione di rottura > 750 N/mm<sup>2</sup>

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

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

I filetti delle barre e dei manicotti di giunzione dovranno essere protetti fino alla posa in opera con prodotto antiruggine privo di acidi.

Se l'agente antiruggine è costituito da grasso, è necessario sia sostituito con olio prima della posa in opera per evitare che all'atto dell'iniezione gli incavi dei dadi siano intasati di grasso.

## 8.2.3 Inghisaggi

Per rendere solidali le opere in esecuzione alle strutture esistenti dovranno essere realizzati inghisaggi e/o ancoraggi mediante barre in acciaio poste in opera con resine epossidiche in pre-fori correttamente dimensionati, perfettamente puliti e depolverati prima dell'incollaggio.

Gli inghisaggi eseguiti in conformità alle prescrizioni di progetto dovranno garantire le caratteristiche di resistenza meccanica previste.

## 8.2.4 Esecuzione dei casseri

Tutte le strutture in c.a. dovranno essere eseguite con casseforme lisce e scarsamente assorbenti, che assicurino una superficie regolare, assolutamente piana ed omogenea per qualità, colore e finitura. Dovrà assolutamente essere rispettato il disegno di cassero riportato negli elaborati grafici di progetto. La superficie dovrà essere perfettamente liscia e regolare. È fatto assoluto divieto di impiegare casseri sporchi o che non presentano superficie omogenea.

Le casseforme (o casseri) devono essere costruite con tavole in legno o pannelli in legno o metallici di struttura adeguata all'opera da realizzare. Esse devono essere ben collegate tra loro ed irrigidite in modo da garantire l'esecuzione delle opere secondo i disegni di progetto senza deformazioni, "spanciamenti" e distacchi delle stesse durante il getto e la vibrazione.

In particolare, deve essere curata la tenuta delle connessioni in modo da evitare la fuoriuscita di boiaccia ed il conseguente smagrimento del calcestruzzo, specialmente in corrispondenza degli spigoli.

In generale, gli spigoli (anche quelli dei giunti di dilatazione, ed anche quando non esplicitamente richiesto sui disegni) dovranno essere (senza alcun compenso) smussati con adeguati profili (20 x 20 o 15 x 15 mm a seconda dello spessore dei manufatti) fissati al cassero.

Per pareti e strutture più alte di 3 m la velocità del getto va rapportata al carico ammissibile del cassero.

Per particolari opere di notevole dimensione od importanza la struttura di sostegno dei casseri sarà opportunamente calcolata e dimensionata a cura dell'Appaltatore prima della messa in opera e sottoposta all'approvazione della D.L. I casseri vanno puliti prima del getto. Le aperture per la pulitura devono essere disposte soprattutto al piede dei pilastri e delle pareti e all'attacco degli sbalzi e nelle parti inferiori dei casseri delle travi.

Tiranti distanziatori di casseri all'interno del getto sono in generale ammessi a condizione che, dopo il disarmo, venga ripristinato adeguatamente il copriferro minimo e la regolarità della superficie con ritocchi opportuni di malta. Essi non sono viceversa ammessi per superfici "faccia a vista" o per opere (vasche pozzetti, ecc.) che necessitano garanzie di tenuta idraulica; per quest'ultimo caso la tecnica comune prevede l'uso di distanziatori tubolari in fibrocemento diam. 22 mm, completi di guarnizioni in pvc, tiranti metallici e n.4 tappi in fibrocemento da posare con colla bicomponente (doppio tappo su ogni estremità del distanziatore), con certificazione di impermeabilità.

Nelle pareti la cui faccia esterna verrà a trovarsi contro terra, la chiusura dei fori dei distanziatori dovrà essere integrata con una opportuna sigillatura che impedisca l'ingresso di eventuale acqua e la sua fuoriuscita sulla faccia esposta.

Per facilitare il disarmo, la superficie delle casseforme potrà essere convenientemente trattata con prodotti disarmanti, i quali non dovranno combinarsi con gli impasti, pregiudicarne la presa o condizionare la perfetta riuscita del getto. È fatto assoluto divieto dell'uso della bachelite.

## 8.2.5 Getto del conglomerato

Prima di effettuare il getto, dovrà essere controllata la perfetta pulizia delle parti interne dei casseri e dei ferri, i quali non dovranno presentare superfici unte o arrugginite.

Si procederà poi alla bagnatura del cassero come di ogni altro elemento assorbente con il quale il conglomerato può venire a contatto.

I getti devono non devono essere effettuati con temperature ambientali elevate o inferiori ai -5 C°.

Per evitare la separazione dei componenti i getti non devono superare altezze maggiori a ml 2,00. Contemporaneamente al procedere del getto si dovrà provvedere all'accurata costipazione e/o vibratura dello stesso. Dovranno essere impiegati vibratorii ad immersione cilindrici, oppure a lama nel caso ci siano ferri molto riavvicinati.

Vibratorii da collegare ai ferri o ai casseri saranno usati solo nell'impossibilità di usare gli altri e solo su autorizzazione scritta della D.L.

La vibratura dovrà interessare possibilmente anche gli strati gettati in precedenza; essere condotta in modo uniforme senza soluzione di continuità e dovrà essere sospesa all'apparire di un velo d'acqua e cemento sulla superficie.

Le riprese dei getti dovranno di regola essere evitate; qualora si rendessero necessarie, dovranno essere eseguite nelle zone di minor sollecitazione.

La ripresa del getto richiede la pulizia perfettamente e la bagnatura a saturazione delle superfici già indurite con boiaccia di cemento.

## 8.2.6 Disarmo

Il disarmo deve avvenire solo quando il conglomerato ha raggiunto sufficiente resistenza per sopportare gli sforzi cui sarà soggetto dopo il disarmo stesso.

Il disarmo deve avvenire per gradi e in modo da evitare urti ed azioni dinamiche in genere.

Le sbavature dei getti dovranno essere regolarizzate e gli eventuali inserti di ferro, utilizzati per legare i casseri, dovranno essere eliminati.

## 8.2.7 Stagionatura

Il calcestruzzo sarà protetto da perdite di umidità, rapidi cambiamenti di temperatura e danni derivanti da pioggia o acque scorrenti per un periodo non inferiore a 10 giorni dopo aver effettuato il getto. La stagionatura dovrà essere ottenuta attraverso uno dei seguenti metodi:

- stagionatura ad acqua: mantenere le superfici continuamente umide per mezzo di dispositivi a spruzzo o altri dispositivi approvati;
- stagionatura a sabbia saturata: coprendo la superficie con uno spessore minimo di sabbia di circa 4 cm, uniformemente distribuito, e mantenendolo continuamente saturo d'acqua;
- stagionatura a carta: coprendo la superficie con carta impermeabile conforme alle norme, o coprendo la superficie con fogli di polietilene opaco (fissare saldamente e sigillare tutti i bordi e le estremità).

Potranno essere utilizzati prodotti stagionanti, trattamenti tipo "curing" dietro specifica approvazione della D.L. Tali prodotti non potranno, in ogni caso, essere utilizzati su superfici sede di riprese di getto.

Ulteriore stagionatura del calcestruzzo dopo la rimozione delle casseforme sarà effettuata come eventualmente indicato.

Nel caso venga usato calcestruzzo preconfezionato, l'impianto dovrà avere capacità ed attrezzature di trasporto sufficienti a consegnare ad un ritmo indicato e in ogni caso non inferiore a quello necessario ad assicurare, in un massimo di 60', carico e getto.

## 8.2.8 Predisposizione opere

Nelle travi e nei solai dovranno essere predisposti tutti i fori e le asole di illuminazione, di ventilazione, ascensori, ecc. e necessari per il passaggio degli impianti tecnologici (elettrico, termico, antincendio, idrico, espulsione aria e fumi ecc.) e degli impianti speciali (frigorifero, antintrusione, televisivi ecc.).

In particolare, saranno rispettate tutte le indicazioni provenienti dagli elaborati progettuali impiantistici afferenti alle predisposizioni.

Per ogni particolare esigenza dovesse verificarsi durante l'esecuzione dei lavori saranno sviluppati nuovi particolari costruttivi necessari allo sviluppo delle nuove lavorazioni, riportanti con chiarezza tutte le soluzioni tecnologiche e geometriche.

## 8.2.9 Tolleranze dimensionali

Non sono ammesse tolleranze dimensionali di alcun tipo.

## 8.3 CERTIFICAZIONI

### 8.3.1 Acciaio

Tutte le barre ad aderenza migliorata dovranno portare un marchio dal quale risulta in modo inequivocabile il riferimento all'Azienda produttrice, allo stabilimento e al tipo di acciaio.

Ciascuna fornitura dovrà essere accompagnata da un certificato rilasciato da un Laboratorio Ufficiale, in originale, con timbro e firma del responsabile del laboratorio che lo ha rilasciato e con il preciso riferimento alla bolla di consegna del materiale.

### 8.3.2 Cemento

I cementi da impiegare forniti in sacchi sigillati, imballaggi speciali o alla rinfusa dovranno essere provvisti di marchio di qualità secondo indicazione della D.L.

### 8.3.3 Calcestruzzo preconfezionato

Il calcestruzzo potrà essere approvvigionato presso impianti di produzione e portato in cantiere a mezzo autobetoniere oppure confezionato in cantiere.

Le composizioni devono essere studiate con il criterio di adottare il minimo rapporto acqua/cemento che sia compatibile con l'ottenimento di un prodotto che soddisfi ai seguenti requisiti:

all'atto della posa sia lavorabile in ogni punto e specialmente attorno alle armature, e compattabile, con i previsti mezzi, in una massa omogenea ed isotropa;

fornisca, alle scadenze prescritte, un materiale impermeabile e compatto, le cui serie di provini raggiungano le caratteristiche richieste negli elaborati esecutivi o indicate dalla D.L. e i Progettisti.

Il calcestruzzo dovrà avere la consistenza prescritta, determinata dalla misura dell'abbassamento al cono o da altro metodo indicato riconosciuto idoneo dalle normative vigenti.

Dovranno essere osservate scrupolosamente le prescrizioni di conservazione e di maneggio del cemento, il quale, al momento dell'uso, deve essere in perfetto stato di conservazione.

Per ciascuna applicazione sarà richiesto l'impiego di calcestruzzo per getto manuale oppure di calcestruzzo pompabile; sia nell'uno che nell'altro caso il calcestruzzo dovrà essere "a prestazione garantita", secondo quanto richiesto negli elaborati progettuali.

Per il calcestruzzo "a prestazione garantita" dovranno essere garantiti i seguenti parametri:

- classe di resistenza;
- classe di consistenza;
- classe di aggressività ambientale;
- rapporto acqua/cemento;
- tipo e classe del cemento;
- dimensione massima dell'inerte.

Ad ogni consegna sarà fornita una scheda numerata serialmente.

Le schede indicheranno: data, nome del Fornitore, località in cui è ubicato l'impianto di produzione, marca e tipo del cemento impiegato, classe del conglomerato, classe di consistenza al getto, rapporto acqua/cemento (a/c), eventuali additivi aggiunti, numero dell'automezzo che effettua il trasporto, ora di partenza e ora di arrivo al cantiere, quantità di prodotto, dimensione massima dell'aggregato impiegato ed eventuali dettagli sulla miscela.

È tassativamente vietato modificare senza approvazione della D.L. e dei Progettisti la miscela del calcestruzzo di progetto.

Tutto il calcestruzzo impiegato dovrà essere a ritiro compensato. La miscela dovrà essere integrata con additivi antiritiro e anti-fessurazione.

### **8.3.4 Calcestruzzo confezionato in cantiere**

La confezione del calcestruzzo dovrà essere eseguita esclusivamente a mezzo di miscelatori verticali che assicurino l'intima mescolanza e l'uniforme distribuzione dei vari ingredienti nella massa.

L'impianto di confezionamento dovrà essere dotato di dispositivi per l'esatta misurazione delle quantità di componenti da miscelare.

Variazioni nella definizione dell'impasto rispetto al campione approvato dovranno preventivamente essere approvate dalla D.L. e i progettisti

## **8.4 CAMPIONI E PROVE**

Il prelievo dei campioni e l'esecuzione delle prove dovranno essere eseguiti secondo la normativa tecnica vigente.

Prima dell'inizio dei lavori dovrà essere predisposto presso l'impianto di betonaggio prescelto, un impasto di qualifica, con i materiali e le proporzioni indicate nella certificazione presentata in sede di offerta.

La resistenza di tale impasto dopo 28 giorni, determinata su provini cubici aventi spigolo di cm 16, non dovrà essere inferiore a quella indicata sugli elaborati grafici di progetto.

Prima dell'inizio dei lavori, dovrà essere prodotta la documentazione relativa ad una serie di prove di qualificazione, eseguita su campioni di cls allo scopo di fornire i parametri più significativi delle caratteristiche del medesimo, accompagnata dalle composizioni granulometriche degli aggregati impiegati.

Durante il corso dei lavori sarà effettuato il confezionamento di provini supplementari a quelli previsti di norma, per l'esecuzione delle seguenti prove atte a garantire il controllo della qualità:

- durezza degli inerti;

- prova Los Angeles, resistenza alla frantumazione;
- prova Micro Deval ad umido.

La D.L. richiederà inoltre misure della consistenza del calcestruzzo con il metodo del cono (SLUMP), in accordo con la normativa specifica vigente.

## 8.5 ACCIAIO PER LE ARMATURE

In cantiere o nel luogo di lavorazione delle barre dovranno essere effettuati i controlli previsti dalla normativa vigente.

## 8.6 COLLAUDI

Ai fini dell'accettazione finale delle opere, quest'ultime devono essere sottoposte al Collaudo Ufficiale, eseguito in conformità alla Legge 5.11.1971 n. 1086, al D.M. 17.01.18 da un Collaudatore nominato dal Committente, in collaborazione con la D.L.

### 8.6.1 Collaudo statico

L'Appaltatore è tenuto a sottostare, sostenendone le spese, alle normali verifiche ed alle prove statiche dei lavori compiuti per dimostrare la buona esecuzione, la resistenza la rispondenza alle prescrizioni contrattuali. Sarà pure a carico dell'Appaltatore, e compreso nel prezzo dell'appalto, l'onere relativo all'esecuzione delle prove di resistenza.

Il collaudo statico dell'opera e le relative prove di carico dovranno rispondere alle prescrizioni di tutte le normative vigenti in materia. Nelle prove di carico, se richiesto dalla D.L. e dal Collaudatore, dovranno essere impiegate apparecchiature per il rilievo, oltre che degli spostamenti, anche delle deformazioni (estensimetri elettrici o meccanici ed elettromeccanici).

Il collaudo statico di tutte le opere di ingegneria civile regolamentate dalle Norme tecniche, di cui al D.M. 17.01.18 deve comprendere i seguenti adempimenti:

- controllo di quanto prescritto per le opere eseguite sia con materiali regolamentati dal DPR 6.6.2001 n. 380, leggi n. 1086/71 e n. 64/74 sia con materiali diversi;
- ispezione dell'opera nelle varie fasi costruttive degli elementi strutturali ove il collaudatore sia nominato in corso d'opera, e dell'opera nel suo complesso, con particolare riguardo alle parti strutturali più importanti.

L'ispezione dell'opera verrà eseguita alla presenza del Direttore dei lavori e del Costruttore, confrontando in contraddittorio il progetto depositato in cantiere con il costruito.

Il Collaudatore controllerà altresì che siano state messe in atto le prescrizioni progettuali e che siano stati eseguiti i controlli sperimentali. Quando la costruzione è eseguita in procedura di garanzia di qualità, il Collaudatore deve prendere conoscenza dei contenuti dei documenti di controllo qualità e del registro delle non-conformità.

Il collaudatore procederà alla verifica della buona esecuzione dei manufatti, della omogeneità e assenza di porosità delle superfici (assenza di fessurazioni, sbrecciature ecc.) e al controllo della conformità ai criteri di accettazione di cui al cap. 11 delle Norme Tecniche dei seguenti elementi:

- accertamento del numero dei prelievi effettuati;

- verifica dei risultati ottenuti delle prove eseguite sull'acciaio e sui calcestruzzi;
- esame dei certificati di cui ai controlli in stabilimento e nel ciclo produttivo;
- controllo dei verbali e dei risultati delle eventuali prove di carico eseguite.

Nell'ambito della propria discrezionalità, il Collaudatore potrà richiedere di effettuare tutti quegli accertamenti, studi, indagini, sperimentazioni e ricerche utili per formarsi il convincimento della sicurezza, della durabilità e della collaudabilità dell'opera, quali in particolare:

- prove di carico;
- prove sui materiali messi in opera, anche mediante metodi non distruttivi;
- monitoraggio programmato di grandezze significative del comportamento dell'opera da proseguire, eventualmente, anche dopo il collaudo della stessa.

## 8.6.2 Collaudo definitivo

Il collaudo definitivo impone la ricognizione delle opere eseguite per accertare che siano state ottemperate tutte le prescrizioni fatte in sede di collaudo provvisorio, che nel periodo di tempo trascorso non si siano manifestati cedimenti o altri danni e che le stesse non presentino alcun segno di degrado dovuto all'uso normale.

## 9 OPERE SPECIALI DI FONDAZIONE E CONSOLIDAMENTO ESTERNE ALLA GALLERIA

### 9.1 DEMOLIZIONI E RIMOZIONI

#### 9.1.1 Generalità - Tecnica operativa - Responsabilità

Prima di iniziare i lavori in argomento l'Appaltatore dovrà accertare con ogni cura la natura, lo stato ed il sistema costruttivo delle opere da demolire, disfare o rimuovere, al fine di affrontare con tempestività ed adeguatezza di mezzi ogni evenienza che possa comunque presentarsi.

Salvo diversa prescrizione, l'Appaltatore disporrà la tecnica più idonea, le opere provvisorie, i mezzi d'opera, i macchinari, e l'impiego del personale. Di conseguenza sia l'Amministrazione, che il personale tutto di direzione e sorveglianza, resteranno esclusi da ogni responsabilità connessa all'esecuzione dei lavori di che trattasi.

Per ogni tipologia di demolizioni (strutture in c.a., in muratura, pavimentazioni, opere metalliche, ecc..) nei casi in cui l'Appaltatore demolisse o rimuovesse anche parti in opera non interessate ai lavori, dovrà ripristinarli a sua cura e spese.

#### 9.1.2 Disposizioni antinfortunistiche

Dovranno essere osservate, in fase esecutiva, le norme riportate nel D.Lgs. 106 del 03.08.2009.

### 9.1.3 Accorgimenti e protezioni

Prima di dare inizio alle demolizioni dovranno essere interrotte tutte le eventuali erogazioni, nonché gli attacchi e gli sbocchi di qualunque genere; dovranno altresì essere vuotati tubi e serbatoi.

Dovranno essere estratti dalle strutture da demolire tutte le apparecchiature ed i materiali che potranno essere successivamente riutilizzati e che dovranno essere trasportati in appositi depositi provvisori individuati dall'Appaltatore.

La zona dei lavori sarà opportunamente delimitata, i passaggi saranno ben individuati ed idoneamente protetti; analoghe protezioni saranno adottate per tutte le zone (interne ed esterne al cantiere) che possano comunque essere interessate da caduta di materiali. Le strutture eventualmente pericolanti dovranno essere puntellate; tutti i vani dopo la demolizione di infissi e parapetti, dovranno essere sbarrati.

Le demolizioni avanzeranno tutte alla stessa quota, procedendo dall'alto verso il basso; particolare attenzione, inoltre, dovrà porsi ad evitare che si creino zone di instabilità strutturale, anche se localizzate. In questo caso, e specie nelle sospensioni di lavoro, si provvederà ad opportuno sbarramento.

Nella demolizione di murature è tassativamente vietato il lavoro degli operai sulle strutture da demolire, questi dovranno servirsi di appositi ponteggi, indipendenti da dette strutture. Salvo esplicita autorizzazione della Direzione (ferma restando nel caso la responsabilità dell'Appaltatore) sarà vietato altresì l'uso di esplosivo nonché ogni intervento basato su azioni di scalzamento al piede, ribaltamento per spinta o per trazione.

In fase di demolizione dovrà assolutamente evitarsi l'accumulo di materiali di risulta, sulle strutture da demolire o sulle opere provvisorie, in misura tale che si verifichino sovraccarichi o spinte pericolose. I materiali di demolizione dovranno perciò essere immediatamente allontanati, guidati mediante canali o trasportatori in basso con idonee apparecchiature e bagnati onde evitare il sollevamento di polvere. Risulterà in ogni caso assolutamente vietato il getto dall'alto dei materiali.

### 9.1.4 Limiti di demolizione

Le demolizioni, i disfacimenti, le rimozioni dovranno essere limitate alle parti e dimensioni prescritte. Ove per errore o per mancanza di cautele, puntellamenti ecc., tali interventi venissero estesi a parti non dovute, l'Appaltatore sarà tenuto a proprie spese al ripristino delle stesse, ferma restando ogni responsabilità per eventuali danni.

### 9.1.5 Materiale di risulta

Competerà all'Appaltatore l'onere della selezione, pulizia, trasporto ed immagazzinamento nei depositi od accatastamento nelle aree che fisserà la Direzione, dei materiali utilizzabili ed il trasporto a rifiuto (discarica autorizzata) dei materiali di scarto.

## 9.2 DIAFRAMMI IN CEMENTO ARMATO

### 9.2.1 Definizioni e campi di impiego

Si definiscono diaframmi strutturali in c.a. opere con funzione di sostegno, di fondazione, di difesa di fondazioni di opere preesistenti o da costruire, di difese fluviali, traverse in alveo, ecc., ottenute gettando il conglomerato

cementizio entro cavi di forma planimetrica rettangolare o composita realizzati nel terreno, di norma in presenza di un fluido stabilizzante.

Tali strutture devono rispondere alle prescrizioni della normativa vigente.

I diaframmi possono costituire opere di sostegno, sia autoportanti che vincolate da puntelli o tiranti ancorati nel terreno; essi possono essere costituiti da elementi accostati, oppure staccati uno dall'altro per poter limitare l'ostacolo al deflusso delle falda, oppure con giunti a tenuta idraulica, in modo da impedire qualunque filtrazione attraverso la parete; può essere prevista l'eventuale rifinitura della faccia a vista, la stuccatura e stilatura dei giunti con malta cementizia e/o la formazione di fori di drenaggio nel numero e nella posizione prescritta.

I diaframmi saranno scavati mediante attrezzature di tipo tradizionale, quali benne mordenti su asta rigida o su fune libera, manovrate da un escavatore a gru cingolato.

### 9.2.2 Soggezioni geotecniche e geoidrologiche

Durante lo scavo occorrerà tener conto dell'esigenza di non peggiorare le caratteristiche meccaniche del terreno circostante il diaframma; dovranno quindi essere minimizzati:

- il rammollimento degli strati coesivi,
- la diminuzione delle densità relative degli strati incoerenti;
- la diminuzione delle tensioni orizzontali efficaci proprie dello stato naturale,
- la riduzione dell'aderenza diaframma-terreno da un improprio impiego dei fanghi.

### 9.2.3 Tolleranze geometriche

I diaframmi dovranno essere realizzati nella posizione e con le dimensioni di progetto, con le seguenti tolleranze ammissibili, salvo più rigorose limitazioni indicate in progetto o richieste dalla D.L.:

- posizione planimetrica dell'asse del diaframma rispetto al teorico, (misurata come asse tra i due muretti di guida)  $\pm 3$  cm
- distanza interna tra i due muretti di guida (con  $S$  = spessore teorico del pannello)  $S+5\text{cm} \pm 2\text{cm}$
- dimensioni longitudinali dei singoli pannelli  $\pm 2$  cm
- distanze progressive tra le estremità dei pannelli e punti fissi definiti nei disegni di progetto (angoli, spigoli e cambi di direzione)  $\pm 5$  cm / 20 m
- quota di testa diaframma  $\pm 5$  cm
- profondità del pannello +50; -15 cm
- verticalità assoluta dello scavo nelle due direzioni principali  $\pm 0.4\%$
- quota testa gabbia  $\pm 5$  cm
- posizione gabbia in pianta in direzione longitudinale  $\pm 5$  cm
- posizione gabbia in pianta in direzione trasversale  $\pm 2$  cm.

L'Impresa sarà tenuta ad eseguire a proprio onere le opere sostitutive e/o complementari che si rendessero necessarie per garantire piena funzionalità al diaframma in caso di esecuzione non rientrante nelle tolleranze stabilite.

## 9.2.4 Modalità esecutive

L'Impresa avrà cura di accertare che l'area di lavoro non sia attraversata da tubazioni, cavi elettrici o manufatti sotterranei che, se incontrati dallo scavo, possano recare danno alle maestranze di cantiere o a terzi.

Analoga attenzione dovrà essere prestata a possibili inquinamenti di superficie o della falda da parte di una incontrollata scarica dei detriti e/o dei fanghi bentonitici.

Il piano di lavoro dovrà essere posto ad una quota di almeno 1.5 m superiore al livello della falda e di almeno 1 m superiore alla quota testa diaframma di progetto.

L'Impresa dovrà preparare una piattaforma di lavoro costituita da una massciata in misto stabilizzato di spessore  $\geq 50$  cm, con superficie pressoché orizzontale (pendenza massima ammessa pari all'1%) e capacità portante  $\geq 2$  kg/cm<sup>2</sup>. L'Impresa dovrà predisporre, lungo il tracciato planimetrico del diaframma, due muretti guida in conglomerato cementizio debolmente armato ( $R_{ck} \geq 25$  MPa).

Lo scopo dei muretti guida è: materializzare sul terreno il tracciato del diaframma, costituire una superficie per il tracciamento delle estremità dei pannelli, assicurare un riferimento ed un supporto stabile per il posizionamento delle armature ed evitare il franamento del terreno nella fascia di oscillazione del livello del fango.

Le dimensioni dovranno essere non inferiori a 25 cm di spessore e 1 m di profondità; la distanza tra le due facce interne dei muretti guida dovrà essere pari allo spessore del diaframma aumentato di 5 cm. Il dimensionamento dei muretti guida dovrà comunque essere effettuato tenendo conto dei possibili carichi e delle possibili spinte che questi potrebbero essere chiamati a sopportare nel corso dei lavori.

La posizione dell'asse dei muretti di guida, la distanza tra le loro superfici verticali interne, la dimensione dei pannelli tracciati sulla loro superficie orizzontale e le distanze progressive tra le estremità dei pannelli e punti fissi definiti nei disegni di progetto (angoli, spigoli e cambi di direzione) dovranno presentare scarti, rispetto alle dimensioni di progetto, all'interno dei limiti specificati nel precedente capitolo.

## 9.2.5 Sequenza di scavo del diaframma

Il disegno costruttivo, con la distribuzione dei pannelli lungo tutto l'allineamento del diaframma, dovrà prevedere una alternanza rigorosa tra pannelli primari e pannelli secondari. I pannelli primari potranno essere indifferentemente del tipo "singolo" o "multiplo", mentre i pannelli secondari dovranno essere necessariamente di tipo "singolo", in modo da chiudere, con adeguata sovrapposizione, gli intervalli tra gli elementi primari realizzando giunti a "calcestruzzo fresato".

La sovrapposizione tra pannelli primari e secondari non dovrà mai essere inferiore a 5 cm. Nel caso in cui fosse necessario garantire la tenuta all'acqua, essa dovrà essere almeno pari al doppio della percentuale di deviazione dalla verticale ammessa, moltiplicata per la profondità di scavo del pannello.

La distanza minima fra le estremità più vicine di due pannelli di diaframma, in contemporaneo corso di scavo o di getto, dovrà essere tale da impedire eventuali fenomeni di interazione e comunque non inferiore a 3 pannelli di lunghezza standard (assunta pari a 2.4 m).

## 9.2.6 Scavo del diaframma

In relazione alla natura dei litotipi presenti, si potrà effettuare un pre-scavo con benna mordente oltre la profondità minima richiesta (3÷4 m) per l'innesco della circolazione inversa del fluido stabilizzante, ottimizzando

così i tempi di impiego delle attrezzature ai fini di un corretto e rapido completamento dello scavo; lo scavo con benna mordente non potrà comunque superare la profondità di 10 m.

Scavo e pre-scavo del pannello, per mantenere stabili le pareti della trincea, dovranno essere eseguiti in presenza di un fluido stabilizzante, le cui caratteristiche dovranno soddisfare i requisiti specificati nel relativo capitolo.

### 9.2.6.1 Fluido stabilizzante

Il fluido stabilizzante (o fango di scavo) potrà essere di tipo sia bentonitico che polimerico; dovrà essere confezionato con un rapporto bentonite-acqua o polimero- acqua in funzione delle caratteristiche di rendimento del prodotto adottato e del chimismo dell'acqua disponibile.

Le prove per la determinazione delle caratteristiche del fango dovranno essere eseguite secondo la metodologia indicata nelle raccomandazioni API-RP13B. Dovranno essere controllati i parametri descritti nel seguito.

La densità (espressa in  $g/cm^3$ ), con una precisione al centesimo, dovrà essere determinata tramite bilancia Baroid, oppure mediante bilancia elettronica (con sensibilità al grammo) determinando il peso della miscela contenuta in un picnometro tarato, con capacità di almeno 1 litro.

La viscosità (espressa in secondi) dovrà essere determinata mediante imbuto di Marsh, misurando il tempo necessario al deflusso di 1 litro di fluido dall'imbuto riempito con 1.5 litri. L'imbuto di Marsh deve essere tarato in modo da consentire il deflusso di 1 litro di acqua (a 20°C), su 1.5 litri immessi, in  $28 \pm 0.5$  secondi.

L'acqua libera (espressa in percentuale) dovrà essere determinata mediante cilindro trasparente graduato con capacità di almeno 1 litro, lasciando riposare per 24 ore in quiete un volume esatto di fluido stabilizzante (comunque almeno 1 litro); l'acqua libera sarà uguale al volume di acqua formatasi sulla sommità del cilindro diviso per il volume totale e moltiplicato per 100.

La basicità del fluido stabilizzante dovrà essere determinata, mediante cartina tornasole o pH-metro portatile. Il contenuto in sabbia (espresso come percentuale in volume dei grani  $\varnothing \geq 0.075$  mm) dovrà essere determinato mediante elutriometro. Questo strumento è costituito da un cilindro ( $\varnothing = 63.5$  mm) munito di setaccio 200 mesh (0.075 mm), da un piccolo imbuto e da un tubo di vetro a base conica. Il tubo di misura è graduato in modo da consentire una lettura diretta della percentuale di sabbia contenuta nel fango.

I controlli sul fluido stabilizzante dovranno essere eseguiti nei diversi stadi previsti nel corso delle varie fasi della lavorazione:

- sul fango fresco, all'atto del confezionamento, per la verifica della correttezza delle composizioni: controllo della sola densità;
- sul fango maturato e non ancora utilizzato, che dovrà essere campionato nei sili o nelle vasche di stoccaggio, dopo un periodo di idratazione di almeno 24 ore: controllo di densità, viscosità, acqua libera e basicità.
- sul fango riciclato a seguito del suo utilizzo per lo scavo, che dovrà essere campionato all'impianto di trattamento dei fanghi o alle vasche di stoccaggio.
- controllo di densità, viscosità, acqua libera e basicità.
- sul fango nel pannello, prima del getto, che dovrà essere prelevato prima dell'installazione delle gabbie di armatura, a 50 cm dal fondo dello scavo mediante apposito campionatore da fango: controllo di densità, viscosità, basicità e contenuto in sabbia.

Il fluido stabilizzante, nei diversi stadi, risulterà accettabile se caratterizzato da valori dei parametri di controllo compresi entro i limiti riportati nella tabella che segue.

	Fresco (appena confezionato)	Maturato (non ancora utilizzato)	Riciclato (utilizzato in scavo)	Nel Pannello prima del getto
Densità (g/cm <sup>3</sup> )	$\gamma \geq \gamma_{teorico} - 0.005$	$\gamma \geq \gamma_{teorico} - 0.005$	$\leq 1.10$	$\leq 1.15$
Viscosità Marsh (s)	non richiesto	$v \geq 36$ s	$36 \leq v \leq 60$ s	$36 \leq v \leq 60$ s
Acqua libera [24h] (%)	non richiesto	$\leq 1$ %	$\leq 1$ %	non richiesto
Basicità (pH)	non richiesto	7 + 11	7 + 11	7 + 11
Contenuto in sabbia (%)	non richiesto	non richiesto	non richiesto	$\leq 2$ %

## 9.2.7 Armature metalliche

### 9.2.7.1 Caratteristiche delle armature metalliche

Le armature metalliche dovranno essere realizzate in conformità alle indicazioni di progetto e rispondere alle prescrizioni delle Norme Tecniche.

Le armature trasversali saranno costituite da riquadri o staffe a più braccia, con ampio spazio libero centrale per il passaggio del tubo getto; esse saranno di norma esterne alle armature verticali.

Le armature metalliche verticali potranno essere costituite da barre tonde oppure da barre ad aderenza migliorata. Verranno pre-assemblate fuori opera in "gabbie", che potranno essere confezionate in stabilimento o direttamente in cantiere.

I collegamenti tra le varie barre della gabbia saranno ottenuti con doppia legatura in filo di ferro oppure mediante punti di saldatura elettrica.

Le gabbie dovranno essere dotate di opportuni rinforzi ed irrigidimenti, tali da consentirne il sollevamento e l'installazione senza che subiscano deformazioni permanenti o danni irreversibili.

Le gabbie di armatura saranno dotate di opportuni distanziatori non metallici atti a garantire la centratura dell'armatura ed un copriferro netto minimo rispetto alla parete di scavo di 6 cm. Si richiede l'adozione di rotelle cilindriche in conglomerato cementizio (diametro 12÷15 cm, larghezza 6 cm) con perno libero in tondino metallico fissato a due ferri verticali contigui; le rotelle dovranno essere libere di ruotare attorno al proprio asse orizzontale una volta che il perno sia stato fissato alle barre verticali della gabbia. I centratori saranno posti a gruppi di 2÷3 regolarmente distribuiti sul periodo e con spaziatura verticale di 3÷4 m.

L'interfero netto minimo tra barra e barra, misurato lungo il perimetro che ne unisce i centri, non dovrà essere in alcun caso inferiore a 7.5 cm con aggregati inferiori ai 2 cm e 10 cm con aggregati di classe superiore. Le gabbie di armatura, prima dell'installazione, dovranno essere perfettamente pulite ed esenti da ruggine. Ove previsti, dovranno essere installati tubi per l'esecuzione di carotaggi sonici, in numero di 4 per gabbia; le teste dei tubi dovranno essere identificate con numeri o lettere in modo tale da essere leggibili anche dopo l'operazione di getto.

### 9.2.7.2 Installazione delle armature metalliche

L'installazione delle gabbie d'armatura potrà avvenire soltanto dopo aver controllato che la profondità di scavo corrisponda a quella rilevata a fine scavo, che il fondo dello scavo sia pulito dai detriti e che le caratteristiche reologiche del fluido stabilizzante siano quelle prescritte nello specifico capitolo, relativamente al fango nel pannello prima del getto.

Per l'installazione all'interno del pannello, le gabbie di armatura, mediante una gru di servizio opportunamente dimensionata, dovranno essere sollevate, portate dalla posizione orizzontale di stoccaggio alla posizione verticale di installazione e trasportate dall'area di stoccaggio alla zona del pannello da armare.

Il sollevamento della gabbia da orizzontale a verticale è una delle fasi più critiche di tutta l'operazione di installazione; l'Impresa dovrà garantire l'assenza di deformazioni permanenti e di danni irreversibili conseguenti al sollevamento. Qualora si dovessero verificare deformazioni permanenti, prima della installazione nel pannello la gabbia dovrà essere riparata a cura e spese dell'Impresa.

La gabbia dovrà essere calata lentamente all'interno del pannello; la discesa dovrà essere di tanto in tanto arrestata per consentire l'installazione dei distanziatori non ancora presenti (di norma quelli posti sulla faccia che nell'area di stoccaggio risultava rivolta verso la superficie del terreno).

Le barre longitudinali di ogni spezzone di gabbia dovranno essere sovrapposte a quelle del successivo per la lunghezza prescritta dal progetto. La giunzione tra due spezzoni successivi dovrà avvenire a mezzo di morsetti meccanici o saldatura elettrica, da applicarsi ad un numero di coppie di barre sufficienti a sopportare il peso dell'armatura sottostante (con particolare riferimento alla capacità di trasmissione degli sforzi del morsetto meccanico o della saldatura).

Le gabbie, una volta installate all'interno del pannello, dovranno essere mantenute in posizione sostenendole dall'alto, evitando in ogni caso di appoggiarle sul fondo scavo.

### 9.2.7.3 Controlli sulla qualità e sull'installazione delle armature metalliche

Al momento della disponibilità delle gabbie in cantiere, o comunque prima della installazione, dovranno essere eseguiti tutti gli opportuni controlli dimensionali e della rispondenza dell'armatura presente alle prescrizioni di progetto.

Dovrà inoltre essere controllata la presenza e la posizione dei tubi per carotaggi sonici, ove previsti. Prima della posa in opera delle gabbie, tutte le distanze relative fra i diversi tubi dovranno essere misurate almeno ogni 5 m di profondità e registrate su una apposita scheda.

Completata l'installazione dell'armatura, si dovrà verificare che lo scostamento dai valori teorici del livello di testa gabbia e della sua posizione in pianta, sia in direzione longitudinale che trasversale, siano entro i limiti imposti nello specifico capitolo.

## 9.2.8 Getto del conglomerato cementizio

### 9.2.8.1 Preparazione e trasporto del conglomerato cementizio

Il conglomerato cementizio sarà confezionato da apposita centrale di preparazione atta al dosaggio a peso dei componenti. Si impiegheranno almeno tre classi di aggregati; le classi saranno proporzionate in modo da ottenere una curva granulometrica che soddisfi il criterio della massima densità (curva di Fuller).

La dimensione massima degli aggregati dovrà essere scelta in funzione del valore minimo di interspazio tra le armature: 20 mm se l'interfero minimo è compreso tra 75 e 100 mm e superiore se l'interfero è maggiore di 100 mm; comunque non dovrà essere superiore a 40 mm. Se l'armatura è disposta su doppio strato la dimensione massima degli aggregati dovrà in ogni caso essere non superiore a 20 mm.

Il conglomerato cementizio dovrà avere la resistenza caratteristica di progetto e comunque non dovrà risultare di classe inferiore a 25/30 MPa.

Il rapporto acqua/cemento non dovrà superare il valore di 0.50, nella condizione di aggregato saturo a superficie asciutta.

La lavorabilità dovrà essere tale da dare uno "slump" al cono di Abrams compresa tra 18 e 22 cm (ovvero  $20 \pm 2$  cm); per le modalità da seguire nello "Slump Test" per la determinazione dell'abbassamento, si richiama espressamente quanto prescritto nella norma UNI 9418/89 e successivi aggiornamenti.

Per soddisfare entrambi questi requisiti, potrà essere aggiunto all'impasto un idoneo additivo super-fluidificante non aerante; è ammesso altresì l'uso di ritardanti di presa o super-fluidificanti con effetto ritardante.

I prodotti commerciali che l'Impresa si propone di usare dovranno essere sottoposti all'esame ed all'approvazione preventiva della Direzione Lavori.

I mezzi di trasporto dovranno essere tali da evitare segregazioni dei componenti.

Il conglomerato cementizio dovrà essere confezionato e trasportato con ritmo tale da consentire di completare il getto di ciascun elemento di diaframma senza soluzione di continuità e nel più breve tempo possibile; in ogni caso ciascun getto dovrà venire alimentato con una cadenza effettiva, inclusi i tempi morti, non inferiore a 20 m<sup>3</sup>/h.

La centrale di confezionamento dovrà quindi consentire la erogazione nell'unità di tempo di volumi di conglomerato cementizio almeno doppi di quello sopra indicato.

Prima dell'inizio dei lavori, l'Impresa dovrà procedere alla certificazione del calcestruzzo da impiegare per il getto dei diaframmi, mediante prove di laboratorio per la verifica della lavorabilità del calcestruzzo fresco e della resistenza caratteristica a 28 giorni del calcestruzzo indurito. In alternativa potrà essere accettata la certificazione da parte del produttore, qualora lo stesso avesse già confezionato, fornito e certificato in precedenza lo stesso tipo di calcestruzzo.

### 9.2.8.2 Posa in opera del conglomerato cementizio

Prima di iniziare il getto si dovrà verificare che le caratteristiche reologiche del fluido stabilizzante siano quelle prescritte nel precedente, relativamente al fango nel pannello prima del getto. Tra questa verifica e l'inizio delle operazioni di getto non dovranno intercorrere più di 2 ore.

Il getto dovrà essere eseguito mediante il sistema "contractor", sostituendo il fluido stabilizzante presente nello scavo a partire dal fondo a risalire.

Il tubo getto dovrà essere in acciaio con diametro interno 20 ÷ 25 cm; dovrà essere costituito da sezioni non più lunghe di 3 m e dovrà avere giunti a tenuta idraulica. L'interno del tubo dovrà essere pulito, privo di

irregolarità e strozzature. Il tubo sarà provvisto, all'estremità superiore, di una tramoggia di carico avente una capacità di almeno  $0.5 \div 0.6 \text{ m}^3$ , e sarà mantenuto sospeso da un mezzo di sollevamento.

Esso dovrà essere calato all'interno del pannello, in modo che la scarpa (estremità inferiore) risulti ubicata a 30 cm dal fondo scavo con una tolleranza di  $\pm 20$  cm.

Per evitare il dilavamento del primo calcestruzzo gettato, prima di iniziare il getto si dovrà posizionare un tappo di carta (o equivalente) nella tramoggia del tubo getto, con lo scopo di separare il calcestruzzo dal fluido di perforazione all'interno del tubo, all'atto dell'immissione del primo calcestruzzo.

Durante il getto, qualora si rendesse necessario, il tubo potrà essere opportunamente manovrato in salita e discesa, per un'ampiezza massima di 50 cm, in modo da favorire l'uscita e la risalita del calcestruzzo.

Il tubo getto verrà accorciato per tratti successivi nel corso del getto (tra lo scarico di una autobetoniera e la successiva), avendo l'accortezza di mantenere, in qualsiasi momento, un'immersione minima del tubo nel calcestruzzo già in opera di 2.5 m e massima di 10 m.

In presenza di pannelli con lunghezza in pianta superiore a 4 m, o di forma tale da non consentire un buon getto con un solo tubo convogliatore, dovranno essere utilizzati 2 o più tubi getto. In questo caso i tubi dovranno essere alimentati in modo sincrono per assicurare la risalita uniforme del calcestruzzo; non sarà consentito gettare il calcestruzzo separatamente e non contemporaneamente in tutti i tubi getto.

Il volume del calcestruzzo gettato in funzione del tempo dovrà essere rilevato e registrato sulla apposita scheda di controllo qualità.

Per nessuna ragione il getto dovrà essere sospeso prima del totale riempimento del pannello.

Il getto dovrà essere proseguito, fino a quando la sommità del calcestruzzo non abbia superato di una altezza pari allo spessore del pannello la quota di testa prevista in progetto, con un minimo di 60 cm, ciò al fine di garantire la completa espulsione del calcestruzzo contaminato dal fango di scavo.

In caso di diaframmi aventi la sommità del getto notevolmente più profonda della quota d'imposta dei muretti guida, sarà necessario il riempimento dell'altezza rimanente con calcestruzzo magro, per garantire la corretta esecuzione dei pannelli adiacenti.

### 9.2.8.3 Scapitozzatura

La sommità dei diaframmi verrà scapitozzata sino alla quota di testa diaframma di progetto o comunque fino ad evidenziare il calcestruzzo di buona qualità, per la ripresa dei getti di collegamento con le strutture di elevazione: per tale lavorazione verranno adottate tecniche, preventivamente approvate dalla D.L., che non causino disturbi ai getti sottostanti e alle armature di ripresa, e che siano compatibili con le normative di sicurezza.

### 9.2.8.4 Rifilatura pareti

La parete scavata dei diaframmi, qualora presenti sbulbature o scostamenti dalla verticalità oltre le tolleranze ammesse, verrà rifilata a cura e onere dell'Impresa: per tale lavorazione verranno adottate tecniche, preventivamente approvate dalla D.L., che non causino disturbi ai getti retrostanti.

### 9.2.8.5 Controlli sulla qualità e sul getto del conglomerato cementizio

L'Impresa, a sua cura e spese e sotto il controllo della Direzione Lavori, dovrà provvedere all'esecuzione di:

- una analisi granulometrica ogni  $500 \text{ m}^3$  di aggregato impiegato;
- una prova di lavorabilità con il cono di Abrams, ogni  $50 \text{ m}^3$  di calcestruzzo gettato;

- per ogni pannello di diaframma il rilievo dose per dose (dose = 1 autobetoniera o coppia di autobetoniere nel caso di utilizzo di 2 tubi getto) del livello del conglomerato cementizio entro il pannello in corso di getto, in modo da poter ricostruire l'andamento dello spessore medio effettivo lungo il diaframma (profilo di getto); si impiegherà allo scopo uno scandaglio a base piatta;
- una serie di prove di carico a rottura su cubetti di conglomerato cementizio prelevati in numero e con modalità conformi a quanto prescritto nel D.M. 17/01/2018 e successivi aggiornamenti.

## 9.2.9 Documentazione dei lavori

L'esecuzione di ogni elemento di diaframma dovrà comportare la documentazione relativa a tutti i controlli di qualità eseguiti nel corso della lavorazione.

Per ogni attività dovrà essere compilata una apposita Scheda di Controllo Qualità, in contraddittorio tra Impresa e Direzione Lavori.

I risultati dei controlli sulle caratteristiche del fluido stabilizzante dovranno essere registrati su di una apposita Scheda di Controllo Qualità, sulla quale dovranno essere riportate almeno le seguenti informazioni:

- dati di carattere generale sul lavoro (lotto, appaltatore, Impresa, opera),
- tipo di fluido stabilizzante utilizzato (bentonitico o polimerico), e per ogni prelievo di fluido da sottoporre a prove sulle caratteristiche reologiche:
- data e ora del prelievo,
- tipo di fango (fresco, maturato, riciclato o prelevato dal pannello prima del getto),
- numero del pannello in fase di scavo,
- profondità del prelievo (solo per il fango prelevato dal pannello),
- densità,
- viscosità Marsh,
- resa volumetrica (o in alternativa l'acqua libera),
- pH,
- contenuto in sabbia.

I risultati dei controlli sul processo di scavo dovranno essere registrati su di una apposita Scheda di Controllo Qualità, sulla quale dovranno essere riportate almeno le seguenti informazioni:

- dati di carattere generale sul lavoro (lotto, appaltatore, Impresa, opera),
- numero del pannello in scavo,
- tipo di pannello (primario o secondario),
- dimensioni in pianta di progetto del pannello,
- profondità di scavo di progetto,
- tipo di fluido stabilizzante utilizzato (bentonitico o polimerico), e per ogni tratta significativa di scavo:
- fase di scavo (pre-scavo, pannello singolo, 1a, 2a e 3a fresata per i pannelli multipli)
- profondità di riferimento di inizio e fine tratta,
- data e ora di riferimento di inizio e fine tratta,
- descrizione stratigrafica sommaria,
- livello misurato del fluido stabilizzante e registrazione di eventuali anomalie.

Le misure di verticalità, eseguite mediante sistema automatico di acquisizione e registrazione dati nel corso dello scavo, dovranno essere documentate mediante un rapporto di verticalità, costituito dall'output del sistema

elettronico di misura, contenente i diagrammi di deviazione in funzione della profondità nelle due direzioni principali.

### **9.2.10 Controlli non distruttivi**

Scopo dei controlli non distruttivi è quello di verificare le caratteristiche geometriche e meccaniche degli elementi di diaframma non compromettendone l'integrità strutturale.

A tale scopo potrà essere richiesta l'esecuzione di:

- a) prove geofisiche;
- b) carotaggio continuo meccanico;
- c) scavi attorno al fusto dell'elemento di diaframma.

Per tutti i controlli non distruttivi l'Impresa provvederà a sottoporre alla Direzione Lavori per approvazione il programma e le specifiche tecniche di dettaglio.

### **9.2.11 Prove geofisiche**

Possono essere eseguite mediante emissione di impulsi direttamente lungo il fusto entro fori precedentemente predisposti.

Il numero dei controlli sarà di volta in volta stabilito dalla Direzione Lavori anche in relazione all'importanza dell'opera, alle caratteristiche geotecniche e idrogeologiche dei terreni di fondazione e alle anomalie riscontrate durante l'esecuzione dei diaframmi.

Gli elementi di diaframma da sottoporre a controllo mediante prove geofisiche saranno prescelti dalla Direzione Lavori.

L'Impresa dovrà provvedere, a sua cura e spese e sotto il controllo della Direzione Lavori, all'esecuzione di controlli su almeno il 5% del numero totale degli elementi di diaframma con un minimo di 2.

Sugli elementi prescelti per le prove dovrà essere predisposta, prima delle operazioni di getto, l'installazione di tubi estesi a tutta la profondità dell'elemento, entro cui possano scorrere le sonde di emissione e ricezione.

I tubi saranno solidarizzati alla gabbia di armatura, resi paralleli tra loro e protetti dall'ingresso di materiale. Le prove dovranno essere eseguite alternando entro i fori le posizioni delle sonde trasmettente e ricevente.

Sugli elementi prescelti per le prove, dovranno essere installati i tubi per l'esecuzione di carotaggi sonici entro cui possano scorrere le sonde di emissione e di ricezione.

I tubi, in numero di 4 per gabbia, saranno estesi a tutta la profondità dell'elemento. I tubi saranno solidarizzati alla gabbia di armatura, resi paralleli fra di loro e protetti dall'ingresso di materiale. Prima della posa in opera delle gabbie, tutte le distanze relative fra i diversi tubi dovranno essere misurate almeno ogni 5 m di profondità e registrate su una apposita scheda.

Le teste dei tubi dovranno essere identificate con numeri o lettere in modo tale da essere leggibili anche dopo l'operazione di getto.

Le prove dovranno essere eseguite alternando entro i fori le posizioni delle sonde trasmettente e ricevente.

### **9.2.12 Carotaggio continuo meccanico**

Il carotaggio dovrà essere eseguito con utensili e attrezzature tali da garantire la verticalità del foro e consentire il prelievo continuo, allo stato indisturbato, del conglomerato e se richiesto del sedime di imposta.

Allo scopo saranno impiegati doppi carotieri provvisti di corona diamantata aventi diametro interno minimo pari a 60 mm.

Nel corso della perforazione dovranno essere rilevate le caratteristiche macroscopiche del conglomerato e le discontinuità eventualmente presenti, indicando in dettaglio la posizione e il tipo delle fratture, le percentuali di carotaggio, le quote raggiunte con ogni singola manovra di avanzamento.

Su alcuni spezzoni di carota saranno eseguite prove di laboratorio atte a definire le caratteristiche fisiche, meccaniche e chimiche.

Al termine del carotaggio si provvederà a riempire il foro mediante boiaccia di cemento immessa dal fondo foro.

Il carotaggio si eseguirà, a cura e spese dell'Impresa, in corrispondenza di quegli elementi di diaframma ove si fossero manifestate inosservanze rispetto alle presenti Norme Tecniche di Appalto e alle disposizioni della Direzione Lavori.

### 9.2.13 Scavi attorno al fusto del diaframma

Saranno richiesti dalla Direzione Lavori, ogni qualvolta si nutrano dubbi sulla verticalità e regolarità della sezione nell'ambito dei primi 4,0 - 5,0 m di diaframma.

Il fusto del diaframma dovrà essere messo a nudo e pulito con un violento getto d'acqua e reso accessibile all'ispezione visiva.

Successivamente si provvederà a riempire lo scavo con materiali e modalità di costipamento tali da garantire il ripristino della situazione primitiva.

Tali operazioni saranno eseguite, a cura e spese dell'Impresa e sotto il controllo della Direzione Lavori, in corrispondenza di quegli elementi del diaframma ove si fossero manifestate inosservanze rispetto alle presenti Norme Tecniche di Appalto e alle disposizioni della Direzione Lavori.

## 9.3 PALI

### 9.3.1 Classificazione

a) *pali di medio e grande diametro*

Dal punto di vista esecutivo, possiamo identificare le seguenti tipologie:

- pali infissi (gettati in opera o prefabbricati)
- pali trivellati
- pali trivellati ad elica continui

b) *Micropali*

Con tale denominazione devono essere intesi, i pali trivellati aventi diametro  $\leq 250$  mm costituiti da malte o miscele cementizie e da idonee armature d'acciaio.

Dal punto di vista esecutivo, possiamo identificare le seguenti tipologie, a seconda delle modalità di connessione al terreno:

- riempimento a gravità;
- riempimento a bassa pressione;
- iniezione ripetuta ad alta pressione.

## 9.3.2 Definizioni

### a) *Pali infissi*

#### a.1) *Pali infissi gettati in opera*

Con tale denominazione devono essere intesi i pali infissi realizzati riempiendo con calcestruzzo lo spazio interno vuoto di un elemento tubolare metallico fatto penetrare nel terreno mediante battitura o per vibrazione, senza asportazione del terreno medesimo.

I pali infissi gettati in opera si distinguono in:

- Pali con rivestimento definitivo in lamiera d'acciaio, corrugata o liscia, chiusi alla base con un fondello d'acciaio. I pali vengono realizzati infiggendo nel terreno il rivestimento tubolare. Dopo l'infissione e la eventuale ispezione interna del rivestimento, il palo viene completato riempiendo il cavo del rivestimento con calcestruzzo armato.
- Pali realizzati tramite infissione nel terreno di un tubo forma estraibile, in genere chiuso alla base da un fondello a perdere. Terminata l'infissione, il palo viene gettato con calcestruzzo, con o senza la formazione di un bulbo espanso di base. Durante il getto, il tubo-forma viene estratto dal terreno.

#### a.2) *Pali infissi prefabbricati*

Con tale denominazione si vengono ad identificare i pali infissi realizzati mediante battitura di manufatti, senza asportazione di terreno, eventualmente con l'ausilio di getti d'acqua in pressione alla punta.

A seconda che i pali siano prefabbricati in stabilimento od in cantiere, saranno adottate le seguenti tipologie costruttive:

- Pali prefabbricati in stabilimento: in calcestruzzo centrifugato ed eventualmente precompresso, di norma a sezione circolare, di forma cilindrica, tronco-conica o cilindro-tronco-conica.
- Pali prefabbricati in cantiere: in calcestruzzo vibrato, di norma a sezione quadrata.
- Pali in legno: dovranno essere realizzati con legno di essenza forte (quercia, rovere, larice rosso, ontano, castagno), scortecciati, ben dritti, di taglio fresco, conguagliati 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 di ferro, con o senza punta di acciaio, secondo campione approvato dalla DL. Per le modalità di posa in operati farà di seguito riferimento a quelle valide per i pali battuti prefabbricati ed alle quali si rimanda.

### b) *Pali trivellati*

Con tale denominazione si vengono a identificare i pali realizzati per asportazione del terreno e sua sostituzione con calcestruzzo armato. Durante la perforazione la stabilità dello scavo può essere ottenuta con l'ausilio di fanghi bentonitici o altri fluidi stabilizzanti, ovvero tramite l'infissione di un rivestimento metallico provvisorio.

### c) *Pali trivellati ad elica continua*

Con tale denominazione si vengono ad identificare, i pali realizzati mediante infissione per rotazione di una trivella ad elica continua e successivo getto di calcestruzzo, fatto risalire dalla base del palo attraverso il tubo convogliatore interno all'anima dell'elica, con portate e pressioni controllate.

L'estrazione dell'elica avviene contemporaneamente alla immissione del calcestruzzo.

### d) *Micropali*

Con tale denominazione vengono identificati pali trivellati ottenuti attrezzando le perforazioni di piccolo diametro ( $d \leq 250$  mm) con tubi metallici, che possono anche essere dotati di valvole di non ritorno (a secondo delle modalità di solidarizzazione con il terreno), che sono connessi al terreno mediante:

- riempimento a gravità;
- riempimento a bassa pressione;
- iniezione ripetuta ad alta pressione.

Tali modalità di connessione con il terreno, sono da applicare rispettivamente:

- per micropali eseguiti in roccia o terreni coesivi molto compatti il cui modulo di deformabilità a breve termine sia superiore ai 200 MPa, utilizzeremo il primo tipo di connessione;
- per micropali eseguiti in terreni di qualunque natura, caratterizzati da un modulo di deformazione a breve termine inferiore a 200 MPa, utilizzeremo il secondo ed il terzo tipo di connessione.

L'armatura metallica può essere costituita da:

- tubo senza saldature, eventualmente dotato di valvole di non ritorno;
- da un profilato metallico della serie UNI a doppio piano di simmetria;
- da una gabbia di armature costituita da ferri longitudinali correnti del tipo ad aderenza migliorata, e da una staffatura esterna costituita da anelli o spirali continue in tondo ad aderenza migliorata o liscio.

Preparazione del piano di lavoro

L'Impresa dovrà aver cura di accertare che l'area di lavoro non sia attraversata da tubazioni, cavi elettrici o manufatti sotterranei che, se incontrati durante l'esecuzione dei pali, possono recare danno alle maestranze di cantiere o a terzi.

Per la realizzazione dei pali in alveo, in presenza di un battente di acqua fluente, l'Impresa predisporrà la fondazione di un piano di lavoro a quota sufficientemente elevata rispetto a quella dell'acqua per renderlo transitabile ai mezzi semoventi portanti le attrezzature di infissione o di perforazione e relativi accessori e di tutte le altre attrezzature di cantiere.

### 9.3.3 Pali di medio e grande diametro

Soggezioni geotecniche e ambientali

#### *a) Pali infissi*

L'adozione di pali infissi (gettati in opera o prefabbricati), è condizionata da una serie di fattori geotecnici ed ambientali;

Quelli che meritano particolare attenzione sono:

- disturbi alle persone provocati dalle vibrazioni e dai rumori causati dall'infissione dei pali;
- danni che l'installazione dei pali può arrecare alle opere vicine a causa delle vibrazioni, degli spostamenti verticali e/o orizzontali del terreno provocati durante l'infissione;
- danni che l'infissione dei pali può causare ai pali adiacenti;

L'Impresa dovrà eseguire a sua cura e spese misure vibrazionali di controllo per accertare, se vengono superati i limiti di accettabilità imposti dalle norme DIN 4150, e nella eventualità di superamento di questi limiti, dovrà sottoporre alla DL i provvedimenti che intende adottare nel caso che tali limiti vengono ad essere superati, che si riserva la facoltà di approvazione.

L'esecuzione di prefori per la riduzione delle vibrazioni è ammessa, con le limitazioni che vedremo in seguito. I prefori sono a cura e spese dell'Impresa.

*b) Pali trivellati*

Le tecniche di perforazione dovranno essere le più adatte in relazione alla natura del terreno attraversato; in particolare:

- la perforazione "a secco" senza rivestimento è ammessa solo in terreni uniformemente argillosi di media ed elevata consistenza, esenti da intercalazioni incoerenti e non interessati da falde che possono causare ingresso di acqua nel foro, caratterizzati da valori della resistenza al taglio non drenata ( $C_u$ ) che alla generica profondità di scavo  $H$  soddisfi la seguente condizione:

$c_u \geq \gamma H/3$  dove:  $\gamma$  = peso di volume totale;

Inoltre, la perforazione "a secco" è ammissibile solo dove possa essere eseguita senza alcun ingresso alcuno di acqua nel foro;

- la perforazione a fango non è di norma ammessa in terreni molto aperti, privi di frazioni medio-fini ( $D_{10} > 4$  mm).

Durante le operazioni di perforazione si dovrà tenere conto della esigenza di non peggiorare le caratteristiche meccaniche del terreno circostante il palo, si dovrà quindi minimizzare e/o evitare:

- rammollimento di strati coesivi, minimizzando e/o annullando l'intervallo di tempo tra la perforazione e il getto del palo;
- la diminuzione di densità relativa ( $D_r$ ) degli strati incoerenti;
- la diminuzione delle tensioni orizzontali efficaci, proprie dello stato naturale;
- la riduzione dell'aderenza palo-terreno, a causa dell'uso improprio dei fanghi.

Nel caso di attraversamento di trovanti lapidei, non estraibili con i normali metodi di scavo, o di strati rocciosi o cementati e per conseguire una sufficiente ammorsatura del palo nei substrati rocciosi di base, si farà ricorso all'impiego di scalpelli frangiroccia azionati a percussione, del peso e forma adeguati.

In alternativa, ed in relazione alla natura dei materiali attraversati, potranno essere impiegate speciali attrezzature fresanti.

L'uso di queste attrezzature dovrà essere frequentemente alternato a quello del secchione, che hanno il compito di estrarre dal foro i materiali di risulta.

Sulle attrezzature di manovra degli utensili di scavo, saranno disposte delle marcature regolari (1-2 m) che consentiranno il rapido apprezzamento della profondità alla quale gli utensili stanno operando.

La verticalità delle aste di guida rigide, dovrà essere controllata da un indicatore a pendolo disposto sulle stesse.

*c) Pali trivellati ad elica continua*

La tecnica di perforazione è adatta a terreni di consistenza bassa e media, con o senza acqua di falda.

Nel caso vengono ad interessare terreni compressibili, nelle fasi di getto, dovranno essere adottati i necessari accorgimenti atti a ridurre o evitare sbulbature.

Prove tecnologiche preliminari

La scelta delle attrezzature di scavo o di battitura e gli associati dettagli esecutivi e di posa in opera del palo, dovranno essere comunicati preliminarmente all'esecuzione dei pali dall'Impresa alla DL.

Nell'eventualità di particolare complessità della situazione geotecnica e/o stratigrafica, o in relazione dell'importanza dell'opera, l'idoneità delle attrezzature sarà verificata mediante l'esecuzione di prove tecnologiche preliminari.

Tali verifiche dovranno essere condotte in aree limitrofe a quelle interessanti la palificata in progetto e comunque tali da essere rappresentative dal punto di vista geotecnico ed idrogeologico.

I pali di prova, eventualmente strumentati (per la determinazione del carico limite), a cura dell'Impresa, saranno eseguiti in numero del 1% del numero totale dei pali con un minimo di 2 pali per opera, e comunque secondo le prescrizioni della DL; le prove di collaudo saranno eseguite in numero pari allo 0,5% del numero totale dei pali, con un numero minimo di 1 palo per opera.

I pali di prova dovranno essere realizzati in corrispondenza dell'opera, e predisposti al di fuori della palificata ad una distanza dalla stessa non inferiore ai 10 m presa ortogonalmente dal bordo più vicino del plinto di raccordo, in maniera tale da ricadere nella medesima situazione geotecnica e/o stratigrafica della palificata in progetto.

Tali pali dovranno essere eseguiti o posti in opera alla presenza della DL, cui spetta l'approvazione delle modalità esecutive da adottarsi per i pali in progetto.

In ogni caso l'Impresa dovrà provvedere, a sua cura, all'esecuzione di tutte quelle prove di controllo non distruttive, ed a ogni altra prova di controllo, che saranno richieste dalla DL, tali da eliminare gli eventuali dubbi sulla accettabilità delle modalità esecutive.

Nel caso in cui l'Impresa proponga di variare nel corso dei lavori la metodologia esecutiva, sperimentata ed approvata inizialmente, si dovrà dar corso sempre a sua cura, alle prove tecnologiche precedentemente descritte. Di tutte le prove e controlli eseguiti, l'Impresa si farà carico di presentare documentazione scritta.

#### Materiali

Le prescrizioni che seguono sono da intendersi integrative di quelle riguardanti le Opere in Conglomerato Cementizio, e che si intendono integralmente applicabili.

#### Armature metalliche

Le armature metalliche saranno di norma costituite da barre ad aderenza migliorata; le armature trasversali dei pali saranno costituite unicamente da spirali in tondino esterne ai ferri longitudinali.

Le armature saranno preassemblate fuori opera in gabbie; i collegamenti saranno ottenuti con doppia legatura in filo di ferro o con punti di saldatura elettrica.

I pali costruiti in zona sismica dovranno essere armati per tutta la lunghezza.

L'armatura di lunghezza pari a quella del palo dovrà essere posta in opera prima del getto e mantenuta in posto senza poggiarla sul fondo del foro.

Non si ammette di norma la distribuzione delle barre verticali su doppio strato; l'intervallo netto minimo tra barra e barra, misurato lungo la circonferenza che ne unisce i centri, non dovrà in alcun caso essere inferiore a 7.5 cm con aggregati di diametro minimo non superiore ai 2 cm, e 10 cm con aggregati di diametro superiore.

Le gabbie di armatura saranno dotate di opportuni distanziatori non metallici atti a garantire la centratura dell'armatura ed un copriferro netto minimo di 5.

Per i distanziatori in plastica, al fine di garantire la solidarietà col calcestruzzo, è necessario verificare che la loro superficie sia forata per almeno il 25%. I centratori saranno posti a gruppi di 3-4 regolarmente distribuiti sul perimetro e con spaziatura verticale di 3-4 m.

Le gabbie di armatura dovranno essere perfettamente pulite ed esenti da ruggine e dovranno essere messe in opera prima del getto e mantenute in posto sostenendole dall'alto, evitando in ogni caso di appoggiarle sul

conglomerato cementizio già in opera o sul fondo del foro, ove fosse necessario, è ammessa la giunzione, che potrà essere realizzata mediante sovrapposizione non inferiore a 40 diametri.

La posa della gabbia all'interno del tubo forma, per i pali battuti, potrà aver luogo solo dopo aver accertato l'assenza di acqua e/o terreno all'interno dello stesso.

Qualora all'interno del tubo forma si dovesse riscontrare la presenza di terreno soffice o di infiltrazione di acqua, la costruzione del palo dovrà essere interrotta, previo riempimento con conglomerato cementizio magro. Tale palo sarà successivamente sostituito, a cura e spese dell'Impresa, da uno o due pali supplementari, sentito il progettista.

L'Impresa esecutrice dovrà inoltre adottare gli opportuni provvedimenti atti a ridurre la deformazione della gabbia durante l'esecuzione del fusto.

A getto terminato, si dovrà comunque registrare la variazione della quota della testa dei ferri d'armatura.

Al fine di irrigidire le gabbie di armatura potranno essere realizzati opportuni telai cui fissare le barre d'armatura. Detti telai potranno essere realizzati utilizzando barre lisce verticali legate ad anelli irrigidenti orizzontali, orientativamente, a seconda delle dimensioni e della lunghezza del palo, potrà prevedersi un cerchiate ogni 2.5 – 3 m.

Per i pali trivellati, al fine di eseguire le prove geofisiche che sono descritte nel punto 9.3.5.2, l'Impresa dovrà fornire e porre in opera, a sua cura e spese, nel 5% del numero totale dei pali trivellati con un diametro  $d \geq 700$  mm, con un minimo di 2 pali, due o tre tubi estesi a tutta la lunghezza del palo, solidarizzati alla gabbia di armatura.

#### Rivestimenti metallici

Le caratteristiche geometriche dei rivestimenti, sia provvisori che definitivi, saranno conformi alle prescrizioni di progetto.

Nel caso di pali battuti questi saranno in acciaio, di qualità, forma e spessori tali da sopportare tutte le sollecitazioni durante il trasporto, il sollevamento e l'infissione e senza che subiscano distorsioni o collassi conseguenti alla pressione del terreno od all'infissione dei pali vicini.

Il dimensionamento dei tubi di rivestimento, per pali battuti senza asportazione di terreno, potrà essere effettuato mediante il metodo dell'onda d'urto.

I rivestimenti definitivi dei pali infissi e gettati in opera dovranno avere la base piatta e saldata al fusto.

Questa sarà realizzata mediante una piastra di spessore non inferiore ai 3 mm, saldata per l'intera circonferenza del tubo di rivestimento.

Dovrà essere priva di sporgenze rispetto al rivestimento, la saldatura dovrà impedire l'ingresso di acqua all'interno del tubo per l'intera durata della battitura ed oltre.

La piastra dovrà essere tale da resistere alle sollecitazioni di battitura e ribattitura.

I rivestimenti possono essere realizzati anche a sezione variabile, con l'impiego di raccordi flangiati.

Nel caso di pali battuti con rivestimento definitivo, da realizzare in ambienti aggressivi la superficie esterna del palo dovrà essere rivestita con materiali protettivi adeguati, da concordare con la Direzione Lavori.

Nel caso di pali battuti gettati in opera con tubo forma estraibile, l'espulsione del fondello, occludente l'estremità inferiore del tubo-forma, può essere eseguita con un pistone rigido di diametro pari a quello interno del tubo forma collegato, tramite un'asta rigida, alla base della testa di battuta.

Può essere impiegato, tubo-forma dotato di fondello incernierato recuperabile.

Nel caso dei pali trivellati, con tubazioni di rivestimento, questa dovrà essere costituita da tubi di acciaio, di diametro esterno pari al diametro nominale del palo, suddivisi in spezzoni lunghi 2.0 – 2.5 m connessi tra loro mediante manicotti esterni filettati o innesti speciali a baionetta, con risalti interni raccordati di spessore non superiore al 2% del diametro nominale.

L'infissione della tubazione di rivestimento sarà ottenuta, imprimendole un movimento rototraslatorio mediante morsa azionata da comandi oleodinamici, oppure applicandole in sommità un vibratore di adeguata potenza (essenzialmente in terreni poco o mediamente addensati, privi di elementi grossolani e prevalentemente non coesivi). In questo secondo caso, la tubazione potrà essere suddivisa in spezzoni più lunghi di 2.50 m, o anche essere costituita da un unico pezzo di lunghezza pari alla profondità del palo.

È ammessa la giunzione per saldatura degli spezzoni, purché non risultino varchi nel tubo che possono dar luogo all'ingresso di terreno.

#### Conglomerato cementizio

Sarà conforme a ciò che è prescritto nei disegni di progetto e nella sezione relativa ai calcestruzzi del presente Capitolato.

Il conglomerato sarà confezionato in apposita centrale di preparazione atta al dosaggio a peso dei componenti. Le classi di aggregato da impiegare dovranno essere tali da soddisfare il criterio della massima densità (curva di Fuller) per la loro granulometria.

La dimensione massima degli inerti deve essere tale che  $D_{max}/2.5 \geq i_{min}$  dove  $i_{min}$  è il valore minimo del passo fra le barre longitudinali, e comunque non superiore ai 40 mm.

Il cemento da impiegato dovrà soddisfare i requisiti richiesti dalla vigente Legislazione, e dovrà essere scelto in relazione alle caratteristiche ambientali, in particolare, l'aggressività da parte dell'ambiente esterno.

Il conglomerato cementizio dovrà avere una resistenza caratteristica cubica ( $R_{bk}$ ) così come indicato in progetto, e comunque non inferiore a  $R_{bk} \geq 25$ . Il rapporto acqua/cemento non dovrà superare il limite di 0.5, nella condizione di aggregato saturo e superficie asciutta.

La lavorabilità in fase di getto, il calcestruzzo dovrà essere tale da dare uno "slump" al cono di Abrams (CNR UNI 7163-79) compreso fra 16 e 20 cm. Per soddisfare entrambi questi requisiti, potrà essere aggiunto all'impasto un idoneo additivo fluidificante non aerante. È ammesso altresì l'uso di ritardanti di presa o di fluidificanti con effetto ritardante.

I prodotti commerciali che l'Impresa si propone di usare dovranno essere sottoposti all'esame ed all'approvazione preventiva della DL.

I mezzi di trasporto dovranno essere tali da evitare segregazione dei componenti.

Il calcestruzzo dovrà essere confezionato e trasportato con un ritmo tale da consentire di completare il getto di ciascun palo senza soluzione di continuità, secondo le cadenze prescritte e rendendo minimo l'intervallo di tempo fra preparazione e getto, e comunque non inferiore a 15 m<sup>3</sup>/ora per pali di diametro  $d < 800$  mm e di 20 m<sup>3</sup>/ora per pali di diametro  $d \geq 800$  mm.

L'Impresa dovrà garantire la disponibilità del calcestruzzo necessario per soddisfare la produzione giornaliera di pali in accordo al programma di costruzione.

#### Fanghi bentonitici

Non è consentito l'uso di fanghi bentonitici

### **9.3.4 TIPOLOGIE ESECUTIVE**

#### **9.3.4.1 Pali infissi prefabbricati**

I pali potranno essere prefabbricati fuori opera sia in stabilimenti di produzione sia direttamente in cantiere. In entrambi i casi il conglomerato cementizio dovrà presentare una resistenza caratteristica cubica ( $R_{bk}$ )

Rbk  $\geq$  50 MPa; pertanto, dovranno impiegarsi impasti con bassi valori del rapporto acqua/cemento aventi "slump" inferiore ai 7,5 cm (CNR-UNI 7163 – 79).

Il conglomerato cementizio dovrà essere opportunamente centrifugato o vibrato, le gabbie di armatura avranno un copriferro netto minimo rispetto alla superficie esterna del palo non inferiore ai 3 cm.

La stagionatura potrà essere naturale in ambiente umido, oppure a vapore.

I pali potranno essere pre-compressi, se richiesto mediante il metodo dei fili di acciaio aderenti.

I materiali impiegati dovranno presentare caratteristiche di resistenza (alla compressione e all'urto) tali da consentire l'infissione senza lesioni e rotture, nonché il trasporto ed il sollevamento ed ogni altra sollecitazione a cui i pali saranno sottoposti.

L'estremità inferiore del palo sarà protetta e rinforzata mediante puntazza metallica la cui configurazione è funzione delle caratteristiche e della natura dei terreni del sottosuolo.

Ogni partita di pali dovrà essere accompagnata da un certificato attestante la resistenza caratteristica cubica (Rck) del conglomerato cementizio impiegato, la distribuzione delle armature, la data del getto.

La DL ha la facoltà di far eseguire prove di controllo della geometria del fusto del palo e delle armature e delle caratteristiche di resistenza dei materiali impiegati, il tutto a cura dell'Impresa.

Nel caso di pali aventi lunghezza superiore ai 16 m, è ammesso il ricorso alla giunzione di 2 o più elementi.

Il giunto dovrà essere realizzato con un anello di acciaio con armatura longitudinale, solidale con ciascuno degli spezzoni di palo da unire. Gli anelli verranno saldati tra loro e protetti con vernici bituminose o epossidiche.

#### Tolleranze geometriche

Saranno accettate le seguenti tolleranze sull'assetto geometrico del palo, salvo più rigorose limitazioni indicate in progetto:

- alla lunghezza: uguale a  $\pm$  1% e comunque non superiore ai  $\pm$  15 cm, per pali aventi diametro  $d < 600$  mm e  $\pm$  25 cm per pali aventi diametro  $d \sim 600$  mm;
- il perimetro: uguale al  $\pm$  2%;
- deviazione dell'asse del palo rispetto all'asse di progetto (verticalità):  $\sim \pm$  3%;
- errore rispetto alla posizione planimetrica:  $\sim$  15% del diametro nominale in testa;
- quota testa palo:  $\pm$  5 cm.

L'Impresa è tenuta ad eseguire a suo esclusivo onere e spesa, tutte le sostitutive e/o complementari che a giudizio della DL, sentito il Progettista, si rendessero necessarie per ovviare all'esecuzione di pali in posizione e/o con dimensioni non conformi alle tolleranze qui stabilite, compresi pali aggiuntivi ed opere di collegamento.

#### Tracciamento

Prima di iniziare l'infissione si dovrà a cura e spese dell'Impresa, indicare sul terreno la posizione dei pali mediante appositi picchetti sistemati in corrispondenza dell'asse di ciascun palo.

Su ciascun picchetto, dovrà essere riportato il numero progressivo del palo quale risulta dalla pianta della palificata. L'Impresa dovrà presentare sugli elaborati grafici riguardanti le fondazioni, la pianta della palificata e la posizione planimetrica di tutti i pali (inclusi gli eventuali pali di prova) con numero progressivo, ed un programma cronologico delle modalità di infissione elaborato in maniera tale da minimizzare gli effetti negativi dell'infissione stessa sulle opere adiacenti e sui pali già installati.

#### Attrezzature per infissione

Le attrezzature di infissione dovranno essere conformi alle indicazioni di progetto. I tipi di battipalo impiegati per l'infissione dei pali sono i seguenti:

- battipalo con maglio a caduta libera;
- battipalo a vapore ad azione singola;
- battipalo a vapore a doppia azione;
- battipalo diesel;
- vibratore.

In ogni caso il battipalo impiegato deve essere in grado di fornire l'energia sufficiente alla infissione entro i terreni presenti in sito, è da prescriversi una energia minima di 120 kJ.

L'impresa dovrà fornire le seguenti informazioni concernenti il sistema di infissione che intende utilizzare.

**A)** nel caso di impiego dei battipali:

- marca e tipo di battipalo;
- principio di funzionamento del battipalo;
- energia massima di un colpo e relativa possibilità di regolazione;
- numero dei colpi al minuto e relativa possibilità di regolazione;
- efficienza del battipalo;
- caratteristiche del cuscino (materiale, diametro, altezza), la sua costante elastica e il suo coefficiente di restituzione;
- peso della cuffia;
- peso degli eventuali adattatori;
- peso del battipalo.

**B)** utilizzando maglio a caduta libera:

- peso del maglio;
- massima altezza di caduta che si intende utilizzare.

**C)** utilizzando il vibratore:

- marca del vibratore;
- peso della morsa vibrante;
- ampiezza e frequenza del vibratore.
- l'efficienza "E" non dovrà essere inferiore al 70 %.

La DL potrà richiedere la strumentazione del battipalo, per misurare la velocità terminale del maglio per ricavare sulla base delle reali caratteristiche dell'attrezzatura certificata dal costruttore, la reale efficienza "E" del battipalo.

### Infissione

L'infissione si realizzerà tramite battitura, senza asportazione di materiale.

Nel caso di strati granulari addensati, si potrà facilitare l'infissione con iniezioni di acqua. L'avanzamento del palo in tali terreni avverrà per peso proprio o con l'ausilio di una modesta battitura.

Tali iniezioni di acqua dovranno essere sospese non appena si è superato lo strato granulare e comunque non oltre 2 m prima del raggiungimento della quota di progetto. Nella eventualità di esigenze realizzative di riduzione delle vibrazioni o in alternativa all'uso delle iniezioni di acqua, si potranno eseguire dei "pre-fori", aventi diametro inferiore di almeno 20 mm alla sezione minima del palo.

Il pre-foro non dovrà raggiungere lo strato portante (se presente) e fermarsi comunque almeno a 2/3 della profondità di progetto. I pre-fori sono a cura e spese dell'Impresa.

Prima di essere infisso, il fusto del palo dovrà essere suddiviso in tratti di m 0,5, contrassegnati con vernice di colore contrastante rispetto a quello del palo.

Gli ultimi m 2,0 - m 4,0 del palo dovranno essere suddivisi in tratti da m 0,1, onde rendere più precisa la rilevazione dei rifiuti nella parte terminale della battitura.

L'arresto della battitura del palo potrà avvenire solo dopo aver raggiunto:

- A) la lunghezza minima di progetto;
- B) il rifiuto minimo specificato.

Dove con il termine rifiuto minimo, si intende, quando l'infissione corrispondente a 10 colpi di battipalo efficiente è inferiore ai 2,5 cm.

Precisazioni dettagliate concernenti il punto B) saranno fornite all'impresa dalla Direzione Lavori, note le caratteristiche del sistema d'infissione.

Nei casi in cui fosse evidenziata l'impossibilità di raggiungere le quote minime di progetto dovranno essere raccolti tutti gli elementi conoscitivi che consentano la definizione alla Direzione Lavori degli eventuali adeguamenti alle modalità operative e/o al Progettista delle eventuali variazioni progettuali.

In condizioni geotecniche particolari (forti sovrappressioni interstiziali, etc.) la Direzione Lavori può richiedere la ribattitura di una parte dei pali già infissi per un tratto in genere non inferiore a 0,3-0,5 m.

In questo caso si dovranno rilevare i "rifiuti" per ogni m 0,1 di penetrazione, evidenziando in modo chiaro nei reportini che si tratta di ribattitura.

#### 9.3.4.2 Pali infissi gettati in opera

Si tratta di pali in c.a. realizzati, senza esportazione alcuna di terreno, previa infissione di un tuboforma provvisorio o permanente costituito da un tubo metallico di adeguato spessore chiuso inferiormente da un tappo provvisorio o no.

Completata l'infissione del tuboforma, dopo aver installato la gabbia di armatura si procede al getto del conglomerato cementizio estraendo contemporaneamente, se previsto, il tuboforma.

L'installazione della gabbia d'armatura sarà preceduta, se previsto dal progetto, dalla formazione di un bulbo di base in conglomerato cementizio realizzato forzando, mediante battitura, il conglomerato cementizio nel terreno. L'adozione della tipologia di esecuzione sarà conforme a quanto esposto in progetto.

#### Tolleranze geometriche

Saranno accettate le seguenti tolleranze sull'assetto geometrico del palo:

- sul diametro esterno della cassaforma infissa:  $\pm 2\%$ ;
- deviazione dell'asse del palo rispetto all'asse di progetto (verticalità):  $\leq 2\%$ ;
- errore rispetto alla posizione planimetrica: non superiore al 15% del diametro nominale;
- alla lunghezza: uguale a  $\pm 1\%$  e comunque non superiore ai  $\pm 15$  cm, per pali aventi diametro  $d < 600$  mm e  $\pm 25$  cm per pali aventi diametro  $d \geq 600$  mm;

Inoltre, la sezione dell'armatura metallica non dovrà risultare in inferiore a quella di progetto. L'Impresa è tenuta ad eseguire a sua esclusiva cura e spese tutte le opere sostitutive e/o complementari che a giudizio della Direzione Lavori, sentito il Progettista, si rendessero necessarie per ovviare all'esecuzione di pali in posizione e/o con dimensioni non conformi alle tolleranze qui stabilite, compresi pali aggiuntivi ed opere di collegamento.

#### Tracciamento

Prima di iniziare l'infissione si dovrà, a cura ed onere dell'impresa, indicare sul terreno la posizione dei pali mediante appositi picchetti sistemati in corrispondenza dell'asse di ciascun palo; su ciascun picchetto dovrà essere riportato il numero progressivo del palo quale risulta dalla pianta della palificata.

L'Impresa esecutrice dovrà presentare:

- una pianta della palificata con la posizione planimetrica di tutti i pali inclusi quelli di prova contrassegnati con numero progressivo;
- un programma cronologico di infissione elaborato in modo da minimizzare gli effetti negativi dell'infissione stessa sulle opere vicine e sui pali già installati (in genere interasse non inferiore ai tre diametri).

#### Attrezzature per infissione

Valgono le indicazioni riportate per i pali infissi prefabbricati. È prevista tuttavia la possibilità di impiego di un mandrino di acciaio, di opportune dimensioni e resistenza, allo scopo di eseguire la battitura sul fondello. È ammesso l'impiego di mandrini ad espansione, resi temporaneamente solidali al rivestimento. È ammesso l'impiego di mandrini speciali per la battitura multipla di rivestimenti a sezione variabile.

#### Infissione

L'infissione dei rivestimenti tramite battitura avverrà senza estrazione di materiale, con spostamento laterale del terreno naturale. È ammesso se previsto dal progetto, o se approvato dalla DL, l'esecuzione della battitura in due o più fasi, con eventuale modifica del procedimento.

Nel caso si impieghi un mandrino, questo verrà introdotto nel rivestimento, sarà espanso e mantenuto solidale al tubo forma per tutta la durata dell'infissione e alla fine della quale verrà estratto.

Per i pali di particolare lunghezza è ammessa la saldatura in opera di due spezzoni di rivestimento, il primo dei quali già infisso. Il secondo spezzone, nel caso della saldatura, sarà mantenuto in posizione fissa da una opportuna attrezzatura di sostegno.

L'infissione dei rivestimenti sarà arrestata quando sarà soddisfatta una delle seguenti condizioni:

- A) raggiungimento della quota di progetto;
- B) raggiungimento del rifiuto minimo specificato.

Dove con il termine rifiuto minimo, si intende, quando l'infissione corrispondente a 100 colpi di battipalo efficiente è inferiore ai 10 cm.

Nel caso del raggiungimento del rifiuto la DL potrà richiedere all'Impresa la ribattitura del palo dopo 24 ore di attesa, se motivata da ragioni geotecniche particolari (forti sovrappressioni interstiziali, ecc.).

L'Impresa al fine di contenere le vibrazioni o il danneggiamento di opere o pali già esistenti, potrà eseguire pre-fori, i quali dovranno avere un diametro massimo inferiore di almeno 20 mm rispetto a quello esterno della tubazione di rivestimento. Di norma la profondità da raggiungere sarà inferiore ai 2/3 della profondità del palo, e comunque tale da non raggiungere lo strato portante se esistente.

Il pre-foro, potrà anche essere richiesto per il raggiungimento delle quote di progetto nel caso di livelli superficiali molto addensati e/o cementati. I pre-fori sono a cura e spese dell'Impresa.

#### Formazione del fusto del palo

Terminata l'infissione del tuboforma, verrà posta al suo interno la gabbia di armatura, secondo le modalità descritte nel relativo punto.

Prima del posizionamento si avrà cura di rimuovere eventuali corpi estranei presenti nel cavo e si verificherà che l'eventuale presenza di acqua entro il tubo di rivestimento non sia superiore ai 15 cm.

Il getto del calcestruzzo dovrà essere effettuato a partire dal fondo del foro utilizzando un tubo convogliatore metallico di diametro  $d = 20 - 25$  cm, in spezzoni della lunghezza di 3.0 m, alla cui estremità superiore è collocata una tramoggia di capacità pari a  $0.40 - 0.60$  m<sup>3</sup>.

Il getto dovrà essere portato sino a  $0.5 - 1.0$  m al di sopra della quota di progetto della testa del palo.

Nel caso di pali infissi gettati in opera con tubo forma provvisorio, si provvederà alla espulsione del tappo ed alla formazione del bulbo di base, forzando mediante battitura il conglomerato cementizio nel terreno ed evitando nel modo più assoluto l'ingresso di acqua e/o terreno nel tuboforma.

Per la formazione del bulbo di base si adotterà un conglomerato cementizio avente le seguenti caratteristiche:

- rapporto  $a/c \leq 0,4$ ;
- "slump"  $s \leq 4$  cm

Il getto del fusto del palo si effettuerà evitando segregazioni ed in totale assenza di acqua e/o terreno.

A tale scopo il rivestimento dovrà avere la scarpa sotto un battente di calcestruzzo di almeno 2.0 m.

Il conglomerato cementizio impiegato dovrà essere tale da rispettare le caratteristiche riportate nello specifico punto.

### 9.3.4.3 Pali trivellati

Si tratta di pali ottenuti mediante l'asportazione di terreno e sua sostituzione con conglomerato cementizio armato, con l'impiego di perforazione a rotazione o rotopercolazione, eseguiti in materiali di qualsiasi natura e consistenza (inclusi muratura, calcestruzzi, trovanti, strati cementati e roccia dura), anche in presenza di acqua e/o in alveo con acqua fluente.

Nel caso si vengano a riscontrare nel terreno trovanti lapidei o strati rocciosi, nonché per l'ammorsamento in strati di roccia dura, si potrà ricorrere all'impiego di scalpelli frangiroccia a percussione, con opportune strumentazioni per la guida dell'utensile.

L'impiego dello scalpello comporterà l'adozione di un rivestimento provvisorio spinto sino al tetto della formazione lapidea, questo per evitare urti e rimbalzi laterali dello scalpello contro le pareti del foro.

Possono essere usati sempre per tale scopo altri utensili adatti (eliche per roccia, etc.).

#### Tolleranze geometriche

La posizione planimetrica dei pali non dovrà discostarsi da quella di progetto più del 5% del diametro nominale del palo salvo diversa indicazione della Direzione Lavori. La verticalità dovrà essere assicurata con tolleranza del 2%. Le tolleranze sul diametro nominale  $D$ , verificate in base ai volumi di conglomerato cementizio assorbito rilevate con la frequenza riportata al punto 5.3, sono le seguenti:

- per ciascun palo, in base all'assorbimento complessivo, si ammette uno scostamento dal diametro nominale compreso tra " $- 0,01 D$ " e " $+ 0,1 D$ ";
- per ciascuna sezione dei pali sottoposti a misure dell'assorbimento dose per dose, si ammette uno scostamento dal diametro nominale compreso tra " $- 0,01 D$ " e " $+ 0,1 D$ ";
- lunghezza: pali aventi diametro  $D < 600$  mm  $\pm 15$  cm; pali aventi diametro  $D \geq 600$  mm  $\pm 25$  cm;
- quota testa palo:  $\pm 5$  cm;

L'Impresa è tenuta ad eseguire a suo esclusivo onere e spese tutte le opere sostitutive e/o complementari che a giudizio della Direzione Lavori, sentito il Progettista, si rendessero necessarie per ovviare all'esecuzione di pali in posizione e/o con dimensioni non conformi alle tolleranze qui stabilite, compresi pali aggiuntivi ed opere di collegamento.

### Tracciamento

Prima di iniziare la perforazione, a cura e spese dell'impresa si dovrà indicare sul terreno la posizione dei pali mediante appositi picchetti sistemati in corrispondenza dell'asse di ciascun palo.

Su ciascun picchetto dovrà essere riportato il numero progressivo del palo quale risulta dalla pianta della palificata. Tale pianta, redatta e presentata alla Direzione Lavori dall'impresa, dovrà indicare la posizione di tutti i pali, inclusi quelli di prova contrassegnati con numero progressivo.

Se considerato necessario dalla Direzione Lavori, in corrispondenza di ciascun palo sarà posto in opera un avampozzo provvisorio di lamiera d'acciaio con funzioni di guida dell'utensile, di riferimento per la posizione planoaltimetrica della sommità del palo e di difesa dall'erosione del terreno ad opera del liquido eventualmente presente nel foro. Esternamente all'avampozzo saranno installati riferimenti atti a permettere il controllo della sua posizione planimetrica durante la perforazione.

### Pali trivellati con fanghi bentonitici

In corrispondenza della zona di imbocco non è consentito l'uso di fanghi bentonitici.

La perforazione sarà eseguita mediante l'impiego dell'utensile di scavo ritenuto più idoneo allo scopo, e con le attrezzature della potenza adeguata, in relazione alle condizioni ambientali, litologiche ed idrogeologiche dei terreni da attraversare nonché alle dimensioni dei pali da eseguire.

Il fango bentonitico impiegato nella perforazione dovrà avere le caratteristiche riportate nello specifico punto. Il livello del fango nel foro dovrà in ogni caso essere più alto della massima quota piezometrica delle falde presenti nel terreno lungo la perforazione. Il franco dovrà risultare di norma non inferiore ad 1.0 m, e non dovrà scendere al di sotto di 0,60 m all'atto dell'estrazione dell'utensile nel foro.

La distanza minima fra gli assi di due perforazioni attigue in corso appena ultimate o in corso di getto, dovrà essere tale da impedire pericolosi fenomeni di interazione e comunque non inferiore ai 5 diametri.

Se nella fase di completamento della perforazione fosse accertata l'impossibilità di eseguire rapidamente il getto (sosta notturna, mancato trasporto del conglomerato cementizio, etc.), sarà necessario interrompere la perforazione alcuni metri prima ed ultimarla solo nell'imminenza del getto.

Completata la perforazione, si procederà alla sostituzione del fango sino al raggiungimento dei prescritti valori del contenuto in sabbia, ed alla pulizia del fondo foro.

### Formazione del fusto del palo

Al termine della perforazione, verrà calata all'interno del foro la gabbia di armatura.

In seguito, si procederà al getto del conglomerato cementizio, mediante tubo di convogliamento.

In presenza di acqua di falda, potrà essere prevista la posa in opera di idonea contro camicia in lamierino di adeguato spessore per il contenimento del getto. Il tubo di convogliamento sarà costituito da un tubo di acciaio di 20 – 25 cm di diametro interno, e da spezzoni non più lunghi di 2,5 m.

L'interno del tubo dovrà essere pulito, privo di irregolarità e strozzature, ed all'estremità superiore essere provvisto di tramoggia di capacità 0,4 – 0,6 m<sup>3</sup>. Il tubo di convogliamento sarà posto in opera arrestando la sua estremità inferiore a 30 – 60 cm dal fondo del foro. Prima di installare tale tubo, è opportuna una nuova verifica della profondità del fondo foro e si dovrà accertare che lo spessore del deposito non superi i 20 cm, altrimenti si dovrà procedere alla pulizia previo sollevamento dell'armatura.

Le giunzioni dovranno essere del tipo filettato, senza manicotto, o con manicotti esterni che comportino un aumento di diametro non superiore a 2 cm, sono escluse le giunzioni a flangia.

Per la presenza di fango bentonitico (ma anche nel caso in cui fosse presente acqua di falda), in prossimità del suo raccordo con la tramoggia, prima di iniziare il getto si predisporrà un tappo formato con una palla di malta

plastica, oppure con uno strato di vermiculite di 30 cm di spessore o con palline di polistirolo galleggianti sul liquido o con un pallone di plastica. All'inizio del getto si dovrà predisporre di un volume di conglomerato cementizio pari a quello del tubo di convogliamento e di 3.0 – 4.0 m di palo.

Il tubo di convogliamento per tratti successivi nel corso del getto, sempre conservando una immersione minima di conglomerato cementizio di 2,5 m e massima di 6,0 m.

Il getto di calcestruzzo dovrà essere prolungato per almeno 0,5 – 1 m al di sopra della quota di progetto della testa del palo, per consentire di eliminare la parte superiore (scapitozzatura).

Tale operazione di scapitozzatura, si ritiene da eseguire sino alla completa eliminazione di tutti i tratti in cui le caratteristiche del palo non rispondono a quelle previste.

In tal caso è onere dell'Impresa procedere al ripristino del palo sino alla quota di sottopinto.

#### Pali trivellati con rivestimento provvisorio

Per quanto riguarda le attrezzature di perforazione, queste dovranno soddisfare i requisiti riportati allo specifico punto. La perforazione non dovrà essere approfondita al di sotto della scarpa del tubo di rivestimento.

In presenza di falda il foro dovrà essere tenuto costantemente pieno di acqua (o eventualmente di fango bentonitico), con livello non inferiore a quello della piezometrica della falda.

L'infissione sottoscarpa della colonna di rivestimento dovrà consentire di evitare rifluenti da fondo foro.

La tubazione è costituita da tubi di acciaio di diametro esterno pari al diametro nominale del palo, suddivisi in spezzoni connessi tra loro mediante innesti speciali del tipo maschio-femmina.

L'infissione della tubazione di rivestimento sarà ottenuta imprimendole un movimento rototraslatorio mediante opportuna attrezzatura rotary e/o morsa azionata da comandi oleodinamici, oppure in terreni poco o mediamente addensati, privi di elementi grossolani e prevalentemente non-coesivi, applicando in sommità un vibratore di idonea potenza. In quest'ultimo caso la tubazione potrà essere suddivisa in spezzoni, ma anche essere costituita da un unico pezzo di lunghezza pari alla profondità del palo. È ammessa la giunzione per saldatura degli spezzoni, purché non risultino varchi nel tubo che possono dar luogo all'ingresso di terreno.

#### Formazione del fusto del palo

Al termine della perforazione, verrà calata all'interno del foro la gabbia di armatura.

In seguito, si procederà al getto del conglomerato cementizio, mediante tubo di convogliamento.

In presenza di acqua di falda, potrà essere prevista la posa in opera di idonea contro camicia in lamierino di adeguato spessore per il contenimento del getto. Il tubo di convogliamento sarà costituito da un tubo di acciaio di 20 – 25 cm di diametro interno, e da spezzoni non più lunghi di 2,5 m.

L'interno del tubo dovrà essere pulito, privo di irregolarità e strozzature, ed all'estremità superiore essere provvisto di tramoggia di capacità 0,4 – 0,6 m<sup>3</sup>. Il tubo di convogliamento sarà posto in opera arrestando la sua estremità inferiore a 30 – 60 cm dal fondo del foro. Prima di installare tale tubo, è opportuna una nuova verifica della profondità del fondo foro e si dovrà accertare che lo spessore del deposito non superi i 20 cm, altrimenti si dovrà procedere alla pulizia previo sollevamento dell'armatura.

Le giunzioni dovranno essere del tipo filettato, senza manicotto, o con manicotti esterni che comportino un aumento di diametro non superiore a 2 cm, sono escluse le giunzioni a flangia.

Per la presenza di fango bentonitico (ma anche nel caso in cui fosse presente acqua di falda), in prossimità del suo raccordo con la tramoggia, prima di iniziare il getto si predisporrà un tappo formato con una palla di malta plastica, oppure con uno strato di vermiculite di 30 cm di spessore o con palline di polistirolo galleggianti sul liquido o con un pallone di plastica. All'inizio del getto si dovrà predisporre di un volume di conglomerato cementizio pari a quello del tubo di convogliamento e di 3.0 – 4.0 m di palo.

Il tubo di convogliamento per tratti successivi nel corso del getto, sempre conservando una immersione minima di conglomerato cementizio di 2,5 m e massima di 6,0 m. Il getto di calcestruzzo dovrà essere prolungato per almeno 0,5 – 1 m al di sopra della quota di progetto della testa del palo, per consentire di eliminare la parte superiore (scapitozzatura). Tale operazione di scapitozzatura, si ritiene da eseguire sino alla completa eliminazione di tutti i tratti in cui le caratteristiche del palo non rispondono a quelle previste. In tal caso è onere dell'Impresa procedere al ripristino del palo sino alla quota di sottoplinto.

#### Pali trivellati ad elica continua armati dopo il getto

Si utilizzeranno escavatori equipaggiati con rotary a funzionamento idraulico o elettrico montate su asta di guida, e dotate di dispositivo di spinta.

L'altezza della torre e le caratteristiche della rotary (coppia, spinta) dovranno essere commisurate alla profondità da raggiungere. La perforazione sarà eseguita mediante una trivella ad elica continua, di lunghezza e diametro corrispondenti alle caratteristiche geometriche dei pali da realizzare.

L'anima centrale dell'elica deve essere cava, in modo da consentire il successivo passaggio del calcestruzzo. All'estremità inferiore dell'anima sarà posta una punta a perdere, avente lo scopo di impedire l'occlusione del condotto. La perforazione avverrà di norma regolando coppia e spinta in modo da avere condizioni di infissione prossime al perfetto avvitamento. In ogni caso il volume di terreno estratto per caricamento della trivella deve essere non superiore al volume teorico della perforazione.

Qualora si riscontrassero rallentamenti della perforazione in corrispondenza di livelli di terreno intermedi o dell'eventuale strato portante inferiore, l'Impresa, con l'accordo della Direzione Lavori potrà:

- eseguire pre-fori di diametro inferiore al diametro nominale di pali;
- ridurre la lunghezza di perforazione.

#### Formazione del fusto del palo

Il calcestruzzo verrà pompato pneumaticamente entro il cavo dell'asta di perforazione che verrà progressivamente estratta, di norma senza rotazione. La cadenza di getto deve assicurare la continuità della colonna di conglomerato. Pertanto, l'estrazione dell'asta di trivellazione deve essere effettuata ad una velocità congruente con la portata di calcestruzzo pompato, adottando tutti gli accorgimenti necessari ad evitare sbulbature, ovvero a evitare interruzioni del getto. In particolare, il circuito di alimentazione del getto dovrà essere provvisto di un manometro di misura della pressione. Durante l'operazione si dovrà verificare che la pressione sia mantenuta entro l'intervallo di 50÷150 KPa. Il getto dovrà essere prolungato fino a piano campagna, anche nei casi in cui la quota finita del palo sia prevista a quota inferiore.

La gabbia verrà inserita a getto concluso mediante l'ausilio di un vibratore. Dovranno essere adottati tutti gli accorgimenti atti ad assicurare il centramento della gabbia entro la colonna di calcestruzzo appena formata.

Se necessario, la gabbia dovrà essere adeguatamente irrigidita per consentirne la infissione.

L'operazione di infissione deve essere eseguita immediatamente dopo l'ultimazione del getto, prima che abbia inizio la presa del calcestruzzo.

#### **9.3.4.4 Micropali**

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

La scelta delle attrezzature di perforazione ed i principali dettagli esecutivi, nel caso di situazioni stratigrafiche particolari o per l'importanza dell'opera, dovranno essere messi a punto a cura e spese dell'Impresa, anche mediante l'esecuzione di micropali di prova, approvati dalla DL prima dell'inizio della costruzione dei micropali.

Dovranno essere adottate durante la perforazione tutte le tecniche per evitare il franamento del foro, la contaminazione delle armature, l'interruzione e/o l'inglobamento di terreno nella guaina cementizia che solidarizza l'armatura al terreno circostante.

Le perforazioni dovranno quindi essere eseguite con rivestimento, ed i detriti allontanati mediante opportuni fluidi di perforazione.

Questo potrà consistere in:

- acqua;
- fanghi bentonitici;
- schiuma
- aria, nel caso di perforazione a rotopercolazione con martello a fondo foro, o in altri casi approvati dalla DL.

È di facoltà della DL far adottare la perforazione senza rivestimento, impiegando solamente fanghi bentonitici. La perforazione "a secco" senza rivestimento potrà essere adottata, previa comunicazione alla DL, solo in terreni uniformemente argillosi di media ed elevata consistenza, esenti da intercalazioni incoerenti e non interessati da falde che possono causare ingresso di acqua nel foro, caratterizzati da valori della resistenza al taglio non drenata (Cu) che alla generica profondità di scavo H soddisfi la seguente condizione:

$c_u \sim \gamma H/3$  dove:  $\gamma$  = peso di volume totale;

Inoltre, la perforazione "a secco" è ammissibile solo dove possa essere eseguita senza alcun ingresso di acqua nel foro, ed è raccomandata nei terreni argillosi sovraconsolidati.

#### Tolleranze geometriche

Le tolleranze ammesse sono le seguenti: la posizione planimetrica non dovrà discostarsi da quella di progetto più di 5 cm, salvo diverse indicazioni della DL; la deviazione dell'asse del micropalo rispetto all'asse di progetto non dovrà essere maggiore del 2%;

la sezione dell'armatura metallica non dovrà risultare inferiore a quella di progetto; il diametro dell'utensile di perforazione dovrà risultare non inferiore al diametro di perforazione di progetto;

- quota testa micropalo:  $\pm 5$  cm;
- lunghezza:  $\pm 15$  cm.

#### Tracciamento

Prima di iniziare la perforazione l'Impresa dovrà, a sua cura e spese, individuare sul terreno la posizione dei micropali mediante appositi picchetti sistemati in corrispondenza dell'asse di ciascun palo.

Su ciascun picchetto dovrà essere riportato il numero progressivo del micropalo quale risulta dalla pianta della palificata.

Tale pianta, redatta e presentata alla DL dall'Impresa esecutrice, dovrà indicare la posizione planimetrica di tutti i micropali, inclusi quelli di prova, contrassegnati con numero progressivo.

#### Armatura

Le armature metalliche dovranno soddisfare le prescrizioni di cui al presente articolo e saranno in ogni caso estese a tutta la lunghezza del micropalo.

#### Armatura con barre di acciaio per c.a.

Si useranno barre longitudinali ad aderenza migliorata e spirale di tondino liscio, aventi le caratteristiche di cui al punto 6.2.1.5.

Saranno pre-assemblate in gabbie da calare nel foro al termine della perforazione, la giunzione tra i vari elementi della gabbia sarà ottenuta mediante doppia legatura, tra una gabbia e la successiva (in caso di pali di profondità eccedente le lunghezze commerciali delle barre) la giunzione avverrà per saldatura delle barre longitudinali corrispondenti.

Quando previsto dal progetto si potranno adottare micropali armati con un'unica barra senza spirale.

In ogni caso le armature saranno corredate da distanziatori non metallici (blocchetti di malta o elementi di materia plastica) idonei ad assicurare un copriferro minimo di 3 cm disposti a intervalli longitudinali non superiore a 2,5 m.

#### Armature tubolari

Si useranno tubi di acciaio S275 – S355, senza saldatura longitudinale del tipo per costruzioni meccaniche.

Le giunzioni tra i diversi spezzoni di tubo potranno essere ottenute mediante manicotti filettati o saldati.

Tali giunzioni dovranno consentire una trazione pari almeno all'80% del carico ammissibile a compressione.

Nel caso i tubi di armatura siano anche dotati di valvole per l'iniezione, essi dovranno essere scovolati internamente dopo l'esecuzione dei fori di uscita della malta (fori  $d = 8$  mm) allo scopo di asportare le sbavature lasciate dal trapano.

Le valvole saranno costituite da manicotti di gomma di spessore minimo  $s = 3.5$  mm, aderenti al tubo e mantenuti in posto mediante anelli in fili di acciaio (diametro 4 mm) saldati al tubo in corrispondenza dei bordi del manicotto.

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

Anche le armature tubolari dovranno essere dotate di distanziatori non metallici per assicurare un copriferro minimo di 3 cm, posizionati di preferenza sui manicotti di giunzione.

#### Armature con profilati in acciaio

Le caratteristiche geometriche e meccaniche dei profilati dovranno essere conformi a quelle prescritte in progetto. Di norma i profilati dovranno essere costituiti da elementi unici. Saranno ammesse giunzioni saldate, realizzate con l'impiego di adeguati fazzoletti laterali, nel caso di lunghezze superiori ai valori degli standard commerciali (12 – 14 m).

Le saldature saranno dimensionate ed eseguite in conformità alle Norme vigenti.

#### Malte e miscele cementizie

Il cemento da impiegare dovrà essere scelto in relazione alle caratteristiche ambientali, prendendo in considerazione in particolare l'aggressività dell'ambiente esterno.

Gli inerti saranno di norma utilizzati solo per il confezionamento di malte da utilizzare per il getto dei micropali a semplice cementazione.

In relazione alle prescrizioni di progetto l'inerte sarà costituito da sabbie fini, polveri di quarzo, polveri di calcare, o ceneri volanti.

Nel caso di impiego di ceneri volanti, ad esempio provenienti dai filtri di altoforni, si dovrà utilizzare materiale totalmente passante al vaglio da 0.075 mm.

È ammesso l'impiego di additivi fluidificanti non aeranti. L'impiego di acceleranti potrà essere consentito solo in situazioni particolari. Schede tecniche di prodotti commerciali che l'Impresa si propone di usare dovranno essere inviate preventivamente alla Direzione Lavori per informazione.

Per quanto riguarda le malte e le miscele cementizie queste di norma dovranno presentare resistenza cubica pari a:

**Rck  $\geq 25$  MPa**

A questo scopo si prescrive che il dosaggio in peso dei componenti sia tale da soddisfare un rapporto acqua/cemento:

**a/c  $\leq 0.5$**

La composizione delle miscele di iniezione, riferita ad 1 m<sup>3</sup> di prodotto, dovrà essere la seguente:

acqua:	600 kg
cemento:	1200 kg
additivi:	10 ÷ 20 kg

con un peso specifico pari a circa:

$\gamma = 1.8 \text{ kg/dm}^3$

Nella definizione della composizione delle malte, prevedendo un efficace mescolazione dei componenti atta a ridurre la porosità dell'impasto, si può fare riferimento al seguente dosaggio minimo, riferito ad 1 m<sup>3</sup> di prodotto finito:

acqua:	300 kg
cemento:	600 kg
additivi:	5 ÷ 10 kg
inerti:	1100 ÷ 1300 kg

#### Micropali a iniezioni ripetute ad alta pressione

La perforazione sarà eseguita mediante sonda a rotazione o rotopercolazione, con rivestimento continuo e circolazione di fluidi, fino a raggiungere la profondità di progetto.

Per la circolazione del fluido di perforazione saranno utilizzate pompe a pistoncini con portate e pressioni adeguate. Si richiedono valori minimi di 200 l/min e 25 bar, rispettivamente.

Nel caso di perforazione a roto-percolazione con martello a fondo-foro si utilizzeranno compressori di adeguata potenza; le caratteristiche minime richieste sono:

- portata  $\geq 10 \text{ m}^3/\text{min}$
- pressione 8 bar.

#### Formazione del fusto del micropalo

Completata la perforazione si provvederà a rimuovere i detriti presenti nel foro, o in sospensione nel fluido di perforazione, prolungando la circolazione del fluido stesso fino alla sua completa chiarificazione.

Si provvederà quindi ad inserire l'armatura tubolare valvolata, munita di centratori, fino a raggiungere la profondità di progetto.

Sono preferibili i centratori non metallici. Il tubo dovrà essere prolungato fino a fuoriuscire a bocca foro per un tratto adeguato a consentire le successive operazioni di iniezione.

Di norma si procederà immediatamente alla cementazione del micropalo (guaina); la messa in opera delle armature di frettaggio, ove previste, sarà eseguita successivamente all'iniezione.

La solidarizzazione dell'armatura al terreno verrà eseguita in due o più fasi, come di seguito specificato. Si utilizzerà una miscela cementizia conforme a quanto richiesto nello specifico punto.

Non appena completata la messa in opera del tubo valvolato di armatura, si provvederà immediatamente alla formazione della guaina cementizia, iniettando attraverso la valvola più profonda un quantitativo di miscela sufficiente a riempire l'intercapedine tra le pareti del foro e l'armatura tubolare.

Contemporaneamente si procederà alla estrazione dei rivestimenti provvisori, quando utilizzati, e si effettueranno i necessari rabbocchi di miscela cementizia.

Completata l'iniezione di guaina si provvederà a lavare con acqua il cavo interno del tubo di armatura.

Trascorso un periodo di 12÷24 ore dalla formazione della guaina, si darà luogo alla esecuzione delle iniezioni selettive per la formazione del bulbo di ancoraggio.

Si procederà valvola per valvola, a partire dal fondo, tramite un packer a doppia tenuta collegato al circuito di iniezione. La massima pressione di apertura delle valvole non dovrà superare il limite di 60 bar; in caso contrario la valvola potrà essere abbandonata.

Ottenuta l'apertura della valvola, si darà luogo all'iniezione in pressione fino ad ottenere i valori dei volumi di assorbimento e di pressione prescritti in progetto. Per pressione di iniezione si intende il valore minimo che si stabilisce all'interno del circuito.

L'iniezione dovrà essere tassativamente eseguita utilizzando portate non superiori a 30 l/min, e comunque con valori che, in relazione alla effettiva pressione di impiego, siano tali da evitare fenomeni di fratturazione idraulica del terreno (claquage).

I volumi di iniezione saranno di norma non inferiori a tre volte il volume teorico del foro, e comunque conformi alle prescrizioni di progetto.

Nel caso in cui l'iniezione del previsto volume non comporti il raggiungimento della prescritta pressione di rifiuto, la valvola sarà nuovamente iniettata, trascorso un periodo di 12÷24 ore. Fino a quando le operazioni di iniezione non saranno concluse, al termine di ogni fase occorrerà procedere al lavaggio interno del tubo d'armatura.

Per eseguire l'iniezione si utilizzeranno delle pompe oleodinamiche a pistoni, a bassa velocità, aventi le seguenti caratteristiche minime:

- pressione max di iniezione:  $\approx 100$  bar
- portata max:  $\approx 2$  m<sup>3</sup>/ora
- n. max pistonate/minuto :  $\approx 60$ .

Le caratteristiche delle attrezzature utilizzate dovranno essere comunicate alla Direzione Lavori, specificando in particolare alesaggio e corsa dei pistoni.

#### Micropali con riempimento a gravità o a bassa pressione

Nella conduzione della perforazione ci si atterrà alle prescrizioni di cui al punto precedente.

#### Formazione del fusto del micropalo

Completata la perforazione e rimossi i detriti, si provvederà ad inserire entro il foro l'armatura, che dovrà essere conforme ai disegni di progetto.

La cementazione potrà avvenire con riempimento a gravità o con riempimento a bassa pressione.

Nel primo caso il riempimento del foro, dopo la posa delle armature, dovrà avvenire tramite un tubo di alimentazione disceso fino a 10-15 cm dal fondo, collegato alla pompa di mandata o agli iniettori.

Nel caso si adotti una miscela contenente inerti sabbiosi, ovvero con peso di volume superiore a quello degli eventuali fanghi di perforazione, il tubo convogliatore sarà dotato superiormente di un imbuto o tramoggia di carico; si potrà anche procedere al getto attraverso l'armatura, se tubolare e di diametro interno  $\geq 80$  mm.

Nel caso di malta con inerti fini o di miscela cementizia pura, senza inerti, si potrà usare per il getto l'armatura tubolare solo se di diametro interno inferiore a 50 mm; in caso diverso si dovrà ricorrere ad un tubo di convogliamento separato con un diametro contenuto entro i limiti sopracitati.

Il riempimento sarà proseguito fino a che la malta immessa risalga in superficie senza inclusioni o miscele con il fluido di perforazione. Si dovrà accertare la necessità o meno di effettuare rabbocchi, da eseguire preferibilmente tramite il tubo di convogliamento.

Nel secondo caso, il foro dovrà essere interamente rivestito; la posa della malta o della miscela avverrà in un primo momento, entro il rivestimento provvisorio, tramite un tubo di convogliamento come descritto al paragrafo precedente.

Successivamente si applicherà al rivestimento una idonea testa a tenuta alla quale si invierà aria in pressione (0.5÷0.6 MPa) mentre si solleverà gradualmente il rivestimento fino alla sua prima giunzione. Si smonterà allora la sezione superiore del rivestimento e si applicherà la testa di pressione al tratto residuo di rivestimento, previo rabboccamento dall'alto per riportare a livello la malta.

Si procederà analogamente per le sezioni successive fino a completare l'estrazione del rivestimento.

In relazione alla natura del terreno potrà essere sconsigliabile applicare la pressione d'aria agli ultimi 5-6 m di rivestimento da estrarre, per evitare la fratturazione idraulica degli strati superficiali.

### 9.3.5 Prove di carico

In seguito, vengono fornite le indicazioni tecniche generali per l'esecuzione di prove di carico su pali.

Le prove di carico hanno principalmente lo scopo di:

- accertare eventuali deficienze esecutive nel palo;
- verificare i margini di sicurezza disponibili nei confronti della rottura del sistema palo- terreno;
- valutare le caratteristiche di deformabilità del sistema palo-terreno.

Si definiscono:

- prove di collaudo le prove effettuate su pali e micropali facenti parte della fondazione, dei quali non bisogna compromettere l'integrità; il carico massimo da raggiungere nel corso della prova ( $P_{max}$ ) è in generale pari a 1.5 volte il carico di esercizio ( $P_{es}$ );
- prove a carico limite le prove effettuate su pali e micropali appositamente predisposti all'esterno della palificata, spinte fino a carichi di rottura del sistema palo-terreno o prossimi ad essa; il carico massimo da raggiungere nel corso della prova ( $P_{max}$ ) è in generale pari a 2.5÷3 volte il carico di esercizio ( $P_{es}$ );

Il numero e l'ubicazione dei pali e micropali da sottoporre a prova di carico devono essere stabiliti in funzione dell'importanza dell'opera, dell'affidabilità, in termini quantitativi, dei dati geotecnici disponibili e del grado di omogeneità del terreno.

L'Impresa dovrà effettuare prove di carico assiale sull'1% dei pali e micropali, con un minimo di almeno due pali o micropali per ogni opera e le prove di collaudo saranno eseguite in numero pari allo 0,5% del numero totale dei pali, con un numero minimo di 1 palo per opera.

I pali soggetti a prova di carico assiale potranno, a discrezione della DL, essere sottoposti anche a prova di ammettenza meccanica per valutare, tramite correlazione, la capacità portante statica di pali soggetti solo a prove dinamiche; la prova di ammettenza meccanica non è prevista per i micropali.

Le caratteristiche dei pali o micropali di prova (lunghezza, diametro, modalità esecutive, caratteristiche dei materiali, ecc.) dovranno essere del tutto simili a quelle dei pali o micropali dimensionati in fase di progetto.

### 9.3.5.1 Prove sui pali di grande diametro

#### Prove di carico assiale

I carichi di prova saranno definiti di volta in volta dal progettista, in relazione alle finalità della prova stessa.

Di norma il massimo carico di prova ( $P_{prova}$ ) sarà:

- $P_{prova} = 1.5 P_{esercizio}$  per  $D \leq 100$  cm e  $P_{prova} = 1,2 P_{esercizio}$  per  $D > 100$  cm
- $P_{prova} = P_{lim}$

ove con  $P_{lim}$  si indica la portata limite dell'insieme palo-terreno

#### Attrezzatura e dispositivi di prova

Il carico sarà applicato mediante uno o più martinetti idraulici, con corsa  $\geq 200$  mm, posizionati in modo da essere perfettamente centrati rispetto all'asse del palo.

I martinetti saranno azionati da una pompa idraulica esterna. Martinetti e manometro della pompa saranno corredati da un certificato di taratura recente ( $\approx 3$  mesi).

Nel caso di impiego di più martinetti occorre che:

- i martinetti siano uguali;
- l'alimentazione del circuito idraulico sia unica.

La reazione di contrasto sarà di norma ottenuta tramite una zavorra la cui massa  $M$  dovrà essere non inferiore a 1.2 volte la massa equivalente al massimo carico di prova:

$$M \geq 1.2 P_{prova} / g = 0.12 P_{prova}$$

La zavorra sarà sostenuta con una struttura costituita da una trave metallica di adeguata rigidità sul cui estradosso, tramite una serie di traversi di ripartizione, vanno posizionati blocchi di cls o roccia.

In alternativa la zavorra potrà essere sostituita con:

- pali di contrasto, dimensionati a trazione;
- tiranti di ancoraggio collegati ad un dispositivo di contrasto.

In questi casi si avrà cura di ubicare i pali o i bulbi di ancoraggio dei tiranti a sufficiente distanza dal palo di prova (minimo 3 diametri).

L'Impresa, nel caso di prove di carico con pali di contrasto, dovrà redigere un progetto dettagliato delle prove di carico indicando numero, interassi, dimensioni, e lunghezza dei pali;

Qualora sia richiesto l'uso di una centralina oleodinamica preposta a fornire al/ai martinetti la pressione necessaria, questa dovrà essere di tipo sufficientemente automatizzato per poter impostare il carico con la velocità richiesta, variarla in caso di necessità e mantenere costante il carico durante le soste programmate.

Per misurare il carico applicato alla testa del palo si interporrà tra il martinetto di spinta ed il palo una cella di carico del tipo ad estensimetri elettrici di opportuno fondo scala.

Nel caso non fosse disponibile tale tipo di cella, il carico imposto al palo verrà determinato in base alla pressione fornita ai martinetti misurata con un manometro oppure, dove previsto, misurata con continuità da un trasduttore di pressione collegato al sistema di acquisizione automatico e, in parallelo, con un manometro.

Il manometro ed il trasduttore di pressione, se utilizzati, dovranno essere corredati da un rapporto di taratura rilasciato da non più di 3 mesi da un laboratorio ufficiale.

Lo strumento di misura dovrà avere fondo scala e precisione adeguati e non inferiore al 5% del carico applicato per i manometri e del 2% per le celle di carico.

Se viene impiegato soltanto il manometro, il relativo quadrante dovrà avere una scala adeguata alla precisione richiesta.

È raccomandato l'inserimento di un dispositivo automatico in grado di mantenere costante ( $\pm 20$  kN) il carico applicato sul palo, per tutta la durata di un gradino di carico ed indipendentemente dagli abbassamenti della testa del palo.

Per la misura dei cedimenti, saranno utilizzati tre comparatori centesimali, con corsa massima non inferiore a 50 mm, disposti a  $\approx 120^\circ$  intorno all'insieme palo-terreno.

Il sistema di riferimento sarà costituito da una coppia di profilati metallici poggianti su picchetti infissi al terreno ad una distanza di almeno 3 diametri dal palo. Il sistema sarà protetto dall'irraggiamento solare mediante un telo sostenuto con un traliccio di tubi innocenti. Preliminarmente all'esecuzione delle prove saranno eseguiti cicli di misure allo scopo di determinare l'influenza delle variazioni termiche e/o di eventuali altre cause di disturbo.

Dette misure, compreso anche il rilievo della temperatura, saranno effettuate per un periodo di 24 ore con frequenze di 2 ore circa.

#### Preparazione della prova

I pali prescelti saranno preparati mediante regolarizzazione della testa previa scapitozzatura del cls e messa a nudo del fusto per un tratto di  $\approx 50$  cm.

Nel tratto di fusto esposto saranno inserite n.3 staffe metalliche, a  $120^\circ$ , per la successiva apposizione dei micrometri.

Sopra la testa regolarizzata si stenderà uno strato di sabbia di circa 3 cm di spessore, oppure una lastra di piombo.

Si provvederà quindi a poggiare una piastra metallica di ripartizione del carico di diametro adeguato, in modo da ricondurre la pressione media sul conglomerato a valori compatibili con la sua resistenza a compressione semplice.

La zavorra sarà messa a dimora dopo avere posizionato la trave di sostegno su due appoggi laterali, posti a circa 3 diametri dall'asse del palo.

L'altezza dei due appoggi deve essere sufficiente a consentire il posizionamento dei martinetti e dei relativi centratori e del sistema di riferimento per la misura dei cedimenti ( $h_{\min} = 1.5$  m).

Tra i martinetti e la trave sarà interposto un dispositivo di centramento del carico, allo scopo di eliminare il pericolo di ovalizzazione del pistone.

Gli stessi accorgimenti saranno adottati anche nel caso in cui la trave o struttura di contrasto farà capo a pali o tiranti di ancoraggio.

#### Programma di carico

Il programma di carico sarà definito di volta in volta, in relazione alla finalità della prova. Di norma si farà riferimento al seguente schema, che prevede due cicli di carico e scarico, da realizzarsi come di seguito specificato.

## 1° CICLO

- a) Applicazione di "n" ( $n \geq 4$ ) gradini di carico successivi, di entità pari a  $\delta_P$ , fino a raggiungere il carico  $P_{es}$ .
- b) In corrispondenza di ciascun gradino di carico si eseguiranno misure dei cedimenti con la seguente frequenza:
  - $t = 0$  (applicazione del carico)
  - $t = 2'$
  - $t = 4'$
  - $t = 8'$
  - $t = 15'$

Si proseguirà quindi ogni 15' fino a raggiunta stabilizzazione, e comunque per non più di 2 ore. Il cedimento è considerato stabilizzato se, a parità di carico, è soddisfatta la condizione tra due misure successive ( $t = 15'$ ):

$$\delta_s \leq 0.025 \text{ mm.}$$

Per il livello corrispondente a  $P_{es}$  il carico viene mantenuto per un tempo minimo di 4 ore; quindi, si procede allo scarico mediante almeno 4 gradini, in corrispondenza dei quali si eseguono misure a:

- $t = 0$
- $t = 5'$
- $t = 10'$
- $t = 15'$

Allo scarico le letture verranno eseguite anche a:

- $t = 30'$
- $t = 45'$
- $t = 60'$

## 2° CICLO

- a) Applicazione di "m" ( $m \geq 9$ ) gradini di carico  $\delta_P$  fino a raggiungere il carico  $P_{prova}$  (o  $P_{lim}$ ).
- b) In corrispondenza di ogni livello di carico si eseguiranno misure di cedimento con la stessa frequenza e limitazioni di cui al punto "b" del 1° Ciclo.
- c) Il carico  $P_{prova}$ , quando è minore di  $P_{lim}$ , sarà mantenuto per un tempo minimo di 4 ore; quindi il palo sarà scaricato mediante almeno 3 gradini (di entità  $3 \delta_P$ ) con misure a:
  - $t = 0$
  - $t = 5'$
  - $t = 10'$
  - $t = 15'$

A scarico ultimato si eseguiranno misure fino a  $t = 60'$ ; una lettura finale sarà effettuata 12 ore dopo che il palo è stato completamente scaricato.

Si considererà raggiunto il carico limite  $P_{lim}$ , e conseguentemente si interromperà la prova, allorquando risulti verificata una delle seguenti condizioni:

- - cedimento ( $P_{lim}$ )  $\geq 2$  cedimento ( $P_{lim} - \delta_P$ )
- - cedimento ( $P_{lim}$ )  $\geq 0.10$  diametri.

### Risultati della prova

Le misure dei cedimenti saranno registrate utilizzando moduli contenenti:

- il n° del palo con riferimento ad una planimetria;
- l'orario di ogni singola operazione;
- la temperatura;
- il carico applicato;
- il tempo progressivo di applicazione del carico;
- le corrispondenti misure di ogni comparatore;
- i relativi valori medi;
- le note ed osservazioni.

Le tabelle complete delle letture tempo-carico-cedimento costituiranno il verbale della prova.

Le date e il programma delle prove dovranno essere altresì comunicati alla Direzione Lavori con almeno 7 giorni di anticipo sulle date di inizio.

La documentazione fornita dall'esecutore della prova dovrà comprendere i seguenti dati:

- tabelle complete delle letture tempo-carico-cedimento che le indicazioni singole dei comparatori e la loro media aritmetica (Sono richieste anche le fotocopie chiaramente leggibili della documentazione originale di cantiere ("verbale")).
- diagrammi carichi-cedimenti finali per ciascun comparatore e per il valore medio; diagrammi carichi-cedimenti (a carico costante) per ciascun comparatore e per il valore medio;
- numero di identificazione e caratteristiche nominali del palo (lunghezza, diametro);
- stratigrafia del terreno rilevata durante la perforazione (pali trivellati);
- geometria della prova (dispositivo di contrasto, travi portamicrometri, etc.);
- disposizione, caratteristiche e certificati di taratura della strumentazione;
- scheda tecnica del palo, preparata all'atto dell'esecuzione.
- relazione tecnica riportante l'elaborazione dei dati e l'interpretazione della prova medesima nonché l'individuazione del carico limite con il metodo dell'inverse pendenze.

### Prove di carico su pali strumentati

Quando richiesto, le prove di carico assiali, oltre che per definire la curva carico-cedimento alla testa del palo, avranno lo scopo di valutare l'entità e la distribuzione del carico assiale e della curva di mobilitazione dell'attrito lungo il palo. Pertanto, dovranno essere predisposte una serie di sezioni strumentate nel fusto del palo, e anche alla base del palo stesso. I dispositivi indicati nel presente paragrafo sono pertanto da considerarsi aggiuntivi rispetto a quanto descritto nel punto precedente.

Per i pali strumentati, ad ultimazione del getto, verrà eseguito un controllo generale della strumentazione per verificare l'integrità a seguito delle operazioni di realizzazione del palo.

Ulteriori controlli con registrazione dei dati verranno eseguiti a 7, 14 e 28 giorni ed immediatamente prima della prova di carico. Quest'ultima costituirà la misura di origine per le successive letture.

### Attrezzature e dispositivi di prova

Lungo il fusto del palo saranno predisposte delle sezioni strumentate il cui numero e la cui ubicazione sarà stabilito di volta in volta in accordo con la Direzione Lavori. In ogni caso dovranno essere previste almeno 4 sezioni strumentate.

Indicativamente la sezione strumentata superiore sarà ubicata in prossimità della testa del palo, esternamente al terreno.

Qualora non fosse possibile realizzare la sezione strumentata di testa al di sopra del piano lavoro, dopo l'esecuzione del palo si procederà ad isolare il palo dal terreno circostante fino alla quota della sezione strumentata di testa; in questo caso la sezione strumentata di testa sarà posizionata il più vicino possibile al piano lavoro.

Le dimensioni geometriche di questa sezione strumentata dovranno essere accuratamente misurate prima delle prove.

Tale sezione consentirà di avere indicazioni sul modulo del calcestruzzo in corrispondenza dei vari gradini di carico e sarà di riferimento per il comportamento di tutte le altre.

Ogni sezione strumentata sarà costituita da almeno 3 estensimetri elettrici disposti su di una circonferenza, a circa 120° l'uno dall'altro.

Le celle estensimetriche saranno fissate all'armatura longitudinale e protette dal contatto diretto con il calcestruzzo.

Esse saranno corredate di rapporto di taratura rilasciato da un laboratorio ufficiale. Per ogni sezione strumentata si ammetteranno tolleranze non superiori a 10 cm rispetto alla quota teorica degli estensimetri elettrici.

La punta del palo verrà strumentata mediante una cella di carico costituita da estensimetri elettrici.

La sezione verrà ubicata alla distanza di circa 1 diametro dalla base del palo.

La misura degli spostamenti alla base del palo verrà realizzata con un estensimetro meccanico a base lunga. Esso misurerà le deformazioni relative tra la base e la testa del palo.

L'ancoraggio dello strumento sarà posizionato alla quota degli estensimetri elettrici e la misura sarà riportata in superficie mediante un'asta di acciaio rigida avente coefficiente di dilatazione termica comparabile con quello del calcestruzzo.

Sarà eliminato il contatto con il calcestruzzo circostante mediante una tubazione rigida di acciaio di circa 1" di diametro esterno.

Particolare cura sarà posta nel rendere minimo l'attrito tra asta interna e tubazione esterna utilizzando, ad esempio, distanziali di materiale antifrizione e altri sistemi analoghi, prestando attenzione ad usarne un numero sufficiente, ma non eccessivo.

Occorrerà garantire una perfetta tenuta tra l'ancoraggio ed il tubo esterno al fine di evitare intrusioni di calcestruzzo nell'intercapedine asta-tubo di protezione all'atto del getto.

Come per gli altri tipi di tubazione anche questa sarà portata sino in superficie a fuoriuscire dalla testa del palo a fianco della piastra di ripartizione.

In questo punto verranno installati dei trasduttori di spostamento lineari con fondo scala di circa 20÷30 mm e precisione dello 0.2% del fondo scala, per la misura in continuo degli spostamenti relativi fra il tubo di protezione (testa del palo) e l'ancoraggio solidale alla base del palo.

La testa di questo strumento andrà adeguatamente protetta contro avverse condizioni atmosferiche, contro urti meccanici accidentali e contro le variazioni di temperatura.

Gli estensimetri andranno fissati alle staffe dell'armatura e saranno dotati di barre di prolunga in acciaio da entrambi i lati non inferiori a 50 cm.

Gli strumenti saranno adeguatamente protetti da possibili urti del tubo getto con rinforzi e protezioni in acciaio da definirsi sul posto.

Tutti i cavi elettrici provenienti dagli estensimetri dovranno essere protetti dal diretto contatto meccanico con i ferri d'armatura.

Normalmente si farà in modo che le tubazioni da inserire nella gabbia siano simmetricamente disposte all'interno della sezione.

L'uscita dei cavi dalla testa del palo non dovrà costituire un ingombro alle operazioni successive.

Le modalità di installazione e protezione dei cavi saranno comunicate alla Direzione Lavori.

#### Preparazione ed esecuzione della prova

##### Prove di carico laterale

Queste prove dovranno essere effettuate nel caso in cui ai pali di fondazione sia affidato il compito di trasmettere al terreno carichi orizzontali di rilevante entità. Il numero ed i pali da sottoporre a prova saranno definiti dal progettista e/o concordato con la Direzione Lavori.

Nella esecuzione delle prove ci si atterrà alle prescrizioni già impartite per le prove di carico assiale, salvo quanto qui di seguito specificato.

Il contrasto sarà di norma ottenuto utilizzando un palo di caratteristiche geometriche analoghe, distante almeno 3 diametri.

Il martinetto sarà prolungato mediante una trave di opportuna rigidità.

Gli spostamenti saranno misurati su entrambi i pali. Si utilizzeranno per ciascun palo 2 coppie di comparatori centesimali fissati alla stessa quota; la prima coppia sarà disposta in posizione frontale rispetto alla direzione di carico; la seconda coppia sarà disposta in corrispondenza dell'asse trasversale alla direzione di carico.

Per la misura delle deformazioni durante la prova di carico, la Direzione Lavori indicherà i pali nei quali posizionare, prima del getto, dei tubi inclinometrici.

Si utilizzeranno tubi in alluminio a 4 scanalature, diametro  $d = 81/76$  mm, resi solidali alla gabbia di armatura a mezzo di opportune legature.

Le misure saranno effettuate con una sonda inclinometrica perfettamente efficiente, di tipo bi-assiale, previo rilevamento delle torsioni iniziali del tubo-guida.

Se richiesto dalla Direzione Lavori anche i pali sottoposti a prove di carico laterale potranno avere sezioni strumentate con estensimetri elettrici a varie profondità.

### **9.3.5.2 Prove di carico su micropali**

#### Prove di carico assiale

I carichi di prova saranno definiti di volta in volta dal progettista, in relazione alle finalità della prova stessa.

Di norma il massimo carico di prova ( $P_{prova}$ ) sarà:

- $P_{prova} = 1.5 P_{esercizio}$
- $P_{prova} = P_{lim}$

ove con  $P_{lim}$  si indica la portata limite dell'insieme micropalo-terreno.

#### Attrezzature e dispositivi di prova

Le attrezzature ed i dispositivi per l'applicazione e per la misura del carico, ed i dispositivi per la misura dei cedimenti saranno conformi alle specifiche di cui al punto precedente.

È ammessa l'esecuzione di prove di carico a compressione mediante contrasto su micropali laterali, a condizione che:

- le armature tubolari e le eventuali giunzioni filettate dei micropali di contrasto siano in grado di resistere ai conseguenti sforzi di trazione;

- la terna di micropali sia giacente sullo stesso piano verticale o inclinato.

Nel caso di micropali inclinati dovranno essere adottati tutti gli accorgimenti atti ad evitare l'insorgere di carichi orizzontali e/o momenti flettenti dovuti ad eccentricità, che potrebbero influenzare i risultati della prova.

I risultati forniti dai micropali di contrasto potranno essere utilizzati quali valori relativi a prove di carico a trazione, se i carichi effettivamente applicati sono significativi a norma di quanto definito nel punto relativo.

I micropali prescelti saranno preparati mettendo a nudo il fusto per un tratto di  $\approx 20$  cm ed eliminando tutte le superfici di contatto e di attrito con eventuali plinti, solette, murature, etc.

Nel tratto di fusto esposto saranno inserite 3 staffe metalliche, a  $120^\circ$ , per il posizionamento dei micrometri.

Si provvederà quindi a fissare sulla testa del micropalo una piastra metallica di geometria adeguata ad ospitare il martinetto, ed a trasferire il carico sul micropalo.

La zavorra sarà messa a dimora dopo avere posizionato la trave di sostegno su due appoggi laterali, posti a circa 3 m dall'asse del micropalo.

L'altezza degli appoggi dovrà essere sufficiente a consentire il posizionamento del martinetto e del relativo centratore, e del sistema di riferimento per la misura dei cedimenti.

Tra il martinetto e la trave sarà interposto un dispositivo di centramento del carico, allo scopo di eliminare il pericolo di ovalizzazione del pistone.

Gli stessi accorgimenti saranno adottati anche nel caso in cui la trave di contrasto farà capo ad una coppia di micropali posti lateralmente al micropalo da sottoporre a prova di compressione.

#### Programma di carico

Il programma di carico sarà definito di volta in volta, in relazione alle finalità della prova.

Di norma si farà riferimento al seguente schema, che prevede 3 cicli di carico e scarico, da realizzarsi come di seguito specificato.

#### 1° CICLO

- a) Applicazione di "n" ( $n \geq 4$ ) gradini di carico successivi, di entità pari a  $\delta_p$ , fino a raggiungere il carico  $P_{es}$ .
- b) In corrispondenza di ciascun gradino di carico si eseguiranno misure dei cedimenti con la seguente frequenza:
  - $t = 0$  (applicazione del carico)
  - $t = 2'$
  - $t = 4'$
  - $t = 8'$
  - $t = 15'$

si proseguirà quindi ogni 15' fino a raggiunta stabilizzazione, e comunque per non più di 2 ore.

Il cedimento s'è considerato stabilizzato se, a parità di carico, è soddisfatta la condizione tra due misure successive ( $\delta_t = 15'$ ):

$s \leq 0.025$  mm.

- c) Per il livello corrispondente a  $P_{es}$  il carico viene mantenuto per un tempo minimo di 4 ore; quindi, si procede allo scarico mediante almeno 3 gradini, in corrispondenza dei quali si eseguono misure a  $t = 0, t = 5', t = 10', t = 15'$ .

Allo scarico le letture verranno eseguite anche a  $t = 30', t = 45'$  e  $t = 60'$ .

#### 2° CICLO

- a) Applicazione rapida di un carico di entità  $1/3 P_{es}$
- b) Lettura dei cedimenti a  $t = 0, 1', 2', 4', 8', 15'$
- c) Scarico rapido e letture a  $t = 0$  e  $5'$
- d) Applicazione rapida di un carico di entità  $2/3 P_{es}$
- e) Lettura dei cedimenti come in "b"
- f) Scarico come in "c"
- g) Applicazione rapida di un carico di entità pari a  $P_{es}$
- h) Lettura dei cedimenti come in "b"
- i) Scarico con letture a  $t = 0, 5', 10', 15'$  e  $30'$ .

### 3° CICLO

- a) Applicazione di "m" ( $m \sim 9$ ) gradini di carico  $P$  fino a raggiungere il carico  $P_{prova}$  (o  $P_{lim}$ ).
- b) In corrispondenza di ogni livello di carico si eseguiranno misure di cedimento con la stessa frequenza e limitazioni di cui al 1° ciclo, punto "b".
- c) Il carico  $P_{prova}$ , quando è  $< P_{lim}$ , sarà mantenuto per un tempo minimo di 4 ore; quindi, il palo sarà scaricato mediante almeno 3 gradini con misure a  $t = 0, t = 5'$  e  $t = 10'$  e  $t = 15'$ . A scarico ultimato si eseguiranno misure fino a  $t = 60'$ .

Si considererà raggiunto il carico limite ( $P_{lim}$ ), e conseguentemente si interromperà la prova, allorquando misurando il cedimento  $s$  risulterà verificata una delle seguenti condizioni:

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

ove:

- $d$  = diametro del micropalo
- $s_{el}$  = cedimento elastico del micropalo.

### Prove non distruttive

Scopo dei controlli non distruttivi è quello di verificare le caratteristiche geometriche e meccaniche dei pali, non compromettendone l'integrità strutturale. A tale scopo potrà essere richiesta l'esecuzione di:

- A) prove geofisiche;
- B) carotaggio continuo meccanico;
- C) scavi attorno al fusto del palo.

Per tutti i controlli non distruttivi l'impresa provvederà a sottoporre alla approvazione della Direzione Lavori le specifiche tecniche di dettaglio.

### Prove geofisiche

Possono essere eseguite mediante emissione di impulsi direttamente alla testa del palo o lungo il fusto entro fori precedentemente predisposti.

Il primo tipo di controllo potrà essere eseguito per qualsiasi tipo di palo; il secondo sarà applicato ai soli pali trivellati di diametro  $> 800$  mm.

Il numero dei controlli sarà di volta in volta stabilito dalla Direzione Lavori anche in relazione alla importanza dell'opera, al tipo di palo, alle caratteristiche geotecniche e idrogeologiche dei terreni di fondazione e alle anomalie riscontrate durante l'esecuzione dei pali.

I pali da sottoporre a controllo mediante prove geofisiche saranno prescelti dalla Direzione Lavori. Prove geofisiche da testa palo verranno eseguite dall'Impresa a sua cura, sotto il controllo della Direzione Lavori, sul 15% del numero totale dei pali e comunque su tutti quei pali ove fossero state riscontrate inosservanze rispetto a quanto prescritto dal presente Capitolato.

Con riferimento ai soli pali trivellati, l'Impresa dovrà provvedere, a sua cura, sotto il controllo della Direzione Lavori, all'esecuzione di controlli eseguiti entro fori precedentemente predisposti, sul 5% del numero totale dei pali con un minimo di due.

Sui pali prescelti per tali prove, lungo il fusto dovrà essere predisposta, prima delle operazioni di getto, l'installazione di tubi estesi a tutta la lunghezza del palo, entro cui possono scorrere le sondine di emissione e ricezione degli impulsi.

I tubi saranno solidarizzati alla gabbia di armatura, resi paralleli tra loro e protetti dall'ingresso di materiali.

Gli stessi saranno almeno due per pali aventi diametro  $d \leq 1200$  mm ed almeno tre per diametri superiori.

Le prove dovranno essere eseguite alternando entro i fori le posizioni delle sonde trasmettente e ricevente.

#### Carotaggio continuo meccanico

Il carotaggio dovrà essere eseguito con utensili e attrezzature tali da garantire la verticalità del foro e consentire il prelievo continuo allo stato indisturbato del conglomerato e se richiesto del sedime d'imposta.

Allo scopo saranno impiegati doppi carotieri provvisti di corona diamantata aventi diametro interno minimo pari a 60 mm.

Nel corso della perforazione dovranno essere rilevate le caratteristiche macroscopiche del conglomerato e le discontinuità eventualmente presenti, indicando in dettaglio la posizione e il tipo delle fratture, le percentuali di carotaggio, le quote raggiunte con ogni singola manovra di avanzamento.

Su alcuni spezzoni di carota saranno eseguite prove di laboratorio atte a definire le caratteristiche fisico-meccaniche e chimiche.

Al termine del carotaggio si provvederà a riempire il foro mediante boiaccia di cemento immessa: dal fondo foro.

Il carotaggio si eseguirà a cura dell'Impresa, quando ordinato della Direzione Lavori, in corrispondenza di quei pali ove si fossero manifestate inosservanze rispetto alle indicazioni riportate nel presente Capitolato e alle disposizioni della medesima.

#### Scavi attorno al fusto del palo

Verranno richiesti ogni qualvolta si nutrano dubbi sulla verticalità e regolarità della sezione nell'ambito dei primi 4.0 – 5.0 m di palo.

Il fusto del palo dovrà essere messo a nudo e pulito con un violento getto d'acqua e reso accessibile all'ispezione visiva.

Successivamente si provvederà a riempire lo scavo con materiali e modalità di costipamento tali da garantire il ripristino della situazione primitiva.

Tali operazioni saranno eseguite, a cura e spese dell'Impresa, in corrispondenza di quei pali ove si fossero manifestate inosservanze rispetto alle indicazioni riportate nel presente Capitolato e alle disposizioni della Direzione Lavori.

### **9.3.6 Specifica di controllo**

La seguente specifica si applica alle varie tipologie di pali di fondazione precedentemente descritte.

La documentazione di riferimento comprende tutta quella contrattuale e più specificatamente, quella di progetto quali disegni, specifiche tecniche, etc.

Sono altresì comprese tutte le Norme Tecniche vigenti in materia.

Le procedure delle prove di seguito specificata, deve ritenersi come minima e dovrà essere incrementata in ragione delle difficoltà tecniche e realizzative.

La Normativa di riferimento per esercitare i seguenti controlli è indicata nel seguente prospetto:

D.M. 9/01/1996;

D.M. 11/03/1988;

AGI- Raccomandazioni sui pali di fondazione (1984);

Norme UNI 7163 – 1979;

DIN – 4150;

D.M. 16/01/1996.

D.M. 17/01/2018

L'Impresa dovrà attrezzare con le predisposizioni necessarie per l'effettuazione di controlli non distruttivi di tipo sonico (per pali di medio e grande diametro) il 30% dei pali realizzati.

Questi, infatti, sono prove da eseguirsi su pali prescelti prima della loro esecuzione, in quanto devono essere attrezzati con tubazioni (uno o più) da annegare nel getto di calcestruzzo, aventi diametro interno non inferiore a 1"  $\frac{1}{2}$ .

Dovrà inoltre prevedersi di assoggettare a prove di carotaggio continuo, in asse palo, con prelievo di carote, sull'1% del totale dei pali eseguiti.

Nel caso di esito negativo delle prove, le stesse dovranno essere incrementate nella misura richiesta dalla DL.

### 9.3.6.1 Pali infissi

Per i pali infissi gettati in opera e per i pali prefabbricati in cantiere, si dovrà verificare che ogni lotto di armature posto in opera, sia accompagnato dai relativi certificati del fornitore, e comunque essere conforme alle prescrizioni previste in progetto.

In assenza di tali certificazioni il materiale non potrà essere posto in opera.

Per quanto riguarda il calcestruzzo, questo potrà provenire già preconfezionato da appositi fornitori, oppure essere prodotto in cantiere con opportune centrali di betonaggio.

In entrambi i casi il calcestruzzo dovrà soddisfare alle indicazioni previste in progetto e del relativo punto del presente Capitolato.

La DL avrà la facoltà di fare eseguire prove per la verifica delle caratteristiche dei materiali.

Per quanto riguarda i pali realizzati mediante l'infissione di rivestimenti metallici, questi dovranno soddisfare le indicazioni riportate nel relativo punto del presente Capitolato.

Nel caso sia previsto un rivestimento protettivo per la camicia metallica, si dovrà che questo sia presente su tutto il rivestimento e sia al tempo stesso integro nonché rispondente alle indicazioni di progetto e del presente Capitolato.

Nel caso di impiego di pali infissi prefabbricati in stabilimento, ogni lotto utilizzato dovrà essere accompagnato dai relativi certificati per l'armatura metallica utilizzata e per il calcestruzzo impiegato (Rck).

L'Impresa dovrà operare in maniera tale che per ogni palo prefabbricato sia rintracciabile il lotto corrispondente di materiale impiegato.

In assenza di tali certificazioni i manufatti corrispondenti non potranno essere posti in opera.

La DL avrà la facoltà di fare eseguire prove per la verifica delle geometrie e delle caratteristiche dei materiali.

I pali infissi dovranno essere realizzati nel rispetto delle tolleranze che sono riportate in corrispondenza degli specifici punti del presente Capitolato, rispettivamente per ciascuna tipologia di palo impiegato.

Per ciascun palo l'Impresa dovrà redigere una scheda dove verrà riportato quelli che sono i risultati dei controlli delle tolleranze, ed inoltre dovrà essere riportato:

- n° progressivo del palo così come riportato nella planimetria di progetto;
- data di infissione;
- dati tecnici dell'attrezzatura;
- informazioni relative alla locale stratigrafia;
- tempo di infissione;
- rifiuto ogni 0,1 m negli ultimi 4 m, e ogni 1 m nel tratto precedente;
- profondità di progetto;
- rifiuti per eventuale ribattitura;
- eventuale strumentazione e posizione della stessa per il controllo dell'efficienza del battipalo e della velocità terminale del maglio;
- controllo delle vibrazioni (DIN – 4150);
- risultati delle eventuali prove richieste dalla DL;
- caratteristiche dei materiali costituenti il manufatto e lotto di appartenenza dello stesso.

Nel caso di pali battuti gettati in opera, oltre ai precedenti controlli:

- data del getto;
- tipo di tappo impiegato;
- quantità di calcestruzzo posto in opera nella formazione dell'eventuale bulbo e fusto;
- misura dello "slump" (per ogni betoniera o per ogni 10 m<sup>3</sup> di materiale posto in opera);
- numero dei prelievi per il controllo della resistenza a compressione e valori della stessa, così come indicato nel presente Capitolato, ed inoltre quando richiesto dalla Direzione Lavori;
- geometria delle gabbie di armatura;
- eventuali ulteriori prove richieste dalla Direzione Lavori.

#### Pali trivellati

Per i pali trivellati, si dovrà verificare che ogni lotto di armatura posto in opera, sia accompagnato dai relativi certificati del fornitore, e comunque essere conforme alle prescrizioni previste per tale materiale.

In assenza di tali certificazioni il materiale non potrà essere posto in opera.

Per quanto riguarda il calcestruzzo, questo potrà provenire già preconfezionato da appositi fornitori, oppure essere prodotto in cantiere con opportune centrali di betonaggio.

In entrambi i casi il calcestruzzo dovrà soddisfare alle indicazioni previste in progetto e degli specifici punti del presente Capitolato.

La DL avrà la facoltà di fare eseguire prove per la verifica delle caratteristiche dei materiali.

Nel caso si venga ad impiegare un rivestimento di acciaio si dovrà verificare che questo presenti le caratteristiche così come indicato in progetto e nel presente Capitolato.

Durante le operazioni di getto si dovrà verificare che queste vengano effettuate secondo le modalità riportate nel presente Capitolato.

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

- n° progressivo del palo così come riportato nella planimetria di progetto;
- informazioni relative alla locale stratigrafia;
- dati tecnici dell'attrezzatura;
- data di inizio e fine perforazione, nonché di inizio e fine getto;
- eventuali impieghi dello scalpello o altri utensili per il superamento di zone cementate o rocciose e corrispondente profondità di inizio e fine tratta;
- profondità di progetto;
- profondità effettiva raggiunta dalla perforazione, e la stessa prima di calare il tubo getto;
- risultati dei controlli eseguiti sull'eventuale fango di perforazione e della presenza dell'eventuale controcamicia;
- additivi usati per il fango;
- caratteristiche dell'eventuale rivestimento metallico;
- il rilievo della quantità di calcestruzzo impiegato per ogni palo. Il rilievo dose per dose (dose = autobetoniera) dell'assorbimento di calcestruzzo e del livello raggiunto dallo stesso entro il foro in corso di getto, sarà fatto impiegando uno scandaglio a base piatta, su almeno i primi 10 pali e sul 10% dei pali successivi. In base a questo rilievo potrà essere ricostituito l'andamento del diametro medio effettivo lungo il palo (profilo di getto).;
- misura dello "slump" (per ogni betoniera o per ogni 10 m<sup>3</sup> di materiale posto in opera); - numero dei prelievi per il controllo della resistenza a compressione e valori della stessa, così come indicato nel presente Capitolato, ed inoltre quando richiesto dalla Direzione Lavori;
- geometria delle gabbie di armatura;
- risultati delle eventuali prove effettuate e richieste dalla DL;
- caratteristiche dei materiali costituenti il manufatto e lotto di appartenenza dello stesso.

I risultati dell'operazione di scapitozzatura e dell'eventuale ripristino del palo sino alla quota di sottoplinto.

### 9.3.6.2 Pali trivellati ad elica

Per i materiali impiegati valgono le indicazioni riportate allo specifico punto del presente Capitolato.

Per ciascun palo l'Impresa dovrà redigere una scheda dove dovranno essere riportati i controlli delle tolleranze ed inoltre dovranno essere riportati i risultati dei seguenti controlli:

- n° progressivo del palo così come riportato nella planimetria di progetto;
- informazioni relative alla locale stratigrafia;
- dati tecnici dell'attrezzatura;
- data di inizio e fine perforazione, nonché di inizio e fine getto;
- tempi di perforazione per tratte successive di 5 m, e di 1 m nel tratto finale;
- profondità di progetto;
- profondità effettiva raggiunta dalla perforazione;
- il rilievo della quantità di calcestruzzo impiegato per ogni palo;
- misura dello "slump" (per ogni betoniera o per ogni 10 m<sup>3</sup> di materiale posto in opera);
- numero dei prelievi per il controllo della resistenza a compressione e valori della stessa, così come indicato nel presente Capitolato, ed inoltre quando richiesto dalla Direzione Lavori;
- geometria delle gabbie di armatura;

- spinta del mandrino, misurata durante l'estrazione della trivella;
- risultati delle eventuali prove effettuate e richieste dalla DL;
- caratteristiche dei materiali costituenti il manufatto e lotto di appartenenza dello stesso.

Nel caso si vengano a riscontrare delle differenze stratigrafiche rispetto alla situazione nota, o di particolari anomalie riscontrate nei tempi di perforazione, qualora le condizioni reali risultino inferiori a quelle di progetto, l'Impresa dovrà procedere al riesame della progettazione e dovrà definire gli eventuali provvedimenti (modifica del numero e profondità dei pali, esecuzione dei pre-fori, etc.) che dovranno essere concordati con la Direzione Lavori.

### 9.3.6.3 Micropali

Per i micropali, si dovrà verificare che per ogni lotto posto in opera di armature metalliche, nonché di tubi e di profilati di acciaio, dovrà essere accompagnato dai relativi certificati del fornitore ed essere conforme all'indicazione di progetto.

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

Per quanto riguarda le malte e le miscele cementizie, possono provenire da impianti di confezionamento, oppure essere prodotte in cantiere da apposite centrali di betonaggio.

In entrambi i casi è possibile realizzare gli stessi controlli riportati per le miscele di iniezione degli ancoraggi.

Nel caso si impieghino come fluidi di perforazione dei fanghi bentonitici, questi, dovranno essere assoggettati ai medesimi controlli riportati ai punti specifici e seguenti.

Nel caso di impiego di schiume queste dovranno essere accompagnate dai relativi certificati forniti dai produttori, per ogni lotto impiegato.

Le modalità di preparazione ed uso, dovranno essere preventivamente approvate dalla Direzione Lavori.

Il controllo della profondità dei pre-fori, rispetto alla quota di sottopinto, verrà effettuato in doppio modo:

- in base alla lunghezza delle aste di perforazione immerse nel foro al termine della perforazione, con l'utensile appoggiato sul fondo;
- in base alla lunghezza dell'armatura.

L'accettazione delle armature verrà effettuata:

- nel caso di armature in barre longitudinali ad aderenza migliorata, in base alle risposdenze, al progetto dei vari diametri nominali e delle lunghezze;
- nel caso di armature a tubo di acciaio, in base alle lunghezze, al diametro e allo spessore dei tubi previsti in progetto.

In corso di iniezione si preleverà un campione di miscela per ogni micropalo, sul quale si determinerà il peso specifico e la decantazione (bleeding) mediante buretta graduata, così come descritto negli specifici punti del presente Capitolato.

Il peso specifico dovrà risultare pari almeno al 90% del peso specifico teorico, calcolato assumendo  $3 \text{ g/cm}^3$  il peso specifico assoluto del cemento  $2.65 \text{ g/cm}^3$  quello degli aggregati, nell'ipotesi che non venga incluso l'aria.

Nelle prove di decantazione, l'acqua separata non dovrà superare il 2% in volume.

Con il campione di miscela dovranno essere altresì confezionati dei provini da sottoporre a prove di compressione monoassiale, nella misura di almeno una prova a micropalo.

L'esecuzione del singolo micropalo sarà documentata mediante la compilazione da parte dell'Impresa in contraddittorio con la Direzione Lavori di una apposita scheda sulla quale si registreranno i controlli delle tolleranze e i dati seguenti:

- rilievi stratigrafici del terreno;
- identificazione del micropalo;
- dati tecnici dell'attrezzatura di perforazione;
- data di inizio perforazione e termine getto (o iniezione);
- fluido di perforazione impiegato;
- profondità di progetto;
- profondità effettiva raggiunta dalla perforazione;
- profondità del foro all'atto della posa in opera dell'armatura;
- geometria e tipologia dell'armatura;
- volumi di miscele per la formazione della guaina (per micropali ad iniezioni multiple selettive);
- assorbimento totale effettivo di miscela di iniezione;
- risultati delle prove di controllo sulla miscela di iniezione (peso di volume, essudazione, etc.), numero di campioni prelevati e loro resistenza a compressione monoassiale.
- risultati di ulteriori prove condotte o ordinate dalla Direzione Lavori.

## 9.4 TIRANTI DI ANCORAGGIO

### 9.4.1 Definizioni

Per tiranti di ancoraggio si intendono elementi strutturali connessi al terreno o alla roccia, che in esercizio sono sollecitati a trazione.

Le forze di trazione sono quindi applicate sulla struttura da tenere ancorata mediante una piastra di ripartizione (testata).

In tali elementi la sollecitazione di trazione è impressa in tutto, o in parte, all'atto del collegamento con l'opera ancorata. Il tirante si compone delle seguenti parti:

- la testa, costituita dal dispositivo di bloccaggio e dalla piastra di ripartizione;
- il tratto libero intermedio di collegamento tra testa e tratto attivo;
- il tratto attivo (fondazione), che trasmette al terreno la forza di trazione del tirante.

La funzione dei tiranti permanenti deve essere espletata per un periodo di tempo commisurato alla vita utile dell'opera ancorata.

Di norma l'armatura dei tiranti di ancoraggio è costituita da un fascio di trefoli in acciaio, tipo c.a.p., solidarizzati al terreno mediante iniezioni cementizie.

### 9.4.2 Elementi costitutivi dei tiranti e delle barre di ancoraggio

Nelle strutture di ancoraggio che lavorano totalmente o prevalentemente a trazione si distinguono i seguenti elementi:

- a) Testata

È il dispositivo di ripartizione delle sollecitazioni di ancoraggio sulla opera ancorata; è normalmente costituita da una piastra metallica di adeguate dimensioni, dotata di fori passanti per ospitare le armature, con i relativi dispositivi di bloccaggio, ed il condotto di iniezione.

b) Armatura

È l'elemento destinato a trasmettere le sollecitazioni dalle testate al terreno o alla roccia; è costituita da trefoli o barre, a seconda del tipo di ancoraggio.

c) Tratto libero

È la parte di armatura che non è solidarizzata al terreno o alla roccia, la cui lunghezza caratterizza la deformabilità dell'ancoraggio.

d) Fondazione (Bulbo di ancoraggio)

È il tratto di armatura che viene solidarizzato al terreno o alla roccia e trasferisce le sollecitazioni per attrito.

e) Canna di iniezione

È costituito da un tubo generalmente in PVC, dotato o meno di valvole a manchettes, che viene collegato al circuito di iniezione per la solidarizzazione dell'ancoraggio al terreno o alla roccia.

Nei tiranti di ancoraggio fra il tratto libero e la fondazione è di norma interposto un dispositivo di separazione, chiamato sacco otturatore, tenuto in sede da due tamponi posti alle estremità. La funzione del sacco otturatore è di bloccare le eventuali fughe di miscela cementizia attraverso il tratto libero; esso, dunque, è particolarmente necessario nei tiranti aventi inclinazione prossima all'orizzontale.

Nei tiranti definitivi sono presenti dispositivi atti a realizzare la protezione delle armature anche in corrispondenza del tratto di fondazione. Questo dispositivo è in genere costituito da una guaina in PVC corrugata, dotata di centratori esterni, connessa tramite giunzioni a tenuta all'ogiva o puntale terminale, ed al tampone del sacco otturatore. Un condotto di iniezione, dotato di sfiato, consente di eseguire il riempimento a volume controllato dell'interno di questa guaina (bulbo interno). Nel caso di tiranti a iniezioni selettive, la guaina grecata è collegata alla canna di iniezione e reca incorporate delle valvole a manchettes.

### 9.4.3 Prove tecnologiche preliminari

Prima di dare inizio ai lavori, la metodologia esecutiva dei tiranti, quale proposta dall'Impresa, dovrà essere messa a punto dalla stessa, a sua cura, mediante l'esecuzione di un adeguato numero di tiranti preliminari di prova.

Il numero dei tiranti preliminari di prova sarà stabilito dalla Direzione Lavori in base all'importanza dell'opera e al grado di omogeneità del sottosuolo.

Il numero minimo per le varie tipologie di tiranti di prova potrà essere riferito alle indicazioni fornite in tal senso dalle raccomandazioni A.I.C.A.P..

I tiranti preliminari di prova dovranno essere eseguiti in aree limitrofe a quelle interessanti i tiranti progetto e comunque rappresentative dal punto di vista geotecnico e idrogeologico.

Le modalità di applicazione e l'entità del carico massimo di prova e così pure la successione dei cicli di carico e scarico, saranno prescritti dalla Direzione Lavori, in accordo con eventuali prescrizioni di progetto e con le raccomandazioni A.I.C.A.P su "Ancoraggi nei terreni e nelle rocce" (maggio 1993).

I tiranti preliminari di prova dovranno essere eseguiti alla presenza della Direzione Lavori cui spetta l'approvazione delle modalità esecutive da adottarsi per i tiranti di progetto.

Nel caso l'impresa proponga di variare nel corso dei lavori la metodologia esecutiva sperimentata ed approvata inizialmente, dovrà dar corso a sua cura e spese a nuove prove tecnologiche in ragione dello 0,5 % del numero totale dei tiranti ancora da eseguire con un minimo di un tirante prova.

#### 9.4.4 Soggezioni geotecniche, idrogeologiche e ambientali

Le tecniche di perforazione e le modalità di connessione al terreno dovranno essere definite in relazione alla natura dei materiali da attraversare e delle caratteristiche idrogeologiche locali.

La scelta delle attrezzature di perforazione ed i principali dettagli esecutivi dovranno essere messi a punto mediante l'esecuzione di tiranti di ancoraggio preliminari di prova, approvati dalla Direzione Lavori prima dell'inizio della costruzione dei tiranti di progetto.

Particolare cura dovrà essere posta relativamente alla verifica dell'aggressività dell'ambiente nei riguardi del cemento impiegato nella realizzazione della miscela di iniezione dei tiranti.

Tale verifica verrà eseguita, su richiesta della Direzione Lavori a cura e spese dell'Impresa.

L'ambiente verrà dichiarato aggressivo quando:

- il grado idrotimetrico (durezza) dell'acqua del terreno o di falda risulti  $< 3$  °F;
- il valore del pH dell'acqua risulti  $< 6$ ;
- il contenuto in CO<sub>2</sub>, disciolta nell'acqua risulti  $> 30$  mg/l;
- il contenuto in NH<sub>4</sub>, dell'acqua risulti  $> 30$  mg/l;
- il contenuto in ioni Mg dell'acqua risulti  $> 300$  mg/l;
- il contenuto in ioni SO<sub>4</sub> dell'acqua risulti  $> 600$  mg/l oppure  $> 6000$  mg/kg di terreno secco;
- i tiranti si trovino in vicinanza di linee ferroviarie o di altri impianti a corrente continua non isolati e con potenze maggiori di 50 kW;
- l'opera risulti situata a distanza  $< 300$  m dal litorale marino.

In caso di ambiente aggressivo accertato, l'utilizzo del tipo di cemento dovrà essere approvato dalla Direzione Lavori e l'impresa dovrà certificarne l'idoneità.

#### 9.4.5 Materiali ed elementi costruttivi

a) Trefoli tipo c.a.p.

Si utilizzeranno trefoli  $\Phi$  6/10" in acciaio liscio; le caratteristiche dei trefoli sono qui di seguito elencate:

Componenti:	7 fili $\Phi$ 5 mm
diametro nominale:	15.20 mm
sezione nominale:	139 mm <sup>2</sup>
tensione effettiva all'1% di allungamento:	225 kN
tensione di rottura effettiva:	250 kN
modulo elastico:	E=200 ÷ 205 KN/mm <sup>2</sup>
limite elastico convenzionale allo 0.1%:	f <sub>p (1)k</sub> 1600N/mm <sup>2</sup>
tensione di rottura:	f <sub>ptk</sub> $\geq$ 1800 N/mm <sup>2</sup>
allungamento a rottura su 610 mm:	5.2 ÷ 5.1%
peso:	1.1 Kg/m

Di conseguenza le tensioni ammissibili sono:

in esercizio:	$\sigma_a < 0.6 f_{ptk}$
in fase provvisoria:	$\sigma_{ai} < 0.85 f_{p(1)k}$

a cui corrispondono i seguenti valori dei carichi di trazione:

in esercizio:	$T < 150 \text{ kN}$
in fase transitoria (*):	$T < 180 \text{ kN}$

b) Apparecchi di testata

I dispositivi di bloccaggio dei tiranti a trefoli dovranno essere conformi alle disposizioni dell'Allegato "B" della Circolare Ministeriale LL.PP. 30 giugno 1980 ed eventuali successivi aggiornamenti; per i bulloni si farà invece riferimento al D.M. 17/01/2018.

c) Piastre di ripartizione

Si adoteranno piastre di ripartizione le cui dimensioni dovranno essere scelte in relazione alle caratteristiche geometriche e di portata dei tiranti ed alle caratteristiche di resistenza e deformabilità del materiale di contrasto.

d) Miscela di iniezione

Saranno usate miscele a base di cemento, aventi la seguente composizione per 1 m<sup>3</sup> di prodotto:

acqua:	600 kg;
cemento:	1200 kg;
additivi:	10÷20 kg.

Il cemento dovrà presentare contenuto in cloro, inferiore allo 0,05% in peso e contenuto totale di zolfo da solfuri, inferiore allo 0,15% in peso. L'acqua dovrà essere conforme alle norme vigenti.

Gli additivi non dovranno essere aeranti.

La miscela dovrà presentare i requisiti seguenti, periodicamente controllati durante le lavorazioni.

e) Distanziatori, tamponi e condotti di iniezione

I distanziatori avranno lo scopo di disporre l'armatura di ancoraggio nel foro di alloggiamento in modo che sia garantito il ricoprimento dell'acciaio da parte della miscela di iniezione.

La forma dei distanziatori dovrà quindi essere tale da consentire il centraggio dell'armatura nel foro di alloggiamento durante tutte le fasi di manipolazione e nello stesso tempo non dovrà 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 dovranno essere realizzati in materiali non metallici di resistenza adeguata agli sforzi che devono sopportare ed essere disposti a intervalli non superiori a 5 m nel tratto libero; nel tratto di fondazione saranno intercalati da legature e disposti a intervalli di 2,0-2,5 m in modo da dare al fascio di trefoli una conformazione a ventri e nodi.

Per armature costituite da barre i distanziatori non saranno alternati a legature.

I tamponi di separazione fra la parte libera e la fondazione dovranno essere impermeabili alla miscela e tali da resistere alle pressioni di iniezione.

I tamponi dovranno essere realizzati o con elementi meccanici o con elementi chimici (materiale iniettato) aventi caratteristiche tali da garantire l'armatura dalla corrosione.

Le caratteristiche dei condotti di iniezione da impiegare dovranno essere tali da soddisfare i seguenti requisiti:

- avere resistenza adeguata alle pressioni di iniezione risultando cioè garantiti per resistere alla pressione prevista con un coefficiente di sicurezza pari ad 1,5 e comunque avere una pressione di rottura non inferiore al bar;
- avere diametro interno minimo orientativamente pari a 10 mm nel 'caso in cui non siano presenti aggregati, pari a 16 mm in caso contrario; ciò al fine di consentire il passaggio della miscela d'iniezione.

### 9.4.6 Tolleranze geometriche

Le tolleranze ammesse nella realizzazione dei fori sono le seguenti:

- il diametro dell'utensile di perforazione dovrà risultare non inferiore al diametro di progetto e non superiore del 10% di tale diametro;
- la lunghezza totale di perforazione dovrà risultare conforme al progetto;
- la variazione di inclinazione e di direzione azimutale non dovrà essere maggiore di  $\pm 2^\circ$ ;
- la posizione della testa foro non dovrà discostarsi più di 1 cm dalla posizione di progetto.
- la lunghezza totale dell'armatura e la lunghezza del tratto attivo, posizionato nella parte terminale della perforazione, dovranno risultare conformi alle indicazioni progettuali.

### 9.4.7 Perforazione

La perforazione potrà essere eseguita a rotazione o a rotopercolazione, in materie di qualsiasi natura e consistenza, compreso calcestruzzi, murature, trovanti e/o roccia dura, anche in presenza di acqua.

Il foro potrà essere eseguito a qualsiasi altezza e l'impresa dovrà provvedere ad eseguire idonei ponteggi ed impalcature, rispondenti a tutte le indicazioni di Legge.

Il foro dovrà essere rivestito nel caso che il terreno sia rigonfiante o non abbia coesione sufficiente ad assicurare la stabilità delle pareti del foro durante e dopo la posa delle armature; in roccia si rivestirà il foro nei casi in cui:

- l'alterazione e la fessurazione della roccia siano tali da richiederlo per assicurare la stabilità delle pareti durante e dopo la posa delle armature;
- la natura della roccia sia tale da far temere la formazione di spigoli aguzzi lungo le pareti del foro, suscettibili di danneggiare le guaine di protezione.

Il fluido di perforazione potrà essere acqua, aria, una miscela di entrambi, oppure, unicamente per perforazioni in terreni sciolti, un fango di cemento e bentonite.

L'impiego di aria non è consentito in terreni incoerenti sottofalda.

Al termine della perforazione si dovrà procedere al lavaggio del foro con acqua o aria.

Nel caso coi terreni con prevalente componente argillosa, di rocce marnose tenere e terreni argillosi sovraconsolidati, il lavaggio sarà eseguito con sola aria, evitando l'utilizzo di fluidi di perforazione.

Quando sia previsto dal progetto e sia compatibile con la natura dei terreni, si potranno eseguire, mediante l'impiego di appositi utensili allargatori, delle scampanature di diametro noto, regolarmente intervallate lungo la fondazione del tirante.

In base alle indicazioni emerse nel corso della esecuzione dei tiranti preliminari di prova e comunque in presenza di falde artesiane e di terreni particolarmente permeabili, l'impresa dovrà provvedere a sua cura e spese, a preventive iniezioni di intasamento all'interno del foro con miscele e modalità approvate dalla Direzione Lavori. Per la circolazione del fluido di perforazione saranno utilizzate pompe a pistoni con portate e pressioni adeguate. Si richiedono valori minimi di 200 l/min e 25 bar, rispettivamente.

Nel caso di perforazione a roto-percussione con martello a fondo foro si utilizzeranno compressori di adeguata potenza; le caratteristiche minime richieste sono:

- portata  $\geq 10 \text{ m}^3/\text{min}$ ;
- pressione  $\geq 8 \text{ bar}$ .

### 9.4.8 Allestimento del tirante

Ultimata la rimozione dei detriti si provvederà all'allestimento del tirante:

- riempimento del foro con miscela cementizia (cementazione di 1<sup>a</sup> fase), se necessario;
- introduzione del tirante;
- riempimento dei dispositivi di separazione e protezione interni (sacco otturatore, bulbo interno);
- esecuzione delle iniezioni selettive a pressioni e volumi controllati;
- posizionamento della testata e dei dispositivi di tensionamento;
- prove di carico di collaudo;
- tensionamento del tirante;
- iniezione della parte libera;
- protezione della testata.

Se presente l'iniezione di 1<sup>a</sup> fase l'introduzione del tirante potrà essere eseguita solo allorché:

- la perforazione sia interamente rivestita;
- il tirante sia dotato della valvola di fondo esterna all'ogiva;
- il riempimento avvenga contemporaneamente all'estrazione dei rivestimenti e siano operati gli eventuali rimbocchi finali;
- i trefoli ed i condotti di iniezione siano opportunamente prolungati fino a fuoriuscire a bocca foro per un tratto adeguato a consentire le successive operazioni di iniezioni e di tesatura;
- il sacco otturatore, nel caso di tiranti orizzontali o debolmente inclinati ( $i \leq 25^\circ$ ), sia presente.

### 9.4.9 Iniezione

La solidarizzazione dell'armatura al terreno verrà eseguita in due o più fasi, come di seguito specificato.

#### a) Cementazione di 1<sup>a</sup> fase

Se necessaria sarà eseguita all'atto del completamento della perforazione, secondo quanto specificato al precedente punto; si utilizzerà un volume di miscela cementizia commisurato al volume teorico del foro.

In questa fase si eseguiranno anche le operazioni di riempimento del sacco otturatore, ove presente, e del bulbo interno per i tiranti definitivi, utilizzando quantitativi di miscela corrispondenti ai volumi teorici degli stessi. Completata l'iniezione di 1<sup>a</sup> fase si provvederà a lavare con acqua il cavo interno del tubo di iniezione.

#### b) Iniezioni selettive a pressioni e volumi controllati

Trascorso un periodo di 12 ÷ 24 ore dalla formazione della guaina, si darà luogo alla esecuzione delle iniezioni selettive per la formazione del bulbo di ancoraggio.

Si procederà valvola per valvola, a partire dal fondo, tramite un packer a doppia tenuta collegato al circuito di iniezione.

La massima pressione di apertura delle valvole non dovrà superare il limite di 60 bar; in caso contrario la valvola potrà essere abbandonata. Ottenuta l'apertura della valvola si darà luogo all'iniezione in pressione fino ad ottenere i valori dei volumi di assorbimento e di pressione prescritti in progetto. La pressione di iniezione si intende il valore minimo che si stabilisce all'interno del circuito.

L'iniezione dovrà essere tassativamente eseguita utilizzando portate non superiori a 30 l/min, e comunque con valori che, in relazione alla effettiva pressione di impiego, siano tali da evitare fenomeni di fratturazione idraulica del terreno (claquage).

I valori di iniezione saranno di norma non inferiori a tre volte il volume teorico del foro, e comunque conformi alle prescrizioni di progetto.

Nel caso in cui l'iniezione del previsto volume non comporti il raggiungimento della prescritta pressione di rifiuto, la valvola sarà nuovamente iniettata, trascorso un periodo di 12 ÷ 24 ore.

Fino a quando le operazioni di iniezione non saranno concluse, al termine di ogni fase occorrerà procedere al lavaggio interno della canna.

#### 9.4.10 Caratteristiche degli iniettori

Per eseguire l'iniezione dovranno essere utilizzate delle pompe oleodinamiche a pistoni, a bassa velocità, aventi le seguenti caratteristiche minime:

pressione max di iniezione:	≈ 100 bar
portata max:	≈ 2 m <sup>3</sup> /ora
n. max pistonate/minuto:	≈ 60

Le caratteristiche delle attrezzature utilizzate dovranno essere comunicate alla Direzione Lavori, specificando in particolare alesaggio e corsa dei pistoni.

#### 9.4.11 Elementi di protezione

In relazione alla aggressività dell'ambiente sono ammesse le seguenti due classi di protezione:

- classe 1 per tiranti provvisori in ambiente aggressivo e non aggressivo e per tiranti permanenti in ambiente non aggressivo, con protezione che consisterà in una guaina di polietilene o di polipropilene che avvolge il tratto libero;
- classe 2 per tiranti permanenti in ambiente aggressivo, con protezione di tutto il tirante che sarà costituita da una guaina in polietilene o in polipropilene; essa potrà essere flessibile o semirigida e liscia per il tratto libero; sarà invece grecata per il tratto di fondazione del tirante.

Lo spessore della guaina non dovrà essere inferiore a 1,5 mm e dovrà garantire contro lacerazioni in tutte le fasi di lavorazione e posa ed in presenza delle sollecitazioni meccaniche e chimiche previste in esercizio.

La sezione interna della guaina dovrà essere pari ad almeno quattro volte la sezione trasversale complessiva delle armature (trefoli o barre) contenute e dovrà comunque assicurare uno spessore di iniezione per il ricoprimento degli elementi più esterni dell'armatura di almeno 5 mm.

Per le guaine corrugate dovrà risultare una distanza tra due nervature successive > 5 mm ed una differenza tra i diametri interni, maggiore e minore, superiore a 8 mm.

Ciascun trefolo o barra dovrà essere ulteriormente protetto:

- da una guaina individuale in P.V.C., polietilene o polipropilene nella parte libera;
- da una verniciatura in resina epossidica elasticizzata nel tratto di fondazione.

Gli spazi residui tra guaina e pareti del perforo dovranno essere riempiti con miscela cementizia.

Gli spazi residui tra armatura e guaina dovranno essere perfettamente riempiti con grasso meccanico chimicamente stabile, inalterabile e non saponificabile.

### 9.4.12 Tesatura e collaudo

Trascorsi 28 giorni dall'ultima iniezione, o meno, secondo il tipo di miscela, ogni tirante verrà sottoposto a tesatura di collaudo.

L'inizio delle operazioni di tesatura e collaudo dovrà essere comunque autorizzato dalla Direzione Lavori.

La trazione di collaudo ( $N_c$ ) è pari a 1,2 volte la trazione massima di esercizio ( $N_{es}$ ).

La prova di collaudo si eseguirà assegnando dapprima al tirante una trazione di assestamento  $N_0=0,10 N_{es}$  e misurando la corrispondente posizione delle armature rispetto alle piastre di testata.

I tiranti che non soddisferanno i requisiti di collaudo verranno sostituiti con nuovi tiranti di caratteristiche e posizione concordate con la Direzione Lavori, sentito il Progettista.

In tali casi, restando inteso che comunque i maggiori oneri che ne deriveranno saranno a totale carico dell'Impresa.

Ai tiranti risultanti idonei verrà applicata gradualmente e senza interruzioni la forza di tesatura iniziale prevista dal progetto.

Al termine delle operazioni di tesatura verranno serrati gli organi di bloccaggio.

Le apparecchiature impiegate dovranno consentire le seguenti precisioni di misurazione:

- per gli allungamenti di 0,1 mm;
- per le forze, del 2% della trazione massima di esercizio ( $N_{es}$ ).

Esse dovranno essere tarate presso un laboratorio Ufficiale; è facoltà della Direzione Lavori rivedere a cura dell'Impresa la ripetizione della taratura in caso di impieghi prolungati, o ripetuti per più di 50 tiranti, o in caso di risultati che diano adito a dubbi sulla loro attendibilità.

### 9.4.13 Protezioni anticorrosive in opera

La protezione anticorrosiva del tratto libero del tirante sarà completata iniettando all'interno della guaina la miscela utilizzata nelle operazioni di iniezione dopo il completamento delle operazioni di tesatura del tirante.

L'iniezione nel tratto libero della miscela cementizia prima della tesatura o di fasi eventuali di ritesatura, potrà avvenire solo per armature costituite da trefoli a sezione compatta, ingrassati e protetti da guaine individuali in P.V.C., in modo che sia assicurato lo scorrimento tra guaina e trefolo con minime resistenze.

La protezione della testa del tirante potrà essere ottenuta, nei casi in cui è prescritta la protezione di classe 1, con un getto della miscela indicata previa aggiunta di additivi antiritiro, mentre nel caso si debba realizzare una

protezione di classe 2, si provvederà all'incapsulamento della testa mediante involucri protettivi di polietilene o polipropilene di spessore minimo pari a 2 mm che verranno connessi per saldatura alla guaina che avvolge il tratto libero; successivamente, con un getto di miscela cementizia, armata con rete, si proteggerà ulteriormente la testa dagli urti e dalle abrasioni.

Per un periodo non inferiore a centottanta giorni decorrente dalla data della ultimazione delle operazioni di tesatura di collaudo, le teste di tutti i tiranti dovranno essere lasciate accessibili per le operazioni di controllo e ritesatura da eseguire rispettivamente a novanta e centottanta giorni dalla data della tesatura di collaudo, nelle quantità che saranno prescritte dalla Direzione Lavori e comunque non inferiore al 20% dei tiranti.

## 9.5 TRATTAMENTI COLONNARI

Presso l'imbocco lato lago della galleria ed in corrispondenza della nuova traversa sul F. Chiese, sono previsti diversi trattamenti colonnari in jet grouting: esecuzione del diaframma a bassa permeabilità sotto la traversa; esecuzione di tappo di fondo sotto la soglia di imbocco e la relativa galleria artificiale. Per questi trattamenti sono previsti diversi diametri e diverse spaziature delle colonne, perché diversi sono gli scopi prefissati.

### 9.5.1 Definizioni

Si definiscono trattamenti colonnari quei trattamenti di consolidamento impermeabilizzazione realizzati stabilizzando mediante rimescolamento il terreno con una miscela legante di acqua-cemento immessa a getto ad altissima pressione. I trattamenti dovranno essere eseguiti secondo modalità di dettaglio approvate dalla Direzione Lavori (ad esempio l'impiego di rivestimenti provvisori, l'utilizzo di attrezzature per l'attraversamento di trovanti) e potranno essere realizzati in posizione verticale o comunque inclinati in relazione alle previsioni progettuali.

### 9.5.2 Prove tecnologiche preliminari

Le tecniche di perforazione e le modalità di iniezione della miscela stabilizzante dovranno essere messe a punto, in relazione alla natura dei materiali da trattare ed alle caratteristiche idrogeologiche locali, mediante esecuzione di colonne di prova in numero rapportato alla quantità di colonne di terreno consolidato previste in progetto e comunque secondo le prescrizioni della Direzione Lavori.

Sulle colonne di prova verranno eseguiti, in base alle richieste della Direzione Lavori, le prove sottoelencate il cui onere deve intendersi a totale carico dell'Impresa:

- prove in sito mediante carotaggio continuo, su tutte le colonne e per l'intera loro lunghezza, ubicato all'incirca a metà del raggio teorico di ciascuna colonna;
- prove di permeabilità in sito di tipo Lugeon
- prove in laboratorio su campioni significativi, ricavati dalle carote estratte, comprendenti:
- prove di compressione semplice;
- prove di trazione brasiliana;
- determinazione del valore dell'R.Q.D.

Il campo prove del tappo di fondo sarà costituito da almeno 7 colonne in cui verranno effettuati almeno 4 set di prove meccaniche ed idrauliche.

Il campo prove del diaframma sarà costituito da almeno 5 colonne in cui verranno effettuati almeno 3 set di prove meccaniche ed idrauliche.

Se dalle prove di cui sopra risulterà che non sono stati raggiunti i limiti di permeabilità, resistenza e continuità di cui ai successivi punti, la Direzione Lavori ordinerà la verifica del sistema ed eventualmente proporrà al Progettista la revisione del progetto.

### 9.5.3 Caratteristiche delle attrezzature

Le attrezzature di perforazione dovranno essere idonee a garantire deviazioni non superiori all'1,5% rispetto all'asse teorico.

Quelle di iniezione dovranno essere in grado di effettuare l'iniezione di ogni colonna senza interruzioni, in una unica fase, di norma almeno per profondità fino a 20÷25 m.

Dovranno essere munite di dispositivi di comando e di contagiri per il controllo della velocità di rotazione delle aste ed inoltre di dispositivi per la regolazione della velocità di risalita delle aste stesse (temporizzatore a scatti o simili).

L'impianto di miscelazione dovrà essere del tipo a cicli ripetitivi, con polmone di accumulo ed agitatore di miscela e munito di dispositivi di pesatura del cemento e di misura dell'acqua, dosatore di additivi e contattori di miscelazione progressivo. La centrale di iniezione sarà attrezzata con pompe ad alta pressione, > 30 MPa, dotate di manometri muniti di certificato ufficiale di taratura e posti a bocca foro.

### 9.5.4 Tolleranze geometriche

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 del 1,5%;
- la lunghezza non dovrà differire di  $\pm 15$  cm da quella di progetto;
- il diametro delle colonne non dovrà in nessun caso risultare inferiore a quello nominale indicato in progetto.

### 9.5.5 Tracciamento, programma lavori

Prima di iniziare la perforazione l'Impresa dovrà, a sua cura e spese, indicare sul terreno la posizione dei punti di trattamento da contrassegnare con picchetti, marche od altro, sistemati in corrispondenza dell'asse di ciascun punto di trattamento.

L'Impresa dovrà presentare alla Direzione Lavori la seguente documentazione:

- una mappa dei trattamenti con la posizione di tutti i punti, contrassegnati con un numero progressivo;
- un programma cronologico di perforazione ed iniezione elaborato in modo da minimizzare gli effetti negativi della perforazione/iniezione sulle colonne consolidate già eseguite;
- una relazione riportante le caratteristiche dei materiali, ante e post lavorazione, da impiegare ed inoltre, le caratteristiche delle macchine e degli impianti.

La mancata presentazione della documentazione preliminare comporta la non autorizzazione all'inizio della esecuzione dei lavori, né verranno accettate eventuali lavorazioni svolte prima dell'approvazione delle modalità esecutive.

## 9.5.6 Esecuzione dei trattamenti

In relazione al diametro nominale dei trattamenti colonnari, variabile da 0,60 m a 1,50 m, valgono le modalità operative di seguito riportate.

### 9.5.6.1 Trattamenti colonnari fino a 1,00 m di diametro

Comprendono le seguenti fasi di lavorazione:

- perforazione a rotazione o rotopercolazione, di diametro adeguato, eseguita di norma con impiego di rivestimento provvisorio;
- iniezione di una miscela di acqua e cemento tipo I II III IV V 42,5, o 42,5 R nel rapporto compreso tra 0,7/1 e 1,5/1, con l'impiego di additivi stabilizzanti, fluidificanti, acceleranti o ritardanti di presa, espansivi, impermeabilizzanti, antidilavamento, ecc., secondo le disposizioni della Direzione Lavori. La pressione di iniezione della miscela a bocca foro dovrà essere superiore a 30 MPa e 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/min;
- velocità di estrazione: 2÷6 m/min.

La resistenza a compressione semplice del terreno consolidato dovrà risultare > 10 MPa a 28 giorni nei materiali incoerenti, con limite minimo di 5 MPa a 40 giorni negli eventuali interstrati di terreni coesivi, salvo diverse indicazioni fornite dalla Direzione Lavori d'intesa con il Progettista, a seguito dei risultati del campo prova.

Il valore dell'R.Q.D. dovrà risultare non inferiore al 70%.

La permeabilità massima, da verificare tramite prove in sito di tipo Lugeon non dovrà essere > di  $0.5 \times 10^{-8}$  m/s

### 9.5.6.2 Trattamenti colonnari di diametro superiore a 1.00 m

Comprendono le seguenti fasi di lavorazione:

- perforazione a rotazione o rotopercolazione di diametro adeguato, eseguito di norma con l'impiego di rivestimento provvisorio;
- attraverso ugelli separati, dalle aste di perforazione vengono iniettati: acqua oppure aria ed acqua ad altissima pressione per la disaggregazione del terreno; una miscela di acqua e cemento tipo I II III IV V 42,5, o 42,5 R per il consolidamento del terreno, nel rapporto compreso tra 0,7/1 e 1,5/1, con l'impiego di additivi stabilizzanti, fluidificanti, acceleranti o ritardanti di presa, espansivi, impermeabilizzanti, antidilavamento, ecc., secondo le disposizioni della Direzione Lavori. 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 all'estremità della batteria di aste di iniezione, a quest'ultima viene impresso un moto di rotazione e risalita a velocità predeterminata, tale comunque da soddisfare le seguenti condizioni:
- velocità di rotazione: 3÷7 giri/min;

- velocità di risalita: 1/20÷30 m/min.

La resistenza a compressione semplice, del terreno consolidato, dovrà risultare > 8 MPa a 28 giorni nei materiali incoerenti, con limite minimo di 5 MPa a 40giorni negli eventuali interstrati di materiali coesivi, salvo diverse indicazioni fornite dalla Direzione Lavori d'intesa con il Progettista, a seguito dei risultati del campo prove.

Il valore dell'R.Q.D. dovrà risultare non inferiore al 70%.

La permeabilità massima, da verificare tramite prove in sito di tipo Lugeon non dovrà essere > di  $0.5 \times 10^{-8}$  m/s

## 9.5.7 Controlli

I controlli sui trattamenti colonnari da eseguire a cura e spese dell'Impresa, sotto il controllo della 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), la resistenza a compressione e la permeabilità del terreno consolidato dovranno essere accertati con le prove sottoelencate su colonne scelte dalla Direzione Lavori:

- Scavi di ispezione e prelievo di campioni indisturbati su tratti di colonne in ragione di una colonna ogni 50 eseguite; gli scavi dovranno essere spinti almeno fino alla profondità di 4m e successivamente rinterrati procedendo a strati accuratamente compattati;
- Sondaggi sulle colonne, in ragione di una colonna ogni 50 eseguite mediante carotaggio a rotazione continua con batteria di aste e doppio carotiere tipo T2 e/o T6s con corone diamantate di diametro nominale > 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 > 100 mm:

$$RQD \% = \frac{\text{Somma della lunghezza degli spezzoni } \geq 10\text{cm}}{\text{Lunghezza perforata}}$$

La Direzione Lavori potrà inoltre ordinare prove di permeabilità in foro tipo Lugeon allo scopo di verificare il raggiungimento dei valori massimi di permeabilità richiesti.

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
- permeabilità
- 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 verrà penalizzato il lotto oggetto della prova.

Qualora gli scostamenti negativi superino il limite del 10%, l'Impresa sarà tenuta a sua totale cura e spese al rifacimento dei trattamenti oppure all'adozione di quei provvedimenti che, proposti dalla stessa, per diventare operativi, dovranno essere formalmente approvati dalla Direzione Lavori, d'intesa con il Progettista.

La Direzione potrà inoltre richiedere ulteriori prove e verifiche come le prove vibrazionali, sismiche ed ultrasuoni da eseguirsi in numero e posizioni stabilite ad insindacabile giudizio della stessa.

Tutti i fori di sondaggio eseguiti nelle colonne dovranno venire ri-cementati in modo da garantire il ripristino della piena funzionalità idraulica e strutturale delle medesime.

### 9.5.8 Documentazione dei lavori

L'esecuzione di ogni trattamento colonnare sarà documentata mediante la compilazione da parte dell'Impresa, in contraddittorio con la Direzione Lavori, di una apposita scheda sulla quale si registreranno i dati seguenti:

- identificazione 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.

Tale scheda dovrà essere riportata su apposito modello e tempestivamente trasmesso dall'Impresa alla Direzione Lavori.

## 9.6 PALANCOLE TIPO LARSSEN

Le palancole Larssen sono eseguite a contorno e a difesa degli scavi per la realizzazione della soglia di imbocco e della successiva galleria artificiale e a completa tenuta d'acqua; avranno caratteristiche: peso, lunghezza e profilo secondo quanto previsto in progetto e tali che, oltre ad avere una sufficiente robustezza per resistere alla spinta delle terre, non lascino filtrare acqua dalle pareti.

Il noleggio per metro quadrato e per 30 giorni o per frazione di 30 giorni delle palancole sarà contabilizzato con i relativi articoli di Elenco.

In essi sono compresi: il trasporto delle palancole a piè d'opera, la preparazione delle superfici mediante rivestimento di bitume, il magazzinaggio, la ripresa e l'allontanamento.

La computazione sarà fatta sulla base dello sviluppo della palancole in opera, misurato secondo l'asse di simmetria della stessa, e l'altezza sarà quella effettiva delle palancole.

L'infissione e l'estrazione delle palancole saranno contabilizzate con i relativi articoli di Elenco. In essi sono compresi: la mano d'opera, i macchinari e le attrezzature necessarie per la esecuzione del lavoro, lo sfrido dei

materiali dovuto a rotture, guasti o all'impossibilità di recupero; in genere ogni lavoro e fornitura occorrente a dare l'opera compiuta e idonea all'uso.

La computazione sarà fatta sulla base dello sviluppo della palancolata in opera, misurato secondo l'asse di simmetria della stessa e l'altezza sarà quella di effettiva infissione.

### 9.6.1 Definizione

Un palancolato è un diaframma realizzato mediante infissione nel terreno di profilati metallici, di sezione generalmente a forma di U aperta, i cui bordi laterali, detti gargami, sono sagomati in modo da realizzare un'opportuna guida all'infissione del profilato adiacente, disposto in posizione simmetricamente rovesciata.

La palancola, che di norma è recuperata, dovrà essere infissa mediante attrezzature speciali, anche da pontone appositamente realizzato, fino alla quota prevista, facendo anche ricorso durante le operazioni di infissione all'esecuzione di perforazioni a distruzione di nucleo in corrispondenza dei giunti di connessione tra un profilo e l'altro al fine di facilitare l'infissione stessa; eventuali sfridi dovuti a guasti nelle operazioni di infissione o di estrazione o ad impossibilità di recupero per qualsiasi motivo, saranno a totale carico dell'Impresa.

L'Impresa dovrà comunicare alla DL le modalità esecutive che intende adottare per le infissioni.

Dovrà inoltre assicurare il rispetto delle Norme DIN 4150, in merito ai limiti delle vibrazioni, comunicando alla DL i provvedimenti che intende adottare nel caso dei superamenti dei limiti stessi.

La DL, a sua discrezione, può richiedere che l'Impresa provveda ad eseguire misure di controllo delle vibrazioni indotte, con oneri e spese relative a carico dell'Impresa stessa.

I lavori saranno eseguiti in accordo, ma non limitatamente, alle seguenti leggi:

- Decreto Ministeriale 17/01/2018: Norme tecniche per le costruzioni
- Circolare 11/02/2019: Circolare applicativa delle nuove Norme Tecniche per le Costruzioni approvate con D.M. 17/01/2018
- Decreto Ministeriale 11/03/1988: Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione
- ASTM D1143-81 "Standard Test Method for piles under static and compressive load"
- DIN 4150

### 9.6.2 Tolleranze geometriche

Per quanto riguarda i palancolati si prescrive il rispetto delle seguenti tolleranze:

posizione planimetrica dell'asse mediano del palancolato:	± 3 cm
verticalità:	± 2 %
quota testa:	± 5 cm
profondità:	± 25 cm

Qualora l'infissione risultasse ostacolata, l'Impresa, previo accordo della Direzione Lavori e previa verifica della congruità progettuale dell'opera, potrà limitare l'infissione a quote superiori, provvedendo al taglio della parte di palancola eccedente rispetto alla quota di testa prevista in progetto.

### 9.6.3 Preparazione dei piani di lavoro

I piani di lavoro, sia da terra che da pontone, dovranno essere adeguati in relazione alle dimensioni delle attrezzature da utilizzare, la loro quota dovrà consentire di rispettare ovunque le quote di progetto relative alla testa del palancolato.

È altresì necessario eseguire il tracciamento dell'asse dell'opera e del suo ingombro al fine di verificare l'assenza di interferenze con i sottoservizi presenti e le cisterne interrato.

### 9.6.4 Materiali

Dovranno essere utilizzati profilati aventi forma, sezione, spessore, lunghezza, conformi a quanto previsto dal progetto o, nel caso di impieghi di carattere provvisorio, comunque sufficienti a resistere alle massime sollecitazioni, sia in esercizio che durante le fasi di infissione ed estrazione.

Salvo differenti indicazioni riportate nei disegni di progetto, l'acciaio delle palancole dovrà avere le seguenti caratteristiche:

- tensione di rottura  $f_t = 510 \text{ N/mm}^2$
- limite elastico  $f_y = 355 \text{ N/mm}^2$

### 9.6.5 Modalità esecutive

La realizzazione dei palancolati provvisori e definitivi richiede che siano adottati tutti i provvedimenti necessari perché l'opera abbia, senza eccezioni, i requisiti progettuali, in particolare per quanto riguarda la verticalità, la complanarità ed il mutuo incastro degli elementi costitutivi, la capacità di resistere ai carichi laterali.

L'attrezzatura d'infissione e di estrazione avrà caratteristiche conformi a quanto definito dall'Impresa allo scopo di assicurare il raggiungimento della profondità d'infissione richiesta nel contesto stratigrafico locale e la possibilità di estrazione degli elementi non definitivi.

Nel caso l'estrazione non sia possibile, si provvederà al taglio della palancola anche per mezzo di attività subacquea.

L'infissione sarà realizzata a percussione, utilizzando un battipalo, o tramite vibrazione, con apposito vibratore eventualmente montati su pontone. L'estrazione sarà preferibilmente eseguita mediante vibrazione.

Il battipalo sarà di tipo scorrevole su una torre con guide fisse e perfetto allineamento verticale, con caratteristiche in accordo alle prescrizioni di progetto, se esistenti.

Si potranno impiegare battipali a vapore o diesel, in ogni caso in grado di fornire l'energia sufficiente all'infissione entro i terreni presenti nel sito, adeguatamente alle condizioni della stratigrafia locale.

La massa battente del battipalo agirà su una cuffia o testa di battuta in grado di proteggere efficacemente la palancola da indesiderate deformazioni o danni.

Per ogni attrezzatura l'Impresa dovrà fornire le seguenti informazioni:

- marca e tipo del battipalo;
- principio di funzionamento;
- energia massima di un colpo e relativa possibilità di regolazione;
- n. di colpi al minuto e relativa possibilità di regolazione;
- caratteristiche della cuffia o testa di battuta;
- peso del battipalo.

Il vibratore sarà a masse eccentriche regolabili, a funzionamento idraulico o elettrico.

Le caratteristiche dell'attrezzatura (momento di eccentricità, numero di vibrazioni al minuto, forza centrifuga all'avvio, ampiezza ed accelerazione del minimo) saranno scelte dall'Impresa in relazione alle prestazioni da ottenere, eventualmente anche a seguito di prove tecnologiche preliminari.

Le palancole saranno di tipo metallico, con caratteristiche geometriche conformi alle prescrizioni di progetto. Tipo e qualità dei materiali costituenti saranno invece corrispondenti a quanto definito agli specifici punti del presente Capitolato.

Le palancole, se cantierate da terra, saranno preferibilmente infisse con l'ausilio di uno scavo guida d'invito, di dimensioni adeguate.

L'Impresa dovrà comunicare alla Direzione Lavori il programma cronologico di infissione per tutte le palancole, prima dell'inizio dell'infissione stessa.

L'infissione per battitura avverrà con l'uso di un battipalo perfettamente efficiente e proseguirà fino al raggiungimento della quota di progetto o fino al raggiungimento del rifiuto, che, se non diversamente indicato, sarà considerato raggiunto quando si misureranno, per 50 colpi di maglio, avanzamenti non superiori a 10 cm. L'Impresa potrà, informandone la Direzione Lavori, ricorrere a delle iniezioni di acqua in pressione per facilitare il superamento di livelli granulari addensati, procurando la discesa della palancola per peso proprio con l'ausilio di una modesta battitura. Modalità, pressioni e portata del getto devono essere comunicate alla Direzione Lavori.

In caso di qualsiasi anomalia rilevata nel corso dell'infissione e comunque nel caso di mancato raggiungimento della prevista quota finale, sia nel caso di infissione per battitura che per vibrazione, l'Impresa dovrà immediatamente informare la Direzione Lavori.

Le palancole appartenenti ad opere provvisorie saranno estratte associando tiro e vibrazione. Nel caso l'estrazione non sia possibile, si provvederà al taglio della palancola anche per mezzo di attività subacquea.

Per la fase di estrazione si compilerà una scheda analoga a quella descritta per l'infissione.

A estrazione avvenuta, la palancola sarà esaminata ed il suo stato brevemente descritto, annotando la presenza di distorsioni, deformazioni o danni.

## 9.6.6 Specifiche di controllo

La documentazione di riferimento comprende tutta quella contrattuale e più specificatamente, quella di progetto quali disegni, specifiche tecniche, etc. Sono altresì comprese tutte le Norme tecniche vigenti in materia. La procedura delle prove di seguito specificata, deve ritenersi come minima e dovrà essere incrementata in ragione delle difficoltà tecniche e realizzative.

Nel caso di esito negativo delle prove, le stesse dovranno essere incrementate nella misura richiesta dalla D.L.

### 9.6.6.1 Materiali

Si dovrà verificare che gli acciai impiegati siano conformi alle prescrizioni del presente Capitolato e siano dotati dei relativi certificati per ogni lotto di fornitura.

In assenza di questi non sarà possibile mettere in opera l'elemento.

### 9.6.6.2 Controlli in fase esecutiva

Nel corso della infissione per battitura, verrà conteggiato il numero dei colpi per avanzamenti di 1 m. In corrispondenza degli ultimi metri, se richiesto dalla Direzione Lavori, si conteggerà il numero di colpi per l'infissione di tratte successive di 10 cm.

Al termine della infissione, l'Impresa dovrà controllare la posizione plano-altimetrica e l'effettivo incastro laterale reciproco degli elementi.

Per ciascun elemento infisso mediante battitura o vibrazione, l'Impresa oltre al controllo delle tolleranze, dovrà redigere una scheda indicante:

- n. progressivo della palancola, riportato sulla planimetria di progetto;
- dati tecnici della attrezzatura;
- tempo necessario per l'infissione;
- informazioni relative alla locale stratigrafia;
- tabella dei colpi per l'avanzamento (ove applicabile);
- note aggiuntive su eventuali anomalie o inconvenienti;

In presenza di anomalie o differenze rispetto alla stratigrafia prevista, di mancato raggiungimento della quota di progetto e qualsiasi altra anomalia, l'Impresa dovrà comunicare ciò alla Direzione Lavori, concordando l'eventuale riesame della progettazione o gli opportuni provvedimenti.

Per la fase di estrazione si compilerà un'analogha scheda, a quella descritta precedentemente, dove si verificherà l'integrità della stessa.

## **9.7 MANUFATTI TUBOLARI IN LAMIERA D'ACCIAIO ONDULATA**

### **9.7.1 Generalità**

Le prescrizioni che seguono si riferiscono a manufatti aventi struttura portante in lamiera di acciaio ondulata, con onda normale alla generatrice, a piastre multiple o ad elementi incastrati.

L'acciaio della lamiera ondulata dovrà avere uno spessore minimo di 1,5 mm con tolleranza UNI; dovrà essere di tipo S275 ed avere un carico unitario di rottura non minore di 430 MPa; sarà protetto su entrambe le facce da zincatura applicata a caldo, dopo l'avvenuto taglio e piegature dell'elemento, in quantità non inferiore a 305 g/m<sup>2</sup> per faccia.

L'Impresa per ogni singolo manufatto dovrà richiedere al pre-fabbricatore la seguente certificazione e documentazione:

- una certificazione del produttore attestante la qualità dell'acciaio e la quantità di zinco applicata su ciascuna faccia;
- il progetto esecutivo dell'opera, adattato alla situazione effettiva del luogo, con le caratteristiche geometriche, lo spessore delle lamiere, le modalità ed i particolari di montaggio;
- una relazione di calcolo con la verifica della stabilità statica della struttura in funzione delle dimensioni, delle specifiche condizioni di carico nonché dei carichi accidentali.

La Direzione Lavori, dopo che il Progettista ha preso visione dei documenti di cui sopra e verificato la previsione di utilizzazione del manufatto prefabbricato e il suo organico inserimento nel progetto, autorizzerà l'Impresa ad eseguire i lavori.

Tassativamente si prescrive che lo scarico e la movimentazione delle lamiere in cantiere dovrà essere fatta con idonee cautele per non danneggiare il rivestimento di zinco.

### 9.7.2 Preparazione del letto di posa

La condotta metallica dovrà essere posata su un letto uniforme, omogeneo, stabile e resistente, evitando fondi rigidi con asperità; in ogni caso si sconsiglia la posa della struttura direttamente sopra un fondo roccioso o una piattaforma di conglomerato cementizio.

Il letto di posa sarà sagomato come il profilo del fondo della condotta per permettere un mutuo accoppiamento perfetto.

Nel caso di terreno a debole portanza si dovrà eseguire una bonifica del piano di posa asportando il materiale per la profondità necessaria; si dovrà poi riempire lo scavo con materiale da rilevato compattandolo convenientemente.

In presenza invece di un fondo roccioso si dovrà interporre tra la struttura ed il fondo un materiale granulare compatto di 30 cm di spessore.

In ogni caso si interporrà tra condotta e fondo uno strato di sabbia monogranulare asciutta e pulita dello spessore di 10 cm.

Tale strato non sarà compattato per permettere una perfetta aderenza tra condotta e fondo e dovrà essere esteso in larghezza fino all'attacco delle piastre d'angolo con il fondo.

### 9.7.3 Montaggio delle condotte portanti a piastre multiple

Ogni piastra dovrà essere contraddistinta con il corrispondente numero di progetto per permettere l'assemblaggio in opera della condotta.

La giunzione delle piastre costituenti la struttura dovrà essere realizzata mediante l'impiego di bulloni ad alta resistenza che dovranno essere serrati con una coppia dinamometrica compresa tra 220÷300 N•m. Per bulloni e dadi si dovrà prevedere una zincatura elettrolitica con bicromatazione di 0,025 mm.

Il montaggio si esegue inserendo un limitato numero di bulloni aventi il fine di tenere assemblate le piastre nella loro giusta posizione; è opportuno che i bulloni siano lasciati lenti per permettere alle piastre quei piccoli spostamenti che consentono loro eventuali assestamenti.

Terminato il montaggio di tutta la struttura, con l'inserimento quindi anche dei bulloni mancanti, si procederà a stringere i bulloni con le modalità sopra riportate.

Le forme dei manufatti da realizzarsi mediante piastre multiple saranno: circolari, ribassate, policentriche per sottopassi, ad arco.

Le parti terminali dei manufatti dovranno essere tagliate obliquamente per adattarsi alle scarpate del rilevato stradale.

### 9.7.4 Costipamento laterale e riempimento

Il materiale di rinfiacco della condotta, sabbia fine lavata, dovrà essere eventualmente inumidito per facilitare la sua penetrazione sotto i quarti inferiori delle strutture circolari o sotto le piastre angolari di base nelle sezioni ribassate o policentriche.

Dovrà essere posato e compattato a strati orizzontali di spessore non superiore a 30 cm, disposti in modo che il livello di interrimento risulti simmetrico sui due lati del manufatto. La compattazione di ogni strato dovrà essere pari al 90% della densità massima AASHTO MOD.

Nel corso della fase di costipamento in vicinanza della condotta si dovranno utilizzare preferibilmente pestelli pneumatici per evitare di arrecare danni alla condotta stessa. In ogni caso si consiglia di utilizzare con prudenza mezzi meccanici pesanti.

Si dovrà inoltre evitare il passaggio dei mezzi di cantiere sulla condotta senza un adeguato ricoprimento della struttura che assicuri un'adeguata ripartizione del carico al fine di non generare nel manufatto sollecitazioni superiori a quelle previste dal calcolo.

### 9.7.5 Controllo dei requisiti di accettazione

La Direzione Lavori si riserva di far assistere proprio personale alla fabbricazione degli elementi componenti i manufatti allo scopo di controllare la corretta esecuzione secondo le prescrizioni sopra indicate.

Si procederà al collaudo tecnologico per l'accettazione della fornitura dei materiali prelevando, al momento dell'arrivo in cantiere, a cura e a spese dell'Impresa e sotto il controllo della Direzione Lavori, alla presenza di un rappresentante dell'Impresa stessa, alcuni elementi componenti la fornitura.

Di tale operazione sarà redatto apposito verbale firmato dalle parti.

La frequenza dei prelievi sarà di un elemento per ogni partita di 10 t di materiale e, comunque, non meno di uno per ogni singolo manufatto.

Le prove chimiche e meccaniche sugli elementi prelevati, da eseguire a cura e a spese dell'Impresa e sotto il controllo della Direzione Lavori, presso un laboratorio Ufficiale, dovranno accertare la qualità e la resistenza a rottura dell'acciaio, nonché lo spessore dell'elemento e quello del rivestimento di zinco su entrambe le facce (vedi norma UNI 5742-66).

La Direzione Lavori darà benestare per la posa in opera di ciascuna partita soltanto dopo che avrà ricevuto il relativo certificato di prova e avrà constatato la rispondenza dei risultati con le caratteristiche sopra descritte. In caso di esito negativo la partita sarà rifiutata e dovrà essere allontanata dal cantiere a cura e a spese dell'Impresa. I pesi dei manufatti tubolari in lamiera ondulata, in rapporto allo spessore dei vari tipi impiegati, dovranno risultare da tabelle fornite preventivamente da ogni fabbricante, con una tolleranza di  $\pm 4\%$ .

Sarà, inoltre, verificato il peso effettivo risultante da apposito verbale di pesatura eseguito in contraddittorio e qualora il peso effettivo sia inferiore al peso teorico diminuito della tolleranza, la Direzione Lavori non accetterà la fornitura.

## 9.8 RILEVATI RINFORZATI

Realizzazione di opere in terra rinforzata  $h < 9,00\text{m}$  con paramento a vista rinverdito ed inclinato  $65^\circ$  rispetto all'orizzontale, costituite da strati di geogriglie monorientate al 100% in HDPE.

Le geogriglie devono essere costituite da una struttura piana monolitica con una distribuzione regolare di aperture, di forma allungata, che individuano fili longitudinali e barre trasversali. I fili longitudinali devono aver subito un processo di orientamento molecolare per aumentare le caratteristiche meccaniche della geogriglia stessa ed assicurare una resistenza a trazione di lungo termine (di progetto) non inferiore a 28 kN/m (ISO 13431).

Le geogriglie devono garantire al 2% di deformazione una resistenza non inferiore a 17 kN/m e al 5% non inferiore a 32 kN/m secondo la norma EN ISO 10319. Le giunzioni tra i fili longitudinali e trasversali devono essere parte integrante della struttura della geogriglia e non devono essere ottenute per intreccio o saldatura dei singoli fili. La resistenza a trazione delle giunzioni deve essere pari ad almeno l'80% della resistenza massima a trazione (GRI-GG2).

Sul fronte esterno del manufatto viene posizionata un cassero di guida e d'appoggio "a perdere" in rete metallica elettrosaldata (maglia 15x15 cm e diametro  $\varnothing = 6-8$  mm), opportunamente sagomata.

La geogriglia, oltre ad essere stesa orizzontalmente alle quote di progetto, deve essere risvoltata attorno alla facciata (tecnica del "wrap around") chiudendo frontalmente il materiale di riempimento. Allo scopo di contenere il terreno vegetale sul fronte esterno, evitandone il dilavamento, è necessaria la posa di un biotessile preseminato, costituito da fibre cellulosiche (100% viscosa). Al fine di garantire l'inerbimento della scarpata è necessario utilizzare in prossimità della facciata almeno 0,30 m di terreno di coltura. La stesura del terreno di riempimento deve avvenire per strati di spessore complessivo non superiore a 0,65 m, stendendo e compattando in duplice tornata per uno spessore di circa 0,30-0,35 m, fino ad una costipazione non inferiore al 95% dello Standard Proctor.

Le geogriglie devono avere la marchiatura CE ed essere certificate dall' I.T.C. (Istituto per le Tecnologie della Costruzione) o altro istituto accreditato, per garantire una durata di esercizio di almeno 120 anni. Il Sistema Qualità del Produttore deve essere certificato a fronte delle norme UNI EN ISO 9001:2000.

Saranno compensate a parte, la fornitura del terreno di riempimento, del terreno di coltura ed eventuali scavi per la preparazione del piano di posa.

La posa in opera avverrà secondo il seguente schema:

- livellamento e compattazione del piano di fondazione;
- posizionamento dei casseri e loro fissaggio;
- posa delle Geogriglie monorientate di rinforzo come da specifiche di progetto lasciando temporaneamente esterna al cassero la porzione di geogriglia da risvoltare (1,50 m circa);
- posizionamento lungo la facciata interna del cassero di un biotessile preseminato in fibre naturali;
- stesa del terreno di riempimento in strati di spessore non superiori a 0,60 m, stesi e compattati in duplice tornata con spessore di circa 0,30 m, fino ad una costipazione non inferiore al 95% dello Standard Proctor;
- risvolto e fissaggio al terreno della porzione di geogriglia tenuta esternamente al cassero; ripetizione delle fasi 2 - 6 fino a completamento del muro;

## 10 DECESPUGLIAMENTI E DISBOSCAMENTI

### 10.1 GENERALITÀ

I lavori descritti in questo capitolo interventi di decespugliamento e disboscamento.

I lavori andranno eseguiti nei tratti e secondo le indicazioni riportate nei disegni di progetto o in base alle prescrizioni date di volta in volta dall'Ufficio di Direzione Lavori.

L'Impresa dovrà assolutamente evitare che il materiale rimosso dalle sponde o dagli argini cada in acqua e venga allontanato dalla corrente.

### 10.2 DISBOSCAMENTI

I lavori di disboscamento si riferiscono a superfici in cui vi sia la presenza di piante con diametro del tronco superiore a 15 cm misurati a 1,5 m da terra e comprendono anche i lavori di decespugliamento descritti al paragrafo precedente.

Per quanto riguarda in particolare la rimozione delle piante, i tronchi abbattuti dovranno essere raccolti, accatastati, privati dei rami, ridotti in astoni di lunghezza commerciale e trasportati dove indicato dell'Ufficio di

Direzione Lavori (la proprietà del legname rimarrà dei proprietari dei terreni interessati dai disboscamenti). I materiali non utilizzabili o non richiesti dai proprietari dei terreni dovranno essere portati a rifiuto a cura e spese dell'appaltatore.

Durante i lavori di rimozione delle piante l'Impresa dovrà porre la massima attenzione per evitare qualunque pericolo per le persone e per le cose; l'Impresa è comunque pienamente responsabile di qualsiasi danno conseguente ai lavori di rimozione. L'Impresa dovrà altresì usare ogni precauzione per la salvaguardia delle piante di pregio esistenti, specificatamente segnalate dall'Ufficio di Direzione Lavori.

### **10.3 SFALCIO E DECESPUGLIAMENTO DI SPONDE**

Le operazioni di taglio e rimozione di rovi, arbusti e vegetazione infestante lungo le sponde del lago e del fiume dovranno essere eseguite nei tratti ove sia prevista la realizzazione di opere di difesa. Gli sfalci ed i decespugliamenti andranno eseguiti prima delle operazioni di scavo.

I lavori andranno prevalentemente eseguiti con mezzo meccanico, cingolato o gommato, dotato di braccio adeguato alle lavorazioni richieste ed opportunamente munito di apparato falciante conforme alle vigenti disposizioni di legge; l'intervento sarà completato a mano.

La sterpaglia rimossa andrà poi ripulita dal terriccio, allontanata dall'area di lavoro e portata a rifiuto. L'Impresa dovrà anche raccogliere e trasportare a discarica eventuali rifiuti solidi rinvenuti nell'area di intervento.

## **11 MOVIMENTI TERRA ESTERNI ALLA GALLERIA**

### **11.1 GENERALITA'**

L'Appaltatore è tenuto a porre in atto di propria iniziativa ogni accorgimento e ad impiegare i mezzi più idonei affinché gli scavi vengano eseguiti in condizioni di sicurezza egli è tenuto, tra l'altro, ad eseguire, non appena le circostanze lo richiedono, le puntellature, le armature ed ogni altro provvedimento atto a prevenire frane, scoscendimenti e smottamenti, restando responsabile degli eventuali danni ed essendo tenuto a provvedere, a proprie spese, alla rimozione delle materie franate ed al ripristino delle sezioni corrette.

L'Appaltatore dovrà provvedere anzitutto al taglio delle piante, all'estirpazione delle ceppaie, radici, arbusti ecc., agli sfalci e disboscamenti nella zona interessata dagli scavi e dalla formazione dei rilevati, secondo quanto prescritto al precedente articolo.

In seguito, procederà all'escavazione totale secondo le sagome prescritte dal progetto. Tali sagome potranno essere modificate, ad esclusivo giudizio della Direzione Lavori, in funzione della natura dei terreni attraversati.

La profondità degli scavi riportata nei disegni di progetto ha valore puramente indicativo in quanto gli scavi stessi devono essere spinti alla profondità che la Direzione Lavori deve indicare volta per volta in relazione alle caratteristiche del terreno, qualunque ne sia la profondità e la natura: l'Appaltatore è al corrente di questa esigenza del lavoro e rinuncia fin d'ora ad avanzare, per effetto di tale causa, richieste di compensi eccedenti quelli contrattualmente previsti.

È vietato all'Appaltatore, sotto pena di demolire il già fatto, iniziare le murature o la posa di condotte prima che la Direzione Lavori abbia verificato ed accettato la rispondenza degli scavi al progetto e/o alle sue istruzioni. Per l'esecuzione degli scavi, l'Appaltatore sarà libero di adoperare tutti quei sistemi, materiali e mezzi d'opera ed impianti che riterrà di sua convenienza, purché siano riconosciuti rispondenti dalla Direzione Lavori allo scopo, e non pregiudizievoli per il regolare andamento e la buona riuscita dei lavori.

Ove ritenuto dalla Direzione Lavori necessario per il tipo di lavorazione, l'Appaltatore dovrà provvedere con opportuni accorgimenti al totale smaltimento delle acque per qualsiasi volume, distribuzione e portata delle acque stesse, anche con utilizzo di pompe, nel numero e con potenzialità tali da evitare che gli scavi e/o piani di lavoro, in corso di esecuzione ed eseguiti, siano sottoposti a risalite d'acqua. Le opere necessarie per l'allontanamento delle acque sono da ritenersi compensate nella voce di elenco prezzi relativa agli scavi, per tutta la durata dei lavori. Rimangono escluse, e saranno pertanto compensate con apposita voce di prezzo, solamente le opere di primo aggettamento meccanico delle acque lacustri nella zona del manufatto di imbocco e nell'area interclusa tra la panconatura e l'imbocco della galleria degli agricoltori.

Una volta eseguite le opere di progetto quali manufatti, attraversamenti, ecc., l'Appaltatore dovrà reinterrare gli scavi fino alla quota di progetto.

Il reinterro dovrà essere eseguito impiegando i materiali provenienti dagli scavi solo se giudicati idonei dalla Direzione Lavori. In caso contrario dovrà essere impiegato altro materiale la cui sola fornitura sarà compensata a parte.

Il reinterro dei nuovi manufatti dovrà avvenire per strati non superiori a cm 50.

L'Appaltatore è autorizzato, senza addebiti di sorta, ad usare, esclusivamente nei lavori di appalto, la sabbia e la ghiaia eventualmente ricavata dagli scavi, purché rispondano alle prescrizioni e siano quindi accettate dall'Appaltante.

I piani di fondazione dovranno essere di regola orizzontali. Resta però facoltà della Direzione Lavori, per quelle opere che ricadano su falde inclinate, di prescrivere una determinata pendenza verso monte oppure la formazione di opportuni gradoni.

Col procedere dei lavori l'Appaltatore può recuperare i legnami costituenti le sbadacchiature; quelli però che a giudizio della Direzione Lavori non potranno essere tolti senza pericolo o danni del lavoro, dovranno essere abbandonati negli scavi, né all'Appaltatore spetterà per questo alcun speciale compenso.

Nel caso di scavi e più in generale in soggezione di fabbricati o di opere esistenti, dovranno essere presi tutti quei provvedimenti atti a conservare il regolare esercizio delle opere stesse, anche se ciò dovesse comportare rallentamenti e difficoltà all'effettuazione degli scavi senza che ciò comporti maggiori compensi rispetto ai prezzi di Elenco.

Sempre in relazione agli scavi, si precisa che spetta all'Appaltatore, di accertare la posizione dei sottoservizi, quali Enel, Telecom, Acquedotto e Fognatura, gas ed illuminazione pubblica, contattando preliminarmente gli enti competenti.

È a carico dell'Appaltatore assicurare la continuità del transito viario, quella del deflusso delle acque e l'incolumità di tutte le opere, canalizzazioni, cavi, condotte ecc. eventualmente esistenti nel sottosuolo che viene scavato, al qual fine l'Appaltatore deve prendere le debite intese con le amministrazioni interessate per l'ubicazione preliminare delle suddette opere del sottosuolo, e d'accordo con le stesse, eseguire puntellazioni, aggiustamenti ecc..

L'inclinazione delle scarpate di neo formazione non dovrà superare l'angolo di "naturale riposo" delle terre, oppure dovranno essere adottati opportuni interventi idonei a garantire la stabilità delle stesse.

Le scarpate di neoformazione dovranno essere scoronate, riprofilate e raccordate con il versante naturale.

Le scarpate dovranno essere riprofilate con angoli di declivio compatibili con le caratteristiche geotecniche dei materiali incontrati.

Le strade a carattere temporaneo dovranno essere adottate di idonee inclinazioni e opere d'arte adeguate a consentire una corretta regimazione delle acque meteoriche che dovranno essere recapitate in idonea area e stabile.

Per evitare fenomeni di ruscellamento ed erosione da parte delle acque meteoriche con conseguenti situazioni di instabilità, si prescrive all'Appaltatore di effettuare un rapido inerbimento delle scarpate e dei rilevati di nuova formazione, ricorrendo, se necessario, a metodi potenziati; qualora l'inerbimento non fosse sufficiente a garantire una sicura stabilità dovranno essere realizzate opere di ingegneria naturalistica quali palificate, grate vive, etc., previa presentazione istanza di variante

## 11.2 SCAVI PER SISTEMAZIONI FLUVIALI

Per scavo di ricalibratura dell'alveo si intende quello da eseguirsi per risagomare la sezione trasversale del corso d'acqua secondo i disegni di progetto. Tali operazioni andranno svolte esclusivamente per quei tratti d'alveo indicati nelle tavole progettuali.

Lo scavo andrà eseguito anche in presenza di acqua e i materiali scavati, riutilizzabili per la formazione di rilevati, dovranno essere resi scevri da qualunque materiale vegetale o in genere estraneo per l'utilizzo previsto.

L'Impresa dovrà raggiungere le profondità indicate nei disegni di progetto, assegnando al fondo e alle scarpate la perfetta sagomatura con cigli bene tracciati, compiendo a sua cura e spese durante l'esecuzione dei lavori gli occorrenti tagli, la ripresa e la sistemazione delle scarpate e banchine e lo spurgo dei fossi. Le scarpate scavate dovranno essere ben costipate con la benna per evitare franamenti.

Gli scavi per far luogo all'eventuale rivestimento dovranno essere mantenuti all'asciutto, sia durante le operazioni di scavo che durante il getto dei rivestimenti, e tenuti liberi da vegetazione di qualsiasi natura e dimensione. Di norma gli scavi per apertura ai canali saranno eseguiti da valle verso monte in modo da garantire possibilmente lo scolo naturale.

Sono a carico dell'impresa, ritenendosi compensati con le voci di elenco, i seguenti oneri:

- Oneri di sfalcio e decespugliamento precedentemente descritti
- Oneri di aggotamento e mantenimento dei deflussi precedentemente descritti
- Rimozione dei rivestimenti di sponda esistenti,
- Ogni movimentazione del terreno nell'ambito del cantiere;
- la riprofilatura delle scarpate secondo le sagome di progetto o secondo le indicazioni della DDLL;

## 11.3 SCAVI DI SBANCAMENTO E DI SPLATEAMENTO O IN SEZIONE

### AMPIA

Per scavi di sbancamento s'intendono quelli occorrenti per lo spianamento e la sistemazione del terreno, secondo determinate sagome, delle aree su cui dovranno sorgere costruzioni, per tagli di terrapieni, per la formazione di piazzali, per trincee stradali o per la loro modifica.

Gli scavi di splateamento o in sezione ampia sono quelli necessari per la realizzazione di platee o piattaforme di manufatti, anche completamente incassate nel terreno, non racchiusi da pareti verticali su ogni lato.

Detti scavi verranno eseguiti con mezzi meccanici od a mano od in entrambi i modi a seconda delle particolarità di ogni singolo manufatto qualunque sia la natura e la qualità del terreno; dovranno essere spinti fino alla profondità ordinata dalla Direzione Lavori all'atto della loro esecuzione.

Sono a carico dell'Impresa tutte le spese per aggotamenti, per sollevamento di acqua, per deviazioni e ture provvisorie ed ogni lavoro necessario a togliere dagli scavi tutte le acque che vi si raccogliessero sia per la pioggia che per le infiltrazioni laterali o dal fondo oppure da condutture esistenti, per tutta la durata dei lavori. Gli esaurimenti d'acqua dovranno essere eseguiti con tutti i mezzi che si ravvisassero più opportuni per mantenere costantemente asciutto il fondo dello scavo; tali mezzi dovranno essere sempre in perfetta efficienza, nel numero e con le portate e le prevalenze necessarie e sufficienti per garantire la continuità del prosciugamento.

Resta comunque inteso che, nell'esecuzione delle operazioni precedenti, l'Impresa dovrà provvedere di sua iniziativa ed a sua cura e spese, ad assicurare il deflusso delle acque che si riscontrassero scorrenti sulla superficie del terreno allo scopo di evitare che esse si sversino negli scavi: provvederà a tagliare ogni impedimento che si opponesse così al regolare deflusso delle acque, ed ogni causa di rigurgito, anche ricorrendo alla apertura dei canali fuggatori. Di ogni onere relativo e quindi del relativo compenso è stato tenuto conto nella formazione dei prezzi degli scavi.

## 11.4 SCAVI DI FONDAZIONE A SEZIONE OBBLIGATA

Per scavi di fondazione s'intendono quelli chiusi da pareti, di norma verticale o riprodotte il perimetro dell'opera, necessari per dar luogo alle fondazioni dei muri, ai taglioni, alla posa di condotte ed alla costruzione di pozzetti, diaframmi ecc. racchiusi da tutti i lati da pareti verticali (di terra, costituita da palancole o da manufatti).

Gli scavi verranno eseguiti con mezzi meccanici od a mano od in entrambi i modi a seconda delle particolari necessità di ogni singolo manufatto.

Tutti gli scavi verranno eseguiti a pareti verticali od inclinate, secondo le precise dimensioni fissate nei tipi o, all'atto pratico, dalla Direzione Lavori. Resta però inteso che nel caso in cui lo scavo di fondazione venga eseguito con pareti inclinate anziché verticali, non sarà pagato il maggior scavo eseguito, pur restando a completa cura e spese dell'Appaltatore il riempimento con le modalità prima descritte anche dei maggiori vani rimasti attorno alle murature.

I piani di fondazione dovranno essere orizzontali, ripuliti e diligentemente spianati; le pareti di tutti gli scavi, quando occorra, dovranno essere convenientemente sbadacchiate, puntellate od armate.

Per gli aggotamenti ed il deflusso delle acque vale quanto prescritto ai punti precedenti.

## 11.5 REINTERRI

I reinterri dovranno essere eseguiti in modo che:

- per natura del materiale e modalità di costipamento, non abbiano a formarsi, in prosieguo di tempo, cedimenti o assestamenti irregolari;
- i condotti e i manufatti non siano assoggettati a spinte trasversali e di galleggiamento e, in particolare non vengano loro provocati spostamenti;
- si formi un'intima unione tra il terreno naturale e il materiale di riempimento, cosicché, in virtù dell'attrito con le pareti dello scavo, ne consegua un alleggerimento del carico sui condotti.

Non potranno in ogni caso essere impiegati:

- materiali che posano aggredire chimicamente le opere quali scorie o terreni gessosi;
- materiali voluminosi quali terreni gelati o erbosi, terreni limo-argillosi che a contatto con l'acqua si siano rigonfiati più del 10% del volume;
- materiali di natura organica quali: legno, carta, foglie, torba e simili che possono successivamente provocare sprofondamenti;
- grosse pietre o frammenti di calcestruzzo e muratura che possano danneggiare la canalizzazione e i manufatti durante il reinterro o, a costipamento avvenuto, determinare la concentrazione di carichi sui condotti;

Il reinterro dei nuovi manufatti dovrà avvenire per strati non superiori a cm 30.

Oltre a quanto previsto nei paragrafi precedenti durante la costipazione, che avverrà per strati successivi dell'altezza non superiore a cm 30, il materiale dovrà essere asperso con acqua e convenientemente compattato con mezzi meccanici.

## 11.6 FORMAZIONE DI RILEVATI

Le indicazioni riportate nel seguito si riferiscono sia a lavori di costruzione di nuovi rilevati arginali, sia a lavori di ringrosso e/o rialzo di argini esistenti.

Con riferimento alla classificazione contenuta nelle norme CNR UNI 10006, le terre preferibilmente da utilizzare saranno di classi A-1, A2-4, A2-5, A3.

Prima di procedere alla costruzione dei rilevati, sarà necessario preparare il terreno di posa, provvedendo all'asportazione del terreno vegetale e degli apparati radicali e alla predisposizione di uno scavo di cassonetto o, qualora il declivio trasversale del terreno fosse superiore al 15%, di opportuni gradoni di immersione delle dimensioni riportate nei disegni di progetto.

Nella costruzione del rilevato andranno seguite le indicazioni progettuali riportate nei disegni esecutivi, sia per quanto riguarda le dimensioni del rilevato e la pendenza delle scarpate, sia per quanto riguarda lo spessore degli strati.

Prima dell'esecuzione dei lavori l'Ufficio di Direzione Lavori potrà procedere al prelievo di campioni di terreno da inviare a laboratori ufficiali, in modo da verificare la rispondenza alle prescrizioni di cui al presente Capitolato. I campioni di terreno prelevati saranno innanzitutto classificati: sarà individuata la curva granulometrica che caratterizza ogni campione, verranno valutati i limiti di Atterberg (in particolare modo il limite liquido e l'indice di plasticità), l'indice di gruppo. Saranno poi eseguite le prove necessarie per la determinazione della resistenza al taglio e dell'optimum Proctor.

Qualora richiesto dall'Ufficio di Direzione Lavori l'Impresa dovrà provvedere alla posa in opera di una opportuna strumentazione geotecnica, tale da permettere la verifica delle corrette condizioni di lavoro in tutte le fasi di realizzazione dell'opera. Mediante la posa di assistenti metri superficiali e profondi, di piezometri e di inclinometri sarà inoltre possibile controllare il grado di assestamento, l'esistenza di spostamenti orizzontali, la consolidazione raggiunta da eventuali strati argillosi, l'andamento del moto di filtrazione.

Nel caso di rilevati costruiti ex novo l'Impresa dovrà provvedere alla posa della strumentazione completa per una sezione significativa a scelta dall'Ufficio di Direzione Lavori.

Nel caso di rialzi e ringrossi i controlli saranno limitati alla compattazione, fatti salvi comunque i controlli generali sulla qualità delle terre.

Se le prove relative allo stato di compattazione del rilevato non dovessero dare esito soddisfacente, l'Impresa è tenuta a ripetere la compressione dei rilevati sino ad ottenere il risultato prescritto.

Gli oneri per tutte le prove di laboratorio e per la strumentazione per le prove a campo sono a carico dell'Impresa.

L'Impresa è obbligata, senza pretesa di compenso alcuno, a dare ai rilevati, durante la costruzione, le maggiori dimensioni richieste dall'assestamento naturale delle terre.

Le scarpate saranno spianate e battute e i lavori di profilatura dovranno avvenire con asporto anziché con riporto di materie.

All'atto del collaudo i rilevati eseguiti dovranno avere la sagoma e le dimensioni prescritte dai disegni progettuali. Qualora la costruzione del rilevato dovesse venire sospesa, l'Impresa dovrà provvedere a sistemarlo regolarmente in modo da fare defluire facilmente le acque piovane; alla ripresa dei lavori dovranno essere praticati, nel rilevato stesso, appositi tagli a gradini, per il collegamento delle nuove materie con quelle già posate.

## 11.7 MURI IN GABBIONI

Nei muri in gabbioni, i singoli gabbioni componenti saranno saldamente collegati tra loro mediante legature sino a realizzare una struttura monolitica; il dimensionamento verrà condotto con i criteri delle opere di sostegno a gravità.

Le caratteristiche dei gabbioni nonché la loro esecuzione si atterranno a quanto di seguito prescritto; lo spessore dei singoli elementi si manterrà intorno a 0.50 m, e detti elementi si disporranno con il lato più lungo parallelo alla sezione verticale del muro; i muri potranno essere realizzati con gradonatura verso valle, oppure verso monte (staticamente più consigliabile); per altezze superiori ai 3 m non saranno adottati paramenti verticali, ma si inclinerà l'opera a reggipoggio di almeno 6° oppure si realizzeranno adeguate riseghe; per altezze superiori ai 5-6 m si consiglia una gradonatura verso valle.

Per contrastare la deformabilità comunque elevata dell'opera, potranno essere impiegati uno o più ordini di tiranti, il drenaggio a tergo dell'opera sarà effettuato con i consueti metodi; sarà evitata per motivi statici la disposizione a faccia-vista del pietrame sulla facciata esterna, adottabile per motivi estetici solamente in strutture poco sollecitate.

Fornitura e posa in opera di gabbioni plastificati marcati CE in rete metallica a doppia torsione, in accordo con il Regolamento 305/2011 (ex Direttiva Europea 89/106/CEE), con le "Linee Guida per la certificazione di idoneità tecnica all'impiego e l'utilizzo di prodotti in rete metallica a doppia torsione" (n.69/2013) e con la UNI EN 10223-3:2013.

La rete metallica a doppia torsione dovrà essere realizzata con maglia esagonale tipo 8x10 tessuta con filo in acciaio trafilato avente un diametro pari 2.70 mm, galvanizzato con lega eutettica di Zinco - Alluminio (5%), con un quantitativo non inferiore a 245 g/m<sup>2</sup>(classe A secondo la UNI EN 10244-2). Oltre a tale trattamento il filo sarà ricoperto da un rivestimento di materiale plastico che dovrà avere uno spessore nominale di 0.5 mm, portando il diametro esterno al valore nominale di 3.70 mm. La resistenza del polimero ai raggi UV sarà tale che a seguito di un'esposizione di 4000 ore a radiazioni UV (secondo ISO 4892-2 o ISO 4892-3) il carico di rottura e l'allungamento a rottura non variano in misura maggiore al 25%.

La resistenza a trazione nominale della rete dovrà essere non inferiore a 50 kN/m (test eseguiti in accordo alla UNI EN 10223-3:2013).

La rete una volta sottoposta al 50% del carico massimo a rottura nominale per trazione 25 kN/m, non dovrà presentare rotture del rivestimento plastico del filo all'interno delle torsioni.

Capacità di carico medio a punzonamento della rete dovrà essere non inferiore a 67 kN (test eseguiti in accordo alla UNI 11437).

La rete deve presentare una resistenza a corrosione in SO<sub>2</sub> (0,2 dm<sup>3</sup> SO<sub>2</sub> per 2 dm<sup>3</sup> acqua) tale per cui dopo 28 cicli la percentuale di ruggine rossa non deve essere superiore al 5% (test eseguito in accordo alla EN ISO 6988).

La rete deve presentare una resistenza a corrosione in test in nebbia salina tale per cui dopo 6000h la percentuale di ruggine rossa non deve essere superiore al 5% (test eseguito in accordo alla EN ISO 9227).

Gli elementi saranno assemblati utilizzando sia per le cuciture sia per i tiranti un filo con le stesse caratteristiche di quello usato per la fabbricazione della rete ed avente diametro pari a 2.20/3.20 mm e quantitativo di galvanizzazione sul filo non inferiore a 230 g/ m<sup>2</sup>(classe A secondo la UNI EN 10244-2); l'operazione sarà compiuta in modo da realizzare una struttura monolitica e continua. Nel caso di utilizzo di punti metallici meccanizzati per le operazioni di legatura, questi saranno galvanizzati con lega eutettica di Zinco - Alluminio (5%) classe A secondo la UNI EN 10244-2, con diametro 3.00 mm e carico di rottura minimo pari 1700 MPa. Prima della messa in opera e per ogni partita ricevuta in cantiere, l'Appaltatore dovrà consegnare alla D.L. la relativa Dichiarazione di Prestazione (DoP) rilasciata in originale, in cui specifica il nome del prodotto, la Ditta produttrice, le quantità fornite e la destinazione. La conformità dei prodotti dovrà essere certificata da un organismo notificato ai sensi della CPD 89/106 CEE o del CPR 305/2011, terzo ed indipendente, tramite certificato del controllo del processo di fabbrica CE.

Il Sistema Qualità della ditta produttrice dovrà essere inoltre certificato in accordo alla ISO 9001 da un organismo terzo indipendente. Il Sistema di Gestione Ambientale della ditta produttrice dovrà essere inoltre certificato in accordo alla ISO 14001 da un organismo terzo indipendente.

La ditta produttrice dovrà esibire polizza assicurativa RC prodotto per danni contro terzi per massimale non inferiore a 10 milioni di Euro (validità decennale come da DPR 224/1988 art. 14) con sottolimito di 2.6 milioni di Euro per il danno da inquinamento ambientale accidentale; la non presentazione della presente documentazione implica la non accettazione del prodotto.

Terminato l'assemblaggio degli scatolari, si procederà alla sistemazione meccanica e manuale del pietrame, che dovrà essere fornito di idonea pezzatura, né friabile né gelivo, di dimensioni tali da non fuoriuscire dalla maglia della rete.

## 11.8 SMALTIMENTO DELLE TERRE DA SCAVO

Il materiale di risulta degli scavi per la realizzazione di opere esterne alla galleria verrà ceduto all'Appaltatore che provvederà a sua cura a tutte le operazioni di movimentazione e smaltimento dei materiali eccedenti, così come la eventuale corresponsione di tributi connessi ai trasporti e depositi delle materie stesse, lo corresponsione dei canoni demaniali, l'effettuazione di analisi qualitative di caratterizzazione chimica aggiuntive a quelle realizzate in sede progettuale e tutte le pratiche necessarie per l'allontanamento del materiale.

L'offerta contemplerà un articolo, con importo unitario negativo, per la cessione del materiale alla Impresa esecutrice.

## 12 RIVESTIMENTI DI SPONDA

### 12.1 OPERE DI PROTEZIONE SPONDALE IN MASSI

#### 12.1.1 Generalità

Le opere di protezione realizzate in massi sono caratterizzate da una berma di fondazione e da una mantellata di rivestimento della sponda. La berma sarà realizzata in maniera differente a seconda che il corso d'acqua presenti livelli d'acqua permanenti o sia interessato da periodi di asciutta. La mantellata dovrà essere sistemata faccia a vista, intasata con terreno vegetale e opportunamente seminata.

#### 12.1.2 Caratteristiche dei materiali

I massi naturali utilizzati per la costruzione dell'opera dovranno corrispondere ai requisiti previsti dalla normativa UNI EN 13383 aggregati per opere di protezione (Armourstone):

- Determinazione della massa volumica e dell'assorbimento d'acqua UNI EN 13383-2 p. 8;
- Determinazione della resistenza all'usura micro-Deval UNI EN 1097-1;
- Determinazione della resistenza al gelo e disgelo UNI EN 13383-2 p. 9;
- Prova al solfato di magnesio UNI EN 1367-2;
- Determinazione della resistenza a compressione uniassiale di Armourstone UNI EN 1926 All. A.

Il pietrame di riempimento dovrà avere ottimi requisiti come la compattezza, omogeneità e durabilità; dovranno inoltre essere esenti da giunti, fratture e piani di sfalsamento e rispettare i seguenti limiti:

- massa volumica  $\geq 24$  kN/m<sup>3</sup>
- assorbimento d'acqua  $\leq 5\%$
- usura micro - Deval:  $\leq 15\%$
- percentuale di massa dopo i cicli di gelo-disgelo  $\leq 1\%$  e in nessuno dei campioni di prova si devono riscontrare fessurazioni aperte e disintegrazioni di rilievo
- percentuale della perdita di massa del valore del solfato di magnesio  $\leq 10\%$
- resistenza a compressione uniassiale  $\geq 80$  Mpa

I massi naturali saranno di peso non inferiore a quanto prescritto negli elaborati di progetto, non dovranno presentare notevoli differenze nelle tre dimensioni e dovranno risultare a spigolo vivo e squadrati.

#### 12.1.3 Modalità esecutive

I massi da impiegare dovranno essere approvvigionati a piè d'opera lungo il fronte del lavoro; la ripresa ed il trasporto del materiale al luogo di impiego dovranno essere fatti senza arrecare alcun danno alle sponde. Il materiale dovrà essere accostato con l'utilizzo di tavoloni o scivoloni, in grado di proteggere le opere idrauliche: è tassativamente vietato il rotolamento dei massi lungo le sponde.

Per lavori eseguiti in assenza di acqua, in corsi d'acqua soggetti ad asciutta, oppure, in condizioni di magra, con livelli d'acqua inferiori a 0,50 m, la berma sarà realizzata entro uno scavo di fondazione di forma prossima a quella trapezia.

I massi dovranno essere collocati in opera uno alla volta, in maniera che risultino stabili e non oscillanti e in modo che la tenuta della berma nella posizione più lontana dalla sponda sia assicurata da un masso di grosse dimensioni.

Se i lavori andranno eseguiti sotto il pelo dell'acqua, i massi saranno collocati alla rinfusa in uno scavo di fondazione delle dimensioni prescritte, verificando comunque la stabilità dell'opera.

Utilizzando massi artificiali, durante la posa, l'Impresa avrà cura di assicurare un adeguato concatenamento fra i vari elementi e dovrà assolutamente evitare danneggiamenti per urti. Gli elementi che si dovessero rompere durante le operazioni di posa andranno rimossi e sostituiti a cura e spese dell'Impresa.

La mantellata andrà realizzata a partire dal piede e procedendo verso l'alto. Le scarpate dovranno essere previamente sagomate e rifilate alla pendenza e alle quote prescritte per il necessario spessore al di sotto del profilo da realizzare a rivestimento eseguito.

Ciascun elemento dovrà essere posato in modo che la giacitura risulti stabile e non oscillante, indipendentemente dalla posa in opera degli elementi adiacenti; i giunti dovranno risultare sfalsati sia in senso longitudinale che in senso trasversale e dovranno essere tali da assicurare lo stretto contatto degli elementi fra loro senza ricorrere all'impiego di scaglie o frammenti.

Gli elementi costituenti i cigli di banchine saranno accuratamente scelti ed opportunamente lavorati, al fine di ottenere una esatta profilatura dei cigli.

Dovrà essere particolarmente curata la sistemazione faccia a vista del paramento lato fiume, in modo da fargli assumere l'aspetto di un mosaico grezzo, con assenza di grandi vuoti o soluzioni di continuità.

Se prescritto, le mantellate saranno intasate con terreno vegetale ed opportunamente seminate fino ad attecchimento della coltre erbosa.

### **12.1.4 Prove di accettazione e controllo**

Prima di essere posto in opera, il materiale costituente la difesa dovrà essere accettato dall'Ufficio di Direzione Lavori che provvederà per ogni controllo a redigere un apposito verbale.

Dovrà essere eseguito almeno un controllo di accettazione per ogni duemila metri cubi di materiale lapideo da utilizzare: l'esito di tale controllo sarà vincolante per l'accettazione della partita relativa al suddetto tratto di opera.

L'Impresa dovrà inoltre attestare, mediante idonei certificati a data non anteriore ad un anno, le caratteristiche del materiale. Tali certificati potranno altresì valere come attestazioni temporanee sostitutive nelle more dell'esecuzione delle prove di durata sui campioni prelevati.

Il controllo consisterà nella individuazione da parte dall'Ufficio di Direzione Lavori, a suo insindacabile giudizio, di almeno dieci massi che dovranno essere singolarmente pesati.

Se la verifica avrà invece esito positivo, si procederà al prelievo di campioni da inviare ad un laboratorio ufficiale per l'esecuzione delle prove relative alla determinazione delle caratteristiche fisiche e meccaniche del materiale da porre in opera.

Le prove relative alla determinazione delle caratteristiche fisiche dei massi naturali saranno effettuate, a carico della Stazione Appaltante, seguendo quanto disposto dalla vigente normativa UNI di seguito riportata:

Determinazione della massa volumica UNI EN 13383-2 (p.8)

Determinazione della resistenza a compressione uniassiale UNI EN 1926

Determinazione della resistenza all'usura micro-Deval UNI EN 1097-1

Determinazione dell'assorbimento d'acqua UNI EN 13383-2 (p.8)

Determinazione della resistenza al gelo e disgelo UNI EN 13383-2 (p.9).

Se i risultati delle misure o delle prove di laboratorio non rispetteranno i limiti prescritti, il materiale, per la quantità sotto controllo, verrà scartato con totale onere a carico dell'Impresa; è a discrezione della Direzione Lavori accettare eventualmente il materiale qualora sfiorasse qualche parametro tra quelli posti sotto controllo con l'applicazione di opportune detrazioni di prezzo commisurate allo sfioramento.

Tutti gli oneri derivanti dalla necessità di eseguire le prove di accettazione saranno a carico dell'Impresa.

Per i massi artificiali le prove di accettazione e controllo saranno eseguite sulla base delle modalità contenute nell'allegato 2 del Decreto del Ministero dei Lavori Pubblici 09 gennaio 1996.

In particolare, le metodologie di controllo da adottarsi saranno quelle previste per il "TIPO A".

I risultati delle suddette prove dovranno essere consegnati all'Ufficio di Direzione Lavori prima della messa in opera dei massi. Qualora i risultati delle prove fossero negativi, l'intera partita controllata sarà scartata con totale onere a carico dell'Impresa. La presenza di tutte le certificazioni previste nel presente paragrafo risulterà vincolante ai fini della collaudabilità dell'opera.

## 12.2 GEOTESSILI DI RINFORZO E FILTRAZIONE

Qualora prescritto in progetto o indicato dalla DDLL, si dovrà provvedere alla stesca di geotessuto di rinforzo e filtrazione al di sotto delle scogliere di protezione spondale.

Il terreno di posa dovrà essere il più possibile pulito da oggetti appuntiti o sporgenti, come arbusti, rocce od altri materiali in grado di produrre lacerazioni.

I teli srotolati sul terreno verranno posti in opera mediante cucitura sul bordo fra telo e telo, o con sovrapposizione non inferiore a 30 cm. Il fissaggio sul piano di posa sarà effettuato in corrispondenza dei bordi longitudinali e trasversali con infissione di picchetti di legno della lunghezza di 1,50 metri, a distanza di 1 metro. Per i tappeti da porre in opera in acqua saranno a carico dell'Impresa gli oneri per il materiale di zavoratura.

Al di sopra del geotessile verrà posta in opera la scogliera di protezione, facendo particolare attenzione a non provocare strappi dello stesso.

Il geotessile dovrà risvoltare completamente la berma di fondazione e la mantellata.

L'Impresa, prima dell'inizio dei lavori, dovrà presentare all'Ufficio di Direzione Lavori i certificati rilasciati dal costruttore che attestino i quantitativi acquistati dall'Impresa e la rispondenza del materiale ai requisiti sopra indicati ed alle prescrizioni progettuali. Prima dell'esecuzione dei lavori l'Ufficio di Direzione Lavori verificherà comunque la rispondenza del materiale ai requisiti prescritti, prelevando dei campioni di materiale in quantità tale da poter effettuare almeno una serie di prove di controllo ogni 1000 metri quadrati di telo da posare e almeno una per quantità globale inferiore. Se i risultati delle prove di laboratorio non rispetteranno i limiti prescritti, il materiale cui la prova si riferisce verrà scartato.

Di tutte le operazioni di controllo, di prelievo e di verifica verranno redatti appositi verbali firmati in contraddittorio con l'Impresa.

## 12.3 GEORETI TRIDIMENSIONALI ANTIEROSIONE

Il terreno di posa dovrà essere livellato e liberato da vegetazione, radici, pietre e in generale oggetti appuntiti o sporgenti. Il piano di posa della georete sarà di 10 cm inferiore al profilo finale della scarpata.

Prima di procedere alla posa sarà necessario creare al piede e in testa al pendio delle trincee di ancoraggio, di profondità non inferiore a 30 cm. La georete dovrà poi essere fissata in una delle due trincee con 1 picchetto per metro e potrà essere stesa indifferentemente dall'alto verso il basso o viceversa; dovrà essere posata nel senso della corrente con una sovrapposizione minima della georete di monte sulla georete di valle di 15 cm. La

fascia di sovrapposizione dovrà essere fissata con 1 picchetto per metro, mentre dovranno essere previsti in media 1 picchetto intermedio per metro quadrato di superficie. I bordi liberi dovranno essere fissati con 1 picchetto per metro.

A stesa avvenuta dovrà essere posato al di sopra della georete uno strato di terreno di spessore 10 cm, aventi caratteristiche limoso-argillose.

Per l'accettazione del materiale vale quanto riportato per i geotessili.

## 12.4 MATERASSI RENO

Materasso costruito per rivestimenti spondali di superfici piane o inclinate certificato CE e conforme alle "Linee guida per la redazione di Capitolati per l'impiego di rete metallica a doppia torsione" della Presidenza del Consiglio Superiore dei LL.PP., in rete metallica a doppia torsione con maglia esagonale tipo 6x8, filo di diametro 2,2/3,2 mm., rivestito internamente in lega di Zinco-Alluminio. La resistenza del rivestimento all'abrasione dovrà essere superiore a 130.000 cicli, secondo test eseguito in accordo alla EN60229-2008. Compreso il riempimento con materiale di tipo non gelivo né friabile, e di pezzatura idonea a non fuoriuscire dalle maglie esagonali, opportunamente sistemati per ottenere una buona faccia a vista, senza interposizione di scaglie e con maggior costipazione possibile, opportunamente sistemati, anche con grossolana sbozzatura nella parte in vista, comprese legature e quant'altro occorra per dare il lavoro finito a regola d'arte.

Per l'accettazione del materiale lapideo si rimanda ai paragrafi precedenti.

La realizzazione dei materassi avverrà mediante:

- Preparazione del piano di posa con livellazione ed asporto dei sassi sporgenti
- Stesa delle gabbie metalliche
- Riempimento delle gabbie con materiale lapideo, procedendo dal basso verso l'alto per garantire la stabilità dell'opera durante tutte le fasi di lavoro
- Chiusura delle gabbie con legatura della rete superiore.

## 12.5 GABBIONI METALLICI

Gabbioni autoportanti e vibro-compatti, forniti e posti in opera, realizzati con gabbie di 200x100x100 cm e pannelli a maglie rettangolari di dimensione 5x20 cm, di tondini di acciaio del diametro 6 mm, rivestiti con lega di Zinco-Alluminio con le caratteristiche indicate nel c.s.a., compreso tiranti e appositi ganci, ancorati sul fondo, idonei al sollevamento e trasporto del gabbione; riempiti con ciottoli di fiume di tipo non gelivo né friabile, di pezzatura idonea a non fuoriuscire dalle maglie rettangolari, effettuato su un banco vibrante in modo da ottenere un alto grado di compattazione. È compreso il trasporto in cantiere e posa in opera secondo le indicazioni della D.L. e quant'altro occorra per dare il lavoro finito a regola d'arte.

## 13 OPERE A VERDE

### 13.1 RIPRISTINI – GENERALITA'

Prima dell'inizio delle operazioni di sistemazione a verde, l'Impresa dovrà provvedere alla riprofilatura del terreno secondo i piani e le inclinazioni progettuali. I piani inclinati degli scavi e dei rilevati dovranno risultare perfettamente regolari e privi di buche, pedate od altro. L'impresa provvederà a sua cura e spese, durante l'esecuzione dei lavori, e fino al collaudo, le riprese occorrenti per ottenere, nelle scarpate, una perfetta sistemazione. In particolare, si prescrive che, nell'esecuzione dei lavori di impianto, l'Impresa debba procedere in modo da non danneggiare i cigli del rilevato, mantenendo le scarpate con l'inclinazione posseduta ed evitando qualsiasi alterazione, anche prodotta dal passaggio degli operai.

Per evitare fenomeni di ruscellamento ed erosione da parte delle acque meteoriche con conseguenti situazioni di instabilità, si prescrive all'Appaltatore di effettuare, anche in conformità alle *Linee guida regionali per il contrasto alla diffusione delle specie alloctone vegetali invasive negli ambienti disturbati da cantieri*, un rapido inerbimento delle scarpate e dei rilevati di nuova formazione, ricorrendo, ove previsto, a metodi potenziati.

### 13.2 MESSA A DIMORA DI TALEE

Il materiale vivaistico potrà provenire da qualsiasi vivaio o sito di raccolta autorizzato, purché l'Impresa dichiari la provenienza. La direzione lavori si riserva un controllo qualitativo del materiale al momento della posa ed ha la facoltà di non accettare la fornitura se non qualitativamente conforme agli standard ordinari ed alle prescrizioni di cui al presente capitolato. Le talee dovranno essere immuni da qualsiasi malattia parassitaria. Le talee dovranno risultare allo stato verde e di taglio fresco, tale da garantire il ripollonamento, con diametro minimo di 3 cm. Il taglio delle talee dovrà avvenire esclusivamente nel periodo del riposo vegetativo autunnale, oppure nel periodo primaverile prima della sfioritura. Le talee preparate nel periodo autunnale potranno essere conservate fino alla fine dell'inverno purché immagazzinate in luogo fresco; qualora, per necessità di cantiere, il deposito dovesse continuare anche durante il periodo vegetativo, le talee dovranno essere conservate in locali frigoriferi od immerse in acqua fredda (<15°C) e corrente.

L'acqua da utilizzare per l'annaffiamento e la manutenzione non dovrà contenere sostanze inquinanti e sali nocivi oltre i limiti di tolleranza di fitotossicità relativa.

Devono essere individuate le fonti di approvvigionamento e stabiliti gli oneri relativi. Le talee preparate durante la primavera dovranno essere utilizzate nell'arco di tempo massimo di una settimana dal taglio e, in ogni caso, protette accuratamente contro l'essiccamento durante le fasi di deposito e di trasporto sul cantiere tramite l'utilizzo di teloni e/o l'irrorazione con acqua.

Per la piantagione delle talee, o delle piantine, l'Impresa eseguirà i lavori nel periodo di riposo vegetativo, che va, indicativamente, dal tardo autunno all'inizio della primavera; il periodo delle lavorazioni potrà variare a seconda delle situazioni climatiche stagionali. Resta comunque a carico dell'Impresa la sostituzione delle fallanze o delle piantine che per qualsiasi ragione non avessero attecchito.

L'Impresa avrà cura di approntare a piè d'opera il materiale vivaistico perfettamente imballato, in maniera da evitare fermentazioni e disseccamenti durante il trasporto. In ogni le talee disposte negli imballaggi, qualunque essi siano, ceste, casse, involucri di ramaglie, iute, ecc., dovranno presentarsi in stato di completa freschezza e con vitalità necessarie al buon attecchimento; quindi, dovranno risultare bene avvolte e protette da muschio, o da altro materiale, che consenta la traspirazione e respirazione, e non eccessivamente stipate e compresse.

Nell'eventualità che per avverse condizioni climatiche le talee, approvvigionate a piè d'opera, non potessero essere poste a dimora in breve tempo, l'Impresa avrà cura di liberare il materiale vivaistico ponendolo in opportune tagliole, o di provvedere ai necessari annacquamenti, evitando sempre che si verifichi la pregermogliazione delle talee o piantine. In tale eventualità le talee non potranno essere utilizzate.

Nella esecuzione delle piantagioni le distanze fra le varie piante o talee, indicate nelle voci di elenco, dovranno essere rigorosamente osservate.

Prima dell'esecuzione dei lavori dall'Ufficio di Direzione Lavori controllerà la corrispondenza dei materiali a quanto prescritto in precedenza mediante prelievo di campioni. Durante l'esecuzione dei lavori controllerà altresì la correttezza dei metodi di lavoro.

L'Impresa, peraltro, dovrà garantire, indipendentemente dai materiali forniti e dal periodo delle lavorazioni, l'attecchimento delle talee per una percentuale superiore al 90% (in coerenza con l'art. 25 comma 6 del R.R. 5/2007 si fissa la mortalità naturale al 10 %). Qualora ciò non dovesse verificarsi, l'Impresa, a sua cura e spese, è obbligata a sostituire le talee non attecchite.

## **13.3 RIMBOSCHIMENTI E FASCE ARBOREO/ARBUSTIVE**

### **13.3.1 Qualità del materiale vivaistico**

Gli arbusti e piantine forestali di latifoglie, appartenente alle specie di cui agli elaborati progettuali, dovranno essere in pane di terra, prive di difetti. L'apparato radicale dovrà essere privo di troncuture, in particolare in riferimento al fittone principale, e non dovranno esserci evidenze di radici strozzanti. L'età delle piante dovrà essere di S1T2 con un'altezza di riferimento di 1 m -1,5m circa. La valutazione della fornitura verrà valutata preventivamente alla posa su di un campione del 10% delle piante.

Il materiale vegetale dovrà possedere i requisiti previsti dalla normativa vigente; in particolare sono richiamati e considerati parte del presente capitolato:

- l'art. 51 del R.R. 5/2007: Materiale vegetale.
- L'allegato 1 lettera F del D.M. 63/2020: Criteri ambientali minimi per la fornitura di prodotti per la gestione del verde pubblico - materiale florovivaistico.

Per quanto riguarda le specie da porre a dimora si rimanda a quanto definito negli elaborati progettuali.

### **13.3.2 Posa a dimora**

L'impianto dovrà avvenire in un periodo idoneo alla posa delle piante, con esclusione dei periodi eccessivamente freddi (da Novembre a Marzo).

L'impianto avverrà mediante lo scavo di una buca idonea a contenere l'apparato radicale fino all'altezza del colletto, che non dovrà risultare interrato. Tra la fornitura e la posa dovrà trascorrere il minor tempo possibile e comunque non più di tre giorni. In tale periodo sarà a cura della ditta il mantenimento di un buono stato di idratazione del postime.

La buca di terra verrà, preventivamente alla posa, riempita d'acqua, in ragione di 2l a buca. Successivamente si procederà alla posa ed al reinterro, con ulteriore irrigazione di 2l d'acqua. L'irrigazione potrà essere esclusa dalla D.L. in ragione di periodi particolarmente piovosi; al contrario la D.L. potrà ordinare irrigazioni di soccorso in presenza di periodi siccitosi. A ciascuna pianta verrà associato un palo tutore, un elemento pacciamante, che

verrà poi coperto da un sottile strato di cippato, ed uno shelter. Tutti gli elementi dovranno essere in materiale fotobiodegradabile.

### 13.3.3 Manutenzioni

Il periodo manutentivo necessario per l'affermazione del postime dovrà essere di cinque anni, salvo eventuali prescrizioni diverse in sede autorizzativa.

Entro tale periodo dovrà essere garantita:

- La sostituzione delle fallanze in caso di morte del postime forestale (in coerenza con l'art. 25 comma 6 del R.R. 5/2007 si fissa la mortalità naturale al 10 %).
- L'irrigazione di soccorso in caso di annate particolarmente siccitose.
- La periodica ripulitura dell'area da infestanti. Si ritiene, date le condizioni stagionali, che siano necessari tra i quattro e i cinque interventi annuali durante il periodo vegetativo.
- La rimozione e lo smaltimento degli shelter ancora presenti al termine del periodo manutentivo.

L'attecchimento si intende avvenuto quando, al termine di 90 giorni a decorrere dall'inizio della prima vegetazione successiva alla messa a dimora, le piante si presentino sane e in buono stato vegetativo.

## 13.4 RICOSTITUZIONE DELLE AREE PRATIVE

### 13.4.1 Preparazione del terreno

Preliminarmente all'esecuzione dell'inerbimento si dovrà procedere alla preparazione del terreno. Le operazioni previste sono le seguenti:

- Lavorazione profonda per eliminazione del compattamento del suolo dovuto alla presenza dell'area di cantiere;
- Stesa del terreno di coltura precedentemente accantonato ed arricchimento con stallatico di origine locale.
- Operazioni di modellazione e regolarizzazione superficiale del terreno.

### 13.4.2 Preparazione della semente

La semente dovrà essere costituita da miscuglio di specie locali a seguito di raccolta di fiorume da prati da sfalcio prossimi alle aree oggetto di ricostituzione, previa indagine floristica per accertare l'assenza di specie alloctone invasive.

La provenienza della semente dovrà essere certificata ai sensi della normativa vigente.

Il miscuglio di sementi dovrà fare riferimento al corredo floristico dell'habitat 6520 (Praterie montane da fieno).

### 13.4.3 Semina

La semina dovrà avvenire in ragione di 25g/m<sup>2</sup> su terreno precedentemente lavorato.

Il periodo di semina dovrà coincidere con il periodo primaverile (semente preparata l'anno precedente) o tardo estivo/ inizio autunnale (semente dell'anno).

Dopo la semina il terreno dovrà venire battuto col rovescio della pala, in sostituzione della normale operazione di rullatura. Analoga operazione sarà effettuata a germinazione avvenuta.

### 13.5 INERBIMENTO DELLE SCARPATE E DELLE AREE MARGINALI

L'inerbimento delle scarpate e delle aree a margine delle opere sarà eseguito mediante la tecnica dell'idrosemina. Il miscuglio di sementi utilizzato sarà il medesimo di cui al punto precedente.

Il miscuglio di idrosemina dovrà essere così costituito:

- seme: 40 g/m<sup>2</sup>;
- collanti: 10 g/m<sup>2</sup>;
- mulch in fibre di paglia: 100 g/m<sup>2</sup>;
- concime organo minerale: 80 g/m<sup>2</sup>;
- fitoregolatori e stimolanti: 10 g/m<sup>2</sup>.

L'idrosemina verrà realizzata con idonei macchinari dotati di autobotte e lancia a pressione.

La miscela nelle botti dovrà essere periodicamente e costantemente miscelata per garantire l'omogeneità del miscuglio.

I prodotti utilizzati dovranno possedere i requisiti previsti dalla normativa vigente; in particolare è richiamato e considerato parte del presente capitolato:

- L'allegato 1 lettera G del D.M. 63/2020: Criteri ambientali minimi per la fornitura di prodotti per la gestione del verde pubblico - prodotti fertilizzanti.

La composizione dei miscugli dovrà corrispondere a quanto indicato progettualmente per ciascuna area di intervento. Ogni variazione nella composizione dei miscugli dovrà essere preventivamente accettata per iscritto dall'Ufficio di Direzione Lavori.

Prima dello spandimento del seme, l'Impresa è tenuta a darne tempestivo avviso all'Ufficio di Direzione Lavori, affinché questa possa effettuare l'eventuale prelievo di campioni e possa controllare la quantità e i metodi di lavoro.

Dal momento della consegna l'Impresa dovrà effettuare gli sfalci periodici dell'erba esistente sulle aree da impiantare e sulle aree rivestite con zolle di prato. L'operazione dovrà essere fatta ogni qual volta l'erba stessa abbia raggiunto un'altezza media di cm 35. Se il taglio avviene con regolarità il materiale vegetale potrà essere lasciato in loco al fine di aumentare la quantità di sostanza organica nel suolo.

### 13.6 STACCIONATA

Le staccionate previste a progetto dovranno essere realizzate con materiale durevole, regolare, privo di difetti in legno di castagno scortecciato. Gli elementi verticali dovranno essere costituiti da pali appuntiti di 10/12 cm di diametro ed altezza 1,5 m, di cui 1/3 dovrà risultare interrato. L'infissione avverrà con interasse di 1,5m tra palo e palo.

Gli elementi trasversali o obliqui dovranno avere diametro di 8/10 cm. Si prevede la realizzazione della staccionata secondo lo schema a "croce di Sant'Andrea".

## 13.7 ALTRE OPERE DI ARREDO VERDE

Per quanto riguarda tali opere, trattandosi di manufatti di norma prefabbricati, l'impresa, preventivamente all'ordine e installazione dovrà fornire alla D.L. la scheda tecnica del prodotto individuato per opportuna valutazione qualitativa, quantitativa e funzionale rispetto alle indicazioni progettuali.

La dislocazione dei manufatti verrà definita dalla D.L. nel dettaglio al termine dei lavori di dismissione del cantiere.

## 14 PAVIMENTAZIONI STRADALI

### 14.1 GENERALITÀ

Le pavimentazioni stradali saranno realizzate solamente quando il terreno di imposta sarà completamente assestato e la superficie esterna non presenterà più cedimenti.

In caso di ripristini a seguito di scavi lungo strade esistenti, i sottofondi e le pavimentazioni stradali saranno estesi per circa 30 cm oltre il bordo degli scavi.

Il fondo dello scavo di cassonetto dovrà essere rullato e regolarizzato prima dell'esecuzione delle pavimentazioni.

I materiali dovranno rispondere ai requisiti sottoindicati, oltre a quanto riportato nei singoli paragrafi.

Il pietrame da utilizzare per massicciate, pavimentazioni, cordoli stradali ecc. dovrà essere conforme a quanto specificato nel R.D. 16 novembre 1939 n.2232.

I pietrischi, i pietrischetti, le graniglie, le sabbie e gli additivi dovranno soddisfare ai requisiti stabiliti nelle "Norme per l'accettazione dei pietrischi, dei pietrischetti, delle graniglie, delle sabbie e degli additivi per costruzioni stradali" del C.N.R. - Fascicolo n.4 1953.

Le ghiaie e i ghiaietti dovranno corrispondere come pezzatura e caratteristiche ai requisiti stabiliti nella Tabella UNI 27 10 giugno 1945 e successive modifiche.

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

I bitumi e le emulsioni bituminose dovranno soddisfare ai requisiti stabiliti nelle "Norme per l'accettazione dei bitumi per usi stradali - caratteristiche per l'accettazione" 1978; "Norme per l'accettazione delle emulsioni bituminose per usi stradali" 1958; "Norme per l'accettazione dei bitumi per usi stradali - campionatura dei bitumi" 1980; "Norme per l'accettazione delle emulsioni bituminose per usi stradali - campionatura delle emulsioni bituminose" 1984.

Le pendenze trasversali dei tratti di piste oggetto di interventi dovranno essere tali da permettere il deflusso delle acque piovane, raccordarsi con quelle dei tratti non interessati dai lavori e comunque secondo quanto impartito dall'Ufficio di Direzione Lavori.

### 14.2 FONDAZIONI IN MISTO GRANULARE

Tali fondazioni sono costituite da una miscela di materiali granulari (misto granulare) stabilizzati per granulometria con l'aggiunta o meno di legante naturale, il quale è costituito da terra passante al setaccio 0,4 UNI.

L'aggregato potrà essere costituito da ghiaie, detriti di cava, frantumato, scorie od anche altro materiale; potrà essere: materiale reperito in sito, entro o fuori cantiere, oppure come miscela di materiali avente provenienze diverse, in proporzioni stabilite attraverso una indagine preliminare di laboratorio e di cantiere.

La stessa del materiale avverrà in strati successivi, ciascuno dei quali non dovrà mai avere uno spessore finito superiore a cm 20 e non inferiore a cm 10.

Il piano di posa dello strato dovrà avere le quote, la sagoma ed i requisiti di compattezza prescritti ed essere ripulito da materiale estraneo.

Il materiale verrà steso in strati di spessore finito non superiore a 20 cm e non inferiore a 10 cm, e dovrà presentarsi, dopo costipato, uniformemente miscelato in modo da non presentare segregazione dei suoi componenti.

L'eventuale aggiunta di acqua, per raggiungere l'umidità prescritta in funzione delle densità, è da effettuarsi mediante dispositivi spruzzatori.

A questo proposito si precisa che tutte le operazioni anzidette non devono essere eseguite quando le condizioni ambientali (pioggia, neve, gelo) siano tali da danneggiare la qualità dello strato stabilizzato. Verificandosi comunque eccesso di umidità, o danni dovuti al gelo, lo strato compromesso dovrà essere rimosso e ricostituito a cura e spese dall'Impresa.

Il materiale pronto per il costipamento dovrà presentare in ogni punto la prescritta granulometria.

Per il costipamento e la rifinitura verranno impiegati rulli vibranti o vibranti gommati, tutti semoventi. L'idoneità dei rulli e le modalità di costipamento verranno, per ogni cantiere, determinate dall'Ufficio di Direzione Lavori con una prova sperimentale, usando le miscele messe a punto per quel cantiere (prove di costipamento).

Il costipamento di ogni strato dovrà essere eseguito sino ad ottenere una densità in sito non inferiore al 95% della densità massima fornita dalla prova AASHO modificata.

La superficie finita non dovrà scostarsi dalla sagoma di progetto di oltre 1 cm, controllato a mezzo di un regolo di m 4,50 di lunghezza e disposto secondo due direzioni ortogonali.

Lo spessore dovrà essere quello prescritto, con una tolleranza in più o in meno del 5%, purché questa differenza si presenti solo saltuariamente.

Prima dell'inizio dei lavori, l'Impresa dovrà presentare all'Ufficio di Direzione Lavori certificati di laboratorio effettuate su campioni di materiale che dimostrino la rispondenza alle caratteristiche sopra descritte. Contemporaneamente l'Impresa dovrà indicare, per iscritto, le fonti di approvvigionamento, il tipo di lavorazione che intende adottare, il tipo e la consistenza dell'attrezzatura di cantiere che verrà impiegata.

I requisiti di accettazione verranno poi accertati con controlli dall'Ufficio di Direzione Lavori in corso d'opera, prelevando il materiale in sito già miscelato, prima e dopo effettuato il costipamento.

### 14.3 STRATI DI BASE

Lo strato di base è costituito da un misto granulare di frantumato, ghiaia, sabbia ed eventuale additivo (secondo le definizioni riportate nell'art.1 delle norme C.N.R. sui materiali stradali - fascicolo IV/1953), impastato con bitume a caldo, previo preriscaldamento degli aggregati, steso in opera mediante macchina vibrofinitrice e costipato con rulli gommati, vibranti gommati e metallici.

Il conglomerato sarà confezionato mediante impianti fissi automatizzati, di idonee caratteristiche, mantenuti sempre perfettamente funzionanti in ogni loro parte.

La produzione di ciascun impianto non dovrà essere spinta oltre la sua potenzialità per garantire il perfetto essiccamento, l'uniforme riscaldamento della miscela ed una perfetta vagliatura che assicuri una idonea riclassificazione delle singole classi degli aggregati; resta pertanto escluso l'uso dell'impianto a scarico diretto.

L'impianto dovrà comunque garantire uniformità di produzione ed essere in grado di realizzare miscele del tutto rispondenti a quelle di progetto.

Il dosaggio dei componenti della miscela dovrà essere eseguito a peso mediante idonea apparecchiatura la cui efficienza dovrà essere costantemente controllata.

Ogni impianto dovrà assicurare il riscaldamento del bitume alla temperatura richiesta ed a viscosità uniforme fino al momento della miscelazione nonché il perfetto dosaggio sia del bitume che dell'additivo.

La zona destinata all'ammonimento degli inerti sarà preventivamente e convenientemente sistemata per annullare la presenza di sostanze argillose e ristagni d'acqua che possono compromettere la pulizia degli aggregati. Inoltre, i cumuli delle diverse classi dovranno essere nettamente separati tra di loro e l'operazione di rifornimento nei predosatori eseguita con la massima cura.

Si farà uso di almeno 4 classi di aggregati con predosatori in numero corrispondente alle classi impiegate.

Il tempo di mescolazione effettivo sarà stabilito in funzione delle caratteristiche dell'impianto e dell'effettiva temperatura raggiunta dai componenti la miscela, in misura tale da permettere un completo ed uniforme rivestimento degli inerti con il legante; comunque, esso non dovrà mai scendere al di sotto dei 20 secondi.

La temperatura degli aggregati all'atto della mescolazione dovrà essere compresa tra 150°C e 170°C, e quella del legante tra 150°C e 180°C, salvo diverse disposizioni della Direzione Lavori in rapporto al tipo di bitume impiegato.

Per la verifica delle suddette temperature, gli essiccatori, le caldaie e le tramogge degli impianti dovranno essere muniti di termometri fissi perfettamente funzionanti e periodicamente tarati.

L'umidità degli aggregati all'uscita dell'essiccatore non dovrà di norma superare lo 0,5%.

La miscela bituminosa verrà stesa sul piano finito della fondazione dopo che sia stata accertata dall'Ufficio di Direzione Lavori la rispondenza di quest'ultima ai requisiti di quota, sagoma, densità e portanza indicati nel precedente articolo relativo alle fondazioni stradali in misto granulare.

Prima della stesa del conglomerato su strati di fondazione in misto cementato, per garantire l'ancoraggio, si dovrà provvedere alla rimozione della sabbia eventualmente non trattenuta dall'emulsione bituminosa stesa precedentemente a protezione del misto cementato stesso.

Procedendo alla stesa in doppio strato, i due strati dovranno essere sovrapposti nel più breve tempo possibile; tra di essi dovrà essere interposta una mano di attacco di emulsione bituminosa in ragione di 0,5 kg/m<sup>2</sup>.

La posa in opera dei conglomerati bituminosi verrà effettuata a mezzo di macchine vibrofinitrici dei tipi approvati dalla Direzione Lavori, in perfetto stato di efficienza e dotate di automatismo di auto-livellamento.

Le vibrofinitrici dovranno comunque lasciare uno strato finito perfettamente sagomato, privo di sgranamenti, fessurazioni ed esente da difetti dovuti a segregazioni degli elementi litoidi più grossi.

Nella stesa si dovrà porre la massima cura alla formazione dei giunti longitudinali preferibilmente ottenuti mediante tempestivo affiancamento di una strisciata alla precedente con l'impiego di due o più finitrici.

Qualora ciò non sia possibile, il bordo della striscia già realizzata dovrà essere spalmato con emulsione bituminosa per assicurare la saldatura della striscia successiva.

Se il bordo risulterà danneggiato o arrotondato si dovrà procedere al taglio verticale con idonea attrezzatura.

I giunti trasversali derivanti dalle interruzioni giornaliere dovranno essere realizzati sempre previo taglio ed asportazione della parte terminale di azzeramento.

La sovrapposizione dei giunti longitudinali tra i vari strati sarà programmata e realizzata in maniera che essi risultino fra di loro sfalsati di almeno cm 20 e non cadano mai in corrispondenza delle due fasce della corsia di marcia normalmente interessata dalle ruote dei veicoli pesanti.

Il trasporto del conglomerato dall'impianto di confezione al cantiere di stesa dovrà avvenire mediante mezzi di trasporto di adeguata portata, efficienti e veloci e comunque sempre dotati di teloni di copertura per evitare i raffreddamenti superficiali eccessivi e formazioni di crostoni.

La temperatura del conglomerato bituminoso all'atto della stessa, controllata immediatamente dietro la finitrice, dovrà risultare in ogni momento non inferiore a 130°C.

La stessa 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 carico dell'Impresa.

La compattazione dei conglomerati dovrà iniziare appena stesi dalla vibrofinitrice e condotta a termine senza soluzione di continuità.

La compattazione sarà realizzata a mezzo di rulli gommati o vibrati gommati con l'ausilio di rulli a ruote metalliche, tutti in numero adeguato ed aventi idoneo peso e caratteristiche tecnologiche avanzate in modo da assicurare il raggiungimento delle massime densità ottenibili.

Al termine della compattazione lo strato di base dovrà avere una densità uniforme in tutto lo spessore non inferiore al 97% di quella Marshall dello stesso giorno, rilevata all'impianto o alla stessa. Tale valutazione sarà eseguita sulla produzione giornaliera secondo norma B.U. C.N.R. n.40 (30 marzo 1973), su carote di 15 cm di diametro; il valore risulterà dalla media di due prove.

Si avrà cura, inoltre, che la compattazione sia condotta con la metodologia più adeguata a ottenere uniforme addensamento in ogni punto ed evitare fessurazioni e scorrimenti nello strato appena steso.

La superficie degli strati dovrà presentarsi priva di irregolarità ed ondulazioni. Un'asta rettilinea lunga 4 m posta in qualunque direzione sulla superficie finita di ciascuno strato dovrà aderirvi uniformemente.

Saranno tollerati scostamenti contenuti nel limite di 10 mm.

L'Impresa ha l'obbligo di fare eseguire prove sperimentali sui campioni di aggregato e di legante, per la relativa accettazione. L'Impresa è poi tenuta a presentare con congruo anticipo rispetto all'inizio delle lavorazioni e per ogni cantiere di confezione, la composizione delle miscele che intende adottare; ogni composizione proposta dovrà essere corredata da una completa documentazione degli studi effettuati in laboratorio, attraverso i quali L'Impresa ha ricavato la ricetta ottimale.

L'Ufficio di Direzione Lavori si riserva di approvare i risultati prodotti o di fare eseguire nuove ricerche. L'approvazione non ridurrà comunque la responsabilità dell'Impresa, relativa al raggiungimento dei requisiti finali dei conglomerati in opera.

Una volta accettata dall'Ufficio di Direzione Lavori la composizione proposta, l'Impresa dovrà ad essa attenersi rigorosamente comprovandone l'osservanza con esami giornalieri. Non sarà ammessa una variazione del contenuto di aggregato grosso superiore a  $\pm 5,0\%$  e di sabbia superiore a  $\pm 3,0\%$  sulla percentuale corrispondente alla curva granulometrica prescelta, e di  $\pm 1,5\%$  sulla percentuale di additivo.

Per la quantità di bitume non sarà tollerato uno scostamento dalla percentuale stabilita di  $\pm 0,3\%$ .

Tali valori dovranno essere soddisfatti dall'esame delle miscele prelevate all'impianto come pure dall'esame delle carote prelevate in sito.

In ogni cantiere di lavoro dovrà essere installato a cura e spese dell'Impresa un laboratorio idoneamente attrezzato per le prove ed i controlli in corso di produzione, condotto da personale appositamente addestrato. In quest'ultimo laboratorio dovranno essere effettuate, quando necessarie, ed almeno con frequenza giornaliera:

- la verifica granulometrica dei singoli aggregati approvvigionati in cantiere e quella degli aggregati stessi all'uscita dei vagli di riclassificazione;
- verifica della composizione dell'agglomerato (granulometria degli inerti, percentuale del bitume, percentuale di additivo) prelevando il conglomerato all'uscita del mescolatore o a quella della tramoggia di stoccaggio;

- la verifica delle caratteristiche di Marshall del conglomerato e precisamente: peso di volume (B.U. C.N.R. n.40 del 30.03.1973), media di due prove; percentuale di vuoti (B.U. C.N.R. n.39 del 23.03.1973), media di due prove; stabilità e rigidità Marshall.

Inoltre, con la frequenza necessaria saranno effettuati periodici controlli delle bilance, delle tarature dei termometri dell'impianto, la verifica delle caratteristiche del bitume, la verifica dell'umidità residua degli aggregati minerali all'uscita dall'essiccatore ed ogni altro controllo ritenuto opportuno.

In cantiere dovrà essere tenuto apposito registro numerato e vidimato dall'Ufficio di Direzione Lavori sul quale l'Impresa dovrà giornalmente registrare tutte le prove ed i controlli effettuati.

In corso d'opera ed in ogni fase delle lavorazioni l'Ufficio di 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.

## 14.4 STRATI DI COLLEGAMENTO E DI USURA

La parte superiore della sovrastruttura stradale sarà, in generale, costituita da un doppio strato di conglomerato bituminoso steso a caldo, e precisamente: da uno strato inferiore di collegamento (binder) e da uno strato superiore di usura, secondo quanto stabilito dagli elaborati di progetto.

Il conglomerato per ambedue gli strati sarà costituito da una miscela di pietrischetti, graniglie, sabbie ed additivi (secondo le definizioni riportate nell'art.1 delle "Norme per l'accettazione dei pietrischi, dei pietrischetti, delle graniglie, della sabbia, degli additivi per costruzioni stradali" del C.N.R., fascicolo IV/1953), mescolati con bitume a caldo, e verrà steso in opera mediante macchina vibrofinitrice e compattato con rulli gommati e lisci.

Per le modalità esecutive e le prove di controllo ed accettazione valgono le stesse prescrizioni indicate per gli strati di base, salvo che per il tempo minimo di miscelazione effettiva che, con i limiti di temperatura indicati per il legante e gli aggregati, non dovrà essere inferiore a 25 secondi.

## 15 IMPERMEABILIZZAZIONI

Le impermeabilizzazioni, di qualsiasi genere, dovranno essere eseguite con la maggior accuratezza possibile, specie in vicinanza di fori, passaggi, cappe, ecc.; le eventuali perdite che si manifestassero in esse, anche a distanza di tempo e sino al collaudo, dovranno essere riparate ed eliminate dall'Impresa, a sua cura e spese, compresa ogni opera di ripristino.

### 15.1 GUAINA

Prima di procedere alla impermeabilizzazione di qualsiasi superficie, le pareti da trattare dovranno essere pulite in modo da risultare compatte, esenti da olii, grassi, polveri ed asciutte e nel caso di strutture in conglomerato cementizio anche perfettamente stagionate e prive di umidità.

Le impermeabilizzazioni verranno in genere eseguite mediante:

- pulizia della parete da impermeabilizzare mediante getti d'acqua a pressione, o spazzolatura,
- applicazione alla fiamma di doppia guaina elastomerica incrociata bitume-polimero armata con tessuto in poliestere, dello spessore minimo di 4 mm,

Le guaine devono essere stese con sovrapposizioni di almeno 10 cm; sono compresi nella voce di prezzo gli oneri per le sigillature, gli ancoraggi delle guaine alle strutture e tutti gli altri oneri per garantire la perfetta tenuta idraulica.

## 15.2 WATERSTOP A BASE DI BENTONITE SODICA

Le riprese di getto saranno sigillate mediante water-stop idroespansivo a base di bentonite sodica in grado di espandersi, a contatto con l'acqua, di contrastare, grazie alla ritenzione, la spinta idraulica esterna senza subire modifiche delle proprietà intrinseche.

Il prodotto installato all'esterno o al centro della sezione di ripresa dei getti fra fondazione e parete e saranno tenuti in posizione per mezzo di chiodature poste ad intervalli non superiori a cm 20.

Prima dell'applicazione dovrà essere verificata la superficie di appoggio che dovrà presentarsi omogenea ed uniforme, esente da depositi e protuberanze; durante l'applicazione, la temperatura esterna dovrà essere compresa tra -15°C e +45°C.

È assolutamente necessario fare in modo che, lungo il perimetro esterno, venga realizzato un anello chiuso e perfettamente interconnesso. In prossimità di ogni giunto e nelle giunzioni il cordone idroespansivo dovrà essere accostato o sovrapposto per almeno cm 10.

Il materiale dovrà essere qualificato prima dell'impiego.

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

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

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

## 16 RIVESTIMENTI IN PIETRA

I rivestimenti di murature a facciavista dovranno essere realizzati in opera con conci di pietra naturale non geliva o friabile o facilmente erodibile, dello spessore minimo di cm 20.

I rivestimenti saranno eseguiti con sassi recuperati dalle precedenti demolizioni e/o integrati con sassi provenienti da cava, di tipo granitico, dimensioni 20-40 cm

La faccia a vista dovrà essere ridotta con martello a superfici approssimativamente piane che non dovranno presentare rientranze maggiori di mm 40; i singoli elementi dovranno essere legati con malta cementizia dosata a q.li 3,00 per mc e sigillati con malta di cemento dosata a q.li 5,00 di cemento tipo 325 per mc di sabbia. Sono compresi e compensati nel prezzo la fornitura a pie d'opera dei sassi del tipo e delle dimensioni previste, la lavorazione della faccia a vista, la posa in opera e la fornitura della malta fino al raggiungimento degli spessori di muro come indicato nel progetto, il magistero per la formazione dei risvolti ad angolo a faccia vista, la fornitura e la posa in opera dei ponteggi e delle impalcature eseguite a qualsiasi altezza e la loro rimozione, la regolarizzazione delle malte, gli sfridi di sasso e di malta e di quanto altro necessario o previsto nei disegni di progetto.

Il paramento finito dovrà presentare caratteristiche di finitura delle fughe e dimensionali e di disposizione dei massi analoghe a quelle dei muri in sasso preesistente a sostegno dei rilevati stradali.

## 17 OPERE IN CARPENTERIA METALLICA

### 17.1 OPERE IN ACCIAIO

Tutte le opere in acciaio commissionate dovranno essere realizzate nelle forme e dimensioni indicate nei disegni o secondo le disposizioni della D.L. Pertanto, tutti gli elementi costituenti le opere suddette dovranno essere assemblati mediante giunzioni flangiate o saldate con procedimento di saldatura all'arco elettrico.

Nei lavori in acciaio, questi deve essere lavorato diligentemente con maestria, regolarità di forme e precisione di dimensioni, secondo i disegni che fornirà la Direzione dei Lavori, con particolare attenzione alle saldature e bullonature. I fori saranno tutti eseguiti con il trapano; le chiodature, ribattiture ecc. dovranno essere perfette senza sbavature ed i tagli dovranno essere limitati.

Saranno rigorosamente rifiutati tutti quei pezzi che presentino il più leggero indizio d'imperfezione.

Ogni pezzo di opera completa in ferro, dovrà essere fornita a piè d'opera, colorita a minio di piombo, o se richiesto, zincato con zincatura elettrolitica a caldo.

La zincatura a caldo dovrà essere effettuata per immersione. I pezzi da zincare devono essere preventivamente puliti e sgrassati superficialmente con adeguato decapaggio.

Dopo la zincatura i pezzi non devono essere assoggettati a trattamenti termici.

Sugli oggetti filettati, dopo la zincatura, non si devono effettuare ulteriori operazioni di finitura a mezzo di utensili.

Per le giunzioni di elementi zincati eseguite per saldatura e per il taglio degli stessi si dovrà procedere al ripristino della zincatura, secondo le modalità appresso indicate:

- rimuovere lo zinco preesistente per una lunghezza non inferiore a 10 cm;
- pulire e irruvidire la superficie scoperta mediante spazzolatura meccanica;
- metallizzare le superfici mediante spruzzo di particelle di zinco allo stato plastico fino a raggiungere uno spessore non inferiore a 40 micron.

L'Appaltatore dovrà informare l'Appaltante dell'arrivo in officina dei materiali approvvigionati affinché, prima che ne venga iniziata la lavorazione, la Direzione Lavori possa disporre, se lo riterrà opportuno, i preliminari esami e verifiche dei materiali medesimi ed il prelevamento dei campioni per l'effettuazione delle prove di qualità e resistenza.

È riservata all'Appaltante la facoltà di disporre e fare effettuare visite, esami e prove negli stabilimenti di produzione dei materiali, i quali stabilimenti pertanto dovranno essere segnalati all'Appaltante in tempo utile.

Dei risultati delle prove dovrà essere redatto regolare verbale in contraddittorio tra il Direttore dei Lavori e l'Appaltatore, o loro rappresentanti. Nel caso di esito sfavorevole delle prove sopra indicate l'Appaltante potrà rifiutare in tutto od in parte i materiali predisposti od approvvigionati, senza che l'Appaltatore possa pretendere indennizzo alcuno o proroga ai termini di esecuzione e di consegna.

Successivamente all'accettazione provvisoria dei materiali l'Appaltatore potrà procedere alle lavorazioni previste.

L'Appaltatore dovrà comunicare per iscritto ed in tempo utile all'Appaltante le date di inizio dei montaggi provvisori in officina affinché l'Appaltante stesso possa farvi assistere i propri incaricati ove lo ritenga opportuno. Questi verificheranno, tanto per ognuna delle parti componenti le strutture quanto per l'insieme di esse, l'esatta e la perfetta lavorazione in base ai patti di contratto ed agli ordini impartiti, procedendo anche alle operazioni di pesatura.

L'Appaltatore sarà, in ogni caso, obbligato a controllare gli ordinativi ed a rilevare sul posto le misure esatte delle diverse opere in ferro, essendo esso responsabile degli inconvenienti che potessero verificarsi per l'emissione di tale controllo.

In particolare, si prescrive:

Per gli infissi in alluminio il tipo dei profilati, la sezione ed in particolari costruttivi in genere che, ove non diversamente disposto, verranno scelti dall'Appaltatore, saranno tali da garantire assoluta indeformabilità (statica, di manovra e per sbalzi termici), perfetto funzionamento, durata ed incorrosibilità.

Gli infissi di grandi dimensioni non dovranno essere influenzati dalle deformazioni elastiche o plastiche delle strutture né dovranno subire autotensioni o tensioni in genere, per effetto delle variazioni termiche, in misura tale da averne alterate le caratteristiche di resistenza o di funzionamento.

Il collegamento mediante saldatura dovrà essere eseguito a perfetta regola d'arte, con i sistemi tecnologicamente più avanzati e sarà rifinito con accurate operazioni di limatura e lisciatura; per serramenti in alluminio od in leghe leggere di alluminio la saldatura dovrà essere eseguita esclusivamente con sistema autogeno (preferibilmente saldatura elettrica in gas inerte ovvero a resistenza).

L'incastro per la posa dei vetri sarà di ampiezza sufficiente allo spessore ed al tipo degli stessi e sarà dotato di idonea guarnizione (o nastro sigillante, secondo i casi) e di fermavetro metallico o di legno di essenza forte.

Le staffe per il fissaggio alle murature saranno in acciaio zincato per i serramenti in acciaio, in bronzo od in ottone per i serramenti in alluminio qualora, per casi eccezionali, il montaggio non dovesse avvenire su controtelaio in acciaio premurato.

Gli accessori dovranno intendersi sempre compresi nella fornitura degli infissi e saranno, per quanto possibile, montanti in officina.

Tutte le attrezzature impiegate per la costruzione di quanto ordinato dovranno essere sempre in perfetto stato di efficienza e rispondenti alle vigenti normative con particolare riferimento a quelle antinfortunistiche.

In particolare, per quanto riguarda le saldatrici, le motosalvatrici e le linee elettriche di collegamento dovranno essere idonee a garantire, in ogni caso, la corretta esecuzione e la continuità del lavoro in condizioni di sicurezza e secondo la normativa vigente.

Nelle attrezzature s'intendono compresi anche gli elettrodi, che dovranno essere di tipo idoneo all'impiego specifico, approvati dalla D.L., e dovranno essere utilizzati con i valori di tensione e di corrente raccomandati dal Produttore degli elettrodi. Essi dovranno essere immagazzinati e custoditi a cura dell'Appaltatore secondo le citate norme e dovranno essere immediatamente sostituiti qualora la D.L., a suo insindacabile giudizio, non li ritenga idonei all'impiego o ne riscontri l'avvenuto deterioramento.

## 17.2 SALDATURA

Le prescrizioni a seguito indicate vengono applicate per l'esecuzione dei lavori sia in officina che in cantiere. Per quanto altro eventualmente non richiamato nel presente articolo, valgono le indicazioni contenute nella citata norma API 1104.

Prima di eseguire la saldatura si dovrà provvedere alle seguenti operazioni:

- prima dell'allineamento per la saldatura, l'elemento da collegare (tubazione, profilato, curva, ecc.) dovrà essere accuratamente ripulito internamente con scovoli o altre attrezzature atte a rimuovere tutto lo sporco eventualmente introdotto;
- le testate da saldare dovranno essere perfettamente ripulite da vernici, grassi, bave, terra, ecc., con metodo approvato o preventivamente approvato dalla Direzione dei Lavori, in modo da evitare difetti nell'esecuzione delle successive saldature;

- c) prima della saldatura le testate dei vari elementi dovranno essere accuratamente controllate dall'Impresa, al fine di verificare l'integrità del profilo originale e, in particolare per le testate dei tubi, dovrà essere controllato che le ovalizzazioni siano contenute entro le tolleranze previste dalle norme API Standard 1104. Gli eventuali difetti non contenuti nella tolleranza potranno essere riparati soltanto su esplicita autorizzazione del Consorzio; diversamente e comunque in caso di difetti non riparabili, l'Impresa dovrà provvedere alla loro eliminazione tagliando la parte difettosa e ripristinando le testate secondo le prescrizioni già dette. Le tubazioni che non rispondessero alle norme specifiche o presentassero difetti non riparabili saranno scartate con ordine dalla D.L.;
- d) l'Impresa dovrà curare che tutti i tagli da effettuare, sia sulle tubazioni esistenti che sui particolari di nuova costruzione, vengano eseguiti secondo un piano normale dell'asse delle condotte e/o secondo le dimensioni preventivamente concordate, nel caso di esecuzione di pezzi con inclinazioni tra gli assi diverse dai 90°. Il bordo del taglio dovrà essere sagomato in modo da ottenere lo smusso e dovrà essere rifinito ed aggiustato con l'impiego di mole o lime;
- e) tutte le saldature dovranno essere eseguite con una temperatura ambiente non inferiore a +3 °C; qualora la temperatura sia inferiore a quella sopraddetta di dovrà provvedere, con le modalità concordate dalla D.L., al preriscaldamento delle superfici.

Similmente, si dovrà evitare di effettuare saldature in presenza di umidità e pertanto, prima di procedere alle operazioni di giunzione, le superfici dovranno essere accuratamente asciugate. La D.L. si riserva la facoltà di sospendere i lavori sopra descritti qualora, a suo insindacabile giudizio, non sussistano le condizioni necessarie a garantire un sicuro esito dei lavori di saldatura. Non saranno ammesse saldature eseguite su superfici umide e/o a temperatura inferiore a quella succitata.

## 17.2.1 Procedimento di saldatura

Tutte le saldature dovranno essere eseguite con procedimento manuale all'arco elettrico, secondo le norme tecniche vigenti.

Il numero delle passate dipenderà dello spessore dell'elemento da saldare.

Alla fine di ogni passata si dovrà procedere ad un'accurata pulizia della saldatura, al fine di rimuovere le scorie di ossidi metallici con l'uso di pasta decapante, seguito da applicazione di pasta passivante qualora non sia certo che le condizioni di aerazione naturale siano sufficienti a ripristinare lo strato passivo, e consentire il controllo visivo della saldatura medesima e di ogni particolare che ne possa indicare la qualità ad un primo sommario esame.

La saldatura dovrà essere realizzata con sequenza appropriata, così da evitare l'insorgere nel cordone di saldatura o nelle membrature saldate di stati di sollecitazione a trazione.

La Direzione dei Lavori, anche a mezzo di propri incaricati, potrà in ogni tempo e luogo verificare le qualità e le modalità di lavoro, apportando tutte le modifiche tecniche che a suo avviso riterrà più opportune affinché l'esecuzione dei lavori commissionati risulti rispondente alle necessità aziendali ed eseguito a perfetta regola d'arte.

In ogni caso potrà essere rifiutata la posa in opera di tutti quei manufatti o in genere, l'esecuzione di tutti quei lavori che, al solo esame visivo, non presentino le caratteristiche di accettabilità connesse con le regole di buona esecuzione o comunque non conformi alle prescrizioni della vigente normativa specifica.

## 17.3 ZINCATURA

La presente norma tecnica tratta la zincatura da impiegare per proteggere dalla corrosione l'acciaio utilizzato per carpenteria, serbatoi od altro.

Tale tipo di trattamento sarà adottato su ordine della Direzione Lavori quando le verniciature indicate nei paragrafi precedenti non diano sufficienti garanzie, sia in relazione al tipo di aggressione ambientale, sia in relazione alle funzioni assegnate alle strutture metalliche da proteggere.

La zincatura dovrà essere effettuata a caldo per immersione in appositi impianti approvati dalla D.L. I pezzi da zincare devono essere in acciaio di tipo calmato, è tassativamente vietato l'uso di acciai attivi od effervescenti.

Le parti da zincare dovranno essere pulite e sgrassate (SSPC - SP8-63) e sabbiare al metallo bianco secondo SSA: SA 1/2. Gli spessori minimi della zincatura varieranno a seconda dello spessore del pezzo da zincare:

per s del pezzo < 1 mm	zincatura 350 g/m <sup>2</sup>
per s del pezzo > 1 < 3 mm	zincatura 450 g/m <sup>2</sup>
per s del pezzo > 3 < 4 mm	zincatura 500 g/m <sup>2</sup>
per s del pezzo > 4 < 6 mm	zincatura 600 g/m <sup>2</sup>
per s del pezzo > 6 mm	zincatura 700 g/m <sup>2</sup>

Sugli oggetti filettati, dopo la zincatura, non si devono effettuare ulteriori operazioni di finitura a mezzo di utensili.

A passivazione avvenuta dello zinco, realizzata anche con applicazione in officina di acido cromico previa fosfatazione con fosfato di zinco, si procederà ad una accurata sgrassatura con solventi organici o con idonei sali sgrassanti e comunque con trattamento ad acqua calda e idropulitrice a pressione. Si procederà quindi ad un irruvidimento superficiale con tele abrasive o con spazzolatura leggera. Sarà applicata infine una mano di vernice poliuretanic alifatica, di tinta a scelta della Direzione Lavori e con uno spessore a film secco di 80 microns, su un fondo di antiruggine epossidica bicomponente con indurente poliammidico del tipo specifico per superfici zincate e con uno spessore a film secco di 50 microns. Potrà essere usato in alternativa un ciclo costituito dall'applicazione di vernice tipo Acril Ard con uno spessore a film secco di 70 microns, dato senza la costituzione dello strato di fondo.

### 17.3.1 Zincatura dei giunti di saldatura

Per le giunzioni eseguite per saldatura si dovrà procedere al ripristino della zincatura, secondo le modalità appresso indicate:

- rimuovere lo zinco preesistente per una lunghezza non inferiore a 10 cm;
- pulire e irruvidire la superficie scoperta mediante spazzolatura meccanica;
- metallizzare le superfici mediante spruzzo di particelle di zinco allo stato plastico fino a raggiungere uno spessore non inferiore a 40 microns;
- verniciatura finale come sopra.

## 17.4 GARANZIE SUI RIVESTIMENTI E LE ZINCATURE

La durata della garanzia non deve essere intesa come un limite dell'effetto protettivo del rivestimento applicato. Tale durata stabilisce il periodo di tempo entro il quale l'Appaltatore è tenuto ad intervenire per quei ripristini che si rendessero necessari per cause da lui dipendenti.

La garanzia dovrà concernere la protezione anticorrosiva, intendendosi per corrosione l'alterazione del supporto metallico e non coprirà la normale degradazione delle caratteristiche estetiche del film (punto di colore, brillantezza, ecc.).

### 17.4.1 Garanzia sulla qualità del prodotto

L'Appaltatore garantisce le pitture fornite contro tutti i difetti di produzione.

L'Appaltatore garantisce che le pitture fornite sono idonee per gli impieghi per i quali vengono proposte e che sono conformi a quanto dichiarato nelle relative schede tecniche ed ai campioni eventualmente forniti.

### 17.4.2 Garanzia sulla qualità dell'applicazione

L'Appaltatore garantisce la buona applicazione delle pitture e dei rivestimenti in genere contro tutti i difetti di esecuzione del lavoro e si impegna ad eseguirlo secondo le regole dell'arte e della tecnica ed osservando scrupolosamente le prescrizioni del produttore delle pitture.

In particolare, onde assicurare al primo strato di pittura una buona adesione al supporto, la preparazione della superficie da proteggere deve essere eseguita in base alle specifiche su indicate e dal produttore delle pitture, con i procedimenti più idonei per raggiungere i risultati indicati.

L'Appaltatore eseguirà il lavoro soltanto se le condizioni atmosferiche od ambientali lo consentono in base alle prescrizioni su esposte e programmando il lavoro in modo da rispettare i tempi di esecuzione stabiliti per il ciclo protettivo.

I prodotti debbono essere applicati con i sistemi prescritti o consentiti senza subire aggiunte o diluizioni non indicate od autorizzate dal produttore delle pitture.

### 17.4.3 Garanzia della durata del rivestimento

Il produttore delle pitture e l'Appaltatore accettano congiuntamente un impegno di garanzia della durata di almeno 3 anni. Tale impegno comprende per la durata stabilita, con il criterio indicato nelle generalità, l'esecuzione gratuita di tutte le riparazioni del rivestimento in dipendenza di deficienza intrinseca del rivestimento stesso, cioè per inosservanza degli impegni di qualità e di applicazione.

Il rivestimento sarà giudicato soddisfacente se, al termine del periodo fissato (3 anni), le superfici trattate non presenteranno tracce di degradazione eccedenti i limiti del riferimento di seguito indicati salvo le limitazioni specificatamente stabilite nel contratto. Le degradazioni sono date: da presenza di ruggine fra supporto e film di pittura, visibile attraverso il rivestimento stesso, anche quando non sia stata compromessa la continuità; da apparizione di ruggine perforante che abbia distrutto in tutto il suo spessore la continuità del film di pittura. Il riferimento adottato sarà quello dei vari gradi della Scala Europea del Grado di Arrugginimento per pitture antiruggine e sarà RE 3 a 3 anni.

Se durante il periodo di garanzia dovessero rivelarsi difetti e degradazioni, l'appaltatore è tenuto ad intervenire per riparare gli stessi mediante nuove zincature e/o verniciature

#### **17.4.4 Garanzia sulle zincature**

Gli spessori dei rivestimenti eseguiti con zincature a caldo così come descritti dovranno essere esplicitamente garantiti dall'appaltatore così come dovranno essere esplicitamente garantite le modalità di applicazione dello strato di zinco e la bontà dei materiali. Dovranno essere esibiti prima dell'installazione i certificati delle prove eseguite sui campioni, indicati nel numero e nelle modalità di prelievo dalla Direzione Lavori sui materiali pronti in officina.

La durata della garanzia è di 3 anni.

Se durante il periodo di garanzia dovessero rivelarsi difetti e degradazioni, l'appaltatore è tenuto ad intervenire per riparare gli stessi mediante nuove zincature e/o verniciature.

### **18 OPERE DA DIPINTORE**

Le pareti in cls da tinteggiare dovranno essere opportunamente preparate mediante rasatura a base di calce idratata, cementi, additivi, inerti aventi granulometria inferiore a 1 mm, applicato manualmente in una o più passate per uno spessore complessivo non inferiore a 3 mm.

Qualunque tinteggiatura, coloritura o verniciatura, dovrà essere preceduta da una conveniente ed accuratissima preparazione delle superfici e precisamente da raschiature, scrostature, stuccature, eventuali riprese di spigoli e tutto quanto occorra per eguagliare le superfici medesime.

Successivamente le dette superfici dovranno essere perfettamente levigate e, quando trattasi di coloritura o verniciatura, nuovamente stuccate, indi pomciate e lisciate, previa imprimitura, con le modalità ed i sistemi migliori, atti ad assicurare la perfetta riuscita del lavoro.

Per le opere metalliche, la preparazione delle superfici dovrà essere preceduta dalla raschiatura delle parti ossidate.

La tinteggiatura, coloritura e verniciatura dovranno, se richiesto, essere anche eseguite con colori diversi su una stessa parete, complete di filettatura, zoccoli e quant'altro occorra alla perfetta esecuzione dei lavori.

La scelta dei colori è devoluta al criterio insindacabile della Direzione dei Lavori, non sarà ammessa alcuna distinzione tra colori ordinari e colori fini, dovendosi, in ogni caso, fornire i materiali più fini e delle migliori qualità.

Le successive passate di coloriture ad olio e verniciature dovranno essere di tonalità diverse, in modo che sia possibile, in qualunque momento, controllare il numero delle passate che sono state applicate.

L'Impresa ha inoltre l'obbligo di eseguire, nei luoghi e con le modalità che le saranno prescritte, i campioni dei vari lavori di rifinitura, sia per la scelta delle tinte che per il genere di esecuzione e ripeterli, eventualmente, con le varianti richieste, sino ad ottenere l'approvazione della Direzione dei Lavori, prima di por mano all'opera stessa. Essa dovrà infine adottare ogni precauzione e mezzo necessario ad evitare spruzzi o macchie di tinte o vernici sulle opere eseguite (pavimenti, rivestimenti, infissi, etc.) restando a suo carico ogni lavoro necessario a riparare i danni eventualmente arrecati.

### **19 OPERE DA VETRAIO**

Le lastre di vetro dovranno essere del tipo previsto in progetto od ordinato dalla D.L.; alla stessa dovranno essere forniti preventivamente a cura dell'Appaltatore, le caratteristiche tecniche del materiale ed eventualmente, su richiesta della D.L., dei campioni aventi le caratteristiche richieste.

Si dovrà porre particolare cura nel formare un finissimo strato di stucco su tutto il perimetro di battuta dell'infisso sul quale dovrà poggiarsi il vetro, successivamente tale strato verrà successivamente ristuccato dall'esterno (con altro stucco), in modo da impedire l'infiltrazione verso l'esterno dell'acqua piovana battente. Lo stucco dovrà essere sempre protetto con una verniciatura a base di minio ed olio di lino cotto. Qualora il profilato metallico lo richieda, la posa sarà eseguita con apposite guarnizioni di gomma o di materia plastica.

Nelle voci di Elenco si intendono compensati tutti gli oneri relativi alla fornitura ed al montaggio delle vetrate, compresi il mastice, le punte per il fissaggio, la stuccatura, le eventuali guarnizioni in gomma, la struttura di sostegno dove esplicitamente espresso e la pulizia a lavori ultimati delle vetrate.

Per le specifiche caratteristiche delle vetrate si rimanda alle voci di elenco fermo restando che sono a carico dell'appaltatore la progettazione degli elementi in alluminio costituenti il telaio e che dovranno garantire la stabilità delle vetrate ed evitare vibrazioni.

## 20 SERRAMENTI

I serramenti dovranno essere realizzati con profilati estrusi in lega d'alluminio rispondente alla normativa UNI 9006/1 secondo le prescrizioni in elenco prezzi.

La progettazione del serramento spetta all'Appaltatore.

I profili a taglio termico dovranno essere composti da due semiprofilati in alluminio uno esterno ed uno interno, uniti tra loro con barrette isolanti in poliammide rinforzato. Il coefficiente di conduttanza termica ( $K_r$ ), misurata secondo normativa DIN 52619 sez. 3 sarà compreso nel gruppo 2.2 secondo DIN 4108.

Su tutti i telai fissi ed apribili dovranno essere eseguite tutte le lavorazioni per garantire il drenaggio dell'acqua e la compensazione dell'umidità dell'aria nella camera di contenimento delle lastre di vetro. Dette lavorazioni dovranno essere eseguite come prescritto nei manuali del produttore del sistema.

Profili fermavetro dovranno garantire, con assoluta sicurezza il bloccaggio del vetro/pannello. Le guarnizioni cingivetro interne ed esterne saranno in EPDM.

A garanzia della qualità del prodotto finito, gli accessori e le guarnizioni dovranno essere tutti originali del sistema come indicato sui manuali del produttore.

Tutti i serramenti devono essere classificati secondo le vigenti normative UNI 7979, EN 42, EN 86, EN 77.

Per i profili a taglio termico, la resistenza alla diatermanità ed alla conduttanza termica ( $K_r$ ) misurata secondo normativa DIN 52619 parte 3, non dovrà essere superiore a 3,5 W/(mq k). Pertanto, i profili dovranno appartenere al gruppo 2.2 della normativa DIN 4108.

Per la posa in opera dei serramenti si dovrà tenere conto delle raccomandazioni riportate sulla documentazione tecnica n. 16 dell'UNCSAAL.

## 21 INTONACO CIVILE CON MALTE CEMENTIZIE

Dovranno essere predisposte opportune fasce, eseguite sotto regoli di guida, in numero sufficiente, e sopra punti (poste) fissati precedentemente per averne norma all'ottenimento di un rivestimento ben piano e verticale; verrà quindi applicato alle murature un primo strato di malta (rinzafo) gettata con forza in modo che penetri in tutti gli interstizi e li riempia; si provvederà poi alla regolarizzazione con il regolo. Le poste, le fasce e il rinzafo dovranno essere eseguiti con malta cementizia grossa. Quando il rinzafo avrà ottenuto una leggera presa di applicherà su di esso lo strato della corrispondente malta cementizia fina che si conguaglierà con la cazzuola e con il frattazzino, stuccando ogni fessura e togliendo ogni asperità affinché le pareti riescano regolari;

L'intonaco di cemento sarà fatto nella stessa guisa di quello grezzo o arriciatura impiegando per rinzaffo malta cementizia grossa e per lo strato successivo malta cementizia fine, tritata liscia con il ferro.

## 22 MURATURE IN LATERIZIO

I mattoni, prima del loro impiego, dovranno essere bagnati, fino a saturazione, per immersione prolungata in appositi bagnaroli e mai per aspersione.

Dovranno essere posti in opera con le connesure alternate, in corsi regolari e normali alla superficie esterna, adagiati sopra un abbondante strato di malta e premuti sopra di essa, in modo che la malta refluisca all'ingiro e riempia tutte le connesure.

La larghezza delle connesure non dovrà essere maggiore di mm 8, né minore di mm 5.

I giunti non verranno rabboccati durante la costruzione, per dare maggiore presa all'intonaco ed alla stuccatura con il ferro.

Le malte da impiegarsi per la esecuzione di questa muratura dovranno essere passate al setaccio, per evitare che i giunti fra i mattoni riescano superiori al limite di tolleranza fissato.

Le murature di rivestimento saranno fatte a corsi ben allineati e collegantisi a morsa con la parte interna.

## 23 OPERE ELETTROMECCANICHE – GENERALITA'

### 23.1 CONSISTENZA DELLA FORNITURA

- Apparecchiature elettromeccaniche alla nuova traversa di sbarramento consistenti in n. 2 paratoie a settore, n. 1 paratoia per il rilascio del DMV asservita a misuratore di livello, panconi per paratoie a settore e paratoia rilascio DMV, impianto oleodinamico ed elettrico, impianto di messa a terra
- Apparecchiature elettromeccaniche al manufatto di imbocco della galleria di by-pass, consistenti in n. 2 paratoie di monte in cassa con clapet di isolamento, n. 2 paratoie di valle in cassa, tubi aerofori, impianto oleodinamico ed elettrico, impianto di messa a terra

### 23.2 PROVE E CONTROLLI

Il lavoro in oggetto sarà svolto in conformità alle norme ISO 9001.

La fabbricazione ed il montaggio verrà definita e gestita con l'emissione di Piani di Controllo Qualità (PCQ) specificati dal fornitore.

Prescrizioni minime:

- prima dell'inizio della realizzazione delle opere in officina verranno chiesti:
- elenco dei materiali che devono essere forniti ed installati, loro dati e caratteristiche
- garantite
- Relazioni di calcolo e disegni tecnici di dettaglio
- Piano di dettaglio delle prove

Quanto sopra dovrà essere preventivamente approvato dalla Direzione Lavori e/o dalla Stazione Appaltante.

#### Controlli in officina

- Si richiederanno le certificazioni dell'officina produttrice dei materiali utilizzati
- Le saldature verranno controllate a campione, in officina, con esami ad ultrasuoni secondo norma
- UNI 8387, nelle quantità minima del 20% della lunghezza dei cordoni. La scelta delle saldature da provare è ad insindacabile giudizio della Direzione Lavori. In caso si riscontrassero difetti costruttivi, l'Impresa dovrà riprendere le saldature mediante rimozione con lavorazione meccanica a freddo fino al raggiungimento del materiale sano e nuova saldatura. Si provvederà quindi alla nuova verifica delle giunzioni sistemate estendendo ad un ulteriore 20% gli esami ad ultrasuoni.
- Sulle principali lamiere costituenti i diaframmi delle due paratoie a settore e delle 4 paratoie in cassa, si preleveranno dei campioni da sottoporre ad analisi chimica e meccanica (prova di trazione), per la verifica della corrispondenza con i materiali di capitolato.
- Sulle principali lamiere costituenti i diaframmi delle due paratoie a settore e delle 4 paratoie in cassa, si preleveranno dei campioni da sottoporre ad analisi chimica e meccanica (prova di trazione), per la verifica della corrispondenza con i materiali di capitolato.
- A campione, dovranno essere verificati gli spessori dei rivestimenti previsti in capitolato, in almeno 2 punti per ciascuna paratoia.

### Controlli in opera

- L'accettazione del materiale fornito in cantiere è subordinata alla verifica della Direzione Lavori che accerterà l'assenza di difetti dovuti al trasporto del materiale dall'officina (possibili urti, danneggiamento dei rivestimenti, etc.). Di tali controlli verrà redatto apposito verbale controfirmato da Impresa e DLL. In caso di difetti riscontrati, il materiale fornito non verrà accettato e dovrà essere riportato in officina per gli aggiustamenti necessari.
- Verifica della movimentazione delle paratoie in assenza di carico (dovrà essere verificata la massima apertura prevista in capitolato, il perfetto allineamento della paratoia in ogni fase di apertura e chiusura, l'assenza di sforzi in fase di movimentazioni con sovrappressioni del circuito oleodinamico)
- Verifica in bianco delle automazioni ed in particolare del sistema di asservimento della paratoia per il DMV al misuratore di livello
- Verifica di assenza di sovrappressioni nel circuito oleodinamico
- Verifica valvole di blocco per completa chiusura
- Verifiche delle segnalazioni allarmi
- Verifiche delle resistenze di terra
- Con livello a quota 368.00 m slm, o diverso livello inferiore stabilito dalla Stazione Appaltante:
- Verifica della tenuta idraulica delle paratoie (non dovranno essere presenti trafiletti sulle soglie di battuta laterali, superiori e inferiori)
- Verifica della velocità di sollevamento delle paratoie (dovrà essere conforme a quanto prescritto in progetto con una tolleranza di +/- 10%

### Documenti

Al termine dei lavori l'impresa dovrà fornire alla stazione appaltante:

- I certificati di conformità degli impianti (decreto 37 del 22.01.2008)
- I manuali d'uso e manutenzione delle opere
- Avvertenze per la sicurezza
- Schemi elettrici dell'impianto.

## 23.3 OPERAZIONI DI TRASPORTO E MONTAGGIO

Tutti i materiali descritti dovranno essere trasportati in campo montati in opera con l'ausilio di Autogrù ponteggi e quant'altro necessario, compreso i materiali di consumo.

Sono altresì comprese le prove di funzionamento in bianco e le prove sotto flusso

## 23.4 ONERI A CARICO DELL'IMPRESA

Le voci di elenco sono da ritenersi "chiavi in mano", spetta pertanto all'impresa la progettazione esecutiva e costruttiva delle paratoie oltre alla fornitura ed installazione di tutte le componenti necessarie per dare le opere perfettamente funzionanti.

Sono inoltre comprese tutte le piccole opere murarie necessarie per l'installazione delle apparecchiature, quali inghisaggi, carotate, fori e tracce.

Sono compresi tutti i collegamenti idraulici, oleodinamici ed elettrici fino al quadro di alimentazione, realizzati sottotraccia o su canaline in acciaio zincato a caldo.

## 24 OPERE ELETTROMECCANICHE ALLA NUOVA TRAVERSA DI SBARRAMENTO

### 24.1 CONSISTENZA DELLA FORNITURA

- N°2 paratoie a settore da m 11,50 x 3,00
- N°2 panconatura di monte paratoie a settore
- N°1 paratoia piana tenuta su quattro lati 3500 x 1550 DMV
- N°1 panconatura di monte paratoia DMV
- N°1 Impianto oleoelettrico di comando e segnalazione paratoie a settore e paratoia DMV.
- N° 1 Misuratore di livello ad ultrasuoni
- Quadri comandi
- Impianto di messa a terra

### 24.2 PARATOIE A SETTORE

N° 2 paratoie a settore di cerchio aventi le seguenti caratteristiche:

Tutte le quote sono riferite al piano di soglia.

Luce larga	11,50 m
Luce alta	3,00 m
Raggio a settore	8,60 m

Tenuta su tre lati da monte verso valle

Quota di soglia	365.00 m slm
-----------------	--------------

Quota sommità pile	374.50 m slm
Quota ritenuta normale	3,0 m
Quota max piena	6.5 m
Carico idrostatico norm.	3,0 m di colonna d'acqua
Carico idrostatico max. (assunto per progetto)	7,0 m di colonna d'acqua
Azionamento a doppio cilindro oleodinamico	
Sistema di comando: Volontario per qualsiasi livello tra la quota di soglia e la quota di massima piena	
Corsa max apertura paratoia	0 / 4,2 m
Velocità di sollevamento	0,25 m/min

## 24.2.1 Costruzione

Ciascuna paratoia nel complesso è costituita da:

- Diaframma lg. 11,50 m altezza 3,0 m
- N° 2 gambe (1 sn-1 dx) con mozzi di rotazione su boccola autolubrificante e perno in acciaio AISI 420 bon.
- Cornice su tre lati (2 vert. sx/dx e 1 di soglia) con bulloni e piatti di serraggio in acciaio AISI 304.
- N° 2 alloggiamenti supporti del settore da inserirsi nelle pareti verticali delle pile
- N° 2 supporti di rotazione del settore con struttura di supporto, tiranti di fissaggio alle pareti verticali delle pile
- N° 2 supporti (1 sx/1 dx) di sostegno dei cilindri oleodinamici ancorati alle pile
- N° 2 meccanismi a cilindro oleodinamico
- Telaio con tre parti (2 vert. sx/dx e 1 di soglia) murato alle pile e alla platea di luce 11,50 m
- N° 1 segnalazione del grado di apertura della paratoia con indicazione locale di tutte le posizioni della paratoia
- Controlli d'officina.

## 24.2.2 Materiali, formatura di carpenteria, controlli e trattamenti superficiali

**Diaframma:** struttura in acciaio al carbonio S 355 JO o di tipo superiore, realizzata ad elementi elettrosaldati con lamiere e profilati. Il mantello di raggio 8,6 m, avrà spessori non inferiori a 8 mm; formerà sulla superficie esterna di monte lo sbarramento dell'acqua; la trave composta, di resistenza alla spinta, è realizzata a cassone ed opportuni setti intermedi collegheranno il cassone contribuendo all'irrigidimento della struttura. La lamiera curvata sarà sostenuta da travetti profilati in S 275 JR saldati ad essa ed al cassone principale.

**Gambe del settore:** permetteranno la rotazione e la trasmissione della spinta idrostatica sui supporti ancorati alle pile. Il mozzo terminale (centro di rotazione del settore) sarà munito di boccola autolubrificante. (lamiere e profilati in S 275 JR) la boccola è installata su apposita sede estraibile per permettere eventuale revisione senza dover smontare l'intera paratoia

**Cornice di tenuta su tre lati:** realizzata, per i due tratti verticali laterali, con guarnizioni in neoprene a profilo a "nota musicale"; per il tratto di soglia, con robusto piatto in neoprene del tipo stonato. I piatti premi gomma

di serraggio saranno in acciaio inox AISI 304 con bulloneria di fissaggio non inferiore a M 12 e passo di foratura non superiore a 100 mm.

**N° 2 alloggiamenti supporti di rotazione:** saranno realizzati con una struttura in acciaio S 275 JR a forma cilindrica ed avrà apposti tiranti per trasmettere adeguatamente gli sforzi alle pile in c.a.

**N° 2 supporti di rotazione del settore:** saranno realizzati con elementi elettrosaldati in acciaio S 355 JO completi di perno in acciaio inox AISI 420 bonificato, piastrine antirrotazione dello stesso e bulloni di ancoraggio ai cementi.

**N° 2 supporti (1 sx/1 dx) di sostegno dei cilindri oleodinamici:** realizzati con elementi elettrosaldati in S 355 JO e tubo di sospensione in acciaio Fe52.1 per attacco pistone.

**N° 2 meccanismi a cilindro oleodinamico aventi le seguenti caratteristiche:**

Diametro cilindro e asta di manovra:	240/110
Corsa:	2600 mm circa
Pressione di progetto	200 bar
Pressione di prova	300 bar

**Caratteristiche dei materiali di costruzione:**

- Cilindro in tubo d'acciaio Fe 52.1 con flange d'estremità in S 355 JR, occhio sul fondello superiore con snodo sferico autocentrante in S 355 JR.
- Asta di manovra in acciaio C 40 bonificato, con tratto destinato alla corsa, cromato; estremità superiore filettata per unione allo stantuffo ed estremità inferiore filettata per unione alla forcella di collegamento alla paratoia.
- Stantuffo in acciaio C40 con guarnizione di tenuta e fasce di usura-guida in resina acetilica a bassissimo attrito.

**Telaio murato di contenimento e controtenuta:** sarà realizzato in profilati d'acciaio S235 JR; i piani di tenuta di acciaio inossidabile AISI 304 su tutti i tre lati. La tolleranza di lavorazione elevata garantirà la tenuta idraulica sui quattro lati.

**N° 1 dispositivo di segnalazione ad asta e fodero:** dotato di n° 2 finecorsa di apertura/chiusura e di trasduttore di posizione 4/20  $\mu$ A

## 24.2.3 Trattamenti superficiali delle opere elettromeccaniche

### 24.2.3.1 Superfici a contatto con acqua

- Asportazione totale della calamina, mediante sabbiatura di grado SA 2,5 con profilo angolare dei picchi di circa 50 micron.
- ricopertura immediata (entro 6 ore) con uno strato di primer ad alto contenuto di zinco per uno spessore a film secco di 70 micron
- applicazione di due strati consecutivi di vernice epossidica bicomponente ad alto spessore per uno spessore finale, a film secco di 320 micron.

#### 24.2.3.2 Superfici dei serbatoi in contatto con olio minerale.

- Decapaggio e sgrassaggio;
- applicazione di due mani consecutive di vernice antiolio bicomponente con uno spessore totale di almeno 50 micron.

#### 24.2.3.3 Superfici a contatto con aria

- Asportazione totale della calamina, mediante sabbiatura di grado SA 2,5 con profilo angolare dei picchi di circa 50 micron.
- ricopertura immediata con uno strato di primer ad alto contenuto di zinco (95%), mediante pistola airless, per uno spessore misurato a secco di 70 micron.
- applicazione di una mano di epossi-poliammidico e di una mano di finitura bicomponente poliuretanica RAL da definire, per uno spessore finale del film di 200 micron.

### 24.2.4 Impianto oleodinamico per il comando delle paratoie a settore e paratoia dmV

L'azionamento delle paratoie sarà realizzato mediante meccanismi a pistone azionati da una centralina oleodinamica costituita da due gruppi elettropompa, uno di riserva all'altro, con scambio automatico nel caso di mancato inserimento del gruppo predisposto.

Nella cabina di comando, in prossimità della centralina oleodinamica, verranno predisposte le unità idrauliche (pannelli) di comando dotate di valvole di flusso, distributori elettropilotati e opportune valvole di intercettazione e ritegno.

La centralina sarà altresì dotata di una batteria di accumulatori di pressione olio/azoto, dimensionati per garantire l'esecuzione della manovra di sollevamento delle paratoie dalla posizione di CHIUSURA alla posizione APERTA, senza l'intervento dell'elettropompa.

L'intervento del gruppo elettropompa sarà automatico mediante un pressostato che controlla il valore della pressione accumulata.

In caso di abbassamento eccessivo della pressione un secondo pressostato interverrà sul comando del gruppo segnalando l'anomalia; un terzo segnalerà il superamento della pressione massima per mancato arresto della pompa.

Gli accumulatori oleopneumatici saranno precaricati con azoto ad una pressione pari a quella minima del circuito in modo che, caricando gli accumulatori ad una pressione maggiore sarà possibile sfruttare la riserva accumulata mediante espansione e, quindi, effettuare le manovre. Ogni accumulatore è dotato di valvole d'intercettazione e scarico e di valvola di sicurezza, che controllerà la pressione della batteria.

La batteria di accumulatori sarà dimensionata per gestire solamente le manovre di recupero della posizione di apertura delle paratoie.

Le unità idrauliche (pannelli) di comando (dotati di valvole di flusso, distributori elettropilotati e opportune valvole di intercettazione e ritegno), verranno ubicate a bordo della centralina oleodinamica.

La Centrale oleodinamica si comporrà di:

- Cassone serbatoio olio in lamiera di acciaio elettrosaldato con spessore minimo di 4 mm;
- N° 2 elettropompe ad ingranaggi con asse verticale, ciascuna in grado di garantire la continuità di funzionamento in tutte le condizioni di esercizio. Sarà previsto un dispositivo di scambio in caso di avaria;

- Filtro di caricamento e rabocco olio;
- Targhette indelebili per l'identificazione di tutti i componenti in conformità alla numerazione dello schema oleodinamico;
- Attacchi "minimes" per la misurazione della pressione di mandata delle pompe;
- Avviamento delle pompe in by-pass tramite elettrovalvola;
- Termometro olio;
- N° 2 attacchi con relative valvole a sfera e tappi per filtraggio esterno centralina;
- Valvola di sicurezza sulla mandata;
- Valvole di non ritorno;
- Portella di ispezione serbatoio;
- Filtro su tubazione di ritorno pompe;
- Saracinesca di svuotamento;
- Olio di primo riempimento;
- Scaldiglia con termostato a bassa temperatura superficiale
- Pompa a mano per manovra paratoie;
- Accumulatori d'olio oleopneumatici completi di struttura di supporto in carpenteria e valvole d'intercettazione

#### **Pannelli idraulici di comando e controllo**

I pannelli idraulici, posti a bordo centralina saranno composti da:

- Valvole a sfera di intercettazione;
- Manyfold idraulico di comando e controllo della paratoia con relativi elettro distributori di apertura e chiusura alimentati a 24 V in c.c.;
- Valvola di blocco discesa idropilotata
- Pulsante per avviamento e fermata centralina;
- targhette indelebili sui vari componenti in conformità alla numerazione dello schema.

#### **Tubazioni olio**

Le Tubazioni oleodinamiche, raccordi e relative flangie di giunzione a saldare saranno in acciaio inox AISI 304, per il collegamento tra la centralina e le utenze compresi i collari, per il fissaggio delle tubazioni, in polipropilene e le staffe e la bulloneria in acciaio AISI 304.

Sono compresi la fornitura di tutti i materiali, i trasporti, la posa in opera, i trattamenti superficiali ed ogni altro onere per dare il lavoro compiuto a perfetta regola d'arte.

### **24.2.5 Impianto elettrico di comando delle paratoie a settore e paratoia dmv**

Il quadro di comando sarà implementato con logica a PLC ed avrà caratteristiche costruttive conformi a quanto previsto dalle normative vigenti

#### **Caratteristiche quadro automazione**

Armadio di automazione per la gestione dalla centrale oleodinamica e delle paratoie. Logica gestita da PLC completo di segnali in uscita per eventuale futura gestione remotati.

Visualizzatori a display a 4 digit sul fronte quadro per la visualizzazione della posizione delle paratoie.  
Segnalazione tramite spie luminose a fronte quadro di posizione (AP-CH) e allarme delle paratoie e degli stati e allarmi dell'impianto.

#### **Comandi locali di apertura e chiusura paratoie.**

Il quadro verrà installato nelle immediate vicinanze della centrale oleodinamica e delle paratoie

#### **Caratteristiche costruttive:**

Armadio con porta cieca, piastra di fondo e zoccolo a contenimento delle apparecchiature di automazione. Sul fronte sono disponibili i comandi e le segnalazioni che fungono da interfaccia uomo-macchina.

## **24.2.6 Impianto di terra ed equipotenziale**

Su tutto la fornitura di automazione verrà eseguito l'impianto equipotenziale di terra attenendosi alle normative vigenti e alla documentazione prodotta in fase di progetto esecutivo. Il tutto attenendosi alle normative per fornire un'installazione alla regola d'arte.

#### Caratteristiche elettriche:

Tensione nominale di esercizio:	400 V.
Tensione di isolamento nominale:	690 V.
Frequenza nominale:	50 Hz.
Corrente cortocircuito:	10 kA limitata da interruttore a monte

#### Collegamento interruttori:

Con cavo tipo N07V-K per interruttori con portata max fino a 100 A, sezione minima 1,5 mm<sup>2</sup>.  
Con piatto rame per interruttori con portate superiori a 100 A.  
Dimensionamento secondo norme CEI fascicolo 542 UNEL 01433-72

#### Circuiti ausiliari:

Cavi tipo N07V-K sezione minima 1,5 mmq, circuiti potenza  
Cavi tipo N07V-K sezione minima 0.75 mmq circuiti ausiliari  
Tutti i cavi saranno contrassegnati con segnafile  
Ausiliari sistema di gestione a 24Vcc  
Tensione ausiliaria fornita da alimentatore AC-DC 220-24Vcc o 110Vcc-24Vcc

Distribuzione Elettrovalvole di pilotaggio attuatori idraulici 24Vcc

Relè di potenza zoccolati

Pulsanti Apre/chiude

Segnalatori luminosi

Motori asincroni trifase 380/400 V avviamento diretto

Salvamotore

Contattori tripolari

Selettore aut/man

Segnalatori luminosi

Interfacce e morsettiere

Morsetteria

Materiale accessorio (canalette cablaggio, terminali, fascette e quant'altro per un lavoro alla regola d'arte)

## 24.2.7 Caratteristiche impianto di automazione

### Centrale oleodinamica

Il cablaggio elettrico dei componenti montati sulla centrale oleodinamica è eseguito con conduttori protetti da guaina in PVC liscio altamente resistente ad olii, grassi ed acidi diluiti. Composto da scatola di derivazione a bordo centrale con morsettieria numerata alla quale si allacciano tutte le apparecchiature della centrale (pressostati, livellostati, elettrovalvole) con esclusione delle utenze alimentate a 400V. La scatola di derivazione viene connessa alla scatola di interfaccia dei segnali tramite tubazione in acciaio zincato e guaina armata a protezione del cavo multipolare di collegamento.

Le utenze alimentate a 400V vengono allacciate direttamente al quadro elettrico

Caratteristiche elettriche:

Alimentazione elettrovalvole:	24Vcc
Alimentazione motori:	400Vca
Alimentazione sensori:	24Vcc

### Paratoie

Le paratoie vengono manovrate tramite attuatori oleodinamici comandati da elettrovalvole. Le posizioni di completa apertura e chiusura delle paratoie vengono rilevate da finecorsa di tipo induttivo e la posizione continua da trasduttori di posizione con uscita 4-20mA di tipo rotativo (encoder) o lineare in funzione dell'applicazione specifica. Sulla paratoia viene installata una scatola di derivazione con morsettieria numerata a cui si collegano i finecorsa di posizione, pressostati di sicurezza, se presenti, ed eventuali elettrovalvole di comando. Tutti i cavi dei sensori e comandi che arriveranno alla suddetta scatola saranno protetti da guaine o tubazioni. Il trasduttore di posizione viene collegato direttamente al quadro elettrico per mezzo di multicavo schermato posato entro tubazioni conduit e/o guaine.

Caratteristiche elettriche:

Alimentazione elettrovalvole:	24Vcc
Alimentazione sensori:	24Vcc

### Cavi impianto automazione

Interfaccia quadro elettrico - centrale oleodinamica (scatola sensori) Caratteristiche elettriche:

Tensione di alimentazione:	24Vcc
Circuito:	ausiliari
Conformazione:	Multipolare 16-19 conduttori + T
Sezione conduttore:	1,5
Tipo di cavo:	FG7OM1
Tipo di posa:	in guaine e/o tubazione conduit

Interfaccia quadro elettrico - utenze 400V Caratteristiche elettriche:

Tensione di alimentazione:	400Vca
Circuito:	trasporto e distribuzione energia BT
Conformazione:	Multipolare 3P+T
Sezione conduttore:	da dimensionare in fase di progetto
Tipo di cavo:	FG7OM1
Tipo di posa:	in guaine e/o tubazione conduit

Interfaccia quadro elettrico - paratoia (scatola derivazione) Caratteristiche elettriche:

Tensione di alimentazione:	24Vcc
Circuito:	ausiliari
Conformazione:	Multipolare 10-16 conduttori + T
Sezione conduttore:	1,5
Tipo di cavo:	FG7OM1
Tipo di posa:	in guaine e/o tubazione conduit

Interfaccia quadro elettrico - trasduttori posizione paratoie Caratteristiche elettriche:

Tensione di alimentazione:	24Vcc
Circuito:	ausiliari
Conformazione:	Multipolare schermato 4 conduttori +T
Sezione conduttore:	1,5
Tipo di cavo:	FG7OM1
Tipo di posa:	in guaine e/o tubazione conduit

### Impianto di terra ed equipotenziale

Su tutto la fornitura di automazione verrà eseguito l'impianto equipotenziale di terra attenendosi alle normative vigenti e alla documentazione prodotta in fase progettuale. Il tutto attenendosi alle normative per fornire un'installazione alla regola d'arte.

## 24.3 PANCONATURA DI MONTE PARATOIE A SETTORE

### 24.3.1 Gargami

Dimensioni di massima	
Larghezza luce netta	11,50 m
Altezza gargami	7,00 m
Tenuta su tre lati da monte verso valle	
Quota di soglia	365.00 m slm
Quota sommità pile	372.00 m slm
Quota ritenuta normale	3,0 m
Carico idrostatico norm.	3,0 m di colonna d'acqua
Carico idrostatico max. (assunto per progetto)	7,0 m di colonna d'acqua
Quantità prevista	n° 2 complessivi

### 24.3.1.1 Materiali, formatura di carpenteria, controlli e trattamenti superficiali Gargami Panconi

**Gargami** realizzati mediante profilati in acciaio al carbonio S235JR, adeguatamente dimensionati per distribuire i carichi alle opere civili, il profilo laterale di guida e le strutture verticali sono in acciaio al carbonio S 235JR. Piatti di contro tenuta in acciaio inox AISI 304 perfettamente lineari

### 24.3.2 Panconi

Dimensioni di massima	
Larghezza luce netta	11,50 m
Altezza panconatura ottenuta con 4 elementi	4,00 m
Tenuta su tre lati da monte verso valle	
Quota di soglia	365.00 m slm
Quota sommità pile	372.00 m slm
Quota ritenuta normale	3,0 m
Carico idrostatico norm.	3,0 m di colonna d'acqua
Carico idrostatico max. (assunto per progetto)	7,0 m di colonna d'acqua
Quantità prevista	n° 2 complessivi

### 24.3.3 Materiali, formatura di carpenteria, controlli e trattamenti superficiali Panconi

- Diaframma: realizzato in struttura elettrosaldata, composta da un mantello piano, supportato da travi principali orizzontali ed irrigidimenti verticali in lamiera e profilati d'acciaio (lamiere in S275JR).
- Cornice di tenuta: sarà realizzata per i due tratti verticali laterali, con guarnizioni in neoprene con profilo a "nota musicale" mentre sulla soglia con robusto piatto in neoprene. I piatti di serraggio ed i bulloni saranno in acciaio AISI 304.

### 24.3.4 Accessori

**Trave pescatrice** per l'inserimento e l'estrazione dei panconi

La trave pescatrice è del tipo automatica, con ganci e albero di collegamento fra gli stessi, a garantire, l'avvenuto aggancio-sgancio di entrambi i lati.

#### Materiali

- Travi in acciaio S 235 JR di adeguate dimensioni
- Ganci in acciaio S 335 JR
- Perni in acciaio inox su boccole in materiale autolubrificante

La trave pescatrice così realizzata garantisce facilità di varo ed estrazione, diminuisce drasticamente la possibilità di manovre errate

N° 1 complessivo

Trattamenti superficiali per le parti in Fe relative al sistema di Panconatura

- Asportazione totale della calamina, mediante sabbiatura di grado SA 2,5 con profilo angolare dei picchi di circa 50 micron.
- ricopertura immediata (entro 6 ore) con uno strato di primer ad alto contenuto di zinco per uno spessore a film secco di 70 micron
- applicazione di due strati consecutivi di vernice epossidica bicomponente ad alto spessore per uno spessore finale, a film secco di 320 micron

## 24.4 PARATOIA PIANA A STRISCIAMENTO D M V

Dimensioni di massima

Larghezza luce netta	4,50 m
Altezza luce netta di ritenuta	1,55 m
Tenuta su quattro lati da monte verso valle	
Altezza gargami	8,20 m
Quota di soglia	363.80 m slm
Quota platea	372.00 m slm
Quota ritenuta normale	4,2 m
Carico idrostatico norm.	4,2 m di colonna d'acqua
Carico idrostatico max. (assunto per progetto)	8,2 m di colonna d'acqua
Corsa max apertura paratoia	1,55 m
Velocità di sollevamento	0,20 m/min
Quantità prevista	n° 1 pezzo

### 24.4.1 Costruzione

La paratoia nel complesso è costituita da:

- Diaframma lg. 4,75 m altezza 1,75 m
- Rinforzi in travi trafilati a caldo di adeguata sezione a formare un reticolo di resistenza in funzione del battente idraulico
- Cornice su quattro lati (2 vert. sx/dxm 1 di soglia 1 tenuta orizzontale superiore) con bulloni e piatti di serraggio in acciaio AISI 304.
- N° 1 struttura superiore di sostegno/supporto del cilindro oleodinamico di comando da collegarsi direttamente sulle opere in c.a.
- N° 1 meccanismo a cilindro oleodinamico
- Telaio con quattro parti (2 vert. sx/dx 1 di soglia 1 tenuta orizzontale superiore) murato alle pile e alla platea
- N° 1 segnalazione del grado di apertura della paratoia con indicazione locale di tutte le posizioni della paratoia
- Controlli d'officina.

## 24.4.2 Materiali, formatura di carpenteria, controlli e trattamenti superficiali

**Diaframma:** struttura in acciaio al carbonio S 355 JO o di tipo superiore, realizzata ad elementi elettrosaldati con lamiere e profilati. Il mantello avrà spessori non inferiori a 8 mm; formerà sulla superficie esterna di monte lo sbarramento dell'acqua; travi posteriori elettrosaldate formeranno la struttura di resistenza alla spinta, alla spinta idraulica prevista, opportuni setti intermedi collegheranno le travi alla lamiera contribuendo all'irrigidimento della struttura. Considerando inoltre la sproporzione fra la luce netta e l'altezza della paratoia la stessa verrà prolungata in altezza per garantire un adeguato rapporto fra la base e l'altezza delle guide laterali.

**Pattini di strisciamento:** in ottone OT 58 garantiranno l'adeguata precarica delle guarnizioni laterali e superiori allo stesso tempo garantiscono un adeguato consumo durante le fasi di apertura, saranno inoltre installati dei pattini di strisciamento laterali per guidare il diaframma

**Cornice di tenuta su quattro lati:** realizzata, per i due tratti verticali laterali e per la tenuta orizzontale superiore, con guarnizioni in neoprene a profilo a "nota musicale"; per il tratto di soglia, con robusto piatto in neoprene del tipo stondato. I piatti premi gomma di serraggio saranno in acciaio inox AISI 304 con bulloneria di fissaggio non inferiore a M 12 e passo di foratura non superiore a 100 mm.

**N° 1 supporto di sostegno del cilindro oleodinamico:** realizzato con travi ed elementi elettrosaldati in S 355 JO completa di piastra centrale di supporto cilindro e attacchi laterali per il trasferimento degli sforzi alle opere civili

**Asta di prolunga:** realizzata con un robusto tubo meccanico in grado di garantire con ampia sicurezza il massimo carico di punta trasmissibile dal cilindro di comando, sarà inoltre previsto ed installato un sistema di rompitratte centrale costituito da n° 2 rulli di guida albero

N° 1 meccanismi a cilindro oleodinamico aventi le seguenti caratteristiche

Diametro cilindro e asta di manovra:	80/50
Corsa:	1100 mm circa
Pressione di progetto	200 bar
Pressione di prova	300 bar

### Caratteristiche dei materiali di costruzione:

- Cilindro in tubo d'acciaio Fe 52.1 con flange d'estremità in S 355 JR, Piastra inferiore d'appoggio
- Asta di manovra in acciaio C 40 bonificato, con tratto destinato alla corsa, cromato; estremità superiore filettata per unione allo stantuffo ed estremità inferiore filettata per unione alla forcella di collegamento all'asta di prolunga.
- Stantuffo in acciaio C40 con guarnizione di tenuta e fasce di usura-guida in resina acetica a bassissimo attrito.

**Telaio murato di contenimento e controtenuta:** sarà realizzato in profilati d'acciaio S235 JR; i piani di tenuta di acciaio inossidabile AISI 304 su tutti i quattro lati. La tolleranza di lavorazione elevata garantirà la tenuta idraulica sui quattro lati.

N° 1 *dispositivo di segnalazione* ad asta e fodero: dotato di n° 2 finecorsa di apertura e chiusura. E di trasduttore di posizione 4/20  $\mu$ A

### 24.4.3 Logica di funzionamento ed accessori

La paratoia per il rilascio del deflusso minimo vitale avrà il compito di rilasciare verso valle una portata programmabile in funzione dei livelli idrici del lago.

Fissato infatti il DMV, per ogni livello idrico tra 364.75 m slm (minima regolazione) e 368.00 m slm (massima regolazione) si avrà il passaggio di un certo quantitativo di portata attraverso la scala di risalita dei pesci.

Per differenza si ottiene la portata da rilasciare attraverso la paratoia piana a garanzia del mantenimento del minimo deflusso vitale sul Chiese.

Rimandando alla Relazione Idraulica per le esatte quantificazioni, basta qui ricordare che per il corretto funzionamento del sistema, la paratoia dovrà essere automaticamente asservibile ad un misuratore dei livelli idrici sul lago.

Si dovrà pertanto implementare tramite PLC, un sistema univoco livelli lago / apertura paratoia, programmabile sulla base del quantitativo di DMV da lasciare in alveo.

Il quadro di comando della paratoia sarà pertanto implementato con logica a PLC ed avrà caratteristiche costruttive conformi a quanto previsto dalle normative vigenti.

Sul quadro saranno riportati i pulsanti di marcia ed arresto pompa, apertura e chiusura paratoie per effettuare le operazioni di comando in manuale. Nel funzionamento automatico il PLC di controllo posiziona automaticamente in apertura o chiusura la lente in funzione del livello di monte chiudendo o sollevando il diaframma in funzione di letture differenziate del livello proporzionate al tempo impostato. Sul fronte del quadro verrà installato un display indicante la posizione della paratoia.

Si riporteranno, inoltre, le segnalazioni di allarme provenienti dalla centralina idraulica.

#### 24.4.3.1 Misuratore di livello ad ultrasuoni

Per la misurazione dei livelli si prevede l'installazione di un misuratore ad ultrasuoni avente le seguenti caratteristiche:

n. 01 sensore di livello a pressione o ultrasuoni con segnale 4÷20mA, alimentazione 24Vcc, completo di supporto e scaricatore (livello vasca carico) a due fili con le seguenti caratteristiche:

- Campo scala per liquidi: 0.25...6 m
- Sensore per compensazione temperatura incorporato
- Temperatura di funzionamento: -40° ÷ +80° C
- Grado di protezione IP67
- Corpo trasduttore e membrana in PVDF
- Attacco 2" NPT
- Alimentazione: 12...28 Vdc
- Uscita: 4 ... 20 mA
- Carico max.: 550  $\Omega$
- Classe di precisione: 0.15%

Completo di:

- n. 1 cassetta di giunzione da esterno per cavo prolunga (sonda di livello-unità elettronica di elaborazione) con 1 scaricatore di sovratensione per protezione lato segnale di misura;
- n. 1 staffa a sbalzo recuperabile L=1.5 m in acciaio inox, con coperchio per trasduttore di livello ad ultrasuoni

## 24.5 PANCONATURA DI MONTE PARATOIA DMV

### 24.5.1 Gargami

Dimensioni di massima	
Larghezza luce netta	4,50m
Altezza gargami	8,20 m
Tenuta su tre lati da monte verso valle	
Altezza gargami	8,20 m
Quota di soglia	363.80 m slm
Quota soletta	372.00 m slm
Quota ritenuta normale	4,20 m
Carico idrostatico norm.	4,20 m di colonna d'acqua
Carico idrostatico max. (assunto per progetto)	8,20 m di colonna d'acqua
Quantità prevista	n° 1 coppia complessivo

#### 24.5.1.1 Materiali, formatura di carpenteria, controlli e trattamenti superficiali Gargami Panconi

*Gargami* realizzati mediante profilati in acciaio al carbonio S235JR, adeguatamente dimensionati per distribuire i carichi alle opere civili, il profilo laterale di guida e le strutture verticali sono in acciaio al carbonio S 235JR. Piatti di contro tenuta in acciaio inox AISI 304 perfettamente lineari

### 24.5.2 Panconi

Dimensioni di massima	
Larghezza luce netta	4,50 m
Altezza panconatura ottenuta con 4 elementi	4.20 m
Tenuta su tre lati da monte verso valle	
Quota di soglia	363.80 m slm
Quota soletta	372.00 m slm
Quota ritenuta normale	4,20 m
Carico idrostatico norm.	4,20 m di colonna d'acqua
Carico idrostatico max. (assunto per progetto)	8,20 m di colonna d'acqua
Quantità prevista	n° 1 complessivo

#### 24.5.2.1 Materiali, formatura di carpenteria, controlli e trattamenti superficiali Panconi

Diaframma: realizzato in struttura elettrosaldata, composta da un mantello piano, supportato da travi principali orizzontali ed irrigidimenti verticali in lamiera e profilati d'acciaio (lamiere in S275JR).

Cornice di tenuta: sarà realizzata per i due tratti verticali laterali, con guarnizioni in neoprene con profilo a "nota musicale" mentre sulla soglia con robusto piatto in neoprene. I piatti di serraggio ed i bulloni saranno in acciaio AISI 304.

#### 24.5.2.2 Accessori

**Trave pescatrice** per l'inserimento e l'estrazione dei panconi

La trave pescatrice è del tipo automatica, con ganci e albero di collegamento fra gli stessi, a garantire, l'avvenuto aggancio-sgancio di entrambi i lati.

##### Materiali

- Travi in acciaio S 235 JR di adeguate dimensioni
- Ganci in acciaio S 335 JR
- Perni in acciaio inox su boccole in materiale autolubrificante

La trave pescatrice così realizzata garantisce facilità di varo ed estrazione, diminuisce drasticamente la possibilità di manovre errate

#### N° 1 complessivo

Trattamenti superficiali per le parti in Fe relative al sistema di Panconatura

- Asportazione totale della calamina, mediante sabbiatura di grado SA 2,5 con profilo angolare dei picchi di circa 50 micron.
- ricopertura immediata (entro 6 ore) con uno strato di primer ad alto contenuto di zinco per uno spessore a film secco di 70 micron
- applicazione di due strati consecutivi di vernice epossidica bicomponente ad alto spessore per uno spessore finale, a film secco di 320 micron.

## 25 OPERE ELETTROMECCANICHE IMBOCCO GALLERIA

### 25.1 CONSISTENZA DELLA FORNITURA

- N°2 paratoie di monte in cassa con clapet di isolamento imbocco galleria da m 4,50 x 4,50 complete di raccordo imbocco di monte L m 0,75
- N°2 paratoie di valle in cassa imbocco galleria da m 4,50 x 4,50 complete di raccordo sbocco di valle L m 0,75
- N°4 tubi aerofori
- N°1 Impianto oleoelettrico di comando e segnalazione paratoie imbocco galleria
- Quadri elettrici ed impianto di messa a terra

## 25.2 PARATOIA DI MONTE IMBOCCO GALLERIA CON CLAPET DI ISOLAMENTO

N° 2 paratoie piane a strisciamento aventi le seguenti caratteristiche:

Tutte le quote sono riferite al piano di soglia.

Luce larga	4,50 m
Luce alta	4,50 m
Tenuta su quattro lati da monte verso valle	
Quota di soglia	359,50 m slm
Quota camera valvole	369,80 m slm
Carico idrostatico max. (assunto per progetto)	2,5 m c.a
Azionamento a cilindro oleodinamico	
Sistema di comando: Volontario per qualsiasi livello tra la quota di soglia e la quota di massima piena	
Corsa max apertura paratoia	0 / 5,5 m
Velocità di sollevamento	0,20 m/min
Clapet di isolamento con comando oleodinamico	
Imbocco di monte	4,50 x 4, 50   0,75 m
Quantità prevista	n° 2 Pz

### 25.2.1 Costruzione

La paratoia nel complesso è costituita da:

- N° 1 Diaframma;
- N° 1 Coperchio;
- N° 1 Clapet di isolamento
- N° 1 Cassa intelaiatura con gargami;
- N° 1 Cassa di contro tenuta clapet
- N° 1 Imbocco metallico di raccordo alla cassa intelaiatura lato monte;
- N° 1 Servomotore oleodinamico a doppio effetto comando diaframma;
- N° 1 servomotore oleodinamico a doppio effetto comando clapet;
- N° 1 Sistema meccanico di indicazione posizione paratoia completo di fine corsa elettrici aperto/chiuso;
- N° 1 Segnalatore grado di apertura paratoia con segnale 4/20  $\mu$ A
- N° 1 Sistema meccanico di indicazione posizione clapet completo di fine corsa elettrici aperto/chiuso;
- Tubazioni di Bay pass con la paratoia di valle

### 25.2.2 Materiali, formatura di carpenteria, controlli e trattamenti superficiali

**Tenute** su 4 lati, in corrispondenza delle battute di soglia di quelle verticali, e sul lato orizzontale superiore, costituite da piatto in ottone di tenuta, da accoppiare alla rispettiva controtenute sul telaio fisso, realizzata con

piatti in ottone lavorate alle macchine utensili con elevato grado di finitura e fissate con viti in acciaio inox allo scudo paratoia;

**Diaframma** costituito da una struttura in acciaio atta a resistere al carico idrostatico ed agli sforzi trasmessi dai meccanismi di comando, realizzato con lamiera in acciaio S355 JO con profilati di irrigidimento saldati posteriormente;

**Telaio fisso** costituito da apposita cassa, realizzata in lamiera in acciaio al carbonio, opportunamente rinforzata per resistere al carico previsto senza il contributo dei cementi, con la funzione di cassero a perdere; tale struttura conterrà la paratoia durante tutta la sua corsa e avrà posizionato sull'estremità superiore, cappello metallico di sostegno del cilindro oleodinamico di manovra e chiusura cassa;

**Cappello di chiusura cassa** costituito da robusta intelaiatura flangiata alla cassa avente elevata resistenza in grado di supportare il cilindro di comando, avrà inoltre inserito lato acqua un adeguato sistema di tenute per impedire la fuoriuscita dell'acqua

**Controtenute in acciaio** inox AISI 304 saldate al telaio lavorate alle macchine utensili con elevato grado di finitura

**Clapet di isolamento** costituito da una struttura in acciaio atta a resistere al carico imposto con articolazioni laterali su boccole in materiale autolubrificate e perni in acciaio inox AIS 420 bonificato, tenute in ottone / gomma su controtenute in acciaio inox installate in apposita cassa tutte le sedi andranno lavorate alle macchine utensili con un elevato grado di finitura

**Imbocco di raccordo** posizionato a monte della paratoia realizzato anch'esso in acciaio al carbonio, che si estenderà in tale direzione per circa 0,75 m; Avrà profilo quadrato e avrà le stesse caratteristiche di resistenza della cassa. L'imbocco sarà collegato direttamente alla struttura della cassa;

**N°1 meccanismo a cilindro** oleodinamico per il comando della paratoia avente le seguenti caratteristiche:

Diametro cilindro e asta di manovra:	400/180
Corsa:	5500 mm circa
Pressione di progetto	200 bar
Pressione di prova	300 bar

#### **Caratteristiche dei materiali di costruzione:**

Cilindro in tubo d'acciaio Fe 52.1 con flange d'estremità in S 355 JR, flangia anteriore di appoggio e fissaggio al coperchio della cassa

Asta di manovra in acciaio C 40 bonificato, con tratto destinato alla corsa, cromato; estremità superiore filettata per unione allo stantuffo ed estremità inferiore filettata per unione al diaframma della paratoia.

Stantuffo in acciaio C40 con guarnizione di tenuta e fasce di usura-guida in resina acetilica a bassissimo attrito.

**N°1 meccanismo a cilindro** oleodinamico per il comando del clapet avente le seguenti caratteristiche:

Diametro cilindro e asta di manovra:	100/50
Corsa:	550 mm circa

Pressione di progetto	200 bar
Pressione di prova	300 bar

#### Caratteristiche dei materiali di costruzione:

Cilindro in tubo d'acciaio Fe 52.1 con flange d'estremità in S 355 JR, snodo posteriore di fissaggio

Asta di manovra in acciaio C 40 bonificato, con tratto destinato alla corsa, cromato; estremità superiore filettata per unione allo stantuffo ed estremità inferiore filettata per unione alla forcella di comando clapet

Stantuffo in acciaio C40 con guarnizione di tenuta e fasce di usura-guida in resina acetica a bassissimo attrito.

**N° 1 dispositivo di segnalazione** ad asta e fodero: dotato di n° 2 finecorsa di aperto/chiuso e di trasduttore di posizione 4/20  $\mu$ A completo di tenuta inferiore lato acqua per la paratoia

**N° 1 dispositivo di segnalazione** per il clapet dotato di n° 2 finecorsa di aperto/chiuso

## 25.3 PARATOIA DI VALLE IMBOCCO GALLERIA

N° 2 paratoie piane a striscimento aventi le seguenti caratteristiche:

Tutte le quote sono riferite al piano di soglia.

Luce larga	4,50 m
Luce alta	4,50 m
Tenuta su quattro lati da monte verso valle	
Quota di soglia	359,50 m slm
Quota camera valvole	369,80 m slm
Carico idrostatico max. (assunto per progetto)	12,5 m c.a.
Azionamento a cilindro oleodinamico	
Sistema di comando: Volontario per qualsiasi livello tra la quota di soglia e la quota di massima piena	
Corsa max apertura paratoia	0 / 4,6 m
Velocità di sollevamento	0,20
Clapet di isolamento con comando oleodinamico	
Imbocco di monte	4,50 x 4,50 l 0,75 m
Quantità prevista	n° 2 Pz

### 25.3.1 Costruzione

La paratoia nel complesso è costituita da:

- N° 1 Diaframma;
- N° 1 Coperchio;
- N° 1 Cassa intelaiatura con gargami;
- N° 1 Sbocco metallico di raccordo alla cassa intelaiatura lato valle;
- N° 1 Servomotore oleodinamico a doppio effetto comando diaframma;
- N° 1 Sistema meccanico di indicazione posizione paratoia completo di fine corsa elettrici aperto/chiuso;
- N° 1 Segnalatore grado di apertura paratoia con segnale 4/20  $\mu$ A

### 25.3.1.1 Materiali, formatura di carpenteria, controlli e trattamenti superficiali

**Tenute** su 4 lati, in corrispondenza delle battute di soglia di quelle verticali, e sul lato orizzontale superiore, costituite da piatto in ottone di tenuta, da accoppiare alla rispettiva controtenute sul telaio fisso, realizzata con piatti in ottone lavorate alle macchine utensili con elevato grado di finitura e fissate con viti in acciaio inox allo scudo paratoia;

**Diaframma** costituito da una struttura in acciaio atta a resistere al carico idrostatico ed agli sforzi trasmessi dai meccanismi di comando, realizzato con lamiera in acciaio S355 JO con profilati di irrigidimento saldati posteriormente;

**Telaio** fisso costituito da apposita cassa, realizzata in lamiera in acciaio al carbonio, opportunamente rinforzata per resistere al carico previsto senza il contributo dei cementi, con la funzione di cassero a perdere; tale struttura conterrà la paratoia durante tutta la sua corsa e avrà posizionato sull'estremità superiore, cappello metallico di sostegno del cilindro oleodinamico di manovra e chiusura cassa;

**Cappello di chiusura cassa** costituito da robusta intelaiatura flangiata alla cassa avente elevata resistenza in grado di supportare il cilindro di comando, avrà inoltre inserito lato acqua un adeguato sistema di tenute per impedire la fuoriuscita dell'acqua

**Controtenute** in acciaio inox AISI 304 saldate al telaio lavorate alle macchine utensili con elevato grado di finitura

**Sbocco di raccordo** posizionato a valle della paratoia realizzato anch'esso in acciaio al carbonio, che si estenderà in tale direzione per circa 0,75 m; Avrà profilo quadrato e avrà le stesse caratteristiche di resistenza della cassa. Lo sbocco sarà collegato direttamente alla struttura della cassa;

**N°1 meccanismo a cilindro oleodinamico** per il comando della paratoia avente le seguenti caratteristiche:

Diametro cilindro e asta di manovra:	400/180
Corsa:	5500 mm circa
Pressione di progetto	200 bar
Pressione di prova	300 bar

#### Caratteristiche dei materiali di costruzione:

Cilindro in tubo d'acciaio Fe 52.1 con flange d'estremità in S 355 JR, flangia anteriore di appoggio e fissaggio al coperchio della cassa

Asta di manovra in acciaio C 40 bonificato, con tratto destinato alla corsa, cromato; estremità superiore filettata per unione allo stantuffo ed estremità inferiore filettata per unione al diaframma della paratoia.

Stantuffo in acciaio C40 con guarnizione di tenuta e fasce di usura-guida in resina acetica a bassissimo attrito.

**N° 1 dispositivo di segnalazione** ad asta e fodero: dotato di n° 2 finecorsa di aperto/chiuso e di trasduttore di posizione 4/20  $\mu$ A completo di tenuta inferiore lato acqua per la paratoia.

## 25.4 IMPIANTO OLEODINAMICO PER IL COMANDO DELLE PARATOIE IN CASSA

L'azionamento delle paratoie sarà realizzato mediante meccanismi a pistone azionati da una centralina oleodinamica costituita da due gruppi elettropompa, uno di riserva all'altro, con scambio automatico nel caso di mancato inserimento del gruppo predisposto.

Nella cabina di comando, in prossimità della centralina oleodinamica, verranno predisposte le unità idrauliche (pannelli) di comando dotate di valvole di flusso, distributori elettropilotati e opportune valvole di intercettazione e ritegno.

La centralina sarà altresì dotata di una batteria di accumulatori di pressione olio/azoto, dimensionati per garantire l'esecuzione della manovra di sollevamento delle paratoie dalla posizione di CHIUSURA alla posizione APERTA, senza l'intervento dell'elettropompa.

L'intervento del gruppo elettropompa sarà automatico mediante un pressostato che controlla il valore della pressione accumulata.

In caso di abbassamento eccessivo della pressione un secondo pressostato interverrà sul comando del gruppo segnalando l'anomalia; un terzo segnalerà il superamento della pressione massima per mancato arresto della pompa.

Gli accumulatori oleopneumatici saranno precaricati con azoto ad una pressione pari a quella minima del circuito in modo che, caricando gli accumulatori ad una pressione maggiore sarà possibile sfruttare la riserva accumulata mediante espansione e, quindi, effettuare le manovre. Ogni accumulatore è dotato di valvole d'intercettazione e scarico e di valvola di sicurezza, che controllerà la pressione della batteria.

La batteria di accumulatori sarà dimensionata per gestire solamente le manovre di recupero della posizione di apertura delle paratoie.

Le unità idrauliche (pannelli) di comando (dotati di valvole di flusso, distributori elettropilotati e opportune valvole di intercettazione e ritegno), verranno ubicate a bordo della centralina oleodinamica.

### 25.4.1 Centrale oleodinamica

La Centrale oleodinamica si comporrà di:

- Cassone serbatoio olio in lamiera di acciaio elettrosaldato con spessore minimo di 4 mm;
- Il cassone avrà un attacco con valvola di intercettazione per aspirazione Diesel-pompa;
- N° 2 elettropompe ad ingranaggi con asse verticale, ciascuna in grado di garantire la continuità di funzionamento in tutte le condizioni di esercizio. Sarà previsto un dispositivo di scambio in caso di avaria;
- Filtro di caricamento e rabbocco olio;
- Targhette indelebili per l'identificazione di tutti i componenti in conformità alla numerazione dello schema oleodinamico;
- Attacchi "minimes" per la misurazione della pressione di mandata delle pompe;
- Avviamento delle pompe in by-pass tramite elettrovalvola;
- Termometro olio;
- N° 2 attacchi con relative valvole a sfera e tappi per filtraggio esterno centralina;
- Valvola di sicurezza sulla mandata;
- Valvole di non ritorno;
- Portella di ispezione serbatoio;

- Filtro su tubazione di ritorno pompe;
- Saracinesca di svuotamento;
- Olio di primo riempimento;
- Scaldiglia con termostato a bassa temperatura superficiale
- Accumulatori d'olio oleopneumatici completi di struttura di supporto in carpenteria e valvole d'intercettazione

#### **N. 1 gruppo di emergenza costituito da:**

- n. 2 pompe a mano, su colonnetta, con leva e valvole di intercettazione
- n. 1 motopompa (diesel-pompa) con motore e pompa coassiali su basamento e valvola di intercettazione.

### **25.4.2 Pannelli idraulici di comando e controllo**

I pannelli idraulici, posti a bordo centralina saranno composti da:

- Valvole a sfera di intercettazione;
- Manyfold idraulico di comando e controllo della paratoia con relativi elettro distributori di apertura e chiusura alimentati a 24 V in c.c.;
- Valvola di blocco discesa idropilotata
- Pulsante per avviamento e fermata centralina;
- targhette indelebili sui vari componenti in conformità alla numerazione dello schema.

### **25.4.3 Tubazioni olio**

Le Tubazioni oleodinamiche, raccordi e relative flangie di giunzione a saldare saranno in acciaio inox AISI 304, per il collegamento tra la centralina e le utenze compresi i collari, per il fissaggio delle tubazioni, in polipropilene e le staffe e la bulloneria in acciaio AISI 304.

Sono compresi la fornitura di tutti i materiali, i trasporti, la posa in opera, i trattamenti superficiali ed ogni altro onere per dare il lavoro compiuto a perfetta regola d'arte.

## **25.5 IMPIANTO ELETTRICO DI COMANDO DELLE PARATOIE IN CASSA**

Il quadro di comando sarà implementato con logica a PLC ed avrà caratteristiche costruttive conformi a quanto previsti dalle normative vigenti

#### **Caratteristiche quadro automazione**

Armadio di automazione per la gestione dalla centrale oleodinamica e delle paratoie. Logica gestita da PLC completo di segnali in uscita per eventuale futura gestione remotati.

Visualizzatori a display a 4 digit sul fronte quadro per la visualizzazione della posizione delle paratoie.

Segnalazione tramite spie luminose a fronte quadro di posizione (AP-CH) e allarme delle paratoie e degli stati e allarmi dell'impianto.

Comandi locali di apertura e chiusura paratoie.

Il quadro verrà installato nelle immediate vicinanze della centrale oleodinamica e delle paratoie

#### Caratteristiche costruttive:

Armadio con porta cieca, piastra di fondo e zoccolo a contenimento delle apparecchiature di automazione. Sul fronte sono disponibili i comandi e le segnalazioni che fungono da interfaccia uomo-macchina.

### 25.5.1 Impianto di terra ed equipotenziale

Su tutto la fornitura di automazione verrà eseguito l'impianto equipotenziale di terra attenendosi alle normative vigenti e alla documentazione prodotta in fase progettuale. Il tutto attenendosi alle normative per fornire un'installazione alla regola d'arte.

#### Caratteristiche elettriche:

- Tensione nominale di esercizio: 400 V.
- Tensione di isolamento nominale: 690 V.
- Frequenza nominale: 50 Hz.
- Corrente cortocircuito: 10 kA limitata da interruttore a monte

#### Collegamento interruttori:

- Con cavo tipo N07V-K per interruttori con portata max fino a 100 A, sezione minima 1,5 mmq.
- Con piatto rame per interruttori con portate superiori a 100 A.
- Dimensionamento secondo norme CEI fascicolo 542 UNEL 01433-72.

#### Circuiti ausiliari:

- Cavi tipo N07V-K sezione minima 1,5 mmq, circuiti potenza.
- Cavi tipo N07V-K sezione minima 0.75 mmq circuiti ausiliari.
- Tutti i cavi saranno contrassegnati con segnafile.
- Ausiliari sistema di gestione a 24Vcc
- Tensione ausiliaria fornita da alimentatore AC-DC 220-24Vcc o 110Vcc-24Vcc -

#### Distribuzione

##### Elettrovalvole di pilotaggio attuatori idraulici 24Vcc

- Relè di potenza zoccolati
- Pulsanti Apre/chiude
- Segnalatori luminosi
- Motori asincroni trifase 380/400 V avviamento diretto
- Salvamotore
- Contattori tripolari
- Selettore aut/man
- Segnalatori luminosi.

#### Interfacce e morsettiere

- Morsetteria
- Materiale accessorio (canalette cablaggio, terminali, fascette e quant'altro per un lavoro alla regola d'arte)

## 25.6 CARATTERISTICHE IMPIANTO DI AUTOMAZIONE

### 25.6.1 Centrale oleodinamica

Il cablaggio elettrico dei componenti montati sulla centrale oleodinamica è eseguito con conduttori protetti da guaina in PVC liscio altamente resistente ad olii, grassi ed acidi diluiti. Composto da scatola di derivazione a bordo centrale con morsettiera numerata alla quale si allacciano tutte le apparecchiature della centrale (pressostati, livellostati, elettrovalvole) con esclusione delle utenze alimentate a 400V. La scatola di derivazione viene connessa alla scatola di interfaccia dei segnali tramite tubazione in acciaio zincato e guaina armata a protezione del cavo multipolare di collegamento.

Le utenze alimentate a 400V vengono allacciate direttamente al quadro elettrico

Caratteristiche elettriche:

Alimentazione elettrovalvole:	24Vcc
Alimentazione motori:	400Vca
Alimentazione sensori:	24Vcc

### 25.6.2 Paratoie

Le paratoie vengono manovrate tramite attuatori oleodinamici comandati da elettrovalvole. Le posizioni di completa apertura e chiusura delle paratoie vengono rilevate da finecorsa di tipo induttivo e la posizione continua da trasduttori di posizione con uscita 4-20mA di tipo rotativo (encoder) o lineare in funzione dell'applicazione specifica. Sulla paratoia viene installata una scatola di derivazione con morsettiera numerata a cui si collegano i finecorsa di posizione, pressostati di sicurezza, se presenti, ed eventuali elettrovalvole di comando. Tutti i cavi dei sensori e comandi che arriveranno alla suddetta scatola saranno protetti da guaine o tubazioni. Il trasduttore di posizione viene collegato direttamente al quadro elettrico per mezzo di multicavo schermato posato entro tubazioni conduit e/o guaine.

Caratteristiche elettriche:

Alimentazione elettrovalvole:	24Vcc
Alimentazione sensori:	24Vcc

### 25.6.3 Cavi impianto automazione

Interfaccia quadro elettrico - centrale oleodinamica (scatola sensori)

Caratteristiche elettriche:

Tensione di alimentazione:	24Vcc
Circuito:	ausiliari
Conformazione:	Multipolare 16-19 conduttori + T
Sezione conduttore:	1,5
Tipo di cavo:	FG7OM1
Tipo di posa:	in guaine e/o tubazione conduit

Interfaccia quadro elettrico - utenze 400V

Caratteristiche elettriche:	
Tensione di alimentazione:	400Vca
Circuito:	trasporto e distribuzione energia BT
Conformazione:	Multipolare 3P+T
Sezione conduttore:	da dimensionare in fase di progetto
Tipo di cavo:	FG7OM1
Tipo di posa:	in guaine e/o tubazione conduit

Interfaccia quadro elettrico - paratoia (scatola derivazione)

Caratteristiche elettriche:	
Tensione di alimentazione:	24Vcc
Circuito:	ausiliari
Conformazione:	Multipolare 10-16 conduttori + T
Sezione conduttore:	1,5
Tipo di cavo:	FG7OM1
Tipo di posa:	in guaine e/o tubazione conduit

Interfaccia quadro elettrico - trasduttori posizione paratoie

Caratteristiche elettriche:	
Tensione di alimentazione:	24Vcc
Circuito:	ausiliari
Conformazione:	Multipolare schermato 4 conduttori + T
Sezione conduttore:	1,5
Tipo di cavo:	FG7OM1
Tipo di posa:	in guaine e/o tubazione conduit

#### **25.6.4 Impianto di terra ed equipotenziale**

Su tutto la fornitura di automazione verrà eseguito l'impianto equipotenziale di terra attenendosi alle normative vigenti e alla documentazione prodotta in fase di progetto esecutivo.

### **25.7 TRATTAMENTI SUPERFICIALI DELLE OPERE ELETTROMECCANICHE RELATIVE ALLE PARATOIE IN CASSA**

#### **Superfici a contatto con acqua**

- Asportazione totale della calamina, mediante sabbiatura di grado SA 2,5 con profilo angolare dei picchi di circa 50 micron.
- ricopertura immediata (entro 6 ore) con uno strato di primer ad alto contenuto di zinco per uno spessore a film secco di 70 micron
- applicazione di due strati consecutivi di vernice epossidica bicomponente ad alto spessore per uno spessore finale, a film secco di 320 micron.

#### **Superfici a contatto con aria**

- Asportazione totale della calamina, mediante sabbiatura di grado SA 2,5 con profilo angolare dei picchi di circa 50 micron.
- ricopertura immediata con uno strato di primer ad alto contenuto di zinco (95%), mediante pistola airless, per uno spessore misurato a secco di 70 micron.
- applicazione di una mano di epossi-poliammidico e di una mano di finitura bicomponente poliuretanic RAL da definire, per uno spessore finale del film di 200 micron.

#### Superfici dei serbatoi in contatto con olio minerale.

- decapaggio e sgrassaggio;
- applicazione di due mani consecutive di vernice antiolio bicomponente con uno spessore totale di almeno 50 micron.

#### Superfici a contatto con i getti in c.a.

- spazzolatura e applicazione di latte di calce

## 25.8 TUBAZIONI AEROFORE

N° 4 tubazioni complete di curve raccordo imbocco e raccordo allo scarico

Dimensioni di massima

Diametro

Ø int 400 mm

Lunghezza

m 15

Spessore tubazione

min. 5 mm

Materiale

tubo spiraleto S 275 JR

Trattamenti superficiali zincatura a caldo secondo le norme UNI EN 1407

## 26 IMPIANTI ELETTRICI MANUFATTO IMBOCCO

### 26.1 Quadro “Q00”

#### 26.1.1 Norme di riferimento

- CEI EN 61439-1 (CEI 17-113): Apparecchiature assiemate di protezione e di manovra per bassa tensione (quadri BT) – Parte 1 : Regole generali
- CEI EN 61439-1 (CEI 17-114): Apparecchiature assiemate di protezione e di manovra per bassa tensione (quadri BT) – Parte 21 : Quadri di potenza

#### 26.1.2 Descrizione

Il quadro elettrico sarà costituito da una struttura in tecnopolimero da 12 moduli, completo di porta trasparente contenente un interruttore magnetotermico modulare tetrapolare montato su guida DIN.

Il quadro sarà inserito in un involucro di protezione in vetroresina IP44 costituito da due vani separati e chiavi, di cui uno disponibile per contatore Enel.

Sarà montato e cablato come da schemi elettrici di progetto costruttivo, realizzato e collaudato conformemente alle normative vigenti e corredato di accessori e oneri relativi per renderlo installato a regola d'arte.

### 26.1.3 Condizioni di esercizio

- Sistema: trifase + neutro (Sistema "TT")
- Servizio: continuo
- Tensione: 400 V
- Corrente: 50 A
- Corrente di cto cto: 10 kA per 1 s
- temperatura ambiente:  $\leq 40^{\circ}\text{C}$
- umidità relativa: 90% a  $30^{\circ}\text{C}$
- Grado di protezione secondo IEC 60529, CEI EN 60529: IP65

### 26.1.4 Dimensioni

Involucro esterno:

- Larghezza L = 580 mm
- Altezza H = 1120 mm
- Profondità P = 330 mm

Quadro interno:

- Larghezza L = 340 mm
- Altezza H = 280 mm
- Profondità P = 160 mm

## 26.2 Quadro “Q01”

(Rif. doc. “Schema elettrico unifilare quadro Q01”).

### 26.2.1 Norme di riferimento

- CEI EN 61439-1 (CEI 17-113): Apparecchiature assiemate di protezione e di manovra per bassa tensione (quadri BT) – Parte 1 : Regole generali
- CEI EN 61439-1 (CEI 17-114): Apparecchiature assiemate di protezione e di manovra per bassa tensione (quadri BT) – Parte 21 : Quadri di potenza

### 26.2.2 Descrizione

Il quadro elettrico sarà costituito da una struttura in acciaio verniciato, in esecuzione da parete, grado di protezione IP65, completo di porta trasparente.

Sarà montato e cablato come da schemi elettrici di progetto costruttivo, realizzato e collaudato conformemente alle normative vigenti e corredato di accessori e oneri relativi per renderlo installato a regola d'arte.

### 26.2.3 Condizioni di esercizio

- Sistema: trifase + neutro
- Servizio: continuo
- Tensione: 400 V
- Corrente: 63 A
- Corrente di cto cto: 10 kA per 1 s
- temperatura ambiente:  $\leq 40^{\circ}\text{C}$
- umidità relativa: 90% a  $30^{\circ}\text{C}$
- Grado di protezione secondo IEC 60529, CEI EN 60529: IP65

### 26.2.4 Dimensioni

Ingombro:

- Larghezza L = 600 mm
- Altezza H = 1200 mm
- Profondità P = 265 mm

### 26.2.5 Apparecchiature di bassa tensione

Le apparecchiature principali montate e cablate nel quadro dovranno essere adeguate alle caratteristiche di progetto riportate negli schemi elettrici e dovranno rispondere alle seguenti prescrizioni particolari.

### 26.2.6 Interruttori

Scatolati

In accordo a CEI EN 60947-2

Modulari

In accordo a CEI 60947-2

Gli interruttori modulari differenziali da 2P e 4P per carichi da alimentare saranno montati su guide DIN.

## **26.2.7 Accessori per il completamento del quadro**

### **26.2.7.1 Morsetti**

Le morsettiere dovranno essere ad elementi componibili fissate su profilato.

I morsetti dovranno essere realizzati con classe di isolamento secondo IEC 85, con materiale conduttore di ottone, rame o altro materiale ad alta conduttività e dovranno essere del tipo anti allentante.

Dovranno essere previsti setti sulle morsettiere per separare circuiti diversi

### **26.2.7.2 Targhette di identificazione**

Tutte le apparecchiature dovranno essere contraddistinte da una targhetta di identificazione del circuito di appartenenza, fissata sul quadro in corrispondenza dell'apparecchio stesso.

Inoltre, su ogni apparecchio dovrà essere riportata la sigla prevista nello schema elettrico.

Le targhette dovranno essere fissate mediante viti o con adesivi.

Il quadro dovrà riportare, in luogo ben visibile, una targa metallica indicante il nome del costruttore, il numero di serie, la data di fabbricazione ed i dati tecnici del quadro, quali la tensione nominale, la frequenza, la corrente delle sbarre ed anche la corrente di corto circuito simmetrica e di picco sulle sbarre stesse.

Su ciascuna apparecchiatura, all'interno del quadro, sarà indicata la sigla corrispondente agli schemi.

Il quadro sarà inoltre provvisto dei cartelli per le segnalazioni di sicurezza.

La barra equipotenziale del quadro verrà collegata direttamente alla rete di messa a terra in almeno due punti.

## **26.2.8 Altri componenti**

All'interno del quadro dovranno essere installate le apparecchiature come riportato sullo schema elettrico unifilare; in particolare dovranno essere installati:

- scaricatori di sovratensione
- spie luminose di presenza tensione
- analizzatore di rete
- orologio programmabile e crepuscolare con sonda esterna
- selettore per comando luci MAN/0/AUT

## 26.3 PROVE E DOCUMENTAZIONE COMUNE AD ENTRAMBI I QUADRI

### 26.3.1 Prove e certificati

Il quadro dovrà essere sottoposto alle prove di accettazione e collaudo presso la fabbrica del costruttore previste dalle relative norme CEI/IEC, alla presenza del cliente o di un suo rappresentante.

Il costruttore dovrà dimostrare di essere in possesso della certificazione di qualità ISO 9001

Inoltre, in fase d'ordine, dovrà essere consegnato l'elenco dei rapporti di prova relativo al superamento delle prove di tipo prescritte dalla norma CEI EN 61439-1:

- sovratemperatura
- tenuta alla tensione applicata
- tenuta al corto circuito
- efficienza del circuito di protezione
- distanze in aria e superficiali
- funzionamento meccanico
- grado di protezione

Il quadro verrà sottoposto alle prove di accettazione e collaudo presso la fabbrica del costruttore previste dalle relative norme IEC, alla presenza del cliente o di un suo rappresentante.

In fase d'ordine inoltre verrà consegnato l'elenco dei rapporti di prova relativo al superamento delle prove prescritte dalle norme CEI EN 61439-1, CEI EN 60529.

Per gli apparecchi ed i componenti incorporati dei quadri non sono richieste prove di tipo particolare.

### 26.3.2 Prove individuali

Le prove di accettazione saranno eseguite sui pannelli assemati, cablati e messi a punto nello stabilimento del fornitore.

Le prove individuali comprendono le ispezioni, verifiche e prove di seguito indicate, con le precisazioni indicate dalla norma CEI EN 61439-1.

Sulle prove verrà redatta un'apposita relazione finale.

### 26.3.3 Ispezioni e verifiche

- Ispezione a vista del rispetto del quadro alla protezione prevista.
- Ispezione a vista delle targhe
- Ispezione a vista che i componenti siano installati in conformità alle istruzioni del loro costruttore.
- Verifica di corrispondenza dei circuiti al progetto.
- Verifica del funzionamento meccanico apparecchiature e componenti.
- Verifica efficienza comandi, blocchi, ecc.
- Verifica cablaggi e collegamenti.

### 26.3.4 Documentazione tecnica

La documentazione comprenderà:

- disegni d'insieme con dimensioni d'ingombro, pesi, spazi necessari e dime di foratura;

- vista frontale e sezioni tipiche del quadro con disposizione delle apparecchiature;
- schemi unifilari con tabella dati elettrici dei componenti;
- schemi funzionali e connessioni morsettiere ausiliarie;
- eventuali disegni particolari per gli allacciamenti cavi.

### **26.3.5 Documentazione di prova e istruzioni**

- Certificati di collaudi del quadro.
- Istruzioni di installazione, esercizio, e manutenzione, presentate in maniera da permettere a personale che non conosce il quadro, di operare correttamente e di eseguirne la manutenzione.
- Elenco delle parti di ricambio consigliate per un periodo di esercizio di due anni.

### **26.3.6 Altri accessori**

- Assieme pannelli d'estremità
- Resistenze anticondensa
- Ganci di sollevamento
- Morsetti circuiti ausiliari
- Vernice per ritocchi (1 barattolo)
- Cataloghi e schemi unifilari e funzionali del quadro
- Disegni di ingombro
- Libretti di istruzione

### **26.3.7 Progetto**

Il progetto costruttivo del quadro sarà specifica competenza del costruttore sulla base delle indicazioni del progetto esecutivo.

La dislocazione delle apparecchiature sarà scelta in funzione delle caratteristiche delle stesse e di esigenze funzionali, di sicurezza e di manutenzione.

## **26.4 GRUPPO ELETTROGENO**

### **26.4.1 Dati nominali**

- Potenza nominale: 40 kVA
- Tensione: 400 V
- Frequenza: 50 Hz
- Fattore di potenza: 0,8
- Fasi: 3

### **26.4.2 Motore**

- Sistema di raffreddamento: Acqua

- Numero e disposizione cilindri: 4 in linea
- Cilindrata: 3319 cm<sup>3</sup>
- Aspirazione: Turbocharged
- Regolatore di velocità: Elettronico
- Capacità carter olio: 11.2 l
- Capacità circuito refrigerante: 8.0 l
- Carburante: Diesel
- Consumo specifico carburante a 75% P<sub>nom</sub>: 232 g/kWh
- Consumo specifico carburante a P<sub>nom</sub>: 232 g/kWh
- Sistema di avviamento: Elettrico
- Potenza del sistema di avviamento: 2.3 kW
- Circuito Elettrico: 12 V
- Completo di batteria
- Liquidi motore

**Standards:**

- I valori sopra rappresentano le prestazioni del motore alle condizioni specificate nella normativa ISO 8528/1, ISO 3046/1:1986, BS 5514/1

**Sistema di alimentazione:**

- Sistema di iniezione diretta
- Filtro del carburante
- Pompa del carburante Bosch

**Sistema di lubrificazione:**

- Sistema di alimentazione forzata
- Pompa trocoidale
- Filtro dell'olio

**Sistema di aspirazione:**

- Filtro aria

**Sistema di raffreddamento:**

- Sistema a controllo termostatico con pompa di circolazione azionata dalla trasmissione e ventilatore premente azionato con cinghia
- Radiatore e tubazioni

### 26.4.3 Alternatore

- Tensione: V 400
- Frequenza: Hz 50
- Fattore di potenza:  $\cos \varphi$  0.8
- Poli: 4
- Tipo: Senza Spazzole
- Standard AVR: DSR
- Variazione tensione: 1%
- Efficiency a 75% load: 88.7%
- Classe: H

- Protezione: IP 23

#### **26.4.4 Quadro di controllo automatico**

Pannello integrato e connesso al generatore, con modulo di controllo a microprocessore che raccoglie tutti i circuiti elettronici di comando, controllo e segnalazione

STRUMENTAZIONE DIGITALE:

- Tensione generatore (3 fasi)
- Tensioni rete
- Frequenza generatore
- Corrente generatore (3 fasi)
- Tensione batteria
- Potenza (kVA - kW - kVA<sub>r</sub>)
- Fattore di potenza Cos φ
- Conta-ore
- Giri motore r.p.m.
- Livello carburante (%)
- Temperatura motore

COMANDI E ALTRO:

- Selettore di alimentazione (0/1)
- Pulsanti modalità di funzionamento: OFF, MAN (manuale), AUT (automatico), TEST
- Pulsanti: marcia e arresto, chiusura teleruttore rete, chiusura teleruttore generatore, selezione misure, reset allarmi
- Disponibilità avviamento da remoto
- Allarme acustico
- Ricarica automatica della batteria
- RS232 Porta di comunicazione
- Password settabile con vari livelli di accesso

PROTEZIONI CON ALLARME:

- Motore: basso livello carburante, bassa pressione olio, alta temperatura motore
- Generatore: sovra\otto tensione, sovraccarico, sovra\otto frequenza, avviamento fallito, sovra\otto tensione della batteria

PROTEZIONI CON ARRESTO:

- Motore: basso livello di carburante, bassa pressione dell'olio, alta temperatura del motore
- Generatore: sovra\otto tensione, sovraccarico, sovra\otto frequenza, mancato avviamento, sovra\otto tensione della batteria
- Interruttore magnetotermico: 3poli
- Protezione differenziale

ALTRE PROTEZIONI:

- Pulsante arresto di emergenza

Pannello protetto da apposito sportello con oblò trasparente e chiusura a chiave

## 26.4.5 Altre caratteristiche

(I dati sotto riportati devono essere confermati dal fornitore)

Basamento con profili saldati completo di:

- Supporti antivibranti opportunamente dimensionati
- Piedi di supporto (basamento forcabile)

Serbatoio carburante integrato dotato di:

- Bocchettone di riempimento
- Sfiato per l'aria
- Sensore del livello di minimo carburante

Cofanatura:

- Cofanatura insonorizzata, realizzata con pannelli modulari in acciaio zincato opportunamente trattati per resistere alla corrosione ed a condizioni ambientali aggressive, fissati e sigillati per consentire di avere una completa tenuta
- porte di accesso laterali complete di cerniere in acciaio inossidabile e maniglie con serratura.
- Pannelli modulari smontabili
- Pannello comandi protetto da apposito sportello con oblò trasparente e chiusura a chiave
- Presa d'aria laterale opportunamente protetta e insonorizzata
- Gancio di sollevamento centrale posizionato sul tetto (smontabile)

Insonorizzazione:

- L'attenuazione del rumore mediante uso di idonei materiali insonorizzanti
- Marmitta residenziale ad alta attenuazione del rumore montata e integrata nella cofanatura

Dimensioni e peso:

- Lunghezza: 2000 mm
- Larghezza: 920 mm
- Altezza: 1310 mm
- Peso a secco: 825 kg
- Capacità serbatoio carburante: 68 litri

Autonomia:

- Consumo massimo carburante a 100% carico: 11,10 l/h

Rumorosità:

- Potenza acustica (LWA): 95 dBA
- Pressione acustica a 7 m: 66 dB(A)

## 26.5 Rifasamento

### 26.5.1 Descrizione

Apparecchiatura di rifasamento fisso, costruita su carpenteria verniciata RAL 7035 e completa di sezionatore bloccoporta, fusibili di protezione della batteria di condensatori trifase.

Spie di segnalazione presenza rete e segnalazione stato fusibile.

Installazione a parete con ingresso cavi dall'alto.

### 26.5.2 Dati apparecchiature

- Potenze apparecchiatura: 10 kVAr
- Grado di protezione: IP 30
- Tensione di alimentazione trifase: 400 V
- Frequenza nominale: 50 Hz
- Sezionatore generale: 50 A
- Tensione circuiti ausiliari: 400 V
- Limiti di temperatura ambiente:  $-15^{\circ}\text{ C} \div +35^{\circ}\text{ C}$
- Dimensioni H x L x P: 440x420x285 mm
- Ventilazione: Naturale
- Fusibili di protezione batterie: Tipo NH00 categoria d'impiego gG
- Ingresso cavi: dall'alto

### 26.5.3 Dati condensatori

- Tipologia condensatori installati: ST trifasi
- Tensione nominale condensatori: 450 V
- Perdite dielettriche:  $\leq 0,2\text{ W/kVAr}$
- Classe di temperatura: -25D
- Corrente massima di picco:  $200 \times I_n\text{ A}$
- Sovracorrente massima:  $4 \times I_n\text{ A}$
- THDI ammesso in rete:  $(r) = 25\%$  e sui condensatori  $(c) = 70\%$
- Aspettativa di vita dei condensatori: 110.000 h
- Altitudine massima:  $\leq 2000\text{ m}$  sul livello del mare
- Dielettrico: MKP Film polipropilene metallizzato rinforzato
- Impregnazione: a secco in resina
- Resistenze di scarica: 50V - 60 s
- Protezione condensatori: Dispositivi di sovrappressione
- Norme di riferimento: CEI EN 61921, CEI EN 60439-1, CEI EN 60831-1

## 26.6 impianto illuminazione

L'impianto di illuminazione prevede:

- Plafoniera a tenuta stagna per installazione diretta a parete o a soffitto, o a sospensione. Prodotto

in conformità alle norme EN 60598-1 CEI 34-21, grado di protezione IP66 - IK08 in conformità alle norme EN 60529 e EN 50102. Corpo stampato ad iniezione in policarbonato infrangibile ed autoestinguente di elevata resistenza meccanica, diffusore stampato ad iniezione in policarbonato trasparente, prismaticizzato internamente, autoestinguente, stabilizzato ai raggi UV, riflettore in alluminio speculare, completa di connettore per installazione rapida.

- Apparecchio led per illuminazione di emergenza, con possibilità di settaggio dell'autonomia 1h, 2h, 3h- tempo di ricarica 12h - SE: 550 lm 1h di autonomia - 385 lm 2h di autonomia - 275 lm 3h di autonomia - SA: 280 lm. Corpo in policarbonato, ottica simmetrica, schermo in policarbonato trasparente. Grado di protezione IP65. Potenza 24W. Prodotto in conformità alle norme EN 60598, UNI EN 1838. Completo di accessori per fissaggio a parete, a plafone, a bandiera o a incasso.
- Proiettore orientabile da esterno idoneo per impianti sportivi. Prodotto in conformità alle norme EN 60598 CEI 34-21, grado di protezione in conformità alle norme EN 60529 e EN 50102. Corpo e telaio in alluminio pressofuso con sistemi alettati di raffreddamento, diffusore in vetro temperato spessore 5 mm resistente agli shock termici ed agli urti, verniciatura a polvere poliestere resistente alla corrosione e alle nebbie saline, completo di staffa in acciaio inox con scala goniometrica orientabile zincata e verniciata - ottica ad alto rendimento con recuperatori di flusso
- Apparecchio illuminante per esterno a LED, grado di protezione IP65-IP68 - equipaggiato con lampade Led 4000K, 6400 Lm potenza 47 W, montaggio su palo
- Punto interrotto bipolare, grado di protezione IP55
- Palo in acciaio zincato per illuminazione esterna del tipo ottagonale, altezza 4 m, completo di sbraccio da 0,30 m.

## 26.7 impianto forza motrice

### 26.7.1 Gruppo prese IEC 309

Gruppo prese di corrente in materiale termoplastico di tipo interbloccato con fusibili e sezionatore di categoria AC23A, GWT 960°C, autoestinguenza V0, grado di protezione IP67 secondo CEI EN 60439-1 (CEI 17-13/1), resistenza agli urti IK10, comprensivo di presa interbloccata 2P+T da 16 A, presa interbloccata 3P+N+T da 132 A, pressacavo in materiale isolante, piastra di fondo.

## 26.8 Cavi bassa tensione

### 26.8.1 Cavi BT tipo FG16(O)R16 - 0,6/1 KV

Cavi per energia e segnalazioni flessibili per posa fissa, isolati in HEPR di qualità G16, non propaganti l'incendio a ridotta emissione di gas corrosivi, in accordo al Regolamento Europeo (CPR) UE 305/11.



### 26.8.1.1 Norme di riferimento

- CEI 20-13 IEC 60502-1 CEI UNEL 35318-35322-35016
- EN 50575:2014 + EN 50575/A1:2016

### 26.8.1.2 Caratteristiche costruttive

- Conduttore flessibile di rame rosso ricotto classe 5.
- Isolamento in HEPR di qualità G16
- Riempitivo in materiale non fibroso e non igroscopico
- Guaina in mescola termoplastica tipo R16

### 26.8.1.3 Caratteristiche elettriche

- |  |         |
|--|---------|
| - Tensione nominale $U_0$ :                                | 600Vac  |
| - Tensione nominale $U$ :                                  | 1000Vac |
| - Tensione di prova:                                       | 4000 V  |
| - Tensione massima $U_m$ :                                 | 1200Vac |
| - Temperatura massima di esercizio:                        | 90°C    |
| - Temperatura massima di corto circuito:                   | 250 °C  |
| - Temperatura minima di esercizio (senza shock meccanico): | -15°C   |
| - Temperatura minima di installazione e maneggio:          | 0°C     |

### 26.8.1.4 Condizioni di posa

- Raggio minimo di curvatura per diametro D (in mm):
- Cavi energia flessibili, conduttore classe 5 = 4 D
- Sforzo massimo di tiro: 50 N/mm<sup>2</sup>

### 26.8.1.5 Colori anime

- Unipolare: nero
- Bipolare: blu-marrone
- Tripolare: marrone-nero-grigio o G/V-blu-marrone
- Quadripolare: blu-marrone-nero-grigio (o G/V al posto del blu)
- Pentapolare: G/V-blu-marrone-nero-grigio (senza G/V 2 neri)

### 26.8.1.6 Colori guaine

- Grigio chiaro RAL7035

### 26.8.1.7 Marcature ad inchiostro

- Nome costruttore- Cca-s3, d1, a3 - IEMMEQU EFP - anno - FG16(O)R16 - 0,6/1 kV - form x sez. - ordine lavoro interno - metratura progressiva.

## 26.8.2 Cavi BT tipo FS17 450/750 V

Cavo unipolare flessibile, conforme ai requisiti previsti dalla Normativa Europea Regolamento UE 305/2011 – Prodotti da Costruzione CPR, di rame ricotto isolato con materiale in PVC di qualità S17. (Euroclasse: Cca - s3, d1, a3). Classe conforme CEI EN 50575-2014 ÷ A1:2016; EN 13501-6:2014.

### 26.8.2.1 Norme di riferimento

- CEI UNEL 35716 Costruzione e requisiti
- CEI EN 60332-1-2 Propagazione fiamma

### 26.8.2.2 Caratteristiche costruttive

- Conduttore flessibile di rame rosso ricotto classe 5 CEI EN IEC 60228.
- Isolamento in mescola di pvc di qualità S17 a ridotta emissione di alogeni (gas corrosivi)

### 26.8.2.3 Caratteristiche elettriche

- Tensione nominale  $U_0$ : 450V
- Tensione nominale U: 750V
- Temperatura massima di esercizio: 70°C
- Temperatura minima di esercizio: -10°C
- Temperatura massima di cto cto: 160°C

### 26.8.2.4 Condizioni di posa

- Raggio minimo di curvatura per diametro D (in mm): 4 volte
- Temperatura minima di posa: 5°C
- Sforzo massimo di trazione: 50 N/mm<sup>2</sup>

### 26.8.2.5 Marcature ad inchiostro

- Nome costruttore- Cca-s3, d1, a3 - IEMMEQU EFP - anno – FS17 - 0,45/0,75 kV - form x sez. - ordine lavoro interno - metratura progressiva

## 26.9 VIE CAVI

Per le tubazioni portacavi verranno utilizzate le seguenti tipologie:

- Tubazione in acciaio zincato tipo TAZ per installazione a vista compresi anche gli accessori di fissaggio;

- Cavidotti corrugati a doppia parete per posa interrata a norme CEI-EN 50086-1-2-4 con resistenza allo schiacciamento di 450 newton.

Per vie cavi aeree:

- Canale in robusta lamiera d'acciaio verniciata a forno su trattamento anticorrosivo, sezione a "C", completa di accessori di montaggio e fissaggio, dimensione 150x75 mm con setto separatore

## 26.10 Rete di messa a terra

I componenti dell'impianto di messa a terra saranno i seguenti:

- n. 2 picchetti a croce in acciaio zincato L = 1,50 m (dispersori verticali)
- n. 1 corda di rame 35 mm<sup>2</sup> (dispersore orizzontale)
- collegamenti equipotenziali con cavo FS17 giallo/verde da 6 mm<sup>2</sup>
- collegamenti con cavo FS17 giallo/verde da 16 mm<sup>2</sup>
- nodo equipotenziale in acciaio zincato 60x8x1000 mm
- morsetti e accessori di fissaggio

## 27 IMPIANTI ELETTRICI NUOVA TRAVERSA

### 27.1 Quadro "Q00"

#### 27.1.1 Norme di riferimento

- CEI EN 61439-1 (CEI 17-113): Apparecchiature assiemate di protezione e di manovra per bassa tensione (quadri BT) – Parte 1 : Regole generali
- CEI EN 61439-1 (CEI 17-114): Apparecchiature assiemate di protezione e di manovra per bassa tensione (quadri BT) – Parte 21 : Quadri di potenza

#### 27.1.2 Descrizione

Il quadro elettrico sarà costituito da una struttura in tecnopolimero da 18 moduli, completo di porta trasparente contenente un interruttore magnetotermico modulare tetrapolare montato su guida DIN.

Il quadro sarà inserito in un involucro di protezione in vetroresina IP44 costituito da due vani separati e chiavi, di cui uno disponibile per contatore Enel.

Sarà montato e cablato come da schemi elettrici di progetto costruttivo, realizzato e collaudato conformemente alle normative vigenti e corredato di accessori e oneri relativi per renderlo installato a regola d'arte.

### 27.1.3 Condizioni di esercizio

- Sistema: trifase + neutro (Sistema "TT")
- Servizio: continuo
- Tensione: 400 V
- Corrente: 80 A
- Corrente di cto cto: 15 kA per 1 s
- temperatura ambiente:  $\leq 40^{\circ}\text{C}$
- umidità relativa: 90% a  $30^{\circ}\text{C}$
- Grado di protezione secondo IEC 60529, CEI EN 60529: IP65

### 27.1.4 Dimensioni

Involucro esterno:

- Larghezza L = 580 mm
- Altezza H = 1120 mm
- Profondità P = 330 mm

Quadro interno:

- Larghezza L = 448 mm
- Altezza H = 280 mm
- Profondità P = 160 mm

## 27.2 Quadro “Q01”

### 27.2.1 Norme di riferimento

- CEI EN 61439-1 (CEI 17-113): Apparecchiature assiemate di protezione e di manovra per bassa tensione (quadri BT) – Parte 1 : Regole generali
- CEI EN 61439-1 (CEI 17-114): Apparecchiature assiemate di protezione e di manovra per bassa tensione (quadri BT) – Parte 21 : Quadri di potenza

### 27.2.2 Descrizione

Il quadro elettrico sarà costituito da una struttura in acciaio verniciato, in esecuzione da parete, grado di protezione IP65, completo di porta trasparente.

Sarà montato e cablato come da schemi elettrici di progetto costruttivo, realizzato e collaudato conformemente alle normative vigenti e corredato di accessori e oneri relativi per renderlo installato a regola d'arte.

### 27.2.3 Condizioni di esercizio

- Sistema: trifase + neutro
- Servizio: continuo
- Tensione: 400 V
- Corrente: 80 A
- Corrente di cto cto: 10 kA per 1 s
- temperatura ambiente:  $\leq 40^{\circ}\text{C}$
- umidità relativa: 90% a  $30^{\circ}\text{C}$
- Grado di protezione secondo IEC 60529, CEI EN 60529: IP65

### 27.2.4 Dimensioni

Ingombro:

- Larghezza L = 600 mm
- Altezza H = 1200 mm
- Profondità P = 265 mm

### 27.2.5 Apparecchiature di bassa tensione

Le apparecchiature principali montate e cablate nel quadro dovranno essere adeguate alle caratteristiche di progetto riportate negli schemi elettrici e dovranno rispondere alle seguenti prescrizioni particolari.

### 27.2.6 Interruttori

Scatolati

In accordo a CEI EN 60947-2

Modulari

In accordo a CEI 60947-2

Gli interruttori modulari differenziali da 2P e 4P per carichi da alimentare saranno montati su guide DIN.

## **27.2.7 Accessori per il completamento del quadro**

### **27.2.7.1 Morsetti**

Le morsettiere dovranno essere ad elementi componibili fissate su profilato.

I morsetti dovranno essere realizzati con classe di isolamento secondo IEC 85, con materiale conduttore di ottone, rame o altro materiale ad alta conduttività e dovranno essere del tipo anti allentante.

Dovranno essere previsti setti sulle morsettiere per separare circuiti diversi

### **27.2.7.2 Targhette di identificazione**

Tutte le apparecchiature dovranno essere contraddistinte da una targhetta di identificazione del circuito di appartenenza, fissata sul quadro in corrispondenza dell'apparecchio stesso.

Inoltre, su ogni apparecchio dovrà essere riportata la sigla prevista nello schema elettrico.

Le targhette dovranno essere fissate mediante viti o con adesivi.

Il quadro dovrà riportare, in luogo ben visibile, una targa metallica indicante il nome del costruttore, il numero di serie, la data di fabbricazione ed i dati tecnici del quadro, quali la tensione nominale, la frequenza, la corrente delle sbarre ed anche la corrente di corto circuito simmetrica e di picco sulle sbarre stesse.

Su ciascuna apparecchiatura, all'interno del quadro, sarà indicata la sigla corrispondente agli schemi.

Il quadro sarà inoltre provvisto dei cartelli per le segnalazioni di sicurezza.

La barra equipotenziale del quadro verrà collegata direttamente alla rete di messa a terra in almeno due punti.

## **27.2.8 Altri componenti**

All'interno del quadro dovranno essere installate le apparecchiature come riportato sullo schema elettrico unifilare; in particolare dovranno essere installati:

- scaricatori di sovratensione
- spie luminose di presenza tensione
- analizzatore di rete
- orologio programmabile e crepuscolare con sonda esterna
- selettore per comando luci MAN/O/AUT

## **27.3 PROVE E DOCUMENTAZIONE COMUNE AD ENTRAMBI I QUADRI**

### **27.3.1 Prove e certificati**

Il quadro dovrà essere sottoposto alle prove di accettazione e collaudo presso la fabbrica del costruttore previste dalle relative norme CEI/IEC, alla presenza del cliente o di un suo rappresentante.

Il costruttore dovrà dimostrare di essere in possesso della certificazione di qualità ISO 9001

Inoltre, in fase d'ordine, dovrà essere consegnato l'elenco dei rapporti di prova relativo al superamento delle prove di tipo prescritte dalla norma CEI EN 61439-1:

- sovratemperatura
- tenuta alla tensione applicata
- tenuta al corto circuito
- efficienza del circuito di protezione
- distanze in aria e superficiali
- funzionamento meccanico
- grado di protezione

Il quadro verrà sottoposto alle prove di accettazione e collaudo presso la fabbrica del costruttore previste dalle relative norme IEC, alla presenza del cliente o di un suo rappresentante.

In fase d'ordine inoltre verrà consegnato l'elenco dei rapporti di prova relativo al superamento delle prove prescritte dalle norme CEI EN 61439-1, CEI EN 60529.

Per gli apparecchi ed i componenti incorporati dei quadri non sono richieste prove di tipo particolare.

### **27.3.2 Prove individuali**

Le prove di accettazione saranno eseguite sui pannelli assiemati, cablati e messi a punto nello stabilimento del fornitore.

Le prove individuali comprendono le ispezioni, verifiche e prove di seguito indicate, con le precisazioni indicate dalla norma CEI EN 61439-1.

Sulle prove verrà redatta un'apposita relazione finale.

### **27.3.3 Ispezioni e verifiche**

- Ispezione a vista del rispetto del quadro alla protezione prevista.
- Ispezione a vista delle targhe
- Ispezione a vista che i componenti siano installati in conformità alle istruzioni del loro costruttore.
- Verifica di corrispondenza dei circuiti al progetto.
- Verifica del funzionamento meccanico apparecchiature e componenti.
- Verifica efficienza comandi, blocchi, ecc.
- Verifica cablaggi e collegamenti.

### **27.3.4 Documentazione tecnica**

La documentazione comprenderà:

- disegni d'insieme con dimensioni d'ingombro, pesi, spazi necessari e dime di foratura;
- vista frontale e sezioni tipiche del quadro con disposizione delle apparecchiature;
- schemi unifilari con tabella dati elettrici dei componenti;
- schemi funzionali e connessioni morsettiere ausiliarie;
- eventuali disegni particolari per gli allacciamenti cavi.

### 27.3.5 Documentazione di prova e istruzioni

- Certificati di collaudi del quadro.
- Istruzioni di installazione, esercizio, e manutenzione, presentate in maniera da permettere a personale che non conosce il quadro, di operare correttamente e di eseguirne la manutenzione.
- Elenco delle parti di ricambio consigliate per un periodo di esercizio di due anni.

### 27.3.6 Altri accessori

- Assieme pannelli d'estremità
- Resistenze anticondensa
- Ganci di sollevamento
- Morsetti circuiti ausiliari
- Vernice per ritocchi (1 barattolo)
- Cataloghi e schemi unifilari e funzionali del quadro
- Disegni di ingombro
- Libretti di istruzione

### 27.3.7 Progetto

Il progetto costruttivo del quadro sarà specifica competenza del costruttore sulla base delle indicazioni del progetto esecutivo.

La dislocazione delle apparecchiature sarà scelta in funzione delle caratteristiche delle stesse e di esigenze funzionali, di sicurezza e di manutenzione.

## 27.4 GRUPPO ELETTROGENO

### 27.4.1 Dati nominali

- Potenza nominale: 50 kVA
- Tensione: 400 V
- Frequenza: 50 Hz
- Fattore di potenza: 0,8
- Fasi: 3

### 27.4.2 Motore

- Sistema di raffreddamento: Acqua
- Numero e disposizione cilindri: 4 in linea
- Cilindrata: 3319 cm<sup>3</sup>
- Aspirazione: Turbo
- Regolatore di velocità: Elettronico
- Capacità carter olio: 11.2 l
- Capacità circuito refrigerante: 8.0 l

- Carburante: Diesel
- Consumo specifico carburante a 75% Pnom: 232 g/kWh
- Consumo specifico carburante a Pnom: 232 g/kWh
- Sistema di avviamento: Elettrico
- Potenza del sistema di avviamento: 2.3 kW
- Circuito Elettrico: 12 V
- Completo di batteria
- Liquidi motore

**Standards:**

- I valori sopra rappresentano le prestazioni del motore alle condizioni specificate nella normativa ISO 8528/1, ISO 3046/1:1986, BS 5514/1

**Sistema di alimentazione:**

- Sistema di iniezione diretta
- Filtro del carburante
- Pompa del carburante Bosch

**Sistema di lubrificazione:**

- Sistema di alimentazione forzata
- Pompa trocoidale
- Filtro dell'olio

**Sistema di aspirazione:**

- Filtro aria

**Sistema di raffreddamento:**

- Sistema a controllo termostatico con pompa di circolazione azionata dalla trasmissione e ventilatore premente azionato con cinghia
- Radiatore e tubazioni

### 27.4.3 Alternatore

- Tensione: V 400
- Frequenza: Hz 50
- Fattore di potenza:  $\cos \varphi$  0.8
- Poli: 4
- Tipo: Senza Spazzole
- Standard AVR: DSR
- Variazione tensione: 1%
- Efficiency a 75% load: 88.7%
- Classe: H
- Protezione: IP 23

### 27.4.4 Quadro di controllo automatico

Pannello integrato e connesso al generatore, con modulo di controllo a microprocessore che raccoglie tutti i circuiti elettronici di comando, controllo e segnalazione

#### STRUMENTAZIONE DIGITALE:

- Tensione generatore (3 fasi)
- Tensioni rete
- Frequenza generatore
- Corrente generatore (3 fasi)
- Tensione batteria
- Potenza (kVA - kW - kVAr)
- Fattore di potenza Cos  $\phi$
- Conta-ore
- Giri motore r.p.m.
- Livello carburante (%)
- Temperatura motore

#### COMANDI E ALTRO:

- Selettore di alimentazione (0/1)
- Pulsanti modalità di funzionamento: OFF, MAN (manuale), AUT (automatico), TEST
- Pulsanti: marcia e arresto, chiusura teleruttore rete, chiusura teleruttore generatore, selezione misure, reset allarmi
- Disponibilità avviamento da remoto
- Allarme acustico
- Ricarica automatica della batteria
- RS232 Porta di comunicazione
- Password settabile con vari livelli di accesso

#### PROTEZIONI CON ALLARME:

- Motore: basso livello carburante, bassa pressione olio, alta temperatura motore
- Generatore: sovra\otto tensione, sovraccarico, sovra\otto frequenza, avviamento fallito, sovra\otto tensione della batteria

#### PROTEZIONI CON ARRESTO:

- Motore: basso livello di carburante, bassa pressione dell'olio, alta temperatura del motore
- Generatore: sovra\otto tensione, sovraccarico, sovra\otto frequenza, mancato avviamento, sovra\otto tensione della batteria
- Interruttore magnetotermico: 3poli
- Protezione differenziale

#### ALTRE PROTEZIONI:

- Pulsante arresto di emergenza

Pannello protetto da apposito sportello con oblò trasparente e chiusura a chiave

## 27.4.5 Altre caratteristiche

(I dati sotto riportati devono essere confermati dal fornitore)

Basamento con profili saldati completo di:

- Supporti antivibranti opportunamente dimensionati
- Piedi di supporto (basamento forcabile)

Serbatoio carburante integrato dotato di:

- Bocchettone di riempimento
- Sfiato per l'aria
- Sensore del livello di minimo carburante

Cofanatura:

- Cofanatura insonorizzata, realizzata con pannelli modulari in acciaio zincato opportunamente trattati per resistere alla corrosione ed a condizioni ambientali aggressive, fissati e sigillati per consentire di avere una completa tenuta
- porte di accesso laterali complete di cerniere in acciaio inossidabile e maniglie con serratura.
- Pannelli modulari smontabili
- Pannello comandi protetto da apposito sportello con oblò trasparente e chiusura a chiave
- Presa d'aria laterale opportunamente protetta e insonorizzata
- Gancio di sollevamento centrale posizionato sul tetto (smontabile)

Insonorizzazione:

- L'attenuazione del rumore mediante uso di idonei materiali insonorizzanti
- Marmitta residenziale ad alta attenuazione del rumore montata e integrata nella cofanatura

Dimensioni e peso:

- Lunghezza: 2000 mm
- Larghezza: 920 mm
- Altezza: 1310 mm
- Peso a secco: 825 kg
- Capacità serbatoio carburante: 68 litri

Autonomia:

- Consumo massimo carburante a 100% carico: 11,10 l/h

Rumorosità:

- Potenza acustica (LWA): 95 dBA
- Pressione acustica a 7 m: 66 dB(A)

## 27.5 Rifasamento

### 27.5.1 Descrizione

Apparecchiatura di rifasamento fisso, costruita su carpenteria verniciata RAL 7035 e completa di sezionatore bloccoporta, fusibili di protezione della batteria di condensatori trifase.

Spie di segnalazione presenza rete e segnalazione stato fusibile.

Installazione a parete con ingresso cavi dall'alto.

## 27.5.2 Dati apparecchiature

- Potenze apparecchiatura: 15 kVAr
- Grado di protezione: IP 30
- Tensione di alimentazione trifase: 400 V
- Frequenza nominale: 50 Hz
- Sezionatore generale: 63 A
- Tensione circuiti ausiliari: 400 V
- Limiti di temperatura ambiente:  $-15^{\circ} \text{ C} \div +35^{\circ} \text{ C}$
- Dimensioni H x L x P: 440x420x285 mm
- Ventilazione: Naturale
- Fusibili di protezione batterie: Tipo NH00 categoria d'impiego gG
- Ingresso cavi: dall'alto

## 27.5.3 Dati condensatori

- Tipologia condensatori installati: ST trifasi
- Tensione nominale condensatori: 450 V
- Perdite dielettriche:  $\leq 0,2 \text{ W/kVAr}$
- Classe di temperatura: -25D
- Corrente massima di picco:  $200 \times I_n \text{ A}$
- Sovracorrente massima:  $4 \times I_n \text{ A}$
- THDI ammesso in rete:  $(r) = 25\%$  e sui condensatori  $(c) = 70\%$
- Aspettativa di vita dei condensatori: 110.000 h
- Altitudine massima:  $\leq 2000 \text{ m}$  sul livello del mare
- Dielettrico: MKP Film polipropilene metallizzato rinforzato
- Impregnazione: a secco in resina
- Resistenze di scarica: 50V - 60 s
- Protezione condensatori: Dispositivi di sovrappressione
- Norme di riferimento: CEI EN 61921, CEI EN 60439-1, CEI EN 60831-1

## 27.6 impianto illuminazione

L'impianto di illuminazione prevede:

- Plafoniera a tenuta stagna per installazione diretta a parete o a soffitto, o a sospensione. Prodotto in conformità alle norme EN 60598-1 CEI 34-21, grado di protezione IP66 - IK08 in conformità alle norme EN 60529 e EN 50102. Corpo stampato ad iniezione in policarbonato infrangibile ed autoestinguente di elevata resistenza meccanica, diffusore stampato ad iniezione in policarbonato trasparente, prismaticizzato internamente, autoestinguente, stabilizzato ai raggi UV, riflettore in alluminio speculare, completa di connettore per installazione rapida: monolampada led 4000K 3700 lm potenza 29 W.
- Apparecchio led per illuminazione di emergenza, con possibilità di settaggio dell'autonomia 1h, 2h, 3h- tempo di ricarica 12h - SE: 550 lm 1h di autonomia - 385 lm 2h di autonomia - 275 lm 3h di autonomia - SA: 280 lm. Corpo in policarbonato, ottica simmetrica, schermo in policarbonato trasparente. Grado di protezione IP65. Potenza 24W. Prodotto in conformità alle norme EN

60598, UNI EN 1838. Completo di accessori per fissaggio a parete, a plafone, a bandiera o a incasso.

- Proiettore orientabile da esterno / interno idoneo per impianti sportivi. Prodotto in conformità alle norme EN 60598 CEI 34-21, grado di protezione in conformità alle norme EN 60529 e EN 50102. Corpo e telaio in alluminio pressofuso con sistemi alettati di raffreddamento, diffusore in vetro temperato spessore 5 mm resistente agli shock termici ed agli urti, verniciatura a polvere poliestere resistente alla corrosione e alle nebbie saline, completo di staffa in acciaio inox con scala goniometrica orientabile zincata e verniciata - ottica ad alto rendimento con recuperatori di flusso: grado di protezione IP65-IK08 - equipaggiato con lampade Led 4000K, 6400 Lm potenza 47 W e grado di protezione IP66-IK08 - equipaggiato con lampade led 4000K 12800 Lm potenza 94 W.
- Punto interrotto bipolare, grado di protezione IP55
- Palo in acciaio zincato per illuminazione esterna del tipo ottagonale, altezza 4 m, completo di sbraccio da 0,30 m.

## 27.7 Impianto forza motrice

### 27.7.1 Gruppo prese IEC 309

Gruppo prese di corrente in materiale termoplastico di tipo interbloccato con fusibili e sezionatore di categoria AC23A, GWT 960°C, autoestinguenza V0, grado di protezione IP67 secondo CEI EN 60439-1 (CEI 17-13/1), resistenza agli urti IK10, comprensivo di presa interbloccata 2P+T da 16 A, presa interbloccata 3P+N+T da 132 A, pressacavo in materiale isolante, piastra di fondo.

## 27.8 Cavi bassa tensione

### 27.8.1 Cavi BT tipo FG16(O)R16 - 0,6/1 KV

Cavi per energia e segnalazioni flessibili per posa fissa, isolati in HEPR di qualità G16, non propaganti l'incendio a ridotta emissione di gas corrosivi, in accordo al Regolamento Europeo (CPR) UE 305/11.



#### 27.8.1.1 Norme di riferimento

- CEI 20-13 IEC 60502-1 CEI UNEL 35318-35322-35016
- EN 50575:2014 + EN 50575/A1:2016

#### 27.8.1.2 Caratteristiche costruttive

- Conduttore flessibile di rame rosso ricotto classe 5.
- Isolamento in HEPR di qualità G16
- Riempitivo in materiale non fibroso e non igroscopico
- Guaina in mescola termoplastica tipo R16

#### 27.8.1.3 Caratteristiche elettriche

- Tensione nominale  $U_0$ : 600Vac
- Tensione nominale  $U$ : 1000Vac
- Tensione di prova: 4000 V

- Tensione massima  $U_m$ : 1200Vac
- Temperatura massima di esercizio: 90°C
- Temperatura massima di corto circuito: 250 °C
- Temperatura minima di esercizio (senza shock meccanico): -15°C
- Temperatura minima di installazione e maneggio: 0°C

#### 27.8.1.4 Condizioni di posa

- Raggio minimo di curvatura per diametro D (in mm):
- Cavi energia flessibili, conduttore classe 5 = 4 D
- Sforzo massimo di tiro: 50 N/mm<sup>2</sup>

#### 27.8.1.5 Colori anime

- Unipolare: nero
- Bipolare: blu-marrone
- Tripolare: marrone-nero-grigio o G/V-blu-marrone
- Quadripolare: blu-marrone-nero-grigio (o G/V al posto del blu)
- Pentapolare: G/V-blu-marrone-nero-grigio (senza G/V 2 neri)

#### 27.8.1.6 Colori guaine

- Grigio chiaro RAL7035

#### 27.8.1.7 Marcature ad inchiostro

- Nome costruttore- Cca-s3, d1, a3 - IEMMEQU EFP - anno - FG16(O)R16 - 0,6/1 kV - form x sez. - ordine lavoro interno - metratura progressiva.

### 27.8.2 Cavi BT tipo FS17 450/750 V

Cavo unipolare flessibile, conforme ai requisiti previsti dalla Normativa Europea Regolamento UE 305/2011 – Prodotti da Costruzione CPR, di rame ricotto isolato con materiale in PVC di qualità S17. (Euroclasse: Cca - s3, d1, a3). Classe conforme CEI EN 50575-2014 ÷ A1:2016; EN 13501-6:2014.

#### 27.8.2.1 Norme di riferimento

- CEI UNEL 35716 Costruzione e requisiti
- CEI EN 60332-1-2 Propagazione fiamma

#### 27.8.2.2 Caratteristiche costruttive

- Conduttore flessibile di rame rosso ricotto classe 5 CEI EN IEC 60228.
- Isolamento in mescola di pvc di qualità S17 a ridotta emissione di alogeni (gas corrosivi)

#### 27.8.2.3 Caratteristiche elettriche

- Tensione nominale  $U_0$ : 450V
- Tensione nominale U: 750V

- Temperatura massima di esercizio: 70°C
- Temperatura minima di esercizio: -10°C
- Temperatura massima di cto cto: 160°C

#### 27.8.2.4 Condizioni di posa

- Raggio minimo di curvatura per diametro D (in mm): 4 volte
- Temperatura minima di posa: 5°C
- Sforzo massimo di trazione: 50 N/mm<sup>2</sup>

#### 27.8.2.5 Marcature ad inchiostro

- Nome costruttore- Cca-s3, d1, a3 - IEMMEQU EFP - anno – FS17 - 0,45/0,75 kV - form x sez. - ordine lavoro interno - metratura progressiva

### 27.9 Vie cavi

Per le tubazioni portacavi verranno utilizzate le seguenti tipologie:

- Tubazione in acciaio zincato tipo TAZ per installazione a vista compresi anche gli accessori di fissaggio;
- Cavidotti corrugati a doppia parete per posa interrata a norme CEI-EN 50086-1-2-4 con resistenza allo schiacciamento di 450 newton.

Per vie cavi aeree:

- Canale in robusta lamiera d'acciaio verniciata a forno su trattamento anticorrosivo, sezione a "C", completa di accessori di montaggio e fissaggio, dimensione 150x75 mm con setto separatore

### 27.10 Rete di messa a terra

I componenti dell'impianto di messa a terra saranno i seguenti:

- n. 2 picchetti a croce in acciaio zincato L = 1,50 m (dispersori verticali)
- n. 1 corda di rame 35 mm<sup>2</sup> (dispersore orizzontale)
- collegamenti equipotenziali con cavo FS17 giallo/verde da 6 mm<sup>2</sup>
- collegamenti con cavo FS17 giallo/verde da 16 mm<sup>2</sup>
- nodo equipotenziale in acciaio zincato 60x8x1000 mm
- morsetti e accessori di fissaggio