



MEDITERRANEA DELLE ACQUE spa
GENOVA

DIGA DI BADANA
INTERVENTI DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA

PROGETTO DEFINITIVO
Mod. M.INF. DIGHEIDREL Div. V 20/9/2013

VOL. 5

SPECIFICHE TECNICHE



SEMBENELLI
CONSULTING

**MEDITERRANEA DELLE ACQUE spa
GENOVA**

DIGA DI BADANA

INTERVENTI DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA

**PROGETTO DEFINITIVO
Mod. M.INF. DIGHEIDREL Div. V 20/9/2013**

VOL. 5

SPECIFICHE TECNICHE

Redatto D. Gualco, U. Poletti, M. Scarella, G. Sembenelli

Approvato P. Sembenelli

Documento F:\1EDIT\BADE\REL\...\Vol 5\R140512-Vol 5.doc

Data: 12 maggio 2014



STRUTTURA DEL DOCUMENTO

Questo è il **Volume 5** del **Progetto Definitivo** degli interventi di manutenzione straordinaria che si rendono necessari sulla diga di Badana, uno degli invasi a servizio dell'acquedotto di Genova, in seguito ai dissesti prodottisi nel febbraio 2006.

Il dossier completo del **Progetto Definitivo** è stato redatto in ottemperanza all'Art. 33 del D.P.R. 207/2010 e recepisce le modifiche M.INF. DIGHEIDREL Div. V 20/9/2013. Gli elaborati sviluppati da SC comprendono i seguenti Volumi:

VOL 1 - Relazione Descrittiva

VOL 2 - Elaborati Grafici

VOL 3 - Relazioni Tecniche e Specialistiche

3A - Relazione Geologica e Geomeccanica

3B - Relazione Idrologica

3C - Relazione Idraulica

3D - Studio di Filtrazione

VOL 4 - Calcoli Strutturali

VOL 5 - Specifiche Tecniche

VOL 6 - Computo Metrico Estimativo

VOL 7 - Elenco Prezzi Unitari e Analisi Prezzi

VOL 8 - Cronoprogramma



INDICE

1	OGGETTO E SCOPO	11
1.1	Oggetto	11
1.2	Scopo	11
1.3	Struttura del Documento	11
2	GENERALITÀ.....	13
2.1	Riferimenti	13
2.2	Lavori, Materiali e Forniture	13
2.3	Marchi Registrati e Brevetti	14
2.4	Programma dei Lavori	14
2.5	Coperture Assicurative	14
2.6	Misure e Pagamenti	14
3	IMPIANTI DI CANTIERE.....	15
3.1	Aree di Cantiere	15
3.2	Impianti Logistici	15
3.3	Impianti Tecnologici per la Produzione di Calcestruzzi	16
3.3.1	<i>Generalità</i>	16
3.3.2	<i>Impianti di Frantumazione e Macinazione</i>	17
3.3.3	<i>Impianto di Lavaggio e Selezione</i>	17
3.3.4	<i>Impianto di Depurazione delle Acque</i>	18
3.3.5	<i>Impianto di Betonaggio</i>	18
3.3.6	<i>Attrezzature di Trasporto</i>	18
3.4	Impianti Tecnologici per Altre Lavorazioni	18
3.4.1	<i>Generalità</i>	18
3.4.2	<i>Impianti di Iniezione</i>	19
3.4.3	<i>Impianti per Fanghi Polimerici</i>	19
3.5	Impianti e Strutture Ausiliarie	19
3.6	Misure e Pagamenti	20
3.6.1	<i>Impianti di Cantiere</i>	20
3.6.1.1	<i>Formazione di Piazzali e Piste di Cantiere</i>	20
3.6.1.2	<i>Installazioni di Cantiere</i>	20
3.6.1.3	<i>Smobilizzo del Cantiere</i>	21
4	QUALIFICA PRELIMINARE DEI MATERIALI DA COSTRUZIONE	22
4.1	Oggetto	22
4.2	Requisiti Richiesti per la Qualifica dei Materiali	22
4.2.1	<i>Acqua</i>	22
4.2.2	<i>Cemento</i>	23
4.2.3	<i>Cementi Microfini</i>	23
4.2.4	<i>Aggregati</i>	23



4.2.5	<i>Additivi</i>		24
4.2.6	<i>Acciaio per Calcestruzzo Armato</i>		24
4.2.7	<i>Materiali Drenanti</i>		25
4.2.8	<i>Massi di Roccia</i>		25
4.2.9	<i>Materiali per la Formazione di Rilevati</i>		25
4.2.9.1	<i>Generalità</i>	25	
4.2.9.2	<i>Provenienza dei Materiali</i>	25	
4.2.10	<i>Materiali Plastici</i>		26
4.2.10.1	<i>Generalità</i>	26	
4.2.10.2	<i>Geotessili</i>	26	
4.2.10.3	<i>Geodreni</i>	27	
4.2.10.4	<i>Waterstops</i>	27	
4.3	<i>Controllo dei Requisiti dei Materiali</i>		27
4.3.1	<i>Generalità</i>		27
4.3.2	<i>Acqua per gli Impasti</i>		28
4.3.3	<i>Cementi</i>		28
4.3.4	<i>Controlli sui Cementi Microfini</i>		28
4.3.5	<i>Aggregati</i>		28
4.3.6	<i>Additivi</i>		29
4.3.8	<i>Massi di Roccia</i>		30
4.3.9	<i>Materiali per la Formazione dei Rilevati</i>		30
4.3.10	<i>Materiali Plastici</i>		30
4.3.10.1	<i>Geotessili</i>	30	
4.3.10.2	<i>Geodreni</i>	31	
4.3.10.3	<i>Waterstops</i>	31	
4.4	<i>Misure e Pagamenti</i>		31
4.4.1.1	<i>Prove Preliminari sui Materiali</i>	31	
4.4.1.2	<i>Prove in Corso d'Opera sui Materiali</i>	32	
5	QUALIFICA PRELIMINARE DELLE MISCELE E DEI CONGLOMERATI.....		33
5.1	<i>Oggetto</i>		33
5.2	<i>Requisiti per le Prove Preliminari sulle Miscele e sui Conglomerati</i>		33
5.2.1	<i>Miscela per Iniezioni</i>		33
5.2.2	<i>Boiacche di Cemento</i>		34
5.2.3	<i>Conglomerati Cementizi</i>		34
5.2.3.1	<i>Malte</i>	34	
5.2.3.2	<i>Calcestruzzi</i>	34	
5.2.3.3	<i>Calcestruzzo Proiettato</i>	37	
5.3	<i>Controllo Preliminare dei Requisiti delle Miscele e dei Conglomerati</i>		37
5.3.1	<i>Miscela per Iniezioni</i>		37
5.3.2	<i>Boiacche di Cemento</i>		38
5.3.3	<i>Conglomerati Cementizi</i>		38
5.3.3.1	<i>Malte</i>	38	
5.3.3.2	<i>Calcestruzzo per Murature</i>	38	
5.3.3.3	<i>Calcestruzzo Proiettato (Gunita)</i>	38	
5.4	<i>Misure e Pagamenti</i>		39
5.4.1.1	<i>Prove Preliminari sui Materiali</i>	39	
5.4.1.2	<i>Prove in Corso d'Opera sui Materiali</i>	39	



6	PERFORAZIONI E INIEZIONI DI TENUTA E CONSOLIDAMENTO.....	40	
6.1	Oggetto		40
6.2	Impianti e Attrezzature		40
6.2.1	<i>Impianto di Confezionamento delle Miscele Cementizie</i>	40	
6.2.2	<i>Miscelatori</i>	40	
6.2.3	<i>Agitatori</i>	40	
6.2.4	<i>Sonde</i>	41	
6.2.5	<i>Carotieri</i>	41	
6.2.6	<i>Rivestimenti</i>	41	
6.2.7	<i>Valvole</i>	41	
6.2.8	<i>Otturatori</i>	42	
6.2.9	<i>Pompe di Iniezione</i>	42	
6.2.10	<i>Tubazioni</i>	42	
6.2.11	<i>Strumentazione e Sistema di Acquisizione Dati</i>	42	
6.2.12	<i>Attrezzature per la Comunicazione</i>	42	
6.3	Materiali		43
6.3.1	<i>Miscela per Iniezioni</i>	43	
6.4	Sequenza delle Operazioni		43
6.4.1	<i>Trattamenti di Impermeabilizzazione Eseguiti all'Aperto o in Galleria</i>	43	
6.4.2	<i>Trattamenti di Consolidamento Eseguiti all'Aperto</i>	44	
6.5	Modalità Esecutive		44
6.5.1	<i>Sondaggi Esplorativi</i>	44	
6.5.2	<i>Perforazioni all'Aperto</i>	44	
6.5.3	<i>Perforazioni dall'Interno delle Gallerie</i>	45	
6.5.4	<i>Riperforazione durante i Trattamenti Down-Stage</i>	46	
6.5.5	<i>Controllo degli Spurghi e Provvedimenti in Caso di Perdite</i>	46	
6.5.6	<i>Iniezione e Criterio di Ultimazione</i>	46	
6.5.7	<i>Riempimento dei Fori</i>	48	
6.6	Controlli di Qualità		48
6.6.1	<i>Rilievi Plano-altimetrici</i>	48	
6.6.2	<i>Prove in Sito e in Laboratorio</i>	48	
6.6.2.1	<i>Documentazione di Perforazione</i>	48	
6.6.2.1	<i>Acquisizione Continua dei Parametri di Perforazione</i>	49	
6.6.2.2	<i>Documentazione di Sondaggio</i>	49	
6.6.2.3	<i>Formazione di Cassette Catalogatrici</i>	50	
6.6.2.4	<i>Descrizione dei Campioni e dei Profili Stratigrafici</i>	51	
6.6.2.5	<i>Prove d'Acqua Lugeon</i>	51	
6.6.2.6	<i>Prove di Claquage</i>	52	
6.6.2.7	<i>Documentazione e Certificati delle Prove</i>	52	
6.7	Misure e Pagamenti		53
6.7.1	<i>Ponteggi</i>	53	
6.7.2	<i>Posizionamento Attrezzature</i>	53	
6.7.3	<i>Perforazioni</i>	53	
6.7.4	<i>Riperforazioni</i>	54	
6.7.5	<i>Iniezioni di Cemento</i>	55	
6.7.6	<i>Consumo di Additivi</i>	55	
6.7.6.1	<i>Additivi in Polvere</i>	55	
6.7.6.2	<i>Additivi Liquidi</i>	55	
6.7.7	<i>Registrazione dei Parametri di Perforazione e Iniezione</i>	56	
6.7.7.1	<i>Registrazione dei Parametri di Perforazione</i>	56	



6.7.7.2	Registrazione dei Parametri di iniezione	56	
6.7.8	Fornitura e Conservazione di Cassette Catalogatrici		56
6.7.9	Prelievo di Campioni Indisturbati in Sito		56
6.7.10	Descrizione dei Campioni		57
6.7.11	Prove Lugeon		57
6.7.12	Prove di Claquage		57
7	PERFORAZIONI PER RETE DI DRENAGGIO		59
7.1	Oggetto		59
7.2	Drenaggi nella Roccia di Fondazione		59
7.3	Drenaggi nel Corpo della Diga		59
7.4	Macchinari ed Attrezzature (Sonde)		59
7.5	Materiale di Rivestimento dei Fori		60
7.6	Modalità Esecutive dei Drenaggi in Roccia		60
7.7	Misure e Pagamenti		60
7.7.1	Posizionamento Attrezzature		60
7.7.2	Perforazioni		61
7.7.2.1	Perforazioni in Sottterraneo (Dreni di Fondazione)	61	
7.7.2.2	Perforazioni all'Aperto (Canne Drenanti)	61	
7.7.3	Tubi di Rivestimento		62
7.7.4	Canne Drenanti		62
8	SCAVI ALL'APERTO E IN GALLERIA		63
8.1	Oggetto		63
8.2	Piano di Esecuzione degli Scavi		63
8.3	Materiali		63
8.3.1	Materiali Esplosivi		63
8.3.2	Bulloni da Roccia		63
8.3.3	Rete Elettrosaldata		64
8.3.4	Gunita		64
8.4	Macchinari ed Attrezzature		65
8.4.1	Scavi all'Aperto		65
8.4.2	Scavi in Sottterraneo		65
8.4.2.1	Pale Cingolate	65	
8.4.2.2	Locomotori e Vagonetti	65	
8.4.2.3	Sonde di Perforazione	65	
8.4.2.4	Martelli Demolitori	65	
8.4.2.5	Pompe per Calcestruzzo Proiettato	65	
8.4.2.6	Ventilatori	66	
8.4.2.7	Illuminazione	66	
8.5	Modalità di Esecuzione degli Scavi		66
8.5.1	Generalità		66
8.5.2	Tolleranze		66
8.5.2.1	Scavi all'Aperto	66	
8.5.2.2	Scavi in Sottterraneo	66	
8.5.3	Uso di Esplosivi		66
8.5.4	Scavi all'Aperto		67
8.5.5	Scavi in Sottterraneo a Sezione Piena		67



8.5.6	<i>Posa in Opera dei Bulloni</i>	67	
8.5.7	<i>Applicazione di Calcestruzzo Proiettato</i>	67	
8.6	Aree di Discarica		68
8.7	Controlli di Qualità		68
8.7.1	<i>Gunite</i>	68	
8.7.2	<i>Rete Metallica e Fibre</i>	68	
8.7.3	<i>Ancoraggi</i>	69	
8.7.4	<i>Centine</i>	69	
8.8	Misure e Pagamenti		69
8.8.1	<i>Scavi all'Aperto e in Sotterraneo</i>	69	
8.8.1.1	<i>Scavi all'Aperto</i>	69	
8.8.1.2	<i>Scavi in Sotterraneo</i>	70	
8.8.2	<i>Presostegni in Sotterraneo</i>	70	
8.8.2.1	<i>Gunite</i>	70	
8.8.2.2	<i>Centine, Rete, Fibre</i>	70	
8.8.2.3	<i>Ancoraggi</i>	71	
9	DEMOLIZIONE MURATURE CON MARTELLONI E IDRODEMOLIZIONE.....		72
9.1	Oggetto		72
9.2	Piano di Esecuzione delle Demolizioni		72
9.3	Macchinari e Attrezzature		72
9.4	Modalità Esecutive		72
9.4.1	<i>Paramenti e Coronamento</i>	72	
9.4.2	<i>Demolizione dello Scarico di Superficie</i>	75	
9.5	Misure e Pagamenti		75
9.5.1	<i>Ponteggi</i>	75	
9.5.2	<i>Demolizioni</i>	75	
9.5.3	<i>Idrodemolizioni</i>	76	
10	OPERE IN CALCESTRUZZO		77
10.1	Oggetto		77
10.2	Piano di Esecuzione dei Getti		77
10.3	Materiali per i Conglomerati		77
10.3.1	<i>Cemento</i>	77	
10.3.2	<i>Aggregati</i>	77	
10.3.3	<i>Acqua di Impasto</i>	78	
10.3.4	<i>Additivi</i>	78	
10.3.5	<i>Prodotti per il Trattamento delle Superfici</i>	78	
10.3.6	<i>Waterstops</i>	79	
10.4	Tipologia e Classificazione dei Conglomerati Cementizi		79
10.4.1	<i>Tipologia</i>	79	
10.4.2	<i>Classificazione dei Conglomerati Cementizi</i>	79	
10.5	Acciaio per c.a.		80
10.5.1	<i>Generalità</i>	80	
10.5.2	<i>Acciaio in Barre ad Aderenza Migliorata FeB 44k</i>	80	
10.5.3	<i>Reti in Barre di Acciaio Elettrosaldate</i>	80	
10.6	Casseforme, Armature di Sostegno, Centinature e Attrezzature di Costruzione		80
10.6.1	<i>Generalità</i>	80	



10.6.2	<i>Superfici Piane o Curve Regolari</i>	81	
10.6.3	<i>Superfici non Regolari</i>	81	
10.7	Livelli di Finitura delle Superfici dei Getti		81
10.7.1	<i>Generalità</i>	81	
10.7.2	<i>Superfici Casserate</i>	82	
10.7.3	<i>Superfici non Casserate</i>	82	
10.8	Confezionamento dei Conglomerati Cementizi		82
10.9	Trasporto		84
10.10	Tecnologia Esecutiva dei Getti		84
10.10.1	<i>Pulizia delle superfici</i>	84	
10.10.2	<i>Predisposizione dei Casseri</i>	84	
10.10.3	<i>Getti</i>	85	
10.10.4	<i>Vibrazione</i>	86	
10.10.5	<i>Riprese di Getto</i>	87	
10.11	Giunti		87
10.11.1	<i>Giunti Impermeabili</i>	87	
10.11.2	<i>Giunti di Costruzione</i>	88	
10.12	Posa delle Armature Metalliche		88
10.13	Stagionatura e Disarmo		88
10.13.1	<i>Prevenzione delle Fessure da Ritiro Plastico</i>	88	
10.13.2	<i>Disarmo dei Getti</i>	89	
10.13.3	<i>Correzione delle Irregolarità Superficiali</i>	90	
10.13.4	<i>Protezione dopo il Disarmo delle Casserature</i>	90	
10.14	Predisposizione di Fori, Tracce, Cavità, Ammortature, Oneri Vari		90
10.15	Finitura delle Superfici Orizzontali (Solette)		91
10.16	Controlli di Qualità		91
10.16.1	<i>Prove sui Materiali e sul Conglomerato Cementizio Fresco</i>	91	
10.16.2	<i>Resistenza dei Conglomerati</i>	92	
10.16.3	<i>Durabilità dei Conglomerati Cementizi</i>	93	
10.17	Parapetti sul Coronamento		94
10.18	Misure e Pagamenti		94
10.18.1	<i>Ponteggi</i>	94	
10.18.2	<i>Calcestruzzi</i>	94	
10.18.2.1	<i>Getti all'Aperto</i>	95	
10.18.2.2	<i>Getti in Sotterraneo</i>	95	
10.18.3	<i>Ferro di Armatura</i>	95	
10.18.4	<i>Casserature</i>	96	
10.18.5	<i>Waterstops</i>	96	
10.18.6	<i>Scogliere</i>	96	
10.18.7	<i>Cunette</i>	97	
10.18.8	<i>Trattamento Superficie Coronamento</i>	97	
10.18.9	<i>Parapetti sul Coronamento</i>	97	
11	STRADE DI ACCESSO AL CORONAMENTO E ALLO SCARICO DI FONDO		98
11.1	Oggetto		98
11.2	Muri Verdi in Terra Rinforzata		98
11.3	Misure e Pagamenti		98
11.3.1	<i>Decespugliamento</i>	98	
11.3.2	<i>Scavi</i>	98	



11.3.3	<i>Protezione delle Pareti di Scavo</i>	99	
11.3.4	<i>Muri in Terra Rinforzata</i>	99	
11.3.5	<i>Pavimentazione Stradale</i>	99	
11.3.6	<i>Arredo Stradale</i>	99	
12	FORNITURE ELETTROMECCANICHE		100
12.1	Generalità		100
12.2	Progettazione		100
12.3	Materiali		102
12.4	Macchinari ed Attrezzature		102
12.4.1	<i>Paratoie e Aste</i>	102	
12.4.2	<i>Argano di Manovra</i>	103	
12.4.3	<i>Valvola a Saracinesca</i>	103	
12.4.4	<i>Valvola a Cono Fisso</i>	103	
12.4.5	<i>Valvola di By-Pass</i>	104	
12.4.6	<i>Condotta di Scarico e Condotta di Presa</i>	104	
12.4.7	<i>Griglie di Protezione</i>	104	
12.4.8	<i>Impianti Elettrici e di Illuminazione</i>	105	
12.5	Saldature		105
12.5.1	<i>Qualifica Procedimenti di Saldatura</i>	106	
12.5.2	<i>Certificato di Qualifica dei Saldatori</i>	107	
12.6	Trattamenti Protettivi		107
12.6.1	<i>Disposizioni di Carattere Generale</i>	107	
12.6.2	<i>Preparazione delle Superfici</i>	109	
12.6.3	<i>Parti Destinate a Essere Saldate in Cantiere</i>	109	
12.6.4	<i>Ciclo A1 – Superficie a Contatto con l’Acqua</i>	110	
12.6.5	<i>Ciclo A2 – Superficie a Contatto con l’Aria</i>	110	
12.6.6	<i>Zincatura a Caldo</i>	110	
12.7	Collaudi		111
12.7.1	<i>Premessa</i>	111	
12.8	Prove in Bianco		111
12.9	Collaudo Provvisorio		112
12.10	Collaudo Definitivo		112
12.11	Misure e Pagamenti		112
12.11.1	<i>Elementi Metallici</i>	112	
12.11.2	<i>Arredi</i>	112	
12.11.3	<i>Forniture Elettromeccaniche</i>	112	
12.11.4	<i>Impianti Elettrici</i>	113	
13	STRUMENTAZIONE		114
13.1	Oggetto		114
13.2	Materiali e Modalità di Installazione		114
13.2.1	<i>Generalità</i>	114	
13.2.2	<i>Perforazioni</i>	114	
13.2.3	<i>Pendoli e Telecoordinometri</i>	115	
13.2.4	<i>Sensori Piezometrici</i>	115	
13.2.5	<i>Misuratori di Portata a Stramazzo</i>	116	
13.2.6	<i>Sensori di Temperatura</i>	116	



13.2.7	<i>Stazione Sismografica</i>	116	
13.2.8	<i>Estensimetri</i>	116	
13.2.9	<i>Capsule Tensimetriche</i>	117	
13.2.10	<i>Sistema di Collimazione</i>	117	
13.2.11	<i>Sistema di Acquisizione Dati</i>	118	
13.2.12	<i>Documentazione</i>	118	
13.3	<i>Misure e Pagamenti</i>		118
13.3.1	<i>Generalità</i>	118	
13.3.2	<i>Pendoli e Telecoordinometri</i>	119	
13.3.2.1	<i>Perforazioni</i>	119	
13.3.2.2	<i>Pendolo</i>	119	
13.3.3	<i>Piezometri</i>	119	
13.3.3.1	<i>Perforazioni</i>	119	
13.3.3.2	<i>Sensori Piezometrici</i>	119	
13.3.4	<i>Misuratori di Giunti</i>	120	
13.3.5	<i>Misuratori di Portata a Stramazzo</i>	120	
13.3.6	<i>Sensori di Temperatura</i>	120	
13.3.7	<i>Sismografo</i>	121	
13.3.8	<i>Estensimetri</i>	121	
13.3.9	<i>Capsule Tensimetriche</i>	121	
13.3.10	<i>Sistema di Collimazione</i>	121	
13.3.11	<i>Sistema di Acquisizione Dati</i>	121	



1 OGGETTO E SCOPO

1.1 Oggetto

Le presenti Specifiche Tecniche illustrano le caratteristiche delle opere di progetto e indicano le norme operative e le prescrizioni tecniche da rispettare in sede di esecuzione dei lavori.

I lavori descritti sono i seguenti:

- impianti di cantiere;
- indagini e prove di laboratorio;
- qualificazione di materiali, miscele e conglomerati;
- perforazioni e iniezioni;
- drenaggi;
- scavi all'aperto e in galleria;
- demolizioni;
- calcestruzzi, casserature e ferri;
- geosintetici e waterstops;
- apparecchiature elettromeccaniche, idrauliche e elettriche;
- strumentazioni.

1.2 Scopo

Le presenti Specifiche Tecniche hanno lo scopo di:

- illustrare sinteticamente i principali elementi tecnici che caratterizzano le opere;
- suggerire la tipologia degli impianti e dei macchinari idonei all'esecuzione dei lavori;
- definire i requisiti dei materiali e dei prodotti da impiegare nella costruzione delle opere;
- descrivere modalità e sequenze operative;
- evidenziare la qualità che deve essere rispettata nelle lavorazioni e le modalità per controllarla;
- individuare norme in ordine alle modalità di contabilizzazione dei lavori;
- definire il contenuto dei prezzi di applicazione delle singole lavorazioni.

1.3 Struttura del Documento

I lavori e le prestazioni sono divisi in categorie omogenee che, in ogni capitolo, sono trattate con la seguente successione:

- oggetto;



- impianti– macchinari – attrezzature;
- materiali;
- modalità esecutive e sequenze operative;
- controlli di qualità;
- norme di contabilizzazione;
- prezzi di applicazione.



2 GENERALITÀ

2.1 Riferimenti

Le seguenti Normative ed Articoli Tecnici sono stati citati e presi come riferimento nelle stesura delle prescrizioni tecniche:

- Norme sui cementi di cui alla Legge 26/5/1965 n. 595 D.M. 3/6/1968 e D.M. 13/9/1993;
- Norme sugli additivi per cemento, UNI 7101, 7102, 7103, 7104, 7105, 7106, 7107, 7108, 7109, 7120 e 8145;
- Norme per i calcestruzzi, in particolare UNI 9858/91 (calcestruzzi, prestazioni, produzione, posa in opera e criteri di conformità), UNI 8981 (durabilità delle opere), UNI 8520 (diametro massimo dell'aggregato), UNI 6133/83 (resistenza a trazione per flessione), UNI 6134 (resistenza a compressione sui monconi dei provini rotti per flessione), UNI 6135 (resistenza a trazione indiretta), UNI 6556 (modulo elastico secante a compressione), UNI 6395 (contenuto d'aria del conglomerato cementizio fresco), UNI 6555 (ritiro idraulico), UNI 7087 (resistenza ai cicli di gelo-disgelo), ISO DIS 7032 (impermeabilità);
- Regolamento italiano sui calcestruzzi e sugli acciai per armature di c.a. e c.a.p., della Legge 05/11/1971 n. 1086 (D.M. in vigore) nonché delle Leggi 02/02/1974 n. 64, D.M. 19/06/1984, D.M. 29/01/1985, DM.LL.PP. 24/01/86, D.M. 04/05/1990, DM 9 gennaio 1996 con relative istruzioni e successivi aggiornamenti;
- “Geotextiles and Geomembranes in Civil Engineering”, 1986, R. Van Zanten.

2.2 Lavori, Materiali e Forniture

Tutti i lavori e le prestazioni descritte nelle presenti Specifiche Tecniche verranno eseguiti con le modalità usualmente adottate per lavori del massimo livello e qualità e dovranno risultare di completa soddisfazione del Direttore dei Lavori.

In linea di principio, non è consentito l'impiego di materiali/prodotti differenti da quelli specificati nelle presenti Specifiche Tecniche. Ogni sostituzione potrà essere adottata solamente dopo averne provata la qualità ed avere ottenuto l'approvazione del Direttore dei Lavori.



2.3 Marchi Registrati e Brevetti

L'impiego di materiali speciali e/o marchi registrati e/o di brevetti è consentito solo dopo aver acquisito il consenso alla loro utilizzazione da parte dei proprietari.

2.4 Programma dei Lavori

L'Impresa dovrà sottoporre al Direttore dei Lavori, per approvazione, un programma lavori dettagliato entro 15 giorni dalla data di consegna dei lavori. L'impresa dovrà tener conto che i lavori da eseguire nella parte più bassa della diga devono essere programmati in relazione ai periodi di morbida del fiume.

2.5 Coperture Assicurative

L'Impresa dovrà provvedere ad assicurarsi, oltre che per i possibili rischi legati alla costruzione, anche contro i rischi ed i danni, a persone, cose, strutture ed impianti temporanei, legati agli eventi di piena, sia a monte che a valle della diga.

2.6 Misure e Pagamenti

I lavori verranno misurati con criteri geometrici sulla base delle voci di prezzo elencate nel Computo Metrico Estimativo (si veda il documento Vol. 6).

I prezzi unitari e i compensi globali coprono tutti i costi necessari per eseguire i lavori secondo i requisiti e le prescrizioni delle presenti Specifiche Tecniche e degli altri documenti contrattuali, e comprendono le spese generali e gli utili dell'Impresa.

Lavori in economia potranno essere contabilizzati solo se previamente autorizzati dal Direttore dei Lavori.

Solamente i costi relativi a lavori esplicitamente esclusi nelle clausole relative a misure e pagamenti saranno contabilizzati separatamente e remunerati con compensi addizionali.



3 IMPIANTI DI CANTIERE

3.1 Aree di Cantiere

L'organizzazione delle aree di cantiere nelle quali installare gli impianti logistici e tecnologici necessari alla costruzione delle opere di progetto è di competenza dell'Impresa.

Nel dimensionamento dei piazzali l'Impresa dovrà tener conto, tra l'altro, della mole degli impianti da installare, della superficie necessaria per l'accumulo temporaneo dei materiali di demolizione e degli inerti, nelle quantità e proporzioni richieste.

Le aree e le installazioni di cantiere dovranno trovarsi in prossimità delle opere da realizzare e, se ubicate a monte della diga, sarà cura dell'Impresa valutare la quota minima necessaria per evitare sommersioni in caso di piene. Analogamente, per le aree e le installazioni di cantiere ubicate a valle della diga, sarà cura dell'Impresa prevedere opere di scarico capaci di convogliare le portate esitate dal cunicolo trasversale esistente e valutare la quota minima necessaria per evitare sommersioni in caso di piene.

Per l'accesso finale al coronamento della diga in spalla destra dovrà essere predisposta una nuova strada di accesso in quanto la quota della sommità della diga verrà rialzata di circa 4 m.

L'accesso alla sommità dell'opera di scarico superficiale in spalla sinistra avverrà utilizzando prevalentemente il coronamento della diga.

3.2 Impianti Logistici

Le attrezzature fisse di cantiere, destinate all'espletamento dei servizi generali, comprendono:

- baracche e tettoie adibite a servizi generali di cantiere (uffici, mensa, eventuali dormitori, spogliatoi, infermeria, ecc.);
- padiglioni adibiti a strutture di servizio (officine, magazzino, ecc.);
- reti per illuminazione, telefonia, acqua, fognature, ecc.;
- piste di transito e parcheggi all'interno del cantiere.

Ciascuna delle installazioni elencate si intende completa di ogni accessorio, arredo e dotazione che ne garantisca la funzionalità.

Le installazioni fisse dovranno essere realizzate in prossimità della diga, in modo da non interferire con le opere di progetto. Le eventuali interferenze con passaggi, servitù o altre strutture dovranno essere tali da consentire il transito di mezzi e persone in condizioni di sicurezza.



Le strutture dovranno rispettare i criteri di sicurezza attualmente vigenti e dovranno essere scelte e disposte minimizzandone l'impatto sull'ambiente.

L'impresa dovrà sottoporre all'approvazione del Committente, almeno 30 giorni prima della consegna delle aree, un piano completo e dettagliato degli impianti logistici.

Salvo diversa prescrizione del Direttore dei Lavori, le installazioni logistiche dovranno essere rimosse non oltre 15 giorni dopo l'ultimazione dei lavori, e le aree dovranno essere ripristinate non oltre 30 giorni dopo lo smobilizzo del cantiere.

3.3 Impianti Tecnologici per la Produzione di Calcestruzzi

3.3.1 Generalità

Il presente paragrafo riguarda l'installazione degli impianti di cantiere destinati alla lavorazione ed alla trasformazione dei materiali, nonché alla confezione dei conglomerati cementizi da impiegare nella costruzione delle opere di progetto.

Le modalità di esercizio degli impianti e le prescrizioni specifiche per le singole lavorazioni sono invece trattate nei capitoli di competenza.

Le caratteristiche delle strutture tecnologiche descritte di seguito hanno carattere orientativo, restando di esclusiva competenza dell'Impresa la scelta degli impianti e delle attrezzature necessarie per la produzione di calcestruzzi e per le perforazioni aventi le caratteristiche richieste dalle presenti Specifiche Tecniche.

L'Impresa dovrà sottoporre all'approvazione del Committente, almeno 30 giorni prima della consegna delle aree, la tipologia e la potenzialità degli impianti che intende utilizzare, impegnandosi a sostituire quelle installazioni che il Committente ritenesse non idonee o insufficienti a soddisfare i requisiti del Progetto.

Inoltre, l'Impresa è tenuta a ri-ubicare gli impianti ritenuti dallo stesso Committente incompatibili in relazione alle prescrizioni di carattere ambientale. E' fatto osservare che l'area dei lavori ricade nell'area Parco delle Capanne di Marcarolo e pertanto è soggetta a vincoli.

Nella scelta e nel dimensionamento degli impianti destinati alla produzione di conglomerati cementizi l'Impresa dovrà in particolare rispettare le disposizioni contenute nei Capp. 5 e 10.

Gli impianti avranno una potenzialità in grado di garantire almeno le seguenti produzioni:

- impianti di frantumazione e macinazione: 500 m³/ giorno
- impianto di lavaggio e selezione: 500 m³/ giorno
- impianto di betonaggio: 350 m³/ giorno



3.3.2 Impianti di Frantumazione e Macinazione

L'impianto di frantumazione ha il compito di ridurre le dimensioni degli inerti provenienti da cave di prestito o da demolizioni di muratura, ottenendo pezzature inferiori a 80 mm.

I prodotti della frantumazione dovranno essere convenientemente assortiti, in modo da approssimare il più possibile la curva granulometrica prevista per il confezionamento dei conglomerati cementizi.

Qualora la frazione fine del prodotto dovesse essere carente, si dovrà ricorrere all'installazione di idonei mulini per un'ulteriore macinazione dei prodotti della frantumazione. Qualora invece fosse carente la frazione grossa, si dovranno importare da impianti esterni inerti di granulometria adeguata.

Il numero e la potenzialità dei macchinari di frantumazione e di macinazione sarà stabilito dall'Impresa in relazione alle caratteristiche del materiale da trattare, alle prestazioni tecniche dei macchinari ed alla produttività richiesta dai programmi esecutivi.

L'Impresa dovrà prevedere adeguata scorta di inerti frantumati, tali da sopperire in ogni momento al fabbisogno richiesto dalla produzione di conglomerati cementizi per il tempo di almeno 1 mese.

3.3.3 Impianto di Lavaggio e Selezione

Il lavaggio e la suddivisione degli inerti nelle classi prestabilite saranno realizzati in un impianto di classificazione, costituito essenzialmente da vagli vibranti che separino le frazioni di maggiori dimensioni e da attrezzature di addensamento e di recupero delle frazioni fini.

Il lavaggio degli inerti sarà ottenuto da abbondanti immissioni di acqua al di sopra dei vagli. Gli inerti trattenuti dalle reti dei vagli (> 5 mm) sarà fatto affluire direttamente ai relativi depositi. Il recupero delle sabbie avverrà invece tramite convogliamento dell'acqua contenente la frazione fine (< 5 mm) passante ai vagli in apposite coclee recuperatrici che recapitano la sabbia in cicloni atti ad addensare il prodotto tramite l'eliminazione dell'acqua in eccesso. Le sabbie saranno accumulate in depositi al riparo dalle intemperie.

La suddivisione degli inerti in classi permetterà di riprodurre la curva granulometrica di progetto che verrà stabilita, prima dell'inizio dei lavori, in funzione dei risultati delle prove eseguite preliminarmente su campioni di conglomerato cementizio.

Anche l'impianto di classificazione sarà dimensionato dall'Impresa in relazione alle quantità del materiale da trattare, alle prestazioni tecniche dei macchinari e alla produttività richiesta dai programmi esecutivi.



Annessi all'impianto, dovranno essere previsti contenitori di acqua di elevata capacità, in grado di fornire con continuità all'impianto il fabbisogno necessario a separare le classi e ad ottenere prodotti privi di ogni impurità.

In prossimità dell'impianto di classificazione, dovranno essere predisposti depositi temporanei di inerti separatamente per ognuna delle pezzature previste.

3.3.4 Impianto di Depurazione delle Acque

Dovrà essere installato un idoneo impianto per il trattamento delle acque che provengono dalle aree interessate dai lavori e, soprattutto, dagli impianti di lavorazione degli inerti, al fine di eliminare i solidi in sospensione e di correggere le caratteristiche chimiche delle acque prima della loro restituzione negli alvei naturali.

L'impianto consisterà in una vasca di decantazione di ampie dimensioni e in un impianto di trattamento per la separazione delle sostanze inquinanti attraverso l'azione di agenti chimici.

Il recapito finale delle acque trattate dovrà avvenire a valle del bacino di Lavezze. Le acque verranno incanalate tramite una specifica condotta metallica, temporanea, di idoneo diametro.

3.3.5 Impianto di Betonaggio

L'impianto di betonaggio conterrà un numero adeguato di mescolatori (betoniere a bicchiere o simili) e sarà corredato da: contenitori di adeguata capacità per il deposito di cemento, filler, additivi e acqua.

L'impianto dovrà essere dotato di sistema di funzionamento e di controllo computerizzati, che garantiscano il rispetto della composizione della miscela con una tolleranza massima del 1% in peso e dovrà essere provvisto di sistema di registrazione delle pesate, dei tempi di impasto e delle quantità di impasti prodotti.

È assolutamente vietato il confezionamento di calcestruzzo per mezzo di autobetoniere.

3.3.6 Attrezzature di Trasporto

Il trasporto degli inerti dagli impianti di frantumazione e di selezione ai depositi e la successiva ripresa degli stessi per il trasferimento all'impianto di betonaggio potranno essere effettuati tramite nastri trasportatori, alimentati da appositi dosatori a carrello o vibranti, ovvero tramite autocarri.

3.4 Impianti Tecnologici per Altre Lavorazioni

3.4.1 Generalità

Il presente paragrafo riguarda l'installazione e lo smobilizzo di impianti e di attrezzature di cantiere, destinati a lavorazioni specifiche e pertanto installati in prossimità delle zone in cui si svolgono i relativi lavori.



Gli impianti tecnologici specifici dovranno essere dimensionati in funzione delle produzioni richieste dal programma di esecuzione delle opere e saranno soggetti alla preventiva approvazione da parte del Direttore dei Lavori.

3.4.2 Impianti di Iniezione

Per la produzione di miscele cementizie, necessarie per la formazione dello schermo di impermeabilizzazione della diga e per le iniezioni di consolidamento, dovrà essere installato in vicinanza delle opere un apposito impianto che consenta il proporzionamento e la preparazione automatica delle miscele binarie o ternarie additivate, aventi le caratteristiche prescritte dalle presenti Specifiche Tecniche (si veda Capp. 5 e 6).

L'impianto dovrà consentire la registrazione automatica dei pesi delle materie prime introdotte nel miscelatore, del volume della miscela prodotta e dei tempi di miscelazione, inoltre, dovrà avere capacità idonea ad alimentare con continuità tutte le bocche di iniezione previste.

I miscelatori dovranno essere meccanici, del tipo cosiddetto semi-colloidale o ad alta velocità. Gli agitatori, in numero di 2 o più per ciascun miscelatore, devono garantire un'adeguata alimentazione alle bocche di iniezione e devono essere attrezzati con misuratori di livello (o contatori volumetrici) per il controllo dei consumi di miscela.

In prossimità dell'impianto di miscelazione sarà installato il sistema di pompe volumetriche a doppio effetto capace di alimentare tutte le bocche di iniezione previste e con le pressioni previste. La tubazione di alimentazione dei punti di iniezione dovrà essere ad anello, con una tubazione di ritorno all'impianto ed alle pompe, per permettere di graduare la pressione di iniezione senza sbalzi della stessa e senza arrestare il flusso della boiaccia.

3.4.3 Impianti per Fanghi Polimerici

L'installazione di un impianto per la produzione di fanghi polimerici potrà essere richiesta dalla necessità di eseguire perforazioni di sondaggio.

3.5 Impianti e Strutture Ausiliarie

Gli impianti di cantiere sopra descritti saranno corredati da strutture e impianti ausiliari centralizzati quali:

- laboratorio di cantiere attrezzato per eseguire prove non complesse sui materiali prelevati nel corso delle lavorazioni (a titolo d'esempio: analisi granulometriche, prove di rottura a compressione non confinata su cubetti e di trazione con prova brasiliana sui cilindri di calcestruzzi e malte). Le prove che richiedono attrezzature più complesse saranno eseguite direttamente a cura e spese dell'Impresa presso laboratori esterni autorizzati scelti dal Committente;



- impianto di produzione di energia elettrica con gruppi elettrogeni, ovvero centrali di trasformazione;
- impianto di produzione di aria compressa;
- impianto di rifornimento di acqua ad uso industriale;
- distributori di carburanti;
- vasche di accumulo di residui di lavorazione.

3.6 Misure e Pagamenti

3.6.1 Impianti di Cantiere

Sono previsti prezzi forfetari a fronte delle opere di installazione e smobilizzo del cantiere.

3.6.1.1 Formazione di Piazzali e Piste di Cantiere

Il prezzo compensa i movimenti di terra (scavi, rilevati, fossi, ecc.) e i manufatti (cunette, tombini, ecc.) necessari per consentire il transito dei mezzi all'interno del cantiere, nonché gli oneri per la loro manutenzione durante l'esercizio del cantiere.

Sono previsti 2 compensi specifici:

- per la formazione e la manutenzione di piste di cantiere;
- per la formazione di un'area da utilizzare per l'elisoccorso.

3.6.1.2 Installazioni di Cantiere

Le attività compensate a corpo riguardano l'installazione delle seguenti strutture:

- strutture logistiche;
- strutture operative;
- impianti tecnologici;
- impianti di servizio;
- attrezzature specifiche;
- presidi di sicurezza.

Il compenso per l'allestimento di attrezzature e impianti di cantiere include:

- la predisposizione dei piazzali, ivi comprese le opere di stabilizzazione delle pendici e di regimazione delle acque di superficie;
- l'acquisto (o il noleggio o l'ammortamento), il trasporto in cantiere, il montaggio, l'esercizio e la manutenzione delle attrezzature logistiche;
- l'acquisto (o il noleggio o l'ammortamento), il trasporto in cantiere e il montaggio degli impianti tecnologici, escluso gli oneri di esercizio (compensati negli items contrattuali);
- la preparazione di aree per l'estrazione di inerti;



- la sistemazione di aree da adibire ad eventuali discariche per i materiali a rifiuto.

3.6.1.3 Smobilizzo del Cantiere

Il prezzo comprende e compensa gli oneri derivanti dallo smontaggio delle attrezzature, dal loro trasporto a deposito, ivi comprese eventuali opere di ripristino ambientale del territorio (semina e/o piantumazione delle aree dismesse).

Il compenso per lo smobilizzo delle attrezzature e impianti include:

- lo smontaggio delle strutture;
- il loro carico e allontanamento dal cantiere;
- l'allontanamento dei materiali utilizzati per la formazione dei piazzali
- le eventuali opere di rinaturizzazione dell'ambiente prescritte dagli Enti preposti in conformità ai vincoli dell'area parco, limitatamente alle aree utilizzate per la formazione e gestione del cantiere.



4 QUALIFICA PRELIMINARE DEI MATERIALI DA COSTRUZIONE

4.1 Oggetto

La presente sezione tratta le prescrizioni per la qualifica e le modalità di controllo dei materiali impiegati nelle attività di betonaggio, iniezione in roccia, drenaggio, formazione di muri in terra rinforzata, strumentazione, scogliere, ecc, che l'Impresa dovrà eseguire nell'ambito dei lavori e/o qualora specificatamente ordinate dal Direttore dei Lavori.

I materiali da impiegare per i lavori dovranno corrispondere, come caratteristiche e proprietà, a quanto stabilito nelle regolamenti ufficiali vigenti in materia e nelle presenti Specifiche Tecniche. In mancanza di particolari prescrizioni dovranno essere delle migliori qualità esistenti in commercio.

Prima dell'inizio dei lavori, l'Impresa dovrà fornire, dietro richiesta del Direttore dei Lavori, tutti gli elementi necessari per la determinazione delle caratteristiche dei materiali che intende impiegare nella costruzione delle opere. Qualora siano necessarie specifiche prove per la determinazione delle caratteristiche dei materiali, queste saranno a cura e spese dell'Impresa.

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

I materiali approvvigionati presso fornitori esterni dovranno avere i requisiti fissati, dovranno pertanto essere accompagnati da un'idonea certificazione d'origine, che attesti il rispetto delle caratteristiche alle specifiche di seguito esposte.

4.2 Requisiti Richiesti per la Qualifica dei Materiali

4.2.1 *Acqua*

L'acqua per gli impasti e le iniezioni deve essere pulita e priva di impurità, non inquinata da sostanze organiche o dannose e aggressive, come ad esempio oli, sali, sostanze organiche o altro.

L'acqua dovrà avere un contenuto di sali disciolti inferiore a 1 g/l. La quantità di materiale inorganico in sospensione dovrà essere inferiore a 2 g/l, mentre la quantità di sostanze organico (COD) inferiore a 0.1 g/l.

Le caratteristiche dell'acqua dovranno essere individuate all'inizio lavori e approvate dal Direttore dei Lavori.



4.2.2 Cemento

Il cemento dovrà essere di tipo Portland e Ferrico-Pozzolanico di tipo IV/A (P) ad alta resistenza normalizzata, conforme alla composizione prescritta dalle norme UNI EN 197/1 e UNI 9156 e dunque ad altissima resistenza ai solfati e con bassissimo contenuto di alluminato tricalcico.

Eccezionalmente e previa autorizzazione del Direttore dei Lavori sarà inoltre ammesso l'uso di cementi di tipo II con tenore di alluminato tricalcico (C_3A) minore del 5% che la cementeria dovrà garantire specificando il metodo di misura, a condizione che il rapporto acqua/cemento sia inferiore dello 0.05 rispetto a quello prescritto per i cementi di tipo IV e che la resistenza effettiva dei conglomerati risulti superiore di almeno 5 MPa rispetto a quella richiesta per i cementi di tipo IV. Il contenuto di cromo esavalente (Cr 6+) dovrà essere inferiore a 15 ppm.

Il cemento dovrà essere conservato in ambiente appropriato, privo di umidità e protetto dall'irraggiamento solare diretto. È raccomandabile l'impiego di silos, mentre il cemento in sacchi dovrà essere conservato in luogo chiuso.

4.2.3 Cementi Microfini

I cementi classificati come microfini (come ad esempio i cementi tipo MC-500 a base di alluminosilicati) avranno una dimensione media delle particelle (grani) inferiore a 4 micron ed un numero di Blaine superiore a 5000. Le miscele costituite da cementi microfini possono garantire un elevato potere penetrante, un'ottima durabilità e una elevata resistenza.

4.2.4 Aggregati

Per tutti i tipi di conglomerato cementizio dovranno essere impiegati esclusivamente gli aggregati estratti da cave di prestito autorizzate dal Direttore dei Lavori, in conformità con le prescrizioni della VIA, oltre a quelli provenienti dalla demolizione di opere in calcestruzzo o muratura.

Dovranno essere costituiti da elementi non gelivi, privi di parti friabili e pulverulente o scistose, argilla e sostanze organiche; non dovranno contenere i minerali pericolosi quali pirite, marcasite, pirrotite (pirrotina), quarzo ad estensione ondulata, gesso e solfati solubili.

Gli aggregati dovranno essere costituiti da elementi non gelivi privi di parti friabili e pulverulente o scistose, argilla e sostanze organiche; non dovranno contenere minerali pericolosi: pirite, marcasite, pirrotina, gesso e solfati solubili.

Saranno rifiutati pietrischetti, pietrischi e graniglie aventi un coefficiente di forma, determinato secondo UNI 8520 - parte 18, minore di 0.15 (per un D fino a 32 mm) e minore di 0.12 (per un D fino a 64 mm).

La curva di distribuzione granulometrica delle miscele di aggregato per conglomerato cementizio dovrà essere del tipo "continuo" e tale da ottenere il massimo peso specifico del conglomerato



cementizio a parità di dosaggio di cemento e di lavorabilità dell'impasto. Tale curva dovrà essere preliminarmente sottoposta al Direttore dei Lavori per approvazione, nell'ambito delle attività di qualificazione e approvazione del calcestruzzo.

La dimensione massima dell'aggregato è $D_{\max} = 80$ mm o comunque minore di 0.25 volte la dimensione minima (in genere lo spessore) delle strutture.

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

All'impianto di betonaggio, gli aggregati dovranno essere suddivisi in almeno 3 pezzature: la più fine non dovrà contenere più del 15% di materiale trattenuto al vaglio a maglia quadrata da 5 mm di lato. Le singole pezzature non dovranno contenere sottoclassi in misura superiore al 15% e sovraclassi in misura superiore al 10% della pezzatura stessa.

4.2.5 Additivi

Gli additivi potranno essere impiegati o in singoli dosaggi o in combinazioni compatibili di:

- superfluidificanti;
- antidilavanti;
- acceleranti.

Tutti gli additivi adottati dovranno essere scelti tra quelli a tossicità assente o minima. Non potranno essere utilizzati additivi superfluidificanti a base di cloruri o contenenti cloruri di calcio.

Gli additivi dovranno essere aggiunti al conglomerato cementizio in soluzione con acqua d'impasto con sistema meccanico che consenta di aggiungere l'additivo con una tolleranza sulla quantità prescritta non superiore al 5% ed inoltre che assicuri la sua uniforme distribuzione nella massa del conglomerato.

Gli additivi dovranno essere conservati in luogo protetto dall'esposizione diretta agli agenti atmosferici, con particolare riferimento per le temperature, eccessivamente alte o basse, per l'irraggiamento solare e per qualsiasi fenomeno possa instaurare reazioni che alterano l'integrità del prodotto.

4.2.6 Acciaio per Calcestruzzo Armato

Gli acciai per armature di c.a. dovranno corrispondere ai tipi ed alle caratteristiche stabilite dalle norme di legge. Sono ammessi esclusivamente acciai di tipo FeB 38k e FeB 44k.

Le caratteristiche meccaniche degli acciai dovranno essere conformi alle prescrizioni dettate dalle Norme ASTM per quanto attiene a:



- tolleranze sul peso e sul diametro nominali;
- tensione di snervamento;
- tensione e allungamento di rottura;
- modulo di elasticità;
- resistenza a fatica.

Ogni carico di acciaio giunto in cantiere dovrà essere corredato dal certificato d'origine fornito dalla ferriera, riportante gli estremi del documento di trasporto.

4.2.7 Materiali Drenanti

Il materiale drenante (ghiaie e sabbie) dovrà avere fuso granulometrico compreso fra 3 e 25 mm, con passante al vaglio ASTM #200 non superiore al 5%. Dovrà essere inoltre opportunamente lavato ed esente da materiali organici e coesivi.

Il controllo della granulometria sarà effettuato mediante analisi granulometriche predisposte con frequenza di almeno 1 analisi ogni 100 m³ di aggregati, da svolgersi a cura e spese dell'Impresa.

4.2.8 Massi di Roccia

Per la formazione delle scogliere e gabbioni, si utilizzeranno rocce di origine intrusiva basica o effusiva basica oppure di natura calcarea purché ricavate da formazioni compatte, completamente inalterate e prive di microfratturazioni.

4.2.9 Materiali per la Formazione di Rilevati

4.2.9.1 Generalità

Le caratteristiche geometriche, la natura e le proprietà fisico-meccaniche dei materiali per rilevati sono quelle indicate dal Progetto.

L'Impresa dovrà sottoporre alla preventiva approvazione del Direttore dei Lavori un progetto di dettaglio ad integrazione e conforto del Progetto Esecutivo nel quale dovrà indicare la natura e le proprietà fisico-meccaniche dei materiali che intende adottare, le modalità esecutive, le sequenze cronologiche degli interventi.

4.2.9.2 Provenienza dei Materiali

L'Impresa resta completamente responsabile della disponibilità e dell'approvvigionamento dei materiali da costruzione nella quantità richiesta dalle specifiche del presente Progetto.

Fatto salvo l'utilizzo, in quanto idoneo, dei materiali provenienti dalla demolizione delle strutture murarie, l'Impresa dovrà procurare il volume di materiale necessario alla costruzione delle opere prelevandolo da cave preventivamente sottoposte al benestare del Direttore dei Lavori, in conformità con le prescrizioni della VIA.



Prima di impiegare i materiali provenienti dagli scavi o dalle cave, l'Impresa dovrà predisporre una campagna di indagini corredata di tutte le opportune prove di laboratorio, atte a fornire al Direttore dei Lavori un'esauriente documentazione in merito alle caratteristiche fisicomeccaniche dei materiali.

L'Impresa dovrà sottoporre alla preventiva approvazione del Direttore dei Lavori il prelievo dei materiali sedimentati, durante gli anni di esercizio, presenti a monte della diga nella parte sommersa del lago di Badana e delle eventuali fasi di lavorazione successive, quali vagliatura, frantumazione e miscelazione, atte a conferire ai materiali le caratteristiche di idoneità previste dal Progetto.

I prelievi dovranno essere realizzati nel rispetto delle vigenti norme di legge, secondo le previsioni di progetto ed in modo che, tanto durante il prelievo e a prelievo ultimato, non si abbiano a verificare condizioni di pericolo per la salute e l'incolumità pubblica, che per l'ambiente.

4.2.10 Materiali Plastici

4.2.10.1 Generalità

Tutti i materiali plastici impiegati come elementi di interfaccia, tenuta, separazione e contenimento dovranno essere della migliore qualità in commercio, di composizione uniforme, corredati di certificazione di qualità dal Costruttore.

I materiali plastici impiegati in cantiere dovranno avere tutti la stessa provenienza o essere dello stesso tipo e caratteristica, come indicato dalle presenti specifiche. L'uso di materiali di differente caratteristica non è consentito salvo specifiche indicazioni approvate dal Direttore dei Lavori.

L'Impresa dovrà sottoporre i materiali plastici, con la relativa documentazione attestante il soddisfacimento dei requisiti minimi, al Direttore dei Lavori per approvazione. L'Impresa è altresì tenuta a fornire al Direttore dei Lavori eventuali campioni di materiale, nelle dimensioni richieste, per l'esecuzione di prove o controlli separati. Le prove necessarie alla determinazione delle caratteristiche dei materiali saranno a cura e spese dell'Impresa.

4.2.10.2 Geotessili

I geotessili impiegati come elementi di contenimento, rivestimento e separazione devono essere di tipo non tessuto, a filo continuo, agugliato, in fibra di polipropilene (in sigla: NT AG FC PP).

In accordo con quanto prescritto dal Progetto, i geotessili dovranno possedere le seguenti caratteristiche minime:

- massa nominale per unità di superficie: 700 g/m^2 ;
- resistenza ultima a trazione: $>50 \text{ kN/m}$;



- allungamento percentuale a rottura: > 50%;
- coefficiente di permeabilità nel piano: $k > 1 \cdot 10^{-1}$ cm/s.

o altre caratteristiche proporzionali per masse nominali unitarie diverse da quella indicata.

4.2.10.3 Geodreni

I geodreni impiegati come elementi drenanti devono essere realizzati con struttura tridimensionale in fili estrusi in HDPE o Polipropilene (PP) e devono garantire una bassissima compressibilità ed una elevata capacità drenante anche sotto la pressione di 500 kPa.

Le caratteristiche minime richieste sono le seguenti:

- spessore (sotto una pressione di 20 kPa): 6 mm;
- resistenza ultima a trazione: >4 kN/m;
- allungamento percentuale a rottura: > 30%;
- capacità drenante (sotto una pressione di 100 kPa e con gradiente $i=1$): $1.11 \cdot 10^{-3}$ m²/s;
- dimensione massima delle maglie: 5-8 mm.

4.2.10.4 Waterstops

Il PVC, impiegato per i waterstops, dovrà avere particolare elasticità ed essere ottenuto da resine viniliche termoplastiche di alta qualità che abbiano elevata resistenza all'azione aggressiva delle soluzioni acido-alcaline, all'invecchiamento ed alle sollecitazioni meccaniche.

Le caratteristiche minime dei materiali plastici dovranno essere:

- resistenza a trazione secondo la Norma ASTM D412 (proc. C): ≥ 15 MPa;
- allungamento ultimo secondo la Norma ASTM D412 (proc. C): $\geq 330\%$;
- rigidità a flessione su una luce di 6 mm secondo la Norma ASTM D-747: ≥ 2.8 MPa;
- resistenza a strappo secondo la Norma ASTM D624: ≥ 3 MPa;
- peso specifico secondo la Norma ASTM D792: ≥ 1.20 .

4.3 Controllo dei Requisiti dei Materiali

4.3.1 Generalità

Per verificare la rispondenza ai requisiti richiesti, e quindi l'accettabilità, dei materiali proposti dall'Impresa o disponibili in zona, sarà necessario eseguire specifiche prove di laboratorio.

A titolo indicativo, si elencano nei paragrafi seguenti le principali prove cui potranno essere assoggettati i campioni di materiale, su indicazione esclusiva del Direttore dei Lavori.



4.3.2 *Acqua per gli Impasti*

Per il controllo dell'acqua sarà necessario determinare mediante analisi chimiche i parametri chiave da confrontare con i valori di riferimento, in accordo con le presenti Specifiche Tecniche, incluso il Ph.

4.3.3 *Cementi*

Per il controllo dei cementi dovranno essere verificate le resistenze meccaniche ed i requisiti chimici e fisici del cemento secondo le Norme.

Per quanto riguarda i cementi normali, sarà necessario determinare, in aggiunta ai parametri richiesti, il contenuto di Cr 6+ (Cromo esavalente).

4.3.4 *Controlli sui Cementi Microfini*

Per i cementi microfini sono richiesti i controlli sull'effettiva frazione inferiore a 10 mm, il valore di Blaine, il contenuto di alluminato tricalcico C_3A , il contenuto di cromo esavalente Cr 6+ e la certificazione del metodo di produzione.

4.3.5 *Aggregati*

A cura ed a spese dell'Impresa, sotto il controllo del Direttore dei Lavori, dovrà essere accertata, mediante esame mineralogico (UNI 8520 - parte 4) presso un laboratorio ufficiale, l'assenza dei minerali indesiderati di silice (amianto) o carbonati reattivi verso gli alcali del cemento (opale, calcedonio, tridimite, cristobalite, quarzo cristallino in stato di alterazione o tensione, selce, vetri vulcanici, ossidiane), per ciascuna delle zone di provenienza dei materiali. Tale esame verrà ripetuto con la frequenza indicata nella tabella sotto riportata e comunque almeno una volta all'anno e nel caso cambi la provenienza della fornitura.

Nella tabella seguente sono riepilogate alcune delle principali prove cui devono essere sottoposti gli aggregati, con l'indicazione delle norme di riferimento, delle tolleranze di accettabilità e della frequenza dei prelievi.

CARATTERISTICA	PROVE	NORME	TOLLERANZA DI ACCETTABILITÀ	FREQUENZA
Gelività degli aggregati	Gelività	CNR 80 e UNI 8520 PARTE 20	Perdita di massa < 4% dopo 20 cicli	200 m ³ e per ogni tipo di inerte
Resistenza alla abrasione	Los Angeles	CNR 34 e UNI 8520 parte 19	Perdita di massa LA < 30%	200 m ³ e per ogni tipo di inerte
Compattezza degli aggregati	Degradabilità alle soluzioni solfatiche	UNI 8520 parte 10	Perdita di massa dopo 5 cicli ≤ 10%	200 m ³ e per ogni tipo di inerte
Presenza di gesso e solfati solubili	Analisi chimica degli inerti	UNI 8520 parte 11	SO ₃ ≤ 0.05%	200 m ³ e per ogni tipo di inerte
Presenza di argille	Equivalenti in Sabbia	UNI 8520 parte 15	ES ≥ 80 VB ≤ 0,6 cm ³ /g di fini	200 m ³ e per ogni tipo di inerte



Presenza di pirite, marcasite e pirrotina	Analisi Petrografia	UNI 8520 parte 4	Assenti	200 m ³ e per ogni tipo di inerte
Presenza di sostanze organiche	Determinazione Colorimetrica	UNI 8520 parte 14	Per aggregato fine: colore della soluzione più chiaro dello standard di riferimento	200 m ³ e per ogni tipo di inerte
Presenza di forme di silice reattiva	Potenziale reattività dell'aggregato: – metodo chimico – potenziale attività delle miscele cemento-aggregati – metodo del prisma di malta	UNI 8520 parte 22	UNI 8520 parte 22 Punto 4 UNI 8520 parte 22 Punto 5	200 m ³ e per ogni tipo di inerte
Presenza di cloruri solubili	Analisi chimica	UNI 8520 parte 12	Cl ≤ 0.05%	200 m ³ e per ogni tipo di inerte
Coefficiente di forma e di appiattimento	Determinazione dei coefficienti di forma e di appiattimento	UNI 8520 parte 18	Cf ≥ 0.15 (D _{max} = 32 mm) Cf ≥ 0.12 (D _{max} = 64 mm)	200 m ³ e per ogni tipo di inerte

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

La curva granulometrica dovrà risultare costantemente compresa nel fuso granulometrico approvato dal Direttore dei Lavori e dovrà essere verificata ogni 200 m³ di aggregati impiegati.

4.3.6 Additivi

Per gli additivi, si richiede una certificazione sui livelli di tossicità dei vari prodotti e le relative concentrazioni critiche, se dispersi nell'ambiente.

4.3.7 Acciaio per c.a.

Per gli acciai da impiegare per l'armatura dei calcestruzzi si richiede, oltre alla presentazione dei certificati di origine, la disponibilità di spezzoni prelevati presso le acciaierie fornitrici per la determinazione preliminare presso laboratori ufficiali delle seguenti caratteristiche:

- tolleranze sul peso e sul diametro nominali;
- tensione di snervamento;
- tensione e allungamento a rottura;
- modulo di elasticità;
- prove di piegamento.

4.3.8 *Massi di Roccia*

Ai fini dell'accettazione dei materiali per scogliere, si richiamano le procedure standard da eseguirsi sui provini per ogni cava di estrazione utilizzata. In particolare sono richieste le conformità dei massi di roccia alle seguenti prove:

- peso specifico;
- coefficiente di imbibizione;
- resistenza all'azione disgregatrice del gelo;
- resistenza alla compressione;
- prova di usura per attrito radente;
- assenza di asbesto.

4.3.9 *Materiali per la Formazione dei Rilevati*

Le caratteristiche e l'idoneità dei materiali per la formazione di rilevati saranno accertate mediante le seguenti prove di laboratorio:

- analisi granulometrica (almeno ogni 20 000 m³ di materiale);
- determinazione del contenuto naturale d'acqua (almeno ogni 20 000 m³ di materiale);
- determinazione del limite liquido e dell'indice di plasticità sull'eventuale porzione di passante al setaccio 0.4 (almeno ogni 40 000 m³ di materiale);
- prova di compattazione AASHTO Mod. T/180-57 (almeno ogni 40 000 m³ di materiale) ed esecuzione eventuale di:
 - analisi granulometrica sui materiali impiegati nella prova di compattazione, prima e dopo la prova stessa limitatamente a quei materiali per i quali è sospetta la presenza di componenti instabili,
 - prova edometrica, limitatamente ai materiali coesivi e semicoesivi prelevati dal campione dopo l'esecuzione della prova AASHTO e compattati al 95% della densità massima.

4.3.10 *Materiali Plastici*

4.3.10.1 *Geotessili*

Dovrà essere preliminarmente accertato, su campioni disponibili sul mercato o comunque forniti dall'Impresa, il possesso delle seguenti caratteristiche per i geotessili:

- massa nominale per unità di superficie;
- resistenza ultima a trazione;
- allungamento percentuale a rottura;
- coefficiente di permeabilità nel piano e normale al piano del telo.

I valori riscontrati devono essere superiori a quelli minimi indicati nel Cap. 4.2.10.2.



La determinazione della massa nominale per unità di superficie dovrà essere determinata in accordo con quanto prescritto dalla Norma ASTM D5261. La resistenza ultima a trazione e l'allungamento percentuale a rottura devono essere determinati in accordo con quanto prescritto dalla Norma ASTM D4632 e D4595.

4.3.10.2 Geodreni

Dovrà essere preliminarmente accertato, su campioni disponibili sul mercato o, comunque, forniti dall'Impresa, il possesso delle seguenti caratteristiche per i geodreni:

- spessore (sotto a una pressione normale di 20 kPa);
- resistenza ultima a trazione;
- allungamento percentuale a rottura;
- capacità drenante (sotto a una pressione normale di 100 kPa e con un gradiente idraulico $i=1$) sia nel piano del dreno che in direzione normale a questo
- dimensioni delle maglie: 5-8 mm.

La resistenza ultima a trazione e la capacità drenante dovranno essere determinate in accordo con quanto prescritto dalle norme tecniche.

I valori riscontrati dovranno essere superiori a quelli minimi indicati nel Cap. 4.2.10.3.

4.3.10.3 Waterstops

Dovrà essere accertato che la miscela utilizzata per la produzione di PVC rispetti i parametri della sottostante tabella:

Caratteristiche	Requisiti	Procedura di controllo
Tipo	cloruro di polivinile	Analisi chimica
Durezza Shore a +293 K	> 65	DIN 53505
Resistenza a trazione +293 K	> 10 N/mm ²	DIN 16938 E
Allungamento a rottura	> 200%	DIN 16938 E
Resistenza all'azione aggressiva delle soluzioni acido-alcaline		CRD-C 572-65
Limiti di temperatura d'impiego	Da +238 K a +333 K	

4.4 Misure e Pagamenti

4.4.1.1 Prove Preliminari sui Materiali

E' previsto uno specifico compenso per le prove preliminari sui materiali, che possono essere eseguite nel laboratorio di cantiere o presso laboratori specializzati, indicati dal Direttore dei Lavori.



Compete all'Impresa ed è compensato nei prezzi contrattuali, l'onere di conservare intatti tutti i provini sino alla consegna ai laboratori indicati dal Direttore dei Lavori.

4.4.1.2 Prove in Corso d'Opera sui Materiali

Le eventuali prove sui campioni di materiale da eseguirsi in corso d'opera, qualora richieste dal Direttore Lavori, sono a carico dell'Impresa, comprese e compensate nei prezzi contrattuali.



5 QUALIFICA PRELIMINARE DELLE MISCELE E DEI CONGLOMERATI

5.1 Oggetto

La presente sezione riguarda le prove da eseguire per la messa a punto preliminare dei conglomerati e delle miscele, qualora specificatamente ordinate dal Direttore dei Lavori. Le prove e i controlli da svolgere nel corso dei lavori sono invece dettagliatamente descritti nei capitoli di competenza.

I conglomerati e le miscele da impiegare per i lavori dovranno corrispondere, come caratteristiche e proprietà, a quanto stabilito nelle leggi e regolamenti ufficiali vigenti in materia e nelle presenti Specifiche Tecniche. In mancanza di particolari prescrizioni dovranno essere delle migliori qualità esistenti in commercio.

Prima dell'inizio dei lavori, l'Impresa dovrà, sotto la direzione del Direttore dei Lavori, predisporre i campioni necessari per eseguire tutte le prove di laboratorio atte a determinare le caratteristiche delle miscele e dei conglomerati che saranno impiegati nella costruzione delle opere. Le prove e gli esami sui campioni saranno effettuati presso i laboratori di gradimento del Committente.

In ogni caso, i conglomerati e le miscele, prima della posa in opera, dovranno essere riconosciuti idonei ed accettati dal Direttore dei Lavori.

5.2 Requisiti per le Prove Preliminari sulle Miscele e sui Conglomerati

5.2.1 *Miscela per Iniezioni*

Le miscele cementizie per iniezioni dovranno essere proporzionate sulla base di prove preliminari specifiche adeguate alle caratteristiche descritte nel Cap. 6, rispettando anche le eventuali prescrizioni del Direttore dei Lavori.

Le miscele per le iniezioni dovranno essere binarie (acqua + cemento) eventualmente additivate con fluidificante e antidilavante tra loro compatibili. I cementi impiegati dovranno essere di tipo normale o microfine. Il rapporto acqua/cemento dovrà essere ottimizzato in modo che risulti:

- viscosità apparente Marsh: < 35 s;
- bleeding: < 2% dopo 2 ore.

Le miscele dovranno essere iniettate nei tempi compatibili con quelli di efficacia degli additivi utilizzati.



Le miscele all'impianto di miscelazione, negli agitatori e nei tubi di mandata agli iniettori devono essere protette da temperature eccessivamente alte o basse, che potrebbero alterare i tempi di reazione e l'efficacia degli additivi utilizzati.

5.2.2 Boiacche di Cemento

Le boiacche per le riprese di getto (o altri impieghi) dovranno essere proporzionate sulla base di prove specifiche in accordo con le indicazioni fornite nelle presenti Specifiche Tecniche, completate da quelle del Direttore dei Lavori.

Le boiacche di cemento dovranno essere binarie (acqua e cemento), eventualmente corrette con opportuni additivi. I cementi impiegati saranno di tipo Portland e Ferrico-Pozzolanico di qualità conforme alle specifiche riportate nel Cap. 4.2.2. Il dosaggio dei componenti sarà contenuto entro i seguenti limiti:

- cemento Portland: $1250 \text{ kg/m}^3 - 500 \text{ kg/m}^3$;
- cemento Pozzolanico: $600 \text{ kg/m}^3 - 0 \text{ kg/m}^3$;
- acqua: $700 \text{ kg/m}^3 - 550 \text{ kg/m}^3$.

5.2.3 Conglomerati Cementizi

5.2.3.1 Malte

Le malte di prova dovranno essere proporzionate sulla base di prove specifiche in accordo con le indicazioni fornite nelle presenti Specifiche Tecniche, completate da quelle del Direttore dei Lavori.

Le malte di cemento dovranno essere binarie (acqua e cemento), eventualmente corrette con opportuni additivi. I cementi impiegati saranno di tipo Portland e Ferrico-Pozzolanico di qualità conforme alle specifiche riportate nel Cap. 4.2.2. Il dosaggio dei componenti sarà contenuto entro i seguenti limiti:

- inerti fini: $1700 \text{ kg/m}^3 - 1140 \text{ kg/m}^3$;
- cemento Portland: $500 \text{ kg/m}^3 - 250 \text{ kg/m}^3$;
- cemento Pozzolanico $250 \text{ kg/m}^3 - 0 \text{ kg/m}^3$;
- acqua $300 \text{ kg/m}^3 - 200 \text{ kg/m}^3$.

5.2.3.2 Calcestruzzi

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



L'Impresa, sulla scorta delle prescrizioni contenute nei progetti esecutivi delle opere in conglomerato cementizio semplice e armato (normale e precompresso), relativamente a caratteristiche e prestazioni dei conglomerati cementizi stessi, con particolare riferimento a:

- resistenza caratteristica a compressione R_{ck} nel tempo;
- durabilità dei materiali e dei conglomerati (UNI 8981);
- diametro massimo dell'aggregato (UNI 8520);
- tipi di cemento e dosaggi minimi ammessi;
- resistenza a trazione per flessione nel tempo secondo UNI 6133/83;
- resistenza a compressione sui monconi dei provini rotti per flessione nel tempo (UNI 6134);
- resistenza a trazione indiretta (UNI 6135);
- modulo elastico secante a compressione nel tempo (UNI 6556);
- contenuto d'aria del conglomerato cementizio fresco (UNI 6395);
- ritiro idraulico (UNI 6555);
- resistenza ai cicli di gelo-disgelo (UNI 7087);
- impermeabilità (ISO DIS 7032);
- misura della quantità di calore sviluppato nel tempo dal conglomerato in calorimetro adiabatico o semiadiabatico;
- misura del ritiro termico in fase di raffreddamento;
- misura della conduttività termica;
- misura della capacità termica.

dovrà qualificare i materiali, gli impasti ed il programma di lavoro in tempo utile prima dell'inizio dei lavori, sottoponendo all'esame e all'approvazione del Direttore dei Lavori:

- a) i campioni dei materiali che intende impiegare, indicando provenienza, tipo e qualità dei medesimi;
- b) la caratterizzazione granulometrica degli aggregati e lo studio della composizione granulometrica degli aggregati;
- c) il tipo e il dosaggio del cemento, il rapporto acqua/cemento, il tipo e il dosaggio degli additivi che intende usare, il contenuto di aria inglobata, il valore previsto della consistenza misurata con il cono di Abrams, per ogni tipo e classe di conglomerato cementizio;
- d) la caratteristica dell'impianto di confezionamento, la temperatura di uscita dall'impianto dell'impasto ed i sistemi di trasporto, di getto, di vibrazione e di maturazione;
- e) i progetti delle opere provvisorie e provvisionali (centine, armature di sostegno e attrezzature di costruzione).
- f) il programma temporale e geometrico dei singoli getti specificando la stagione di inizio degli stessi così come previsto nelle relazione di calcolo (Vol.4).



Il Direttore dei Lavori autorizzerà l'inizio dei getti solo dopo aver esaminato ed approvato la documentazione per la qualifica dei materiali e degli impasti di conglomerato cementizio e dopo aver effettuato, in contraddittorio con l'Impresa, impasti di prova per la verifica dei requisiti richiesti e dopo aver verificato lo stato tensionale nell'intera struttura durante e a fine costruzione utilizzando il modello di calcolo usato dal Progettista. Nel caso la documentazione e/o il calcolo non soddisfino le ipotesi progettuali, l'Impresa sarà tenuta ad introdurre le necessarie modifiche, rielaborate dal Progettista e approvate dal Direttore dei Lavori.

Dette prove saranno eseguite sui campioni confezionati in conformità a quanto proposto dall'Impresa ai punti a), b), c), f). I laboratori, il numero dei campioni e le modalità di prova saranno quelli indicati dal Direttore dei Lavori.

Caratteristiche dei materiali e composizione degli impasti, definite in sede di qualifica, non potranno essere modificate in corso d'opera salvo autorizzazione scritta del Direttore dei Lavori. In caso di variazione nella tipologia dei materiali, la procedura di qualifica dovrà essere ripetuta.

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

Si puntualizza che, per la realizzazione delle opere in conglomerato cementizio, dovrà essere impiegato esclusivamente "conglomerato cementizio a prestazione garantita" secondo la Norma UNI 9858. In nessun caso verrà ammesso l'impiego di "conglomerato cementizio a composizione richiesta" secondo la stessa Norma, tranne che per il magrone, utilizzato per spianamenti, sottofondazioni, riempimenti, ecc., che sarà confezionato con materiali idonei e dosato di norma con 150 kg di cemento tipo 325 per metro cubo di impasto.

Nell'esecuzione delle prove preliminari, l'Impresa dovrà, per ogni classe di conglomerato, confezionare provini di calcestruzzo nella quantità stabilita dal Direttore dei Lavori, e, successivamente, provvedere alla loro maturazione e conservazione fino alla consegna ai laboratori indicati dal Committente, ove saranno sottoposti a rottura per determinarne la resistenza a compressione.

I campioni di calcestruzzo saranno sottoposti a rottura a 7, 28 e 60 giorni e il Direttore dei Lavori avrà tempo 30 giorni per la loro verifica e convalida.

In caso di accettazione, l'Impresa ha l'obbligo di rispettare, in fase esecutiva, la curva granulometrica degli inerti preliminarmente definita.



In caso di rifiuto, l'Impresa dovrà proporre un nuovo dosaggio dei componenti, predisponendo contemporaneamente i corrispondenti cubetti di prova. In tal caso, l'Impresa non ha diritto ad avanzare reclami e a richiedere risarcimenti economici, essendo di sua completa responsabilità la rispondenza dei provini alle caratteristiche stabilite dalle presenti Specifiche Tecniche, dal Progetto e dalle disposizioni del Direttore dei Lavori.

Il dosaggio del cemento e degli additivi sarà definito in maniera tale da conferire al calcestruzzo la necessaria lavorabilità, evitando ogni forma di segregazione durante il trasporto e la posa in opera del conglomerato cementizio.

5.2.3.3 Calcestruzzo Proiettato

Anche per il calcestruzzo proiettato (o gunito), da impiegare per il sostegno delle pareti delle gallerie di iniezione, ed eventualmente per la stabilizzazione delle pareti rocciose di scavo all'aperto, le modalità di predisposizione delle miscele e di approntamento dei campioni sarà analogo a quello prescritto per i calcestruzzi.

I calcestruzzi proiettati dovranno avere le seguenti caratteristiche:

- rapporto acqua/cemento: $A/C < 0.61$;
- diametro massimo inerte: 13 mm;
- resistenza caratteristica a minima: 210 kg/cm^2 .

L'armatura del calcestruzzo proiettato sarà costituita o da rete elettrosaldata ($d = 4 \text{ mm}$, maglie $150 \times 150 \text{ mm}$) o da fibre di acciaio nella proporzione di 25 kg/m^3 circa.

5.3 Controllo Preliminare dei Requisiti delle Miscele e dei Conglomerati

Per verificare la rispondenza ai requisiti richiesti, e quindi l'accettabilità, delle miscele e dei conglomerati che si intendono utilizzare, sarà necessario eseguire specifiche indagini in laboratorio e prove in sito.

A titolo indicativo, si elencano nei paragrafi seguenti le principali prove cui potranno essere assoggettati i campioni estratti, a giudizio esclusivo del Direttore dei Lavori.

5.3.1 Miscela per Iniezioni

I controlli da condurre sulle miscele, all'interno dell'agitatore, permetteranno di verificare il rispetto dei parametri prefissati:

- viscosità apparente Marsh;
- peso di volume;
- prove di separazione (bleeding).

5.3.2 Boiacche di Cemento

I controlli da condurre sulle boiacche di cemento, all'interno dell'agitatore, permetteranno di individuare:

- viscosità apparente Marsh;
- peso di volume;
- determinazione dei componenti;

5.3.3 Conglomerati Cementizi

5.3.3.1 Malte

Sui campioni di malte preliminarmente confezionati dovrà essere accertato il possesso dei requisiti richiesti:

- composizione dell'inerte fino;
- quantitativo di cemento;
- quantitativo di materiale pozzolanico;
- contenuto in acqua.

La resistenza alla compressione dovrà essere quella specificata nel Progetto ovvero quella prescritta dal Direttore dei Lavori.

5.3.3.2 Calcestruzzo per Murature

I campioni di conglomerato cementizio, che saranno contraddistinti per provenienza, tipo e qualità, permetteranno di determinare:

- le caratteristiche granulometriche degli aggregati;
- il tipo e dosaggio del cemento, i rapporti acqua/cemento, il tipo e il dosaggio degli additivi, il contenuto di aria inglobata, il valore previsto della consistenza misurata con il cono di Abrams, per ogni tipo e classe di conglomerato;
- la caratteristica dell'impianto di confezionamento e i sistemi di trasporto, di getto, di vibrazione e di maturazione;
- i risultati delle prove preliminari di resistenza meccanica sui cubetti di conglomerato cementizio;
- lo studio dei conglomerati ai fini della durabilità;
- i progetti delle opere provvisorie e provvisorie (centine, armature di sostegno e attrezzature di costruzione).

5.3.3.3 Calcestruzzo Proiettato (Gunita)

Sui campioni di calcestruzzo proiettato preliminarmente confezionati dovrà essere accertato il possesso dei requisiti richiesti:



- rapporto acqua/cemento;
- diametro massimo dell'inerte;
- resistenza alla compressione;
- contenuto di fibre di acciaio.

La resistenza alla compressione dovrà essere quella specificata nel Progetto ovvero quella prescritta dal Direttore dei Lavori e sarà misurata su serie di almeno 6 provini cilindrici carotati dopo 24, 48 ore e 7 giorni dalla data del getto.

5.4 Misure e Pagamenti

5.4.1.1 Prove Preliminari sui Materiali

E' previsto uno specifico compenso per le prove preliminari sulle miscele e sui conglomerati, che possono essere eseguite nel laboratorio di cantiere o presso laboratori specializzati indicati dal Direttore dei Lavori.

Compete all'Impresa ed è compensato nei prezzi contrattuali, l'onere di conservare intatti tutti i provini sino alla consegna ai laboratori indicati dal Direttore dei Lavori.

5.4.1.2 Prove in Corso d'Opera sui Materiali

Le eventuali prove sulle miscele e sui conglomerati da eseguirsi in corso d'opera, qualora richieste dal Direttore Lavori, sono a carico dell'Impresa, comprese e compensate nei prezzi contrattuali.



6 PERFORAZIONI E INIEZIONI DI TENUTA E CONSOLIDAMENTO

6.1 Oggetto

La presente sezione descrive le attività di perforazione, riperforazione e iniezione finalizzate all'impermeabilizzazione e al consolidamento della roccia di fondazione al di sotto e sulle spalle della diga.

Le attività per le suddette lavorazioni comprendono:

- le perforazioni ed eventuali riperforazioni dei fori del trattamento;
- le iniezioni di impermeabilizzazione e di consolidamento.

Qualora richiesto dal Direttore Lavori, al fine di una più approfondita conoscenza delle caratteristiche geologiche e geotecniche della fondazione interessata dalla costruzione delle opere, l'Impresa potrà essere chiamata ad eseguire sondaggi esplorativi nel corso delle perforazioni.

I sondaggi includono:

- prelievo di campioni indisturbati;
- prove d'acqua in pressione (Lugeon);

6.2 Impianti e Attrezzature

6.2.1 *Impianto di Confezionamento delle Miscele Cementizie*

L'impianto sarà della tipologia descritta nel Cap. 3.5.2.

6.2.2 *Miscelatori*

I miscelatori dovranno essere meccanici, del tipo cosiddetto semi-colloidale o ad alta velocità (Colcrete, Cemix o equivalenti). La loro capacità minima sarà di 120 l, e comunque tale da garantire una adeguata alimentazione delle bocche di iniezione.

6.2.3 *Agitatori*

Dovranno essere disponibili agitatori di dimensioni adeguate a garantire una sufficiente alimentazione alle bocche di iniezione. Essi dovranno essere disposti in numero di 2 o più per ciascun miscelatore e le vasche contenenti la miscela dovranno essere attrezzate con misuratore di livello per il controllo dei consumi di miscela.



6.2.4 Sonda

Le sonde saranno a testa idraulica, per perforazioni a rotazione, percussione o rotoperussione a distruzione di nucleo. Gli utensili di perforazione saranno con inserti in widia o diamantati, in funzione dei materiali da attraversare.

La potenza e la capacità operativa delle sonde dovranno in ogni caso essere adeguate alla consistenza della roccia o della muratura da attraversare. Marcature disposte ad intervalli regolari (1-2 m) sugli organi di manovra degli utensili di perforazione dovranno consentire il rapido apprezzamento della profondità alla quale si sta operando. La verticalità delle aste di guida rigide dovrà essere controllata da un indicatore a pendolo disposto sulle stesse.

Sonde diverse potranno essere scelte in modo da poter operare al meglio all'interno delle gallerie o al piede di monte. Le sonde per il lavoro in galleria dovranno essere in grado di eseguire le perforazioni anche in calotta fino alle lunghezze stabilite.

6.2.5 Carotieri

Le perforazioni per i sondaggi esplorativi saranno eseguite a rotazione o rotoperussione con sonde a testa idraulica, con recupero a fune, di tipo "wire-line".

Gli utensili di perforazione permetteranno il carotaggio integrale del terreno attraversato minimizzando fenomeni di frantumazione o dilavamento. Sono richiesti quindi carotieri tipo T6S a doppio tubo, dotati di fustella apribile, corone widia diamantate o idonee al materiale da perforare. Il diametro nominale minimo del carotiere è 76 mm. I carotieri dovranno essere compatibili con il sistema wire-line.

6.2.6 Rivestimenti

Non è previsto l'impiego di rivestimenti per le perforazioni in roccia compatta. Gli eventuali rivestimenti da utilizzare per le perforazioni nella muratura o in roccia fratturata o in zone particolarmente deboli saranno costituiti da tubazione metallica provvisoria della cosiddetta "serie leggera" o "europea". Dovranno essere impiegati rivestimenti di diametro nominale minimo interno 76 mm (Serie NX).

6.2.7 Valvole

Per le iniezioni dovranno essere utilizzati rubinetti di apertura e chiusura del flusso di iniezione e premistoppa a boccaforo.

Tutte le valvole di chiusura dovranno essere a variazione volumetrica nulla.



6.2.8 Otturatori

Gli otturatori dovranno essere semplici o doppi, in grado di ottenere contro alle pareti del foro una tenuta completa sotto alle pressioni di iniezione previste. Essi saranno pneumatici di tipo Bimbar con lunghezza minima non inferiore a 5 volte il diametro del foro.

6.2.9 Pompe di Iniezione

Dovranno essere impiegate pompe elicoidali o a pistone, in grado di iniettare con continuità portate di 50 l/min, con pressioni pari a 15 bar.

6.2.10 Tubazioni

Le tubazioni dovranno essere dimensionate per le portate e pressioni previste, aumentate delle perdite di carico. Saranno inoltre dotate di polmoni di smorzamento dei colpi d'ariete.

6.2.11 Strumentazione e Sistema di Acquisizione Dati

Dovranno essere disponibili dei sistemi di controllo e acquisizione delle principali variabili in gioco. Essi comprenderanno:

- sistema di controllo della miscelazione (all'impianto);
- sistema di controllo dei consumi totali di miscela (all'agitatore);
- sistema di controllo delle iniezioni: flussimetri e manometri (a boccaforo, per ogni linea di iniezione).

Il sistema di controllo della miscelazione e quello di controllo dei consumi dovranno fornire delle registrazioni continue in automatico su supporto magnetico. Il sistema di controllo delle iniezioni comprende la strumentazione con i relativi condizionatori, un registratore su carta, un computer con relativo software per l'elaborazione in tempo reale dei dati e la relativa acquisizione e memorizzazione in automatico ("datalog").

Il software dovrà consentire, oltre che l'acquisizione, elaborazione e memorizzazione dei dati, anche la visualizzazione in tempo reale, del diagramma p-v e quello dei consumi specifici. A questo scopo, il calcolatore dovrà essere disposto in modo facilmente visibile dall'operatore delle iniezioni e conseguentemente dovrà essere adeguatamente protetto dalla polvere, dall'acqua e da ogni possibile danneggiamento.

6.2.12 Attrezzature per la Comunicazione

Dovranno essere disponibili attrezzature radio o telefoniche portatili per la comunicazione continua e immediata tra le varie aree di lavorazione, ovvero punti di iniezione, impianti, laboratorio.



6.3 Materiali

6.3.1 *Miscele per Iniezioni*

Le miscele cementizie per iniezioni dovranno rispettare i parametri progettuali e le prescrizioni contenute nel Cap. 5 delle presenti Specifiche Tecniche.

6.4 Sequenza delle Operazioni

6.4.1 *Trattamenti di Impermeabilizzazione Eseguiti all'Aperto o in Galleria*

Le iniezioni di impermeabilizzazione eseguite all'aperto o in galleria saranno condotte secondo uno schema di chiusura progressiva, che prevede una serie di assi corti per iniezioni di intasamento superficiale, e serie successive di assi primari, secondari ed, eventualmente, terziari e quaternari.

Alcuni fori verticali o inclinati, scelti in corso d'opera su indicazione del Direttore dei Lavori, saranno carotati, e in essi verranno condotte sistematicamente prove d'acqua in pressione (Lugeon) su tratte di 3 m.

Saranno quindi iniettati in sequenza i fori di intasamento, tutti i primari e tutti i secondari, su tratte di 3 m. Successivamente, in funzione degli assorbimenti registrati in ciascuna sezione dei fori primari, confrontate con gli assorbimenti corrispondenti dei fori secondari, si deciderà dove perforare e iniettare i fori terziari. Analogamente si procederà eventualmente a perforare e iniettare ii fori quaternari necessari.

Alla fine del trattamento si perforeranno, alcuni fori “di controllo”, stabiliti in corso d'opera su indicazione del Direttore dei Lavori. In essi saranno condotte sistematicamente prove d'acqua in pressione (Lugeon) su tratte di 3 m. Nel caso in cui la permeabilità, espressa in unità Lugeon, risulti superiore a $LU = 5$ o nel caso di forti assorbimenti localizzati il trattamento dovrà essere ripreso e proseguito con i fori terziari, quaternari , ecc. come necessario e indicato dal Direttore dei Lavori. Il Direttore dei Lavori darà istruzioni sugli assi da trattare e sulla sequenza da seguire, in base alla mappa degli assorbimenti ottenuti nelle fasi precedenti ed espressi sul diagramma p-v.

Ciascun asse di trattamento sarà iniettato in risalita (procedimento “up-stage”) a partire dal fondo della perforazione, ad eccezione della sezione più alta in prossimità del boccaforo che verrà iniettata in avanzamento (procedimento "down-stage") e successivamente riperforata.

Se nel corso della perforazione si riscontrassero rapide perdite di fluido o zone particolarmente fratturate, dovrà essere seguita la sequenza di iniezione in avanzamento (procedimento “down-stage”). Tale procedimento potrà essere richiesto, ovunque ritenuto necessario, dal Direttore dei Lavori.



6.4.2 Trattamenti di Consolidamento Eseguiti all'Aperto

Le iniezioni di consolidamento eseguite all'aperto saranno condotte in modo da iniettare per ultimi i fori posti più in alto, in modo da produrre un intasamento dal basso. Una volta completata la pre-installazione (otturatori o dispositivi di tenuta) su tutti i fori di un ventaglio o linea, si inizieranno le operazioni di iniezione, a partire dai fori più bassi e risalendo simmetricamente fino a chiudersi sul foro o sui due fori di sommità. La sequenza completa di iniezione di una singola sezione, dovrà essere eseguita in continuità, senza alcuna interruzione.

I fori trattati non potranno essere rip perforati per le successive iniezioni (metodo down-stage), prima che siano trascorse 72 ore dall'ultimazione delle iniezioni di contatto. I fori da iniettare saranno sempre affiancati da almeno un foro già perforato della stessa serie o della serie successiva (primario – secondario).

6.5 Modalità Esecutive

6.5.1 Sondaggi Esplorativi

I sondaggi esplorativi saranno condotti con campionamento continuo. Il diametro minimo delle carote in roccia sarà 76 mm.

Il foro in roccia non richiede rivestimento, se non nell'attraversamento di zone particolarmente alterate o fratturate. In tal caso, il foro verrà man mano rivestito con tubazione metallica provvisoria della cosiddetta "serie leggera".

A fine manovra, il carotiere sarà recuperato e il campione estratto e posizionato in cassetta catalogatrice.

Prima di passare alla manovra successiva o all'esecuzione di prove al fondo della perforazione, si procederà al lavaggio del fondo foro. Le manovre di pulizia del fondo foro verranno eseguite con attrezzi idonei: carotieri molto corti, carotieri-sgorbia, eiettore con fori radiali.

La pulizia del fondo foro dovrà essere verificata, con l'apposito scandaglio, prima di ogni singola manovra di campionamento o prova in sito; differenze rispetto alla quota teorica di riferimento superiori a 0.08 m indicheranno una pulizia del foro insufficiente.

6.5.2 Perforazioni all'Aperto

Le perforazioni saranno a distruzione di nucleo a rotazione, percussione o rotopercussione con martello a fondo foro. Il diametro nominale minimo della perforazione sarà compatibile con le esigenze relative ai trattamenti da eseguire nel foro e comunque non inferiore a 76 mm (Serie NX).

Saranno utilizzati i fluidi di perforazione ritenuti più idonei, in funzione delle attrezzature in uso. Nei tratti di foro da iniettare potranno essere utilizzati aria, acqua o fanghi (miscele cemento-



bentonite). Fanghi polimerici o bentonitici potranno essere utilizzati solo in tratti di avanforo da non iniettare.

Non è previsto il rivestimento del foro, salvo nell'eventuale attraversamento di zone particolarmente fratturate e nei tratti di perforazione in terreno sciolto.

In concomitanza di zone particolarmente fratturate o nelle quali si verifichi una perdita di fluido di perforazione superiore al criterio di rifiuto volumetrico stabilito, l'Impresa sceglierà come procedere, sulla base delle attrezzature in uso e delle condizioni effettive. La soluzione potrà essere scelta tra un ventaglio di possibilità, sottoposte al Direttore dei Lavori e da questo approvate.

La perforazione dovrà essere condotta in modo da minimizzare le deviazioni dalla verticale. In tal senso, verranno mantenuti bassi livelli di spinta sull'utensile, appropriati parametri di avanzamento e guide calibrate dietro l'utensile tagliente.

Prima di iniziare i trattamenti o di eseguire prove d'acqua, sarà eseguita un'accurata pulizia del foro, con attrezzi idonei e mediante un accurato lavaggio con aria e acqua. La pulizia del fondo foro dovrà essere verificata, con l'apposito scandaglio, prima di iniziare il trattamento di iniezione; differenze rispetto alla quota teorica di riferimento superiori a 0.08 m indicheranno una pulizia del foro insufficiente.

Dovranno essere disponibili in cantiere sistemi o valvole, tipo preventer, per fronteggiare eventuali venute d'acqua.

6.5.3 Perforazioni dall'Interno delle Gallerie

Le perforazioni dall'interno delle gallerie, per le iniezioni di impermeabilizzazione, saranno a distruzione di nucleo, a percussione, rotopercussione o rotazione e di diametro adeguato al tipo di trattamento da eseguire. Si dovranno utilizzare sonde adatte al lavoro in galleria e dunque in spazi ristretti.

Nel caso si riscontri presenza d'acqua in quantità, l'Impresa adotterà i provvedimenti che riterrà più idonei per poter completare la perforazione. Una serie di possibili contromisure da adottare dovrà essere sottoposta dall'Impresa al Direttore dei Lavori, per approvazione. Potrà ad esempio essere inizialmente eseguito un preforo in cui dovrà essere inghisato uno spezzone di tubo metallico filettato, al quale sarà successivamente applicata una valvola di tipo preventer. Le dimensioni del foro e lo spezzone di tubo saranno tali da consentire l'inserimento delle aste per le perforazioni successive.

Una volta installato il preventer, si eseguiranno al contorno corte perforazioni per iniettare il contatto.



6.5.4 Riperforazione durante i Trattamenti Down-Stage

La riperforazione al calibro originario dei fori trattati in avanzamento sarà condotta in accordo con le relative specifiche di perforazione di cui ai punti precedenti.

6.5.5 Controllo degli Spurghi e Provvedimenti in Caso di Perdite

Qualora si verificano delle perdite di fluido di perforazione superiori a 5 volte il volume teorico del foro, misurato fino alla quota in cui si è manifestato il fenomeno, l'Impresa dovrà prendere provvedimenti immediati per tamponare la perdita.

Tra i provvedimenti potrà essere incluso il trattamento in avanzamento (down-stage).

Un elenco dettagliato dei prodotti tamponanti, dei mezzi, delle modalità che saranno adottate dovrà essere sottoposto dall'Impresa al Committente in sede di offerta, per approvazione.

6.5.6 Iniezione e Criterio di Ultimazione

Ove non specificato diversamente, l'iniezione di ciascuna tratta o dei fori procederà in modo controllato, secondo la metodologia GIN. Ciò richiede che l'operatore possa seguire su un monitor l'andamento dei parametri di iniezione, visualizzati su un piano p-v.

Il metodo GIN prevede l'impiego di una unica boiaccia, binaria, stabile, se necessario additivata, con rapporti acqua cemento prossimi a $a/c = 1/1 - 0.8/1$.

Il valore del prodotto p*v (pressione * volume) = GIN verrà fornito dal Progettista o dal Direttore dei Lavori. La metodologia GIN prevede che l'iniezione sia condotta in modo che il percorso di iniezione raggiunga la curva limite GIN.

Il criterio di rifiuto è applicato ai volumi e alle pressioni di boiaccia, con riferimento alla curva limite GIN e consiste nella prima condizione che si manifesta tra le seguenti:

- criterio volumetrico, ovvero raggiungimento del limite volumetrico imposto;
- criterio di ultimazione, ovvero ottenimento di una pressione uguale a un valore limite prefissato con una "portata di ultimazione" inferiore a 5 l/min per sezioni di 5 m.

Operativamente, ciascuna iniezione procederà applicando inizialmente pressioni basse e incrementandole progressivamente, con portate comunque non superiori a 30 l/min, fino a che il percorso di iniezione raggiunga la curva limite GIN. Se le portate sono superiori a quelle "di ultimazione" e se non si è raggiunto il criterio limite volumetrico, sarà necessario ridurre la pressione fino a raggiungere un punto che soddisfi contemporaneamente i limiti di pressione e volume finali imposti dalla curva GIN e le condizioni di ultimazione. In nessun caso potrà essere superato un valore pari al 110% del GIN fissato.



Il criterio di "ultimazione" corrisponde al raggiungimento di uno dei seguenti limiti:

Profondità		Criterio volumetrico	Criterio ultimazione
z (m)	p_f max (bar)	v_f max (l/m)	c_u (l/m*min)
1-10	2.5	100	1
10-20	5	125	1
20-30	7.5	150	1
30-40	10	175	1
40-50	12.5	200	1

dove:

- z = profondità dalla superficie (m);
- p_f = pressione finale di iniezione (bar);
- v_f = volume finale di iniezione (l/m).

I limiti indicati nella precedente tabella dovranno essere adattati e corretti in situ, con apposite istruzioni da parte del Direttore dei Lavori, sulla base dei dati via via raccolti.

Una volta raggiunte le condizioni di ultimazione dell'iniezione di ciascuna sezione, se non si è raggiunto il criterio limite volumetrico, la pressione sarà mantenuta per 10 minuti. Raggiunte le condizioni di ultimazione, la pressione finale di iniezione dovrà essere mantenuta per almeno 15 minuti, prima di essere conclusa, ove non istruito diversamente dal Direttore dei Lavori.

Ultimata l'iniezione, sarà necessario attendere almeno 3 ore prima di poter procedere alla perforazione e/o all'iniezione della tratta successiva, ove non istruito diversamente dal Direttore dei Lavori.

Nei casi in cui la sezione da trattare si trovi al di sopra della falda, è necessario saturare la roccia con acqua prima di procedere all'iniezione. Ove non diversamente istruito dal Direttore dei Lavori, l'acqua verrà iniettata per 1 ora a una pressione pari a $p = 16 * z$ kPa, dove z è la profondità dal baricentro della sezione da iniettare in m.

Le iniezioni andranno eseguite con visualizzazione su monitor e registrazione dei parametri di iniezione e del parametro $p * v$ (pressione * volume) = GIN. Le iniezioni dovranno essere interrotte una volta raggiunte le condizioni di rifiuto o una situazione considerata critica in base al manifestarsi di deformazioni eccessive.



Il Direttore dei Lavori istruirà, di volta in volta, quali zone o elementi strutturali tenere sotto controllo, in relazione ai trattamenti da eseguire. Le condizioni deformazionali considerate critiche sono il manifestarsi di spostamenti nell'ordine di:

- 1 mm nella convergenza dei rivestimenti in galleria;
- 3 mm in parti della diga o della trave perimetrale al piede di monte.

6.5.7 Riempimento dei Fori

Nei casi in cui la perforazione attraversi, parzialmente o integralmente, zone non trattate, essa dovrà essere di norma riempita con miscela cemento-acqua immessa nel foro dal fondo attraverso la batteria di aste discese a quota.

6.6 Controlli di Qualità

6.6.1 Rilievi Plano-altimetrici

Durante i lavori dovranno essere tenuti sotto controllo gli spostamenti di punti di riferimento fissati su strutture fisse.

L'ubicazione e l'estensione dei controlli saranno indicate dal Direttore dei Lavori.

6.6.2 Prove in Sito e in Laboratorio

6.6.2.1 Documentazione di Perforazione

Nel corso di ciascuna perforazione, dovrà essere prodotta una documentazione che registri scrupolosamente tutte le operazioni eseguite. Tale documentazione dovrà essere raccolta in un dossier comprendente:

- identificazione completa del foro;
- ubicazione alto-planimetrica rilevata del boccaforo (coordinate x, y, z) e orientamento dell'asse di perforazione;
- date di perforazione;
- metodo di perforazione;
- attrezzatura impiegata;
- diametro di perforazione;
- diametro degli eventuali rivestimenti;
- descrizione sommaria dei singoli strati attraversati;
- posizione delle prove eventualmente eseguite.

Oltre alla stratigrafia sommaria, il responsabile di cantiere annoterà sinteticamente ogni notizia utile o interessante:

- velocità di avanzamento;



- perdite di fluido di circolazione, compresi il volume perso, i provvedimenti adottati, i volumi di tamponanti immessi e i tempi relativi;
- rifluimenti in colonna;
- vuoti.

Le registrazioni dei parametri di perforazione costituiscono parte integrante della documentazione.

6.6.2.1 Acquisizione Continua dei Parametri di Perforazione

Durante tutte le perforazioni per i sondaggi dovranno essere monitorati e registrati in modo continuo i parametri di perforazione:

- velocità di rotazione;
- velocità di avanzamento;
- spinta di avanzamento;
- momento torcente;
- pressione del fluido di circolazione;
- assorbimento di fluido di perforazione, mediante bilancio tra fluido fresco immesso e fluido recuperato, utilizzando dei contaltri o attraverso le variazioni di volume nella vasca di accumulo del fluido di circolazione.

Ove applicabili, andranno inoltre misurate le seguenti quantità:

- vibrazione dell'utensile di perforazione (martello fondo foro);
- pressione d'urto del martello (opzionale).

Tutte le grandezze monitorate dovranno essere visualizzate in tempo reale di modo che il sondatore ne possa tenere conto durante la perforazione.

6.6.2.2 Documentazione di Sondaggio

Nel corso di ciascuna perforazione di sondaggio, dovrà essere prodotta della documentazione che registri scrupolosamente tutte le operazioni eseguite.

Tale documentazione dovrà essere raccolta in un dossier di sondaggio, comprendente:

- identificazione completa del sondaggio;
- ubicazione plano-altimetrica rilevata del boccaforo (coordinate x, y, z);
- date di inizio e fine perforazione;
- metodo di perforazione;
- attrezzatura impiegata;



- diametri di perforazione;
- diametro degli eventuali rivestimenti;
- descrizione sommaria dei singoli strati attraversati;
- posizione delle prove eseguite.

Oltre alla stratigrafia sommaria, il responsabile di cantiere annoterà sinteticamente ogni notizia utile o interessante:

- velocità di avanzamento;
- livello della falda a inizio e fine delle attività;
- perdite di fluido di circolazione, compresi il volume perso, i provvedimenti adottati, i volumi di tamponanti immessi e i tempi relativi;
- rifluimenti in colonna;
- perdite di carota;
- vuoti.

6.6.2.3 Formazione di Cassette Catalogatrici

Le carote estratte nel corso della perforazione verranno sistemate in apposite cassette catalogatrici (in metallo), munite di scomparti divisori e coperchio apribile a cerniera.

Le cassette consentiranno l'alloggiamento di spezzoni di 1 m, che verranno disposti in modo che l'estremità posta a quota superiore si trovi in alto a sinistra. Le estremità di ciascun alloggiamento dovranno corrispondere a valori interi della profondità (1-2 m, 2-3 m, 4-5 m, ecc.). Nel caso sia nullo il recupero di un tratto di lunghezza superiore a 2 m, potranno essere omessi i corrispondenti alloggiamenti nella cassetta.

Sul fondo di ogni scomparto sarà posto un foglio di polietilene trasparente di dimensioni tali da poter essere rivoltato a proteggere la carota, una volta sistemata. Le carote coesive verranno scortecciate, le lapidee lavate.

Dei setti separatori suddivideranno i recuperi delle singole manovre, recando indicate le quote rispetto al p.c. Negli scomparti saranno inseriti blocchetti di legno o simili a testimoniare gli spezzoni di carota prelevati ed asportati per il laboratorio (campioni rimaneggiati, indisturbati, ecc.), con le quote di inizio e fine di tali prelievi.

Il trasporto delle cassette contenenti carote e/o campioni verrà effettuato con tutte le precauzioni necessarie per evitarne il danneggiamento.

Le cassette dovranno essere conservate in luogo protetto dall'esposizione diretta agli agenti atmosferici, con particolare riferimento al gelo e all'irraggiamento solare.



6.6.2.4 *Descrizione dei Campioni e dei Profili Stratigrafici*

Saranno ricostruite le stratigrafie dei sondaggi sulla base della documentazione completa delle perforazioni e dell'osservazione visiva delle carote conservate in cassetta catalogatrice. Le carote dovranno essere descritte nel loro stato iniziale, ovvero al contenuto d'acqua naturale dei materiali esaminati.

Le cassette catalogatrici saranno fotografate accanto a un cartellino di identificazione e a una tavola cromatica di riferimento.

La descrizione dei singoli strati attraversati comprenderà:

- tipo di roccia;
- tessitura;
- colore;
- RQD, su una lunghezza base pari a 1 manovra;
- indicazioni circa le discontinuità osservate, quali orientazioni prevalenti rispetto all'asse di perforazione, presenza di ossidazione o di pellicole di argilla o limo sulle superfici affacciate, ecc..

A discrezione del Direttore dei Lavori, potranno essere eseguite prove sulle carote con penetrometro o scissometro per una miglior determinazione delle caratteristiche geomeccaniche dei campioni.

6.6.2.5 *Prove d'Acqua Lugeon*

Le prove saranno eseguite con otturatore (packer) semplice, per il procedimento down-stage, e con packer doppio, per il procedimento up-stage. I packer saranno pneumatici tipo Bimbar con lunghezza non inferiore a 5 volte il diametro del foro.

Si utilizzeranno pompe per l'iniezione dell'acqua di capacità adeguata e manometri con precisione non inferiore a 50 kPa. Sulla linea di immissione sarà installato un contaltri di adeguata precisione.

Le linee di alimentazione saranno di materiale sufficientemente rigido per consentire una risposta veloce del sistema.

Le prove d'acqua si eseguiranno su tratte di lunghezza pari a 3 m, man mano che la perforazione avanza (down-stage).

Una volta raggiunta la profondità di prova, si procederà a un accurato lavaggio del foro. Successivamente si alloggerà l'otturatore in corrispondenza della sezione superiore del tratto di prova e si espanderà la testa idraulica contro le pareti del foro.



Verranno poi applicati in successione 5 livelli di pressione pari a 40, 80, 110, 80 e 40 % del carico geostatico medio (cgm), stimato con la relazione $cgm = 20 * z$ [kPa], dove z è la profondità media in metri del baricentro del tratto di prova. Pressioni e gradini differenti potranno essere prescritti dal Direttore dei Lavori, dopo aver acquisito il parere del Progettista.

Ciascun gradino di pressione dovrà essere portato a regime e dovrà essere mantenuto in condizioni stazionarie per almeno 5 min. Le letture del manometro e del contaltri dovranno essere effettuate prima di ogni gradino di pressione e ogni minuto dopo l'applicazione della pressione. Se il volume d'acqua assorbito in due gradini successivi di 5 minuti differisce più del 10%, la prova va proseguita per altri 5 minuti prima di variare la pressione. Se dopo 30' la pressione non si dovesse stabilizzare, il gradino di prova verrà interrotto. Le sequenze esecutive e le letture verranno riportate nei moduli di prova.

Il valore di permeabilità espresso in unità Lugeon, LU, viene calcolato con la relazione:

$$LU = q * 10/p$$

dove:

q = portata specifica [l/m min]

p = pressione della colonna d'acqua, pari alla pressione letta al manometro più quella corrispondente al dislivello tra la quota del manometro e quella della falda [bar]

6.6.2.6 Prove di Claquage

Ove richiesto dalla Committente e/o dal Progettista si eseguiranno misure della pressione di claquage, ottenuta con aumento graduale della pressione fino all'idrofratturazione. Il claquage è identificabile da un veloce aumento delle portate a pressione costante. Raggiunta la pressione di claquage, la prova dovrà essere interrotta immediatamente. La pressione di idrofratturazione va riportata nei moduli di prova, unitamente alle portate misurate.

6.6.2.7 Documentazione e Certificati delle Prove

Ciascuna prova dovrà essere identificata in modo univoco. Indicazioni comuni a tutte le prove:

- tipo di prova;
- identificazione della prova;
- dati di identificazione completi del sondaggio;
- profondità di prova;
- livello statico della falda nel foro immediatamente prima di iniziare la prova;
- eventuali note.

Indicazioni specifiche per le prove Lugeon:



- dettaglio di ciascun gradino di pressione, completo di letture di pressione e diagramma delle portate assorbite (conta litri) nel tempo;
- pressione al manometro, media finale, portata media nei vari intervalli di 5 min;
- valore di permeabilità in unità Lugeon, calcolato per ogni gradino di pressione;
- note riguardanti eventuali anomalie riscontrate durante la prova o quant'altro ritenuto utile ai fini dell'interpretazione dei risultati.

I dati presentati in forma grafica dovranno essere anche tabulati.

6.7 Misure e Pagamenti

6.7.1 Ponteggi

L'installazione di ponteggi tubolari sui quali posizionare le attrezzature di perforazione e di iniezione, per i trattamenti all'aperto da eseguire da qualsiasi postazione sulle spalle della diga, è valutata in rapporto alla superficie dei ponteggi proiettata su piani verticali.

Il prezzo, riferito al m², compensa la progettazione e stesura del PiMUS, la fornitura o il noleggio degli elementi tubolari e dei piani di lavoro, la manodopera, i mezzi di sollevamento e i materiali di consumo necessari per l'installazione dei ponteggi, e comprende lo smontaggio, il recupero e l'allontanamento dei materiali.

6.7.2 Posizionamento Attrezzature

La misurazione è riferita al numero delle postazioni.

Il prezzo è riferito al numero delle postazioni e compensa gli oneri della manodopera e dei mezzi di sollevamento necessari per il posizionamento e la movimentazione delle attrezzature sulle singole postazioni di lavoro.

Il prezzo si distingue a seconda delle postazioni:

- a) per le postazioni all'aperto sul coronamento;
- b) per le postazioni nelle gallerie interne alla diga e alle spalle.

6.7.3 Perforazioni

Le perforazioni in roccia sono misurate in base alla loro lunghezza espressa in metri lineari.

Il prezzo è riferito al metro lineare e includono tutti gli oneri per manodopera, esercizio e/o noleggio di macchinari ed attrezzature, l'impiego di prodotti tamponanti, consumi vari ed ogni altro onere connesso all'esecuzione dei lavori.

Il prezzo comprende la perforazione in roccia o in muratura per mezzo di sonde a rotopercolazione con distruzione di nucleo, anche con eventuale rivestimento provvisorio, compresi: il



posizionamento delle attrezzature, la perforazione, l'impiego di prodotti tamponanti, l'allontanamento dei detriti, il controllo, il trattamento e lo smaltimento degli spurghi di perforazione, l'eventuale lavaggio del foro prima dell'iniezione ed ogni altro magistero necessario per l'esecuzione dei lavori a perfetta regola d'arte. Il compenso, separatamente per le lavorazioni all'aperto e quelle in sotterraneo, si differenzia proporzionalmente alla profondità della perforazione, rispetto al piano di campagna, secondo 5 distinte fasce di prezzo:

- all'aperto:
 - perforazione da 0 a 10 m di profondità
 - perforazione da 10 a 20 m di profondità
 - perforazione da 20 a 30 m di profondità
 - perforazione da 30 a 40 m di profondità
 - perforazione da 40 a 50 m di profondità

- in sotterraneo:
 - perforazione da 0 a 10 m di profondità
 - perforazione da 10 a 20 m di profondità
 - perforazione da 20 a 30 m di profondità
 - perforazione da 30 a 40 m di profondità
 - perforazione da 40 a 50 m di profondità

Per le perforazioni per le quali è richiesto il carotaggio con campionamento continuo le modalità di contabilizzazione e di pagamento sono quelle indicate nel Cap. 6.7.9.

6.7.4 Riperforazioni

Le riperforazioni sono misurate in base alla loro lunghezza espressa in metri lineari.

Il prezzo, che è riferito al metro lineare ed è indipendente dalla profondità della riperforazione, include tutti gli oneri per manodopera, esercizio e/o noleggio di macchinari ed attrezzature, consumi ed ogni altro onere connesso all'esecuzione dei lavori.

Il prezzo comprende la riperforazione in roccia o in muratura per mezzo di sonde a rotoperforazione con distruzione di nucleo, compresi: il posizionamento delle attrezzature, la perforazione, l'allontanamento dei detriti, il lavaggio dei fori ed ogni altro magistero per l'esecuzione. Il prezzo è così distinto:

- riperforazione all'aperto
- riperforazione in sotterraneo



6.7.5 Iniezioni di Cemento

Le iniezioni sono misurate in base al peso di cemento iniettato, espresso in kilogrammi, e non dipendono dalla profondità di iniezione.

Il prezzo include tutti gli oneri per manodopera, esercizio e/o noleggio di impianti e macchinari, fornitura di cemento, consumi ed ogni altro onere connesso all'esecuzione dei lavori, ivi incluse le prove di laboratorio per il controllo della qualità.

Il prezzo comprende l'iniezione di miscele cementizie nei fori predisposti per le iniezioni di impermeabilizzazione e di consolidamento, inclusa la confezione delle miscele all'impianto, il loro pompaggio a boccaforo, l'iniezione tramite iniettori ad alta pressione, la fornitura del cemento e il consumo di acqua, l'allontanamento degli spurghi. Sono altresì compresi nel prezzo gli oneri di scarico e di immagazzinamento del cemento, la sua conservazione, le successive riprese e i dosaggi per il confezionamento delle miscele. Il prezzo è così distinto:

- iniezione di miscele cementizie all'aperto
- iniezione di miscele cementizie in sotterraneo

6.7.6 Consumo di Additivi

6.7.6.1 Additivi in Polvere

Il consumo di additivi in polvere viene misurato in base al peso secco di prodotto contenuto nel volume di miscela effettivamente utilizzato.

Il consumo di additivi in polvere viene compensato in base al prezzo al kilogrammo.

Il prezzo comprende il consumo di additivo in polvere, inclusa la fornitura di materiale, insilato o in sacchi, lo stoccaggio in ambiente idoneo al mantenimento integrale delle caratteristiche fino al suo impiego, il trasporto all'impianto di miscelazione, la miscelazione con il cemento ed ogni altro onere connesso con la buona esecuzione dei lavori.

6.7.6.2 Additivi Liquidi

Il consumo di additivi liquidi viene misurato in base al volume di prodotto contenuto nel volume di boiaccia effettivamente utilizzato.

Il consumo di additivi liquidi viene compensato in base al prezzo al litro.

Il prezzo comprende il consumo di additivo liquido, inclusa la fornitura di prodotto, in cisterna o in fusti, la conservazione in contenitori idonei al mantenimento integrale delle caratteristiche fino al suo impiego, il trasporto all'impianto di miscelazione, la miscelazione con il cemento ed ogni altro onere connesso con la buona esecuzione dei lavori.



6.7.7 Registrazione dei Parametri di Perforazione e Iniezione

6.7.7.1 Registrazione dei Parametri di Perforazione

La registrazione continua dei parametri di perforazione viene misurata in base ai metri di perforazione, durante i trattamenti di impermeabilizzazione e di consolidamento (generalmente coincidente con la lunghezza complessiva dei trattamenti).

La registrazione continua dei parametri di perforazione viene compensata in base al prezzo al metro di perforazione.

Il prezzo comprende la registrazione continua, su supporto cartaceo e/o magnetico, dei parametri di perforazione, inclusa l'installazione e l'utilizzo delle apparecchiature di monitoraggio, le operazioni di rilevamento e ogni altro onere necessario alla registrazione delle misure.

6.7.7.2 Registrazione dei Parametri di iniezione

La registrazione continua dei parametri di iniezione viene misurata in base ai kilogrammi di assorbimento, durante i trattamenti di impermeabilizzazione e di consolidamento (generalmente coincidente con l'assorbimento complessivo dei trattamenti).

La registrazione continua dei parametri di iniezione viene compensata rispettivamente in base al prezzo al kilogrammo di cemento iniettato.

Il prezzo comprende la registrazione continua, su supporto cartaceo e/o magnetico, dei parametri di iniezione sia all'impianto che ad ogni boccaforo, inclusa l'installazione e l'utilizzo delle apparecchiature di monitoraggio, le operazioni di rilevamento e ogni altro onere necessario alla registrazione delle misure, compresa la loro presentazione sotto forma di rapporti di cantiere, organici e completi.

6.7.8 Fornitura e Conservazione di Casette Catalogatrici

La formazione e conservazione di cassette catalogatrici fino alla fine dei lavori viene misurata in base al numero di cassette utilizzate (interamente o parzialmente).

La formazione e conservazione delle cassette viene compensata in base al prezzo cadauna.

Il prezzo comprende la fornitura e conservazione di cassette catalogatrici per il deposito e la conservazione dei campioni indisturbati, ciascuna identificata con il numero del sondaggio, la data del prelievo e la profondità di estrazione. Il prezzo è comprensivo della fornitura delle cassette complete di telo in polietilene e accessori, della posa delle carote nella cassetta, della loro conservazione in luogo protetto da esposizione diretta agli agenti atmosferici.

6.7.9 Prelievo di Campioni Indisturbati in Sito

Il prelievo di campioni indisturbati verrà misurato in base al numero di singoli prelievi.



I campioni indisturbati saranno compensati in base al prezzo cadauno.

Il prezzo comprende il prelievo di campioni indisturbati in sito, eseguito con tutti gli accorgimenti atti a non danneggiare le carote estratte, il fermo perforazione, il prelievo, le operazioni di pulizia e misura del campione dopo il prelievo, la sigillatura del campione, le redazioni dei certificati di prelievo, il trasporto al laboratorio di analisi e ogni altro onere per salvaguardare la qualità del campione.

6.7.10 Descrizione dei Campioni

La descrizione dei campioni è riferita al numero di campioni recuperati ed effettivamente descritti.

La descrizione delle carote è compensata in base al prezzo unitario.

Il prezzo comprende la descrizione dei campioni indisturbati estratti nel corso dei sondaggi geognostici, con indicazione dei principali parametri di perforazione e con annessa documentazione fotografica. Il prezzo comprende altresì la descrizione completa, l'eventuale esecuzione di prove con penetrometro o scissometro tascabile su spezzoni di carota e la redazione dei relativi profili stratigrafici.

6.7.11 Prove Lugeon

Le prove in foro di sondaggio di tipo Lugeon (sia "down-stage" che "up-stage") sono valutate in base al loro numero.

Le prove in foro di sondaggio sono compensate in base al prezzo unitario.

Il prezzo comprende l'esecuzione di prove di permeabilità Lugeon, compresi: il fermo della perforazione durante la prova, la pulizia del fondo foro, il posizionamento dell'attrezzatura di prova, il collegamento di eventuali linee d'aria o acqua accessorie, l'esecuzione della prova in base alla presente specifica, la registrazione di tutti i parametri di prova e la redazione dei relativi certificati, il recupero dell'attrezzatura e ogni altro onere necessario alla corretta esecuzione della prova.

6.7.12 Prove di Claquage

Le prove di claquage sono valutate in base al loro numero.

Le prove di claquage sono compensate in base al prezzo unitario.

Il prezzo comprende l'esecuzione di prove di claquage compresi: il fermo della perforazione durante la prova, la pulizia del fondo foro, il posizionamento dell'attrezzatura di prova, il collegamento di eventuali linee d'aria o acqua accessorie, l'esecuzione della prova in base alla presente specifica, la registrazione di tutti i parametri di prova e la redazione dei relativi



certificati, il recupero dell'attrezzatura e ogni altro onere necessario alla corretta esecuzione della prova.



7 PERFORAZIONI PER RETE DI DRENAGGIO

7.1 Oggetto

La presente sezione descrive la formazione della rete di drenaggio della diga, realizzata sia nella roccia di fondazione, sia all'interno del corpo stesso della diga.

7.2 Drenaggi nella Roccia di Fondazione

I drenaggi nella roccia di fondazione sono realizzati tramite la perforazione di dreni sub-verticali di diametro DN 200, eventualmente rivestiti con tubazioni micro fessurate.

La rete dei drenaggi consiste in una linea di perforazioni intervallate come da Progetto, realizzate dall'interno dei bracci di galleria ubicati circa a quota 668 circa m s.l.m., nei quali verranno raccolte le acque drenate.

7.3 Drenaggi nel Corpo della Diga

I drenaggi nel corpo della diga (canne drenanti) saranno realizzati, contestualmente alla riprofilatura del paramento di monte, tramite la posa in opera di tubi in cemento poroso DN 200 ad intervalli di 2,50 m.

Sulle spalle della diga le canne saranno prolungate fino a raggiungere il cunicolo dei drenaggi tramite perforazione di pari diametro nella roccia di fondazione, eseguita prima della formazione del paramento in calcestruzzo.

Analogamente ai drenaggi in roccia, verranno installati, inferiormente ai dreni, appositi dispositivi per la raccolta e la eventuale misurazione delle portate drenate.

7.4 Macchinari ed Attrezzature (Sonde)

Le sonde saranno a testa idraulica, per perforazioni a rotazione, percussione o rotopercussione a distruzione del nucleo. Gli utensili di perforazione saranno con inserti in widia o diamantati, in funzione dei materiali da attraversare.

La potenza e la capacità operativa delle sonde dovranno in ogni caso essere adeguate alla consistenza della roccia da attraversare. Marcature disposte ad intervalli regolari (1-2 m) sugli organi di manovra degli utensili di perforazione dovranno consentire il rapido apprezzamento della profondità alla quale si sta operando. La verticalità delle aste di guida rigide dovrà essere controllata da un indicatore a pendolo disposto sulle stesse.



Sonde diverse potranno essere scelte in modo da poter operare in spazi più ristretti all'interno delle gallerie. Le sonde per il lavoro in galleria dovranno essere in grado di eseguire le perforazioni in calotta fino alle lunghezze attese.

7.5 Materiale di Rivestimento dei Fori

Gli eventuali rivestimenti da utilizzare per il rivestimento dei fori di drenaggio in roccia (specialmente nelle zone fratturate o particolarmente deboli) saranno costituiti da tubazioni metalliche fenestrate. Dovranno essere impiegati rivestimenti di diametro nominale minimo 200 mm.

7.6 Modalità Esecutive dei Drenaggi in Roccia

Le perforazioni, realizzate prevalentemente dall'interno dei cunicoli ricavati nelle spalle e nel corpo della diga, saranno eseguite a distruzione di nucleo con attrezzature a rotazione, percussione o rotopercussione con martello a fondo foro. Raggiunta la profondità di progetto, la perforazione sarà approfondita ulteriormente di 0.10-0.30 m.

I dreni, in genere sub-verticali, avranno diametro minimo 200 mm e non saranno rivestiti.

Nel caso sia necessario rivestire un dreno il rivestimento sarà fatto con un tubo in ABS di almeno 200 mm di diametro, in spezzoni di 3 m uniti con filettatura in spessore, senza manicotti, con tappo di fondo. La posizione e la lunghezza della sezione filtrante sarà determinata dal Direttore dei Lavori sulla base del profilo stratigrafico rilevato nel corso della perforazione. La sezione filtrante sarà ottenuta con una fenestrazione a fenditure in piani ortogonali all'asse del tubo, di spessore 1 mm e passo 5 mm, rivestite con filtro in geotessile non-tessuto, agugliato, a filo continuo, in fibra polipropilene.

I 2 m superiori di ciascun dreno saranno costituiti da tubo metallico inghisato nel calcestruzzo della diga con malta espansiva. Sulla estremità del tubo sarà avvitata una derivazione a T con estremità filettate, per lo scarico dell'acqua nella canaletta di drenaggio. Una estremità della derivazione sarà chiusa con un tappo a tenuta, che consenta l'installazione di un sistema di lettura delle portate. Sull'altra estremità sarà installato un tubo 1" GAS, su cui sono montati un manometro e una saracinesca.

7.7 Misure e Pagamenti

7.7.1 Posizionamento Attrezzature

La misurazione è riferita al numero delle postazioni.

Il prezzo è riferito al numero delle postazioni e compensa gli oneri della manodopera e dei mezzi di sollevamento necessari per il posizionamento e la movimentazione delle attrezzature sulle singole postazioni di lavoro.



Il prezzo comprende il posizionamento di attrezzature di perforazione sul coronamento e all'interno dei cunicoli della diga, incluso il trasporto e la movimentazione da una postazione all'altra e la successiva collocazione in sito. Il prezzo è così distinto:

- per le postazioni all'aperto sul coronamento
- per le postazioni nelle gallerie interne alla diga e alle spalle.

7.7.2 Perforazioni

Le perforazioni sono misurate in base alla loro lunghezza espressa in metri lineari.

Il prezzo è riferito al metro lineare di perforazione ed include tutti gli oneri per manodopera, esercizio e/o noleggio di macchinari ed attrezzature, consumi vari ed ogni altro onere connesso all'esecuzione dei lavori.

Il prezzo delle perforazioni si distingue a seconda dell'installazione all'aperto o in sotterraneo.

7.7.2.1 Perforazioni in Sotterraneo (Dreni di Fondazione)

Il prezzo comprende la perforazione di diametro minimo $d = 200$ mm in roccia o in muratura per la realizzazione, dall'interno dei cunicoli nel corpo e nelle spalle della diga, della rete di drenaggi tramite sonde a rotopercolazione con distruzione di nucleo, anche con eventuale rivestimento provvisorio, inclusi il controllo, il trattamento e lo smaltimento degli spurghi di perforazione, l'impiego di prodotti tamponanti, il lavaggio dei fori ed ogni altro magistero necessario per l'esecuzione dei lavori a perfetta regola d'arte. Il compenso si differenzia proporzionalmente alla profondità, rispetto ai paramenti dei cunicoli, della perforazione secondo 2 distinte fasce di prezzo.

- perforazione da 0 a 10 m di profondità
- perforazione da 10 a 20 m di profondità
- perforazione da 20 a 30 m di profondità
- perforazione da 30 a 40 m di profondità
- perforazione da 40 a 50 m di profondità

7.7.2.2 Perforazioni all'Aperto (Canne Drenanti)

Il prezzo comprende la perforazione di diametro $d = 200$ mm, eseguita dalla sommità del coronamento della diga, per il prolungamento delle canne drenanti nella roccia delle spalle fino ad intercettare il cunicolo di drenaggio. La perforazione sarà eseguita tramite sonde a rotopercolazione con distruzione di nucleo, anche con eventuale rivestimento provvisorio, compresi il controllo, il trattamento e lo smaltimento degli spurghi di perforazione, il lavaggio dei fori ed ogni altro magistero necessario per l'esecuzione dei lavori a perfetta regola d'arte. Il compenso si differenzia proporzionalmente alla profondità, rispetto al piano del coronamento diga, della perforazione secondo 3 distinte fasce di prezzo.



- perforazione da 0 a 10 m di profondità
- perforazione da 10 a 20 m di profondità
- perforazione da 20 a 30 m di profondità

7.7.3 Tubi di Rivestimento

La fornitura e installazione di tubi di rivestimento vengono misurate in base alla lunghezza effettiva espressa in metri lineari. Nel prezzo sono inclusi gli oneri di manodopera e di fornitura dei materiali.

Il prezzo comprende la fornitura e posa di tubi drenanti di diametro minimo 200 mm all'interno dei fori di drenaggio, incluso lo stoccaggio, il trasporto a piede d'opera di tubi opportunamente fenestrati, l'installazione fino alla profondità prevista, la giunzione per mezzo di manicotti o di giunti saldati e ogni altro onere per dare il lavoro compiuto a perfetta regola d'arte.

Il prezzo comprende inoltre la fornitura e posa in opera di raccorderia idraulica e di misuratori di portata da installare alla sommità dei fori di drenaggio per la raccolta e la misurazione delle portate filtranti.

7.7.4 Canne Drenanti

La fornitura e installazione delle canne drenanti vengono misurate in base alla lunghezza effettiva espressa in metri lineari. Nel prezzo sono inclusi gli oneri di manodopera e di fornitura dei materiali.

Il prezzo comprende la fornitura e posa delle canne drenanti di diametro 200 mm in prossimità del paramento di monte, incluso lo stoccaggio, il trasporto a piede d'opera di tubi opportunamente fenestrati, l'installazione fino alla profondità prevista, la giunzione per mezzo di manicotti o di giunti saldati e ogni altro onere per dare il lavoro compiuto a perfetta regola d'arte.

Sono compensati a parte, tramite specifici compensi, la fornitura e posa in opera degli organi di misura (apparecchi di raccolta e misurazione, manometri e valvole).



8 SCAVI ALL'APERTO E IN GALLERIA

8.1 Oggetto

Questa sezione tratta l'esecuzione di scavi così distinti:

- scavi in terreno sciolto che non richiedono l'impiego di esplosivo;
- scavi in roccia per cui è necessario l'uso di martelloni demolitori, oppure di esplosivo (con cariche di limitata potenzialità), oppure di agenti chimici disgregatori.

Gli scavi si suddividono in:

scavi all'aperto:

- fondazione della diga;
- scarico di superficie;
- opere di regimazione acque a valle diga (canali, vasche, ecc.)

scavi in sottoterraneo:

- gallerie nel corpo e nelle spalle della diga.

8.2 Piano di Esecuzione degli Scavi

Prima dell'inizio dei lavori, l'Impresa dovrà sottoporre per approvazione al Direttore dei Lavori il “**Piano di Esecuzione degli Scavi**”, che includa il dettaglio della metodologia prevista per l'esecuzione degli scavi, compresi gli schemi e la procedura delle volate nel caso di impiego di esplosivo, e la descrizione delle caratteristiche di tutti mezzi che intende utilizzare. Detto Piano dovrà essere condiviso e approvato anche dall'Ufficio Dighe.

8.3 Materiali

8.3.1 *Materiali Esplosivi*

- All'aperto: ANFO o simili;
- In sottoterraneo: prodotti a base di nitrati d'ammonio (gelatine);
- In entrambi i casi: micce detonanti e detonatori elettrici.

8.3.2 *Bulloni da Roccia*

Per bulloni da roccia si intendono barre di acciaio con una estremità filettata, con relativa cartuccia di resina bicomponente, piastra di appoggio, manicotti (se necessari), rondella e bullone di tesatura.



L'Impresa dovrà produrre e consegnare al Direttore dei Lavori i disegni dettagliati dei bulloni 30 giorni prima del loro impiego.

L'Impresa dovrà approvvigionare ed avere a magazzino una quantità sufficiente di bulloni da roccia che eviti ritardi nell'avanzamento regolare del lavoro.

I bulloni dovranno avere le seguenti caratteristiche minime:

- diametro nominale: 25 mm;
- lunghezza: variabile da 2 a 6 m;
- acciaio secondo la norma ASTM A615 tipo 80, ad aderenza migliorata;
- piastra secondo la norma ASTM A283 tipo B;
- bullone secondo la norma ASTM A563;
- rondella secondo la norma ASTM A220;
- carico di sfilamento: 15 000 kg;
- carico di rottura: 25 000 kg;
- tempo di polimerizzazione della resina: compreso tra 3 e 10 min;
- dimensioni minime della cartuccia: diametro 25 mm, lunghezza 450 mm;
- la rondella deve permettere angolazioni tra il bullone e la piastra fino a 20°.

8.3.3 Rete Elettrosaldata

La rete elettrosaldata dovrà essere formata da fili di 5 mm di diametro ed avrà maglie di 150*150 mm. L'acciaio dovrà essere di tipo FeB 44k.

Prima della posa in opera, la rete dovrà essere accuratamente ripulita da eventuale presenza di grasso, fango, e altre materie che impediscano la buona adesione alla gunite o al conglomerato.

8.3.4 Gunite

La gunite è costituita da una miscela di cemento, sabbia, aggregati, acceleranti ed acqua. In generale, è preferibile la preparazione della gunite per via secca.

La granulometria combinata di sabbia ed aggregati dovrà rientrare nel fuso seguente:

Vaglio	3/4"	3/8"	#4	#8	#16	#100
Passante	95-100	65-90	45-75	30-55	20-40	0-10

Il cemento sarà tipo Portland o Ferrico-Pozzolánico di qualità conforme alle specifiche riportate nel Cap. 5.2.2 e l'acqua avrà le stesse caratteristiche dell'acqua per i calcestruzzi.



L'Impresa preparerà miscele di prova, da sottoporre al Direttore dei Lavori almeno 30 giorni prima del loro impiego, la cui resistenza sarà conforme ai valori seguenti:

Tempo	8 ore	72 ore	28 giorni
Resistenza a compressione non confinata	35 kg/cm ²	170 kg/cm ²	350 kg/cm ²

8.4 Macchinari ed Attrezzature

8.4.1 Scavi all'Aperto

Verranno di norma impiegati:

- escavatori equipaggiati con benne o martelloni;
- pale cingolate;
- autocarri dumpers;
- macchinari di perforazione (wagon-drill).

8.4.2 Scavi in Sotterraneo

8.4.2.1 Pale Cingolate

Il carico dei prodotti di scavo su mezzi di trasporto in galleria verrà effettuato con pale cingolate, di ingombro molto limitato, dotate di benne a scarico posteriore ovvero di nastri trasportatori che fanno affluire i materiali sui carrelli disposti a tergo delle pale.

8.4.2.2 Locomotori e Vagonetti

Il trasporto all'esterno dei materiali di risulta sarà effettuato con vagonetti mobili su rotaie dotate di piattaforme di scambio. Il traino sarà effettuato per mezzo di locomotori alimentati da batterie elettriche. All'esterno dei cunicoli, una apposita struttura idraulica provvederà allo scarico tramite ribaltamento laterale dei vagonetti.

8.4.2.3 Sonde di Perforazione

Le sonde di perforazione saranno di tipo a rotazione o rotopercolazione e dovranno avere le caratteristiche minime illustrate in precedenza nel Cap. 6 relativo alle perforazioni. È ammesso anche l'uso di sonde di perforazione servo-assistite.

8.4.2.4 Martelli Demolitori

I martelli demolitori, che avranno potenza adeguata alle caratteristiche della roccia in sito, potranno essere manovrati a mano oppure essere montati su macchine in grado di operare entro spazi ristretti.

8.4.2.5 Pompe per Calcestruzzo Proiettato

Si dovranno prevedere pompe e lance per l'applicazione a mano del calcestruzzo proiettato, senza ricorrere all'ausilio di robot.



8.4.2.6 Ventilatori

L'Impresa dovrà installare ventilatori di potenza e numero adeguato per assicurare almeno 10 ricambi/ora dell'aria contenuta nelle gallerie.

8.4.2.7 Illuminazione

L'Impresa dovrà predisporre un adeguato impianto di illuminazione con intensità pari a 100 lux o più, all'interno delle gallerie. Esso dovrà essere disattivato ogniqualvolta si effettuino, in galleria, operazioni di caricamento e di brillamento di sostanze esplosive.

8.5 Modalità di Esecuzione degli Scavi

8.5.1 Generalità

Gli scavi andranno condotti con metodi adeguati ad ottenere profili e superfici finali conformi a quelli indicati nel Progetto, con le tolleranze prescritte.

Verranno prese tutte le precauzioni necessarie per evitare disturbi alla formazione rocciosa che si trova al di sotto del profilo di scavo.

I profili e le sezioni di scavo potranno venire modificate dal Direttore dei Lavori senza che ciò implichi variazioni dei compensi contrattuali.

Saranno considerati scavi in terreno sciolto tutti quelli che non richiedono l'impiego di esplosivo o di martelli demolitori; saranno invece considerati scavi in roccia tutti quelli che richiedano l'uso di tali attrezzature.

8.5.2 Tolleranze

8.5.2.1 Scavi all'Aperto

Nelle superfici di scavo saranno accettati fuori sagoma di misura massima pari a 0.10 m.

8.5.2.2 Scavi in Sottterraneo

I profili di scavo indicati nel Progetto prescrivono la superficie entro alla quale non sono ammesse punte di roccia. È ammesso un profilo extra scavo di 0.10 m.

8.5.3 Uso di Esplosivi

L'Impresa dovrà osservare tutte le leggi ed i regolamenti riguardanti il trasporto, lo stoccaggio ed il maneggio di esplosivi e affiderà i lavori che implicano il maneggio di qualsiasi esplosivo o innesco a personale specializzato e patentato.

L'Impresa dovrà prendere tutte le precauzioni necessarie per evitare danni a persone e a cose. Gli scavi in prossimità di strutture o installazioni che potrebbero venire danneggiate dalle esplosioni dovranno essere eseguiti con l'impiego di microcariche o senza l'uso di esplosivi.

L'uso di esplosivi dovrà essere fatto in modo da:



- minimizzare la fratturazione e l'allentamento delle superfici sulla linea di scavo;
- minimizzare le vibrazioni trasmesse ai supporti, alle casseforme ed ai rivestimenti in galleria ed agli edifici e strutture nelle vicinanze;
- limitare al minimo i sovrasspessori di scavo;
- non causare crolli di roccia evitabili, specie nelle zone di faglia.

Tutti i danni prodotti da un uso improprio degli esplosivi saranno riparati a carico dell'Impresa, seguendo le prescrizioni impartite dal Direttore dei Lavori.

8.5.4 Scavi all'Aperto

Gli scavi in terreno sciolto verranno eseguiti con impiego di escavatori a benna rovescia o con pale meccaniche.

Negli scavi in roccia delle spalle e dello sfioratore si procederà dall'alto verso il basso, per bancate successive. La roccia verrà abbattuta con impiego di esplosivo, previa perforazione con wagon-drill. In alternativa, si potrà fare uso, in presenza di rocce di più scadenti caratteristiche geomeccaniche, di martelloni demolitori installati su mezzi cingolati semoventi.

In entrambi i casi, i materiali di risulta, caricati su dumpers, verranno trasportati a discarica oppure saranno reimpiegati per riempimenti o infine, se idonei, utilizzati per la confezione di conglomerati cementizi.

8.5.5 Scavi in Sottterraneo a Sezione Piena

Lo scavo in orizzontale a sezione piena sarà eseguito con martellone oppure con cariche di esplosivo di potenzialità limitata (microcariche). Il massimo sfondo previsto per ciascuna volata non dovrà eccedere 1.5 m.

Una volta allontanati i prodotti di scavo, si procederà all'installazione dei sostegni temporanei previsti dal Progetto (gunte, bulloni ed eventuali centine).

8.5.6 Posa in Opera dei Bulloni

I bulloni, corredati piastre e rondelle, saranno installati immediatamente dopo aver completato lo smarino. Il serraggio dovrà essere eseguito non appena trascorso il tempo di completa presa e indurimento dell'iniezione di ancoraggio.

8.5.7 Applicazione di Calcestruzzo Proiettato

La gunite sarà applicata in uno o più strati secondo le indicazioni del Progetto, integrate eventualmente da quelle del Direttore dei Lavori. L'applicazione del secondo strato, ove prescritta, sarà fatta dopo aver lasciato trascorrere un tempo sufficiente perché la resistenza del primo strato abbia raggiunto un livello accettabile.



L'applicazione della gunite dovrà essere fatta da personale esperto e dotato di attrezzature efficienti, usando un'adeguata pressione per l'acqua e per l'aria. Oltre al personale preposto al funzionamento dell'impianto ed alle manovre della lancia, dovrà essere presente, durante l'applicazione della gunite, un terzo operatore con il compito di rimuovere il materiale caduto ed accumulato a terra, che non dovrà essere in alcun modo riutilizzato.

Prima della spruzzatura verranno posizionate, sulle pareti di scavo, barrette indicatrici dello spessore prescritto.

Ove la spruzzatura del conglomerato potesse causare l'insorgere di pressioni idrostatiche tra la roccia e la gunite, verranno praticati fori del diametro di 30 mm circa fino ad una profondità di 0.5 m nella roccia. Ogni foro potrà drenare non più di 4 m² della superficie trattata con gunite.

La rete elettrosaldata sarà saldamente fissata alla roccia con chiodi di idonea lunghezza. Tra rete e roccia, se necessario, verranno interposti spessori per assicurare che la rete sia posizionata circa al centro dello spessore di gunite.

In corrispondenza dei giunti tra pannelli adiacenti, sarà effettuata una sovrapposizione di superficie pari ad una maglia.

Prima dell'applicazione della rete, si eseguirà un accurato disgreggio della superficie della roccia onde evitare che elementi litici separati dalla massa rocciosa si trovino dietro alla rete e rimangano inglobati nella gunite.

8.6 Aree di Discarica

Il Direttore dei Lavori darà istruzioni relativamente alle aree di discarica che l'Impresa è tenuta ad utilizzare per i materiali di smarino. In linea di principio, i materiali verranno collocati al piede di monte della diga a formare piazzali e rinterri a lato delle opere, e per le opere di inalveamento. I materiali potranno essere impiegati, se idonei e opportunamente trattati, per la confezione di conglomerati cementizi.

8.7 Controlli di Qualità

8.7.1 Gunite

Si applicheranno sul conglomerato prodotto all'impianto i controlli indicati nel Cap. 5.

8.7.2 Rete Metallica e Fibre

I controlli da effettuare in corso d'opera saranno:

- resistenza della rete elettrosaldata;
- resistenza delle fibre di acciaio.



8.7.3 Ancoraggi

Durante i lavori di scavo, si dovranno effettuare:

- controllo del rispetto della normativa di legge vigente per quanto attiene le caratteristiche meccaniche dell'acciaio dei bulloni (vedi Par. 4.2.6)
- prove in opera di efficienza degli ancoraggi (prove a sfilamento).

8.7.4 Centine

Sarà verificato, tramite certificati di origine forniti dal produttore, il rispetto della qualità dell'acciaio ai requisiti di legge (resistenza a trazione, ecc.).

8.8 Misure e Pagamenti

8.8.1 Scavi all'Aperto e in Sotterraneo

Gli scavi all'aperto e in sotterraneo verranno misurati con metodi geometrici. L'unità di misura è il metro cubo in sito (cioè in sezione di progetto).

I sovrappessori rispetto agli scavi teorici indicati nel Progetto saranno contabilizzati nei limiti previsti dal precedente Par. 8.4.2.

Il prezzo include tutti gli oneri per manodopera, esercizio e/o noleggio di macchinari ed impianti (ventilazione, illuminazione, ecc.), esplosivo ed incendiivi, consumi vari ed ogni altro onere connesso all'esecuzione dei lavori.

Il prezzo altresì comprende il carico e il trasporto a scarica e/o rimpiego dei prodotti di scavo. Gli oneri di scarica si intendono a carico dell'Impresa.

Il prezzo si distingue, a seconda delle modalità operative, in scavi all'aperto e scavi in sotterraneo.

8.8.1.1 Scavi all'Aperto

Il prezzo comprende lo scavo all'aperto in terreno sciolto, in materie di qualsiasi natura e consistenza, a qualsiasi profondità, compresi la formazione delle piste di accesso alle aree di scavo, lo scotico superficiale, la regolarizzazione dell'impronta dello scavo e l'aggottamento delle aree di lavoro.

Il prezzo comprende lo scavo in roccia per la fondazione dei nuovi paramenti di monte e valle della diga e per l'imposta della trave perimetrale di monte, inclusa la formazione delle piste di accesso alle aree di lavoro, lo scotico superficiale, la regolarizzazione dell'impronta dello scavo, il disaggio delle pareti di scavo e l'aggottamento delle aree di lavoro. Lo scavo è realizzato con impiego di martellone demolitore, ovvero con utilizzo di cariche esplosive di limitata potenzialità, ovvero con l'ausilio di disgreganti chimici.



8.8.1.2 Scavi in Sotterraneo

Il prezzo comprende gli scavi in roccia in sotterraneo, per la realizzazione dei bracci longitudinali dei cunicoli interni alle spalle della diga, realizzati con impiego di martellone demolitore, ovvero con utilizzo di cariche esplosive di limitata potenzialità, ovvero con l'ausilio di disagreganti chimici.

Il prezzo include il disaggio delle pareti di scavo, l'aggottamento dei cunicoli e gli oneri di illuminazione e di ventilazione in sotterraneo.

8.8.2 Presostegni in Sotterraneo

8.8.2.1 Gunite

La gunite viene misurata con metodi geometrici in riferimento agli spessori prescritti dal Progetto. L'unità di misura è il metro quadrato.

Il prezzo è riferito al metro quadrato e include tutti gli oneri per manodopera, esercizio e/o noleggio di macchinari ed impianti (ventilazione, illuminazione, ecc.), i materiali (cemento, additivi, ecc.) ed ogni altro onere connesso all'esecuzione dei lavori.

Il prezzo comprende il conglomerato cementizio spruzzato $R_{ck} > 35\text{MPa}$ di spessore $s = 0.05\text{ m}$ confezionato con inerti di opportuna granulometria con aggiunta di additivi e acceleranti di presa, dato in opera anche in più fasi e strati successivi, esclusa eventuale armatura metallica.

Il prezzo comprende il confezionamento, il trasporto e il pompaggio della miscela, gli sfridi, i controlli di qualità sui materiali e sulle opere ed ogni altro magistero necessario per l'esecuzione dei lavori a perfetta regola d'arte.

8.8.2.2 Centine, Rete, Fibre

Le centine, la rete e le fibre vengono valutate in base al peso dei materiali effettivamente posti in opera, sulla scorta di pesi unitari (a metro di centina o a metro quadrato di rete o a kilogrammo di fibre) determinati tramite pesatura. L'unità di misura è il kilogrammo.

Il prezzo è riferito al kilogrammo e include tutti gli oneri per manodopera, macchinari e impianti, consumi ed ogni altro onere connesso all'esecuzione dei lavori.

Il prezzo comprende la fornitura e posa in opera di armatura centinata, costituita da profilati in acciaio calandrati secondo la sagoma prescritta, e annegata nel calcestruzzo di rivestimento delle gallerie, inclusa la fornitura, il trasporto, la sagomatura dei profilati, i giunti, i distanziatori. Compresi altresì la posa in opera delle centine, i controlli di qualità sui materiali e sulle opere ed ogni altro magistero necessario per l'esecuzione dei lavori a perfetta regola d'arte.



Il prezzo comprende la fornitura e posa in opera di rete di acciaio a maglie elettrosaldate per l'armatura di strati di prerivestimento in calcestruzzo spruzzato, compresi la fornitura, il trasporto e la posa in opera della rete con fissaggio alle pareti di scavo. Inclusi altresì la posa in opera delle centine, i controlli di qualità sui materiali ed ogni altro magistero necessario per l'esecuzione dei lavori a perfetta regola d'arte.

Il prezzo comprende inoltre l'impiego di fibre metalliche di adeguate caratteristiche meccaniche, compresa la fornitura, lo stoccaggio, l'additivazione alle miscele di calcestruzzo spruzzato nelle proporzioni prescritte, compresi i controlli di qualità ed ogni altro onere connesso con l'esecuzione dei lavori.

8.8.2.3 Ancoraggi

Gli ancoraggi passivi (bulloni) vengono misurati in base alla lunghezza degli elementi effettivamente posti in opera. L'unità di misura è il metro lineare.

Il prezzo è riferito al metro lineare e include tutti gli oneri per manodopera, esercizio e/o noleggio di macchinari ed impianti, materiali, consumi ed ogni altro onere connesso all'esecuzione dei lavori.

Il prezzo comprende i bulloni in acciaio per ancoraggi, completi di testa di ancoraggio ad espansione all'estremità interna e piastra di tensione alla sommità, posti in opera previa perforazione e successiva iniezione di boiaccia addizionata con acceleranti antiritiro, inclusi tubi di iniezione e sfiato, compresi: la perforazione, l'approvvigionamento, il trasporto, la posa e la cementazione degli ancoraggi, i controlli di qualità sui materiali e sulle opere ed ogni altro magistero necessario per l'esecuzione dei lavori a perfetta regola d'arte.

Il compenso si differenzia proporzionalmente alla lunghezza secondo 3 distinte fasce di prezzo.

- ancoraggi passivi $l = 1.50$ m
- ancoraggi passivi $l = 3.00$ m
- ancoraggi passivi $l = 4.00$ m



9 DEMOLIZIONE MURATURE CON MARTELLONI E IDRODEMOLIZIONE

9.1 Oggetto

La presente sezione descrive i lavori di demolizione della porzione corticale di diga più prossima al paramenti di monte e valle, ivi compresa l'asportazione della placca di calcestruzzo che, a seguito dei dissesti verificatisi nel mese di febbraio 2006, ha subito lesioni che hanno interessato per qualche metro di profondità il corpo stesso della diga. Rientra in questa sezione anche la demolizione del coronamento, dello sfioratore e di parte del canale di scarico esistente.

9.2 Piano di Esecuzione delle Demolizioni

Prima di iniziare i lavori, l'Impresa dovrà sottoporre per approvazione al Direttore dei Lavori un **"Piano di Esecuzione delle Demolizioni"** con indicazione della fasi della operazione, della sequenza di esecuzione e delle caratteristiche di tutti mezzi che intende utilizzare. Detto Piano dovrà essere condiviso e approvato anche dall'Ufficio Dighe.

9.3 Macchinari e Attrezzature

Per la demolizione si prevede l'utilizzo di:

- escavatori cingolati attrezzati con martelloni demolitori da 1000 kg;
- pale cingolate;
- dumpers da 20 t;
- piattaforme e ponteggi mobili;
- gru a torre e autogrù;
- pompe e lance per idrodemolizioni.

9.4 Modalità Esecutive

9.4.1 Paramenti e Coronamento

Si prevede di eseguire la demolizione secondo la seguente sequenza (si veda la Fig. 9/1 per maggiori dettagli):

- 1a fase: demolizione del coronamento;
- 2a fase: demolizione della placca di diga lesionata;
- 3a fase: asportazione, tramite demolizione meccanica, delle superfici corticali sui paramenti di monte e valle della diga (bolognini, intonaco e rete elettrosaldata).
- 4a fase: trattamento di regolarizzazione, tramite idrodemolizione a bassa pressione, delle superfici di contatto su entrambi i paramenti.



La 1° fase sarà eseguita, per mezzo di martelloni demolitori installati su macchine operatrici cingolate posizionate sul coronamento. I prodotti di demolizione saranno scaricati a valle diga e permetteranno di creare delle banche orizzontali necessarie per la 2a fase di demolizione (placca).

La 2a fase sarà eseguita, per mezzo di martelloni demolitori installati su macchine operatrici cingolate posizionate sulle predette banche orizzontali ricavate a mano a mano che procede la demolizione, dall'alto verso il basso. I prodotti di demolizione, raccolti al piede della diga, verranno caricati con pale cingolate e, a mezzo di dumpers, trasportati agli impianti di lavorazione degli inerti per la produzione di aggregati.

La 3a e la 4a fase verranno eseguite contestualmente al ringrosso dei paramenti di monte e valle. Si procederà cioè alla demolizione parziale dei paramenti per porzioni successive di circa 3 m di altezza. In tal modo, il getto della porzione sottostante costituirà la piattaforma di lavoro dell'escavatore con martellone. Il lavoro si svolgerà separatamente su conci in modo che, mentre si darà corso al getto di alcuni conci, si procederà contemporaneamente alla demolizione del paramento su quelli contigui. Ovviamente, i conci in fase di getto saranno altimetricamente sfalsati rispetto a quelli in fase di demolizione. Tale successione operativa dovrebbe consentire una ottimale distribuzione delle risorse in quanto rende possibile l'operatività contemporanea dei mezzi di demolizione e di quelli di getto.

Dopo la demolizione con martelloni, le superfici di contatto tra la muratura esistente ed il nuovo getto di calcestruzzo saranno opportunamente corrugate tramite un trattamento di idrodemolizione, che sarà realizzato con getti di acqua ed aria a bassa pressione ed avrà lo scopo anche di asportare gli elementi più inconsistenti ed instabili della malta.

L'allontanamento dei prodotti di demolizione e di idrodemolizione durante la 3a fase avverrà con modalità del tutto analoghe a quelle della 2a fase, salvo la necessità di far scendere i materiali al piede della diga tramite scivoli metallici ancorati ai paramenti o tramite benne di grande capacità caricate da pale di modeste dimensioni operanti sui piani di lavoro.

Le piattaforme di lavoro saranno servite da gru a torre, installate a monte e valle diga, che provvederanno sia alla movimentazione dei mezzi di lavoro (piccoli escavatori con martelloni e pale meccaniche di peso non superiore a 5 t), sia all'eventuale allontanamento dei detriti della demolizione, operazioni che saranno alternate ai servizi che le gru forniranno durante le fasi di getto.

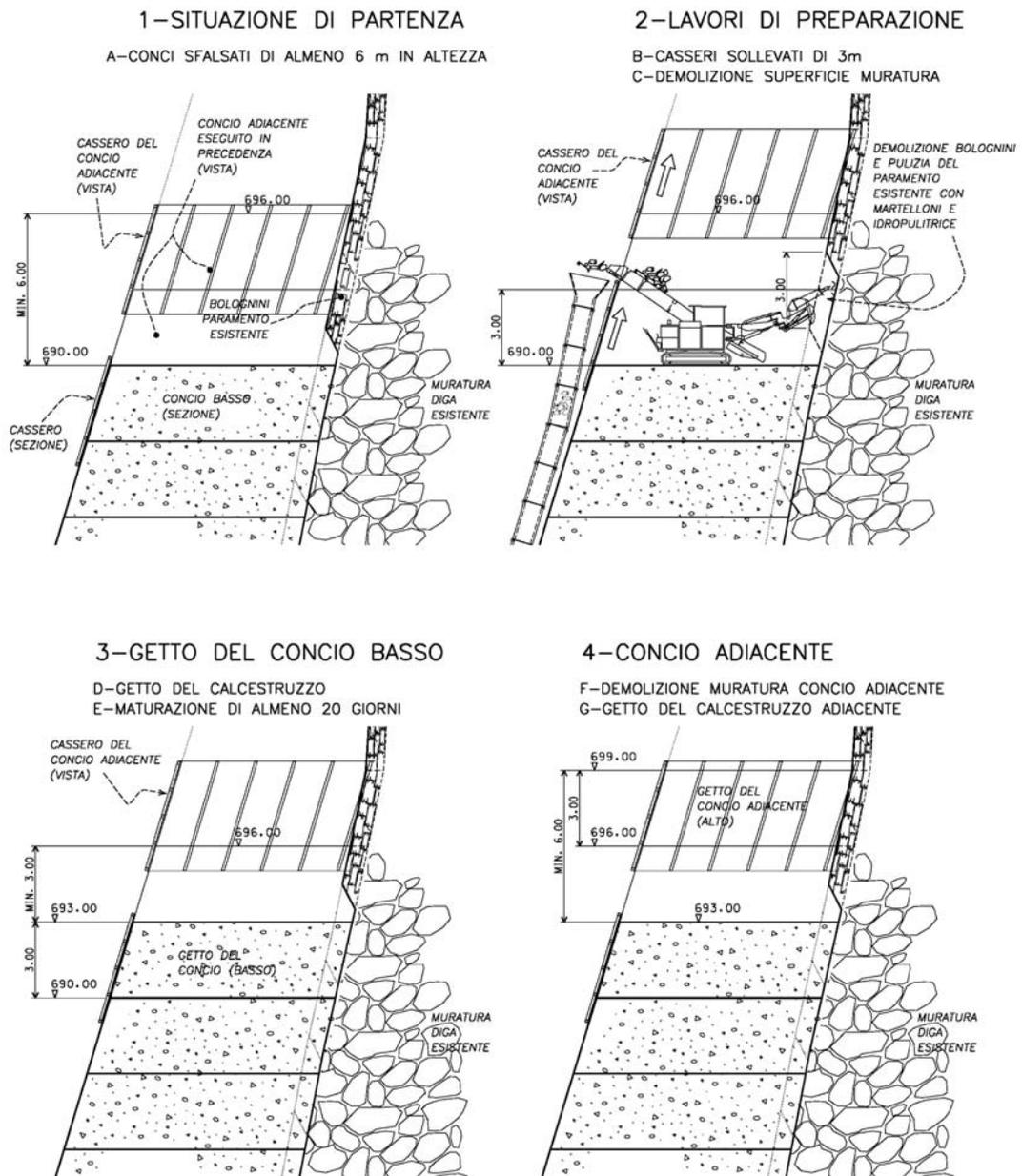


Fig. 9/1 – Fasi esecutive. Demolizione e getto dei paramenti.



9.4.2 Demolizione dello Scarico di Superficie

Con procedure analoghe a quelle descritte nel precedente capitolo saranno eseguite la demolizione delle strutture in calcestruzzo dell'esistente scarico di superficie a sifoni, nonché gli scavi della roccia richiesti dalle nuove dimensioni dello scarico.

Anche in questo caso, le demolizioni e gli scavi saranno serviti da una gru a torre installata a quota coronamento in prossimità della spalla sinistra della diga. La stessa gru sarà poi utilizzata per le successive fasi di costruzione del nuovo scarico di superficie (movimentazione di casseri e di ferro, getti e montaggi di strutture in calcestruzzo e in ferro).

9.5 Misure e Pagamenti

9.5.1 Ponteggi

L'installazione di ponteggi tubolari sui quali posizionare attrezzature di demolizione di peso ridotto, nei casi in cui non si possa far ricorso a mezzi semoventi, ma sia necessario intervenire con mezzi manuali, è valutata in rapporto alla superficie dei ponteggi proiettata su piani verticali.

Il prezzo, riferito al m², compensa la progettazione e stesura del PiMUS, la fornitura o il noleggio degli elementi tubolari e dei piani di lavoro, la manodopera, i mezzi di sollevamento e i materiali di consumo necessari per l'installazione dei ponteggi, e comprende lo smontaggio, il recupero e l'allontanamento dei materiali.

9.5.2 Demolizioni

Le demolizioni verranno misurate con metodi geometrici, l'unità di misura è il metro cubo. I sovrappessori rispetto alle misure teoriche indicate nel Progetto saranno contabilizzati solo se autorizzati dal Direttore dei Lavori.

Il prezzo è riferito al metro cubo e include tutti gli oneri per manodopera, esercizio e/o noleggio di macchinari ed impianti, consumi vari ed ogni altro onere connesso all'esecuzione dei lavori.

Il prezzo comprende la demolizione di calcestruzzi, intonaci, rete elettrosaldata e di murature in pietrame e malta, a qualsiasi altezza e su superfici comunque inclinate mediante l'impiego di martelloni metallici di massa battente adeguata e tale da non arrecare danni alle strutture superstiti.

Il prezzo altresì comprende il carico e il trasporto a discarica e/o rimpiego dei prodotti di scavo. Gli oneri di discarica si intendono a carico dell'Impresa.

Il prezzo è così distinto:

- demolizione murature (placca lesionata, coronamento e spalle);
- demolizione paramenti di monte e valle (bolognini, intonaco e rete elettrosaldata);



- demolizione calcestruzzi (scarico superficie e opere di presa).

9.5.3 Idrodemolizioni

Le idrodemolizioni verranno misurate con metodi geometrici, l'unità di misura è il metro quadrato.

Il prezzo è riferito al metro quadrato di superficie proiettata su piano parallelo al paramento della diga e include tutti gli oneri per manodopera, esercizio e/o noleggio di macchinari ed impianti, consumi vari ed ogni altro onere connesso all'esecuzione dei lavori.

Il prezzo comprende il corrugamento delle superfici della muratura dopo la demolizione con martelloni meccanici, ottenuto, a qualsiasi altezza, con impiego di attrezzature idrodemolitrici capaci di getti d'acqua fino a 1500 atm, inclusa l'eventuale scalpellatura di rifinitura con demolitori leggeri, la soffiatura con aria compressa, l'approvvigionamento dell'acqua e ogni altro magistero necessario per l'esecuzione dei lavori a perfetta regola d'arte.

Il prezzo altresì comprende il carico e il trasporto a discarica e/o rimpiego dei prodotti di scavo. Gli oneri di discarica si intendono a carico dell'Impresa.



10 OPERE IN CALCESTRUZZO

10.1 Oggetto

La presente sezione tratta la realizzazione di opere all'aperto e in galleria con calcestruzzi strutturali, semplici e armati, e si riferisce alle seguenti opere:

- paramenti di monte, valle e coronamento della diga
- scarico di superficie;
- scarico di fondo;
- opere di presa;
- rivestimenti delle gallerie.

10.2 Piano di Esecuzione dei Getti

Prima di iniziare i lavori, l'Impresa dovrà sottoporre per approvazione al Direttore dei Lavori un **"Piano di Esecuzione dei Getti"** con indicazione della fasi della operazione, della sequenza di esecuzione e delle caratteristiche di tutti mezzi che intende utilizzare. Detto Piano dovrà essere condiviso e approvato anche dall'Ufficio Dighe.

10.3 Materiali per i Conglomerati

10.3.1 Cemento

I cementi da impiegare nel confezionamento dei conglomerati potranno essere di tipo Portland o Ferrico-Pozzolánico di qualità conforme alle specifiche contenute nel Cap. 4.2.2.

L'Impresa dovrà approvvigionare il cemento presso cementerie che diano garanzie di qualità, costanza del tipo, continuità di fornitura. La qualità del cemento dovrà essere garantita e controllata dall'istituto ICITE CNR e dal relativo marchio.

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

10.3.2 Aggregati

Per tutti i tipi di conglomerato cementizio, dovranno essere impiegati esclusivamente gli aggregati della categoria A di cui alla Norma UNI 8520 - parte 2, aventi caratteristiche nei limiti di accettazione della Norma medesima.

La qualità degli aggregati dovrà essere conforme alle specifiche contenute nei Capp. 4.2.4 e 4.3.5.



10.3.3 Acqua di Impasto

Sono ammesse come acque di impasto per i conglomerati cementizi l'acqua potabile e le acque naturali rispondenti alle specifiche contenute nel Cap. 4.2.1.

L'acqua dovrà provenire da fonti individuate preliminarmente, non modificate nel corso dei lavori.

10.3.4 Additivi

Si intendono come additivi quei prodotti chimici in grado di modificare le caratteristiche del calcestruzzo fresco, con possibili riflessi sulla qualità finale del calcestruzzo indurito.

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

Potranno essere utilizzate le seguenti classi di additivo:

- fluidificanti e superfluidificanti, con eccezione degli additivi a base di cloruri o contenenti cloruri di calcio;
- iperfluidificanti;
- ritardanti;
- aeranti;
- espansivi;
- antigelo (previa approvazione del Direttore dei Lavori).

Il loro dosaggio dovrà essere definito in fase di qualifica dei conglomerati cementizi sulla base delle indicazioni del fornitore.

A seconda delle condizioni ambientali e dei tempi di trasporto e lavorazione, potranno essere impiegati anche additivi del tipo ad azione mista fluidificante-aerante, fluidificante-ritardante o fluidificante-accelerante. Nel caso di uso contemporaneo di più additivi, l'Impresa dovrà fornire al Direttore dei Lavori la prova della loro compatibilità.

I tipi e i dosaggi impiegati dovranno essere preventivamente approvati dal Direttore dei Lavori.

10.3.5 Prodotti per il Trattamento delle Superfici

Saranno utilizzati liquidi antievaporazione da applicare sulle superfici di getto per la protezione del calcestruzzo in fase di presa e indurimento.



10.3.6 Waterstops

Si utilizzeranno waterstops in PVC estruso. Il polimero dovrà essere additivato al fine di mantenere le caratteristiche di resistenza e plasticità nel tempo. La qualità del PVC impiegato dovrà essere conforme alle specifiche contenute nel Cap. 4.2.10 e 4.3.10.

Ove non disposto diversamente dal Direttore dei Lavori, la forma e il tipo dei waterstops saranno quelli indicati nel Progetto, con uno spessore minimo di 5 mm e una larghezza minima di 300 mm.

I waterstops dovranno essere saldabili a caldo. Le caratteristiche tecnologiche del processo di saldatura dovranno essere tali che la resistenza nella zona di saldatura non sia inferiore a 80% della resistenza del materiale non saldato.

Il numero delle saldature dovrà essere mantenuto al minimo. La posizione e il tipo di tutte le saldature, nonché le attrezzature per eseguirle, saranno sottoposti al Direttore dei Lavori per approvazione.

10.4 Tipologia e Classificazione dei Conglomerati Cementizi

10.4.1 Tipologia

Le principali tipologie di calcestruzzo impiegato per i lavori oggetto delle presenti Specifiche Tecniche saranno le seguenti:

- magrone a basso modulo per sottofondi;
- calcestruzzo Rck 20 MPa per i rinfianchi dei paramenti di monte e valle della diga, e per il nuovo coronamento;
- calcestruzzo Rck 25 per il rivestimento delle gallerie;
- calcestruzzo Rck 30 MPa per lo scarico di fondo (getto di seconda fase);
- calcestruzzo Rck 35 MPa per lo sfioratore, nuova opera di presa, strutture esterne dello scarico di fondo ed eventuali opere accessorie.

10.4.2 Classificazione dei Conglomerati Cementizi

I calcestruzzi sono classificati in base al contenuto di cemento, acqua, aggregato grosso e fine e additivi. Il proporzionamento dei vari componenti dovrà essere definito in modo da ottenere i requisiti voluti sia nell'impasto fresco (consistenza, omogeneità, lavorabilità, aria inglobata, ecc.) che nell'impasto indurito (resistenza, permeabilità, modulo elastico, ritiro, viscosità, durabilità, ecc.).



10.5 Acciaio per c.a.

10.5.1 Generalità

Gli acciai per armature di c.a. debbono corrispondere ai tipi ed alle caratteristiche stabilite dalle norme tecniche emanate in applicazione dell'art. 21 della legge 5/11/1971 n° 1086 (D.M. in vigore) e debbono essere certificati dalla ferriera.

Le modalità di prelievo dei campioni da sottoporre a prova sono quelle previste dal citato D.M. in vigore e come in seguito specificato. L'unità di collaudo per acciai in barre ad aderenza migliorata è costituita dalla partita del peso max di 5 t; ogni partita minore di 5 t deve essere considerata unità di collaudo indipendente.

10.5.2 Acciaio in Barre ad Aderenza Migliorata FeB 44k

Ogni partita di acciaio in barre ad aderenza migliorata (FeB 44k) sarà sottoposta a controllo in cantiere, prelevando almeno 3 spezzoni con la frequenza stabilita dal Direttore dei Lavori.

I campioni saranno prelevati in contraddittorio ed inviati, a cura ed a spese dell'Impresa, sotto il controllo del Direttore dei Lavori, ad un laboratorio ufficiale. Di tale operazione dovrà essere redatto apposito verbale controfirmato dalle parti.

Il Direttore dei Lavori darà benestare per la posa in opera delle partite sottoposte all'ulteriore controllo in cantiere soltanto dopo che avrà ricevuto il relativo certificato di prova e ne avrà constatato la rispondenza alla normativa.

Nel caso di esito negativo si procederà come indicato nel D.M. in vigore. Se anche dalla ripetizione delle prove risulteranno non rispettati i limiti richiesti, il Direttore dei Lavori dichiarerà la partita non idonea e l'Impresa dovrà provvedere a sua cura e spese ad allontanarla dal cantiere.

10.5.3 Reti in Barre di Acciaio Elettrosaldate

Le reti saranno in barre del tipo FeB 44k, di diametro compreso tra 4 e 6 mm, con maglia di lato non superiore a 35 cm. Dovrà essere verificata la resistenza al distacco offerta dalla saldatura del nodo, come indicato nel DM in vigore.

Per il controllo delle tensioni caratteristiche di snervamento e rottura, si richiamano le norme di cui al punto precedente.

10.6 Casseforme, Armature di Sostegno, Centinature e Attrezzature di Costruzione

10.6.1 Generalità

Ove indicato, i getti dovranno essere confinati entro casseri in grado di sopportare le spinte del calcestruzzo fresco e gli effetti della vibrazione. I giunti tra casseri dovranno essere tali da impedire la fuoriuscita di malta.



L'Impresa porterà alla preventiva conoscenza del Direttore dei Lavori il sistema e le modalità esecutive che intende adottare per l'armatura dei getti, ferma restando la esclusiva responsabilità dell'Impresa stessa per quanto riguarda la progettazione e la posa in opera delle cassetture, nonché la loro rispondenza a tutte le norme di legge ed ai criteri di sicurezza di competenza.

Il sistema di armatura prescelto dovrà comunque essere adatto a consentire la realizzazione della struttura in conformità alle disposizioni contenute nel Progetto.

Nella progettazione e nella esecuzione delle armature di sostegno, delle centinature e delle attrezzature di costruzione, l'Impresa è tenuta a rispettare le norme, le prescrizioni ed i vincoli che eventualmente venissero imposti da Enti, Uffici e persone responsabili riguardo alla zona interessata, come ad esempio necessità di transito o per l'ingombro degli alvei dei corsi d'acqua.

Tutte le attrezzature dovranno essere dotate degli opportuni accorgimenti affinché in ogni punto della struttura la rimozione dei sostegni, in fase di disarmo, sia regolare, uniforme e sicura per il personale.

10.6.2 Superfici Piane o Curve Regolari

I casseri per le superfici regolari, piane o curve, saranno costituiti da pannelli piani o curvi, in legno o metallici, in modo da garantire il livello di finitura previsto.

10.6.3 Superfici non Regolari

I casseri per le superfici irregolari o discontinue, come quelle di transizione, dovranno essere costituiti dalla combinazione di elementi in legno, vetroresina o metallici sufficientemente piccoli, da consentire la creazione delle curvature previste nel Progetto.

Particolare attenzione dovrà essere posta nella realizzazione dei profili idraulici di sfioro (sfioratore e canale fuggatore) e di imboccatura (scarico di fondo e prese) che dovranno avere scostamenti massimi dalla linea del profilo teorico di progetto conformi agli standard di superficie F3 di cui al Cap. 10.7.2.

I getti delle superfici idrauliche dovranno avvenire in un'unica soluzione, in nessun caso è consentita la ripresa del getto.

10.7 Livelli di Finitura delle Superfici dei Getti

10.7.1 Generalità

Le superfici in calcestruzzo dovranno essere lisce, di colore uniforme e prive di irregolarità, sporgenze, incrostazioni, cavità e nidi d'ape.

Con l'eccezione di finiture speciali, il livello di finitura è identificato con i simboli F1, F2 e F3, per le superfici cassetrate, e U1, U2 e U3, per quelle non cassetrate.



La lunghezza della dima per il controllo delle irregolarità è 1.5 m.

I differenti gradi di finitura, riferiti alla dima di controllo, dovranno rispettare gli scostamenti, in più o in meno, indicati nel successivo Capp. 10.7.2 e 10.7.3.

Nel caso in cui le irregolarità eccedano i limiti prefissati, si procederà alla riduzione delle stesse, seguendo le disposizioni della Direzione Lavori.

10.7.2 Superfici Casserate

Si considerano i seguenti tipi di finitura:

- F1: riferito a superfici che rimarranno nascoste alla vista e in cui le irregolarità superficiali non comportano effetti dannosi. Le irregolarità saranno comunque graduali e non dovranno eccedere 20 mm o scoprire le eventuali armature;
- F2: riferito a superfici in vista ma senza particolari esigenze estetiche e in cui le irregolarità superficiali non comportano effetti dannosi. Le massime irregolarità non potranno superare 5 mm (se concentrate) e 8 mm (se graduali);
- F3: riferito a superfici faccia a vista o superfici idrauliche. Le massime irregolarità non potranno superare 3 mm (se concentrate) e 6 mm (se graduali).

10.7.3 Superfici non Casserate

Si considerano i seguenti tipi di finitura:

- U1: riferito a superfici che rimarranno nascoste alla vista o che costituiranno la base per le finiture U2 o U3. Le irregolarità saranno graduali e di dimensioni tali da non influire sulla funzionalità dell'opera o scoprire le eventuali armature;
- U2: riferito a superfici in vista ma senza particolari esigenze estetiche e in cui le irregolarità superficiali non comportano effetti dannosi. Le massime irregolarità dovranno essere graduali, con scostamento dalla superficie media inferiore a 8 mm. Questo tipo di finitura si ottiene con frattazzo su calcestruzzo non ancora indurito;
- U3: riferito che richiedono una cura particolare come le superfici idrauliche. Le massime irregolarità dovranno essere graduali, con scostamento dalla superficie media non superiore a 3 mm. Le superfici vanno tirate a frattazzo, una volta che il getto è indurito a sufficienza per evitare il richiamo di particelle fini verso l'utensile.

10.8 Confezionamento dei Conglomerati Cementizi

La confezione dei conglomerati cementizi dovrà essere eseguita con impianti preventivamente sottoposti all'esame del Direttore dei Lavori. Gli impianti di betonaggio saranno del tipo automatico o semiautomatico, con dosatura a peso degli aggregati, dell'acqua, degli additivi e del cemento. La precisione delle apparecchiature per il dosaggio ed i valori minimi saranno quelli del



prospetto della Norma UNI 9858. E' richiesto il controllo del contenuto di umidità degli aggregati.

La dosatura effettiva degli aggregati dovrà essere realizzata con precisione del 3%, quella del cemento con precisione del 2%. Le bilance dovranno essere revisionate almeno una volta ogni due mesi e tarate all'inizio del lavoro e successivamente ad ogni revisione o comunque quando richiesto dal Direttore dei Lavori.

Per l'acqua e gli additivi è ammessa anche la dosatura a volume. La dosatura effettiva dell'acqua dovrà essere realizzata con precisione del 2% mentre per gli additivi si richiede una precisione del 1%. I relativi dispositivi dovranno essere revisionati almeno una volta ogni due mesi e tarati all'inizio del lavoro e successivamente ad ogni revisione o comunque quando richiesto dal Direttore dei Lavori.

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

I dispositivi di misura del cemento, dell'acqua e degli additivi dovranno essere del tipo individuale. Le bilance per la pesatura degli aggregati possono essere di tipo cumulativo (peso delle varie pezzature con successione addizionale). I silos del cemento debbono garantire la perfetta tenuta nei riguardi dell'umidità atmosferica.

Gli impianti dovranno avere capacità tale da contenere tutti gli ingredienti della pesata. Il tempo e la velocità di mescolamento dovranno essere tali da produrre un conglomerato rispondente ai requisiti di omogeneità.

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

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

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



La produzione ed il getto del conglomerato cementizio non potranno essere iniziati nel caso che la temperatura ambientale sia inferiore a 0° C, salvo diverse disposizioni che il Direttore dei Lavori potrà dare volta per volta, prescrivendo in tal caso le norme e gli accorgimenti cautelativi da adottare.

10.9 Trasporto

Il trasporto dei conglomerati cementizi dall'impianto di betonaggio al luogo di impiego dovrà essere effettuato con mezzi idonei al fine di evitare la possibilità di segregazione dei singoli componenti e comunque tali da evitare ogni possibilità di deterioramento del conglomerato cementizio medesimo. L'omogeneità dell'impasto sarà controllata all'atto dello scarico.

Saranno accettate, in funzione della durata e della distanza di trasporto, le autobetoniere e le benne a scarico di fondo.

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

Non saranno ammessi autocarri a cassone o scivoli.

10.10 Tecnologia Esecutiva dei Getti

10.10.1 Pulizia delle superfici

Le superfici in muratura e le pareti in roccia sulle quali verranno gettate in aderenza le nuove strutture in calcestruzzo dovranno essere adeguatamente pulite e lavate. L'Impresa provvederà alla rimozione di ogni impurità, detriti, schegge, terra o quant'altro possa in qualche modo compromettere la buona riuscita del getto e la sua perfetta aderenza alle superfici di contatto.

La superficie dovrà essere lavata con acqua impiegando lance ad alta pressione.

Qualora la superficie di contatto si presenti liscia, come nel caso dei getti delle lesene in aderenza al paramento di monte, dovrà essere eseguita preventivamente una bocciardatura con utensili a percussione.

10.10.2 Predisposizione dei Casseri

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 di opportuni ponteggi ed impalcature, previa presentazione ed approvazione dei progetti da parte del Direttore dei Lavori.

Per quanto riguarda le casseforme, viene prescritto l'uso di casseforme metalliche o di materiali fibrocompressi o compensati; in ogni caso esse dovranno avere dimensioni e spessori sufficienti



ed essere opportunamente irrigidite o controventate per assicurare l'ottima riuscita delle superfici dei getti e delle strutture e la loro perfetta rispondenza al Progetto.

Per i getti di superficie in vista, dovranno essere impiegate casseforme speciali atte a garantire rifiniture perfettamente piane, lisce e prive di qualsiasi irregolarità.

Il Direttore dei Lavori si riserva, a suo insindacabile giudizio, di autorizzare l'uso di casseforme in legno; esse dovranno però essere eseguite con tavole a bordi paralleli e ben accostate in modo che non abbiano a presentarsi, dopo il disarmo, sbavature o disuguaglianze sulle facce in vista del getto.

In ogni caso, l'Impresa avrà cura di trattare le casseforme, prima del getto, con idonei prodotti disarmanti.

10.10.3 Getti

I getti dei rinfianchi di monte e di valle sarà effettuata per conci di larghezza mediamente 10 m. Poiché l'esecuzione dei getti avverrà contestualmente alla demolizione, in sequenza alternata, concio per concio, le modalità esecutive sono quelle già descritte nel Cap. 9.4.

Si procederà cioè alla demolizione parziale dei paramenti per porzioni successive di circa 3 m di altezza. In tal modo, il getto della porzione sottostante costituirà la piattaforma di lavoro dell'escavatore con martellone. Il lavoro si svolgerà separatamente su conci in modo che, mentre si darà corso al getto di alcuni conci, si procederà contemporaneamente alla demolizione del paramento su quelli contigui. Ovviamente, i conci in fase di getto saranno altimetricamente sfalsati rispetto a quelli in fase di demolizione. Tale successione operativa dovrebbe consentire una ottimale distribuzione delle risorse in quanto rende possibile l'operatività contemporanea dei mezzi di demolizione e di quelli di getto.

Poiché i fenomeni di ritiro del massiccio getto di calcestruzzo sul paramenti di monte e valle possono indurre elevate sollecitazioni sulla struttura esistente, dovranno essere presi opportuni accorgimenti sia in fase di confezionamento delle miscele che in fase di posa in opera dei conglomerati.

A tal fine, il Progetto prevede l'esecuzione alternata dei conci di monte e di valle, secondo una successione temporale dettagliatamente descritta nel Vol. 4. Tale schema ha comunque valore indicativo, in quanto dovrà essere verificato ed eventualmente rettificato prima dell'inizio dei getti in funzione delle caratteristiche ambientali, dei risultati delle prove preliminari sui calcestruzzi e di altri fattori che possono influenzare le caratteristiche dei getti. L'Impresa è tenuta a presentare preliminarmente per approvazione al Direttore dei Lavori lo schema definitivo di esecuzione dei getti su entrambi i paramenti (si veda anche il Cap. 10.2).



In tale ambito, potrà inoltre rendersi necessario il preventivo raffreddamento degli inerti, nonché l'impiego di additivi antiritiro nella confezione dei calcestruzzi. Le tecnologie e i materiali necessari al corretto sviluppo dei processi di maturazione dei calcestruzzi dovranno essere studiati dall'Impresa, condivisi con il Progettista, e approvati dal Direttore dei Lavori.

Il conglomerato cementizio sarà posto in opera e assestato con ogni cura in modo che le superfici esterne si presentino lisce e compatte, omogenee e perfettamente regolari ed esenti anche da macchie o chiazze.

La posa in opera sarà eseguita con ogni cura e a regola d'arte, dopo aver preparato accuratamente e rettificato i piani di posa, le casseforme, i cavi da riempire e dopo aver posizionato le armature metalliche. I getti dovranno essere iniziati solo dopo la verifica degli scavi, delle casseforme e delle armature metalliche da parte del Direttore dei Lavori.

Nel caso di getti contro terra, roccia, ecc., si deve controllare che la pulizia del sottofondo, il posizionamento di eventuali drenaggi, la stesa di materiale isolante o di collegamento, siano eseguiti in conformità alle indicazioni del Progetto e alle disposizioni delle presenti Specifiche Tecniche.

I getti dovranno risultare perfettamente conformi ai particolari costruttivi di progetto e alle prescrizioni del Direttore dei Lavori. Si avrà cura che in nessun caso si verifichino cedimenti dei piani di appoggio e delle pareti di contenimento.

Lo scarico del conglomerato dal mezzo di trasporto dovrà avvenire con tutti gli accorgimenti atti ad evitare la segregazione. A questo scopo, il conglomerato dovrà scendere verticalmente all'interno della cassaforma e sarà steso in strati orizzontali di spessore limitato e comunque non superiore a 50 cm misurati dopo la vibrazione.

È vietato scaricare il conglomerato in un unico cumulo e distenderlo con l'impiego del vibratore; è altresì vietato lasciar cadere dall'alto il conglomerato cementizio per un'altezza superiore ad un metro: se necessario, si farà uso di tubi getto o si ricorrerà all'ausilio di pompe.

Quando il conglomerato cementizio deve essere gettato in presenza d'acqua, si dovranno adottare gli accorgimenti approvati dal Direttore dei Lavori, necessari per impedire che l'acqua dilavi l'impasto e ne pregiudichi il processo di maturazione.

10.10.4 Vibrazione

Ciascuna singola stesa di calcestruzzo dovrà essere accuratamente vibrata prima di passare alla stesa successiva.



Per il costipamento, dovranno essere utilizzati vibratori a immersione, del tipo ad alta frequenza con alimentazione elettrica o ad aria compressa. Le caratteristiche dei vibratori dovranno essere proporzionate alle caratteristiche (spessori, granulometria, ecc.) dei getti previsti. Gli apparecchi, i tempi e le modalità per la vibrazione saranno preventivamente approvati dal Direttore dei Lavori.

Ove esistano difficoltà di accesso per la vibrazione normale, è ammesso l'impiego di casseri vibranti, purché approvati dal Direttore dei Lavori.

Le sonde vibranti dovranno essere immerse nei getti in direzione verticale, per una profondità tale da trattare l'intero spessore del nuovo getto ed eventualmente una piccola porzione del getto sottostante. Deve essere evitata una vibrazione eccessiva, che richiama acqua verso la superficie.

Le sonde vibranti non devono venire in contatto con superfici finite o con le superfici dei casseri. È vietato vibrare superfici di getto in cui il calcestruzzo abbia già iniziato la presa.

10.10.5 Riprese di Getto

Le successive riprese di getto non dovranno presentare distacchi o discontinuità o differenze di aspetto e ogni ripresa potrà iniziare solo dopo che la superficie del getto precedente sia stata accuratamente pulita, lavata ed eventualmente corrugata e trattata con prodotti adesivi e coperta con 20 mm di betoncino a malta cementizia.

Il Direttore dei Lavori avrà la facoltà di prescrivere, ove e quando lo ritenga necessario, che i getti vengano eseguiti senza soluzione di continuità così da evitare ogni ripresa di getto, anche se ciò richiede turni lavorativi estesi anche alle giornate festive.

In alternativa, il Direttore dei Lavori potrà prescrivere l'adozione di riprese di getto di tipo monolitico, realizzate mediante spruzzatura di additivo ritardante sulla superficie del conglomerato cementizio fresco. Dopo che la massa del conglomerato sarà indurita, si provvederà all'eliminazione della frazione fina (malta) superficiale non ancora rappresa, mediante getto d'acqua, ottenendo una superficie di ripresa scabra, sulla quale si potrà disporre, all'atto della ripresa di getto, una malta priva di ritiro immediatamente prima del successivo getto di conglomerato cementizio.

10.11 Giunti

10.11.1 Giunti Impermeabili

L'Impresa dovrà porre particolare cura nella realizzazione dei giunti di dilatazione o contrazione di tipo impermeabile (waterstop).

I waterstops dovranno essere posizionati con cura, simmetricamente rispetto all'asse del giunto, e sostenuti opportunamente durante il getto di calcestruzzo, in modo che non ne venga ridotto



l'immorsamento. Il getto del calcestruzzo sarà particolarmente accurato e ben vibrato in adiacenza ad essi.

I waterstops dovranno essere protetti dal danneggiamento meccanico e da ogni possibile perforazione durante tutte le fasi che precedono il getto.

10.11.2 Giunti di Costruzione

I giunti di costruzione per i getti dei nuovi paramenti di monte e valle in aderenza al corpo diga, nonché della porzione relativa al coronamento, verranno realizzati a contatto. La superficie di contatto verrà preventivamente trattata con un idoneo materiale di separazione.

I materiali di separazione dovranno essere approvvigionati e posti in opera dall'Impresa, previa esecuzione di prove e successivamente all'approvazione del Direttore dei Lavori.

10.12 Posa delle Armature Metalliche

Nella posa in opera delle armature metalliche entro i casseri è prescritto tassativamente l'impiego di opportuni distanziatori prefabbricati in conglomerato cementizio o in materiale plastico. Lungo le pareti verticali si dovrà ottenere il necessario distanziamento esclusivamente mediante l'impiego di distanziatori ad anello; sul fondo dei casseri dovranno essere impiegati distanziatori del tipo approvato dal Direttore dei Lavori. L'uso dei distanziatori dovrà essere esteso anche alle strutture di fondazione armate.

Le gabbie di armatura potranno essere composte fuori opera. In ogni caso, in corrispondenza di tutti i nodi dovranno essere eseguite legature doppie incrociate in filo di ferro ricotto di diametro non inferiore a 0.6 mm, in modo da garantire la invariabilità della geometria della gabbia durante il getto (o la movimentazione).

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

10.13 Stagionatura e Disarmo

10.13.1 Prevenzione delle Fessure da Ritiro Plastico

A getto ultimato, dovrà essere curata la stagionatura dei conglomerati cementizi in modo da evitare un rapido prosciugamento delle superfici esposte all'aria e la conseguente formazione di fessure per ritiro plastico, usando tutte le cautele ed impiegando i mezzi più idonei allo scopo.

A questo fine, le superfici del conglomerato cementizio non protette dalle casseforme dovranno essere mantenute umide il più a lungo possibile sia per mezzo di prodotti antievaporanti da applicare a spruzzo subito dopo il getto, sia mediante continua bagnatura, sia con altri sistemi idonei. I prodotti antievaporanti ed il loro dosaggio, preventivamente approvati dal Direttore dei Lavori, avranno caratteristiche conformi alle prescrizioni della Norma UNI 8656: tipi 1 e 2.



La costanza della composizione dei prodotti antievaporanti dovrà essere verificata, a cura del Direttore dei Lavori al momento del loro approvvigionamento. In particolare sulle solette, che sono soggette all'essiccamento prematuro ed alla fessurazione per il ritiro plastico che ne deriva, è prescritta l'applicazione sistematica dei prodotti antievaporanti di cui sopra.

Per i getti di superfici orizzontali è ammesso in alternativa l'impiego, anche limitatamente ad uno strato superficiale di spessore non minore di 20 cm, di conglomerato cementizio rinforzato da fibre di resina sintetica di lunghezza da 20 a 35 mm, di diametro di alcuni millesimi di millimetro aggiunti nella betoniera e dispersi uniformemente nel conglomerato cementizio, in misura di $0.5 \div 1.5 \text{ kg/m}^3$.

Il sistema proposto dall'Impresa per la cura della stagionatura dei conglomerati cementizi dovrà essere preventivamente approvato dal Direttore dei Lavori.

10.13.2 Disarmo dei Getti

Durante il periodo della stagionatura, i getti dovranno essere protetti da possibili urti, vibrazioni e sollecitazioni di ogni genere.

La rimozione delle armature di sostegno dei getti dovrà essere effettuata quando siano state sicuramente raggiunte le prescritte resistenze.

I tempi di disarmo saranno definiti in base alle caratteristiche dei getti approvati dal Direttore dei Lavori. In assenza di specifici accertamenti, l'Impresa dovrà attenersi a quanto stabilito nelle norme tecniche emanate in applicazione dell'art. 21 della Legge 5/11/1971 n. 1086 (D.M. in vigore).

Dovranno essere impiegati prodotti disarmanti aventi i requisiti di cui alle specifiche della Norma UNI 8866; le modalità di applicazione dovranno essere quelle indicate dal produttore evitando accuratamente aggiunte eccessive e ristagni di prodotto sul fondo delle casseforme. Il Direttore dei Lavori eseguirà un controllo della quantità di disarmante impiegato in relazione allo sviluppo della superficie di casseforme trattate. Dovrà essere controllato inoltre che il disarmante impiegato non macchi o danneggi la superficie del conglomerato. A tale scopo saranno usati prodotti efficaci per la loro azione specifica escludendo i lubrificanti di varia natura.

Dal giornale lavori del cantiere dovrà risultare la data di inizio e di fine dei getti e del disarmo. Se il getto dovesse essere effettuato durante la stagione invernale, l'Impresa dovrà tenere registrati giornalmente i minimi di temperatura desunti da un apposito termometro esposto nel cantiere di lavoro.



10.13.3 *Correzione delle Irregolarità Superficiali*

Eventuali irregolarità o sbavature dovranno essere asportate mediante bocciardatura e i punti incidentalmente difettosi (vespai) dovranno essere ripresi accuratamente con malta cementizia a ritiro compensato immediatamente dopo il disarmo; ciò qualora tali difetti o irregolarità siano contenuti nei limiti che il Direttore dei Lavori, a suo insindacabile giudizio, ritenga tollerabili, fermo restando in ogni caso che le suddette operazioni ricadranno esclusivamente e totalmente a carico dell'Impresa.

Quando le irregolarità siano mediamente superiori a 10 mm, il Direttore dei Lavori ne imporrà la regolarizzazione a totale cura e spese dell'Impresa mediante uno strato di materiali idonei che, a seconda dei casi potrà essere costituito da:

- malte o betoncini reoplastici a base cementizia a ritiro compensato;
- conglomerato bituminoso del tipo usura fine, per spessori non inferiori a 15 mm.

In caso di irregolarità eccessive il Direttore dei Lavori ha la facoltà di ordinare la demolizione dell'intero getto.

Eventuali ferri (filo, chiodi, reggette) utilizzati per collegare i casseri od altro, che dovessero sporgere da getti finiti, dovranno essere tagliati almeno 0.5 cm sotto la superficie finita e gli incavi risultanti dovranno essere accuratamente sigillati con malta fine di cemento espansivo.

È prescritto che, dovunque sia possibile, gli elementi dei casseri vengano fissati nella esatta posizione prevista utilizzando fili metallici liberi di scorrere entro tubetti di materiale PVC o simile, di colore grigio, destinati a rimanere incorporati nel getto di conglomerato cementizio, armato o non armato.

10.13.4 *Protezione dopo il Disarmo delle Cassature*

Si richiama integralmente il punto 10.6 della Norma UNI 9858/91 al fine di evitare un prematuro essiccamento dei manufatti dopo la rimozione delle casseforme, a seguito del quale l'indurimento si riduce e il materiale risulta più poroso e permeabile.

La durata della stagionatura, intesa come giorni complessivi di permanenza nei casseri e di protezione dopo la rimozione degli stessi, va determinata in base alle indicazioni contenute nei prospetti XII e XIII, della Norma UNI 9858.

10.14 Predisposizione di Fori, Tracce, Cavità, Ammortature, Oneri Vari

L'Impresa avrà a suo carico il preciso obbligo di predisporre in corso di esecuzione quanto è previsto nei disegni costruttivi o sarà successivamente prescritto di volta in volta in tempo utile dal Direttore dei Lavori, circa fori, tracce, cavità, incassature ecc. nelle solette, nervature, pilastri, murature, ecc., per la posa in opera di apparecchi accessori quali giunti, appoggi, pluviali, passi



d'uomo, passerelle di ispezione, sedi di tubi e di cavi, opere di interdizione, sicurvia, parapetti, mensole, segnalazioni, parti di impianti, ecc..

Tutte le conseguenze per la mancata esecuzione delle predisposizioni così prescritte dal Direttore dei Lavori, saranno a totale carico dell'Impresa, sia per quanto riguarda le rotture, i rifacimenti, le demolizioni di opere di spettanza dell'Impresa stessa, sia per quanto riguarda le eventuali opere di adattamento di infissi o impianti, i ritardi, le forniture aggiuntive di materiali e la maggiore mano d'opera occorrente da parte dei fornitori.

10.15 Finitura delle Superfici Orizzontali (Solette)

Per la finitura superficiale delle solette è prescritto l'uso di stagge vibranti o attrezzature equivalenti; la regolarità dei getti dovrà essere verificata con un'asta rettilinea della lunghezza di 1.5 m, che in ogni punto dovrà aderirvi uniformemente nelle due direzioni, longitudinale e trasversale.

10.16 Controlli di Qualità

10.16.1 Prove sui Materiali e sul Conglomerato Cementizio Fresco

Fermo restando quanto stabilito dalle norme vigenti riguardo le caratteristiche dei conglomerati cementizi, il Direttore dei Lavori si riserva la facoltà di prelevare, in ogni momento e quando lo ritenga opportuno, ulteriori campioni di materiali o di conglomerato cementizio da sottoporre ad esami o prove di laboratorio.

In particolare, in corso di lavorazione sarà controllata la consistenza, l'omogeneità, il contenuto d'aria, il rapporto acqua/cemento e l'acqua essudata (bleeding).

La prova di consistenza si eseguirà misurando l'abbassamento al cono di Abrams (slump), come disposto dalla Norma UNI 9418/89. Tale prova sarà considerata significativa per abbassamenti compresi tra 2 e 20 cm. Per abbassamenti inferiori a 2 cm si dovrà eseguire la prova con la tavola a scosse secondo la Norma UNI 8020/89 o con l'apparecchio VEBE secondo la Norma UNI 9419/89.

La prova di omogeneità verrà eseguita vagliando ad umido due campioni di conglomerato, prelevati a 1/5 e 4/5 dello scarico della betoniera, attraverso il vaglio a maglia quadra da 4 mm. La percentuale in peso di materiale grosso nei due campioni non dovrà differire più del 10%. Inoltre, lo slump dei due campioni prima della vagliatura non dovrà differire più di 3 cm.

La prova del contenuto d'aria è richiesta ogni qualvolta si impieghi un additivo aerante e comunque dovrà essere effettuata almeno una volta per ogni giorno di getto. Essa verrà eseguita secondo la Norma UNI 6395/72.



Il rapporto acqua/cemento del conglomerato cementizio fresco dovrà essere controllato in cantiere, secondo la Norma UNI 6393/88, almeno una volta per ogni giorno di getto.

In fase di indurimento, potrà essere prescritto il controllo della resistenza a diverse epoche di maturazione, su campioni appositamente confezionati.

Sul conglomerato cementizio indurito, il Direttore dei Lavori potrà disporre la effettuazione di prove e controlli mediante prelievo di carote e/o altri sistemi anche non distruttivi quali ultrasuoni, misure di resistività, misure di pull out con tasselli Fischer, misure sclerometriche, contenuto d'aria da aerante, ecc..

10.16.2 Resistenza dei Conglomerati

Per ciascuna determinazione in corso d'opera delle resistenze caratteristiche a compressione dei conglomerati cementizi, dovranno essere eseguite due serie di prelievi da effettuarsi in conformità alle norme tecniche emanate in applicazione dell'art. 21 della Legge 1086 del 5/11/1971 (D.M. in vigore).

I prelievi, eseguiti in contraddittorio con l'Impresa, verranno effettuati separatamente ogni 200 m³ di calcestruzzo, con un minimo di 2 prelievi per ogni opera e per classe di calcestruzzo. I provini, contraddistinti con il numero progressivo del verbale di prelievo, verranno custoditi a cura e spese dell'Impresa in locali ritenuti idonei dal Direttore dei Lavori, previa apposizione di sigilli e firma del Direttore dei Lavori stesso e dell'Impresa, nei modi più adatti a garantire la autenticità e la corretta stagionatura (UNI 6127). Di tali operazioni, eseguite a cura e spese dell'Impresa e sotto il controllo del Direttore dei Lavori, secondo le Norme UNI vigenti, verranno redatti appositi verbali numerati progressivamente e controfirmati dalle parti.

Con i provini della prima serie di prelievi, verranno effettuate presso i laboratori indicati dal Direttore dei Lavori, alla presenza dell'Impresa, le prove atte a determinare le resistenze caratteristiche alle differenti epoche di stagionatura secondo le disposizioni che al riguardo saranno impartite dal Direttore dei Lavori.

I risultati delle prove di rottura, effettuate sui provini della prima serie di prelievi, saranno presi a base per la contabilizzazione provvisoria dei lavori a condizione che il valore della resistenza caratteristica cubica a compressione a ventotto giorni di maturazione (Rck), accertato per ciascun tipo e classe di calcestruzzo, non risulti inferiore a quello della classe indicata negli elaborati progettuali.

Nel caso che, la resistenza caratteristica (Rck) ricavata dalle prove della prima serie di prelievi, risultasse essere inferiore a quella prevista, il Direttore dei Lavori, nell'attesa dei risultati ufficiali, potrà a suo insindacabile giudizio ordinare la sospensione dei getti dell'opera interessata senza che l'Impresa possa accampare per questo alcun diritto o compenso.



I provini della seconda serie di prelievi dovranno essere sottoposti a prove presso laboratori ufficiali. Per i calcestruzzi non armati o debolmente armati (fino ad un massimo di 30 kg/m³ di acciaio), si sottoporrà a prova soltanto il 10% dei prelievi, a condizione che i corrispondenti provini della prima serie abbiano ottenuto risultati non inferiore a quelli previsti.

Se dalle prove eseguite presso laboratori ufficiali sui provini della seconda serie di prelievi risultasse un valore della resistenza (Rck), non inferiore a quella prevista, tale risultanza verrà presa a base della contabilizzazione definitiva dei lavori. Se, invece, risultasse un valore (Rck) inferiore di non più del 10% rispetto a quello della classe indicata negli elaborati progettuali, il Direttore dei Lavori, d'intesa con il Progettista, effettuerà una determinazione sperimentale della resistenza meccanica del conglomerato cementizio in opera e, successivamente, una verifica della sicurezza. Nel caso che tale verifica dia esito positivo, il conglomerato cementizio verrà accettato ma potrà subire una declassazione. Qualora poi, la resistenza caratteristica risultasse minore di quella richiesta di più del 10%, l'Impresa sarà tenuta, a sua totale cura e spese, alla demolizione e rifacimento dell'opera oppure all'adozione di quei provvedimenti che, proposti dalla stessa, per diventare operativi dovranno essere formalmente approvati dal Progettista.

Nessun indennizzo o compenso sarà dovuto all'Impresa se la resistenza (Rck) risulterà maggiore a quella indicata negli elaborati progettuali.

10.16.3 Durabilità dei Conglomerati Cementizi

Il degrado va prevenuto applicando nelle fasi di progettazione e di esecuzione le Norme UNI 8981/87 e 9858/91.

In presenza di concentrazioni sensibili di solfati e di anidride carbonica aggressiva nelle acque e nei terreni a contatto dei manufatti, dovranno essere osservate le istruzioni di cui alle Norme UNI 8981/87 parte 2a e parte 3a, impiegando i tipi di cemento corrispondenti alle classi di resistenza chimica moderata, alta ed altissima, secondo le prescrizioni delle Norme UNI 9156/87 e 9606/90. Inoltre, per i conglomerati dei tipi II e III, il rapporto acqua/cemento dovrà essere inferiore di 0.05 rispetto a quelli della Tabella 15 C delle stesse Norme.

In alternativa ad una prova globale di durabilità, il Direttore dei Lavori, d'intesa con il Progettista, farà eseguire, sempre in fase di qualifica, prove di resistenza ai cicli di gelo/disgelo, di permeabilità, di assorbimento d'acqua, di sfogliamento in presenza di cloruro, di resistenza all'azione di soluzioni aggressive.

La prova di resistenza al gelo verrà svolta sottoponendo i campioni a 300 cicli di gelo e disgelo, secondo UNI 7087; la conseguente variazione delle proprietà caratteristiche dovrà essere contenuta entro i limiti sotto riportati:



riduzione del modulo di elasticità	20%
perdita di massa	2%
espansione lineare	0.2%
coefficiente di permeabilità (prima dei cicli)	10^{-9} cm/s
(dopo i cicli)	10^{-8} cm/s

La prova di permeabilità verrà eseguita misurando il percolamento d'acqua attraverso provini sottoposti a pressione d'acqua su una faccia.

La prova di assorbimento d'acqua alla pressione atmosferica verrà eseguita secondo il procedimento UNI 7699. La prova di sfogliatura verrà eseguita secondo la relativa Norma UNI in preparazione.

La prova di penetrabilità dello ione cloruro o solfato verrà eseguita secondo la UNI 7928 o 8019, rispettivamente.

Frequenze diverse potranno essere prescritte dal Direttore dei Lavori, in funzione della qualità degli aggregati, della loro provenienza e del livello di controllo della loro provenienza. Comunque dovranno essere eseguite prove: prima dell'autorizzazione all'impiego e per ogni cambiamento di cava o materiali nel corpo di cava.

10.17 Parapetti sul Coronamento

I parapetti sul coronamento della diga, sia sul ciglio di valle che di monte, saranno realizzati secondo il Progetto, tramite montanti in profilati di acciaio brunito e correnti in tubi inox 8/10.

10.18 Misure e Pagamenti

10.18.1 Ponteggi

L'installazione di ponteggi tubolari sui quali posizionare attrezzature adibite alla realizzazione di strutture murarie in zone di accesso difficoltoso, è valutata in rapporto alla superficie dei ponteggi proiettata su piani verticali.

Il prezzo, riferito al m², compensa la progettazione e stesura del PiMUS, la fornitura o il noleggio degli elementi tubolari e dei piani di lavoro, la manodopera, i mezzi di sollevamento e i materiali di consumo necessari per l'installazione dei ponteggi, e comprende lo smontaggio, il recupero e l'allontanamento dei materiali.

10.18.2 Calcestruzzi

I calcestruzzi posti in opera per la ristrutturazione dei paramenti e del coronamento della diga, vengono valutati con misurazioni geometriche, l'unità di misura è il metro cubo.



Il prezzo è riferito al metro cubo ed include tutti gli oneri per:

- manodopera;
- esercizio e/o noleggio di macchinari;
- esercizio ed ammortamento di impianti;
- materiali (immagazzinamento e conservazione, trasporti, deperimento scorte, prove di laboratorio, ecc. ed ogni altro onere connesso all'esecuzione dei lavori).

Il prezzo si distingue, a seconda delle modalità operative, in getti all'aperto e in sotterraneo.

10.18.2.1 Getti all'Aperto

Il prezzo comprende il conglomerato cementizio per la ristrutturazione dei paramenti e del coronamento della diga, confezionato secondo le prescrizioni progettuali, posto in opera, a qualsiasi altezza, per mezzo di idonei sistemi di sollevamento o di pompe meccaniche, e compattato con idonei vibratori ad immersione, inclusi i magisteri richiesti dalla sovrapposizione degli strati e le prove di laboratorio. Solo escluse le casserature e gli eventuali ferri di armatura e di ancoraggio. Il prezzo è distinto per classe di resistenza:

- magrone a basso modulo;
- calcestruzzo Rck 20;
- calcestruzzo Rck 30;
- calcestruzzo Rck 35.

10.18.2.2 Getti in Sotterraneo

Il prezzo comprende il conglomerato cementizio per opere in sotterraneo (getti all'interno dei cunicoli nel corpo e nelle spalle della diga), confezionato secondo le prescrizioni progettuali, posto in opera e compattato con idonei vibratori ad immersione e le prove di laboratorio. Solo escluse le casserature e gli eventuali ferri di armatura.

Il prezzo è riferito alla classe di resistenza calcestruzzo Rck 25.

10.18.3 Ferro di Armatura

I ferri di armatura verranno valutati in base alla lunghezza delle barre poste in opera ed al peso teorico per metro lineare corrispondente al diametro delle barre. La tolleranza ammissibile (scarto tra peso teorico e peso effettivo) è del 1%. L'unità di misura è il kilogrammo.

Il prezzo, che si applica ai quantitativi di acciaio misurati in kilogrammi, include tutti gli oneri per manodopera, esercizio e/o noleggio di macchinari ed attrezzature, sfridi di lavorazione, filo di ferro per legature, distanziatori, staffe e selle per il sostegno dell'armatura, materiali vari ed ogni altro onere connesso all'esecuzione dei lavori.



Il prezzo comprende l'acciaio per c.a., compresa la lavorazione (taglio, piegatura, giunzione), l'eventuale confezione di gabbie preassemblate, il trasporto, la posa in opera, le prove in laboratorio ed ogni altro magistero necessario per l'esecuzione dei lavori a perfetta regola d'arte. Il prezzo è così distinto :

- lavorazione e posa di acciai per opere in c.a. all'aperto
- lavorazione e posa di acciai per opere in c.a. in sotterraneo

10.18.4 Casserature

Le casserature verranno valutate con misurazioni geometriche. L'unità di misura è il metro quadrato.

Il prezzo, che si applica alle superfici espresse in metri quadrati, include tutti gli oneri per manodopera, esercizio e/o noleggio di strutture, attrezzature e mezzi di sollevamento, disarmanti, ancoraggi, materiali vari di consumo ed ogni altro onere connesso all'esecuzione dei lavori.

Il prezzo inoltre comprende le casserature piane o curve per opere in calcestruzzo, poste in opera a qualsiasi altezza, compreso l'assiemamento, la movimentazione, la pulizia e il disarmo dei casseri, l'impiego di sostanze disarmanti. Il prezzo è così distinto:

- casserature piane o curve per opere in calcestruzzo all'aperto
- casserature piane o curve per opere in calcestruzzo in sotterraneo
- casserature speciali per sfioratore, presa, scarico di fondo, ecc

10.18.5 Waterstops

I waterstop verranno valutati a misura in funzione della loro lunghezza espressa in metri.

Il prezzo include tutti gli oneri per manodopera, noleggio di attrezzature, materiali vari di consumo ed ogni altro onere connesso all'esecuzione dei lavori.

Il prezzo, che è riferito al metro lineare, comprende approvvigionamento e conservazione dei nastri, la posa in opera e la giunzione dei nastri, le prove in laboratorio sui materiali ed ogni altro magistero necessario per l'esecuzione dei lavori a perfetta regola d'arte.

10.18.6 Scogliere

La misurazione ed il prezzo sono riferiti al volume vuoto per pieno dell'opera.

Il prezzo comprende la scogliera in massi di pietrame, inclusa la fornitura, trasporto e posa in opera, compresa la regolarizzazione dei paramenti e tutti i magisteri e gli oneri per l'esecuzione dei lavori a perfetta regola d'arte.



10.18.7 Cunette

La misurazione ed il prezzo sono riferiti allo sviluppo delle canalette espresso in metri lineari.

Il prezzo comprende la formazione di cunetta per smaltimento acque nelle gallerie nel corpo e nelle spalle della diga, compresi tutti i magisteri e gli oneri per l'esecuzione dei lavori a perfetta regola d'arte.

10.18.8 Trattamento Superficie Coronamento

La misurazione ed il prezzo sono riferiti alla superficie espresso in metri quadrati.

Il prezzo comprende il trattamento del coronamento della diga con materiale indurente compresi tutti i magisteri e gli oneri per l'esecuzione dei lavori a perfetta regola d'arte.

10.18.9 Parapetti sul Coronamento

La misurazione ed il prezzo sono riferiti allo sviluppo dei parapetti espresso in metri lineari.

Il prezzo comprende la fornitura e posa parapetti sul coronamento, del tipo previsto dal Progetto, compresi tutti i magisteri e gli oneri per l'esecuzione dei lavori a perfetta regola d'arte.



11 STRADE DI ACCESSO AL CORONAMENTO E ALLO SCARICO DI FONDO

11.1 Oggetto

Le attività per l'adeguamento delle strade di accesso alla sommità del coronamento e allo scarico di fondo consistono in:

- decespugliamento e taglio piante
- scavi all'aperto in materiale sciolto e/o in roccia con gradonatura delle superfici di imposta
- stabilizzazione locali di pareti di scavo tramite l'impiego di ancoraggi passivi, gunite e rete elettrosaldata
- formazione di rilevati anche attraverso l'impiego di terre armate vegetate
- pavimentazione delle sedi viabili con misto cementato.

11.2 Muri Verdi in Terra Rinforzata

Le scarpate della strada di accesso al coronamento della diga in spalla destra saranno sorrette da muri in terra rinforzata, il cui paramento verso valle sarà realizzato con rete di ferri tondi sagomati e saldati.

Dietro alla rete sarà posato un geotessile tessuto con maglie di 3 x 3 mm circa a contenimento del terreno vegetale.

La struttura del muro sarà realizzata con un rilevato in materiale sabbioso, steso in strati e rullato, rinforzato, ogni 0,3 m circa, con un geotessile nontessuto, agugliato, a filo continuo in fibra Polipropilene, anisotropo di resistenza a trazione > 60 kN/m.

Il paramento sarà successivamente inerbito con idrosemina.

11.3 Misure e Pagamenti

11.3.1 Decespugliamento

Il prezzo è riferito al m² e compensa ogni onere esecutivo, compreso l'accatastamento del material di scavo da utilizzare per eventuali rivestimenti di superfici vegetate.

11.3.2 Scavi

Il prezzo comprende, separatamente per gli scavi in terreno sciolto e in roccia, lo scavo di materiale di qualsiasi natura e consistenza, a qualsiasi profondità, e inoltre la regolarizzazione dell'impronta dello scavo e l'aggottamento delle aree di lavoro.



Il prezzo altresì comprende il carico e il trasporto a discarica e/o rimpiego dei prodotti di scavo. Gli oneri di discarica si intendono a carico dell'Impresa.

11.3.3 Protezione delle Pareti di Scavo

I criteri di misurazione e i compensi sono gli stessi elencati nei Par. 8.7.2.1, 8.7.2.2, 8.7.2.3.

11.3.4 Muri in Terra Rinforzata

La misurazione dei muri sarà espressa in metri quadrati di superficie in proiezione verticale.

Il prezzo, riferito ai metri quadrati della superficie in proiezione verticale, comprende tutti gli oneri per la manodopera, i macchinari per la formazione dei rilevati e per l'inerbimento della scarpata, la fornitura dei materiali (tout venant, terreno vegetale, geotessili e rete metallica), le sovrapposizioni, gli sfridi e i materiali di consumo.

Il prezzo compensa la formazione del rilevato (fornitura, stesa, compattazione) in strati di altezza 0,30 m, la posa in opera dei geotessili di ancoraggio, la posa della rete e del geotessile di contenimento, la sistemazione del materiale vegetale e l'inerbimento delle scarpate con idrosemina.

11.3.5 Pavimentazione Stradale

Le quantità determinate con misurazione geometrica (m² o m³) sono compensate con prezzi riferiti al misto cementato.

11.3.6 Arredo Stradale

Le cunette laterali ed i guard rail, sono misurati in metri lineari ed i compensi comprendono ogni onere per la fornitura e la posa in opera.



12 FORNITURE ELETTROMECCANICHE

12.1 Generalità

La presente sezione descrive le prestazioni minime che devono essere garantite per la realizzazione delle apparecchiature elettriche, idrauliche e meccaniche funzionali all'esercizio dei seguenti impianti:

- scarico di fondo;
- opera di presa e derivazione;
- organi di sollevamento (argani e gru);
- impianti elettrici e di illuminazione.

Le apparecchiature elettromeccaniche saranno oggetto di un contratto (o più contratti) di fornitura in opera, rivolto a ditte specializzate di comprovata esperienza, a cura e carico dell'Impresa. Le attività oggetto della fornitura comprendono la progettazione, la costruzione, il pre-assemblaggio in officina, il trasporto, lo scarico, il montaggio in opera, la verniciatura, la messa in servizio, i collaudi e le prove in bianco di tutte le opere a progetto.

La fornitura dovrà essere adatta alle caratteristiche d'installazione e sarà completa di tutte le parti accessorie necessarie per la sicurezza e la perfetta efficienza del sistema. Si precisa che sarà compito dell'Impresa garantire la perfetta rispondenza delle forniture con il Progetto, provvedendo anche a rilevare quant'altro necessario per lo sviluppo della fornitura.

Le forniture dovranno essere approvate dal Progettista e dal Direttore dei Lavori, i quali avranno obbligo di verificarne la compatibilità con il Progetto, prima della conferma dell'ordine. A tal fine, saranno forniti dall'Impresa gli elaborati grafici, le specifiche costruttive e le procedure di installazione di ogni componente.

Ogni fornitore dovrà dare una descrizione dettagliata, corredata di certificato di qualità e controllo, delle caratteristiche geometriche, dei materiali impiegati, delle norme di riferimento, delle prestazioni relative alle particolari apparecchiature o impianto.

12.2 Progettazione

Le apparecchiature elettromeccaniche dovranno essere progettate e realizzate tenendo conto della necessità di facilitare le operazioni di esercizio, dando una rilevanza particolare alla sicurezza contro i rischi derivanti da manovre errate.



Tutte le apparecchiature a progetto dovranno risultare staticamente, e ove necessario, dinamicamente idonee ai carichi di esercizio, esteticamente gradevoli e correttamente inserite nella geometria delle opere civili e nell'ambiente in cui si trovano.

La progettazione dovrà contenere anche tutte le indicazioni necessarie alla corretta installazione in opera. Le indicazioni dovranno essere complete dell'elenco dei materiali di minuteria (tasselli, elettrodi, etc.), e delle metodologie di applicazione.

La progettazione dovrà comprendere come formato minimo:

- programma della fornitura, con indicazione delle singole lavorazioni e dei tempi di esecuzione;
- relazione di calcolo delle strutture;
- disegno di ogni singola opera di supporto, della carpenteria metallica completa in ogni sua parte, con identificativo della posizione nello schema planimetrico;
- profili longitudinali delle strutture con quotatura dei franchi di rispetto dalle opere civili;
- descrizione tecnica particolareggiata con indicazione del fornitore, documenti di legge e marchi di omologazione relativi alle strutture di sollevamento adottate per i montaggi.

Tutti i componenti dovranno essere realizzati in ottemperanza alle seguenti indicazioni:

- i bulloni, i perni, le viti e le parti in rotazione o sottoposte a vibrazioni non dovranno allentarsi dopo il loro serraggio e dovranno restare bloccate mediante appropriati dispositivi;
- ogni componente dovrà essere dotato di apposita targa che ne indichi le principali caratteristiche di progetto e che riporti la sigla di identificazione nell'ambito dell'impianto;
- i componenti dovranno essere realizzati in modo da facilitare le operazioni di montaggio, smontaggio, manutenzione e riparazione; lo smontaggio di un insieme non dovrà comportare interventi su altre parti non direttamente interessate;
- le parti soggette a usura nel corso del normale funzionamento dovranno essere amovibili e facilmente sostituibili;
- per facilitare le operazioni di montaggio e smontaggio, i componenti particolarmente ingombranti o pesanti dovranno essere dotati di golfari di sollevamento o collari di presa;
- nei disegni dovranno essere riportati tutti i dettagli dei particolari che dovranno essere inseriti nelle opere civili (piastre di ancoraggio, tiranti, ecc.);
- ogni componente, in linea generale, dovrà essere concepito in modo da garantire la sicurezza del personale e dei macchinari.



12.3 Materiali

I materiali costituenti le forniture dovranno essere conformi alle norme nazionali e internazionali vigenti e comunque tali da soddisfare alle prescrizioni minime descritte nelle presenti Specifiche Tecniche.

Tutte le parti di reciproco rotolamento o strisciamento anche accidentale e la bulloneria non protetta, dovranno essere in materiale inossidabile.

Tutti i prodotti d'acciaio dovranno essere forniti ciascuno con il relativo certificato di ispezione tipo 3.1 – UNI EN 10204:2005.

Il certificato, oltre agli elementi di identificazione, dovrà contenere le indicazioni del tipo di materiale, la norma di riferimento del materiale, il numero di colata, l'analisi chimica, le condizioni di fornitura (dimensioni, eventuali trattamenti termici, lavorazioni eseguite, etc.) e i risultati delle prove meccaniche eseguite.

Tutti i prodotti d'acciaio dovranno recare impressi il marchio del produttore, il tipo di materiale, il numero di colata e il numero di identificazione del prodotto, il tutto correlato al relativo certificato.

Le guarnizioni di tenuta delle paratoie saranno costituite da elastomeri in EDPM o materiali plastici similari, e dovranno avere buone proprietà meccaniche, buona resistenza chimica e durezza, e ottime proprietà elastiche. Le caratteristiche degli elastomeri dovranno corrispondere ai seguenti requisiti minimi:

- durezza: 60 ± 5 Shore A;
- resistenza alla trazione: 12.5 MPa;
- allungamento alla rottura: 600 %;

12.4 Macchinari ed Attrezzature

12.4.1 Paratoie e Aste

Le paratoie dell'opera di presa saranno realizzate mediante lamiera monolitica in acciaio inox AISI 316.

Le aste di manovra saranno realizzate in tubo liscio senza saldatura in acciaio inox ANSI 431 e saranno accoppiabili. L'asta di testa sarà filettata e verrà sollevata/abbassata da un motore riduttore a vite senza fine.

Le paratoie dovranno essere progettate per garantire un'ottimale resistenza meccanica delle strutture, un elevato coefficiente di sicurezza ed una bassa freccia in mezzeria. Dovranno essere previste soluzioni tecniche volte a ridurre per quanto più possibile l'attrito tra le guide e la



paratoia. Le specifiche costruttive e di esercizio devono prevedere l'operazione non bilanciata delle paratoie, ovvero con carico idrostatico massimo a monte e condotto vuoto a valle.

12.4.2 Argano di Manovra

La manovra delle aste per il sollevamento delle paratoie sarà realizzata per mezzo di un argano a vite di adeguata potenza e portata. Il motore dell'argano sarà elettrico mono o trifase, raffreddato ad aria, e dovrà essere equipaggiato con un dispositivo per l'azionamento manuale di emergenza.

Il motore sarà provvisto di un quadro locale e di un quadro remoto. Su entrambi i quadri dovrà essere visualizzabile chiaramente la posizione della paratoia.

12.4.3 Valvola a Saracinesca

La valvola per il controllo dell'apertura dello scarico di fondo sarà costituita da una saracinesca piana oleodinamica.

La valvola dovrà avere un telaio con superfici di scorrimento e tenuta lavorate in precisione e sostituibili. Inoltre dovrà essere provvista di una cassa di alloggiamento del corpo della saracinesca che consenta le operazioni di sostituzione e mantenimento in posizione di completa apertura. La tenuta idraulica della cassa di alloggiamento sarà costituita da una chiusura di tipo a "clapet".

La valvola sarà provvista di una pompa a olio per la movimentazione del pistone e da una cassa d'aria d'emergenza di dimensioni tali da consentire una manovra completa della saracinesca anche in assenza di alimentazione. Le specifiche costruttive e di esercizio devono prevedere l'operazione non bilanciata della saracinesca, ovvero con carico idrostatico massimo a monte e condotto vuoto a valle.

Per la movimentazione e manutenzione della valvola sarà prevista l'installazione di una gru di adeguata potenza e capacità, installata sulla volta della galleria.

La valvola sarà provvista di un quadro di comando locale e di un quadro remoto. Su entrambi i quadri dovrà essere visualizzabile chiaramente la posizione della saracinesca.

12.4.4 Valvola a Cono Fisso

La valvola per il controllo della portata scaricata dallo scarico di fondo sarà di tipo a cono fisso.

La valvola è costituita da un tratto di tubazione cilindrica (corpo) cui si ancora un otturatore a cono con guarnizione in EPDM e un deflettore/cappuccio per il contenimento del getto. Sul cilindro della valvola scorre un secondo cilindro coassiale (cilindro mobile) che con il suo movimento determina il grado di apertura della valvola stessa. La regolazione della valvola è



garantita da 1 o 2 pistoni oleodinamici che spingono il cilindro mobile contro il cono fisso. L'accoppiamento della valvola con la condotta è realizzata con una flangia.

La valvola sarà provvista di una pompa a olio per la movimentazione dei pistoni e da una cassa d'aria d'emergenza di dimensioni tali da consentire una manovra completa della parte mobile anche in assenza di alimentazione.

Per la movimentazione e manutenzione della valvola sarà prevista l'installazione di una gru di adeguata potenza e capacità, installata sul soffitto dell'edificio di controllo.

La valvola sarà provvista di un quadro di comando locale e di un quadro remoto. Su entrambi i quadri dovrà essere visualizzabile chiaramente il grado di apertura della valvola.

12.4.5 Valvola di By-Pass

Lungo la condotta dello scarico di fondo, a monte della valvola a cono, è prevista l'installazione di una breve condotta di by-pass che collega la condotta dello scarico alla la condotta di presa principale. Il controllo del flusso dallo scarico verso la condotta di presa e viceversa sarà gestito con una valvola a saracinesca manuale, operata con volantino.

12.4.6 Condotta di Scarico e Condotta di Presa

La condotta dello scarico di fondo e dell'opera di presa sarà composta da tronchi di tubazione realizzati mediante lamiera calandrata d'acciaio AISI 304 ed elettrosaldata. Tutte le saldature eseguite in stabilimento, sia longitudinali che circonferenziali saranno realizzate a piena penetrazione con preparazione dei cianfrini a "V" e ripresa a rovescio dall'interno. Ai fini del dimensionamento si considererà, oltre al carico statico, una sovrappressione dinamica non inferiore a $2,5 \text{ kg/cm}^2$ (pari a 25 m di colonna d'acqua).

I tronchi di tubazione saranno uniti per saldatura di virole. La lunghezza delle varie virole sarà definita dall'Impresa in relazione alla lunghezza e percorso della condotta. Opportune flange saranno previste per accoppiare la condotta alle valvole.

La condotta, ove provvisto dal Progetto, sarà alloggiata su selle metalliche e saldamente ancorata alla platea di fondazione.

12.4.7 Griglie di Protezione

La bocca dello scarico di fondo sarà protetta da una griglia metallica removibile costituita da una serie di barre verticali e irrigidimenti orizzontali. L'alloggiamento della griglia è costituito da una cornice metallica ancorata all'adiacente struttura in calcestruzzo.

Le griglia dovrà avere le barre verticali in posizione più esterna e gli irrigidimenti orizzontali arretrati in posizione interna. In caso di impiego di barre di forma rettangolare, i bordi dovranno



essere arrotondati e il lato maggiore dovrà essere disposto parallelamente alla direzione del flusso.

Le bocche dell'opera di presa saranno protette da una griglia fissa, ancorata alle guide metalliche della paratoia, in posizione tale da permettere il movimento libero della paratoia e il suo sfilamento per manutenzione.

12.4.8 Impianti Elettrici e di Illuminazione

Gli impianti elettrici consistono dei seguenti elementi:

- linea trifase 380V per l'alimentazione dei motori delle apparecchiature di controllo e delle pompe olio;
- linea 220V per l'illuminazione del coronamento e delle gallerie in circuito stagno;
- linea 380V per l'alimentazione dei fari di emergenza sul coronamento;
- quadri comando;
- linea di BT (12V) per l'alimentazione degli strumenti.

Gli impianti di illuminazione consistono in lampade a led, fari schermati, nonché dei relativi supporti metallici installati sia in galleria che sul coronamento.

La cabina di trasformazione sulla linea ad alta tensione che raggiunge la diga, nonché il generatore di emergenza non sono oggetto del presente Progetto Definitivo.

12.5 Saldature

Le giunzioni saldate dovranno essere eseguite in ottemperanza alle seguenti prescrizioni minime:

- sui disegni costruttivi dovrà essere indicata la preparazione dei lembi, le dimensioni minime dei cordoni di saldatura e il ciclo di saldatura adottato;
- i lembi da saldare dovranno essere completamente esenti da sfogliature, cricche incisioni, ruggine, calamina, umidità; gli stessi dovranno essere finiti mediante utensili o molatura e dovranno essere controllati mediante magnetoscopio o liquidi penetranti;
- i pezzi da saldare dovranno essere collegati ed allineati fra di loro prima dell'esecuzione della prima passata mediante distanziatori;
- le saldature testa a testa dovranno essere riprese all'inverso dopo pulizia e solcatura della radice al vertice del cordone; saranno consentite saldature con piattino di sostegno solo nel caso di impossibilità pratica ad eseguire la ripresa al rovescio;
- dovranno essere previsti accorgimenti per evitare la corrosione intergranulare sugli elementi d'acciaio inossidabile;
- per la configurazione dei lembi da saldare si dovrà fare riferimento alle prescrizioni delle norme CNR-UNI 10011 e 11001;



- quando la temperatura degli elementi da saldare è inferiore a +5°C, e lo stesso quando la temperatura dell'ambiente è inferiore a -5°C e quando si abbia eccessiva ventilazione (con influenza sulla protezione dell'arco), le operazioni di saldatura si dovranno eseguire adottando appropriati accorgimenti affinché il raffreddamento, dopo saldatura, sia sufficientemente lento da garantire dal rischio di fessurazioni;
- le caratteristiche degli elettrodi dovranno essere conformi a quanto prescritto dalla norma UNI 5132. Gli elettrodi dovranno essere conservati in luogo asciutto e le loro confezioni, ermeticamente sigillate, dovranno conservarsi integre sino all'uso;
- prima dell'impiego, gli elettrodi dovranno essere essiccati a temperatura $\geq 450^{\circ}\text{C}$ e mantenuti a circa 80°C entro fornelli portatili;
- gli elettrodi non utilizzati al termine del turno di lavoro o che siano rimasti nel fornello di essiccamento ad una temperatura inferiore a 80°C, dovranno essere essiccati nuovamente prima dell'utilizzo;
- ciascun elettrodo non potrà subire più di due essiccamenti;
- per le saldature eseguite con procedimento automatico in arco sommerso, dovrà essere adottato un flusso di protezione di tipo basico;
- tutte le saldature, anche quelle degli elementi accessori dovranno essere continue; non saranno accettate saldature a tratti;
- tutte le giunzioni saldate del tipo testa a testa dovranno essere a piena penetrazione;
- le procedure per le riparazioni delle saldature dovranno essere sottoposte al Committente per approvazione;
- i difetti delle saldature giudicati inaccettabili a seguito dei controlli dovranno essere rimossi; l'asportazione del tratto difettoso avverrà esclusivamente mediante lavorazione meccanica a freddo fino a raggiungere il materiale sano; lo stato di questo sarà controllato con esame magnetoscopico o con liquidi penetranti per accertare la completa asportazione del difetto; dopo la riparazione dovrà essere ripetuto il controllo con i metodi previsti.

12.5.1 Qualifica Procedimenti di Saldatura

L'Impresa dovrà presentare al Direttore dei Lavori, prima dell'inizio dei lavori, i documenti inerenti la qualifica dei procedimenti di saldatura che intende adottare per le giunzioni saldate da eseguire in officina e in opera.

In mancanza di tale documentazione l'Impresa dovrà provvedere ad eseguire la qualifica dei procedimenti di saldatura a totale sua cura e spese. La qualifica dei procedimenti di saldatura sarà effettuata in accordo alla norma UNI EN 288 e dovranno recare la validazione di organismi riconosciuti (Istituto Italiano della Saldatura, Registro Italiano Navale, Lloyd's Register, etc.).

Il procedimento di saldatura dovrà essere tale da garantire caratteristiche meccaniche (trazione e resilienza KV), in zona fusa e in zona termicamente alterata, non inferiori ai valori minimi prescritti dalle normative per il materiale base. La temperatura a cui dovranno essere effettuate le prove dovrà essere uguale a quella relativa alle prove meccaniche sul materiale base.



12.5.2 Certificato di Qualifica dei Saldatori

Ciascun saldatore e/o operatore delle macchine saldatrici dovrà essere in possesso di certificato di qualifica professionale, relativo al tipo di lavoro ed al procedimento di esecuzione richiesto, in accordo alle norme UNI 287 o normative equivalenti. Il certificato di qualifica dovrà essere rilasciato da organismi riconosciuti quali l'Istituto Italiano della Saldatura, il Registro Italiano Navale, il Lloyd's Register, ecc..

12.6 Trattamenti Protettivi

Tutte le superficie d'acciaio, fatta eccezione per le parti d'acciaio inossidabile, quelle zincate e quelle cromate, dovranno essere sottoposte a trattamento protettivo anticorrosione, mediante applicazione di prodotti vernicianti, secondo le modalità e le prescrizioni di seguito descritte.

12.6.1 Disposizioni di Carattere Generale

Per ciascuno dei cicli di trattamento protettivo previsti, i prodotti vernicianti (compresi i relativi diluenti e additivi) dovranno essere forniti da un unico produttore che, in solidarietà con l'Impresa, ne garantirà le caratteristiche tecniche nonché l'efficienza e l'efficacia.

Prima dell'inizio dei lavori, l'Impresa è tenuta a fornire le schede tecniche e di sicurezza dei singoli prodotti vernicianti che intende impiegare, per i quali il Direttore dei Lavori dovrà dare approvazione prima dell'applicazione.

Nell'esecuzione dei lavori di preparazione delle superficie e di applicazione dei trattamenti protettivi anticorrosione, dovranno essere rispettate le prescrizioni contenute nelle schede tecniche dei singoli prodotti pubblicate dal produttore.

Gli spessori previsti per le verniciature e indicati nel presente documento sono da intendersi come minimi consentiti e sono riferiti al film secco di pittura; qualora si riscontrassero difformità tra quanto indicato nel presente documento e le prescrizioni contenute nelle schede tecniche dei prodotti, il Direttore dei Lavori indicherà gli spessori minimi che dovranno essere rispettati.

Per ciascun singolo strato di pittura, dovranno essere rispettati gli spessori caratteristici (minimo e massimo) contenuti nelle schede tecniche dei singoli prodotti vernicianti. Entro e non oltre quattro ore dal termine della preparazione (sabbatura o altra pulizia) del supporto da verniciare, le superficie dovranno essere protette mediante l'applicazione del primo strato di pittura (primer); qualora, eventualmente, non si riuscisse a rispettare questo tempo massimo, prima dell'applicazione del primer le superficie dovranno essere sottoposte a ulteriore ripassata di preparazione.

Qualora particolari geometrie degli elementi da trattare lo richiedano, le applicazioni a spruzzo dovranno essere precedute da pennellature o rullature per i punti più difficili. Le operazioni di



verniciatura non dovranno avere corso, o dovranno essere sospese, nei seguenti casi (salvo diversa indicazione della scheda tecnica del produttore):

- temperatura dell'aria $\leq +5^{\circ}\text{C}$;
- umidità dell'aria $\geq 85\%$;
- temperatura della superficie da verniciare $\geq +50^{\circ}\text{C}$;
- presenza di umidità e/o condensa sulle superficie da trattare.

Per ciascuno dei cicli di trattamento protettivo previsti, prima dell'applicazione di uno strato di prodotto verniciante, dovrà essere verificata la corretta applicazione dello strato precedente, rispettando i relativi tempi di sovraverniciabilità.

Le superficie da trattare, per le quali fossero previste giunzioni mediante bullonatura, dovranno essere verniciate prima del loro accoppiamento.

Per ciascun ciclo, il colore di ogni strato di vernice dovrà essere chiaramente distinguibile da quello precedente e da quello successivo.

I prodotti vernicianti dovranno essere forniti e conservati nei loro contenitori originali, fino al momento dell'impiego; i contenitori dovranno recare il marchio di fabbrica, i sigilli e riportare, in modo chiaramente leggibile, i dati del colorificio produttore, il tipo, la qualità, la scadenza e la codifica del prodotto in essi contenuti; all'apertura dei recipienti, i prodotti dovranno presentarsi in perfetto stato di conservazione e in particolare non si dovranno riscontrare sedimentazioni irreversibili del pigmento, formazioni di pellicole, impolmonimenti, gelatinizzazioni, addensamenti, presenza di mucillaggini, ecc.

La diluizione dei prodotti vernicianti sarà consentita solo nel caso in cui sia prevista dalle rispettive schede tecniche e, in tal caso, dovranno essere osservate scrupolosamente le indicazioni del produttore contenute nelle schede stesse.

I prodotti deperibili dovranno essere utilizzati entro i termini prescritti dal produttore; inoltre, dovranno essere rispettate le prescrizioni di stoccaggio e conservazione.

Qualora la temperatura del supporto da trattare sia inferiore o superiore a quella prescritta per la corretta applicazione ed essiccazione dei prodotti vernicianti e/o la situazione climatico/ambientale non sia favorevole, l'Impresa dovrà procedere a condizionare l'ambiente per tutto il tempo necessario all'applicazione ed alla completa essiccazione delle pitture.

Al termine dei montaggi in opera dovranno essere accuratamente eseguite, a cura e spese dell'Impresa, tutte le riparazioni necessarie a ripristinare l'integrità del trattamento protettivo nelle zone eventualmente danneggiate.



L'Impresa dovrà vigilare e provvedere affinché tutte le fasi relative all'applicazione dei trattamenti protettivi si svolgano nelle condizioni esecutive ideali, sia in cantiere, sia presso le officine di costruzione e/o verniciatura.

12.6.2 Preparazione delle Superfici

Tutte le superfici, per le quali sia previsto il trattamento protettivo mediante verniciatura, dovranno essere preventivamente sottoposte a preparazione, mediante sabbiatura o pulizia meccanica, a seconda del ciclo di trattamento protettivo previsto.

Sia che si tratti di sabbiatura, sia che si tratti di pulizia meccanica, prima di iniziare il trattamento di preparazione delle superficie, gli strati spessi di ruggine e vecchie pitture, difficilmente removibili mediante sabbiatura, dovranno essere asportati mediante picchiettatura e/o scalpellatura. Dovranno essere altresì rimossi olio, grasso e altre impurità pregiudizievoli.

Il profilo delle superfici preparate mediante sabbiatura dovrà essere caratterizzato da una rugosità minima = 35 μm .

La preparazione delle superfici dovrà essere conforme alle prescrizioni ISO 8504. La valutazione della pulitura delle superficie dovrà essere effettuata in base alle norme ISO 8501 e 8502. Le caratteristiche di rugosità delle superficie dovranno essere valutate in base alla norma ISO 8503, mediante Rugosimetro (tastatore elettronico) o Rugotest (piastrine di comparazione).

La sabbiatura dovrà essere del tipo "a secco" e dovrà essere seguita da un'accurata depolverizzazione e pulizia delle superficie al fine di eliminare qualunque particella inquinante (polverino metallico, scorie, etc.).

Se eseguito in cantiere, il trattamento di preparazione delle superficie mediante sabbiatura dovrà prevedere l'utilizzo di un abrasivo minerale totalmente naturale, chimicamente inerte e privo di qualunque metallo tossico, silicio e ferrite, a garanzia della piena osservanza della legislazione vigente sia in materia di sicurezza sul lavoro e delle normative ambientali.

In relazione alle condizioni di esercizio e alle modalità applicative, per le superficie destinate al trattamento protettivo anticorrosione, sono previsti i cicli di verniciatura descritti nel seguito.

12.6.3 Parti Destinate a Essere Saldate in Cantiere

Dopo la preparazione delle superficie mediante sabbiatura, le parti destinate ad essere saldate in opera dovranno avere le estremità trattate in officina con l'applicazione di uno strato di fondo (*shop-primer*) per la protezione temporanea dell'acciaio sabbiato. Tale fondo dovrà essere compatibile con il ciclo di verniciatura previsto, non deve ostacolare la corretta esecuzione delle saldature né emettere fumi tossici durante le saldature stesse. Al termine dei montaggi in opera, le giunzioni saldate dovranno essere oggetto di trattamento protettivo anticorrosione.



12.6.4 Ciclo A1 – Superficie a Contatto con l’Acqua

Le superficie di componenti destinate ad essere a contatto con l’acqua dovranno essere trattate nel modo seguente:

- preparazione delle superficie da trattare mediante sabbiatura a getto molto pesante: Grado Sa 3 - ISO 8501-1 ($Ra = \min. 35 \mu\text{m}$) e successiva depolverizzazione;
- applicazione di uno strato di primer zincante inorganico, ad alto contenuto di zinco metallico (min. 85% a film secco) ad alto spessore e rapida essiccazione per assorbimento di umidità dell’aria, per uno spessore nominale, a film secco, di $75 \mu\text{m}$;
- applicazione di uno strato intermedio epossipoliammidico, a basso contenuto di solventi (S.O.V. $\leq 180 \text{ g/l}$), per uno spessore, a film secco, di circa $75 \mu\text{m}$;
- applicazione di una finitura epossipoliammidico, a bassissimo contenuto di solventi (S.O.V. $\leq 60 \text{ g/l}$), per uno spessore, a film secco, di circa $250 \mu\text{m}$.

Lo spessore minimo finale del trattamento protettivo a film secco dovrà essere di $400 \mu\text{m}$. Il colore finale (RAL) verrà definito dal Direttore dei Lavori.

12.6.5 Ciclo A2 – Superficie a Contatto con l’Aria

Le superficie di componenti destinate ad essere a contatto con l’aria dovranno essere trattate nel modo seguente:

- preparazione delle superficie da trattare mediante sabbiatura a getto molto pesante: Grado Sa 3 - ISO 8501-1 ($Ra = \min. 35 \mu\text{m}$) e successiva depolverizzazione;
- applicazione di uno strato di primer zincante inorganico, ad alto contenuto di zinco metallico (min. 85% a film secco) ad alto spessore e rapida essiccazione per assorbimento di umidità dell’aria, per uno spessore nominale, a film secco, di $75 \mu\text{m}$;
- applicazione di uno strato intermedio epossipoliammidico, a basso contenuto di solventi (S.O.V. $\leq 180 \text{ g/l}$), per uno spessore minimo, a film secco, di $75 \mu\text{m}$;
- applicazione di uno strato di finitura epossipoliammidico, a bassissimo contenuto di solventi (S.O.V. $\leq 60 \text{ g/l}$), per uno spessore minimo, a film secco, di $200 \mu\text{m}$;
- applicazione di uno smalto anticorrosivo di finitura a base poliuretanica con isocianati alifatici, per uno spessore minimo, a film secco, di $50 \mu\text{m}$.

Lo spessore minimo finale del trattamento protettivo a film secco dovrà essere di $400 \mu\text{m}$. Il colore finale (RAL) verrà definito dal Direttore dei Lavori.

12.6.6 Zincatura a Caldo

La zincatura a caldo dovrà essere eseguita secondo le seguenti indicazioni:

- il trattamento di zincatura a caldo dovrà essere eseguito in conformità con la norma UNI EN ISO 1461;



- gli elementi da zincare a caldo dovranno essere preparati mediante pulizia energica, sgrassaggio, decapaggio, flussaggio e preriscaldamento finché non sono immersi nel bagno di zinco fuso;
- il bagno di fusione non dovrà avere un contenuto di zinco puro inferiore al 98.5% e la sua temperatura di esercizio potrà variare dai 440°C ai 460°C;
- la qualità dello zinco usato deve rispondere a precisi requisiti, previsti nella corrispondente norma EN 1179;
- lo spessore dello strato di zinco non dovrà essere inferiore a quanto prescritto dalla citata norma UNI EN ISO 1461 in funzione del tipo di elemento e del suo spessore.

12.7 Collaudi

12.7.1 Premessa

Al termine dei montaggi in opera, dovranno essere effettuate le operazioni di collaudo consistenti in prove, controlli e verifiche atte a dimostrare che i lavori eseguiti sono rispondenti alle presenti prescrizioni ed alle necessità per cui sono stati eseguiti.

Le operazioni saranno eseguite dall'Impresa che avrà l'onere di fornire le attrezzature e la strumentazione necessaria ai controlli ed alle verifiche.

Prima dell'inizio delle attività dovrà essere presentato al Direttore dei Lavori un dettagliato programma prove con l'indicazione di tutti i componenti e delle relative prove. Il Direttore dei Lavori si riserva di apportare le modifiche e/o integrazioni che riterrà opportune e potrà richiedere ulteriori prove, controlli e verifiche, se ritenute necessarie ai fini del collaudo.

Eventuali difetti o anomalie riscontrati nel corso delle prove dovranno essere eliminati, a cura e spese dell'Impresa, e successivamente dovranno essere effettuate ulteriori prove, per le quali l'Impresa non potrà richiedere alcun compenso aggiuntivo.

12.8 Prove in Bianco

Le prove in bianco consisteranno nello svolgimento delle seguenti attività:

- verifica del rispetto delle norme antinfortunistiche relativamente alle apparecchiature ed alle installazioni;
- verifica della rispondenza delle opere realizzate al Progetto;
- verifica del corretto montaggio delle apparecchiature e degli impianti;
- controllo delle saldature eseguite in opera;
- controllo dei trattamenti protettivi eseguiti in cantiere;
- prove funzionali di movimentazione.



12.9 Collaudo Provvisorio

Le prove di collaudo provvisorio saranno eseguite applicando i carichi massimi previsti per ogni singola apparecchiatura. Dovranno essere effettuate le prove e controlli seguenti:

- prove funzionali delle apparecchiature nelle condizioni di massima sollecitazione: apertura, chiusura e regolazione paratoie e valvole anche in condizioni di carico squilibrato, ecc.;
- verifica della tenuta idraulica delle condotte, paratoie e valvole con carico massimo.

12.10 Collaudo Definitivo

Il collaudo definitivo sarà effettuato entro sei mesi dall'esecuzione del collaudo provvisorio e consisterà nella verifica del corretto funzionamento dei macchinari, delle apparecchiature e di tutte le realizzazioni oggetto dei lavori.

12.11 Misure e Pagamenti

12.11.1 Elementi Metallici

La misurazione ed il prezzo degli elementi metallici: profilati, scalette, parapetti, grigliati, sono riferiti al peso dei materiali espresso in kilogrammi.

Il prezzo di ogni fornitura comprende la progettazione, la lavorazione in stabilimento o in opera, il trasporto, il controllo di qualità, la saldatura, il trattamento protettivo (sabbatura e verniciatura) e tutte le attività necessarie alla corretta installazione.

Il prezzo della fornitura di grigliati, scalette e parapetti comprende gli ancoraggi (profilati metallici, angolari, bulloni, placche, viti e distanziali).

12.11.2 Arredi

La misurazione ed il prezzo degli arredi si distinguono in:

- numero delle installazioni, con riferimento al box prefabbricato per l'alloggiamento dei quadri di controllo degli strumenti;
- volume espresso in metri cubici, con riferimento alla protezione in massi sciolti del fondo alveo a valle dello scarico di fondo;
- superficie in metri quadrati, con riferimento alle porte, portoni, finestre ed infissi dei cunicoli e dell'edificio dello scarico di fondo.

Il prezzo di ogni fornitura comprende il trasporto, la messa in opera e tutte le attività necessarie alla corretta installazione.

12.11.3 Forniture Elettromeccaniche

La misurazione ed il prezzo delle apparecchiature elettromeccaniche sono riferiti al numero delle installazioni.



Il prezzo di ogni fornitura comprende la progettazione, la lavorazione in stabilimento o in opera, il trasporto, il controllo di qualità, la saldatura, il trattamento protettivo, la messa in opera e tutte le attività necessarie alla corretta installazione.

Il prezzo della fornitura di paratoie include le guarnizioni di tenuta, gli ancoraggi (placche metalliche, bulloni, viti e distanziali) e ogni altro dispositivo necessario al buon funzionamento.

Il prezzo della fornitura di argani e valvole comprende i quadri locali e remoti per il controllo delle operazioni di manovra, i motori e le pompe olio e ogni altro dispositivo necessario al buon funzionamento.

Il prezzo della fornitura di paranchi comprende il motore, la trave guida, gli ancoraggi, i comandi e ogni altro dispositivo necessario al buon funzionamento.

Il prezzo della fornitura di condotte comprende le selle di supporto, gli ancoraggi (placche metalliche, bulloni, viti e distanziali), le eventuali giunzioni (a flangia o bicchiere) e ogni altro elemento necessario alla corretta installazione.

12.11.4 Impianti Elettrici

La misurazione ed il prezzo degli impianti elettrici sono riferiti al numero delle installazioni.

Il prezzo di ogni fornitura comprende la progettazione, il trasporto e la messa in opera, la sistemazione in condotte, la predisposizione di pozzetti di ispezione, gli interruttori e ogni altro dispositivo o installazione necessaria al buon funzionamento.



13 STRUMENTAZIONE

13.1 Oggetto

Questa sezione tratta l'installazione di strumentazione di monitoraggio entro perforazioni eseguite nella muratura della diga o nella roccia di fondazione o in appositi alloggiamenti e di un sistema di acquisizione automatica dei segnali inviati dagli strumenti.

La strumentazione, così come previsto dal Progetto, comprende:

- pendoli diritto e rovescio e relativi telecoordinometri;
- sensori piezometrici a corda vibrante e a punta chiusa, fissi e removibili;
- misuratori di portata a stramazzo;
- sensori di temperatura;
- accelerografo;
- estensimetri;
- capsule tensiometriche;
- caposalda e mire di collimazione;
- borchie per livellazione.

13.2 Materiali e Modalità di Installazione

13.2.1 Generalità

Tutti gli strumenti da installare in posizioni fisse dovranno essere accuratamente controllati. Il controllo riguarderà la documentazione di identificazione e calibrazione in laboratorio. Il controllo in sito consisterà nell'esecuzione delle prime misure nelle effettive condizioni di esercizio.

L'impresa è tenuta a sottoporre per approvazione del Direttore dei Lavori le caratteristiche tecniche della strumentazione e del sistema di acquisizione, unitamente ai dettagli procedurali per la relativa installazione, compresi quelli relativi alle manovre nelle perforazioni.

13.2.2 Perforazioni

Le perforazioni per l'installazione della strumentazione saranno eseguite principalmente a distruzione di nucleo. Dovrà essere comunque previsto un eventuale impiego di attrezzature di perforazione per campionamento continuo, secondo le indicazioni della Direzione Lavori (per le specifiche tecniche sulle perforazioni a campionamento continuo si rimanda al Cap. 6).



13.2.3 Pendoli e Telecoordinometri

Il pendolo diritto sarà installato in una perforazione di diametro non inferiore a 350 mm attraverso il corpo diga e avrà il punto di sospensione sul coronamento. Il pendolo rovescio sarà installato nella fondazione con perforazione in roccia di diametro non inferiore a 350 mm, con punto di sospensione posto nella stessa cameretta del telecoordinometro del pendolo diritto.

I pendoli saranno costituiti da un filo di acciaio di 2 mm. La lettura sarà eseguita per mezzo di un coordinometro manuale (trasportabile) e di due telecoordinometri automatici (fissi) posti rispettivamente nel cunicolo alla base della diga e in una camera intermedia accessibile dal coronamento.

Ogni telecoordinometro dovrà essere caratterizzato da un'elevata precisione e dalla possibilità di misurare fino a due fili contemporaneamente. Ogni sua componente dovrà essere completamente impermeabile all'acqua (protezione IP68). Le coordinate (x,y) del cavo del pendolo verranno individuate per mezzo di una coppia di fotocellule montate su una slitta azionata dal motore passo-passo. Per ogni ciclo di misurazione, il cavo del pendolo verrà intercettato due volte, sia in andata che in ritorno.

13.2.4 Sensori Piezometrici

I sensori piezometrici saranno elettrici a corda vibrante e a punta chiusa. La scheda di controllo sarà installata all'esterno in prossimità del boccaforo. I sensori dovranno avere fondo scala diverso in funzione della loro quota di installazione e precisione non inferiore a 0.25% del fondo scala.

Nei fori verso il basso, i piezometri saranno installati in un tratto di foro (diametro 101 mm) libero e riempito di sabbia monogranulare lavata e opportunamente sigillati su tutta la lunghezza rimanente del foro con boiacca di cemento.

Nei fori verso l'alto, i piezometri saranno installati in un tratto di foro (diametro 101 mm) libero e opportunamente sigillati su tutta la lunghezza rimanente del foro, mediante l'utilizzo di un sacco otturatore, con boiacca di cemento.

I piezometri di tipo removibile saranno costituiti da una canna in PVC, con manicotti di collegamento a tenuta, di diametro esterno 50 mm, alla cui estremità è posto un elemento poroso filtrante di diametro esterno 61.5 mm, lungo 200 mm. All'interno, in corrispondenza del collegamento tra elemento poroso e canna, è posta una sezione di tenuta, in cui viene innestato il sensore piezometrico a testa conica, tenuto in posizione grazie a opportuni pesi cilindrici, coassiali al cavo strumentale.



Il cavo multipolare di alimentazione e lettura dei piezometri avrà un'anima in kevlar per sostenere il peso della zavorra, che mantiene il piezometro in posizione, anche in presenza della massima pressione prevedibile nell'elemento poroso.

Le pietre porose a protezione del sensore dovranno essere ceramiche a bassa permeabilità (high air entry value) e completamente saturate al momento dell'installazione.

13.2.5 Misuratori di Portata a Stramazzo

Gli stramazzi per la misura delle portate drenate nei cunicoli saranno costituiti da una vasca di raccolta inox con opportuni diaframmi per la dissipazione dell'energia cinetica della corrente. La lama dello stramazzo sarà di forma triangolare in acciaio inox e smontabile. Un sensore di livello elettrico di alta precisione sarà installato nella vasca dello stramazzo per la lettura dell'altezza della lama sfiorante.

Ogni stramazzo sarà fornito di opportuna curva di calibrazione con sensibilità minima di 0.2 l/min e precisione non inferiore a 0.05 l/min.

13.2.6 Sensori di Temperatura

Nella muratura della diga esistente e nel nuovo calcestruzzo verranno installati sensori di temperatura con campo di misura -50/+80 °C. Le termocoppie saranno costituite da un corpo tubolare in acciaio dentro al quale sarà alloggiata la termoresistenza e saranno dotate di adeguata protezione antifulmine.

13.2.7 Stazione Sismografica

Due stazioni sismografiche saranno installate nel corpo della diga e saranno dotate di tutti i dispositivi necessari alla registrazione in continuo e in remoto dei movimenti sui tre assi principali (verticale, nord-sud e est-ovest).

Elementi principali dell'apparecchiatura saranno: un sismometro, un amplificatore e un filtro per il condizionamento e l'isolamento dei segnali di interesse, un convertitore analogico digitale, un registratore per la memorizzazione del segnale sismico in loco e un trasmettitore per la trasmissione del segnale via radio o modem.

13.2.8 Estensimetri

Nel corpo della diga verranno installati degli estensimetri di vario tipo per la misura delle sollecitazioni.

Gli estensimetri avranno le seguenti caratteristiche:

- estensimetri multibase: essi saranno composti da una testa di misura, due basi di misura (protette da una guaina in materiale plastico), gli ancoraggi di fondo, due tubi di iniezione



e un cavo multipolare per il collegamento alla centralina di misura. I sensori saranno di tipo elettrico a corda vibrante. Ogni estensimetro sarà calibrato in laboratorio e posto in opera solo dopo la calibrazione;

- terne di barrette estensimetriche: esse saranno di tipo elettrico a corda vibrante, costituite da un corpo tubolare in acciaio inox, provvisto alle estremità di due anelli di ancoraggio, che contiene il filo in acciaio. Ogni estensimetro sarà preventivamente inserito in un prisma di betoncino, calibrato in laboratorio e posto in opera solo dopo la calibrazione;
- estensimetri installati su ferri di armatura: essi saranno di tipo elettrico a corda vibrante, costituiti da un corpo tubolare in acciaio inox, provvisto alle estremità di due anelli di ancoraggio, che contiene il filo in acciaio. Ogni estensimetro sarà saldato alle due estremità su un ferro di armatura, posto in opera e calibrato in sito.

Ogni barretta verrà corredata di sensore di temperatura a termistore al fine di permettere, in fase di elaborazione dei dati, la compensazione termica.

13.2.9 Capsule Tensiometriche

Nel corpo della diga verranno installate capsule tensiometriche, direttamente incorporate nei getti di calcestruzzo, per misurare lo stato di sollecitazione presente nel punto di applicazione.

Esse saranno costituite da un corpo cilindrico in acciaio e lungo l'asse verticale di simmetria sarà fissata la corda vibrante. Un tappo a vite dovrà permettere l'accesso per la regolazione della corda, lateralmente dovrà essere previsto un terminale di uscita stagno, sui due piani principali dovranno essere applicati dei bulloni di ancoraggio al calcestruzzo.

Il sensore di misura sarà a corda vibrante e in grado di misurare anche la temperatura.

Il cavo di collegamento alla centralina di misura dovrà essere ad alto isolamento, adatto per essere direttamente annegato nel calcestruzzo. Si dovrà impiegare un cavo tripolare che permetta di effettuare anche le misure termometriche.

13.2.10 Sistema di Collimazione

Le borchie per livellazione saranno costituite da un apposita testa in ottone di diametro compreso tra 30 e 50 mm, dotata di apposita sede per l'appoggio della stadia o delle mire ottiche.

Le borchie saranno installate su appositi supporti in calcestruzzo solidali con la struttura.

Sulla diga verranno installati 6 pilastrini porta mira mobile per letture di collimazione. Adeguati pilastrini fissi per la stazione del collimatore saranno costruiti sulle sponde.

Il collimatore dovrà avere la precisione di 1 mm su visuali di 150 m. La mira mobile dovrà essere dotata di un nonio a vite che consenta la lettura di 0.2 mm.



13.2.11 Sistema di Acquisizione Dati

Gli strumenti elettrici saranno collegati a un apposito sistema di alimentazione dei trasduttori, condizionamento dei segnali e acquisizione automatica dei dati con possibilità di remotizzazione verso una centralina approvata dalla Committente. Dovrà comunque essere sempre possibile effettuare lo scarico locale dei dati e dei log tramite chiavetta o computer portatile.

Il sistema di acquisizione dovrà essere compatibile con la strumentazione utilizzata, tenendo conto delle particolari condizioni ambientali in cui si effettua l'installazione. In particolare, dovrà essere alloggiato all'interno di un armadio in acciaio inox con protezione IP65 e predisposto per l'alimentazione a 220 V.

Il sistema di acquisizione dei dati sarà completato da un calcolatore e da un circuito per la trasmissione dei dati dai sensori al calcolatore. Il calcolatore dovrà essere dotato delle necessarie protezioni hardware e software da attivarsi in caso di malfunzionamento, guasti, caduta di fulmini e ogni altro possibile inconveniente. Dovrà essere prevista tra l'altro la possibilità di re-booting automatico in caso di interruzione della corrente, blocco del calcolatore o altra anomalia di funzionamento.

13.2.12 Documentazione

L'Impresa dovrà fornire un documento contenente tutti i dati necessari al corretto utilizzo della strumentazione installata.

In particolare, tale documento dovrà contenere:

- relazione tecnica illustrante le installazioni eseguite, con relativi ubicazione, modalità e criteri applicati;
- caratteristiche tecniche della strumentazione fornita;
- relativi certificati di calibrazione, completi di tutti i dati;
- certificati di installazione delle mire, capisaldi e borchie, contenenti caratteristiche, modalità di installazione e posizione iniziale rilevata (coordinate assolute x, y, z);
- schemi dei circuiti di alimentazione dei sensori e di acquisizione;
- istruzioni per il corretto uso e manutenzione della strumentazione installata;
- istruzioni per il corretto uso e manutenzione del sistema di acquisizione dati;
- istruzioni per il controllo periodico della calibrazione di sensori e sistema di acquisizione;
- appendice con i risultati di tutte le letture eseguite dall'installazione alla chiusura dei lavori (lettura iniziale e prime letture).

13.3 Misure e Pagamenti

13.3.1 Generalità

I compensi per la fornitura e posa in opera di strumentazione includono tutti i lavori civili e le opere accessorie per l'alloggiamento e la protezione degli strumenti e dei cavi. Il numero e la



distribuzione delle installazioni è indicato nel Progetto e potrà essere ampliato secondo le indicazioni del Direttore dei Lavori.

L'Impresa è responsabile per l'acquisto, il trasporto, l'immagazzinamento e l'installazione di tutta la strumentazione, compreso il sistema di acquisizione, e per l'esecuzione delle prime letture della strumentazione, fino a chiusura della relativa fase di cantiere.

L'Impresa è tenuta ad assistere la Committente nell'istruzione del personale per la manutenzione e la lettura della nuova strumentazione.

13.3.2 Pendoli e Telecoordinometri

13.3.2.1 Perforazioni

La misurazione ed il prezzo delle perforazioni sono riferiti alla lunghezza del foro espressa in metri lineari.

Il prezzo comprende la perforazione di diametro idoneo (350 mm) per la formazione del foro di alloggiamento del pendolo, con tutti i magisteri e gli oneri previsti per le perforazioni (Cap. 6), ma con l'obbligo di rispettare una tolleranza di scostamento dalla verticalità più accurata che verrà indicata dal costruttore del pendolo.

13.3.2.2 Pendolo

La misurazione ed il prezzo della fornitura e posa in opera del pendolo sono riferiti al numero di installazioni effettuate.

Il prezzo comprende il pendolo, il cavo in acciaio, l'installazione e taratura, inoltre include la strumentazione prevista per la lettura automatica e manuale delle misure (coordinometro portatile e 2 telecoordinometri), la loro registrazione e la trasmissione remota all'elaboratore.

13.3.3 Piezometri

13.3.3.1 Perforazioni

La misurazione ed il prezzo delle perforazioni sono riferiti alla lunghezza del foro espressa in metri lineari.

Il prezzo comprende la perforazione di diametro minimo 100 mm per la formazione del foro di alloggiamento dei piezometri, con tutti i magisteri e gli oneri previsti per le perforazioni (Cap. 6).

13.3.3.2 Sensori Piezometrici

La misurazione ed il prezzo della fornitura e posa in opera di piezometri sono riferiti al numero di installazioni e si distinguono a seconda della tipologia:

- Fornitura e posa in opera di piezometri a corda vibrante (non removibili);
- Fornitura e posa in opera di piezometri a corda vibrante removibili;



- Fornitura e posa in opera di piezometri a punta chiusa.

Il prezzo comprende:

- la fornitura e l'installazione di piezometri a corda vibrante e punta chiusa, dei tubi piezometrici, spaziatori e centrotori, e dei cavi di collegamento e trasmissione dei dati;
- il controllo del posizionamento prima del riempimento, la fornitura e installazione degli spezzoni di tubo di estremità e dei pozzetti con chiusino di protezione e relative coibentazioni;
- la formazione di filtri in sabbia, tappi in bentonite in compresse non idratate e riempimenti con boiaccia;
- la fornitura di acqua, cemento e bentonite, la preparazione delle miscele, l'immissione entro i fori, i controlli dimensionali.

13.3.4 Misuratori di Giunti

Le misure ed il prezzo della fornitura in opera sono riferiti al numero di strumenti effettivamente installati.

Il prezzo comprende la fornitura e installazione di misuratori di dilatazione, i collegamenti elettrici e ogni altra apparecchiatura necessaria al buon funzionamento.

13.3.5 Misuratori di Portata a Stramazzo

Le misure ed il prezzo sono riferiti al numero di misuratori effettivamente installati.

Il prezzo comprende la costruzione di vasche per stramazzi, incluse opere murarie, griglie di protezione, pareti sfioranti, canalette di scarico, misuratori di livello, eventuali collegamenti elettrici e ogni altra apparecchiatura necessaria al buon funzionamento.

13.3.6 Sensori di Temperatura

La misurazione ed il prezzo delle perforazioni sono riferiti alla lunghezza del foro espressa in metri lineari.

Il prezzo delle perforazioni di diametro minimo 100 mm per la formazione del foro di alloggiamento dei termometri, con tutti i magisteri e gli oneri previsti per le perforazioni (Cap. 6).

Le misure ed il prezzo della fornitura e posa in opera di termometri sono riferiti al numero di strumenti effettivamente installati.

Il prezzo comprende la fornitura e installazione di termometri, i collegamenti elettrici e ogni altra apparecchiatura necessaria al buon funzionamento.



13.3.7 Sismografo

Le misure ed il prezzo della fornitura in opera sono riferiti al numero di strumenti effettivamente installati.

Il prezzo comprende la fornitura e installazione di apparecchiature sismografiche, i collegamenti elettrici e ogni altra apparecchiatura necessaria al buon funzionamento

13.3.8 Estensimetri

Le misure ed il prezzo della fornitura e posa in opera di estensimetri sono riferiti al numero di strumenti effettivamente installati.

Il prezzo comprende la fornitura e installazione di estensimetri, i collegamenti elettrici e ogni altra apparecchiatura necessaria al buon funzionamento.

13.3.9 Capsule Tensiometriche

Le misure ed il prezzo della fornitura e posa in opera di capsule tensiometriche sono riferiti al numero di strumenti effettivamente installati.

Il prezzo comprende la fornitura e installazione di capsule tensiometriche, i collegamenti elettrici e ogni altra apparecchiatura necessaria al buon funzionamento.

13.3.10 Sistema di Collimazione

Le misure ed il prezzo della fornitura in opera sono riferiti al numero di capisaldi e di borchie effettivamente installati e si distinguono in:

- fornitura e posa in opera di capisaldi di livellazione;
- fornitura e posa in opera di borchie di livellazione.
- fornitura di mire fisse e mobili e di collimatore

Il prezzo di ciascuna installazione comprende:

- la fornitura dei capisaldi e/o delle borchie di livellazione;
- la fornitura delle teste in ottone, del picchetto in acciaio e di ogni eventuale accessorio necessario alla corretta installazione, le spese di trasporto a piè d'opera, lo stoccaggio temporaneo;
- il tracciamento, la posa dei capisaldi e/o delle borchie, il rilievo topografico iniziale (lettura di zero), inclusi i relativi certificati.

13.3.11 Sistema di Acquisizione Dati

Il compenso per la predisposizione dei sistemi di acquisizione dei dati trasmessi dagli strumenti è a corpo.



Il prezzo comprende la fornitura e installazione di sistemi di lettura e di acquisizione dei dati inclusi:

- la fornitura dei relativi apparecchi per la calibrazione;
- la fornitura delle centraline di lettura e di una sufficiente lunghezza di cavo di collegamento;
- la fornitura di centraline di alimentazione e condizionamento del segnale, compatibili con i sensori installati e con il sistema di acquisizione dei dati;
- le spese di trasporto a piè d'opera, lo stoccaggio temporaneo in luogo protetto, i manuali d'uso;
- la componentistica elettronica e quella di tutti gli accessori necessari alla realizzazione del circuito e delle relative protezioni;
- il calcolatore di tipo industriale, completo di schede di interfaccia con gli strumenti e per la trasmissione dei dati a un'unità remota, con il relativo software di acquisizione e gestione dei dati;
- tutti i cavi di alimentazione e trasmissione dei dati dalla centrale di acquisizione ai sensori (alle centraline dei sensori);
- l'installazione della componentistica elettronica, con i relativi programmi di elaborazione e gestione, e l'installazione di tutte le opere accessorie;
- la posa dei cavi di collegamento tra centraline e sistema di acquisizione, l'installazione del computer con i relativi accessori e programmi, il collaudo con i relativi controlli, le prove di trasmissione dati all'unità remota con i relativi controlli;

Il prezzo compensa anche i lavori civili inerenti l'installazione dei sistemi di lettura e di acquisizione dei dati strumentali tra i quali:

- la fornitura e la posa in opera di materiali per l'esecuzione delle opere civili e ogni provvedimento di protezione ritenuto necessario per il corretto funzionamento e la salvaguardia del sistema;
- lo scavo di trincee e pozzetti e il tombamento degli scavi con ripristino delle condizioni iniziali;
- la demolizione di cordoli in calcestruzzo e pavimentazioni e l'eventuale successivo ripristino;
- l'installazione di tubi passacavi e di pozzetti;
- il ripristino delle parti vegetate;
- ogni altra operazione necessaria per garantire il corretto funzionamento del sistema e, in particolare, l'installazione del sistema di protezione dalle correnti vaganti e dai fulmini.