



STUDIO GEOTECNICO ITALIANO s.r.l.

Dott. Ing. Paolo Leopoldo Beer, Dott. Piergiacomo Beer, Dott. Luciano Taddei, Dott. Ing. Ilaria Tonelli



COSMARI

COMUNE DI CINGOLI (MC)
LOCALITÀ FOSSO MABIGLIA

IMPIANTO DI DISCARICA
PER RIFIUTI NON PERICOLOSI
DI FOSSO MABIGLIA

PROGETTO ESECUTIVO DELLA COPERTURA I STRALCIO

Studio Geotecnico Italiano S.r.l.

Dott. Ing. V. Pastore (direttore tecnico)

Dott. Ing. Paolo Leopoldo Beer

Dott. Piergiacomo Beer

Dott. Luciano Taddei

Dott. Ing. Ilaria Tonelli



STUDIO GEOTECNICO ITALIANO S.r.l.
Dott. Ing. Valeriano Pastore
Iscrizione Albo degli Ingegneri
Provincia di Milano
N. 22123



1	EMISSIONE	G.F.	G.F.	V.P.	21.11.2018
REV. Rev.	DESCRIZIONE Description	REDAZIONE Edited	VERIFICA Checked	AUTORIZZAZIONE Authorized	DATA Date

STUDIO GEOTECNICO ITALIANO	IDENTIFICAZIONE SGI									
	SGI identification									
	COMMESSA		CODICE ARCHIVIO	ELABORATO	EMISSIONE					
CONTRATTO N. – Contract Nr.	0	7	8	5	7	–	1	3	9	R 11b E 0 1

TITOLO – Title

CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO SPECIFICHE TECNICHE

ARCHIVIO INTERNO
X:\m7857\Protocol\Out

SCALA – Scale

SCALA GRAFICA – Graphic scale



STUDIO GEOTECNICO ITALIANO srl
ingegneria geotecnica - ingegneria sismica - ingegneria ambientale
geologia applicata

COSMARI

Comune di Cingoli (MC)
Località Fosso Mabiglia
Discarica per rifiuti non pericolosi

Progetto esecutivo della copertura
1° Stralcio
Capitolato Speciale di Appalto – Specifiche tecniche

07857-139R11b/FRE-TER/H

Emissione	Data	Redatto		Controllato	Approvato
E01	21/11/2018	Tatiana Terragni	<i>Desmos</i>	Paolo Parla	Valeriano Pastore
		Gianluca Fretti	<i>Desmos</i>		
E02					
E03					
E04					



Reg. CH-20504
ISO 9001:2008
ISO 14001:2004

Sede Legale e Uffici: via Ripamonti 89 - 20141 Milano - Tel.: +39 02522014.1 - Fax: +39 025691845
Email: info@studiogeotecnico.it - PEC: sgi@legalmail.it - Sito Web: www.studiogeotecnico.it
Cap. Soc. € 1.550.000 i.v. - Codice Fiscale e Registro delle Imprese di Milano 00506080019 - R.E.A. MI 691783 - P.IVA 11261240151

I N D I C E

1.	PREMESSA	1
2.	CONDIZIONI GENERALI DI ACCETTAZIONE DEI MATERIALI	2
2.1	Laboratorio di campo	3
2.2	Caratteristiche dei materiali	3
2.3	Classificazione dei terreni.....	4
3.	MODALITA' DI ESECUZIONE DEI LAVORI	5
3.1	Pulizia preliminare dell'area.....	5
3.2	Preparazione dell'area: diserbamento e scotico	5
3.3	Allestimento del cantiere	6
3.4	Rilievi topografici	6
3.5	Lavorazioni preliminari	6
3.5.1	Demolizioni	7
3.5.2	Spostamento linee/impianti percolato e biogas	8
3.6	Scavi.....	8
3.6.1	Generalità	8
3.6.2	Scavi di sbancamento	8
3.6.3	Scavi di fondazione o a sezione obbligata.....	9
3.6.4	Norme nell'esecuzione degli scavi.....	10
3.7	Materiali di risulta.....	12
3.8	Formazioni di piste, rampe di accesso e rilevati in genere	12
3.9	Ritombamento degli scavi.....	14
4.	ARGILLA	15
4.1	Composizione	15
4.2	Provenienza.....	15
4.3	Prove di qualificazione	16
4.4	Cave di prestito e fornitura	17
4.4.1	Apertura e/o sfruttamento cave di prestito	17
4.4.2	Depositi intermedi di accumulo del materiale di cava	17
4.5	Prove di controllo sul materiale approvvigionato in cantiere	17

4.6	Posa in opera dello strato minerale	18
4.6.1	Piano di posa.....	18
4.6.2	Provenienza del materiale	19
4.7	Modifiche delle modalità di posa dello strato minerale.....	19
4.8	Stesura del materiale dello strato impermeabile	20
4.8.1	Norme generali	20
4.8.2	Programma di stesura del materiale	20
4.8.3	Smaltimento provvisorio delle acque meteoriche	21
4.8.4	Approvazione.....	21
4.8.5	Operazioni di stesura	21
4.8.6	Umidificazione	22
4.8.7	Condizioni climatiche	22
4.8.8	Tolleranze plano-altimetriche	22
4.8.9	Protezione dello strato completato	23
4.9	Mezzi di compattazione	23
4.9.1	Prescrizioni limite.....	23
4.9.2	Operazioni di compattazione.....	23
4.10	Prove di controllo da effettuarsi in fase di stesura dello strato minerale	24
4.10.1	Prove di controllo prima della compattazione	24
4.10.2	Prove di controllo dopo la compattazione	24
4.10.3	Valori di riferimento.....	26
4.11	Rapportini.....	26
4.12	Verifica finale	27
5.	STRATI DRENANTI.....	28
5.1	Provenienza dei materiali	28
5.2	Utilizzo del materiale	29
5.2.1	Strato di drenaggio del biogas corticale	29
5.2.2	Strato di drenaggio delle acque di infiltrazione.....	29
5.3	Accettazione dei materiali.....	29
5.4	Posa in opera dello strato minerale	30
5.4.1	Stesura del materiale	30
5.4.2	Controlli in corso d'opera	30

6.	TERRENO VEGETALE	31
6.1	Caratteristiche del materiale	31
6.2	Formazione dello strato di copertura superficiale.....	32
6.2.1	Modalità di esecuzione	32
6.2.2	Semina di specie erbacee	33
6.2.3	Depositi intermedi di accumulo del materiale	34
6.2.4	Verifica tolleranze piano – altimetriche e accettazione.....	34
6.2.5	Modalità e mantenimento	35
6.2.6	Accettazione e controlli in corso d'opera	35
7.	GEOSINTETICI	36
7.1	Caratteristiche dei materiali	36
7.1.1	Resistenza a taglio di interfaccia	36
7.1.2	Normativa di riferimento	36
7.2	Controlli in fase di qualificazione	37
7.2.1	Geosintetico con funzione di protezione del dreno	38
7.2.2	Geosintetico con funzione di protezione della geomembrana	39
7.2.3	Geogriglie	40
7.2.4	Nota generale sui valori della resistenza caratteristica nominale	40
7.2.5	Geomembrana in HDPE.....	43
7.2.6	Biostuoia.....	44
7.3	Posa in opera	45
7.3.1	Referenze del produttore.....	45
7.3.2	Istruzioni di fornitura, trasporto e stoccaggio	45
7.3.3	Verifica del materiale approvvigionato in cantiere	45
7.3.4	Manutenzione della superficie di posa.....	48
7.3.5	Posizionamento dei teli in opera.....	48
7.3.6	Controlli in corso d'opera	52
8.	GABBIONI IN PIETRAMME	56
8.1	Prescrizioni generali.....	56
8.2	Caratteristiche Tecniche.....	57
8.2.1	Filo.....	57
8.2.2	Materiale di riempimento	57

8.3	Modalità di esecuzione	58
9.	TUBAZIONI IN HDPE.....	59
9.1	Caratteristiche del materiale	59
9.1.1	Lisce e piene per il convogliamento di liquidi	59
9.1.2	Lisce e fessurate per il drenaggio di liquidi	60
A.1.1	Lisce e piene per il trasporto del biogas	60
9.2	Marcatura	61
9.3	Criteri di accettazione del materiale.....	62
9.4	Posa in opera del materiale.....	63
9.4.1	Trasporto.....	63
9.4.2	Carico, scarico e movimentazione.....	63
9.4.3	Accatastamento dei tubi.....	63
9.4.4	Conservazione di raccordi, valvole e pezzi speciali.....	64
9.4.5	Modalità e procedura di posa in opera	65
9.5	Collaudo idraulico per tubazioni in pressione	78
9.5.1	Collaudo tradizionale.....	78
9.5.2	Collaudo aggiornato	79
9.6	Normativa di riferimento	81
10.	ELEMENTI PREFABBRICATI DI CALCESTRUZZO ARMATO E/O PRECOMPRESSO.....	82
10.1	Posa in opera	83
10.2	Elementi prefabbricati previsti a progetto.....	84
10.2.1	Pozzetti	84
10.2.2	Canale di gronda	84
10.2.3	Embrici	84
10.2.4	Canale con grigliato	84
10.3	Appoggi	85
10.4	Montaggio	85
10.5	Controlli in fase di accettazione.....	86
11.	CALCESTRUZZI	87
11.1	Caratteristiche dei materiali.....	87
11.1.1	Cementi	87
11.1.2	Aggiunte	89

11.1.3	Aggregati	91
11.1.4	Acqua di impasto	92
11.1.5	Additivi	92
11.1.6	Acciaio	94
11.2	Caratteristiche del calcestruzzo allo stato fresco e indurito	101
11.2.1	Le classi di resistenza	101
11.2.2	Reologia degli impasti e granulometria degli aggregati	101
11.2.3	Rapporto acqua/cemento	102
11.2.4	Lavorabilità	103
11.2.5	Acqua di bleeding	104
11.2.6	Contenuto d'aria	104
11.2.7	Prescrizioni per la curabilità	105
11.2.8	Tipi di conglomerato cementizio	105
11.3	Qualifica del conglomerato cementizio	106
11.4	Posa in opera del calcestruzzo	108
11.4.1	Tolleranze esecutive	110
11.4.2	Casseforme	110
11.4.3	Getti faccia a vista	113
11.5	Stagionatura	113
11.6	Controlli in corso d'opera	114
11.7	Controlli supplementari della resistenza a compressione	118
11.7.1	Carotaggi	118
11.7.2	Zona di prelievo	118
11.8	Prove di carico	118
11.9	Calcestruzzi utilizzati	119
11.9.1	XC3	119
12.	CARPENTERIA METALLICA	122
12.1	Certificati dei materiali ferrosi	123
12.2	Prefabbricazione	123
12.2.1	Zincatura di profilati metallici	123

1. PREMESSA

Il presente Capitolato speciale d'Appalto ha per oggetto la realizzazione della prima parte della "**Discarica per rifiuti non pericolosi**" (classificazione ai sensi del D.Lgs. 36/03) esistente e funzionante sita in Località **Fosso Mabiglia**, nel Comune di Cingoli, in Provincia di Macerata.

Le opere da realizzare possono riassumersi come di seguito indicato:

- sistema di copertura definitiva, mediante la posa in opera di strati di materiali naturali e geosintetici;
- impianti per la gestione delle acque meteoriche;
- impianti per la gestione del biogas;
- riassetto vegetativo.

2. CONDIZIONI GENERALI DI ACCETTAZIONE DEI MATERIALI

I materiali da impiegare per i lavori qui in oggetto dovranno essere conformi a quanto stabilito nelle leggi e regolamenti ufficiali vigenti in materia e nei successivi articoli; in mancanza di prescrizioni particolari dovranno essere delle migliori qualità esistenti in commercio.

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

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

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

I controlli di qualificazione in fase di approvvigionamento dovranno essere realizzati a cura dell'Impresa Appaltante, mentre quelli in fase di realizzazione delle opere, per quanto riguarda le terre, potranno essere curati mediante l'allestimento di un laboratorio da campo o in alternativa potranno essere affidati ad un laboratorio gradito alla Committente, purché le prove in sito o il prelievo dei campioni siano effettuati tempestivamente ai fini di garantirne la rappresentatività e purché sia assicurato il rispetto del crono programma.

Le altre prove di controllo in corso d'opera rimangono a carico dell'Impresa e dovranno essere eseguite da un laboratorio (ufficiale quando previsto dalla legge) di gradimento della Committente e della Direzione Lavori.

L'accettazione dei materiali da parte del Direttore dei Lavori non riduce le responsabilità dell'Impresa, che resta totalmente responsabile della riuscita delle opere anche per quanto può dipendere dai materiali stessi.

L'Impresa sarà obbligata a prestarsi in tempo alle prove dei materiali impiegati o da impiegare, sottostando a tutte le spese per il prelievo, la formazione dei campioni, le analisi di campo o l'invio degli stessi ad istituti specializzati indicati dalla Committente, nonché per le corrispondenti prove ed esami.

Il prelievo dei saggi e/o campioni per le prove prescritte avverrà in contraddittorio e dell'operazione dovrà essere redatto apposito verbale con tutte le indicazioni utili

ad individuare univocamente i prelievi effettuati, la loro conservazione e la loro autenticità che dovrà essere garantita, secondo i casi, da punzonature e/o sigilli e/o fotografie.

Le diverse prove ed esami sui campioni potranno venire effettuate sia presso il laboratorio di campo sia presso laboratori ufficiali esterni.

I risultati ottenuti in tali laboratori di fiducia del Committente saranno i soli riconosciuti validi dalle due parti e ad essi esclusivamente si farà riferimento a tutti gli effetti del presente appalto.

2.1 Laboratorio di campo

Nel caso in cui l'Impresa Appaltante decida di allestire un laboratorio di campo, detto laboratorio sarà costituito da un edificio prefabbricato dotato di corrente elettrica (2 kW) ed acqua corrente, da utilizzarsi per l'esecuzione delle prove previste di accettazione e controllo terre.

L'Impresa dovrà consentire alla Direzione Lavori ed ai Collaudatori di verificare in tempo reale la qualità e le caratteristiche dei materiali impiegati, prima e dopo la loro messa in opera nel corso dei lavori.

La frequenza e la tipologia di prove sono da considerarsi un limite superiore che potrà essere soggetto a variazioni in meno in funzione della provenienza dei materiali e della loro messa in opera a discrezione della D.L. in accordo con il Collaudatore e gli Enti di controllo.

2.2 Caratteristiche dei materiali

I materiali da impiegare nei lavori dovranno corrispondere ai requisiti di seguito fissati. La scelta di un tipo di materiale nei confronti di un altro, o fra diversi tipi dello stesso materiale, sarà fatto di volta in volta in base al giudizio del Direttore dei Lavori il quale, per i materiali da acquistare, si assicurerà che provengano da produttori di provata capacità e serietà.

2.3 Classificazione dei terreni

I terreni vengono qualificati e classificati secondo la norma HRB-AASHTO (ASTM D3282-92, ripresa nella UNI 10006:2002 "Costruzione e manutenzione delle strade, tecniche di impiego delle terre").

Ai fini della presente si distinguono:

- materiale sciolto (comprende terreni, terre, sabbia e materiali sciolti di piccola pezzatura in generale, nonché le rocce profondamente alterate, oppure diaclasate, fratturate e fessurate. Lo scavo può essere effettuato con il normale impiego di mezzi meccanici senza richiedere l'uso del martellone. I trovanti di volume sino a 1,00 m³ in sbancamenti saranno pure considerati in questa categoria);
- roccia (comprende in generale tutti quei materiali litici, duri e compatti il cui scavo viene effettuato mediante l'utilizzo di martelloni o ricorrendo all'uso di esplosivi. I trovanti di volume superiore a 1,00 m³ in sbancamenti saranno pure considerati in questa categoria).

3. MODALITA' DI ESECUZIONE DEI LAVORI

3.1 Pulizia preliminare dell'area

Tutte le aree interessate da lavori di movimentazione del terreno (ad esempio strade di accesso, scavi, rilevati, depositi di materiali, etc.) dovranno essere ripuliti ed approntati adeguatamente a cura dell'Appaltatore.

La superficie di lavoro dovrà essere sgomberata da tutti gli oggetti estranei quali strutture varie, resti vegetali (ceppi, radici, arbusti e sterpaglie), materiali di scarico e rifiuti provvisoriamente accumulati, rinvenuti alla consegna del cantiere.

Sarà a cura e spese dell'Appaltatore l'allontanamento e lo smaltimento di tutto il materiale rinvenuto, salvo diversamente specificato dalla Committente.

3.2 Preparazione dell'area: diserbamento e scotico

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

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

Nell'esecuzione dei lavori, l'Appaltatore dovrà attenersi a quanto segue:

- il diserbamento e lo scotico del terreno dovranno sempre essere eseguiti prima di realizzare qualsiasi scavo e/o rilevato;
- tutto il materiale vegetale (inclusi ceppi e radici) dovrà essere completamente rimosso, alterando il meno possibile la consistenza originaria del terreno in sito;
- il materiale scotico, se riconosciuto idoneo dalla Direzione Lavori e previo ordine di servizio, potrà essere utilizzato per il rivestimento delle scarpate; diversamente, il materiale dovrà essere trasportato a discarica;
- è comunque vietata categoricamente la posa in opera di tale materiale per la costruzione di rilevati;
- lo scotico viene stabilito alla quota di 20 cm al di sotto del piano campagna e sarà ottenuto praticando i necessari scavi di sbancamento, tenuto conto della natura e consistenza delle formazioni costituenti il terreno.

Il terreno proveniente dalle operazioni di scotico eccedenti le quantità necessarie alle successive lavorazioni deve essere allontanato dal Cantiere a cura e spese dell'Appaltatore, che provvederà al suo smaltimento in luogo idoneo, in conformità alla normativa vigente in materia.

3.3 Allestimento del cantiere

All'interno dell'area di lavoro sarà allestito un cantiere, completo di tutto il necessario e a norma di legge (secondo le indicazioni riportate nel PSC).

A tal fine l'Appaltatore predisporrà il cantiere provvedendo alla preparazione delle aree, alla loro recinzione, alla fornitura ed allestimento degli impianti fissi necessari all'esecuzione dei lavori, alle eventuali baracche di cantiere, all'allaccio ed alla distribuzione di acqua, forza elettromotrice, ecc. che dovessero asservire alle lavorazioni.

A fine lavori, l'Appaltatore provvederà alla rimozione di tutte le attrezzature, allo smantellamento delle aree di cantiere effettivamente utilizzate, alla rimozione di tutti gli scarti di lavorazione e degli eventuali materiali residui, ed al ripristino dei luoghi.

3.4 Rilievi topografici

I rilievi topografici dell'area di intervento dovranno essere effettuati appoggiandosi ai capisaldi di stabilimento, dopo la verifica puntuale degli stessi.

Le coordinate di tali capisaldi saranno fornite dalla Committente prima dell'inizio dei lavori.

Sarà onere dell'Appaltatore, prima della cantierizzazione degli interventi, eseguire un rilievo aggiornato. In assenza di tale rilievo, è inteso che l'Appaltatore accetta il rilievo fornito dalla Committente, che costituirà la base per la contabilità dei lavori.

3.5 Lavorazioni preliminari

Nell'area sono presenti manufatti e strutture (pozzi, pozzetti, tubazioni, cavidotti, etc.) di cui potrà essere necessaria la demolizione o la riallocazione.

3.5.1 Demolizioni

In generale, per quanto riguarda le demolizioni, sarà a carico dell'Appaltatore tutto quanto necessario per garantire che le operazioni siano effettuate a regola d'arte (specifiche, attrezzature, accorgimenti operativi).

Ove sia necessario, l'Appaltatore è obbligato ad accertare, con la massima cura, la struttura ed ogni elemento che deve essere demolito sia nel suo complesso sia nei particolari in modo da conoscerne la natura, lo stato di conservazione e le tecniche costruttive.

L'Appaltatore potrà intraprendere le demolizioni in ottemperanza alle norme di cui agli artt. da 71 a 76 del D.P.R. gennaio 1956 n. 164, e comunque a norma delle vigenti leggi sulla sicurezza sul lavoro, con i mezzi che riterrà più opportuni, previa approvazione della Direzione Lavori.

In particolare, per quanto riguarda il personale e le attrezzature, l'Appaltatore dovrà osservare, oltre a quelle contenute nei piani di sicurezza, le seguenti prescrizioni:

- il personale addetto alle demolizioni dovrà avere preparazione e pratica specifiche, sia per quanto riguarda l'esecuzione dei lavori sia per quanto riguarda l'individuazione tempestiva di possibili situazioni di pericolo;
- l'attività del personale impiegato dovrà essere sottoposta all'autorità di un caposquadra;
- saranno da preferire mezzi di demolizione a percussione montati su bracci di escavatori o gru semoventi.

La zona interessata dai lavori dovrà essere delimitata con particolare cura; in corrispondenza dei passaggi dovranno essere collocate opportune opere per proteggere i passaggi stessi.

Se in zona sono presenti condotti elettrici, tubazioni per il trasporto di fluidi (acqua, percolato) si dovranno interrompere i flussi. A tal fine l'Appaltatore dovrà prendere direttamente accordi con la Direzione della discarica.

I materiali metallici dovranno essere separati dai materiali lapidei generati dalle demolizioni; entrambi saranno accantonati in luoghi indicati dalla Committente.

Preliminarmente all'inizio dei lavori, dovranno quindi essere effettuate alcune lavorazioni propedeutiche che permetteranno di svincolare gli impianti funzionali

alla gestione del sito da eventuali condizionamenti dovuti all'esecuzione delle opere e di liberare le aree del cantiere, di seguito descritte.

3.5.2 Spostamento linee/impianti percolato e biogas

Di norma, tutte le linee esistenti, sia del biogas sia del percolato, interferenti con le opere in progetto saranno dismessi a cura della Committente, mentre la loro rimozione resta a carico dell'Appaltatore.

Le tubazioni di connessione tra le zone a monte e gli impianti a valle dovranno essere spostate in posizione non interferente con le attività di cantiere, con modalità e tempistiche che saranno concordate con la Committente.

3.6 Scavi

3.6.1 Generalità

Si definisce "scavo" ogni movimentazione di masse di terreno dal sito originario finalizzata alla formazione di strutture quali fondazioni, canalizzazioni, argini di vario tipo e funzione, etc.

Il materiale di scavo, salvo casi eccezionali, è costituito da materiale sciolto.

Gli scavi possono essere eseguiti a mano e/o con mezzi meccanici e si distinguono in:

- scavi di sbancamento;
- scavi di fondazione.

Le superfici finali devono essere sagomate e le scarpate profilate come indicato negli elaborati grafici di progetto.

3.6.2 Scavi di sbancamento

Sono così denominati i movimenti di terreno, occorrenti per lo spianamento o sistemazione del terreno su cui dovranno sorgere le costruzioni, (superfici di appoggio, piani di imposta di fondazioni, vespai, rampe incassate o trincee stradali, etc.) e in generale tutti quelli eseguiti a sezione aperta su vasta

superficie ove sia possibile l'allontanamento delle materie di scavo evitandone il sollevamento, sia pure con la formazione di rampe provvisorie, ecc.

Saranno pertanto considerati scavi di sbancamento anche quelli che si trovino al di sotto del piano di campagna, o del piano stradale di progetto (se inferiore al primo) quando gli scavi rivestano i caratteri sopra accennati.

3.6.3 Scavi di fondazione o a sezione obbligata

Sono così denominati gli scavi chiusi da pareti (di norma verticali o subverticali) e a parete ristretta, riproducenti il perimetro dell'opera, necessari per dar luogo a muri, trincee, tubazioni, condotte di qualsiasi natura, fossi, cunette, etc.

Gli scavi di fondazione vengono anche denominati scavi a sezione obbligata.

Gli scavi di fondazione dovranno essere eseguiti fino alle quote previste da progetto. Qualora si riscontrassero situazioni particolari, la Direzione Lavori si riserva piena facoltà di variare le quote nella misura che reputerà più conveniente, senza che ciò possa dare all'Appaltatore motivo alcuno di fare eccezioni o domande di speciali compensi, avendo soltanto diritto al pagamento del lavoro eseguito.

I piani di fondazione dovranno essere generalmente orizzontali, ma per quelle opere che cadono sopra falde inclinate, a richiesta della Direzione Lavori, dovranno essere realizzati a gradini ed anche con determinate contropendenze; le pareti saranno verticali od a scarpa a seconda delle prescrizioni della Direzione Lavori.

Ove ragioni speciali non lo vietino, gli scavi di fondazione potranno essere eseguiti anche con pareti a scarpa di pendenza minore a quella prescritta dalla Direzione Lavori ma, in tal caso, non sarà pagato il maggiore scavo di fondazione e di sbancamento eseguito di conseguenza.

È vietato all'Appaltatore, sotto pena di demolire il già fatto, di porre mano ai getti prima che la Direzione Lavori abbia verificato ed accettato i piani delle fondazioni.

L'Appaltatore dovrà provvedere, a sua cura e spese, al riempimento con materiali idonei dei vuoti residui degli scavi di fondazione rimasti intorno alle murature ed ai necessari costipamenti sino al primitivo piano del terreno o a quota di progetto, previa approvazione della Direzione Lavori.

Agli scavi di fondazione si applicheranno le prescrizioni del D.M. 14/01/2008 e successivi aggiornamenti.

Gli scavi di fondazione verranno considerati scavi subacquei solo se eseguiti a profondità maggiore di 20 cm sotto il livello costante a cui si stabilizzano le acque eventualmente esistenti nel terreno.

3.6.4 Norme nell'esecuzione degli scavi

Nell'esecuzione degli scavi (di sbancamento e di fondazione), l'Appaltatore dovrà scrupolosamente rispettare le prescrizioni e farsi carico degli oneri di seguito elencati a titolo descrittivo e non limitativo.

L'Appaltatore dovrà profilare le scarpate degli scavi con le inclinazioni previste in progetto e comunque appropriate, in relazione alla natura e alle caratteristiche fisico-meccaniche del terreno; inoltre dovrà rifinire il fondo e le pareti dello scavo non provvisoriale secondo le quote e le pendenze di progetto.

L'Appaltatore dovrà prendere tutte le precauzioni possibili ed usare i metodi di scavo più idonei allo scopo di evitare sfornellamenti e smottamenti oltre le linee di scavo indicate o ricavabili nei disegni di progetto.

Qualsiasi smottamento, movimento di massi o terra che si verifichino nelle aree di scavo comporterà l'onere della rimozione del materiale da parte dell'Appaltatore.

Nel caso in cui il fondo risultasse smosso, l'Appaltatore dovrà compattare detto fondo secondo quanto previsto in progetto.

Se negli scavi si dovessero superare i limiti di progetto, non si terrà conto del maggior lavoro eseguito dall'Appaltatore e lo stesso, a sua cura e spese, dovrà ripristinare i volumi scavati in eccesso utilizzando materiali e mezzi idonei.

Comunque, la Direzione Lavori avrà sempre facoltà, a suo insindacabile giudizio, di stabilire la sospensione e la limitazione dello scavo se lo riterrà necessario per la stabilità delle scarpate, specialmente nei periodi di pioggia.

Tutte le cautele necessarie (indagini preliminari, sondaggi, scavi campione, etc.) dovranno essere adottate dall'Appaltatore per evitare il danneggiamento di manufatti e reti interrate di qualsiasi natura; inclusa, ove necessario, la temporanea deviazione ed il tempestivo ripristino delle opere danneggiate o provvisoriamente danneggiate. L'Appaltatore dovrà inoltre recintare ed apporre opportuni sistemi di segnaletica alle aree di scavo.

L'Appaltatore, a sua cura e spese, dovrà provvedere con qualsiasi sistema idoneo (paratie, palancolate, sbadacchiature, puntellamenti, armature a cassa chiusa, etc.) al contenimento delle pareti degli scavi, in modo da proteggere contro ogni pericolo, gli operai, ed impedire ogni smottamento di materia durante l'esecuzione sia degli scavi che delle murature, in accordo a quanto prescritto negli elaborati di progetto ed in conformità alle norme di sicurezza e compensate con i prezzi relativi. Essa sarà la sola ed unica responsabile dei danni ai lavori, alle persone, alle proprietà pubbliche e private che potessero accadere per la mancanza o insufficienza di tali puntellazioni e sbadacchiature.

L'Appaltatore dovrà segnalare l'avvenuta ultimazione degli scavi, per eventuale ispezione da parte della Direzione Lavori, prima di procedere alle fasi di lavoro successive.

In caso di inosservanza, la Direzione Lavori potrà richiedere all'Appaltatore di rimettere a nudo le parti occultate, senza che questa abbia diritto al riconoscimento di alcun maggior onere o compenso.

Per l'esecuzione degli scavi e relativi trasporti di materiale, l'Appaltatore sarà libero di adoperare tutti quei sistemi, materiali, mezzi d'opera ed impianti che riterrà di sua convenienza, purché siano riconosciuti rispondenti allo scopo dalla Direzione Lavori e non siano pregiudizievoli per la buona riuscita ed il regolare andamento dei lavori.

I mezzi meccanici predisposti devono garantire la continuità e regolarità del lavoro. Allorché, in corso di lavoro, gli impianti di cantiere risultassero deficienti e/o comunque non rispondessero alle esigenze dei lavori in atto, l'Appaltatore è tenuto ad aumentarli, a modificarli e, se necessario, a sostituirli totalmente, e ciò a sue spese senza che possa invocare, a scarico di responsabilità, l'approvazione data e le eventuali modifiche suggerite dalla Direzione Lavori, né pretendere compensi e/o indennità di sorta oltre ai prezzi di contratto.

Nel caso in cui, a giudizio della Direzione Lavori, le condizioni nelle quali i lavori si svolgono lo richiedano, l'Appaltatore è tenuto a coordinare opportunamente la successione e l'esecuzione delle opere di scavo con altre attività previste in cantiere essendo gli oneri relativi compensati nei prezzi contrattuali.

3.7 Materiali di risulta

I materiali provenienti dagli scavi in genere saranno reimpiegati nell'ambito del cantiere (ad esempio per riempimenti di cavità), trasportati in aree di pertinenza della Committente o smaltiti in accordo alla normativa vigente secondo quanto indicato dalla Committente.

Tutti i materiali provenienti dagli scavi dovranno essere scaricati in condizioni palabili, altrimenti dovranno essere trattati e resi tali attraverso l'impiego di un impianto dedicato. Le piazzole per il trattamento dei fanghi eventualmente non palabili, saranno indicate dalla Committente e andranno gestite con tutti gli accorgimenti previsti per i materiali di risulta da scavi.

3.8 Formazioni di piste, rampe di accesso e rilevati in genere

L'Appaltatore dovrà procedere, alla realizzazione delle eventuali piste temporanee necessarie per l'esecuzione dei lavori secondo quanto previsto in progetto.

Nella formazione dei riporti e dei rilevati dovranno essere riservati agli strati superiori i materiali granulometricamente migliori, siano essi provenienti da scavi eseguiti nell'area o da cave di prestito.

I riporti dovranno avere scarpate regolari e spianate con i cigli ben allineati e profilati, compiendo, durante l'esecuzione dei lavori, le occorrenti ricariche o tagli, riprese e sistemazioni delle scarpate.

Prima di iniziare i lavori l'Appaltatore dovrà provvedere a stabilire esattamente sul terreno la posizione dell'opera a mezzo di picchetti saldamente infissi nel terreno, in accordo con le planimetrie fornite dalla Committente.

La posa in opera del materiale deve essere eseguita con regolarità per strati di spessore altezza massima finita non superiore a circa 30 cm, con modalità e attrezzature atte a evitare segregazione, brusche variazioni granulometriche e del contenuto d'acqua e fino all'ottenimento degli spessori richiesti dal progetto, così come indicato negli elaborati grafici.

Per evitare disomogeneità dovute alle segregazione che si può verificare durante lo scarico dai mezzi di trasporto, il materiale dovrà essere depositato subito a monte del posto d'impiego, per esservi successivamente riportato dai mezzi di stesa.

La granulometria dei materiali costituenti i rinterri o i rilevati dovrà essere il più omogenea possibile. In particolare, si dovrà evitare di porre in contatto strati di materiale a granulometria poco assortita e/o uniforme (tale, cioè, da produrre nello strato compattato un'elevata percentuale di vuoti), a strati di terre a grana più fine che, per effetto delle vibrazioni prodotte dai veicoli transitanti in aree limitrofe, possano penetrare nei vuoti degli strati sottostanti, provocando cedimenti per assestamento del corpo del rilevato.

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

Durante la costruzione dei rilevati occorre disporre in permanenza di apposite squadre e mezzi di manutenzione per rimediare ai danni causati dal traffico di cantiere oltre a quelli dovuti alla pioggia e al gelo.

Qualora si dovessero manifestare erosioni di sorta, l'Appaltatore dovrà provvedere al ripristino delle zone ammalorate a sua cura e spese.

Nel caso in cui si preveda un'interruzione dei lavori di costruzione di più giorni, l'Appaltatore è tenuta ad adottare ogni provvedimento per evitare infiltrazioni di acque meteoriche nel corpo del rilevato.

Se nel riporto dovessero avvenire cedimenti differiti, dovuti a carenze costruttive, l'Appaltatore è obbligata ad eseguire, a sua cura e spese, i lavori di ricarica.

Nel caso di sospensione prolungata della costruzione, alla ripresa delle lavorazioni la parte di riporto già eseguita dovrà essere ripulita dalle erbe e dalla vegetazione che vi si fosse insediata; inoltre lo strato superiore dovrà essere scarificato, praticandovi dei solchi, per il collegamento dei nuovi strati.

Si precisa che all'Appaltatore sarà riconosciuto solo il volume di riporto previsto dagli elaborati di progetto, rimanendo a sua cura e spese, la fornitura, la messa in opera e la compattazione di volumi maggiori di materiale.

3.9 Ritombamento degli scavi

Nel ritombamento degli scavi l'Appaltatore dovrà provvedere al carico dai cumuli di deposito, al trasporto, allo scarico e alla stesa a strati compattati sul luogo di destinazione.

Nell'eseguire la stesa degli strati l'Appaltatore dovrà seguire le seguenti prescrizioni:

- il materiale sarà posto in opera in strati di spessore proporzionato alla natura del materiale ed al mezzo costipante usato; comunque ogni strato dovrà avere uno spessore non superiore ai 30 cm di soffice e una pendenza, necessaria al rapido smaltimento delle acque meteoriche, non superiore al 3%;
- il materiale impiegato per ogni strato dovrà essere corretto, se necessario, mediante inumidimento con acqua erogata con adatto spruzzatore o mediante essiccamento od altri trattamenti;
- la compattazione dovrà essere eseguita con mezzi idonei ed adatti, quando il caso lo richiede, ad eseguire i costipamenti in aree ristrette. Essa dovrà essere eseguita procedendo dai bordi dell'area da compattare verso il centro;
- nella formazione dei riporti dovranno essere riservati agli strati superiori i materiali migliori disponibili, siano questi provenienti da scavi eseguiti nell'area di intervento o da cave di prestito esterne alla stessa.

4. ARGILLA

4.1 Composizione

Il materiale da utilizzarsi per la costruzione della copertura definitiva è costituito da argilla con granulometria all'interno dei limiti indicati in Tabella 4.1.

	VAGLIO ASTM N.				DIMENSIONI DEI GRANI
	4	40	80	200	< 0.002 mm
	PERCENTUALE PASSANTE				
Limite superiore	100	100	100	100	60
Limite inferiore	90	80	60	40	20

Tabella 4.1: Limiti granulometrici dell'argilla.

I limiti di Atterberg devono rispettare i seguenti valori:

- limite liquido LL: > 25%;
- limite plastico LP: non specificato;
- indice di plasticità IP: 15-45%.

Il materiale deve essere tale che, compattato secondo le prescrizioni di cui nei paragrafi seguenti, risulti avere le caratteristiche prescritte.

Inoltre deve essere privo di qualsiasi materia estranea quale terreno organico, piante, materiale di discarica e di qualsiasi altro tipo non idoneo alla costruzione dello strato.

È escluso l'impiego di materiale proveniente dal lavaggio degli inerti.

4.2 Provenienza

Il materiale naturale deve provenire da una o più cave di prestito proposte dall'Impresa ed approvate dalla Direzione Lavori.

Per ogni zona di provenienza del materiale naturale, l'Impresa deve eseguire un adeguato numero di sondaggi (almeno un sondaggio o pozzetto ogni 10'000 m³), avvertendo la Direzione Lavori sulla data di esecuzione in modo da consentire di assistere e fornendo la documentazione comprovante l'esecuzione degli stessi (stratigrafie, fotografie, relazione).

È compito dell'Impresa prelevare campioni nel corso dei sondaggi e/o dei pozzetti e fornire, tramite prove di qualificazione elencate nel Paragrafo 4.3, gli elementi necessari per l'approvazione del materiale naturale. I risultati delle prove effettuate dall'Impresa devono essere messi a disposizione della Committente e della Direzione Lavori che si riserveranno nel giro di 15 giorni di esprimere il parere favorevole o contrario, prima dell'inizio del trasporto del materiale in cantiere.

4.3 Prove di qualificazione

Per ogni campione di materiale naturale prelevato, l'Impresa deve fornire le seguenti prove necessarie per l'accettazione dello stesso:

- n. 1 misurazione dell'umidità naturale (in cava) (ASTM D2216);
- n. 1 analisi mineralogica;
- n. 1 analisi granulometrica per sedimentazione con aerometro (ASTM D422);
- n.1 limiti di Atterberg liquido e plastico (ASTM D4318);
- n. 1 prova di compattazione con il metodo ASTM Standard – metodo Proctor (ASTM D698) per la determinazione dei valori ottimali di umidità in funzione della densità (curve di compattazione);
- n. 1 prova di compattazione con il metodo ASTM Modificato – metodo Proctor (ASTM D1557) per la determinazione dei valori ottimali di umidità in funzione della densità (curve di compattazione);
- n. 3 prove di permeabilità sul materiale compattato con metodo ASTM Standard – metodo Proctor (ASTM D18130) a diversi contenuti d'acqua, tutte effettuate con gradiente idraulico i pari a 30 e pressione di confinamento efficace pari a 0.25 kg/cm^2 ;
- n. 3 prove di permeabilità sul materiale compattato con metodo ASTM Modificato – metodo Proctor (ASTM D18130) a diversi contenuti d'acqua, tutte effettuate con gradiente idraulico i pari a 30 e pressione di confinamento efficace pari a 0.25 kg/cm^2 .

I risultati delle prove devono essere consegnati alla Direzione Lavori e costituiscono parte integrante per l'approvazione degli strati di materiale messo in opera.

4.4 Cave di prestito e fornitura

4.4.1 Apertura e/o sfruttamento cave di prestito

Lo sfruttamento della cava di prestito e/o l'apertura di una nuova cava è a totale cura e spese dell'Impresa e precisamente:

- si assume tutti gli oneri relativi alla predisposizione e alla presentazione agli uffici competenti, nonché alla richiesta e all'ottenimento delle relative autorizzazioni;
- deve corrispondere le relative indennità ai proprietari delle cave;
- deve provvedere al sicuro e facile deflusso delle acque che si dovessero raccogliere nelle cave stesse, evitando ristagni e/o danni alle proprietà circostanti;
- deve sistemare convenientemente le scarpate, in osservanza anche alla normativa vigente.

Le cave di prestito devono essere coltivate nel rispetto delle vigenti norme di legge, secondo le previsioni di progetto ed in modo che, tanto durante la cavatura che a cavatura ultimata, non si abbiano a verificare condizioni pregiudizievoli per la salute e l'incolumità pubblica.

Le stesse condizioni di sicurezza devono essere garantite per le eventuali aree di stoccaggio e/o di lavorazione di cui l'Impresa, a sua cura e spese, dovesse avvalersi.

4.4.2 Depositi intermedi di accumulo del materiale di cava

L'Impresa può formare, su delle opportune aree in cantiere assegnate dalla Direzione Lavori o dalla Committente, dei depositi intermedi di accumulo di materiale per il riporto, se il recapito di tale materiale al cantiere dovesse procedere ad un ritmo più veloce della sua messa in opera. Il tempo di stoccaggio deve essere comunque il più breve possibile al fine di evitare la crescita di erbe ed arbusti lungo i depositi stessi.

4.5 Prove di controllo sul materiale approvvigionato in cantiere

Prima della compattazione, l'impresa deve prelevare campioni di materiale naturale portato in cantiere e/o accumulato temporaneamente, prima

che esso venga compattato per eseguire prove di controllo con frequenza indicata di seguito:

- n. 1 analisi granulometrica per sedimentazione con aerometro (ASTM D422) ogni 500 m³ di materiale;
- n.1 limiti di Atterberg (ASTM D4318) ogni 500 m³ di materiale;
- n.1 prova di compattazione con il metodo ASTM Standard – metodo Proctor (ASTM D698) per la determinazione dei valori ottimali di umidità in funzione della densità ogni 2000 m³,

Si vogliono verificare le caratteristiche di compattazione per poi confrontarle con i risultati delle prove di controllo che verranno effettuate sul materiale compattato.

I risultati delle prove devono essere consegnati alla Direzione Lavori e costituiscono parte integrante per l'approvazione degli strati di materiale messo in opera.

Il prelievo dei campioni, le analisi, l'approvazione della Direzione Lavori e la successiva compattazione deve avvenire in un arco di tempo ragionevolmente ristretto e comunque tale da far sì che le condizioni atmosferiche non alterino il grado di umidità del materiale. In caso negativo non si può procedere alla compattazione ma devono essere presi provvedimenti tali da riportare il materiale al grado di umidità voluto e le verifiche diano esito positivo.

La Direzione Lavori si riserva di chiedere una frequenza maggiore di prove nel caso in cui il materiale risulti poco omogeneo.

La Direzione Lavori deve essere avvertita quando avverranno tali prelievi, in modo da consentirle di assistere.

Inoltre si richiede la presenza in sito di un laboratorio da campo per l'esecuzione di prove di controllo sul materiale approvvigionato e la taratura delle procedure di posa in opera dello strato minerale.

4.6 Posa in opera dello strato minerale

4.6.1 Piano di posa

Il piano di posa appositamente preparato deve essere mantenuto in condizioni ottimali dall'Impresa che lo ha eseguito fino all'inizio delle operazioni di posa dello strato argilloso.

In particolare si deve evitare che le acque meteoriche si raccolgono su tale superficie, tramite l'impiego di apposite canalizzazioni perimetrali.

L'Impresa deve assolutamente evitare il formarsi di pozze d'acqua piovana prima di iniziare la posa dello strato impermeabile sulla superficie del piano di posa; se, nonostante le pendenze prescritte dal progetto, si verificassero ristagni d'acqua, vi si deve ovviare colmando con materiale di riporto le lievi depressioni che dovessero determinare tali ristagni.

È a cura e spesa dell'Impresa il trasporto a rifiuto di tutto il materiale di scarto.

Gli oneri relativi al campo prova, al carico, al trasporto, alla miscelazione, alla messa in opera ed alle relative prove di controllo dei materiali sono a cura e spese dell'Impresa che eseguirà l'impermeabilizzazione argillosa.

Non vengono compensati con voci di elenco prezzi, quindi l'Impresa deve tenerne conto nella formulazione dei prezzi relativi alle opere di progetto.

4.6.2 Provenienza del materiale

Il materiale argilloso deve provenire dalla cava scelta dall'Impresa e sul quale sono state precedentemente eseguite le prove di qualificazione.

4.7 Modifiche delle modalità di posa dello strato minerale

Le procedure di stesa, compattazione nonché di umidificazione, indicate nelle apposite specifiche dedicate a ciascuna lavorazione o concordate con la Direzione Lavori preventivamente alle operazioni di posa, possono essere variate dalla stessa Direzione Lavori in corso d'opera.

In ogni caso, se le prove di controllo effettuate in sito presso il campo prova non risultassero soddisfacenti, l'Impresa deve ripetere, a sua cura e spese, il campo prova e le relative prove, fino alla messa a punto di una metodologia di posa che permetterà di ottenere i risultati richiesti.

4.8 Stesura del materiale dello strato impermeabile

4.8.1 Norme generali

Nell'esecuzione delle operazioni di stesura del materiale, l'Impresa deve attenersi alle norme, leggi e regolamenti vigenti all'atto del lavoro.

Inoltre deve in ogni caso predisporre tutti gli accorgimenti necessari per assicurare l'incolumità degli operai, la perfetta riuscita dell'opera ed il rispetto dei tempi di esecuzione previsti dai programmi.

I mezzi meccanici predisposti per il lavoro devono essere ben proporzionati all'opera da eseguire ed essere dotati di una sufficiente riserva, atta a garantire la continuità e regolarità del lavoro.

Allorché, in corso di lavoro, gli impianti di cantiere risultino praticamente deficienti e comunque non rispondano alle esigenze dei lavori, l'Impresa è tenuta ad aumentarli, a modificarli e, se necessario, a sostituirli totalmente e ciò a sua cura e spese senza che Ella possa invocare, a scarico di responsabilità, l'approvazione data e le eventuali modifiche suggerite dalla Direzione Lavori, né pretendere compensi e/o indennità di sorta oltre ai prezzi di contratto.

Nel caso che, a giudizio della Direzione Lavori, le condizioni nelle quali i lavori si svolgono lo richiedano, l'Impresa è tenuta a coordinare opportunamente la successione e l'esecuzione delle opere di stesura del materiale con altre attività previste in cantiere, essendo gli oneri relativi compensati nei prezzi contrattuali.

Oltre all'osservanza delle prescrizioni impartite dalla Direzione Lavori, l'Impresa deve prendere, di sua iniziativa, tutte le disposizioni necessarie atte ad assicurare il buon andamento dei lavori, in modo che, ad opere compiuta, la superficie stesa e compattata risponda con perfetta esattezza al tracciato ed alle pendenze richieste dagli elaborati progettuali, e presenti un'accurata lavorazione, elemento indispensabile per la sua funzionalità.

4.8.2 Programma di stesura del materiale

Prima dell'esecuzione l'Impresa deve presentare alla Direzione Lavori una relazione dettagliata in cui indica i mezzi e le modalità di esecuzione dei lavori nonché il cronoprogramma dettagliato delle opere con gli avanzamenti previsti in

accordo con le richieste della Committente. Nell'esecuzione l'Impresa deve attenersi a tale programma, previamente approvato dalla Direzione Lavori.

È facoltà della Direzione Lavori disporre variazioni a tale programma, prima dell'inizio dei lavori e/o nel corso di essi.

Resta, in ogni caso, stabilito che il sistema dettato, ed in special modo la successione delle varie fasi di lavoro, deve essere rispondente alle migliori norme di esecuzione per lavori del genere, in relazione alle caratteristiche dei materiali utilizzati e al tempo stabilito per l'utilizzazione di tutte le opere connesse.

L'Impresa, tenuto conto del tempo concesso per l'esecuzione dei lavori, deve dare dimostrazione che i predisposti mezzi d'opera in genere sono largamente proporzionati per la razionale esecuzione dei lavori.

4.8.3 Smaltimento provvisorio delle acque meteoriche

Al fine di smaltire le acque piovane, sia dalla superficie dello strato impermeabile in formazione che dal piano di posa del medesimo, nell'intervallo di tempo precedente alla stesura degli strati successivi, devono essere realizzate canalette di raccolta perimetrali in modo tale da evitare ristagni o infiltrazioni oppure punti di raccolta dotati di elettropompe per l'allontanamento delle acque nel reticolo superficiale dell'impianto.

4.8.4 Approvazione

Il materiale di impermeabilizzazione può essere steso solo previa approvazione della superficie di imposta o dello strato precedente da parte della Direzione Lavori, in base alle prove di controllo descritte precedentemente eseguite dall'Impresa o facendone eseguire altre sempre a cura e spese dell'Impresa.

4.8.5 Operazioni di stesura

In linea di principio, ogni strato deve essere steso sulla massima superficie possibile compatibile con le lavorazioni, prima che inizi la compattazione.

La dimensione delle zolle di materiale di riporto non deve essere maggiore di 3 cm.

Ogni strato deve essere steso in modo uniforme affinché risulti, dopo la compattazione, uno spessore inferiore o uguale a 20 cm, oppure un eventuale

spessore minore precisato dalla Direzione Lavori e resosi necessario per ottenere il grado di compattazione e la permeabilità richiesti.

4.8.6 Umidificazione

Il materiale in opera, pronto per la compattazione, deve avere un contenuto d'acqua, come precisato precedentemente entro i limiti prefissati, definiti in fase di qualificazione del materiale.

A tale scopo l'Impresa deve provvedere ad aerare il terreno per asciugarlo o ad inumidirlo a secondo delle necessità.

4.8.7 Condizioni climatiche

Eventuali integrazioni del contenuto d'acqua devono essere definite tenendo conto delle condizioni atmosferiche, per evitare l'essiccamento dello strato appena messo in opera fino alla stesura di quello successivo.

In caso di pioggia in cantiere devono essere tenuti mezzi idonei che consentano di chiudere la superficie dello strato in lavorazione. Alla ripresa del lavoro la stessa superficie deve essere convenientemente erpicata provvedendo a rimuovere lo strato superficiale rammollito oppure tale materiale viene fatto essiccare in loco (se le condizioni climatiche lo consentono) fino ad ottenere il contenuto d'acqua previsto.

4.8.8 Tolleranze plano-altimetriche

Le tolleranze ammesse sono le seguenti:

- tolleranza altimetrica: ± 10 cm rispetto alla quota di progetto;
- tolleranza planimetrica: ± 25 cm rispetto all'ubicazione di progetto delle linee di posa.

Nel caso in cui non vengano rispettate le tolleranze plano-altimetriche, l'Impresa, a sua cura e spese, dovrà provvedere al riporto e al costipamento (compreso l'onere della fornitura) di materiale idoneo.

Il rilievo consentirà alla Direzione Lavori il controllo della superficie e il computo del volume dell'argine.

4.8.9 Protezione dello strato completato

Lo strato deve essere mantenuto in condizioni ottimali, in particolare evitando fessurazioni dovute alle condizioni climatiche o altro tipo di danneggiamento fino alla copertura con gli ulteriori strati di impermeabilizzazione previsti.

Tali attività di mantenimento (bagnatura, temporanea, etc.) sono a totale cura e spese dell'Impresa, le cui modalità devono essere concordate con la Direzione Lavori.

4.9 Mezzi di compattazione

Si devono impiegare rulli statici del tipo "a piede di pecora" e/o "a piastra" con peso non inferiore a 10 t (5 t per metro lineare di tamburo).

4.9.1 Prescrizioni limite

Le prescrizioni di cui sotto sono delle richieste minime. Il numero di passate del rullo e lo spessore degli strati deve essere determinato all'inizio dei lavori di compattazione mediante campo prova e verificato in base ai risultati conseguiti nel corso del lavoro; qualora le prove di densità in sito, eseguite a tale momento, provassero l'impossibilità di raggiungere la densità specificata con le prescrizioni limite, il numero di passate richiesto deve essere maggiore o lo spessore degli strati inferiore.

Non viene concesso alcun pagamento extra all'Impresa per il suo adeguamento a prescrizioni più restrittive di quelle limite.

TIPO DI STRATO	NUMERO DI PASSATE MINIMO
Strati impermeabilizzanti di spessore massimo 20 cm	6

4.9.2 Operazioni di compattazione

I rulli compattanti devono operare in maniera sistematica, su strisce parallele le più lunghe possibili, con una sovrapposizione non inferiore a 20 cm.

La velocità operativa dei rulli non deve superare 4 km/h.

Le operazioni di compattazione devono essere dirette da un capo squadra competente. È a sua cura la compilazione dei rapportini di cui al Paragrafo 4.11.

4.10 Prove di controllo da effettuarsi in fase di stesura dello strato minerale

4.10.1 Prove di controllo prima della compattazione

Dopo la stesa del materiale viene richiesta l'esecuzione delle seguenti prove con la frequenza indicata:

- controllo dimensione delle zolle ogni 500 m³ di materiale steso;
- controllo periodico del contenuto d'acqua del materiale (ASTM D2216) ogni 500 m³ per dare indicazioni all'Impresa per l'umidificazione o l'areazione del materiale.
- Tale controllo può essere richiesto dalla Direzione Lavori con frequenza giornaliera se le operazioni di compattazione non sono condotte in un tempo ragionevolmente ristretto dopo la fornitura del materiale tale che le condizioni atmosferiche alterino il grado di umidità dello stesso.

I valori di riferimento per le prove citate in precedenza sono:

- dimensione massima delle zolle: 3 cm;
- contenuto d'acqua: compreso nel campo di variazione definito dalle prove di qualificazione del materiale.

4.10.2 Prove di controllo dopo la compattazione

Dopo la compattazione del materiale viene richiesta l'esecuzione delle seguenti prove con la frequenza indicata:

Prove da effettuarsi in sito

- misurazione dello spessore degli strati e verifica dell'avvenuta compenetrazione degli stessi: minimo n 4 prove per ogni 10'000 m³ di materiale minerale posato;
- determinazione della densità (ASTM D1556 –metodo della sabbia calibrata, ASTM D2167 – volumometro a membrana) e del contenuto d'acqua (ASTM D2216): minimo n 4 prove per ogni 10'000 m³ di materiale minerale posato.

Le piccole cavità derivanti dall'asporto di materiale per le prove di densità (nel caso si utilizzi il metodo della sabbia calibrata) devono essere accuratamente liberate

dalla sabbia calibrata usata per la prova, ed intasate con argilla compattata manualmente.

Prove da effettuarsi in laboratorio

Prelievo dei campioni cubici da sottoporre alle seguenti prove:

- n. 1 prova di permeabilità sul materiale compattato con metodo ASTM Standard – metodo Proctor (ASTM D18130) effettuata con gradiente idraulico i pari a 30 e pressione di confinamento efficace pari a 0.25 kg/cm^2 , per ogni $5'000 \text{ m}^3$ di materiale minerale posato ($10'000 \text{ m}^3$ di materiale posato per la copertura finale), in corrispondenza delle prove di densità effettuate in sito;
- n. 1 prova di compressione edometrica (ASTM D2435) con determinazione diretta del grado di permeabilità a varie pressioni di confinamento per ogni $5'000 \text{ m}^3$ di materiale minerale posato ($10'000 \text{ m}^3$ di materiale posato per la copertura finale);
- n.1 prova di compressione triassiale UU (ASTM D2850) e CID (AGI 1994) alternativamente per ogni $5'000 \text{ m}^3$ di materiale minerale posato ($10'000 \text{ m}^3$ di materiale posato per la copertura finale);
- n.1 prova di taglio (ASTM D3080) su campioni provenienti dalle scarpate per ogni $5'000 \text{ m}^3$ di materiale minerale posato ($10'000 \text{ m}^3$ di materiale posato per la copertura finale).

Inoltre per ogni prova meccanica di cui sopra devono essere effettuate:

- n. 1 analisi granulometrica per sedimentazione con aerometro (ASTM D422);
- n.1 limiti di Atterberg (ASTM D4318).

I risultati delle prove devono essere consegnati alla Direzione Lavori e costituiscono parte integrante per l'approvazione degli strati di materiale messo in opera.

L'Impresa deve eseguire le prove in sito e di laboratorio in base alle procedure standard citate in precedenza ed alla frequenza richiesta, avvertendo sempre la Direzione Lavori quando avranno luogo le attività in sito in modo tale da consentirle di assistere.

La Direzione Lavori può richiedere, durante il lavoro, una frequenza maggiore delle analisi per un periodo di tempo ritenuto necessario per garantire la qualità della compattazione.

Si richiede la presenza di un laboratorio da campo in sito per l'esecuzione delle prove sul materiale messo in opera dopo la compattazione.

4.10.3 Valori di riferimento

Il materiale compattato in sito dovrà avere le seguenti caratteristiche:

- permeabilità in laboratorio $K \leq 5 \cdot 10^{-7}$ cm/s effettuate su campioni prelevati in sito;
- permeabilità in sito $k \leq 10^{-6}$ cm/s;
- coesione non drenata $c_u \geq 0.7$ kg/cm²;
- densità $\geq 95\%$ della densità ottimale della prova Proctor Standard;
- spessore minimo dello strato 1,00 m, riferito alle quote as-built del piano di posa, con variazioni ammesse in eccedenza di +10 cm (+5 cm nei pozzetti).

Tali limiti consentiranno di ottenere i requisiti di permeabilità e di resistenza richiesti nonché di impedire fessurazioni legate all'essiccazione del materiale steso in opera che potrebbero verificarsi anche adottando tutte le cautele descritte nei successivi capitoli.

Il materiale compattato dovrà anche verificare le ipotesi fatte ed i parametri assunti per le verifiche di stabilità sia in fase di costruzione che di coltivazione.

4.11 Rapportini

È a cura dell'Impresa compilare i seguenti rapportini, copia dei quali dovrà essere consegnata alla Direzione Lavori:

Frequenza giornaliera

- a. rapportini di stesura e di compattazione indicante data, inizio e termine delle operazioni di stesura e di compattazione, quota ed area delle zone in cui è stato steso del materiale ed in cui è stata effettuata la compattazione, volume di materiale compattato con indicazione del relativo numero di passaggi di rullo, temperatura massima e minima durante le operazioni di stesura;
- b. numero ed ubicazione planimetrica ed altimetrica delle prove di controllo eseguite durante la giornata.

Frequenza settimanale

Risultati delle prove di laboratorio e in sito.

Al termine della stesura dello strato minerale

Rapportino indicante:

- ubicazione del campo prova;
- dimensioni planimetriche, numero e spessore degli strati (indicando sia lo spessore del materiale sciolto che lo spessore finale compattato);
- metodo di compattazione impiegato (tipo e caratteristiche del rullo impiegato, numero dei passaggi del rullo e relativa velocità, umidità del materiale immediatamente prima dell'inizio della compattazione);
- risultati di tutte le prove in sito e di laboratorio effettuate su ciascuno strato con indicazione della ubicazione planimetrica del punto di prova o di prelievo.

4.12 Verifica finale

Al termine dei lavori l'Impresa deve essere effettuato, a cura e spese dell'Impresa, la verifica topografica dello spessore finale dello strato minerale impermeabile.

Tale verifica deve essere rappresentata tramite opportune planimetrie e sezioni quotate firmate da un tecnico abilitato.

5. STRATI DRENANTI

5.1 Provenienza dei materiali

Per la formazione di entrambi gli strati drenanti del pacchetto di copertura, sulla base delle indicazioni contenute negli elaborati del Progetto Esecutivo generale della copertura (rif. SGI: 07857-138E01) approvato con D.D. n° 209 del 17.05.2018 della Provincia di Macerata, è stato previsto l'utilizzo di materiale proveniente da cave o da impianti di recupero di rifiuti da costruzione e demolizione, incluse, quindi, le materie prime secondarie prodotte da impianti autorizzati al recupero (R5) delle macerie e degli altri rifiuti derivanti dal crollo degli edifici e delle attività di demolizione degli edifici pericolanti per la gestione dei quali Cosmari, con Decreto del soggetto attuatore sisma 2016 n. 93 del 9 febbraio 2017, è stato indicato come soggetto affidatario del servizio di "rimozione, trasporto, trattamento e successivo avvio a recupero o smaltimento".

Il materiale dovrà rispondere ai requisiti indicati nella Circolare del Ministero dell'Ambiente n° 5205 del 15.07.2015 (caratteristiche degli aggregati) con individuazione nella categoria A.5, ovvero: "Aggregato riciclato per la realizzazione di strati accessori aventi funzione anticapillare, antigelo, drenante, avente le caratteristiche riportate nell'allegato C.5".

Il materiale, che dovrà avere marcatura CE, dovrà rispondere ai seguenti requisiti:

- assenza di sostanze organiche;
- contenuto in fine (passante al vaglio 200 ASTM di apertura 0,0744 mm) < 15%;
- classe dimensione granulometrica: 0-25 mm;
- conducibilità idraulica: $\geq 1 \times 10^{-4}$ m/s.

Tali materiali verranno forniti da Cosmari; le caratteristiche sopra elencate sono quelle alle quali gli impianti di recupero debbono riferirsi in base agli accordi legati al trattamento delle macerie post-sisma.

5.2 Utilizzo del materiale

5.2.1 Strato di drenaggio del biogas corticale

Lo strato drenante deve avere uno spessore non inferiore a 50 cm e deve risultare esente da componenti instabili (gelive, tenere, solubili, etc.) e da resti vegetali.

5.2.2 Strato di drenaggio delle acque di infiltrazione

Lo strato drenante deve avere uno spessore non inferiore a 50 cm e deve risultare esente da componenti instabili (gelive, tenere, solubili, etc.) e da resti vegetali.

5.3 Accettazione dei materiali

Il materiale naturale dovrà provenire dai centri di recupero indicati da Cosmari. L'Appaltatore dovrà comunque eseguire un adeguato numero di sondaggi (almeno un sondaggio o pozzetto ogni 10'000 m³), avvertendo la Direzione Lavori sulla data di esecuzione in modo da consentire di assistere e fornendo la documentazione comprovante l'esecuzione degli stessi (stratigrafie, fotografie, relazione).

È compito dell'Appaltatore prelevare campioni nel corso dei sondaggi e/o dei pozzetti e fornire, tramite le prove di qualificazione elencate successivamente, gli elementi necessari per l'approvazione del materiale naturale. I risultati delle prove effettuate dovranno essere messi a disposizione della Committente e della Direzione Lavori, che si riserveranno di esprimere il parere favorevole o contrario entro 15 giorni, prima dell'inizio del trasporto del materiale in cantiere. In fase di scelta e qualificazione del materiale, le prove di controllo da effettuarsi sono:

- n.1 analisi granulometrica (ASTM D422);
- n.1 analisi di permeabilità (ASTM D5084) su campione ricostruito in laboratorio.

I risultati delle prove dovranno essere sottoposti alla Direzione Lavori per approvazione del materiale. Tutte le prove sono a cura e spese dell'Appaltatore.

5.4 Posa in opera dello strato minerale

5.4.1 Stesura del materiale

Le operazioni di posa devono essere eseguite adottando adeguate cautele per non danneggiare i geotessili di protezione ed il sottostante strato impermeabile.

5.4.2 Controlli in corso d'opera

5.4.2.1 Prove di controllo

In corso d'opera dovranno essere effettuate, alla frequenza indicata, le prove seguenti:

- n.1 analisi granulometrica (ASTM D422) per ogni 1'000 m³ di materiale posato;
- n.1 prova di permeabilità (ASTM D5084) per ogni 2'000 m³ di materiale posato;
- n.4 verifiche dello spessore anche con battute topografiche di precisione ogni 10'000 m².

Tutte le prove sono a cura e spese dell'Appaltatore.

5.4.2.2 Valori di riferimento

I risultati delle prove dovranno fornire risultati compatibili con le caratteristiche indicate ai paragrafi precedenti relativi alle caratteristiche del materiale.

6. TERRENO VEGETALE

6.1 Caratteristiche del materiale

Il materiale per la realizzazione della copertura superficiale dovrà essere terreno vegetale proveniente da cava di prestito o da altro sito approvato dalla D.L. e dalla Committente o essere recuperato nell'ambito del territorio limitrofo all'area d'intervento.

Secondo la norma UNI 10006, viene generalmente considerato terreno vegetale lo strato superficiale di ogni normale terreno, contenente sostanza organica ed interessato dalle radici delle piante.

Tale terreno dovrà avere caratteristiche chimico-fisiche analoghe o assimilabili a quelle delle coperture vegetali presenti nel sito, o in alternativa, dovrà essere compreso nella classe tessiturale dei terreni di medio impasto, dovrà essere in tempera, con una struttura glomerurale, una percentuale di scheletro compresa tra il 5% e il 10% un pH compreso tra 6,5 e 7,5; il contenuto in sostanza organica non dovrà essere inferiore al 1,5%.

Prima dell'inizio dei lavori, l'Appaltatore dovrà sottoporre all'approvazione del Committente il materiale che intende utilizzare per la realizzazione delle attività mediante l'esecuzione di analisi del suolo, eseguite secondo i metodi ed i parametri normalizzati pubblicati dalla Società Italiana della Scienza del Suolo (S.I.S.S.). I parametri da considerare nell'analisi sono:

- tessitura
- pH
- sostanza organica
- azoto totale
- fosforo assimilabile
- potassio scambiabile
- calcare attivo.

Il terreno vegetale dovrà risultare privo di pietre, legname (radici, rami e tronchi), che possano ostacolare le lavorazioni agronomiche del terreno stesso dopo la posa in opera. Inoltre il terreno dovrà essere privo di agenti patogeni e di sostanze tossiche per le piante.

Non è ammesso l'uso terreni contaminati da sostanze estranee quali macerie di laterizio calcestruzzi di recupero, materiali metallici, resinosi, plastici, legnosi, vernici, solventi, resine, idrocarburi, fanghi, olii, ecc.).

Nel caso in cui il terreno provenga da scotico superficiale di suoli ad uso agricolo, l'Appaltatore è tenuto a certificare tale provenienza e l'assenza di elementi dannosi con dichiarazione in forma scritta.

Il terreno vegetale da riportare dovrà avere caratteristiche chimico-fisiche conformi a quelle in tabella seguente.

CARATTERISTICHE	UNITÀ DI MISURA	VALORE OTTIMALE
Tessitura		Franco
Scheletro	%	5-10
pH	unità pH	6.5 ÷ 7.5
Conducibilità elettrica a 20° C	µS/cm	86
Carbonio organico	g/kg	1.9
Sostanza organica	%	1.5÷2.9
Calcare attivo	%	2÷5
Calcare totale	g/kg	110÷150
Fosforo assimilabile	ppm	11÷16
Azoto totale	g/kg	1÷1.5
Azoto assimilabile	mg/kg	2.8
Potassio	ppm	81÷141
Magnesio	ppm	101÷151
Capacità di scambio cationico (CSC)	meq/100 g	20÷30

Tabella 6.1: Caratteristiche del terreno vegetale

Le prove dovranno essere ripetute per ogni sito di provenienza del materiale; se la quantità da approvvigionare è superiore a 10'000 m³, si dovranno effettuare almeno 3 prove di controllo in punti diversi del sito.

Tutte le prove sono a cura e spese dell'Appaltatore.

6.2 Formazione dello strato di copertura superficiale

6.2.1 Modalità di esecuzione

Prima di iniziare i lavori l'Appaltatore dovrà provvedere a stabilire sul terreno l'esatta posizione dell'area dove andrà riportato il terreno vegetale, a mezzo di dispositivi segnalatori (termini) saldamente ancorati sulla superfici di posa del terreno, in accordo con gli elaborati di progetto.

Il terreno vegetale sarà riportato in giornate non piovose e con terreno in "tempera", avendo cura di operare con mezzi meccanici in modo tale da non alterare la struttura stessa del terreno. Inoltre, lo strato di terreno dovrà essere distribuito in avanzamento usando macchinari di piccole dimensioni a bassa pressione a terra, che mantengano costantemente uno spessore di materiale tra lo strato di chiusura e le proprie ruote. Il materiale verrà, quindi, trasportato nell'area esclusivamente con i mezzi di spandimento che provvederanno anche al suo costipamento, evitando l'ingresso nell'area dei mezzi di trasporto. Si esclude la compattazione con mezzi meccanici sovradimensionati per l'intervento, o altri mezzi equivalenti.

Il terreno vegetale, essendo riportato sopra il sistema di impermeabilizzazione di chiusura, dovrà essere sistemato in modo da presentare pendenze tali da garantire lo smaltimento delle acque meteoriche verso i punti di raccolta e smaltimento, come previsto negli elaborati di progetto.

6.2.2 Semina di specie erbacee

Successivamente a: riporto, stesura, livellamento e fresatura del terreno vegetale, sarà effettuato l'inerbimento mediante idrosemina, per dare una copertura vegetale al suolo; l'inerbimento consisterà nella distribuzione di un idoneo miscuglio di specie erbacee adatte all'ambiente pedoclimatico locale, al fine di garantire il maggior attecchimento e sviluppo vegetativo possibile.

Il quantitativo minimo di seme da impiegare sarà di 20 g/m², al quale verranno aggiunti, nel caso di inerbimento con coltre protettiva:

- 60 g/m² di concime chimico complesso ternario (N-P-K a titolo 12-12-12), di cui 40 g a lenta cessione e 20 g di pronto effetto;
- 50-70 g/m² di collanti vegetali e/o sintetici, comunque biodegradabili, per assicurare l'aderenza del seme e del concime al terreno;
- 130 g/m² di coltre protettiva ("mulch"), per la protezione dei semi e del suolo; si tratta di un formulato composto da fibre vegetali di piante seccate (paglia, fieno, cotone) e pasta di cellulosa, opportunamente sminuzzate e di lunghezza minima 2-3 cm e peso specifico 250 kg/m³ (prodotto pressato in balle).
- le percentuali dei singoli componenti la coltre protettiva saranno orientativamente le seguenti:

- | | |
|----------------------|------|
| o paglia | 50% |
| o fieno | 20% |
| o cotone | 15% |
| o pasta di cellulosa | 15%. |

Le confezioni delle sementi dovranno essere prodotte da ditte di nota esperienza e serietà, dovranno pervenire sigillate e con l'etichetta del fornitore dalla quale risulti il potere germinativo, la purezza, la scadenza e la certificazione E.N.S.E. - Italia (Ente Nazionale Sementi Elette).

Dopo la semina, per evitare la dispersione del seme ed avere maggiore probabilità di attecchimento, sarà necessaria la rullatura del terreno.

6.2.3 Depositi intermedi di accumulo del materiale

L'Appaltatore potrà formare, su delle opportune aree in cantiere assegnate dalla Direzione Lavori o dalla Committente, dei depositi intermedi di accumulo di materiale per il riporto, se il recapito di tale materiale al cantiere dovesse procedere ad un ritmo più veloce della sua messa in opera.

6.2.4 Verifica tolleranze piano – altimetriche e accettazione

L'Appaltatore dovrà eseguire, a sua cura e spese, un controllo plano-altimetrico (rilievo topografico) del rilevato, rilevando tutti i punti singolari di impluvi, displuvi e cambi di direzione, ed un numero sufficiente di punti nei piani inclinati da concordare con la Direzione Lavori.

Le tolleranze ammesse sono le seguenti:

- tolleranza altimetrica: ± 10 cm rispetto alla quota di progetto;
- tolleranza planimetrica: ± 25 cm rispetto all'ubicazione di progetto delle linee di posa.

Nel caso in cui non vengano rispettate le tolleranze plano-altimetriche, l'Impresa, a sua cura e spese, dovrà provvedere al riporto e al costipamento (compreso l'onere della fornitura) di materiale idoneo.

Il rilievo consentirà alla Direzione Lavori il controllo della superficie e il computo del volume del rilevato.

Dopo tali controlli la Direzione Lavori accetterà il rilevato effettuato, evidenziando eventuali difformità e gli oneri a carico dell'Impresa.

6.2.5 Modalità e mantenimento

L'Impresa dovrà mantenere, a sua cura e spese, le superfici in ottimo stato di conservazione fino all'esecuzione dell'attività successiva.

Tramite apposite canalette si impedirà la corrivazione e/o il ristagno sulle superfici preparate.

Sarà a cura e spesa dell'Impresa il trasporto a rifiuto di tutto il materiale di scarto.

6.2.6 Accettazione e controlli in corso d'opera

Sul terreno riportato, saranno eseguite analisi di laboratorio secondo i metodi ed i parametri normalizzati di analisi del suolo pubblicati dalla Società Italiana della Scienza del Suolo (S.I.S.S.). Il tipo di analisi di laboratorio sarà lo stesso eseguito in fase di accettazione.

In corso d'opera, le prove di controllo da effettuarsi saranno ripetute ogni 5'000 m² di materiale posato.

Tutte le prove sono a cura e spese dell' Appaltatore.

Qualora dalle suddette analisi di laboratorio e dai controlli eseguiti durante lo svolgimento delle attività descritte, dovesse risultare, a qualsiasi livello, un'esecuzione difettosa o una non conformità dei terreni riportati rispetto a quanto richiesto in specifica, la Committente potrà rifiutare il lavoro ed ordinare le opere ed i provvedimenti riparatori.

Altri controlli potranno essere prescritti dalla Committente, se ritenuti necessari. Tutti gli oneri connessi ai controlli, ordinari ed integrativi, e gli eventuali rifacimenti saranno a totale carico dell'Appaltatore.

7. GEOSINTETICI

7.1 Caratteristiche dei materiali

In questo capitolo si riportano le indicazioni valide per tutti i geosintetici impiegati nell'ambito dell'Appalto.

7.1.1 Resistenza a taglio di interfaccia

Per garantire la stabilità e la funzionalità del sistema di copertura è necessario che i materiali geosintetici che lo compongono siano in grado di fornire, oltre ad adeguati valori di resistenza a trazione, anche adeguati valori di resistenza all'interfaccia.

Per questo motivo, sarà necessaria e richiesta al fine di ottenere l'accettazione dei materiali l'effettuazione di prove di resistenza a taglio di interfaccia per le seguenti interfacce:

- terreno vegetale – geogriglia di rinforzo;
- argilla – geomembrana in HDPE.

Le prove di interfaccia dovranno essere eseguite con la procedura di taglio diretto, come meglio specificato nei paragrafi seguenti.

7.1.2 Normativa di riferimento

Salvo ove diversamente specificato, i parametri di interesse per valutare l'idoneità dei materiali dovranno essere riferiti alle prove di seguito elencate.

- EN ISO 9864 "Geosynthetics - Test method for the determination of mass per unit area of geotextiles and geotextile-related products";
- EN ISO 9863-1 "Geosynthetics - Determination of thickness at specified pressures -- Part 1: Single layers";
- EN ISO 10319 "Geosynthetics -- Wide-width tensile test";
- EN ISO 12236 "Geosynthetics -- Static puncture test (CBR test)";
- EN ISO 13433 "Geosynthetics -- Dynamic perforation test (cone drop test)";
- EN ISO 11058 "Geotextiles and geotextile-related products -- Determination of water permeability characteristics normal to the plane, without load";

- EN ISO 12956 "Geotextiles and geotextile-related products -- Determination of the characteristic opening size";
- EN ISO 10320 "Geotextiles and geotextile-related products - Identification on site";
- EN ISO 12957-1 "Geosynthetics – Determination of friction characteristics – Part 1: Direct shear test".

Di tali norme è generalmente disponibile anche la corrispondente versione in Italiano (UNI EN ISO).

7.2 Controlli in fase di qualificazione

L'Appaltatore dovrà fornire alla Direzione Lavori una documentazione contenente le certificazioni del Produttore, le schede tecniche del materiale, i risultati di eventuali controlli di qualità e, per ciascun rotolo, il Certificato comprovante la Marcatura CE, e sarà responsabile del prodotto approvvigionato.

Tale documentazione insieme ad un campione del materiale verrà sottoposto alla Committente per accettazione.

L'Appaltatore dovrà consentire e fare in modo che la Direzione Lavori possa visitare ed ispezionare in qualsiasi momento la produzione dei geosintetici.

La Direzione Lavori si riserva il diritto di chiedere campioni del materiale tal quale allo scopo di provarli in proprio; ciò senza sollevare l'Appaltatore dalla responsabilità di campionare e provare secondo quanto prescritto nella presente specifica.

Le caratteristiche dei materiali dovranno risultare conformi a quelle riportate nelle rispettive tabelle ai paragrafi seguenti.

7.2.1 Geosintetico con funzione di protezione del dreno

Il geosintetico da impiegare con funzione di protezione dello strato di drenaggio superiore dovrà essere del tipo tessuto e dovrà essere conforme alle caratteristiche tecniche e prestazionali riportate nella seguente tabella; inoltre dovrà essere:

- resistente ad agenti chimici presenti nel terreno;
- resistente alle sollecitazioni meccaniche;
- inattaccabile da microrganismi, insetti, muffe e roditori;
- imputrescibile;
- resistente all'invecchiamento.

Il prodotto dovrà essere certificato secondo le norme ISO 9001 ed essere conforme ai requisiti della direttiva CE come materiale da rinforzo (R).

Oltre che impedire la compenetrazione del materiale più grossolano in quello più fine, il geosintetico con funzione di separazione e rinforzo dovrà fornire adeguata resistenza a trazione. In quest'ottica, il prodotto potrà essere costituito da un geotessile, del tipo 'non tessuto' oppure 'tessuto', eventualmente unito ad un elemento di rinforzo che potrà essere cucito o incollato al geotessile in maniera tale che i due materiali costituiscano un unico elemento ovvero sia la connessione tra i due materiali non deve rappresentare un elemento di debolezza per la stabilità della copertura.

Nella Tabella 7.1 seguente sono riportate le principali caratteristiche nominali minime che il geosintetico da utilizzare dovrà possedere.

Tabella 7.1: Caratteristiche minime del geosintetico di separazione rinforzato

CARATTERISTICHE	NORMA	UNITÀ DI MISURA	VALORI DI RIFERIMENTO
Massa areica	UNI EN ISO 9864	g/mq	≥ 400
Resistenza a trazione	UNI EN ISO 10319	kN/m	≥ 20
Deformazione al carico massimo	UNI EN ISO 10319	%	< 90(L) < 90(T)
Resistenza a punzonamento statico	EN ISO 12236	kN	≥ 4
Permeabilità normale al piano	EN ISO 11058	m/s	4
Lunghezza del rotolo	UNI EN ISO 10320	m	50

7.2.2 Geosintetico con funzione di protezione della geomembrana

Il geosintetico da impiegare con funzione di protezione della geomembrana dovrà essere del tipo non tessuto e dovrà essere conforme alle caratteristiche tecniche e prestazionali riportate nella seguente tabella; inoltre dovrà essere:

- resistente ad agenti chimici presenti nel terreno;
- resistente alle sollecitazioni meccaniche;
- inattaccabile da microrganismi, insetti, muffe e roditori;
- imputrescibile;
- resistente all'invecchiamento.

Il prodotto dovrà essere certificato secondo le norme ISO 9001 ed essere conforme ai requisiti della direttiva CE come materiale da rinforzo (R).

Oltre che impedire la compenetrazione del materiale più grossolano in quello più fine, il geosintetico con funzione di separazione e rinforzo dovrà fornire adeguata resistenza a trazione. In quest'ottica, il prodotto potrà essere costituito da un geotessile, del tipo 'non tessuto' oppure 'tessuto', eventualmente unito ad un elemento di rinforzo che potrà essere cucito o incollato al geotessile in maniera tale che i due materiali costituiscano un unico elemento ovvero sia la connessione tra i due materiali non deve rappresentare un elemento di debolezza per la stabilità della copertura.

Nella Tabella 7.1 seguente sono riportate le principali caratteristiche nominali minime che il geosintetico da utilizzare dovrà possedere.

Tabella 7.2: Caratteristiche minime del geosintetico di separazione rinforzato

CARATTERISTICHE	NORMA	UNITÀ DI MISURA	VALORI DI RIFERIMENTO
Massa areica	UNI EN ISO 9864	g/mq	≥ 500
Resistenza a trazione	UNI EN ISO 10319	kN/m	≥ 5
Deformazione al carico massimo	UNI EN ISO 10319	%	< 90(L) < 90(T)
Resistenza a punzonamento statico	EN ISO 12236	kN	6
Lunghezza del rotolo	UNI EN ISO 10320	m	50

7.2.3 Geogriglie

Le geogriglie saranno conformi alle caratteristiche tecniche e prestazionali riportate nella seguente Tabella 7.3; inoltre dovranno essere:

- resistenti ad agenti chimici presenti nel terreno;
- resistenti alle sollecitazioni meccaniche;
- inattaccabili da microrganismi, insetti, muffe e roditori;
- imputrescibili;
- resistenti all'invecchiamento.

Tabella 7.3: Caratteristiche minime delle geogriglie di rinforzo

CARATTERISTICHE	NORMA	UNITÀ DI MISURA	VALORI DI RIFERIMENTO
Resistenza a trazione	UNI EN ISO 10319	kN/m	≥ 135
Deformazione al carico massimo	UNI EN ISO 10319	%	$< 15(L)$ $< 15(T)$
Lunghezza del rotolo	UNI EN ISO 10320	m	50

7.2.4 Nota generale sui valori della resistenza caratteristica nominale

Nelle tabelle ai paragrafi seguenti sono riportati i valori di resistenza a trazione nominale (o caratteristica) minimi che dovranno essere garantiti dai materiali da utilizzare.

I valori nominali indicati sono stati ricavati in sede di progetto applicando alla resistenza di calcolo i fattori di riduzione / coefficienti di sicurezza, specifici del geosintetico in funzione delle sue condizioni di impiego, in base alla relazione seguente (ISO/TR 20432¹, Tabella 3):

$$T_d = T_k \cdot \frac{1}{RF_{CR} \cdot RF_{ID} \cdot RF_W \cdot RF_{CH} \cdot f_s}$$

¹ ISO/TR 20432: "Guidelines for the determination of the long-term strength of geosynthetics for soil reinforcement"

dove:

- T_d resistenza di calcolo (valore che la geogriglia deve essere in grado di fornire);
- T_k resistenza caratteristica a trazione (valore nominale);
- RF_{CR} fattore di riduzione della resistenza dovuto al carico statico sostenuto nella vita di esercizio (50 anni) alla temperatura di progetto¹ (viene anche indicato come fattore di riduzione per effetto di fenomeni di creep);
- RF_{ID} fattore di riduzione per effetto del danneggiamento meccanico;
- RF_W fattore di riduzione per effetto della degradazione per l'esposizione agli agenti atmosferici;
- RF_{CH} fattore di riduzione nei confronti della riduzione di resistenza a causa di fenomeni chimici o biologici;
- f_s ulteriore fattore di sicurezza, che tiene conto delle approssimazioni per estrapolare i dati che simulano in laboratorio il comportamento a lungo termine nei confronti della degradazione per creep e per fenomeni chimici

La formula prevista nella ISO/TR 20432 ha la medesima struttura di quella più frequentemente utilizzata nella letteratura tecnica americana e riportata in Koerner² (1997) e Koerner e Koerner³ (2007), a meno di una diversa distinzione dei coefficienti parziali.

I valori di resistenza indicati nelle tabelle relative al geosintetico (valori nominali) sono quindi ottenuti applicando ai valori di calcolo, per le diverse condizioni di progetto, il fattore di sicurezza globale riportato nella Tabella 7.4 seguente.

¹ In assenza di misure sito specifiche o di indicazioni particolari, il valore di default della temperatura è 20°C (ISO/TR 20432)

² Koerner, R.M. (1997), *Designing with geosynthetics*, Prentice Hall

³ Koerner, R.M. e Koerner, G.R. (2007), *Reduction factors (RFs) used in geosynthetic design*, GSI White Paper #4, Geosynthetic Institute, Folsom, PA (USA)

Tabella 7.4: Coefficiente di sicurezza globale applicato alla resistenza a trazione del geosintetico nelle diverse condizioni di calcolo

CONDIZIONE DI CALCOLO	FS GLOBALE
Condizioni statiche	3.03
Condizioni sismiche	1.21
Fase di costruzione	1.20

Per ottenere l'accettazione del materiale, il fornitore del geosintetico dovrà giustificare la conformità del valore di resistenza nominale, indicando esplicitamente i valori dei fattori di riduzione parziali relativi al prodotto ed il valore del fattore di riduzione globale.

Saranno ammesse deroghe ai valori di resistenza nominali richiesti nella presente specifica solo previa adeguata giustificazione dei valori dei fattori di sicurezza parziali e sentito il progettista.

7.2.5 Geomembrana in HDPE

Le geomembrane omogenee in HDPE da impiegare dovranno essere:

- resistente ad agenti chimici presenti nel corpo rifiuti;
- resistente alle sollecitazioni meccaniche;
- inattaccabile da microrganismi, insetti e roditori;
- resistente alle perforazioni di radici;
- imputrescibile;
- resistente all'invecchiamento;
- stabile ai raggi UV e agli agenti atmosferici in genere.

Inoltre, le geomembrane dovranno rispondere alle caratteristiche tecniche riportate nella successiva Tabella 7.5.

Il materiale dovrà avere la marcatura CE, in conformità alle norme UNI EN vigenti.

Il Sistema Qualità del Produttore dovrà essere certificato a fronte delle norme UNI EN ISO 9001:2000.

CARATTERISTICHE	NORMA	UNITÀ DI MISURA	VALORI DI RIFERIMENTO
Aspetto delle superfici	-	-	liscio
Contenuto in nero fumo (CB)	ISO 11358	%	≥ 2
Spessore nominale a 20 kPa	EN 1849-2	mm	≥ 1,5
Sforzo di snervamento	EN ISO 527	MPa	≥ 16(L) ≥ 16(T)
Deformazione a snervamento		%	≥ 10(L) ≥ 10(T)
Sforzo di rottura		MPa	≥ 14 ≥ 14
Deformazione a rottura		%	≥ 150 ≥ 150
Resistenza al punzonamento statico (prova CBR)	UNI EN ISO 12236	kN	≥ 3,0
Larghezza del rotolo	UNI EN ISO 10320	m	≥ 5
Lunghezza del rotolo		m	≥ 50

Tabella 7.5: Caratteristiche minime della geomembrana in HDPE

7.2.6 Biostuoia

A protezione del terreno vegetale, in attesa che si sviluppi la copertura vegetale, è prevista la posa di una biostuoia.

La biostuoia è sostanzialmente un geocomposito formato da una massa organica racchiusa tra due reti. Tra una delle reti e la massa organica sarà inoltre posto un foglio di cellulosa in grado di decomporsi rapidamente dopo la posa.

Il pacchetto descritto sarà assemblato meccanicamente tramite una serie di cuciture longitudinali poste ad interasse di circa 50 mm in modo da rendere solidali gli strati.

Le principali caratteristiche del geosintetico sono riassunte nella tabella seguente.

CARATTERISTICHE	NORMA	UNITÀ DI MISURA	VALORI DI RIFERIMENTO
Polimero (biostuoia)			PP
Massa areica (biostuoia)	EN ISO 9864	g/m ²	≥ 10
Resistenza a trazione	UNI EN ISO 10319	kN/m	≥ 0.5 (L) ≥ 0.5 (T)
Deformazione al carico massimo	UNI EN ISO 10319	%	< 20(L) < 20(T)
Materiale (massa organica)			Fibre di paglia e cocco
Massa areica (massa organica)	EN ISO 9864	g/m ²	≥ 400
Materiale (foglio intermedio)			Cellulosa
Massa areica (massa organica)	EN ISO 9864	g/m ²	≥ 25

Tabella 7.6: Caratteristiche minime della biostuoia

7.3 Posa in opera

7.3.1 Referenze del produttore

L'Appaltatore dovrà fornire alla Direzione Lavori una documentazione contenente le certificazioni del Produttore, le schede tecniche del materiale, i risultati di eventuali controlli di qualità e, per ciascun rotolo, il Certificato comprovante la Marcatura CE, e sarà responsabile del prodotto approvvigionato. Tale documentazione, insieme ad un campione del materiale, verrà sottoposta alla Committente per accettazione.

La Direzione Lavori si riserva comunque il diritto di chiedere campioni del materiale tal quale allo scopo di provarli in proprio.

7.3.2 Istruzioni di fornitura, trasporto e stoccaggio

L'Appaltatore dovrà ottenere dal Produttore, e quindi fornire alla Direzione Lavori per approvazione, una specifica completa per quanto riguarda la fornitura, il trasporto, lo stoccaggio e la posa in opera dei geosintetici, in accordo con quanto indicato nel seguito; il tutto prima di confermare l'ordine della fornitura.

L'Appaltatore dovrà assicurare che le proprie procedure di imballaggio, trasporto e stoccaggio siano tali da prevenire qualsiasi danneggiamento del materiale.

Il materiale verrà fornito in rotoli che dovranno riportare in modo ben evidenziato un apposito contrassegno di identificazione che ne illustri le caratteristiche tecniche.

Una volta in cantiere, i rotoli dovranno essere stoccati in un'area sicura e protetta dagli agenti atmosferici, messa a disposizione dalla Committente previa richiesta dell'Appaltatore, e coperti da teli opachi per evitare l'esposizione diretta ai raggi UV.

7.3.3 Verifica del materiale approvvigionato in cantiere

Il Produttore dovrà corredare ogni partita di prodotto con i relativi certificati attestanti le caratteristiche tecniche del geosintetico, affinché la Direzione Lavori possa controllare la rispondenza dei materiali ai requisiti di progetto riportati nella sezione "Specifiche tecniche dei materiali".

Prima dell'inizio dei lavori, al fine di verificare la rispondenza del materiale ai requisiti di progetto, l'Appaltatore dovrà fornire alla Committente i certificati dei geosintetici

che intende posare, relativamente alle prove elencate ai paragrafi seguenti in relazione al prodotto specifico.

7.3.3.1 Geosintetico con funzione di separazione

Dovranno essere forniti i risultati delle prove/ dichiarazioni di prestazione relativamente ai parametri seguenti:

- resistenza a trazione (EN ISO 10319);
- deformazione al carico massimo (EN ISO 10319);
- resistenza al punzonamento statico (EN ISO 12236);

Il materiale dovrà riportare ben evidenziato su ogni rotolo il periodo massimo consentito di esposizione ai raggi ultravioletti prima di innescare qualsiasi processo di deterioramento.

Dovranno essere forniti i risultati delle prove relativamente ai parametri seguenti:

- resistenza a taglio di interfaccia geotessile - argilla (EN ISO 12957-1).

L'argilla per effettuare la prova dovrà essere reperita nell'ambito del sito di provenienza dell'argilla impiegata per il capping. La prova dovrà essere eseguita a bassi livelli tensionali, paragonabili a quelli attesi in sito (10÷50 kPa).

Per l'accettazione del materiale è necessario che dalla prova risulti, in condizioni di picco:

- $c' \geq 0$ kPa
- $\delta' \geq 17^\circ$

7.3.3.2 Geosintetico con funzione di protezione del dreno

Dovranno essere forniti i risultati delle prove/ dichiarazioni di prestazione relativamente ai parametri seguenti:

- resistenza a trazione (EN ISO 10319);
- deformazione al carico massimo (EN ISO 10319).
- resistenza al punzonamento statico (EN ISO 12236);
- permeabilità normale al piano (EN ISO 11058);
- apertura di filtrazione (EN ISO 12956).

Il materiale dovrà riportare ben evidenziato su ogni rotolo il periodo massimo consentito di esposizione ai raggi ultravioletti prima di innescare qualsiasi processo di deterioramento.

Dovranno essere forniti i risultati delle prove relativamente ai parametri seguenti:

- resistenza a taglio di interfaccia geosintetico - argilla (EN ISO 12957-1).

L'argilla e il terreno vegetale per effettuare la prova dovranno essere reperiti nell'ambito del sito di provenienza dell'argilla impiegata per il capping. Le prove dovranno essere eseguita a bassi livelli tensionali, paragonabili a quelli attesi in sito ($10 \div 50$ kPa).

Per l'accettazione del materiale è necessario che dalla prova risulti, in condizioni di picco:

- $c' \geq 0$ kPa
- $\delta' \geq 17^\circ$

7.3.3.3 Geogriglia

Dovranno essere forniti i risultati delle prove/ dichiarazioni di prestazione relativamente ai parametri seguenti:

- resistenza a trazione (EN ISO 10319);
- deformazione a rottura (EN ISO 10319).

Il materiale dovrà riportare ben evidenziato su ogni rotolo il periodo massimo consentito di esposizione ai raggi ultravioletti prima di innescare qualsiasi processo di deterioramento.

Il materiale dovrà riportare ben evidenziato su ogni rotolo il periodo massimo consentito di esposizione ai raggi ultravioletti prima di innescare qualsiasi processo di deterioramento.

7.3.3.4 Geomembrana

Dovranno essere forniti i risultati delle prove/ dichiarazioni di prestazione relativamente ai parametri seguenti:

- sforzo a rottura (norma EN ISO 527);
- deformazione a rottura (norma EN ISO 527);
- resistenza al punzonamento statico (norma UNI EN ISO 12236).

Il materiale dovrà riportare ben evidenziato su ogni rotolo il periodo massimo consentito di esposizione ai raggi ultravioletti prima di innescare qualsiasi processo di deterioramento.

Dovranno essere forniti i risultati delle prove relativamente ai parametri seguenti:

- resistenza a taglio di interfaccia geomembrana - argilla (EN ISO 12957-1).

L'argilla per effettuare la prova dovrà essere reperita nell'ambito del sito di provenienza dell'argilla impiegata per il capping. La prova dovrà essere eseguita a bassi livelli tensionali, paragonabili a quelli attesi in sito (10÷50 kPa).

Per l'accettazione del materiale è necessario che dalla prova risulti, in condizioni di picco:

$$- c' \geq 0 \text{ kPa}$$

$$- \delta' \geq 12^\circ$$

7.3.4 Manutenzione della superficie di posa

L'Appaltatore è il solo ed unico responsabile della manutenzione della superficie preparata precedentemente per la posa del materiale. Egli dovrà assicurare che tale superficie costituisca uno strato di fondazione solido poco deformabile, privo di asperità od improvvisi gradini e privo di corpi che possano provocare lacerazioni e/o punzonamenti del geosintetico.

7.3.5 Posizionamento dei teli in opera

7.3.5.1 Prescrizioni generali

L'Appaltatore dovrà organizzare le operazioni di posa dei teli in modo tale che i periodi di esposizione ai raggi solari, tenendo conto della durata delle fasi di costruzione e gestione, non superino mai i limiti massimi previsti dal Produttore, avendo l'Appaltatore a suo totale carico tutti i maggiori oneri provenienti dal protrarsi delle operazioni anche oltre il termine ultimo previsto per la fine dei lavori.

I teli dovranno essere posizionati in opera con l'asse longitudinale parallelo alla massima pendenza. Il geosintetico, di qualsiasi tipologia, sarà fornito in rotoli le cui dimensioni standard dovranno essere tali da ridurre al minimo le giunzioni da

effettuare in cantiere e comunque evitando giunzioni in senso ortogonale alla direzione della massima pendenza.

Le eventuali giunzioni dei teli tra due scarpate consecutive dovranno essere realizzate ad una distanza non inferiore ad 1 metro dal piede o dalla sommità delle scarpate.

Lo srotolamento dei teli dovrà avvenire a temperatura ambiente non inferiore a + 5°C. Le varie sezioni di telo dovranno essere srotolate in modo da ridurre al minimo gli spostamenti a rotolo svolto. Inoltre, si dovranno evitare condizioni di stress e/o eccessiva trazione o rigonfiamenti, prevedendo opportuni franchi per tener conto delle contrazioni. Una volta srotolati, i teli dovranno essere zavorrati per prevenire movimenti e/o sollevamenti.

Le giunzioni tra i teli dovranno essere sovrapposte di almeno 30 cm e dovranno essere parallele per tutta la lunghezza dei teli stessi senza eccessive ondulazioni, pieghe e/o corrugamenti.

È vietata la legatura a mezzo di fili metallici e di fissaggio dei teli mediante infissione di tondini ferro; picchetti di altro materiale possono essere utilizzati solo previa autorizzazione della Direzione Lavori.

L'Appaltatore dovrà assicurare che i teli rimangano in posizione corretta durante tutte le fasi delle lavorazioni, anche in presenza di vento o altre condizioni atmosferiche avverse. L'Appaltatore dovrà inoltre garantire che le operazioni di posa non rechino danni ai teli o agli strati sottostanti eventualmente già predisposti, assumendosi ogni responsabilità ed onere di riparazione.

In caso di danneggiamento l'Appaltatore dovrà informare tempestivamente la Direzione Lavori indicandone le cause e deve predisporre una relazione con le modalità di riparazione. Dopo che la Direzione Lavori avrà approvato tali modalità oppure avrà apportato a suo insindacabile giudizio le modifiche opportune, l'Appaltatore dovrà procedere alle riparazioni.

I teli non dovranno essere in alcun modo esposti al diretto passaggio di mezzi meccanici prima della messa in opera degli strati di materiale previsti al di sopra degli stessi.

I teli non potranno rimanere esposti direttamente ai raggi UV per un periodo di durata maggiore della loro durabilità.

7.3.5.2 Prescrizioni specifiche per la geomembrana

Referenze del posatore dei teli

L'Appaltatore fornirà dettagli di precedenti esperienze nella posa di teli in HDPE insieme ai nomi ed ai "curricula vitae" del personale che intende proporre per l'installazione.

Tale personale sarà autorizzato dall'Appaltatore alla posa dei teli, usando le attrezzature ed i sistemi di saldatura normalmente utilizzate dal produttore stesso.

Istruzioni e disegni

L'Appaltatore attribuirà un numero di matricola per ogni rotolo (tale numero sarà stampigliato su ogni rotolo già in fabbrica prima del trasporto in cantiere), indicherà la sequenza della posa dei vari rotoli e le posizioni previste per il prelievo dei campioni.

A posa ultimata l'Appaltatore fornirà alla Direzione Lavori un nuovo disegno sul quale sarà riportata con esattezza l'effettiva posa dei rotoli nonché le notizie di cui al punto precedente e con l'indicazione della successione effettiva della posa dei teli.

Giunzioni tra telo e telo

I rotoli verranno stesi con sormonto minimo di 15÷20 cm prima della saldatura. Il posatore eserciterà la massima cura nella preparazione delle aree da saldare. La superficie di contatto delle saldature sarà ripulita con mola abrasiva e preparata secondo le procedure indicate dal fabbricante.

Tutti gli elementi saranno saldati con procedimento ad estrusione e fusione che prevede una compenetrazione costante in pressione del materiale estruso con il materiale del telo, oppure a doppia pista.

Va sottolineato che nel caso di sovrapposizione di teli, le saldature tra i teli superiori ed inferiori dovranno distare di almeno 30 cm per ogni parte.

Saldatura ad estrusione interposta

Questo tipo di saldatura si realizza a mezzo estrusione di un cordone dello stesso polimero tra i lembi da saldare previo riscaldamento degli stessi con aria surriscaldata.

Un piccolo estrusore portatile consente la fusione di un cordone di PE della stessa natura di quello da saldare e lo deposita sotto pressione nella zona di saldatura opportunamente preriscaldata mediante aria ad alta temperatura.

La composizione del materiale estruso sarà identica a quella del telo. Il cordone da saldatura dovrà avere dimensioni minime 40 mm x 1 mm.

L'attrezzatura da saldatura impiegata sarà in grado di controllare in modo continuo le temperature e le pressioni nella zona di contatto cioè dove la macchina sta effettivamente fondendo il materiale del telo, in modo da assicurare che cambiamenti nelle condizioni ambientali non influenzino l'integrità della saldatura.

Non saranno permesse discontinuità o distacchi parziali del bordo del telo superiore rispetto a quello inferiore. Ove tale difetto dovesse verificarsi il materiale verrà smerigliato e saldato nuovamente. Qualsiasi punto del telo che si presenti danneggiato per abrasione, punzonamento o per qualsiasi altra manomissione verrà sostituito o riparato con un altro pezzo di telo.

Per brevi tratti o per raccordi di dettaglio come angoli retti o riparazioni si ricorrerà all'estrusione di un cordone sovrapposto previa approvazione della Direzione Lavori. In questo caso si eseguirà dapprima una saldatura discontinua per termofusione ad aria calda dei due lembi sovrapposti e pressati con apposito rullo. Successivamente il cordone di PE estruso, con le modalità sopra descritte, verrà depositato ed opportunamente pressato sulla faccia superiore dei due teli congiunti.

Con questa tecnica, per facilitare l'adesione del cordone estruso si dovrà smussare a meno di 45° il lembo del foglio superiore che verrà molato sulle due facce e si raddoppierà la larghezza della molatura del foglio inferiore.

Saldatura a doppia pista

I teli da saldare verranno sovrapposti per circa 15÷20 cm con i lembi a contatto. La macchina di saldatura si sposterà automaticamente sulla testata del giunto tramite rulli di pressione che spingeranno un cuneo su cui scorrono i teli da saldare. Il cuneo riscaldato da resistenze termostatate raggiungerà la temperatura più idonea per la

fusione dei lembi che, in rapporto anche alla pressione esercitata dai rulli (circa 30 kg) ed alla durata del contatto si salderanno fra loro. Poiché i rulli ed il cuneo si muovono secondo le direttrici di una doppia pista parallela, all'interno dei lembi saldati viene a crearsi un canale in cui gli stessi sono solo sovrapposti e che può essere successivamente utilizzato per il controllo della continuità della saldatura.

Tutte le saldature così ottenute verranno collaudate come più avanti descritto, sia con prove distruttive su campioni significativi, sia mediante prove non distruttive eseguite in loco.

Saldatura campione

Una saldatura di prova di lunghezza 1 m verrà eseguita all'inizio di ogni giorno lavorativo da ognuna delle saldatrici operanti in cantiere. La saldatura campione verrà etichettata con la data, la temperatura ambiente ed il numero di matricola della macchina saldatrice.

Provini della saldatura verranno sottoposti a verifica, a trazione ed a "peeling" e nessuna saldatrice potrà iniziare il lavoro sino a che la saldatura campione non sia stata approvata con esito positivo.

Verbale di accettazione

La Direzione Lavori ed il Collaudatore devono assistere all'esecuzione dei collaudi meccanici, al rifacimento dei punti difettosi ed alla compilazione delle annotazioni sul diagramma di posa, quindi firmare il verbale di accettazione del manto posato in opera.

7.3.6 Controlli in corso d'opera

7.3.6.1 Prescrizioni generali

In corso d'opera, la Direzione Lavori ha facoltà di prescrivere il prelievo di campioni e l'esecuzione di prove di laboratorio per verificare la rispondenza dei materiali ai requisiti di progetto riportati nella sezione "Specifiche tecniche dei materiali".

A tal fine, potrà essere richiesto il prelievo di campioni in numero fino a 2 ogni 10'000 m² per ciascun tipo di geosintetico, da sottoporre alle prove di cui ai paragrafi precedenti.

Le prove, a carico della Committente, saranno compensate a parte.

7.3.6.2 Prescrizioni specifiche per la geomembrana

Prove non distruttive delle saldature in cantiere

Il posatore fornirà e manterrà in cantiere le attrezzature necessarie per il controllo distruttivo di tutte le saldature.

Tutte le saldature (100% delle giunzioni) verranno provate in cantiere utilizzando attrezzature ad ultrasuoni per le saldature ad estrusione o prove di insufflazione di aria compressa, nel canale creato tra i due lembi, per quelle a doppia pista.

In tutti i punti dove non fosse possibile effettuare la verifica con ultrasuoni, le saldature saranno verificate come riterrà opportuno il Direttore Lavori.

Il collaudo delle saldature a doppia pista si esegue insufflando aria compressa nel canale creato tra i due lembi saldati. In particolare, si muniscono i due terminali della linea saldata di bocchettoni a tenuta e si verifica l'effettivo passaggio dell'aria per tutta la lunghezza del canale. Il collaudo vero e proprio consiste nel verificare che l'aria compressa, immessa ad una pressione di circa 0,2 MPa, non manifesti, dopo 15 minuti, un calo superiore al 20% del valore iniziale stabilizzato.

Le giunzioni con cordone estruso interposto realizzano una struttura omogenea a facce parallele e possono essere collaudate con ultrasuoni. Con tale sistema si evidenzia per tutta la lunghezza della saldatura la continuità dello spessore del cordone interposto e comunque l'assenza di bolle d'aria e/o di eterogeneità nel materiale in esame. Il sistema trova limitazioni per le difficoltà di applicazione in condizioni ambientali non sempre idonee all'utilizzo dello strumento.

Le giunzioni con cordone estruso sovrapposto non collaudabili con ultrasuoni, sono controllate a vista, forzando una punta metallica lungo tutta la lunghezza del cordone oppure con altro modo ritenuto opportuno dalla D.L. In alternativa, si utilizzerà una campana a vuoto posta sopra la linea di saldatura previamente trattata con soluzione di sapone. Si aspira l'aria della campana fino a circa 0,06 MPa ed in caso di perdite si osserverà la formazione di bolle.

Un tecnico esperto di controllo qualità, indicato dal posatore, ispezionerà visualmente ogni giunto man mano che viene realizzato. Qualsiasi area che

apparisse difettosa verrà segnata, registrata e riparata secondo le istruzioni del fabbricante.

I risultati delle prove saranno annotati su un modello tipo quello mostrato in Tabella 7.7. Tutte le prove sono a cura e spese dell'Appaltatore.

Prove distruttive delle saldature in cantiere

Una saldatura di prova, lunga 1 m, verrà realizzata ogni giorno da ogni saldatrice prima di iniziare la saldatura; altre saldature di prova potranno essere eseguite su richiesta dalla Direzione Lavori.

In ogni caso dovranno essere eseguite almeno 4 prove di trazione in laboratorio ogni 10'000 m² di geomembrana posata.

Provini della saldatura di prova di larghezza da 6 a 10 cm, verranno ricavati dalla saldatura di prova e provati a trazione ed a "peeling".

Le saldature dovranno essere più robuste del materiale. Il campione di saldatura verrà conservato per successive prove di laboratorio secondo quanto prescritto dai relativi standard. Potranno anche venire prelevati campioni di saldatura di materiale dei teli già saldati e posti in opera con frequenza da stabilirsi: anche questi campioni verranno provati in cantiere a trazione ed a "peeling", alla presenza della Direzione Lavori.

Le prove a trazione saranno basate sul metodo UNI 8202/30: campioni tagliati con saldatura posta al centro vanno provati sottoponendo a sforzo la saldatura in una configurazione a "trazione". Questo significa che il telo superiore viene sottoposto a sforzo rispetto a quello inferiore secondo una direzione che lo allontana dalla saldatura. Il test è positivo quando si ha rottura del telo superiore o inferiore. È negativo quando si ha rottura della saldatura.

Le prove a "peeling" saranno basate sul metodo UNI 10567 o equivalente approvato. Campioni tagliati con la saldatura in posizione centrale, vanno provati sottoponendo a sforzo il telo superiore rispetto al bordo sovrapposto di quello inferiore tentando di spellare la saldatura. Il test è positivo quando si rompe il telo. È negativo quando la saldatura si sfoglia.

In caso si verificassero prove con esito negativo, andrà eseguito un rigoroso esame di tutta la lunghezza della saldatura già completata partendo dalla posizione della

precedente saldatura provata con esito positivo; qualsiasi giunzione difettosa andrà riparata seguendo le istruzioni del fabbricante.

Prima di procedere alle successive saldature dovrà essere presentata al Direttore dei Lavori una relazione che ponga in evidenza le ragioni del difetto della saldatura.

I risultati delle prove saranno annotati su un modello tipo quello mostrato in Tabella 7.8.

Tutte le prove sono a cura e spese dell'Appaltatore.

CONTROLLO QUALITÀ IN CANTIERE DELLE SALDATURE PER LA GEOMEMBRANA IN HDPE

Descrizione delle saldature ispezionate (con riferimento al disegno e allo schema di posa dei teli e delle saldature)

Esito ispezione visiva

Esito prove con ultrasuoni (saldature a estrusione) o prove di insufflazione di aria compressa (saldatura a doppia pista o altre)

Ubicazione del prelievo dei campioni

Tabella 7.7: Certificato di controllo qualità geomembrana in HDPE

N. CAMPIONE	N. PROVINO	RISULTATO	
		(A PEELING)	(A TRAZIONE)

Data _____ L'Ispettore Controllo Qualità _____

Tabella 7.8: Certificato di controllo qualità geomembrana in HDPE (prova distruttiva)

8. GABBIONI IN PIETrame

8.1 Prescrizioni generali

I gabbioni sono strutture scatolari realizzate in rete metallica tessuta con filo di ferro galvanizzato a caldo con rivestimento in lega Zinco-Alluminio e/o polimero plastico (protezioni a lunga durabilità - Norme Tecniche per le Costruzioni, Con. Sup. LL.PP. Linee Guida per la certificazione di idoneità tecnica all'impiego e l'utilizzo di prodotti in rete metallica a doppia torsione, Settembre 2013).

Gli scatolari prismatici hanno le seguenti dimensioni: altezza 1 m profondità 1 m lunghezza 1 m.

La maglia esagonale che forma la struttura è a doppia torsione tipo 8 x 10 cm.

Le strutture scatolari vengono riempite in cantiere con pietrame di idonee caratteristiche e pezzatura (fra 15 e 25 cm preferibilmente ciottolo di fiume o spaccato da cava compatto e resistente non gelivo e non friabile).

L'inerte deve essere posato in modo tale da garantire il raggiungimento delle corrette caratteristiche di peso, porosità, forma della struttura e mutuo incastro del materiale lapideo (non sono idonei materiali di forma troppo regolare come pietre squadrate, mattoni o blocchetti). La struttura in gabbione sfrutta la mutua interazione tra pietrame e rete metallica, agendo come un insieme solidale e monolitico.

Risultano quindi fondamentali le quantità e qualità delle legature interne che permettono al sistema la corretta ed efficace ripartizione delle spinte e dei carichi.

La progettazione delle opere in gabbioni è stata eseguita secondo i criteri stabiliti per i muri di sostegno a gravità tradizionali, con riferimento agli stati limite elencati al Cap. 6.5.3.1.1 del D.M. 14.01.2008 (NTC2008) validi sia per le condizioni statiche che per quelle pseudo-statiche. Si ricorda inoltre che il gabbione applicato in ambito idraulico necessita anche di adeguate valutazioni tecniche e funzionali in base alle proprie caratteristiche di resistenza alle tensioni di trascinamento.

8.2 Caratteristiche Tecniche

I gabbioni a scatola sono strutture prismatiche realizzate in rete metallica a doppia torsione con maglia esagonale tipo 8x10 (UNI EN 10223-3). I gabbioni sono riempiti in opera con pietrame per creare una struttura flessibile, permeabile e monolitica. Il filo utilizzato nella produzione del gabbione a scatola è in acciaio dolce trafilato a freddo con rivestimento in bagno galvanico a caldo in lega di Zinco e Alluminio (ZN.AL5%).

Gli scatolari prismatici hanno le seguenti dimensioni: altezza 1 m profondità 1 m lunghezza 1 m.

8.2.1 Filo

- Resistenza a trazione: i fili utilizzati per la produzione dei gabbioni e del filo di legatura dovranno avere una resistenza a trazione compresa tra 350-550 N/mm² (UNI EN 10223-3 e Linee Guida Cons. Sup. LLPP settembre 2013)
- Allungamento: L'allungamento non deve essere inferiore al 10%, in conformità alle UNI EN 12223-3. I test devono essere effettuati su di un campione di almeno 25 cm di lunghezza
- Rivestimento galvanico a caldo ZN.AL5% per soddisfare le disposizioni delle UNI EN 10244-2
- Adesione del rivestimento galvanico: secondo UNI EN 10244-2
- Rivestimento Polimerico (eventuale): in aggiunta alla protezione galvanica il filo può essere rivestito con polimero plastico conforme alle EN-10245-3

8.2.2 Materiale di riempimento

I gabbioni possono essere riempiti con svariate tipologie di materiali frantumati, ma il pietrame più idoneo al riempimento dei gabbioni ha elevato peso specifico (in particolare nelle opere a gravità o soggette alla forza viva dell'acqua), non è gelivo o friabile ed è di buona durezza. La pezzatura più adatta del pietrame è quella variabile tra le 1,5 / 2,5 volte la dimensione D della maglia della rete, tale cioè da evitare fuoriuscite del pietrame. L'impiego di pietrame di pezzatura medio-piccola consente un migliore e più veloce assestamento del riempimento, nonché una

migliore distribuzione dei carichi agenti ed una maggiore adattabilità alle deformazioni della struttura.

8.3 Modalità di esecuzione

Di seguito uno schema per punti delle modalità di posa dei gabbioni:

1. preparazione del piano di fondazione in calcestruzzo magro (cuneo di 5 cm lato valle) su cui posare lo scatolare prefabbricato, sua apertura e messa in scatola con la chiusura dei lati verticali, utilizzando filo di ferro \varnothing 2.2 mm, oppure punti metallici applicati con un'apposita apparecchiatura pneumatica o manuale;
2. riempimento con ciottoli, può essere effettuato meccanicamente ma il pietrame deve essere sistemato a mano in modo da ottenere un buon addensamento. Per garantire che la struttura non si deformi eccessivamente durante il riempimento, si mettono in opera due livelli di tiranti, realizzati col filo metallico di legatura, spazati di 30 cm sia in senso orizzontale che verticale.
3. chiusura della parte sommitale
4. posizionamento della successiva fila di gabbioni, arretrata rispetto a quella sottostante di 0,50 m circa.

9. TUBAZIONI IN HDPE

Le condotte in HDPE che si intende utilizzare nell'ambito del presente progetto sono di diverso tipo:

- lisce e piene per convogliamento di liquidi (acqua);
- lisce e fessurate per il drenaggio di liquidi (acqua);
- lisce e piene per il convogliamento del biogas (sopraelevazione pozzi).

9.1 Caratteristiche del materiale

9.1.1 Lisce e piene per il convogliamento di liquidi

Le tubazioni in HDPE piene e lisce per il convogliamento di liquidi (acqua) dovranno essere costituite da HDPE PE100 - SDR 11 - PN 16 conforme alla norma UNI EN 12201 – 1,2,3,4 di colore nero con righe azzurre coestruse longitudinali, segnato ogni metro con sigla produttore, data di produzione, marchio e numero distintivo IIP, diametro del tubo, pressione nominale, norma di riferimento.

La tubazione dovrà essere prodotta da azienda certificata ISO 9000 da materiale vergine con esclusione di materiali rigenerati.

Anche i tubi, i raccordi, le valvole e tutti pezzi speciali impiegati saranno prodotti con resine polietileniche ad alta densità (HDPE) e comunque sempre in conformità alle norme UNI EN 12201 – 1,2,3,4. I materiali impiegati per la realizzazione di parti non in polietilene dovranno essere conformi alle relative norme vigenti all'atto della consegna del contratto.

I tubi vengono forniti confezionati in rotoli (se di piccolo diametro) e in barre (se di diametro medio – grande).

Le forniture dovranno sempre essere accompagnate da specifica certificazione del Produttore, con il riferimento al cantiere e al numero del documento di trasporto attestante che, per i materiali oggetto della fornitura, sono state eseguite le prove e le verifiche previste dalle norme in vigore e/o dallo schema di certificazione imposto dall'Istituto Italiano dei Plastici (IIP).

In ogni caso la Direzione Lavori può riservarsi, durante tutto il corso dei lavori, la facoltà di effettuare controlli sulla rispondenza alle normative vigenti, eseguire, o

fare eseguire all'IIP o a Laboratori specializzati di fiducia, analisi e controlli dei materiali proposti o di quelli già eventualmente forniti, su campioni scelti per quantità e tipo, a suo insindacabile giudizio.

I Produttori di tubi, raccordi, valvole e pezzi speciali devono possedere un Sistema Qualità conforme alla norma UNI EN ISO 9001:2000 certificato dall'IIP o da altro Organismo terzo di certificazione accreditato secondo la norma UNI CEI EN 45012.

Le superfici interne ed esterne dei tubi e dei raccordi dovranno essere lisce e prive di difetti superficiali (rigature, cavità, asperità, etc.) che possano compromettere la funzionalità degli stessi.

La parte terminale dei tubi dovrà essere sezionata perfettamente e perpendicolarmente all'asse del tubo.

9.1.2 Lisce e fessurate per il drenaggio di liquidi

Le tubazioni in HDPE lisce e fessurate per il drenaggio di liquidi dovranno avere le stesse caratteristiche di quelle piene, quindi essere costituite da HDPE PE100 - SDR 11 - PN 16 conforme alla norma UNI EN 12201 – 1,2,3,4 di colore nero con righe azzurre coestruse longitudinali, segnato ogni metro con sigla produttore, data di produzione, marchio e numero distintivo IIP, diametro del tubo, pressione nominale, norma di riferimento.

Le fessure dovranno essere realizzate perpendicolarmente all'asse del tubo ed estendersi circa per i 2/3 della circonferenza. Le fessure dovranno essere alternate fra loro, in modo da ridurre la conseguente perdita di resistenza allo schiacciamento. Il numero e la posizione delle fessure sarà deciso in fase progettuale e/o dalla Direzione Lavori.

A.1.1 Lisce e piene per il trasporto del biogas

Le tubazioni in HDPE piene e lisce per il trasporto del biogas dovranno essere costituite da HDPE PE 80 PN 16 SDR 11, rispondente alle norme EN 1555, ISO 4437, del D.M. del 16/4/08 e del D.M. del 17/4/08.

La tubazione dovrà essere prodotta da azienda certificata ISO 9000 da materiale vergine con esclusione di materiali rigenerati.

Anche i tubi, i raccordi, le valvole e tutti pezzi speciali impiegati saranno prodotti con resine polietileniche ad alta densità (HDPE) e comunque sempre in conformità alle

norme di cui sopra. I materiali impiegati per la realizzazione di parti non in polietilene dovranno essere conformi alle relative norme vigenti all'atto della consegna del contratto.

I tubi vengono forniti confezionati in rotoli (se di piccolo diametro) e in barre (se di diametro medio – grande).

Le forniture dovranno sempre essere accompagnate da specifica certificazione del Produttore, con il riferimento al cantiere e al numero del documento di trasporto attestante che, per i materiali oggetto della fornitura, sono state eseguite le prove e le verifiche previste dalle norme in vigore e/o dallo schema di certificazione imposto dall'Istituto Italiano dei Plastici (IIP).

In ogni caso la Direzione Lavori può riservarsi, durante tutto il corso dei lavori, la facoltà di effettuare controlli sulla rispondenza alle normative vigenti, eseguire, o fare eseguire all'IIP o a Laboratori specializzati di fiducia, analisi e controlli dei materiali proposti o di quelli già eventualmente forniti, su campioni scelti per quantità e tipo, a suo insindacabile giudizio.

I Produttori di tubi, raccordi, valvole e pezzi speciali devono possedere un Sistema Qualità conforme alla norma UNI EN ISO 9001:2000 certificato dall'IIP o da altro Organismo terzo di certificazione accreditato secondo la norma UNI CEI EN 45012.

Le superfici interne ed esterne dei tubi e dei raccordi dovranno essere lisce e prive di difetti superficiali (rigature, cavità, asperità, etc.) che possano compromettere la funzionalità degli stessi.

La parte terminale dei tubi dovrà essere sezionata perfettamente e perpendicolarmente all'asse del tubo.

9.2 Marcatura

Tutti i tubi e raccordi dovranno essere marcati in modo permanente e leggibile senza ingrandimento, riportando tutte le informazioni relative alle caratteristiche dimensionali e di impiego, nonché i dati necessari alla rintracciabilità degli stessi. In particolare i tubi dovranno essere marcati almeno ogni metro lineare per tutta la loro lunghezza.

La marcatura minima richiesta dovrà riportare le indicazioni di seguito riportate.

Tubi:

- Nome o simbolo del Produttore;
- Identificativo del marchio IIP/a;
- Numero della norma;
- Materiale e designazione (PE x);
- Dimensioni (DN x eN);
- Serie (S) o Rapporto dimensionale normalizzato (SDR);
- Classe di pressione in bar (PN y);
- Data e/o codice di produzione.

Raccordi:

Sul raccordo stesso:

- nome o simbolo del Produttore;
- identificativo del marchio IIP/a;
- diametro nominale e serie del tubo/SDR;
- data e/o codice di produzione.
- Sull'etichetta:
- numero della norma;
- materiale e designazione (PE X);
- classe di pressione in bar (PN Y);
- sistema di riconoscimento dei parametri di fusione (valido solo per raccordi a fusione).

9.3 Criteri di accettazione del materiale

La Direzione Lavori accetterà i materiali proposti solo dopo aver accertato la loro conformità agli elaborati di progetto e la loro idoneità alla realizzazione dell'impianto, in rispondenza alle prescrizioni del presente Capitolato Speciale d'Appalto, ed in particolare che essi siano oggetto del marchio IIP-UNI con le limitazioni previste dalle norme di riferimento.

Solo a questo punto l'Impresa può approvvigionare i materiali in cantiere.

9.4 Posa in opera del materiale

9.4.1 Trasporto

Nel trasporto dei tubi i piani d'appoggio devono essere privi di asperità.

I tubi in rotoli devono essere appoggiati preferibilmente in orizzontale.

I tubi forniti in barre devono essere sostenuti per tutta la loro lunghezza per evitare di danneggiare le estremità a causa delle vibrazioni.

Le imbracature per il fissaggio del carico possono essere realizzate con funi o bande di canapa o di nylon o simili, adottando gli opportuni accorgimenti in modo da non danneggiare in alcun modo i tubi.

9.4.2 Carico, scarico e movimentazione

Per il carico, il trasporto e lo scarico, nonché l'accatastamento dei tubi e l'immagazzinamento dei raccordi, l'Impresa dovrà far riferimento alle prescrizioni del D.M. del 12/12/1985 "Norme tecniche relative alle tubazioni" e alle raccomandazioni dell'Istituto Italiano Plastici (IIP).

Se il carico e lo scarico dai mezzi di trasporto e comunque la movimentazione saranno effettuati con gru o con il braccio di un escavatore, i tubi dovranno essere sollevati nella zona centrale con un bilancino di adeguate ampiezza.

Se invece queste operazioni saranno effettuate manualmente, l'Impresa dovrà evitare in ogni modo di far strisciare i tubi sulle sponde del mezzo di trasporto o, comunque, su oggetti duri ed aguzzi.

La Direzione Lavori dovrà assicurarsi che tutte le operazioni di carico, scarico e movimentazione avvengano correttamente.

Nel caso in cui alcuni tubi risultino danneggiati, dovranno essere identificati con la dicitura "da non usare" e segregati in apposita zona all'interno del cantiere. La Direzione Lavori valuterà le condizioni dei pezzi danneggiati e deciderà sugli opportuni provvedimenti da prendere.

9.4.3 Accatastamento dei tubi

Il piano d'appoggio destinato all'accatastamento dovrà essere livellato, esente da asperità e soprattutto da pietre appuntite.

L'altezza d'accatastamento per i tubi in barre non dovrà essere superiore a 1,5 m, indipendentemente dal diametro e dallo spessore. I tubi in rotoli dovranno essere appoggiati orizzontalmente e l'altezza dell'accatastamento non dovrà superare i 2 m.

Limitatamente ai tubi di diametro esterno superiore a 500 mm, è consigliabile armare internamente le estremità onde evitare eccessive ovalizzazioni.

Al termine dell'accatastamento dei tubi in cantiere, l'Impresa dovrà assicurarsi che i tappi di protezione delle testate siano collocati sulle stesse, al fine di prevenire l'alloggiamento all'interno dei tubi di foglie, polvere, piccoli animali, acque meteoriche etc..

Sarà a cura e spese dell'Impresa il corretto posizionamento dei tubi, al fine di evitare ogni possibile incidente dovuto a movimenti non previsti degli stessi.

Qualora i tubi vengano accatastati all'aperto per lunghi periodi, l'Impresa dovrà proteggerli dalle radiazioni UV, a sua cura e spese.

9.4.4 Conservazione di raccordi, valvole e pezzi speciali

L'Impresa dovrà predisporre, a sua cura e spese, tutte le misure necessarie affinché i materiali in polietilene approvvigionati e stoccati in cantiere siano riparati dalle radiazioni solari per evitare il rischio di degradazione dei polimeri e conseguente decadimento delle proprietà fisiche, chimiche e meccaniche.

I raccordi, le valvole e i pezzi speciali potranno essere imballati in modi differenti in funzione della forma, della dimensione e della modalità di trasporto; qualora siano forniti sfusi, l'Impresa dovrà aver cura di non accatastarli disordinatamente, così da evitare il danneggiamento per effetto degli urti tra loro e con eventuali materiali pesanti ivi presenti.

In particolare, i raccordi elettrosaldabili dovranno sempre essere forniti in confezioni apposite di materiale resistente, tale da proteggere da polveri, umidità, salsedine, raggi UV, etc.. In particolare si dovrà evitare la vicinanza a fonti di calore e la diretta incidenza di radiazioni solari, fino all'atto del loro impiego.

Analoghe indicazioni valgono per la conservazione dei lubrificanti.

9.4.5 Modalità e procedura di posa in opera

9.4.5.1 Posa in opera

Per la verifica e la posa in opera delle tubazioni, l'Impresa farà riferimento alle prescrizioni del D.M. del 12/12/1985 "Norme tecniche relative alle tubazioni" e alle raccomandazioni dell'Istituto Italiano Plastici (IIP).

Prima della posa in opera, l'Impresa dovrà ispezionare singolarmente i tubi per scoprire eventuali difetti; inoltre gli eventuali raccordi, valvole, punte, bicchieri e guarnizioni dovranno essere integri. Nel caso in cui uno o più elementi non risultassero tali, sarà a cura e spese dell'Impresa la sostituzione con nuovi elementi integri.

Le operazioni di posa in opera dovranno essere eseguite da operatori esperti e con adeguati mezzi d'opera, al fine di evitare deformazioni plastiche e/o danneggiamento alla superficie esterna dei tubi, e comunque solo dopo aver verificato la rispondenza plano-altimetrica dei piani di posa, in funzione delle prescrizioni progettuali e/o della Direzione Lavori.

I tubi dovranno essere collocati nella precisa posizione risultante dai disegni di progetto, salvo disposizioni diverse da parte della Direzione Lavori.

Inizialmente, i tubi saranno allineati, sia in senso planimetrico sia in senso altimetrico, e ricalzati in vicinanza dei giunti. Successivamente, si dovrà fissare la loro posizione definitiva riferendosi ai picchetti di quota e di direzione, in modo che non si verifichino contro pendenze rispetto al piano di posa.

Prima di effettuare il collegamento fra i diversi elementi, tubi e raccordi dovranno essere ricontrollati per eventuali difetti ed accuratamente puliti alle estremità; quindi, i tubi dovranno essere fissati definitivamente nella loro posizione e ricalzati opportunamente lungo tutta la linea. Per questo scopo non potranno essere utilizzati cunei di metallo, di legno o pietrame.

Per i terminali dei tratti già collegati, che per un qualunque motivo debbano rimanere temporaneamente isolati, l'Impresa dovrà provvedere, a sua cura e spese, alla loro chiusura ermetica, per evitare l'introduzione di materiali estranei.

Gli organi d'intercettazione (valvole, saracinesche e simili), che con il loro peso possono sollecitare i tubi, dovranno essere sostenuti con idonei supporti, in modo da non trasmettere le loro sollecitazioni alla condotta.

9.4.5.2 Rinfianchi e rinterri

Le indicazioni seguenti sono valide per le tubazioni posate al di fuori delle aree impermeabilizzate.

Ultimata la posa dei tubi nello scavo, l'Impresa dovrà disporre sopra di essi lo strato di materiale granulare previsto a progetto, in ogni caso non inferiore a 20 – 25 cm misurati dalla generatrice superiore del tubo. Il materiale impiegato dovrà essere uguale a quello impiegato per la realizzazione del letto di posa.

La compattazione dello strato fino a circa 2/3 del tubo dovrà essere eseguita a mano, per formare strati successivi di 20 cm, avendo massima cura nel verificare che non rimangano zone vuote al di sotto del tubo e che lo strato di rinfianco tra tubo e parete sia continuo e compatto.

La compattazione dovrà essere effettuata solo lateralmente al tubo, mai sulla sua verticale.

Per consentire che il tubo si assesti assumendo la temperatura del terreno, una delle estremità della tratta di condotta dovrà essere sempre mantenuta libera di muoversi, e l'attacco ai pezzi speciali o all'altra estremità della condotta dovrà essere eseguito solo dopo che il rinfianco è stato portato 5÷6 m circa oltre il pezzo stesso.

9.4.5.3 Sistemi di giunzione

Le giunzioni di tubi, raccordi e pezzi speciali di polietilene potranno essere realizzate mediante due sistemi:

- per saldatura: elettrofusione o saldatura testa a testa;
- per serraggio meccanico, tramite: giunto a bicchiere, filettatura, giunti metallici, raccordi in materiale termoplastico, flange.

Le saldature, di qualunque tipologia, dovranno essere eseguiti esclusivamente da personale specializzato, munito di certificato di abilitazione all'esecuzione di giunti saldati sui tubi di materia plastica di cui alla norma UNI 9737/2007 "Classificazione e

qualificazione dei saldatori di materie plastiche - Saldatori con i procedimenti ad elementi termici per contatto con attrezzatura meccanica e a elettrofusione di tubi e raccordi in polietilene per il convogliamento di gas combustibili, di acqua e di altri fluidi in pressione".

9.4.5.4 Attrezzature impiegate

Le attrezzature per la posa di tubazioni di PE si distinguono in:

- attrezzature per saldare;
- attrezzature complementari.

Le attrezzature per saldare devono essere dei tipi seguenti:

- saldatrici ad elementi termici per contatto (norma UNI 10565);
- saldatrici per elettrofusione (norma UNI 10566);
- saldatrici a termoelemento per saldare nel bicchiere.

Le attrezzature complementari sono quelle utilizzate per la lavorazione e la preparazione dei pezzi da saldare (raschiatori, taglia tubi, allineatori, morsetti, perforatori, riarrotondatori e posizionatori per prese, chiavi, etc.).

Le saldatrici e tutte le attrezzature che l'Impresa riterrà opportuno impiegare per il montaggio delle tubazioni in HDPE, dovranno sempre e comunque essere preventivamente approvate dalla Direzione Lavori.

9.4.5.5 Sicurezza e rispetto della normativa elettrica

Poiché le operazioni di saldatura potrebbero dover essere eseguite in ambiente umido e, in taluni casi, anche in presenza di acqua, l'Impresa potrà impiegare solo saldatrici alimentate elettricamente certificate, in modo che sia garantita l'incolumità e la sicurezza del personale addetto.

Per quanto sopra, le saldatrici devono essere costruite ed usate nel rispetto delle seguenti norme:

- norma CEI 107/1 "Norme generali di sicurezza per gli apparecchi elettrotermici d'uso domestico e similare";
- norma CEI 107/50 "Ferri per saldare e apparecchi similari - Norme particolari di sicurezza";

- norma CEI 64/8 "Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000V in c.a. e 1500V in c.c".

9.4.5.6 Saldatura per elettrofusione

Questo sistema di saldatura consente collegamenti fra tubo e tubo, fra tubo e raccordo, mediante un elemento con resistenza elettrica incorporata (manicotti elettrici); è di semplice realizzazione e facilmente attuabile, soprattutto per diametri medio - piccoli; inoltre non richiede la totale omogeneità tra tubi e/o raccordi da collegare.

La saldatura viene realizzata con l'ausilio di manicotti elettrici i quali, prodotti per stampaggio, contengono delle resistenze in grado di fondere il materiale delle superfici di contatto tra tubo o raccordo e manicotto.

La saldatura viene effettuata inserendo le estremità del tubo o del raccordo nelle apposite sedi del manicotto e collegando le resistenze di quest'ultimo alla relativa saldatrice.

Per l'esecuzione della saldatura per elettrofusione, l'Impresa deve far riferimento alla norma UNI 10521 "Saldatura di materie plastiche. Saldatura per elettrofusione. Saldatura di tubi e/o raccordi in polietilene per il trasporto di gas combustibili, di acqua e di altri fluidi in pressione".

Saldatrici

Le saldatrici sono costituite da un dispositivo erogatore di energia che può essere a comando manuale, semiautomatico o automatico, caratterizzando i vari tipi di saldatrici. Questi dispositivi regolano la quantità di energia in funzione a quanto viene loro richiesto dal circuito elettrico incorporato nell'elemento elettrosaldabile.

Ogni saldatrice potrà essere impiegata solamente per i raccordi elettrosaldabili per cui è stata abilitata; infatti non è possibile saldare elementi elettrosaldabili con saldatrici appartenenti a sistemi diversi.

Sono in commercio specifiche apparecchiature polivalenti che consentono di saldare elettrosaldabili appartenenti a diversi sistemi, in quanto l'impostazione dei dati di saldatura avviene in maniera automatica, mediante l'ausilio di codici a barre, carte magnetiche o sistemi equivalenti. In ogni caso, queste saldatrici devono essere dotate di dispositivi in grado sia di verificare la resistenza elettrica degli

elettrosaldabili prima della saldatura, che di intervenire automaticamente per l'interruzione dell'energia, a saldatura avvenuta.

Per eseguire la saldatura per elettrofusione è inoltre richiesto l'impiego di attrezzature quali tagliatubi, raschiatori di tipo manuale o meccanico, allineatori, riarrotondatori, posizionatori per prese a settore.

Ai fini della sicurezza dell'operatore, l'Impresa è obbligata ad impiegare saldatrici costruite nel rispetto della norma UNI 10566 "Saldatrici per elettrofusione ed attrezzature ausiliarie impiegate per l'esecuzione di giunzioni di tubi e/o raccordi in polietilene (PE), mediante raccordi elettrosaldabili, per il trasporto di gas combustibile, di acqua e di altri fluidi in pressione. Caratteristiche e requisiti, collaudo, manutenzione e documenti".

Preparazione per la saldatura

Prima dell'inizio del ciclo di saldatura, l'Impresa dovrà eseguire, ove necessario a sua cura e spesa, le operazioni volte a garantire le migliori condizioni di lavoro e, di conseguenza, ad aumentare l'affidabilità della giunzione.

Verifica delle condizioni ambientali

La saldatura deve essere eseguita in un campo di temperatura ambiente compreso tra -5 °C e +40 °C; non è ammesso l'impiego di cannelli ad aria calda o bruciatori a diretto contatto con le superfici da saldare per innalzare la loro temperatura.

L'esecuzione delle saldature dovrà avvenire in un luogo possibilmente asciutto; in caso di pioggia, elevato grado di umidità, vento, eccessivo irraggiamento solare, etc., l'Impresa dovrà adottare tutti gli accorgimenti necessari per proteggere la zona di saldatura.

Controllo dei materiali

L'Impresa dovrà effettuare l'esame visivo e dimensionale dei materiali da saldare. In particolare dovrà verificare che la superficie interna ed esterna dei tubi e/o dei raccordi, in prossimità delle estremità da saldare, siano esenti da intagli, sbecchature o altro: eventuali discontinuità dovranno essere eliminate asportando per taglio, il tratto di tubo che lo contiene.

Si dovranno correggere eventuali ovalizzazioni dei tubi superiori all'1,5%, mediante appositi congegni arrotondatori e/o allineatori, al fine di riportare le dimensioni entro i valori normati; non è comunque ammesso il riscaldamento delle estremità per recuperare eventuali ovalizzazioni o ridurre la curvatura dei tubi.

Infine si dovrà verificare che l'estremità del tubo, opposta alla zona di saldatura, sia sigillata con tappo di protezione di plastica per evitare l'effetto di correnti d'aria durante la fase di saldatura.

Preparazione degli elementi da saldare

Le superfici interna ed esterna dei tubi dovranno essere accuratamente pulite da unto, polvere, tracce di fango e quant'altro possa viziare il futuro esercizio della tubazione, impiegando panni puliti che non rilascino fibre o carta morbida e apposito liquido detergente (ad esempio alcool isopropilico, cloruro di metilene, alcoole etilico, tricloroetano o clorotene).

Su tutta la superficie esterna da saldare, sia dei tubi che dei codoli dei raccordi, si dovrà asportare lo strato di ossidazione superficiale mediante appositi raschiatori automatici, semiautomatici o manuali. Non è consentito l'utilizzo di tela smeriglio, raspe o altri attrezzi di fortuna per l'asportazione.

La lunghezza del tubo sottoposto a raschiatura dovrà risultare maggiore della lunghezza del raccordo elettrosaldabile per un tratto di almeno 10 mm di ciascuna estremità. Questa operazione dovrà essere eseguita in modo omogeneo ed uniforme su tutta la superficie esterna del tubo interessata alla saldatura e realizzata per una profondità di:

- 0,1 mm per tubi con diametri uguali o inferiori a 63 mm;
- 0,2 mm per tubi con diametri superiori a 63 mm;

Il raccordo elettrosaldabile non dovrà essere sottoposto a raschiatura.

Posizionamento degli elementi da saldare

Prima di inserire il raccordo elettrosaldabile, si dovrà segnare sulle testate da congiungere la profondità d'inserimento dell'elettrosaldabile mediante una matita cerosa per circa 1/3 della circonferenza degli elementi da congiungere.

Quindi, si inserirà le testate nell'elettrosaldabile e si bloccherà la giunzione nell'allineatore.

Infine, dovranno essere verificati il corretto inserimento dell'elettrosaldabile sugli elementi da saldare e la loro coassialità.

Saldatura

L'Impresa dovrà eseguire la saldatura attenendosi scrupolosamente alle direttive impartite dal Costruttore degli elettrosaldabili e della saldatrice.

Le parti saldate dovranno restare bloccate fino al completamento dell'operazione di saldatura ed essere mantenute tali fino a raffreddamento avvenuto per un tempo comunque non inferiore a 20 minuti, evitando tutte le possibili sollecitazioni esterne. L'Impresa dovrà registrare i parametri di saldatura adottati per l'esecuzione di ogni singolo giunto in un verbale di saldatura.

9.4.5.7 Saldatura mediante elementi termici di contatto (testa a testa)

Questo sistema di saldatura consente l'esecuzione di giunzioni di due prodotti (tubi e/o raccordi) di uguale spessore, mediante l'impiego di saldatrici ad elemento termico per contatto (saldatrici a piastra).

Le giunzioni sono eseguite normalmente fuori opera ma, quando le condizioni lo consentono, anche in opera.

Il sistema di saldatura è idoneo soprattutto per grandi diametri.

La saldatura viene realizzata con l'ausilio di una saldatrice a piastre composta da ganasce per bloccare ed allineare le estremità dei tubi da saldare, una fresa per spianare e rifinire le testate, da una piastra riscaldata che mediante contatto fonde alcuni mm di PE sulle testate affinché realizzino la saldatura.

Seguendo un opportuno ciclo, le estremità delle tubazioni vengono rifinite, riscaldate fino allo stato plastico per contatto con la termoplastra e quindi unite a pressione fino ad ottenere un corpo unico.

Per l'esecuzione della saldatura mediante elementi termici di contatto, l'Impresa dovrà far riferimento alla norma UNI 10520 " Saldatura di materie plastiche. Saldatura ad elementi termici per contatto. Saldatura di giunti testa a testa di tubi e/o raccordi in polietilene per il trasporto di gas combustibili, di acqua e di altri fluidi in pressione".

Saldatrici

Le saldatrici sono costituite da: basamento (telaio), due elementi di guida e due carrelli (uno mobile ed uno fisso), su ciascuno dei quali trovano posto almeno due ganasce.

La pressione per la traslazione del carrello scorrevole viene fornita da una centralina con pompa e distributore a funzionamento manuale o elettroidraulico.

Sono vietate le macchine saldatrici in cui la traslazione delle morse avviene per movimento meccanico manuale e la pressione di saldatura avviene mediante molle.

La fresa utilizzata per la spianatura delle testate dovrà essere elettrica e adatta a lavorare le testate da saldare in maniera piana ed ortogonale all'asse del tubo e/o raccordo.

Il termoelemento (termoplastra) deve mantenere una temperatura costante, sulle superfici piane ricoperte con appropriati rivestimenti antiaderenti.

In ogni caso le attrezzature impiegate dovranno garantire:

- la perfetta coassialità delle testate;
- l'adeguato parallelismo tra le superfici da saldare;
- la regolazione e il controllo dei parametri di saldatura (pressione, temperatura, tempo).

Ai fini di garantire la sicurezza dell'operatore, l'Impresa sarà obbligata ad impiegare saldatrici costruite nel rispetto della norma UNI 10565 " Saldatrici da cantiere ad elementi termici per contatto impiegate per l'esecuzione di giunzioni testa/testa di tubi e/o raccordi in polietilene (PE), per il trasporto di gas combustibile, di acqua e di altri fluidi in pressione. Caratteristiche e requisiti, collaudo, manutenzione e documenti".

Preparazione per la saldatura

Prima dell'inizio del ciclo di saldatura, l'Impresa dovrà eseguire, ove necessario a sua cura e spesa, le operazioni volte a garantire le migliori condizioni di lavoro e, di conseguenza, ad aumentare l'affidabilità della giunzione.

Verifica delle condizioni ambientali

La saldatura dovrà essere eseguita in un campo di temperatura ambiente compreso tra -5 °C e +40 °C.

Non sarà ammesso l'impiego di cannelli ad aria calda o bruciatori a diretto contatto con le superfici da saldare, per innalzare la loro temperatura.

L'esecuzione delle saldature dovrà avvenire in un luogo possibilmente asciutto; in caso di pioggia, elevato grado di umidità, vento, eccessivo irraggiamento solare, etc., l'Impresa dovrà adottare tutti gli accorgimenti necessari per proteggere la zona di saldatura.

Controllo della saldatrice

Oltre alle verifiche di integrità e funzionamento sulla centralina idraulica, fresatrice e strumentazione, si dovrà controllare l'efficienza della termopiastra.

La massima differenza ammessa tra la temperatura impostata e quella rilevata in un punto qualunque del termoelemento con un termometro digitale tarato non deve essere superiore a + 10°C.

Controllo dei materiali

L'Impresa dovrà effettuare l'esame visivo e dimensionale dei materiali da saldare. In particolare dovrà verificare che la superficie interna ed esterna dei tubi e/o dei raccordi, in prossimità delle estremità da saldare, siano esenti da intagli e graffiature rilevanti e che siano rispettate le tolleranze relative allo spessore, al diametro esterno "qualunque" e all'ovalizzazione massima consentita dalle norme di prodotto applicabili.

Nel caso in cui l'ovalizzazione risulti eccessiva, si potrà fare uso di attrezzi arrotondatori; non sarà comunque ammesso il riscaldamento delle estremità.

Inoltre dovrà essere verificato che l'estremità del tubo opposta alla zona di saldatura sia sigillata con tappo di protezione.

Preparazione delle testate

Le testate dovranno essere accuratamente pulite da unto, polvere, tracce di fango e quant'altro possa viziare il futuro esercizio della tubazione, impiegando panni puliti che non rilascino fibre e apposito liquido detergente (ad esempio alcool isopropilico, cloruro di metilene, tricloroetano o clorotene).

Si dovrà controllare scrupolosamente che:

- il disassamento massimo fra le due teste non sia superiore al 10% dello spessore degli elementi da saldare, con un massimo di 2 mm;
- il parallelismo delle superfici spianate, avvicinando le parti, non presenti in nessun punto una luce superiore a:
 - 0,3 mm fino a De 200 mm;
 - 0,5 mm fino a De 400 mm;
 - 1,0 mm oltre De 450 mm.

Nel caso in cui uno dei due controlli non risulti soddisfacente, l'Impresa dovrà procedere nuovamente alle fasi di serraggio, fresatura ed eventuale pulizia, al fine di garantire il buon allineamento delle testate.

Selezione dei parametri di saldatura

I parametri di saldatura dipendono dallo spessore dei tubi e raccordi impiegati ed in particolare:

- la temperatura del termoelemento dovrà essere pari a:
 - $T = 210^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$, per spessori ≤ 12 mm;
 - $T = 200^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$, per spessori > 12 mm.
- i valori delle spinte da applicare:
 - per le fasi di preriscaldamento e saldatura, dovranno essere tali per cui le superfici a contatto siano soggette ad una pressione pari a $0,15$ N/mm², riferita alla superficie della corona circolare del tubo;
 - per la fase di riscaldamento, dovranno essere tali per cui le superfici a contatto siano sempre soggette ad una pressione non superiore a $0,02$ N/mm², riferita alla superficie della corona circolare del tubo.

I valori di pressione, che dipendono dal tipo di saldatrice impiegata, si ricavano direttamente dalle tabelle fornite dal Costruttore oppure possono essere calcolati conoscendo la sezione del cilindro di spinta del circuito di comando.

Le indicazioni fornite dal manometro della saldatrice dovranno corrispondere alle spinte calcolate o alle pressioni indicate dalla tabella: le pressioni di preriscaldamento (P_1) e di saldatura (P_5) dovranno essere aumentate del valore dell'attrito (pressione di trascinamento) che la macchina incontra, sia per l'avvicinamento delle testate, sia per il trascinamento della barra e/o raccordo da saldare. La pressione di trascinamento è la minima pressione letta sul manometro che permette il movimento relativo delle due testate precedentemente fissate al supporto mobile della saldatrice. Il suo valore dipende principalmente dal peso degli elementi da unire e non dovrà risultare superiore al valore delle pressioni P_1 e P_5 , si misura sperimentalmente e dovrà sempre essere verificato dall'operatore prima di ogni saldatura.

Ciclo di saldatura

La saldatura dovrà essere effettuata seguendo le fasi del ciclo di saldatura riportate di seguito:

- Fase 1 (accostamento e preriscaldamento delle testate): le superfici di saldatura dovranno essere premute contro il termoelemento con una forza di $0,15$ N per ogni mm² di superficie della corona circolare interessata alla saldatura, a cui va

aggiunta la pressione di trascinamento, fino al formarsi di un cordolo regolare su tutta la circonferenza la cui dimensione è specificata nelle tabelle approntate dal Costruttore della saldatrice, così come tutti i tempi necessari al procedimento (t_1 , t_2 , t_3 , t_4 , t_5);

- Fase 2 (riscaldamento): le superfici dovranno aderire al termoelemento ad una pressione minima (0,02 N/mm²);
- Fase 3 (rimozione del termoelemento): trascorso il tempo di riscaldamento t_2 , le superfici di saldatura dovranno essere allontanate rapidamente dal termoelemento, che dovrà essere tolto, e quindi riavvicinate in un tempo pari a t_3 ;
- Fase 4 (raggiungimento della pressione di saldatura): avvicinate le superfici di saldatura, la pressione dovrà essere aumentata gradualmente e senza sbalzi in un tempo t_4 , fino a 0,15 N/mm² a cui va aggiunta la pressione di trascinamento;
- Fase 5 (saldatura): il tempo t_5 necessario per raggiungere la pressione ottimale è correlato allo spessore del tubo;
- Fase 6 (raffreddamento): si dovrà evitare nel modo più assoluto qualsiasi raffreddamento brusco della saldatura (ottenuto, ad esempio, con aria o acqua).

Al termine del tempo di saldatura in pressione sarà possibile liberare il tubo dalle ganasce, avendo cura di non sottoporlo a sollecitazioni apprezzabili prima che il raffreddamento sia completato. In questo periodo si dovrà anche proteggere la zona di saldatura dagli agenti atmosferici (pioggia, vento, umidità, eccessivo irraggiamento solare, etc.).

I valori dei tempi e delle pressioni di preriscaldamento, riscaldamento e saldatura sono rilevabili dalla tabella della macchina e sono validi a temperatura ambiente (20°C) in assenza di correnti d'aria.

Il cordolo formatosi durante la saldatura dovrà essere, per quanto possibile, regolare ed uniforme e dovrà corrispondere alle dimensioni previste dalla tabella della norma UNI 10520.

L'Impresa dovrà eseguire la saldatura attenendosi scrupolosamente alle direttive impartite dal Costruttore degli elettrosaldabili e della saldatrice.

L'Impresa dovrà registrare i parametri di saldatura adottati per l'esecuzione di ogni singolo giunto in un verbale di saldatura.

9.4.5.8 Giunto a bicchiere

La giunzione mediante giunto a bicchiere è idonea solo per basse pressioni di esercizio.

Il giunto a bicchiere stampato in PE viene saldato in stabilimento su una delle estremità della barra del tubo. Il bicchiere presenta una forma leggermente svasata, tale da poter ricevere l'estremità opposta di un altro tubo; la tenuta viene realizzata comprimendo nello spazio tra parete del tubo e quella del bicchiere un'idonea guarnizione.

9.4.5.9 Filettatura

In questo tipo di giunzione, i giunti sono composti da innesti filettati maschio/femmina, saldati in stabilimento sulle estremità della barra del tubo.

L'avvitamento dovrà essere effettuato fino in fondo, ma senza forzare eccessivamente.

Questo sistema è consigliato per la posa dei tubi impiegati per la captazione del biogas.

9.4.5.10 Giunti metallici

Esistono diversi tipi di giunti metallici, a compressione e a innesto. Alcuni non effettuano il graffaggio del tubo esterno (es. giunti universali o dedicati), altri presentano un sistema di graffaggio antisfilamento sulla circonferenza esterna del tubo.

9.4.5.11 Raccordi in materiale termoplastico

Vengono usati vari tipi di raccordi a compressione in materiale termoplastico, nei quali la giunzione viene effettuata con l'uso di un sistema di graffaggio sull'esterno del tubo.

Qualunque tipologia di raccordo dovrà comunque rispondere ai requisiti prescritti dalla norma UNI 9561 "Raccordi a compressione mediante serraggio meccanico a base di materiali termoplastici per condotte di polietilene per liquidi in pressione. Tipi, dimensioni e requisiti" e pertanto verificati con i relativi metodi di prova prescritti

nella norma UNI 9562 "Raccordi a compressione mediante serraggio meccanico a base di materiali termoplastici per condotte di polietilene per liquidi in pressione. Metodi di prova".

9.4.5.12 Giunzioni mediante flangiatura

Flangiatura a saldare

Per questo tipo di giunzione si utilizzano flange scorrevoli infilate su collari in PE saldabili mediante saldatura ad elementi termici per contatto o per elettrofusione.

I collari, data la resistenza che dovranno esercitare, saranno prefabbricati per stampaggio dal fornitore dei tubi.

Le flange vengono quindi collegate con bulloni o tiranti di lunghezza appropriata, utilizzando idonee guarnizioni. L'inserimento di guarnizioni è consigliata in tutti i casi.

Le flange, a seconda dell'uso della condotta, potranno essere di materiale metallico o termoplastico; a collegamento avvenuto, flange e bulloni potranno essere convenientemente protetti contro la corrosione.

Flangiatura a compressione

Si potranno utilizzare flange mobili a serraggio meccanico dotate di guarnizione conica in cui inserire il tubo; la guarnizione stessa funge da tenuta con la controflangia.

È indispensabile l'inserimento di una boccia di rinforzo all'interno del tubo, per evitare eventuali collassi dello stesso.

Tale flangia può essere dotata di ghiera antisfilamento.

Vi sono inoltre altri sistemi di flangiatura, costituiti da giunti di collegamento di tipo universale, con gamma dei diametri d'accoppiamento variabile da un lato, e dall'altro dotati di flangia di collegamento. Tali giunti flangiati devono avere boccia di rinforzo all'interno del tubo. Il giunto può avere funzione antisfilamento.

Tutti i sistemi di flangiatura a compressione possono essere utilizzati come giunti di smontaggio.

9.5 Collaudo idraulico per tubazioni in pressione

Il collaudo si dovrà eseguire sulla tubazione installata, compresi i relativi raccordi e tutti gli organi di intercettazione, se questi sono dimensionati per la pressione di prova. Se invece gli accessori non sono adatti alla pressione di collaudo, dovranno essere esclusi mediante inserimento di dischi di intercettazione.

Le prove di collaudo sono di due tipi:

- collaudo tradizionale;
- collaudo aggiornato (con riferimento ai progetti EN),

e potranno essere effettuate indifferentemente a discrezione della Direzioni Lavori.

9.5.1 Collaudo tradizionale

Si verifica la tenuta della condotta a breve durata con una pressione superiore alla pressione nominale della linea. Durante la prova preliminare si deve creare nella tubazione un equilibrio tra tensione e dilatazione, che avrà come risultato un aumento di volume della condotta.

La prova idraulica dei tubi in PE in opera è da effettuare su tratte non più lunghe di 500 m, per evitare problematiche sia durante il collaudo (rabbocco liquido, controllo giunzioni, presenze sacche d'aria) sia in caso di rottura della saldatura (svuotamento totale e riempimento in linea).

La tubazione deve essere bloccata nella sua sede con terra vagliata o sabbia, lasciando possibilmente tutte le saldature scoperte per i controlli di tenuta.

La quasi totale copertura del tubo da collaudare eviterà sbalzi di temperatura nelle varie ore del giorno e della notte, consentendo una definizione più precisa della quantità di acqua aggiunta durante le ore di collaudo.

Dopo la copertura parziale del tubo, come sopra accennato, si deve riempire la linea con acqua dal punto più basso della condotta, sfiatando la stessa in vari punti per eliminare totalmente le sacche d'aria.

Alla fine dell'operazione di riempimento e di sfiato si procederà con la prova di pressione preliminare per una durata di 6 ore complessive e con pressione di 1,5 PN che non deve superare assolutamente il valore $PN + 5$ bar.

Nel punto di pompaggio deve essere installato, oltre ad un manometro di pressione, anche un manometro registratore (pressione e tempo), permettendo così di documentare l'andamento della prova idraulica e un contatore volumetrico.

La pompa deve essere attivata ogni ora per ripristinare la pressione di prova ed il contatore presente nell'unità di pressurizzazione deve conteggiare il volume del liquido aggiunto.

I dati dovranno essere annotati nel protocollo di collaudo.

Durante le 6 ore il tubo si dilaterà sotto la pressione interna e raggiungerà una perdita di pressione fino a 0,8 bar/h. Ad una temperatura di 20°C il volume può aumentare fino al 3%.

Se la temperatura è più bassa di 20°C (ad esempio di notte) la dilatazione avrà valori più contenuti.

Durante l'operazione di pre - collaudo si dovrà controllare la tenuta delle giunzioni e i raccordi flangiati saranno da rinserrare ciclicamente; durante queste operazioni, occorre prestare attenzione al pericolo di incidente in caso di improvvisa perdita della linea, prevedendo adeguate protezioni all'operatore.

Al termine della prova preliminare, che deve terminare senza alcuna perdita dalle giunzioni, si procede con la prova principale, abbassando la pressione interna ad un livello di 1,3 PN che non deve superare il valore $PN + 3$ bar. Questa prova dura 6 ore ed ogni ora deve essere rilevata la pressione interna che indicativamente può scendere di 0,3 bar/h. Non deve essere ripristinata la pressione fino al termine della prova. Il collaudo si ritiene positivo quando $\Delta p = 1,8$ bar (differenza tra pressione iniziale e pressione finale).

Durante la prova principale si controllano, da parte dell'operatore, tutte le giunzioni senza che si riscontri alcuna perdita visibile.

A collaudo terminato sarà redatto un protocollo, che dovrà essere firmato dall'impresa esecutrice e dalla Direzione Lavori.

9.5.2 Collaudo aggiornato

Si verifica la tenuta della condotta con procedimenti particolarmente rapidi utilizzando il "metodo a contrazione" (variazione del volume modificando la pressione).

Il principio di questo metodo sfrutta le caratteristiche viscoelastiche del polietilene, in quanto abbassando la pressione interna della condotta la contrazione della tubazione mantiene la pressione ad un livello stabile per un breve periodo.

Gli elementi necessari per il collaudo sono: unità di prova idraulica composta da motopompa, vasca di stoccaggio liquido da integrare, valvole di sfiato e di regolazione, registratore di pressione, manometro di precisione, termometro, conta litri o serbatoio di recupero graduato per la rilevazione del volume scaricato (suddivisione $\leq 5\%$ del volume richiesto).

Le tubazioni dovranno essere coperte in tutta l'estensione di collaudo, per non far loro superare la temperatura massima 20°C.

9.5.2.1 Prova preliminare

Le operazioni da effettuarsi per la prova preliminare sono:

1. riempire la condotta con acqua avente temperatura inferiore a 20°C ad una velocità superiore a 1 m/s sfiatandola e traboccandola per evitare sacche d'aria. Chiudere la valvola di alimentazione dell'acqua e lasciare assestare la condotta per almeno 1 h (fase di assestamento).
2. mettere in pressione la condotta alla pressione di collaudo, P_{Coll} , di 1,5 PN, non superando PN +5 bar, in un tempo massimo di 10 minuti.
3. mantenere la P_{Coll} per 30 minuti ripristinando la caduta di pressione al valore P_{Coll} (fase di mantenimento).
4. controllare nella successiva ora (fase di dilatazione) le variazioni di pressione rispetto alla P_{Coll} , che non devono essere superiori al 30%. Se la caduta di pressione è superiore al 30% si interrompe la prova, si eliminano le cause delle perdite e, dopo un riposo delle tubature di almeno un'ora, si riprende il collaudo.

È necessario il superamento di questa prova per eseguire la prova principale.

9.5.2.2 Prova principale

A seguito della prova preliminare eseguita con esito positivo, si procede alla diminuzione di pressione (P_{abb}); per i successivi 30 minuti si deve controllare

l'andamento della pressione (si può estendere fino a 1,5 ore per ottenere una valutazione più sicura dei risultati).

Se il valore di caduta di pressione rilevata dopo 30 minuti è $\leq 0,25$ bar rispetto al valore massimo rilevato in questa fase, si procede al controllo di verifica del risultato prendendo in considerazione il volume dell'acqua scaricato durante la riduzione di pressione.

Se la quantità del liquido è inferiore a quello calcolato il collaudo è positivo; se invece è superiore, la prova deve essere ripetuta.

9.6 Normativa di riferimento

La normativa di riferimento per le tubazioni lisce è la seguente:

- UNI EN 12201-1:2004 "Sistemi di tubazioni di materia plastica per la distribuzione dell'acqua - Polietilene (PE) – Generalità";
- UNI EN 12201-2:2004 "Sistemi di tubazioni di materia plastica per la distribuzione dell'acqua - Polietilene (PE) – Tubi";
- UNI EN 12201-3:2004 "Sistemi di tubazioni di materia plastica per la distribuzione dell'acqua - Polietilene (PE) – Raccordi";
- UNI EN 12201-4:2002 "Sistemi di tubazioni di materia plastica per la distribuzione dell'acqua - Polietilene (PE) – Valvole";
- UNI EN 12201-5:2004 "Sistemi di tubazioni di materia plastica per la distribuzione dell'acqua - Polietilene (PE) – Parte 5: Idoneità all'impiego del sistema";
- UNI EN 12666-1:2006 "Sistemi di tubazioni di materia plastica per fognature e scarichi interrati non in pressione - Polietilene (PE) - Parte 1: Specificazioni per i tubi, i raccordi e il sistema";
- UNI 7616:1976 + A90:1979 "Raccordi di polietilene ad alta densità per condotte di fluidi in pressione. Metodi di prova";
- UNI EN 1092-1:2007 "Flange e loro giunzioni. Flange circolari per tubazioni, valvole, raccordi e accessori designate mediante PN. Flange di acciaio".

10. ELEMENTI PREFABBRICATI DI CALCESTRUZZO ARMATO E/O PRECOPRESSO

Con elemento prefabbricato s'intende una struttura realizzata mediante l'associazione e/o il completamento in opera di più elementi costruiti in stabilimento o a piè d'opera.

La progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle costruzioni prefabbricate sono disciplinate al paragrafo 11.8 "Componenti prefabbricati in c.a. e c.a.p." delle Norme tecniche per le costruzioni approvate con D.M. del 14.01.2008.

I manufatti prefabbricati utilizzati e montati dall'Impresa costruttrice dovranno appartenere ad una delle due categorie di produzione previste dal citato Decreto e precisamente:

- in serie "dichiarata";
- in serie "controllata".

Per serie "dichiarata" s'intende la produzione in serie eseguita in Stabilimento, dichiarata tale dal Produttore, conforme alle norme e per la quale sia stata presentata domanda corredata da idonea documentazione, ai sensi dell'art. 58 del DPR n.380/2001 e di quanto indicato al paragrafo 11.8.4.1. delle NTC08 al Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici

Per serie "controllata" s'intende la produzione in serie che, oltre ad avere i requisiti specificati per quella "dichiarata", sia eseguita con procedure che prevedono verifiche sperimentali su prototipo e controllo di conformità della produzione.

Tutte le forniture di componenti strutturali prodotti in serie controllata possono essere accettate senza ulteriori controlli dei materiali, né prove di carico dei componenti isolati, se accompagnati da un certificato di origine firmato dal Produttore e dal tecnico responsabile della produzione e attestante che gli elementi sono stati prodotti in serie controllata e recante in allegato copia del relativo estratto del registro di produzione e degli estremi dei certificati di verifica preventiva del laboratorio ufficiale.

Per i componenti strutturali prodotti in serie dichiarata si deve verificare che esista una dichiarazione di conformità rilasciata dal produttore.

10.1 Posa in opera

Nella fase di posa e regolazione degli elementi prefabbricati si devono adottare gli accorgimenti necessari per ridurre le sollecitazioni di natura dinamica conseguenti al movimento degli elementi e per evitare forti concentrazioni di sforzo.

I dispositivi di regolazione devono consentire il rispetto delle tolleranze previste nel progetto, tenendo conto sia di quelle di produzione degli elementi prefabbricati, sia di quelle di esecuzione dell'unione.

Gli eventuali dispositivi di vincolo impiegati durante la posa, se lasciati definitivamente in sito, non devono alterare il corretto funzionamento dell'unione realizzata e comunque generare concentrazioni di sforzo.

Gli elementi devono sempre essere accompagnati dalla Certificazione di conformità del Produttore.

Prima della posa in opera degli elementi prefabbricati, l'Impresa deve aver cura di:

- effettuare il tracciamento;
- effettuare lo scavo di impostazione degli elementi, dando allo scavo stesso la forma dell'elemento ed in modo che il piano di impostazione di ciascun elemento risulti debitamente costipato, per evitare il cedimento dei singoli elementi e come sarà specificato dalle tavole esecutive.

L'Impresa deve provvedere alla sigillatura tra gli elementi con malta cementizia o altro materiale previo assenso da parte della Direzione Lavori, al raccordo con le superfici scolanti e a quant'altro occorrente per dare l'opera finita a regola d'arte.

10.2 Elementi prefabbricati previsti a progetto

10.2.1 Pozzetti

Eseguito lo scavo nel materiale con dimensioni in pianta maggiori di 20 cm per lato dell'ingombro esterno dei pozzetti si deve procedere al getto del calcestruzzo di sottofondo in spessore di 10 cm di classe C 12/15.

Si può procedere quindi alla posa verificando preliminarmente l'integrità dei manufatti e successivamente l'allineamento dei fori per il passaggio delle tubazioni.

Si deve procedere infine al rinterro con il materiale di risulta degli scavi ben costipato e/o con getti di calcestruzzo di classe C 12/15.

10.2.2 Canale di gronda

Il canale di gronda per la raccolta ed il convogliamento delle acque allo scarico saranno in C.A.V. a sezione rettangolare delle dimensioni interne base 500 mm ed altezza 700 mm in cemento vibrocompresso additivato, con profili salvabordo zincati, a norma UNI-EN 1433:2008.

10.2.3 Embrici

Per le discese lungo l'argine esistente saranno invece posati degli embrici preafrancati in cls a "C" (550 X 200 mm) da porre sulla scarpata lungo la linea di massima pendenza in corrispondenza delle tubazioni per l'attraversamento della pista perimetrale.

Il collegamento canalette-tubazioni-embrici avverrà attraverso pozzetti prefabbricati descritti nel precedente paragrafo.

10.2.4 Canale con grigliato

Dove necessario il canale in C.A.V. a sezione rettangolare sarà protetto con grigliato in ghisa, in pressato o eletrosandato, capace di resistere a carichi di classe 4 - D400 (autotreni/autoarticolati) con carico dinamico su impronta 600 x 250 (mm) kg 12000: $2 \times 1,5 = \text{kg } 9000 \sim 9000 \text{ daN}$ dotato di opportuni dispositivi antisvitamento (es. dadi autobloccanti, ancoraggio).

10.3 **Appoggi**

Gli appoggi dovranno essere tali da soddisfare le condizioni di resistenza dell'elemento appoggiato, dell'eventuale apparecchio di appoggio e del sostegno, tenendo conto delle variazioni termiche, della deformabilità delle strutture e dei fenomeni lenti.

10.4 **Montaggio**

Nel rispetto delle vigenti norme antinfortunistiche, i mezzi di sollevamento dovranno essere proporzionati per la massima prestazione prevista nel programma di montaggio; inoltre nella fase di messa in opera dell'elemento prefabbricato fino al contatto con gli appoggi, i mezzi devono avere velocità di posa commisurata con le caratteristiche del piano di appoggio e con quella dell'elemento stesso.

La velocità di discesa deve essere tale da poter considerare non influenti le forze dinamiche di urto.

Gli elementi dovranno essere posizionati come e dove indicato in progetto.

In presenza di getti integrativi eseguiti in opera, che concorrono alla stabilità della struttura anche nelle fasi intermedie, il programma di montaggio sarà condizionato dai tempi di maturazione richiesti per questi, secondo le prescrizioni di progetto.

L'elemento potrà essere svincolato dall'apparecchiatura di posa solo dopo che è stata assicurata la sua stabilità; in particolare dovrà essere stabile all'azione di:

- peso proprio;
- vento;
- azioni di successive operazioni di montaggio;
- azioni orizzontali convenzionali.

L'attrezzatura impiegata per garantire la stabilità nella fase transitoria che precede il definitivo completamento dell'opera dovrà essere munita di apparecchiature, ove necessarie, per consentire, in condizioni di sicurezza, le operazioni di registrazione dell'elemento (piccoli spostamenti delle tre coordinate, piccole rotazioni, ecc.) e, dopo il fissaggio definitivo degli elementi, le operazioni di recupero dell'attrezzatura stessa, senza provocare danni agli elementi stessi.

Deve essere previsto nel progetto un ordine di montaggio tale da evitare che si determinino strutture temporaneamente labili o instabili nel loro insieme.

La corrispondenza dei manufatti al progetto sotto tutti gli aspetti rilevabili al montaggio (forme, dimensioni e relative tolleranze) sarà verificata dalla Direzione Lavori, che escluderà l'impiego di manufatti non rispondenti.

10.5 Controlli in fase di accettazione

Gli elementi devono essere corredati dalla Certificazione di conformità del Produttore.

11. CALCESTRUZZI

Il calcestruzzo è un materiale composito che si ottiene per miscelazione di cemento, aggregati (grossi e fini in proporzioni opportune) ed acqua e per successivo indurimento della pasta cementizia. Oltre a questi componenti, il calcestruzzo può contenere additivi e/o aggiunte.

La miscela cementizia che l'Impresa deve impiegare per la realizzazione delle opere oggetto del presente Capitolato ed essere del tipo "a prestazione garantita".

Il calcestruzzo può essere miscelato in cantiere, confezionato o prodotto in un impianto per componenti di calcestruzzo prefabbricato.

L'Impresa è tenuta all'osservanza della Legge del 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. Infrastrutture 14/01/2008 e circ. 02/02/2009 n. 617 C.S. LL PP).

Per le specifiche, prestazioni, produzione e conformità del calcestruzzo l'Impresa deve far riferimento alla norma UNI ENV 13670-1:2001 ed alle Linee Guida per la messa in opera del calcestruzzo strutturale e per la valutazione delle caratteristiche meccaniche del calcestruzzo pubblicate dal Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici nonché alla UNI EN 206-1:2006 per le classi di esposizione ambientale e la curabilità delle opere.

11.1 Caratteristiche dei materiali

11.1.1 Cementi

Tutti i manufatti in c.a. e c.a.p. potranno essere eseguiti impiegando unicamente cementi provvisti di attestato di conformità CE che soddisfino i requisiti previsti dalla norma UNI EN 197-1:2006. Qualora vi sia l'esigenza di eseguire getti massivi, al fine di limitare l'innalzamento della temperatura all'interno del getto in conseguenza della reazione di idratazione del cemento, sarà opportuno utilizzare cementi comuni a basso calore di idratazione contraddistinti dalla sigla LH contemplati dalla norma UNI EN 197-1:2006. Se prevista una classe di esposizione XA,

secondo le indicazioni della norma UNI EN 206 e UNI 11104, conseguente ad un'aggressione di tipo solfatico o di dilavamento della calce, sarà necessario utilizzare cementi resistenti ai solfati o alle acque dilavanti in accordo con la UNI 9156 o la UNI 9606.

11.1.1.1 Controlli sul cemento

Controllo della documentazione

In cantiere o presso l'impianto di confezionamento del calcestruzzo ammessa esclusivamente la fornitura di cementi di cui al punto 4.1.1. Tutte le forniture di cemento devono essere accompagnate dall'attestato di conformità CE.

Le forniture effettuate da un intermediario, ad esempio un importatore, dovranno essere accompagnate dall'Attestato di Conformità CE rilasciato dal produttore di cemento e completato con i riferimenti ai DDT dei lotti consegnati dallo stesso intermediario. Il Direttore dei Lavori tenuto a verificare periodicamente quanto sopra indicato, in particolare la corrispondenza del cemento consegnato, come rilevabile dalla documentazione anzidetta, con quello previsto negli elaborati di progetto allegati al contratto d'appalto.

Controllo di accettazione

Il Direttore dei Lavori potrà richiedere controlli di accettazione sul cemento in arrivo in cantiere nel caso che il calcestruzzo sia prodotto da impianto di confezionamento installato nel cantiere stesso.

Il prelievo del cemento dovrà avvenire al momento della consegna in conformità alla norma UNI EN 196-7.

L'impresa dovrà assicurarsi, prima del campionamento, che il sacco da cui si effettua il prelievo sia in perfetto stato di conservazione o, alternativamente, che l'autobotte sia ancora munita di sigilli; obbligatorio che il campionamento sia effettuato in contraddittorio con un rappresentante del produttore di cemento.

Il controllo di accettazione di norma potrà avvenire indicativamente ogni 5'000 tonnellate di cemento consegnato. Il campione di cemento prelevato sarà suddiviso in almeno tre parti di cui una verrà inviata ad un Laboratorio Ufficiale di cui all'art 59 del D.P.R.n 380/2001 scelto dalla Direzione Lavori, un'altra a disposizione

dell'impresa e la terza rimarrà custodita, in un contenitore sigillato, per eventuali controprove.

11.1.2 Aggiunte

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

Per le aggiunte di tipo II si farà riferimento alla UNI 11104 punto 4.2 e alla UNI EN 206-1 punto 5.1.6 e punto 5.2.5. La conformità delle aggiunte alle relative norme dovrà essere dimostrata in fase di verifica preliminare delle miscele (controllo di conformità) e, in seguito, ogni qualvolta la D.L. ne faccia richiesta.

11.1.2.1 Ceneri volanti

Le ceneri provenienti dalla combustione del carbone, ai fini dell'utilizzazione nel calcestruzzo come aggiunte di tipo II, devono essere conformi alla UNI EN 450 e provviste di marcatura CE in ottemperanza alle disposizioni legislative in materia di norma armonizzata. Le ceneri non conformi alla UNI EN 450, ma conformi alla UNI EN 12620 possono essere utilizzate nel calcestruzzo come aggregato.

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

TIPO DI CEMENTO	CLASSI DI RESISTENZA	VALORI DI K
CEM I	32.5 N, R	0.2
CEM I	42.5 N, R	0.4
	52.5 N, R	
CEM IIA	32.5 N, R	0.2
	42.5 N, R	
CEM IIIA	32.5 N, R	0.2
	42.5 N, R	
CEM IVA	32.5 N, R	0.2
	42.5 N, R	
CEM VA	32.5 N, R	0.2
	42.5 N, R	

Tabella 11.1: Valori del coefficiente k per ceneri volanti conformi alla UNI EN 450 (prospetto 3, UNI 11104)

11.1.2.2 Fumo di silice

I fumi di silice provenienti dalle industrie che producono il silicio metallico e le leghe ferro-silicio, ai fini dell'utilizzazione nel calcestruzzo come aggiunte di tipo II, devono essere conformi alla UNI EN 13263 parte 1 e 2 e provviste di marcatura CE in ottemperanza alle disposizioni legislative in materia di norma armonizzata.

Il fumo di silice può essere utilizzato allo stato naturale (in polvere così come ottenuto all'arco elettrico), come sospensione liquida (slurry) di particelle con contenuto secco del 50% in massa oppure in sacchi di premiscelato contenenti fumo di silice e additivo superfluidificante. Se impiegato in forma di slurry il quantitativo di acqua apportato dalla sospensione contenente fumo di silice dovrà essere tenuto in conto nel calcolo del rapporto acqua/cemento equivalente (paragrafo 2.3).

In deroga a quanto riportato al punto 5.2.5.2.3 della norma UNI EN 206 la quantità massima di fumo di silice che può essere considerata agli effetti del rapporto acqua/cemento equivalente e del contenuto di cemento deve soddisfare il requisito: fumo di silice 7% rispetto alla massa di cemento.

Se la quantità di fumi di silice che viene utilizzata maggiore, l'eccesso non deve essere considerato agli effetti del concetto del valore k . Ai fini del calcolo del rapporto a/c equivalente il coefficiente k verrà desunto dal prospetto seguente che deve intendersi generalmente riferito a fumi di silice utilizzati nel confezionamento di calcestruzzi impiegando esclusivamente con cementi tipo I e CEM II-A di classe 42,5 e 42,5R conformi alla UNI EN 197-1:

- per un rapporto acqua/cemento prescritto 0,45 $k = 2,0$
- per un rapporto acqua/cemento prescritto $>0,45$ $k = 2,0$ eccetto $k = 1,0$ per le classi di esposizione XC e XF.

La quantità (cemento + k * quantità fumo di silice) non deve essere minore del dosaggio minimo di cemento richiesto ai fini della durabilità in funzione della classe (delle classi) di esposizione ambientale in cui la struttura ricade.

L'impiego di fumo di silice con cementi diversi da quelli sopramenzionati subordinato all'approvazione preliminare della D.L..

11.1.3 Aggregati

Gli aggregati utilizzabili, ai fini del confezionamento del calcestruzzo, debbono possedere marcatura CE secondo D.P.R. 246/93 e successivi decreti attuativi.

Gli aggregati debbono essere conformi ai requisiti della normativa UNI EN 12620 e UNI 8520-2 con i relativi riferimenti alla destinazione d'uso del calcestruzzo.

La massa volumica media del granulo in condizioni s.s.a. (saturo a superficie asciutta) deve essere pari o superiore a 2600 kg/m³. A questa prescrizione si potrà derogare solo in casi di comprovata impossibilità di approvvigionamento locale, purché si continuino a rispettare le prescrizioni in termini di resistenza caratteristica a compressione e di durabilità specificati nel paragrafo 2.8. Per opere caratterizzate da un elevato rapporto superficie/volume, laddove assume un'importanza predominante la minimizzazione del ritiro igrometrico del calcestruzzo, occorrerà preliminarmente verificare che l'impiego di aggregati di minore massa volumica non determini un incremento del ritiro rispetto ad un analogo conglomerato confezionato con aggregati di massa volumica media maggiore di 2600 kg/m³. Per i calcestruzzi con classe di resistenza caratteristica a compressione maggiore di C50/60 dovranno essere utilizzati aggregati di massa volumica sempre maggiore di 2600 kg/m³.

Gli aggregati dovranno rispettare i requisiti minimi imposti dalla norma UNI 8520 parte 2 relativamente al contenuto di sostanze nocive. In particolare:

- il contenuto di solfati solubili in acido (espressi come SO₃ da determinarsi con la procedura prevista dalla UNI-EN 1744-1 punto 12) dovrà risultare inferiore allo 0.2% sulla massa dell'aggregato indipendentemente se l'aggregato grosso oppure fine (aggregati con classe di contenuto di solfati AS0,2);
- il contenuto totale di zolfo (da determinarsi con UNI-EN 1744-1 punto 11) dovrà risultare inferiore allo 0.1%;
- non dovranno contenere forme di silice amorfa alcali-reattiva o in alternativa dovranno evidenziare espansioni su prismi di malta, valutate con la prova accelerata e/o con la prova a lungo termine in accordo alla metodologia prevista dalla UNI 8520-22, inferiori ai valori massimi riportati nel prospetto 6 della UNI 8520 parte 2.

11.1.3.1 Aggregati di riciclo

In attesa di specifiche normative sugli aggregati di riciclo consentito l'uso di aggregati grossi provenienti da riciclo, secondo i limiti di cui alla Tabella che segue, a condizione che il calcestruzzo possenga i requisiti reologici, meccanici e di durabilità di cui al paragrafo 2.3. Per tali aggregati, le prove di controllo di produzione in fabbrica saranno effettuate secondo i prospetti H1, H2 ed H3 dell'annesso ZA della norma UNI EN 12620; per le parti rilevanti, devono essere effettuate ogni 100 ton di aggregato prodotto e, comunque, negli impianti di riciclo, per ogni giorno di produzione.

ORIGINE DEL MATERIALE DA RICICLO	CLASSE DEL CALCESTRUZZO	PERCENTUALE DI IMPIEGO
Demolizioni di edifici (macerie)	C8/10	fino al 100% ≤ 30%
Demolizioni di solo cls e c.a.	≤ C30/37 ≤ C20/25	fino al 60%
Da calcestruzzi > C45/55	≤ C45/55	fino al 15%
	Stessa classe del calcestruzzo di origine	fino al 5%

Tabella 11.2: Percentuali di impiego di aggregati di riciclo (D.M. 14/01/2008)

Al fine di individuare i requisiti chimico-fisici aggiuntivi rispetto a quelli fissati per gli aggregati naturali, che gli aggregati riciclati devono rispettare, in funzione della destinazione finale del calcestruzzo e delle sue proprietà prestazionali, occorre fare specifico riferimento alla UNI 8520 parti 1 e 2.

11.1.4 Acqua di impasto

Per la produzione del calcestruzzo dovranno essere impiegate le acque potabili e quelle di riciclo conformi alla UNI EN 1008:2003.

11.1.5 Additivi

Gli additivi per la produzione del calcestruzzo devono possedere la marcatura CE ed essere conformi, in relazione alla particolare categoria di prodotto cui essi appartengono, ai requisiti imposti dai rispettivi prospetti della norma UNI EN 934 (parti 2, 3, 4, 5). Per gli altri additivi che non rientrano nelle classificazioni della

norma si dovrà verificarne l'idoneità all'impiego in funzione dell'applicazione e delle proprietà richieste per il calcestruzzo. È onere del produttore di calcestruzzo verificare preliminarmente i dosaggi ottimali di additivo per conseguire le prestazioni reologiche e meccaniche richieste oltre che per valutare eventuali effetti indesiderati. Per la produzione degli impasti, si consiglia l'impiego costante di additivi fluidificanti/riduttori di acqua o superfluidificanti/riduttori di acqua ad alta efficacia per limitare il contenuto di acqua di impasto, migliorare la stabilità dimensionale del calcestruzzo e la durabilità dei getti. Nel periodo estivo si consiglia di impiegare specifici additivi capaci di mantenere una prolungata lavorabilità del calcestruzzo in funzione dei tempi di trasporto e di getto.

Per le riprese di getto si potrà far ricorso all'utilizzo di ritardanti di presa e degli adesivi per riprese di getto. Nel periodo invernale al fine di evitare i danni derivanti dalla azione del gelo, in condizioni di maturazione al di sotto dei 5 C, si farà ricorso, oltre che agli additivi superfluidificanti, all'utilizzo di additivi acceleranti di presa e di indurimento privi di cloruri. Per i getti sottoposti all'azione del gelo e del disgelo, si farà ricorso all'impiego di additivi aeranti come prescritto dalle normative UNI EN 206 e UNI 11104. Di seguito viene proposto uno schema riassuntivo per le varie classi di additivo in funzione delle classi di esposizione

	Rck min	a/c max	WR/SF*	AE*	HE*	SRA*	IC*
X0	15	0,60					
XC1 XC2	30	0,60	X				
XF1	40	0,50	X		X	X	
XF2	30	0,50	X	X	X	X	X
XF3	30	0,50	X	X	X	X	
XF4	35	0,45	X	X	X	X	X
XA1 XC3 XD1	35	0,55	X			X	X
XS1 XC4 XA2 XD2	40	0,50	X			X	X
XS2 XS3 XA3 XD3	45	0,45	X			X	X

* WR/SF: fluidificanti/superfluidificanti, AE: Aeranti, HE: Acceleranti (solo in condizioni climatiche invernali), SRA: additivi riduttori di ritiro, IC: inibitori di corrosione.

Tabella 11.3: Classi di additivo in funzione delle classi di esposizione

11.1.6 Acciaio

L'acciaio da cemento armato ordinario comprende:

- barre d'acciaio tipo B450C (6 mm _ Ø _ 40 mm), rotoli tipo B450C (6 mm _ Ø _ 16 mm);
- prodotti raddrizzati ottenuti da rotoli con diametri _ 16mm per il tipo B450C;
- reti elettrosaldate (6 mm _ Ø _ 12 mm) tipo B450C;
- tralicci elettrosaldati (6 mm _ Ø _ 12 mm) tipo B450C;

Ognuno di questi prodotti deve rispondere alle caratteristiche richieste dalle Norme Tecniche per le Costruzioni, D.M.14-01-2008, che specifica le caratteristiche tecniche che devono essere verificate, i metodi di prova, le condizioni di prova e il sistema per l'attestazione di conformità per gli acciai destinati alle costruzioni in cemento armato che ricadono sotto la Direttiva Prodotti CPD (89/106/CE). L'acciaio deve essere qualificato all'origine, deve portare impresso, come prescritto dalle suddette norme, il marchio indelebile che lo renda costantemente riconoscibile e riconducibile inequivocabilmente allo stabilimento di produzione.

11.1.6.1 Requisiti

Saldabilità e composizione chimica

La composizione chimica deve essere in accordo con quanto specificato nella tabella seguente:

Tipo di Analisi	CARBONIO ^a %	ZOLFO %	FOSFORO %	AZOTO ^b %	RAME %	CARBONIO EQUIVALENTE ^a %
Analisi su colata	0,22	0,050	0,050	0,012	0,80	0,50
Analisi su prodotto	0,24	0,055	0,055	0,014	0,85	0,52
a = è permesso superare il valore massimo di carbonio per massa nel caso in cui il valore equivalente del carbonio venga diminuito dello 0,02% per massa. b = Sono permessi valori superiori di azoto se sono presenti quantità sufficienti di elementi che fissano l'azoto.						

Tabella 11.4: Valori massimi di composizione chimica secondo D.M. 14/01/2008

Proprietà meccaniche

Le proprietà meccaniche devono essere in accordo con quanto specificato nelle Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 14/01/2008).

Proprietà	Valore caratteristico
f_y (N/mm ²)	$\geq 450 \alpha$
f_t (N/mm ²)	$\geq 540 \alpha$
f_t/f_y	$\geq 1,15 \beta$
A_{gt} (%)	$\leq 1,35 \beta$
$f_y/f_{y,nom}$	$\geq 7,5 \beta$
	$\leq 1,25 \beta$
α valore caratteristico con $p = 0,95$	
β valore caratteristico con $p = 0,90$	

Tabella 11.5: Proprietà meccaniche secondo il D.M. 14/01/2008

In aggiunta a quanto sopra riportato si possono richiedere le seguenti caratteristiche aggiuntive.

Proprietà	Requisito
Resistenza a fatica assiale*	2 milioni di cicli
Resistenza a carico ciclico**	3 cicli/sec (deformazione 1,5÷4 %)
Idoneità al raddrizzamento dopo piega	Mantenimento delle proprietà meccaniche
Controllo radiometrico	superato, ai sensi del D.Lgs. 230/1995 D. Lgs. 241/2000
* = in campo elastico	
** = in campo plastico	

Tabella 11.6: Proprietà aggiuntive

Prova di piega e raddrizzamento

In accordo con quanto specificato nel D.M. 14/01/2008, è richiesto il rispetto dei limiti seguenti.

Diametro nominale (d) mm	Diametro massimo del mandrino
$\emptyset < 12$	4d
$12 \leq \emptyset \leq 16$	5d
$16 < \emptyset \leq 25$	8 d
$25 < \emptyset \leq 40$	10 d

Tabella 11.7: Diametri del mandrino ammessi per la prova di piega e raddrizzamento

Resistenza a fatica in campo elastico

Le proprietà di resistenza a fatica garantiscono l'integrità dell'acciaio sottoposto a sollecitazioni ripetute nel tempo.

La proprietà di resistenza a fatica deve essere determinata secondo UNI EN 15630.

Il valore della tensione s_{max} sarà 270 N/mm² (0,6 $f_{y,nom}$). L'intervallo delle tensioni, deve essere pari a 150 N/mm² per le barre dritte o ottenute da rotolo e 100 N/mm² per le reti elettrosaldate. Il campione deve sopportare un numero di cicli pari a 2 x 10⁶.

Resistenza a carico ciclico in campo plastico

Le proprietà di resistenza a carico ciclico garantiscono l'integrità dell'acciaio sottoposto a sollecitazioni particolarmente gravose o eventi straordinari (es. urti, sisma etc..).

La proprietà di resistenza al carico ciclico deve essere determinata sottoponendo il campione a tre cicli completi di isteresi simmetrica con una frequenza da 1 a 3 Hz e con lunghezza libera entro gli afferraggi e con deformazione massima di trazione e compressione seguente:

Diametro nominale (mm)	Lunghezza libera	Deformazione (%)
$d \leq 16$	5 d	± 4
$16 < 25$	10 d	$\pm 2,5$
$25 \leq d$	15 d	$\pm 1,5$

Tabella 11.8: Prova carico ciclico in relazione al diametro

La prova è superata se non avviene la rottura totale o parziale del campione causata da fessurazioni sulla sezione trasversale visibili ad occhio nudo.

Diametri e sezioni equivalenti

Il valore del diametro nominale deve essere concordato all'atto dell'ordine. Le tolleranze devono essere in accordo con il D.M. 14/01/2008.

Diametro nominale (mm)	Da 6 a ≤ 8	Da > 8 a ≤ 40
Tolleranza in % sulla sezione	± 6	$\pm 4,5$

Tabella 11.9: Diametri nominali e tolleranze

Aderenza e geometria superficiale

Per le verifiche periodiche della qualità e per le verifiche delle singole partite, non è richiesta la ripetizione delle prove di aderenza quando se ne possa determinare la rispondenza nei riguardi delle caratteristiche e delle misure geometriche, con riferimento alla serie di barre che hanno superato le prove stesse con esito positivo. Con riferimento sia all'acciaio nervato che all'acciaio dentellato, per accertare la rispondenza delle singole partite nei riguardi delle proprietà di aderenza, si valuteranno per un numero significativo di barre, conformemente alle procedure riportate nella norma UNI EN ISO 15630-1:2004,

- il valore dell'area relativa di nervatura f_r , per l'acciaio nervato;
- il valore dell'area relativa di dentellatura f_p , per l'acciaio dentellato.

Il valore minimo di tali parametri, valutati come indicato, deve risultare compreso entro i limiti di seguito riportati:

- per $5 \leq \emptyset \leq 6$ mm f_r ovvero $f_p \geq 0,035$;
- per $6 < \emptyset \leq 12$ mm f_r ovvero $f_p \geq 0,040$;
- per $\emptyset > 12$ mm f_r ovvero $f_p \geq 0,056$.

Nel certificato di prova, oltre agli esiti delle verifiche di cui sopra, devono essere descritte le caratteristiche geometriche della sezione e delle nervature ovvero dentellature.

11.1.6.2 Controlli sull'acciaio

Controllo della documentazione

In cantiere è ammessa esclusivamente la fornitura e l'impiego di acciai B450C saldabili e ad aderenza migliorata, qualificati secondo le procedure indicate nel D.M. 14/01/2008 al punto 11.3.1.6 e controllati con le modalità riportate nei punti 11.3.2.10 e 11.3.2.11 del citato decreto.

Tutte le forniture di acciaio devono essere accompagnate dell'"Attestato di Qualificazione" rilasciato dal Consiglio Superiore dei LL.PP. - Servizio Tecnico Centrale.

Per i prodotti provenienti dai Centri di trasformazione è necessaria la documentazione che assicuri che le lavorazioni effettuate non hanno alterato le caratteristiche meccaniche e geometriche dei prodotti previste dal D.M. 14/01/2008.

Inoltre può essere richiesta la seguente documentazione aggiuntiva:

- certificato di collaudo tipo 3.1 in conformità alla norma UNI EN 10204;
- certificato Sistema Gestione Qualità UNI EN ISO 9001;
- certificato Sistema Gestione Ambientale UNI EN ISO 14001;
- dichiarazione di conformità al controllo radiometrico (può essere inserito nel certificato di collaudo tipo 3.1);
- polizza assicurativa per danni derivanti dal prodotto.

Le forniture effettuate da un commerciante o da un trasformatore intermedio dovranno essere accompagnate da copia dei documenti rilasciati dal produttore e completati con il riferimento al documento di trasporto del commerciante o trasformatore intermedio. In quest'ultimo caso per gli elementi presaldati, presagomati o preassemblati in aggiunta agli "Attestati di Qualificazione" dovranno essere consegnati i certificati delle prove fatte eseguire dal Direttore del Centro di Trasformazione. Tutti i prodotti forniti in cantiere dopo l'intervento di un trasformatore devono essere accompagnati da idonea documentazione, specificata nel seguito, che identifichi in modo inequivocabile il centro di trasformazione stesso.

Il Direttore dei Lavori è tenuto a verificare quanto sopra indicato ed a rifiutare le eventuali forniture non conformi, ferme restando le responsabilità del centro di trasformazione. Della documentazione di cui sopra dovrà prendere atto il collaudatore, che riporterà, nel Certificato di collaudo, gli estremi del centro di trasformazione che ha fornito l'eventuale materiale lavorato.

Controllo di accettazione

Il Direttore dei Lavori è obbligato ad eseguire i controlli di accettazione sull'acciaio consegnato in cantiere, in conformità con le indicazioni contenute nel D.M. 14/01/2005 al punto 11.3.2.10.4.

Il campionamento ed il controllo di accettazione dovrà essere effettuato entro 30 giorni dalla data di consegna del materiale.

All'interno di ciascuna fornitura consegnata e per ogni diametro delle barre in essa contenuta, si dovrà procedere al campionamento di tre spezzoni di acciaio di lunghezza complessiva pari a 100 cm ciascuno, sempre che il marchio e la documentazione di accompagnamento dimostrino la provenienza del materiale da

uno stesso stabilimento. In caso contrario i controlli devono essere estesi agli altri diametri delle forniture presenti in cantiere.

Non saranno accettati fasci di acciaio contenenti barre di differente marcatura.

Il prelievo dei campioni in cantiere e la consegna al Laboratorio Ufficiale incaricato dei controlli verrà effettuato dal Direttore dei Lavori o da un tecnico da lui delegato; la consegna delle barre di acciaio campionate, identificate mediante sigle o etichettature indelebili, dovrà essere accompagnata da una richiesta di prove sottoscritta dal Direttore dei Lavori.

La domanda di prove al Laboratorio Ufficiale dovrà essere sottoscritta dal Direttore dei Lavori e dovrà inoltre contenere precise indicazioni sulla tipologia di opera da realizzare (pilastro, trave, muro di sostegno, fondazioni, strutture in elevazione ecc...). Il controllo del materiale, eseguito in conformità alle prescrizioni del punto 11.3.2.3 di cui al precedente Decreto, riguarderà le proprietà meccaniche di resistenza e di allungamento.

Caratteristica	Valore Limite	Note
<i>f_y minimo</i>	425 N/mm ²	(450 – 25) N/mm ²
<i>f_y massimo</i>	572 N/mm ²	[450x(1.25+0.02)] N/mm ²
<i>Agt minimo</i>	≥ 6.0%	Per acciai laminati a caldo
<i>Rottura/snervamento</i>	1.13 < <i>f_t/f_y</i> < 1.37	Per acciai laminati a caldo
<i>Piegamento/raddrizzamento</i>	assenza di cricche	Per tutti

Tabella 11.10: Valori limite per prove acciaio

Qualora la determinazione del valore di una quantità fissata in termini di valore caratteristico crei una controversia, il valore dovrà essere verificato prelevando e provando tre provini da prodotti diversi nel lotto consegnato.

Se un risultato è minore del valore caratteristico prescritto, sia il provino che il metodo di prova devono essere esaminati attentamente. Se nel provino è presente un difetto o si ha ragione di credere che si sia verificato un errore durante la prova, il risultato della prova stessa deve essere ignorato. In questo caso occorrerà prelevare un ulteriore (singolo) provino.

Se i tre risultati validi della prova sono maggiori o uguali del prescritto valore caratteristico, il lotto consegnato deve essere considerato conforme.

Se i criteri sopra riportati non sono soddisfatti, dieci ulteriori provini devono essere prelevati da prodotti diversi del lotto in presenza del produttore o suo rappresentante che potrà anche assistere all'esecuzione delle prove presso un laboratorio di cui all'art.59 del D.P.R. n.380/2001.

Il lotto deve essere considerato conforme se la media dei risultati sui 10 ulteriori provini è maggiore del valore caratteristico e i singoli valori sono compresi tra il valore minimo e il valore massimo secondo quanto sopra riportato. In caso contrario il lotto deve essere respinto.

Qualora all'interno della fornitura siano contenute anche reti elettrosaldate, il controllo di accettazione dovrà essere esteso anche a questi elementi. In particolare, a partire da tre differenti reti elettrosaldata verranno prelevati 3 campioni di dimensioni 100*100 cm.

Il controllo di accettazione riguarderà la prova di trazione su uno spezzone di filo comprendente almeno un nodo saldato, per la determinazione della tensione di rottura, della tensione di snervamento e dell'allungamento; inoltre, dovrà essere effettuata la prova di resistenza al distacco offerta dalla saldatura del nodo. Qualora la fornitura, di elementi sagomati o assemblati, provenga da un Centro di trasformazione, il Direttore dei Lavori, dopo essersi accertato preliminarmente che il suddetto Centro di trasformazione sia in possesso di tutti i requisiti previsti al § 11.3.1.7, può recarsi presso il medesimo Centro di trasformazione ed effettuare in stabilimento tutti i controlli di cui sopra. In tal caso il prelievo dei campioni viene effettuato dal Direttore tecnico del centro di trasformazione secondo le disposizioni del Direttore dei Lavori; quest'ultimo deve assicurare, mediante sigle, etichettature indelebili, ecc., che i campioni inviati per le prove al laboratorio incaricato siano effettivamente quelli da lui prelevati, nonché sottoscrivere la relativa richiesta di prove. Resta nella discrezionalità del Direttore dei Lavori effettuare tutti gli eventuali ulteriori controlli ritenuti opportuni (es. indice di aderenza, saldabilità).

11.1.6.3 Lavorazioni in cantiere - Raggi minimi di curvatura

Il diametro minimo di piegatura deve essere tale da evitare fessure nella barra dovute alla piegatura e rottura del calcestruzzo nell'interno della piegatura. Per definire i valori minimi da adottare ci si riferisce alle prescrizioni contenute

nell'Eurocodice 2 paragrafo 8.3 "Diametri ammissibili dei mandrini per barre piegate"; in particolare si ha:

Diametro barra	Diametro minimo del mandrino per piegature, uncini e ganci
$\varphi \leq 16 \text{ mm}$	4 φ
$\varphi > 16 \text{ mm}$	7 φ

Tabella 11.11: Diametri ammissibili dei mandrini per barre piegate

11.1.6.4 Deposito e conservazione in cantiere

Alla consegna in cantiere, l'Impresa appaltatrice avrà cura di depositare l'acciaio in luoghi protetti dagli agenti atmosferici. In particolare, per quei cantieri posti ad una distanza inferiore a 2 km dal mare, le barre di armatura dovranno essere protette con appositi teli dall'azione dell'aerosol marino.

11.2 Caratteristiche del calcestruzzo allo stato fresco e indurito

11.2.1 Le classi di resistenza

Si fa riferimento alle Norme Tecniche per le Costruzioni del 14/01/2008. In particolare, relativamente alla resistenza caratteristica convenzionale a compressione il calcestruzzo verrà individuato mediante la simbologia C (X/Y) dove X è la resistenza caratteristica a compressione misurata su provini cilindrici (f_{ck}) con rapporto altezza/diametro pari a 2 ed Y è la resistenza caratteristica a compressione valutata su provini cubici di lato 150 mm (R_{ck}).

11.2.2 Reologia degli impasti e granulometria degli aggregati

Per il confezionamento del calcestruzzo dovranno essere impiegati aggregati appartenenti a non meno di due classi granulometriche diverse. La percentuale di impiego di ogni singola classe granulometrica verrà stabilita dal produttore con l'obiettivo di conseguire i requisiti di lavorabilità e di resistenza alla segregazione di cui ai paragrafi che seguono. La curva granulometrica ottenuta dalla combinazione degli aggregati disponibili, inoltre, sarà quella capace di

soddisfare le esigenze di posa in opera richieste dall'impresa (ad esempio, pompabilità), e quelle di resistenza meccanica a compressione e di durabilità richieste per il conglomerato. La dimensione massima dell'aggregato dovrà essere non maggiore di $\frac{1}{4}$ della sezione minima dell'elemento da realizzare, dell'interfero ridotto di 5 mm, dello spessore del copriferro aumentato del 30% (in accordo anche con quanto stabilito dagli Eurocodici).

11.2.3 Rapporto acqua/cemento

Il quantitativo di acqua efficace da prendere in considerazione nel calcolo del rapporto a/c equivalente è quello realmente a disposizione dell'impasto, dato dalla somma di:

- (a-aggr) => quantitativo di acqua ceduto o sottratto dall'aggregato se caratterizzato rispettivamente da un tenore di umidità maggiore o minore dell'assorbimento (tenore di umidità che individua la condizione di saturo a superficie asciutta);
- (a-add) => aliquota di acqua introdotta tramite gli additivi liquidi (se utilizzati in misura superiore a 3 l/m³) o le aggiunte minerali in forma di slurry;
- (a-gh) => aliquota di acqua introdotta tramite l'utilizzo di chips di ghiaccio;
- (a-m) => aliquota di acqua introdotta nel mescolatore/betoniera;

ottenendo la formula:

$$a_{\text{eff}} = a_{\text{m}} + a_{\text{aggr}} + a_{\text{add}} + a_{\text{gh}}$$

Il rapporto acqua/cemento sarà quindi da considerarsi come un rapporto acqua/cemento equivalente individuato dall'espressione più generale:

$$\left(\frac{a}{c}\right)_{\text{eq}} = \frac{a_{\text{eff}}}{(c + K_{\text{cv}} * cv + K_{\text{fs}} * fs)}$$

nella quale vengono considerate le eventuali aggiunte di ceneri volanti o fumi di silice all'impasto nell'impianto di betonaggio.

I termini utilizzati sono:

- | | |
|----|---|
| c | dosaggio per m ³ di impasto di cemento; |
| cv | dosaggio per m ³ di impasto di cenere volante; |

- fs dosaggio per m3 di impasto di fumo di silice;
- Kcv; Kfs coefficienti di equivalenza rispettivamente della cenere volante e del fumo di silice desunti dalla norma UNI-EN 206-1 ed UNI 11104 (vedi paragrafi 2.2.1 e 2.2.2).

11.2.4 Lavorabilità

Il produttore del calcestruzzo dovrà adottare tutti gli accorgimenti in termini di ingredienti e di composizione dell'impasto per garantire che il calcestruzzo possenga al momento della consegna del calcestruzzo in cantiere la lavorabilità prescritta e riportata per ogni specifico conglomerato nella tab. 5.1

Salvo diverse specifiche e/o accordi con il produttore del conglomerato la lavorabilità al momento del getto verrà controllata all'atto del prelievo dei campioni per i controlli d'accettazione della resistenza caratteristica convenzionale a compressione secondo le indicazioni riportate sulle Norme Tecniche sulle Costruzioni. La misura della lavorabilità verrà condotta in accordo alla UNI-EN 206-1 dopo aver proceduto a scaricare dalla betoniera almeno 0.3 mc di calcestruzzo. In accordo con le specifiche di capitolato la misura della lavorabilità potrà essere effettuata mediante differenti metodologie. In particolare la lavorabilità del calcestruzzo può essere definita mediante:

- Il valore dell'abbassamento al cono di Abrams (UNI-EN 12350-2) che definisce la classe di consistenza o uno slump di riferimento oggetto di specifica;
- la misura del diametro di spandimento alla tavola a scosse (UNI-EN 12350-5).

Salvo strutture da realizzarsi con particolari procedimenti di posa in opera (pavimentazioni a casseri scorrevoli, manufatti estrusi, etc.) o caratterizzate da geometrie particolari (ad esempio, travi di tetti a falde molto inclinate) non potranno essere utilizzati calcestruzzi con classe di consistenza inferiore ad S4/F4.

Sarà cura del fornitore garantire in ogni situazione la classe di consistenza prescritta per le diverse miscele tenendo conto che sono assolutamente proibite le aggiunte di acqua in betoniera al momento del getto dopo l'inizio dello scarico del calcestruzzo dall'autobetoniera. La classe di consistenza prescritta verrà garantita per un intervallo di tempo di 20-30 minuti dall'arrivo della betoniera in cantiere.

Trascorso questo tempo sarà l'impresa esecutrice responsabile della eventuale minore lavorabilità rispetto a quella prescritta. Il calcestruzzo con la lavorabilità inferiore a quella prescritta potrà essere a discrezione della D.L.:

- respinto (l'onere della fornitura in tal caso spetta all'impresa esecutrice);
- accettato se esistono le condizioni, in relazione alla difficoltà di esecuzione del getto, per poter conseguire un completo riempimento dei casseri ed una completa compattazione.

Il tempo massimo consentito dalla produzione dell'impasto in impianto al momento del getto non dovrà superare i 90 minuti e sarà onere del produttore riportare nel documento di trasporto l'orario effettivo di fine carico della betoniera in impianto. Si potrà operare in deroga a questa prescrizione in casi eccezionali quando i tempi di trasporto del calcestruzzo dalla Centrale di betonaggio al cantiere dovessero risultare superiori ai 75 minuti. In questa evenienza si potrà utilizzare il conglomerato fino a 120 minuti dalla miscelazione dello stesso in impianto purché lo stesso possieda i requisiti di lavorabilità prescritti. Inoltre, in questa evenienza dovrà essere accertato preliminarmente dal produttore e valutato dalla D.L. che le resistenze iniziali del conglomerato cementizio non siano penalizzate a causa di dosaggi elevati di additivi ritardanti impiegati per la riduzione della perdita di lavorabilità.

11.2.5 Acqua di bleeding

L'essudamento di acqua dovrà risultare non superiore allo 0,1% in conformità alla norma UNI 7122.

11.2.6 Contenuto d'aria

Contestualmente alla misura della lavorabilità del conglomerato (con frequenza diversa da stabilirsi con il fornitore del conglomerato) dovrà essere determinato il contenuto di aria nel calcestruzzo in accordo alla procedura descritta alla norma UNI EN 12350-7 basata sull'impiego del porosimetro. Il contenuto di aria in ogni miscela prodotta dovrà essere conforme a quanto indicato nella Tabella 11.2 (in funzione del diametro massimo dell'aggregato e dell'eventuale esposizione alla classe XF: strutture soggette a cicli di gelo/disgelo in presenza o meno di sali disgelanti).

11.2.7 Prescrizioni per la curabilità

Ogni calcestruzzo dovrà soddisfare i seguenti requisiti di durabilità in accordo con quanto richiesto dalle norme UNI 11104 e UNI EN 206 -1 e dalle Linee Guida sul Calcestruzzo Strutturale in base alla classe (alle classi) di esposizione ambientale della struttura cui il calcestruzzo è destinato:

- rapporto (a/c) max;
- classe di resistenza caratteristica a compressione minima;
- classe di consistenza;
- aria inglobata o aggiunta (solo per le classi di esposizione XF2, XF3, XF4);
- contenuto minimo di cemento;
- tipo di cemento (se necessario);
- classe di contenuto di cloruri calcestruzzo;
- D.M.ax dell'aggregato;
- copriferro minimo.

11.2.8 Tipi di conglomerato cementizio

Sarà compilata una tabella sull'esempio di quella sottostante (Tabella 11.12), contenente i vari tipi di conglomerato impiegati, le loro caratteristiche prestazionali e la loro destinazione.

Tipo	Campi di impiego	(UNI 11104-prosp.1)	(UNI 11104-prosp. 4)				D _{max} mm	Classe di consistenza al getto	Tipo di cemento - solo se necessario	Copriferro nominale
		Classi esposizione ambientale	Classe resistenza C (X/Y)	Rapporto a/c max	Contenuto minimo di cemento kg/m ³	Contenuto di aria (solo per classi XF2, XF3 e XF4)				

Tabella 11.12: Fac-simile di tabella da utilizzare per la classificazione dei diversi tipi di calcestruzzo.

Le miscele, se prodotte con un processo industrializzato, di cui meglio si specifica nel paragrafo successivo, non necessitano di alcuna qualifica preliminare che si richiede invece per conglomerati prodotti senza processo industrializzato.

11.3 Qualifica del conglomerato cementizio

In accordo alle Norme Tecniche per le Costruzioni per la produzione del calcestruzzo si possono configurare due differenti possibilità:

1. calcestruzzo prodotto senza processo industrializzato.
2. calcestruzzo prodotto con processo industrializzato;

Il caso 1) si verifica nella produzione limitata di calcestruzzo direttamente effettuata in cantiere mediante processi di produzione temporanei e non industrializzati. In tal caso la produzione deve essere effettuata sotto la diretta vigilanza del Direttore dei Lavori. Il D.M. 14/01/2008 prevede, in questo caso, la qualificazione iniziale delle miscele per mezzo della "Valutazione preliminare della Resistenza" (par. 11.2.3 delle Norme Tecniche per le Costruzioni) effettuata sotto la responsabilità dell'appaltatore o committente, prima dell'inizio della costruzione dell'opera, attraverso idonee prove preliminari atte ad accertare la resistenza caratteristica per ciascuna miscela omogenea di conglomerato che verrà utilizzata per la costruzione dell'opera. La qualificazione iniziale di tutte le miscele utilizzate deve effettuarsi per mezzo di prove certificate da parte dei laboratori di cui all'art.59 del D.P.R. n.380/2001 (Laboratori Ufficiali).

Nella relazione di prequalifica, nel caso di calcestruzzo prodotti senza processo industrializzato l'appaltatore dovrà fare esplicito riferimento a:

- materiali che si intendono utilizzare, indicandone provenienza, tipo e qualità;
- documenti sulla marcatura CE dei materiali costituenti;
- massa volumica reale s.s.a. e assorbimento, per ogni classe di aggregato, valutati secondo la Norma UNI 8520 parti 13a e 16a;
- studio granulometrico per ogni tipo e classe di calcestruzzo;
- tipo, classe e dosaggio del cemento;
- rapporto acqua-cemento;
- massa volumica del calcestruzzo fresco e calcolo della resa;
- classe di esposizione ambientale a cui è destinata la miscela;
- tipo e dosaggio degli eventuali additivi;
- proporzionamento analitico della miscela e resa volumetrica;
- classe di consistenza del calcestruzzo;
- risultati delle prove di resistenza a compressione;

- curve di resistenza nel tempo (almeno per il periodo 2-28 giorni);
- caratteristiche dell'impianto di confezionamento e stato delle tarature;
- sistemi di trasporto, di posa in opera e maturazione dei getti.

Il caso 2) è trattato dal D.M. 14/01/2008 al punto 11.2.8 che definisce come calcestruzzo prodotto con processo industrializzato quello prodotto mediante impianti, strutture e tecniche organizzate sia in cantiere che in uno stabilimento esterno al cantiere stesso.

Di conseguenza in questa fattispecie rientrano, a loro volta, tre tipologie di produzione del calcestruzzo:

- calcestruzzo prodotto in impianti industrializzati fissi;
- calcestruzzo prodotto negli stabilimenti di prefabbricazione;
- calcestruzzo prodotto in impianti industrializzati installati nei cantieri (temporanei).

In questi casi gli impianti devono essere idonei ad una produzione costante, disporre di apparecchiature adeguate per il confezionamento, nonché di personale esperto e di attrezzature idonee a provare, valutare e correggere la qualità del prodotto.

Al fine di contribuire a garantire quest'ultimo punto, gli impianti devono essere dotati di un sistema di controllo permanente della produzione allo scopo di assicurare che il prodotto abbia i requisiti previsti dalle Norme Tecniche per le Costruzioni e che tali requisiti siano costantemente mantenuti fino alla posa in opera.

Tale sistema di controllo non deve confondersi con l'ordinario sistema di gestione della qualità aziendale, al quale può affiancarsi.

Il sistema di controllo della produzione in fabbrica dovrà essere certificato da un organismo terzo indipendente di adeguata competenza e organizzazione, che opera in coerenza con la UNI EN 45012. A riferimento per tale certificazione devono essere prese le Linee Guida sul calcestruzzo preconfezionato edite dal Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici allo scopo di ottenere un calcestruzzo di adeguate caratteristiche fisiche, chimiche e meccaniche.

Il sistema di controllo di produzione in fabbrica dovrà comprendere le prove di autocontrollo, effettuate a cura del produttore secondo quanto previsto dalle Linee Guida sul calcestruzzo preconfezionato.

L'organismo di certificazione dovrà, nell'ambito dell'ispezione delle singole unità produttive dovrà verificare anche i laboratori utilizzati per le prove di autocontrollo

interno. In virtù di tale verifica e sorveglianza del controllo di produzione le prove di autocontrollo della produzione sono sostitutive di quelle effettuate dai laboratori ufficiali.

Il programma delle prove di autocontrollo deve essere sviluppato in maniera tale da assicurare il rispetto dei disposti normativi per le numerose miscele prodotte, ma essere nel contempo contenuto in maniera tale da agevolarne l'applicazione, in virtù dell'elevato numero delle miscele prodotte in generale in un impianto di calcestruzzo preconfezionato.

È compito della Direzione Lavori accertarsi che i documenti che accompagnano ogni fornitura in cantiere indichino gli estremi della certificazione del sistema di controllo della produzione.

Ove opportuno il Direttore dei Lavori potrà richiedere la relazione preliminare di qualifica ed i relativi allegati (es. certificazione della marcatura CE degli aggregati, del cemento, etc.).

11.4 Posa in opera del calcestruzzo

Al momento della messa in opera del conglomerato è obbligatoria la presenza di almeno un membro dell'ufficio della direzione dei lavori incaricato a norma di legge e di un responsabile tecnico dell'Impresa appaltatrice. Nel caso di opere particolari, soggette a sorveglianza da parte di Enti ministeriali la confezione dei provini verrà effettuata anche alla presenza dell'Ingegnere incaricato della sorveglianza in cantiere.

Prima di procedere alla messa in opera del calcestruzzo, sarà necessario adottare tutti quegli accorgimenti atti ad evitare qualsiasi sottrazione di acqua dall'impasto. In particolare, in caso di casseforme in legno, andrà eseguita un'accurata bagnatura delle superfici.

È proibito eseguire il getto del conglomerato quando la temperatura esterna scende al disotto dei +5° C se non si prendono particolari sistemi di protezione del manufatto concordati e autorizzati dalla D.L. anche qualora la temperatura ambientale superi i 33° C.

Lo scarico del calcestruzzo dal mezzo di trasporto nelle casseforme si effettua applicando tutti gli accorgimenti atti ad evitare la segregazione.

L'altezza di caduta libera del calcestruzzo fresco, indipendentemente dal sistema di movimentazione e getto, non deve eccedere i 50 centimetri; si utilizzerà un tubo di getto che si accosti al punto di posa o, meglio ancora, che si inserisca nello strato fresco già posato e consenta al calcestruzzo di rifluire all'interno di quello già steso. Per la compattazione del getto verranno adoperati vibratori a parete o ad immersione. Nel caso si adoperi il sistema di vibrazione ad immersione, l'ago vibrante deve essere introdotto verticalmente e spostato, da punto a punto nel calcestruzzo, ogni 50 cm circa; la durata della vibrazione verrà protratta nel tempo in funzione della classe di consistenza del calcestruzzo (tabella 6.1).

Classe di consistenza	Tempo minimo di immersione dell'ago nel calcestruzzo (s)
S1	25 - 30
S2	20 - 25
S3	15 - 20
S4	10 - 15
S5	5 - 10
F6	0 - 5
SCC	Non necessita compattazione (salvo indicazioni specifiche della D.L.)

Tabella 11.13: Relazione tra classe di consistenza e tempo di vibrazione del conglomerato

Nel caso siano previste riprese di getto sarà obbligo dell'appaltatore procedere ad una preliminare rimozione, mediante scarifica con martello, dello strato corticale di calcestruzzo già parzialmente indurito. Tale superficie, che dovrà possedere elevata rugosità (asperità di circa 5 mm) verrà opportunamente pulita e bagnata per circa due ore prima del getto del nuovo strato di calcestruzzo.

Qualora alla struttura sia richiesta la tenuta idraulica, lungo la superficie scarificata verranno disposti dei giunti "water-stop" in materiale bentonitico idroespansivo. I profili "water-stop" saranno opportunamente fissati e disposti in maniera tale da non interagire con le armature. I distanziatori utilizzati per garantire i copriferri ed eventualmente le reciproche distanze tra le barre di armatura, dovranno essere in plastica o a base di malta cementizia di forma e geometria tali da minimizzare la superficie di contatto con il cassero.

È obbligo della D.L. verificare la corretta esecuzione delle operazioni sopra riportate.

11.4.1 Tolleranze esecutive

Nelle opere finite gli scostamenti ammissibili (tolleranze) rispetto alle dimensioni e/o quote dei progetti sono riportate di seguito per i vari elementi strutturali:

- Fondazioni: plinti, platee, solettoni ecc:
 - posizionamento rispetto alle coordinate di progetto $S = \pm 3.0\text{cm}$
 - dimensioni in pianta $S = - 3.0\text{ cm o } + 5.0\text{ cm}$
 - dimensioni in altezza (superiore) $S = - 0.5\text{ cm o } + 3.0\text{ cm}$
 - quota altimetrica estradosso $S = - 0.5\text{ cm o } + 2.0\text{ cm}$
- Strutture in elevazione: pile, spalle, muri ecc.:
 - posizionamento rispetto alle coordinate degli allineamenti di progetto $S = \pm 2.0\text{ cm}$
 - dimensione in pianta (anche per pila piena) $S = - 0.5\text{ cm o } + 2.0\text{ cm}$
 - spessore muri, pareti, pile cave o spalle $S = - 0.5\text{ cm o } + 2.0\text{ cm}$
 - quota altimetrica sommità $S = \pm 1.5\text{ cm}$
 - verticalità per $H \leq 600\text{ cm}$ $S = \pm 2.0\text{ cm}$
 - verticalità per $H > 600\text{ cm}$ $S = \pm H/12$
- Solette e solettoni per impalcati, solai in genere:
 - spessore: $S = -0.5\text{ cm o } + 1.0\text{ cm}$
 - quota altimetrica estradosso: $S = \pm 1.0\text{ cm}$
- Vani, cassette, inserterie:
 - posizionamento e dimensione vani e cassette: $S = \pm 1.5\text{ cm}$
 - posizionamenti inserti (piastre boccole): $S = \pm 1.0\text{ cm}$

In ogni caso gli scostamenti dimensionali negativi non devono ridurre i copriferri minimi prescritti dal progetto.

11.4.2 Casseforme

Per tali opere provvisorie l'appaltatore comunicherà preventivamente alla direzione dei lavori il sistema e le modalità esecutive che intende adottare, ferma restando l'esclusiva responsabilità dell'appaltatore stesso per quanto riguarda la progettazione e l'esecuzione di tali opere provvisorie e la loro rispondenza a tutte le norme di legge ed ai criteri di sicurezza che comunque possono riguardarle. Il

sistema prescelto dovrà comunque essere atto a consentire la realizzazione delle opere in conformità alle disposizioni contenute nel progetto esecutivo.

Nella progettazione e nella esecuzione delle armature di sostegno delle centinature e delle attrezzature di costruzione, l'appaltatore è tenuto a rispettare le norme, le prescrizioni ed i vincoli che eventualmente venissero imposti da Enti, Uffici e persone responsabili riguardo alla zona interessata ed in particolare:

- per l'ingombro degli alvei dei corsi d'acqua;
- per le sagome da lasciare libere nei sovrappassi o sottopassi di strade, autostrade, ferrovie, tranvie, ecc.;
- per le interferenze con servizi di soprassuolo o di sottosuolo.

Tutte le attrezzature dovranno essere dotate degli opportuni accorgimenti affinché, in ogni punto della struttura, la rimozione dei sostegni sia regolare ed uniforme.

11.4.2.1 Caratteristiche delle casseforme

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 ad essere opportunamente irrigidite o controventate per assicurare l'ottima riuscita delle superfici dei getti e delle opere e la loro perfetta rispondenza ai disegni di progetto.

Nel caso di eventuale utilizzo di casseforme in legno, si dovrà curare che le stesse siano eseguite con tavole a bordi paralleli e ben accostate, in modo che non abbiano a presentarsi, dopo il disarmo, sbavature o disuguaglianze sulle facce in vista del getto. In ogni caso l'appaltatore avrà cura di trattare le casseforme, prima del getto, con idonei prodotti disarmanti conformi alla norma UNI 8866. Le parti componenti i casseri debbono essere a perfetto contatto e sigillate con idoneo materiale per evitare la fuoriuscita di boiacca cementizia.

Nel caso di cassetatura a perdere, inglobata nell'opera, occorre verificare la sua funzionalità, se è elemento portante, e che non sia dannosa, se è elemento accessorio.

11.4.2.2 Pulizia e trattamento

Prima del getto le casseforme dovranno essere pulite per l'eliminazione di qualsiasi traccia di materiale che possa compromettere l'estetica del manufatto quali polvere, terriccio etc. Dove e quando necessario si farà uso di prodotti disarmanti disposti in strati omogenei continui, su tutte le casseforme di una stessa opera dovrà essere usato lo stesso prodotto.

Nel caso di utilizzo di casseforme impermeabili, per ridurre il numero delle bolle d'aria sulla superficie del getto si dovrà fare uso di disarmante con agente tensioattivo in quantità controllata e la vibrazione dovrà essere contemporanea al getto.

11.4.2.3 Predisposizione di fori, tracce e cavità

L'appaltatore avrà l'obbligo di predisporre in corso di esecuzione quanto è previsto nei disegni costruttivi per ciò che concerne fori, tracce, cavità, incassature, etc. per la posa in opera di apparecchi accessori quali giunti, appoggi, smorzatori sismici, pluviali, passi d'uomo, passerelle d'ispezione, sedi di tubi e di cavi, opere interruttive, sicurvia, parapetti, mensole, segnalazioni, parti d'impianti, etc..

11.4.2.4 Disarmo

Si potrà procedere alla rimozione delle casseforme dai getti quando saranno state raggiunte le prescritte resistenze. In assenza di specifici accertamenti, l'appaltatore dovrà attenersi a quanto stabilito all'interno delle Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 14/01/2008).

Le eventuali irregolarità o sbavature, qualora ritenute tollerabili, dovranno essere asportate mediante scarifica meccanica o manuale ed i punti difettosi dovranno essere ripresi accuratamente con malta cementizia a ritiro compensato immediatamente dopo il disarmo, previa bagnatura a rifiuto delle superfici interessate.

Eventuali elementi metallici, quali chiodi o reggette che dovessero sporgere dai getti, dovranno essere tagliati almeno 0.5 cm sotto la superficie finita e gli incavi risultanti verranno accuratamente sigillati con malta fine di cemento.

11.4.3 Getti faccia a vista

I casseri devono essere puliti e privi di elementi che possano in ogni modo pregiudicare l'aspetto della superficie del conglomerato cementizio indurito.

Apposite matrici potranno essere adottate se prescritte in progetto per l'ottenimento di superfici a faccia vista con motivi o disegni in rilievo.

I disarmanti non dovranno assolutamente macchiare la superficie in vista del conglomerato cementizio.

Qualora si realizzino conglomerati cementizi colorati o con cemento bianco, l'uso dei disarmanti sarà subordinato a prove preliminari atte a dimostrare che il prodotto usato non alteri il colore.

Le riprese di getto saranno delle linee rette e, qualora richiesto dalla D.L., saranno marcate con gole o risalti di profondità o spessore di 2-3 cm., che all'occorrenza verranno opportunamente sigillati.

11.5 Stagionatura

Il calcestruzzo, al termine della messa in opera e successiva compattazione, deve essere stagionato e protetto dalla rapida evaporazione dell'acqua di impasto e dall'essiccamento degli strati superficiali (fenomeno particolarmente insidioso in caso di elevate temperature ambientali e forte ventilazione). Per consentire una corretta stagionatura è necessario mantenere costantemente umida la struttura realizzata; l'appaltatore è responsabile della corretta esecuzione della stagionatura che potrà essere condotta mediante:

- la permanenza entro casseri del conglomerato;
- l'applicazione, sulle superfici libere, di specifici film di protezione mediante la distribuzione nebulizzata di additivi stagionanti (agenti di curing);
- l'irrorazione continua del getto con acqua nebulizzata;
- la copertura delle superfici del getto con fogli di polietilene, sacchi di iuta o tessuto non tessuto mantenuto umido in modo che si eviti la perdita dell'acqua di idratazione;
- la creazione attorno al getto, con fogli di polietilene od altro, di un ambiente mantenuto saturo di umidità;

- la creazione, nel caso di solette e getti a sviluppo orizzontale, di un cordolo perimetrale (in sabbia od altro materiale rimovibile) che permetta di mantenere la superficie ricoperta da un costante velo d'acqua.

I prodotti filmogeni di protezione non possono essere applicati lungo i giunti di costruzione, sulle riprese di getto o sulle superfici che devono essere trattate con altri materiali. Al fine di assicurare alla struttura un corretto sistema di stagionatura in funzione delle condizioni ambientali, della geometria dell'elemento e dei tempi di scasseratura previsti, l'appaltatore, previa informazione alla direzione dei lavori, eseguirà verifiche di cantiere che assicurino l'efficacia delle misure di protezione adottate. Sarà obbligatorio procedere alla maturazione dei getti per almeno 7 giorni consecutivi. Qualora dovessero insorgere esigenze particolari per sospendere la maturazione esse dovranno essere espressamente autorizzate dalla direzione dei lavori. Nel caso di superfici orizzontali non cassate (pavimentazioni, platee di fondazione...) dovrà essere effettuata l'operazione di bagnatura continua con acqua non appena il conglomerato avrà avviato la fase di presa. Le superfici verranno mantenute costantemente umide per almeno 7 giorni. Per i getti confinati entro casseforme l'operazione di bagnatura verrà avviata al momento della rimozione dei casseri, se questa avverrà prima di 7 giorni. Per calcestruzzi con classe di resistenza a compressione maggiore o uguale di C40/50 la maturazione deve essere curata in modo particolare.

11.6 Controlli in corso d'opera

La direzione dei lavori ha l'obbligo di eseguire controlli sistematici in corso d'opera per verificare la conformità tra le caratteristiche del conglomerato messo in opera e quello stabilito dal progetto e garantito in sede di valutazione preliminare.

Il controllo di accettazione va eseguito su miscele omogenee di conglomerato e, in funzione del quantitativo di conglomerato accettato, può essere condotto mediante (Norme Tecniche cap.11):

- controllo di tipo A;
- controllo di tipo B (obbligatorio nelle costruzioni con più di 1500 m³ di miscela omogenea).

Il prelievo del conglomerato per i controlli di accettazione si deve eseguire a "bocca di betoniera" (non prima di aver scaricato almeno 0.3 mc di conglomerato), conducendo tutte le operazioni in conformità con le prescrizioni indicate nelle Norme Tecniche per le costruzioni (§ 11.2.4 PRELIEVO DEI CAMPIONI) e nella norma UNI-EN 206-1.

Il prelievo di calcestruzzo dovrà essere eseguito alla presenza della direzione dei lavori o di un suo incaricato.

In particolare i campioni di calcestruzzo devono essere preparati con casseforme rispondenti alla norma UNI EN 12390-1, confezionati secondo le indicazioni riportate nella norma UNI EN 12390-2 e provati presso un laboratorio Ufficiale secondo la UNI EN 12390-3.

Le casseforme devono essere realizzate con materiali rigidi al fine di prevenire deformazioni durante le operazioni di preparazione dei provini, devono essere a tenuta stagna e non assorbenti.

La geometria delle casseforme deve essere cubica di lato pari a 150 mm o cilindrica con diametro d pari a 150 mm ed altezza h 300 mm.

Il prelievo del calcestruzzo deve essere effettuato non prima di aver scaricato 0.3 mc di calcestruzzo e preferibilmente a metà dello scarico della betoniera. Il conglomerato sarà versato tramite cabaletta all'interno di una carriola in quantità pari a circa 2 volte superiore a quello necessario al confezionamento dei provini. Il materiale versato verrà omogeneizzato con l'impiego di una sassola.

È obbligatorio inumidire tutti gli attrezzi necessari al campionamento (carriola, sessola) prima di utilizzarli, in modo tale da non modificare il contenuto di acqua del campione di materiale prelevato.

Prima del riempimento con il conglomerato, le casseforme andranno pulite e trattate con un liquido disarmante.

Per la compattazione del calcestruzzo entro le casseforme è previsto l'uso di uno dei seguenti mezzi:

- pestello di compattazione metallico a sezione circolare e con le estremità arrotondate, con diametro di circa 16 mm e lunghezza di circa 600 mm;
- barra dritta metallica a sezione quadrata, con lato di circa 25 mm e lunghezza di circa 380 mm;

- vibratore interno con frequenza minima di 120 Hz e diametro non superiore ad $\frac{1}{4}$ della più piccola dimensione del provino;
- tavola vibrante con frequenza minima pari a 40 Hz.

Il riempimento della cassaforma deve avvenire per strati successivi di 75 mm, ciascuno dei quali accuratamente compattati senza produrre segregazioni o comparsa di acqua sulla superficie.

Nel caso di compattazione manuale, ciascuno strato verrà assestato fino alla massima costipazione, avendo cura di martellare anche le superficie esterne del cassero.

Nel caso si impieghi il vibratore interno, l'ago non dovrà toccare lungo le pareti verticali e sul fondo della cassatura.

La superficie orizzontale del provino verrà spianata con un movimento a sega, procedendo dal centro verso i bordi esterni.

Su tale superficie verrà applicata (annegandola nel calcestruzzo) un'etichetta di plastica/cartoncino rigido sulla quale verrà riportata l'identificazione del campione con inchiostro indelebile; l'etichetta sarà siglata dalla direzione dei lavori al momento del confezionamento dei provini.

L'esecuzione del prelievo deve essere accompagnata dalla stesura di un verbale di prelievo che riporti le seguenti indicazioni:

1. Identificazione del campione:

- tipo di calcestruzzo;
- numero di provini effettuati;
- codice del prelievo;
- metodo di compattazione adottato;
- numero del documento di trasporto;
- ubicazione del getto per il puntuale riferimento del calcestruzzo messo in opera (es. muro di sostegno, solaio di copertura...);

2. Identificazione del cantiere e dell'Impresa appaltatrice;

3. Data e ora di confezionamento dei provini;

4. La firma della D.L. In caso di opere particolari, soggette a sorveglianza da parte di Enti ministeriali (es. Dighe), il verbale di prelievo dovrà riportare anche la firma dell'Ingegnere incaricato della sorveglianza in cantiere.

Al termine del prelievo, i provini verranno posizionati al di sopra di una superficie orizzontale piana in una posizione non soggetta ad urti e vibrazioni.

Il calcestruzzo campionato deve essere lasciato all'interno delle casseforme per almeno 16 h (in ogni caso non oltre i 3 giorni). In questo caso sarà opportuno coprire i provini con sistemi isolanti o materiali umidi (es. sacchi di juta, tessuto non tessuto...). Trascorso questo tempo i provini dovranno essere consegnati presso il Laboratorio incaricato di effettuare le prove di schiacciamento dove, una volta rimossi dalle casseforme, devono essere conservati in acqua alla temperatura costante di 20 ± 2 °C oppure in ambiente termostato posto alla temperatura di 20 ± 2 °C ed umidità relativa superiore al 95%.

Nel caso in cui i provini vengano conservati immersi nell'acqua, il contenitore deve avere dei ripiani realizzati con griglie (è consentito l'impiego di reti elettrosaldate) per fare in modo che tutte le superfici siano a contatto con l'acqua.

L'Impresa appaltatrice sarà responsabile delle operazioni di corretta conservazione dei provini campionati e della loro custodia in cantiere prima dell'invio al Laboratorio incaricato di effettuare le prove di schiacciamento. Inoltre, l'Impresa appaltatrice sarà responsabile del trasporto e della consegna dei provini di calcestruzzo al Laboratorio Ufficiale unitamente ad una lettera ufficiale di richiesta prove firmata dalla Direzione Lavori.

Qualora per esigenze legate alla logistica di cantiere o ad una rapida messa in servizio di una struttura o di porzioni di essa si rende necessario prescrivere un valore della resistenza caratteristica a tempi inferiori ai canonici 28 giorni o a temperature diverse dai 20 °C i controlli di accettazione verranno effettuati con le stesse modalità sopra descritte fatta eccezione per le modalità di conservazione dei provini che verranno mantenuti in adiacenza alla struttura o all'elemento strutturale per il quale è stato richiesto un valore della resistenza caratteristica a tempi e temperature inferiori a quelle canoniche.

Resta inteso che in queste situazioni rimane sempre l'obbligo di confezionare e stagionare anche i provini per 28 giorni a 20 °C e U.R. del 95% per valutare la rispondenza del valore caratteristico a quello prescritto in progetto.

I certificati emessi dal Laboratorio dovranno contenere tutte le informazioni richieste al punto 11.2.5.3 delle Norme Tecniche per le Costruzioni del 14.01.2008.

11.7 Controlli supplementari della resistenza a compressione

11.7.1 Carotaggi

Quando un controllo di accettazione dovesse risultare non soddisfatto e ogniquale volta la D.L. lo ritiene opportuno la stessa può predisporre un controllo della resistenza del calcestruzzo in opera da valutarsi su carote estratte dalla struttura da indagare.

Le carote verranno estratte in modo da rispettare il vincolo sulla geometria di $(h/D) = 1$ o $= 2$ e non in un intervallo intermedio, in conformità con la norma prEN 13791.

11.7.2 Zona di prelievo

Le carote verranno eseguite in corrispondenza del manufatto in cui è stato posto in opera il conglomerato non rispondente ai controlli di accettazione o laddove la D.L. ritiene che ci sia un problema di scadente o inefficace compattazione e maturazione dei getti.

Dovranno essere rispettati i seguenti vincoli per il prelievo delle carote:

- non in prossimità degli spigoli;
- zone a bassa densità d'armatura (prima di eseguire i carotaggi sarà opportuno stabilire l'esatta disposizione delle armature mediante apposite metodologie d'indagine non distruttive);
- evitare le parti sommitali dei getti;
- evitare i nodi strutturali;
- attendere un periodo di tempo, variabile in funzione delle temperature ambientali, tale da poter conseguire per il calcestruzzo in opera un grado di maturazione paragonabile a quello di un calcestruzzo maturato per 28 giorni alla temperatura di 20 °C

11.8 Prove di carico

L'appaltatore dovrà fornire ogni supporto utile all'esecuzione delle prove di carico rispettando fedelmente le procedure e le indicazioni fornitegli dal Direttore Lavori e dal Collaudatore. Allo scopo a suo carico e spese egli dovrà predisporre

quanto necessario nel rispetto delle norme che attengono la sicurezza di uomini e cose oltre al rispetto dell'ambiente. Egli, infine, è tenuto ad accettare sia i risultati delle operazioni di collaudo sia le eventuali azioni ed interventi per sanare situazioni ritenute insoddisfacenti dalla direzione dei lavori, dal Collaudatore o dal progettista.

11.9 Calcestruzzi utilizzati

11.9.1 XC3

Calcestruzzo a prestazione garantita, in accordo alla UNI EN 206-1, per strutture di elevazione di edifici che operano in servizio all'esterno esposte direttamente all'azione della pioggia, in classe di esposizione XC3 (UNI 11104), Rck 35 N/mm², classe di consistenza S4/S5 o slump di riferimento 230 ± 30 mm, dmax 32 mm, cl 0.4

Campo di validità

Le prescrizioni di capitolato riportate nella presente scheda sono rivolte agli elementi di elevazione di edifici che operano in servizio all'interno di edifici a umidità relativa moderata o alta o all'esterno riparati dall'azione della pioggia. Le prescrizioni di capitolato contenute nella presente scheda, pertanto, sono rivolte a pilastri, travi, solette aggettanti, corpi scala e nuclei ascensore che appartengono a strutture che ricadono in Classe 1 di Vita Nominale in accordo alle Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 14.01.08) e sono situate in aeree del Paese caratterizzate da clima temperato.

Avvertenze

Per gli elementi strutturali, pilastri, travi, solai, scale che in servizio si trovano all'interno di edifici con bassa umidità consultare le prescrizioni contenute nella scheda 2.1. Per gli elementi strutturali che in parte o in toto si trovano in servizio direttamente esposti all'ambiente esterno in aeree a clima rigido consultare la scheda di capitolato 3.1. Per gli elementi strutturali di edifici esposti all'esterno all'azione della pioggia e a quella dell'aerosol marino (edifici situati lungo la costa) consultare la scheda 5.1. Prescrizioni per gli ingredienti utilizzati per il confezionamento del conglomerato

- A1) Acqua di impasto conforme alla UNI-EN 1008
- A2) Additivo superfluidificante conforme ai prospetti 3.1 e 3.2 o superfluidificante ritardante conforme ai prospetti 11.1 e 11.2 della norma UNI-EN 934-2
- A3) Additivo ritardante (eventuale solo per getti in climi molto caldi) conforme al prospetto 2 della UNI-EN 934-2
- A4) Aggregati provvisti di marcatura CE conformi alle norme UNI-EN 12620 e 8520-2. Assenza di minerali nocivi o potenzialmente reattivi agli alcali (UNI-EN 932-3 e UNI 8520/2) o in alternativa aggregati con espansioni su prismi di malta, valutate con la prova accelerata e/o con la prova a lungo termine in accordo alla metodologia prevista dalla UNI 8520-22, inferiori ai valori massimi riportati nel prospetto 6 della UNI 8520 parte 2.
- A5) Cemento conforme alla norma UNI-EN 197-1
- A6) Ceneri volanti e fumi di silice conformi rispettivamente alla norma UNI-EN 450 e UNI-EN 13263 parte 1 e 2.

Prescrizioni per il calcestruzzo

- B0) In accordo alle Norme Tecniche sulle Costruzioni (D.M.14/01/08) il calcestruzzo dovrà essere prodotto in impianto dotato di un Sistema di Controllo della Produzione (FPC) effettuata in accordo a quanto contenuto nelle Linee Guida sul Calcestruzzo Preconfezionato (2003) certificato da un organismo terzo indipendente autorizzato.
- B1) Calcestruzzo a prestazione garantita (UNI EN 206-1)
- B2) Classi di esposizione ambientale: XC3
- B3) Rapporto a/c max: 0.55
- B4) Classe di resistenza a compressione minima: C(28/35)
- B5) Controllo di accettazione: tipo A (tipo B per volumi complessivi di calcestruzzo superiori a 1500 m³)
- B6) Dosaggio minimo di cemento: 320 Kg/m³
- B7) Aria intrappolata: max. 2,5%
- B8) Diametro massimo dell'aggregato: 32 mm (Per interferri inferiori a 35 mm utilizzare aggregati con pezzatura 20 mm)
- B9) Classe di contenuto di cloruri del calcestruzzo: Cl 0.4
- B10) Classe di consistenza al getto S4/S5 o slump di riferimento 230 ± 30 mm
- B11) Volume di acqua di bleeding (UNI 7122): < 0.1%

Prescrizioni per la struttura

C1) Copriferro minimo: 30 mm (40 per opere in c.a.p)

C2) Scassero oppure durata minima della maturazione umida da effettuarsi mediante ricoprimento della superficie non cassetata con geotessile bagnato ogni 24 ore (o con altro metodo di protezione equivalente): 7 giorni

C3) Acciaio B450C conforme al D.M. 14.01.08:

PROPRIETÀ	REQUISITO
Limite di snervamento f_y	≥ 450 MPa
Limite di rottura f_t	≥ 540 MPa
Allungamento totale al carico massimo A_{gt}	$\geq 7,5\%$
Rapporto f_t/f_y	$1,15 \leq R_m/R_e \leq 1,35$
Rapporto $f_{y \text{ misurato}}/f_{y \text{ nom}}$	$\leq 1,25$
Idoneità al raddrizzamento dopo piega*	assenza di cricche

12. CARPENTERIA METALLICA

Sono incluse in questa categoria di fornitura tutti quegli elementi metallici di qualsiasi natura che non fanno esplicitamente parte degli apparecchi o attrezzature.

Gli acciai di uso generale laminati a caldo, in profilati, tondo, barre, larghi piatti, lamiere e profilati cavi devono appartenere a uno dei seguenti tipi:

- S 235 - laminati a caldo con profili a sezione aperta UNI EN 10025-2;
- S 275 - laminati a caldo con profili a sezione aperta UNI EN 10025-2;
- S 355 - laminati a caldo con profili a sezione aperta UNI EN 10025-2;
- S 235 H - laminati a caldo con profili a sezione cava UNI EN 10210-1;
- S 275 H - laminati a caldo con profili a sezione cava UNI EN 10210-1;
- S 355 H - laminati a caldo con profili a sezione cava UNI EN 10210-1;

in base a quanto indicato dagli elaborati di progetto; in mancanza di particolari indicazioni si utilizzerà il tipo S 275 o s 275 H.

Gli acciai inossidabili devono essere conformi alle caratteristiche di progetto e alle norme UNI riportate di seguito, nonché la normativa vigente in materia per le costruzioni (D.M. Infrastrutture 14/01/2008 e circ. 02/02/2009 n. 617 C.S. LL PP).

Gli acciai impiegati devono essere conformi alla normativa vigente in materia.

Di seguito si riportano alcune norme UNI di interesse:

- UNI EN 10025 laminati;
- UNI EN 10210 tubi senza saldatura;
- UNI EN 10219-1 tubi saldati;
- UNI EN ISO 377:1999;
- UNI 552:1986;
- EN 10002-1:2004;
- UNI EN 10045-1:1992.

La bulloneria deve essere come indicato negli elaborati di progetto, in base alle norme UNI EN ISO 4016:2002, UNI 5592:1968, UNI EN ISO 898-1:2001.

La bulloneria non deve essere mai inferiore alla classe 8.8 per la vite e 8 per il dado.

12.1 Certificati dei materiali ferrosi

Per i materiali metallici, l'Impresa deve presentare alla Direzione Lavori i certificati di provenienza e delle prove effettuate presso le fabbriche e fonderie fornitrici e presso i laboratori ufficiali in conformità alle norme vigenti (D.M. Infrastrutture 14/01/2008 e circ. 02/02/2009 n. 617 C.S. LL PP).

La Direzione Lavori può a sua discrezione ordinare prelievi e prove di controllo nelle singole partite, a cura e spese dell'Impresa.

12.2 Prefabbricazione

Quando necessario la prefabbricazione deve essere eseguita in Stabilimento.

Le strutture devono essere realizzate eseguendo le operazioni di saldatura e foratura dei singoli elementi in Stabilimento. Successivamente vengono zincati a caldo.

L'assemblaggio in opera deve avvenire unendo gli elementi solo con bulloni, senza saldature, forature e modifiche.

12.2.1 Zincatura di profilati metallici

La zincatura di profilati, tondi e larghi, piatti, tubolari a freddo o scatolati sarà conforme alla norma UNI 5744:1966 "Rivestimenti metallici protettivi applicati a caldo. Rivestimenti di zinco ottenuti per immersione su oggetti diversi fabbricati in materiale ferroso".

La quantità di zinco non deve essere inferiore a 300 g/m² di superficie realmente coperta.