

SETTORE SICUREZZA TERRITORIALE E PROTEZIONE CIVILE EMILIA  
UT Sicurezza Territoriale e Protezione Civile Modena (USTPC-MO)D.L. 25 maggio 2021 n. 73 - DGR n. 2276 del 22/12/2023  
DGR n. 155 del 29/01/2024 - DGR n. 767 del 06/05/2024

TITOLO INTERVENTO:

“INTERVENTI DI ADEGUAMENTO SPONDALE E RIPRISTINO SEZIONI SPONDALI  
DEI TORRENTI TIEPIDO E GRIZZAGA SOGGETTI A SERVIZIO DI PIENA”

Comune di MODENA

Codice 2O1A003

CUP: E98H23000620001

Importo del finanziamento: € 3.500.000,00

## PROGETTO ESECUTIVO

## DOCUMENTI TECNICO-AMMINISTRATIVI

## CAPITOLATO SPECIALE DI APPALTO - NORME TECNICHE

IL PROGETTISTA e COORDINATORE della SICUREZZA

Ing. LUCA PIACENTINI

PIACENTINI  
INGEGNERIPIACENTINI INGEGNERI s.r.l.  
Via Belvedere 6, Casalecchio di Reno, Bologna, Italy  
Piazza delle Fontane Marce 6, Genova, Italy  
Via Vola 1/C, Novate Milanese, Milano, Italy

IL GEOLOGO

Dott. Geol. PIER LUIGI COCETTI

RIFERIMENTO ELABORATO										DATA:  NOVEMBRE 2024				REVISIONE			
FILE														n.	data		
Progetto			Fase			Codice elaborato				0	NOVEMBRE 2024						
GR	Z	-	P	E	S	-	D	T	A	2	0	2	1	FEBBRAIO 2025			
										SCALA:					2	MARZO 2025	

VISTO DI VALIDAZIONE  
(art. 42 co. 4 D.Lgs. 36/2023)

IL RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO

Ing. FRANCESCA LUGLI

## Indice

ART. 1 – Norme generali sui materiali, i componenti, i sistemi e l'esecuzione .....	7
ART. 2 – Qualità e accettazione dei materiali in genere .....	7
ART. 3 – Sostituzione dei luoghi di provenienza dei materiali previsti in contratto .....	8
ART. 4 – Costi per la sicurezza .....	8
ART. 5 – Difesa ambientale .....	9
ART. 6 – Prove, verifiche e riserve .....	9
ART. 7 – Disciplina antimafia .....	10
ART. 8 – Manutenzione alvei .....	10
8.1 Decespugliamento di scarpate fluviali .....	10
8.2 Disboscamento di scarpate fluviali .....	10
8.2 Sfalcio e disboscamento di argini fluviali .....	11
ART. 9 – Movimenti di terre – scavi in genere .....	12
9.1 Scavi di sbancamento .....	12
8.2 Scavi a sezione obbligata .....	12
8.3 Modalità esecutive .....	13
ART. 10 – Demolizioni .....	13
10.1 Taglio e demolizione di pavimentazione stradale .....	14
10.2. Modalità esecutive .....	14
ART. 11 – Conglomerati cementizi semplici ed armati .....	14
11.1 Impasti di conglomerato cementizio .....	15
11.2 Controlli sul conglomerato cementizio .....	16
11.3 Armatura delle travi .....	16
11.4 Armatura dei pilastri .....	16
11.6 Copriferro e interferro .....	16
11.7 Ancoraggio delle barre e loro giunzioni .....	16
ART. 12 – Casseforme, armature .....	17
ART. 13 – Acciai .....	17
13.1 Acciai per barre ad aderenza migliorata. Proprietà meccaniche .....	20
Art. 14 – Palificazioni .....	21
14.1 Materiali .....	21
Art. 15 - Micropali .....	23
15.1 Definizione, classificazione e campi di applicazione .....	23
15.1.1 Soggezioni geotecniche e geo-idrologiche .....	23

15.1.2	Tolleranze geometriche .....	23
15.1.3	Tracciamento .....	24
15.1.4	Perforazione Attrezzature .....	24
15.2	Metodologie di perforazione .....	24
15.2.1	Confezione e posa delle armature .....	25
15.2.2	Copriferro delle armature .....	25
15.2.3	Armatura con profilati di acciaio .....	25
15.2.4	Armature tubolari in acciaio .....	26
15.2.5	Armature in materiale speciale .....	26
15.2.6	Formazione del fusto del micropalo .....	26
15.2.7	Riempimento a gravità .....	26
15.2.8	Riempimento a bassa pressione .....	27
15.2.9	Iniezione ripetuta ad alta pressione .....	27
15.2.10	Caratteristiche delle miscele cementizie e delle malte cementizie .....	28
15.3	Controlli .....	29
15.4	Documentazione dei lavori .....	30
ART. 16	– Gabbioni metallici .....	31
16.1	Campo d'applicazione .....	31
16.2	Caratteristiche dei prodotti .....	31
16.2.1	Caratteristiche del filo di acciaio .....	31
16.2.2	Caratteristiche del rivestimento protettivo .....	32
16.3	Caratteristiche geometriche della rete metallica a doppia torsione .....	33
16.4	Resistenza a trazione della rete metallica a doppia torsione .....	34
16.5	Indicazioni sulla vita nominale delle opere e sulla durabilità dei prodotti .....	35
16.5.1	Tipo di opera .....	35
16.5.2	Aggressività ambientale tipo di opera tipo di rivestimento .....	35
16.6	Controlli di produzione in stabilimento e procedure di qualificazione .....	36
16.7	Prove durante il processo di fabbricazione .....	37
16.7.1	Prove sul filo metallico .....	37
16.7.2	Prove sui rivestimenti protettivi del filo .....	37
16.7.3	Prove sulla rete metallica .....	38
16.8	Procedura di qualificazione - Istanza del produttore .....	39
16.8.1	Istruttoria del Servizio .....	40
16.9	Documentazione di accompagnamento .....	41

16.10 Etichettatura.....	42
16.11 Controllo di accettazione in cantiere .....	42
16.12 Prescrizioni per il collaudo .....	42
16.13 Indicazioni specifiche per i materiali di riempimento .....	43
16.14 Indicazioni specifiche per il montaggio e la manutenzione .....	43
ART. 17 – Rilevati arginali .....	44
17.1 Caratteristiche dei materiali.....	44
17.2 Modalità esecutive .....	44
17.3 Prove di accettazione e controllo.....	44
ART. 18 Palancole tipo Larssen .....	45
18.1 Definizione.....	45
18.2 Normative di riferimento .....	45
18.3 Soggezioni geotecniche e geoidrologiche ed ambientali generali .....	46
18.4 Prove tecnologiche preliminari .....	47
18.5 Preparazione del piano di lavoro.....	47
18.6 Materiali .....	47
18.7 Installazione.....	47
18.7.1 Attrezzature .....	47
18.7.2 Tracciamento .....	48
18.7.3 Movimentazione e saldature .....	48
18.7.4 Infissione .....	48
18.7.5 Controlli e documentazione lavori .....	49
ART. 19 – Diaframmi plastici .....	49
19.1 Diaframmi in conglomerato plastico.....	49
19.2 Preparazione del piano di lavoro e perforazione .....	50
19.3 Getto del calcestruzzo .....	52
19.4 Tolleranze geometriche.....	54
19.5 Documentazione dei lavori.....	54
ART. 20 Diaframmi in cemento armato .....	54
20.1 Definizione e campi di impiego .....	54
20.2 Norme di Riferimento .....	55
20.3 Soggezioni geotecniche, geoidrologiche ed ambientali .....	55
20.4 Tolleranze geometriche .....	56
20.5 Preparazione del piano di lavoro .....	57



<i>Caratteristiche dei materiali</i> .....	71
<i>Modalità esecutive</i> .....	71
<i>Prove di accettazione e controllo</i> .....	71
ART. 22 – Sistemi di drenaggio .....	71
22.1 <i>Campo di applicazione</i> .....	71
22.2 <i>Tubazioni</i> .....	71
22.2.1 <i>Materiali</i> .....	72
<i>Tubi in acciaio zincato</i> .....	72
<i>Tubi in calcestruzzo non armato e armato</i> .....	72
22.2.2 <i>Posa in opera</i> .....	72
<i>Scarico ed accatastamento</i> .....	72
<i>Scavo</i> .....	72
<i>Letto di posa</i> .....	73
<i>Installazione</i> .....	73
<i>Rinfianco e rinterro</i> .....	73
22.2.3 <i>Controlli ed accettazione</i> .....	74
<i>Generalità</i> .....	74
<i>Marcatura e documentazione</i> .....	74
22.2.3 <i>Controlli in cantiere</i> .....	74
<i>Livellette</i> .....	74
<i>Costipamento del rinfianco</i> .....	74
<i>Collaudo in opera</i> .....	74
22.3 <i>Pozzetti idraulici</i> .....	75
22.3.1 <i>Materiali</i> .....	75
<i>Pozzetti in conglomerato cementizio armato</i> .....	75
22.3.2 <i>Posa in opera</i> .....	75
22.3.3 <i>Controlli in cantiere</i> .....	75
22.4 <i>Dispositivi di chiusura e di coronamento dei pozzetti</i> .....	75
22.4.1 <i>Materiali</i> .....	75
22.4.2 <i>Posa in opera</i> .....	76
22.4.3 <i>Controlli ed accettazione</i> .....	76
22.5.3 <i>Controlli in cantiere</i> .....	76
ART. 23 – Manufatti in acciaio .....	76
23.1 <i>Acciaio per strutture metalliche</i> .....	76

23.2 Acciaio Inossidabile .....	77
23.3 Acciai zincati .....	77
23.4 Zincatura a caldo degli acciai.....	77
23.4.1 Qualità degli acciai da zincare a caldo .....	77
25.4.2 Zincatura a caldo per immersione .....	77
<i>Trattamento preliminare</i> .....	77
<i>Immersione in bagno di zinco</i> .....	77
23.5 Acciai inossidabili.....	78
ART. 24 – Norme per la misurazione e la valutazione delle opere .....	78

## **ART. 1 – Norme generali sui materiali, i componenti, i sistemi e l'esecuzione**

Nell'esecuzione di tutte le lavorazioni, le opere, le forniture, i componenti, anche relativamente a sistemi e subsistemi di impianti tecnologici oggetto dell'appalto, devono essere rispettate tutte le prescrizioni di legge e di regolamento in materia di qualità, provenienza e accettazione dei materiali e componenti nonché, per quanto concerne la descrizione, i requisiti di prestazione e le modalità di esecuzione di ogni categoria di lavoro, tutte le indicazioni contenute o richiamate contrattualmente nel capitolato speciale di appalto, negli elaborati grafici del progetto esecutivo e nella descrizione delle singole voci allegata allo stesso capitolato.

Per quanto concerne gli aspetti procedurali ed i rapporti tra la Stazione appaltante e l'appaltatore, per quanto non diversamente previsto dalle disposizioni contrattuali, si fa riferimento esplicito alla disciplina del Capitolato generale di cui al Decreto del Ministro dei Lavori Pubblici del 19.04.2000, n. 145.

## **ART. 2 – Qualità e accettazione dei materiali in genere**

I materiali da impiegare per i lavori compresi nell'appalto devono corrispondere, come caratteristiche, a quanto stabilito nelle leggi e nei regolamenti ufficiali vigenti in materia; in mancanza di particolari prescrizioni, devono essere delle migliori qualità esistenti in commercio, in rapporto alla funzione cui sono stati destinati; in ogni caso i materiali, prima della posa in opera, devono essere riconosciuti idonei e accettati dalla direzione Lavori, anche a seguito di specifiche prove di laboratorio o di certificazioni fornite dal produttore.

Qualora la direzione dei lavori rifiuti una qualsiasi provvista di materiali in quanto non adatta all'impiego, l'impresa deve sostituirla con altra che corrisponda alle caratteristiche volute; i materiali rifiutati devono essere allontanati immediatamente dal cantiere a cura e a spese della stessa impresa.

In materia di accettazione dei materiali, qualora eventuali carenze di prescrizioni comunitarie (dell'Unione europea) nazionali e regionali, ovvero la mancanza di precise disposizioni nella descrizione contrattuale dei lavori possano dare luogo a incertezze circa i requisiti dei materiali stessi, la direzione lavori ha facoltà di ricorrere all'applicazione di norme speciali, ove esistano, siano esse nazionali o estere.

Entro 60 giorni dalla consegna dei lavori o, in caso di materiali o prodotti di particolare complessità, entro 60 giorni antecedenti il loro utilizzo, l'appaltatore presenta alla Direzione dei lavori, per l'approvazione, la campionatura completa di tutti i materiali, manufatti, prodotti, ecc. previsti o necessari per dare finita in ogni sua parte l'opera oggetto dell'appalto.

L'accettazione dei materiali da parte della direzione dei lavori non esenta l'appaltatore dalla totale responsabilità della riuscita delle opere, anche per quanto può dipendere dai materiali stessi.

I materiali e i componenti devono corrispondere alle prescrizioni del capitolato speciale ed essere della migliore qualità: possono essere messi in opera solamente dopo l'accettazione del direttore dei lavori.

L'accettazione dei materiali e dei componenti è definitiva solo dopo la loro posa in opera. Il direttore dei lavori può rifiutare in qualunque tempo i materiali e i componenti deperiti dopo la introduzione in cantiere, o che per qualsiasi causa non fossero conformi alle caratteristiche tecniche risultanti dai documenti allegati al contratto; in questo ultimo caso l'appaltatore deve rimuoverli dal cantiere e sostituirli con altri a sue spese.

Ove l'appaltatore non effettui la rimozione nel termine prescritto dal direttore dei lavori, la stazione appaltante può provvedervi direttamente a spese dell'appaltatore, a carico del quale resta anche qualsiasi onere o danno che possa derivargli per effetto della rimozione eseguita d'ufficio.



Anche dopo l'accettazione e la posa in opera dei materiali e dei componenti da parte dell'appaltatore, restano fermi i diritti e i poteri della stazione appaltante in sede di collaudo o di verifica dei lavori.

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

Nel caso l'appaltatore sia stato autorizzato, per ragioni di necessità o convenienza, da parte del direttore dei lavori l'impiego di materiali o componenti aventi qualche carenza nelle dimensioni, nella consistenza o nella qualità, ovvero sia stata autorizzata una lavorazione di minor pregio, viene applicata una adeguata riduzione del prezzo in sede di contabilizzazione, sempre che l'opera sia accettabile senza pregiudizio e salve le determinazioni definitive dell'organo di collaudo.

Gli accertamenti di laboratorio e le verifiche tecniche obbligatorie o ritenute necessari, ovvero specificamente previsti dal capitolato speciale d'appalto, sono disposti dalla direzione dei lavori o dall'organo di collaudo, imputando la spesa a carico dell'appaltatore. Per le stesse prove la direzione dei lavori provvede al prelievo del relativo campione ed alla redazione di apposito verbale di prelievo; la certificazione effettuata dal laboratorio prove materiali riporta espresso riferimento a tale verbale.

La direzione dei lavori o l'organo di collaudo possono disporre ulteriori prove ed analisi ancorché non prescritte dal capitolato speciale d'appalto ma ritenute necessarie per stabilire l'idoneità dei materiali o dei componenti. Le relative spese sono poste a carico dell'appaltatore.

Se gli atti contrattuali non contengono specifica indicazione, l'appaltatore è libero di scegliere il luogo ove prelevare i materiali necessari alla realizzazione del lavoro, purché essi abbiano le caratteristiche prescritte dai documenti tecnici allegati al contratto. Le eventuali modifiche di tale scelta non comportano diritto al riconoscimento di maggiori oneri, né all'incremento dei prezzi pattuiti.

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

A richiesta della Stazione appaltante l'appaltatore deve dimostrare di avere adempiuto alle prescrizioni della legge sulle espropriazioni per causa di pubblica utilità, ove contrattualmente siano state poste a suo carico, e di aver pagato le indennità per le occupazioni temporanee o per i danni arrecati.

### **ART. 3 – Sostituzione dei luoghi di provenienza dei materiali previsti in contratto**

Qualora gli atti contrattuali prevedano il luogo di provenienza dei materiali, il Direttore dei Lavori può prescrivere uno diverso, ove ricorrano ragioni di necessità o convenienza.

Qualora i luoghi di provenienza dei materiali siano indicati negli atti contrattuali, l'appaltatore non può cambiarli senza l'autorizzazione scritta del Direttore dei Lavori, che riporti l'espressa approvazione del responsabile unico del procedimento.

### **ART. 4 – Costi per la sicurezza**

In base al D. Lgs 81/2008 e s.m.i, il Committente ovvero il Responsabile dei Lavori nominerà il Coordinatore per la progettazione al quale è assegnato il compito della valutazione dei costi spese necessari per la riduzione dei rischi insiti nell'ambito dello specifico cantiere.

Detta somma dovrà essere esclusa da eventuali forme di ribassi od offerte in quanto scaturisce da valutazioni per le quali non sono ammesse deroghe od economie.

## ART. 5 – Difesa ambientale

L'Appaltatore si impegna, nel corso dello svolgimento dei lavori, a salvaguardare l'integrità dell'ambiente, rispettando le norme attualmente vigenti in materia ed adottando tutte le precauzioni possibili per evitare danni di ogni genere, nonché tutte le disposizioni inerenti l'esecuzione dei lavori disposte dall'Autorità preposta nell'approvazione del progetto.

In particolare, nell'esecuzione delle opere, deve provvedere a:

- evitare l'inquinamento delle falde e delle acque superficiali; o effettuare lo scarico dei materiali solo nelle discariche autorizzate;
- segnalare tempestivamente al Committente ed al Direttore dei Lavori il ritrovamento, nel corso dei lavori di scavo, di opere sotterranee che possano provocare rischi di inquinamento o materiali contaminati.

## ART. 6 – Prove, verifiche e riserve

Tutti i lavori dovranno essere eseguiti secondo quanto contenuto e prescritto dai documenti contrattuali.

Il Committente procederà, a mezzo della Direzione dei Lavori, al controllo dello svolgimento dei lavori, verificandone le condizioni di esecuzione e lo stato di avanzamento.

La Direzione dei Lavori potrà procedere in qualunque momento all'accertamento e misurazione delle opere compiute; ove l'Appaltatore non si prestasse ad eseguire in contraddittorio tali operazioni, gli sarà assegnato un termine perentorio, scaduto il quale gli verranno addebitati i maggiori oneri sostenuti. In tal caso, inoltre, l'Appaltatore non potrà avanzare alcuna richiesta per eventuali ritardi nella contabilizzazione o nell'emissione dei certificati di pagamento.

Il Direttore dei Lavori segnalerà tempestivamente all'Appaltatore le eventuali opere che ritenesse non eseguite in conformità alle prescrizioni contrattuali o a regola d'arte; l'Appaltatore provvederà a perfezionarle a sue spese.

Qualora l'Appaltatore non intendesse ottemperare alle disposizioni ricevute, il Committente avrà la facoltà di provvedervi direttamente od a mezzo di terzi.

Insorgendo controversie su disposizioni impartite dal Direttore dei Lavori o sulla interpretazione delle clausole contrattuali, l'Appaltatore potrà formulare riserva entro 15 (quindici) giorni da quando i fatti che la motivano si siano verificati o siano venuti a sua conoscenza.

L'esecutore è sempre tenuto ad uniformarsi alle disposizioni del direttore dei lavori, senza poter sospendere o ritardare il regolare sviluppo dei lavori, quale che sia la contestazione o la riserva che egli iscriva negli atti contabili.

Le riserve dovranno essere specificate in ogni loro elemento tecnico ed economico.

Esse devono essere iscritte a pena di decadenza sul primo atto dell'appalto idoneo a riceverle, successivo all'insorgenza o alla cessazione del fatto che ha determinato il pregiudizio dell'esecutore. In ogni caso, sempre a pena di decadenza, le riserve sono iscritte anche nel registro di contabilità all'atto della firma immediatamente successiva al verificarsi o al cessare del fatto pregiudizievole. Le riserve non espressamente confermate sul conto finale si intendono abbandonate.

Le riserve devono essere formulate in modo specifico ed indicare con precisione le ragioni sulle quali esse si fondano. In particolare, le riserve devono contenere a pena di inammissibilità la precisa quantificazione delle somme che l'esecutore, ritiene gli siano dovute.

La quantificazione della riserva è effettuata in via definitiva, senza possibilità di successive integrazioni o incrementi rispetto all'importo iscritto.

Entro 15 (quindici) giorni dalla formulazione delle riserve il Direttore dei Lavori farà le sue controdeduzioni che trasmetterà al RUP per i provvedimenti di sua competenza.

Le riserve dell'Appaltatore e le controdeduzioni del Direttore dei Lavori non avranno effetto interruttivo o sospensivo per tutti gli altri aspetti contrattuali.

## **ART. 7 – Disciplina antimafia**

Ai sensi del Decreto Legislativo n. 159 del 2011, per l'appaltatore non devono sussistere gli impedimenti all'assunzione del rapporto contrattuale previsti dagli articoli 6 e 67 del citato decreto legislativo, in materia antimafia; a tale fine devono essere assolti gli adempimenti di cui al comma 2. In caso di raggruppamento temporaneo o di consorzio ordinario, tali adempimenti devono essere assolti da tutti gli operatori economici raggruppati e consorziati; in caso di consorzio stabile, di consorzio di cooperative o di imprese artigiane, devono essere assolti dal consorzio e dalle consorziate indicate per l'esecuzione.

Prima della stipula del contratto deve essere acquisita la comunicazione antimafia mediante la consultazione della Banca dati ai sensi degli articoli 96 e 97 del citato Decreto Legislativo n. 159 del 2011 o deve essere accertata l'idonea iscrizione nella white list tenuta dalla competente prefettura (Ufficio Territoriale di Governo) nella sezione pertinente.

## **ART. 8 – Manutenzione alvei**

### **8.1 Decespugliamento di scapate fluviali**

Nel prezzo è compreso anche l'abbattimento di alberi di alto fusto, di diametro non superiore a 6 cm. Il prezzo comprende inoltre tutte le operazioni necessarie per eseguire il lavoro così come descritto nello specifico paragrafo da voce di elenco prezzi, sia esso effettuato a mano o a macchina. Sono compresi altresì l'allontanamento del materiale estratto e la sua eliminazione a discarica, nonché le operazioni di regolarizzazione del terreno a lavori ultimati. Se durante i lavori l'Impresa dovesse rinvenire nel terreno dei materiali estranei, dovrà, a sue spese, provvedere al loro allontanamento e al trasporto a rifiuto. Sono a carico dell'Impresa anche gli oneri per il recupero e le indennità di eventuali aree di stoccaggio dei materiali, nonché per la pulizia ed il ripristino di tutte le aree interessate dai lavori, dal passaggio e dalle manovre di mezzi, o dal deposito di materiali. Resta a carico dell'Impresa anche il corrispettivo per le discariche. I lavori di decespugliamento, nel caso di appalto a misura, saranno compensati a metro quadrato di superficie ripulita.

I lavori di decespugliamento andranno prevalentemente eseguiti con mezzo meccanico, cingolato o gommato, dotato di braccio adeguato alle lavorazioni richieste ed opportunamente munito di apparato falciante conforme alle vigenti disposizioni di legge, l'intervento sarà completato a mano.

Dovranno essere completamente eliminati i cespugli, i rampicanti, gli arbusti e gli alberelli il cui tronco abbia diametro inferiore a 15 cm, se necessario con due passate in senso opposto della ruspa, oppure con una sola passata e con la presenza di un manovale incaricato di tagliare le piante piegate dalla ruspa.

La sterpaglia rimossa andrà poi ripulita dal terriccio, allontanata dall'area di lavoro e bruciata o portata a rifiuto.

Terminate le operazioni di decespugliamento, il terreno andrà opportunamente regolarizzato.

### **8.2 Disboscamento di scarpate fluviali**

Il prezzo comprende tutte le operazioni necessarie per eseguire il lavoro così come descritto nello specifico nell'Elenco prezzi sia esso effettuato a mano o a macchina. Sono compresi altresì l'allontanamento del materiale non utilizzabile e la sua eliminazione a discarica, nonché, per i tronchi abbattuti, l'accatastamento, il taglio dei rami, la riduzione in astoni di lunghezza commerciale ed il

trasporto nei luoghi indicati dalla Direzione Lavori. Il prezzo compensa anche la successiva regolarizzazione del terreno. Se durante i lavori l'Impresa dovesse rinvenire nel terreno dei materiali estranei, dovrà, a sue spese, provvedere al loro allontanamento e al trasporto a rifiuto, indennità di discarica incluse. Sono a carico dell'Impresa anche gli oneri per il recupero e le indennità di eventuali aree di stoccaggio dei materiali, nonché per la pulizia ed il ripristino di tutte le aree interessate dai lavori, dal passaggio e dalle manovre di mezzi, o dal deposito di materiali. Resta a carico dell'Impresa anche il corrispettivo per le discariche. I lavori di disboscamento, nel caso di appalto a misura, saranno compensati a metro quadrato di superficie ripulita.

I lavori di disboscamento si riferiscono a superfici in cui vi sia elevata presenza di piante con diametro del tronco superiore a 15 cm e comprendono anche i lavori di decespugliamento descritti al paragrafo precedente.

Per quanto riguarda in particolare la rimozione delle piante, i tronchi abbattuti dovranno essere raccolti, accatastati, privati dei rami, ridotti in astoni di lunghezza commerciale e trasportati dove indicato dall'Ufficio di Direzione Lavori. I materiali non utilizzabili dovranno essere portati a rifiuto.

Durante i lavori di rimozione delle piante l'Impresa dovrà porre la massima attenzione per evitare qualunque pericolo per le persone e per le cose; l'Impresa è comunque pienamente responsabile di qualsiasi danno conseguente ai lavori di rimozione. L'Impresa dovrà altresì usare ogni precauzione per la salvaguardia delle piante di pregio esistenti, specificatamente segnalate dall'Ufficio di Direzione Lavori.

## 8.2 Sfalcio e disboscamento di argini fluviali

Nel prezzo sono compresi gli oneri per l'allontanamento del materiale estratto e per la sua eliminazione a discarica, nonché per le operazioni di regolarizzazione del terreno a lavori ultimati. Nel caso il materiale derivato avesse valore commerciale, l'Appaltatore è tenuto alla sua acquisizione previo il pagamento del canone erariale stabilito dagli Uffici competenti. Se durante i lavori l'Impresa dovesse rinvenire nel terreno dei materiali estranei, dovrà, a sue spese, provvedere al loro allontanamento e al trasporto a rifiuto. Sono a carico dell'Impresa anche gli oneri per il recupero e le indennità di eventuali aree di stoccaggio dei materiali, nonché per la pulizia ed il ripristino di tutte le aree interessate dai lavori, dal passaggio e dalle manovre di mezzi, o dal deposito di materiali. Resta a carico dell'Impresa anche il corrispettivo per le discariche. I lavori di sfalcio e decespugliamento di rilevati arginali, nel caso di appalto a misura, saranno compensati a metro quadrato di superficie sistemata su piani e scarpate arginali di qualsiasi sviluppo, siano essi effettuati a macchina o a mano.

Le operazioni di taglio e rimozione di rovi, arbusti e vegetazione infestante lungo i rilevati arginali dovranno essere eseguite nei tratti indicati in progetto o dall'Ufficio di Direzione Lavori.

I lavori andranno prevalentemente eseguiti con mezzo meccanico, cingolato o gommato, dotato di braccio adeguato alle lavorazioni richieste ed opportunamente munito di apparato falciante conforme alle vigenti disposizioni di legge, l'intervento sarà completato a mano.

La sterpaglia rimossa andrà poi ripulita dal terriccio, allontanata dall'area di lavoro e bruciata o portata a rifiuto. L'Impresa dovrà anche raccogliere e trasportare a discarica eventuali rifiuti solidi rinvenuti nell'area di intervento.

Se previsto in progetto o prescritto dall'Ufficio di Direzione Lavori, terminate le operazioni di decespugliamento, il terreno andrà opportunamente regolarizzato.

## ART. 9 – Movimenti di terre – scavi in genere

Le sezioni di rilievo dovranno essere chiaramente individuate in sito mediante picchettamento, tale da rendere riconoscibile la sezione anche una volta eseguiti i lavori. La distanza fra due sezioni dovrà essere tale da evidenziare ogni variazione sostanziale. Gli oneri per tutte le operazioni di rilievo e di misurazione sono a carico dell'Impresa.

Nel prezzo di tutti gli scavi si intendono compensati anche:

- l'esecuzione dello scavo anche in presenza d'acqua, compreso l'onere per gli eventuali aggettamenti con l'impiego di pompe;
- l'innalzamento, carico, trasporto e messa a rinterro o a rilevato del materiale scavato nelle aree individuate dalla Direzione Lavori (rinterro e rilevato da realizzarsi con le modalità previste nel paragrafo "Formazione di rilevati" del Capo III del Capitolato Speciale d'Appalto), oppure il carico sui mezzi di trasporto, trasporto del materiale di qualsiasi entità proveniente dallo scavo, scarico e sistemazione a discarica pubblica od invece entro le aree poste a disposizione dal Committente o scelte dall'Appaltatore;
- le indennità di deposito temporaneo o definitivo, ovvero il canone demaniale nel caso il materiale avesse valore commerciale e l'Appaltatore intendesse acquisirlo;
- i permessi, i diritti o canoni di discarica se necessari;
- l'esecuzione di fossi di guardia e di qualsiasi altra opera per la deviazione delle acque superficiali e l'allontanamento delle stesse dagli scavi;
- l'esecuzione delle armature, sbadacchiature e puntellamenti provvisori delle pareti degli scavi compreso manodopera, noleggio e sfrido di legname, chioderia e quant'altro occorra per l'armatura ed il disarmo. Sono escluse invece le armature continue degli scavi tipo armature a cassa chiusa e palancole metalliche o simili ad infissione o marciavanti, da utilizzare a insindacabile giudizio della Direzione Lavori; o l'eventuale mancato recupero, parziale o totale, del materiale impiegato nelle puntellature, nelle sbadacchiature e nelle armature suddette, e ciò anche se gli scavi fossero eseguiti per campioni;
- i maggiori oneri derivanti dagli allargamenti e dalle scarpate che si dovranno dare agli scavi stessi in relazione alle condizioni naturali ed alle caratteristiche delle opere;
- l'accurata pulizia delle superfici di scavo e la loro regolarizzazione;
- la demolizione delle eventuali tombinature o fognature di qualsiasi tipo e dimensioni nonché il loro rifacimento;
- l'incidenza degli interventi, ove necessario, per ricerca, assistenza e superamento di cavi, tubazioni e condutture sotterranee (SIP - ENEL - GAS - METANO - ACQUA - etc.).

I rilevamenti e la misurazione degli scavi agli effetti del pagamento saranno eseguiti in contraddittorio con l'Impresa prima dell'inizio dei lavori ed al momento della contabilizzazione.

Nel caso di appalti a misura i movimenti di terra saranno valutati generalmente a m<sup>3</sup>.

### 9.1 Scavi di sbancamento

Per scavi di sbancamento si intendono quelli occorrenti per spianamento del terreno, per taglio di scarpate delle trincee o di rilevati praticati al di sopra del piano orizzontale passante per il punto più depresso del piano campagna lungo il perimetro dello scavo ed aperti lateralmente almeno da una parte.

### 8.2 Scavi a sezione obbligata

Per scavi di fondazione si intendono quelli relativi all'impianto di opere che risultino al di sotto del piano di sbancamento, chiusi tra pareti verticali

Il piano di fondazione sarà perfettamente orizzontale e sagomato a gradini con leggera pendenza verso monte per quelle opere che cadono sopra falde inclinate.

Gli scavi saranno di norma eseguiti a pareti verticali e l'Impresa dovrà all'occorrenza, sostenerli con convenienti sbadacchiature, il cui onere resta compensato nel relativo prezzo dello scavo, restando a suo carico ogni danno alle persone, alle cose ed all'opera, per smottamenti o franamenti del cavo.

Durante le fasi di lavorazione degli scavi sia di sbancamento che in sezione obbligata, l'impresa dovrà suddividere i materiali provenienti dagli scavi per permettere il recupero o il riutilizzo degli stessi, secondo quanto previsto dal DPR 120/2017 che riguarda la gestione delle terre e delle rocce da scavo.

### 8.3 Modalità esecutive

L'Impresa eseguirà tutti gli scavi necessari alla realizzazione delle opere, sia a mano che a macchina, qualunque sia il tipo di materiale incontrato, tanto all'asciutto che in presenza d'acqua. Gli scavi saranno eseguiti in larghezza, lunghezza e profondità secondo quanto indicato nei disegni esecutivi o richiesto dalla Direzione Lavori.

Eventuali scavi eseguiti dall'Impresa per comodità di lavoro od altri motivi, senza autorizzazione scritta dall'Ufficio di Direzione Lavori, non saranno contabilizzati agli effetti del pagamento.

All'inizio dei lavori, l'Impresa dovrà provvedere, ove necessario, alla rimozione della vegetazione e degli apparati radicali ed al loro trasporto a rifiuto.

Gli scavi dovranno essere condotti in modo da non sconnettere e danneggiare il materiale d'impasto. L'Impresa prenderà inoltre tutte le precauzioni necessarie per evitare gli smottamenti delle pareti dello scavo, soprattutto in conseguenza di eventi meteorologici avversi e metterà in atto tutti gli accorgimenti necessari per evitare danni alle persone ed alle opere e sarà obbligata a provvedere a suo carico alla rimozione delle eventuali materie franate. In ogni caso l'Impresa sarà l'unica responsabile per i danni alle persone ed alle opere che possono derivare da cedimenti delle pareti di scavo.

La manutenzione degli scavi, lo sgombero dei materiali eventualmente e per qualsiasi causa caduti entro gli scavi stessi sarà a totale carico dell'Impresa indipendentemente dal tempo che trascorrerà fra l'apertura degli scavi ed il loro rinterro, che potrà essere effettuato solo dopo l'autorizzazione dell'Ufficio di Direzione Lavori e con le modalità da questa eventualmente prescritte in aggiunta od in variante a quanto indicato in queste specifiche.

Le materie provenienti dagli scavi, ritenute inutilizzabili dall'Ufficio di Direzione Lavori, dovranno essere portate a rifiuto; tali materie non dovranno in ogni caso riuscire di danno ai lavori, alle proprietà pubbliche o private ed al libero sfogo e corso delle acque. Contravvenendo a queste disposizioni, l'Impresa dovrà a sue spese rimuovere e asportare le materie in questione.

Durante l'esecuzione dei lavori i mezzi impiegati per gli esaurimenti di acqua saranno tali da tenere a secco gli scavi.

Se l'Impresa non potesse far defluire l'acqua naturale, l'Ufficio di Direzione Lavori avrà la facoltà di ordinare, se lo riterrà opportuno, l'esecuzione degli scavi subacquei.

### ART. 10 – Demolizioni

Il prezzo deve intendersi applicabile per qualunque quantitativo di materiale da demolire, anche di dimensioni minime.

Nel prezzo sono compresi tutti gli oneri relativi a tale categoria di lavori, sia che venga eseguita in elevazione, fuori terra, in fondazione, entro terra, in breccia e in qualunque forma, comunque senza l'uso di mine.

In particolare, sono compresi i ponti di servizio, le impalcature, le armature e sbadacchiature eventualmente occorrenti, nonché l'immediato allontanamento dei materiali di risulta.



L'Impresa è obbligata a recuperare i materiali dichiarati utilizzabili dall'Ufficio di Direzione Lavori, che rimangono proprietà dell'Amministrazione, e a caricare, trasportare a scaricare a rifiuto quelli non utilizzabili.

Il prezzo è comprensivo anche del corrispettivo per le discariche.

Negli appalti a misura, le demolizioni sono valutate a m<sup>3</sup> misurate in sito prima dell'esecuzione del lavoro.

### 10.1 Taglio e demolizione di pavimentazione stradale

Il prezzo compensa il taglio, la demolizione e la rimozione della pavimentazione stradale di qualsiasi tipo e di qualunque spessore, da realizzarsi con adeguati mezzi meccanici, lungo i tracciati preventivamente individuati.

Sono compresi nel prezzo il carico e il trasporto a discarica a qualsiasi distanza del materiale rimosso, nonché i relativi oneri, canoni o diritti.

Negli appalti a misura la valutazione sarà fatta a metro quadro (m<sup>2</sup>).

### 10.2. Modalità esecutive

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.

Tutti gli altri materiali di risulta per i quali non possa servire il canale andranno calati a terra con mezzi idonei e con particolare cura.

L'Impresa è tenuta a recuperare i materiali ferrosi e non, che interessano l'opera da demolire, escluso il ferro di rinforzo, quando richiesto dall'Ufficio di Direzione Lavori.

Il materiale di risulta delle demolizioni, se inutilizzabile, dovrà essere trasportato a discarica, se destinato a riempimento dovrà essere trasportato in aree indicate dall'Ufficio di Direzione Lavori nell'ambito del cantiere.

Le demolizioni dovranno limitarsi alle parti ed alle dimensioni prescritte. Quando, anche per mancanza di puntellamenti o di altre precauzioni, venissero demolite altre parti od oltrepassati i limiti fissati, tutto quanto indebitamente demolito dovrà essere ricostruito e rimesso in ripristino dall'Impresa, a sua cura e spese, senza alcun compenso.

Per quanto riguarda le demolizioni, saranno considerati calcestruzzi armati conglomerati con armatura superiore a 300 N/m<sup>3</sup> (30 kgf/m<sup>3</sup>).

## ART. 11 – Conglomerati cementizi semplici ed armati

L'Impresa sarà tenuta a presentare in tempo utile, all'approvazione della Direzione dei Lavori:

- i campioni dei materiali che intende impiegare indicando provenienza, tipo e qualità dei medesimi;
- lo studio granulometrico per ogni tipo di calcestruzzo;
- i risultati delle prove sui cubetti di calcestruzzo con le modalità di cui al alle 'Nuove Norme Tecniche 17 Gennaio 2018 e Circolare esplicativa' eseguiti presso un laboratorio ufficiale per prove di materiali.

Prima della fornitura di calcestruzzo in cantiere, si deve acquisire copia della certificazione del controllo di processo produttivo (FPC). Per processi non industrializzati e per quantità inferiori a 1500 mc di miscela omogenea, l'Impresa deve acquisire prima delle forniture documenti attestanti i criteri e le prove che hanno portato alla determinazione della resistenza caratteristica certificata da un laboratorio che opera in conformità al DPR 380/2001

Si deve avere inoltre consegnare al D.L. copia delle certificazioni di conformità (marcatura CE) degli ingredienti utilizzati per il confezionamento del calcestruzzo, che l'Impresa richiederà al proprio fornitore.

## **MATERIALI INERTI PER CONGLOMERATI CEMENTIZI E PER MALTE**

- 1) Gli aggregati per conglomerati cementizi, naturali e di frantumazione, devono essere costituiti da elementi non gelivi e non friabili, privi di sostanze organiche, limose ed argillose, di getto, ecc., in proporzioni non nocive all'indurimento del conglomerato o alla conservazione delle armature.
- 2) La ghiaia o il pietrisco devono avere dimensioni massime commisurate alle caratteristiche geometriche della carpenteria del getto ed all'ingombro delle armature.
- 3) La sabbia per malte dovrà essere priva di sostanze organiche, terrose o argillose, ed avere dimensione massima dei grani di 2 mm per murature in genere, di 1 mm per gli intonaci e murature di paramento o in pietra da taglio.
- 4) Gli additivi per impasti cementizi, come da norma UNI EN 934, si intendono classificati come segue: fluidificanti; aeranti; ritardanti; acceleranti; fluidificantiaeranti; fluidificanti-ritardanti; fluidificantiacceleranti; antigelo-superfluidificanti. Per le modalità di controllo ed accettazione il Direttore dei lavori potrà far eseguire prove od accettare, secondo i criteri dell'articolo "Materiali in Genere", l'attestazione di conformità alle norme UNI EN 934, 480, UNI 10765, 7110.
- 5) I conglomerati cementizi per strutture in cemento armato dovranno rispettare tutte le prescrizioni di cui al D.M. 14 gennaio 2008 e relative norme vigenti. Tutti i prodotti e/o materiali di cui al presente articolo, qualora possano essere dotati di marcatura CE secondo la normativa tecnica vigente, dovranno essere muniti di tale marchio.

## **OPERE E STRUTTURE DI CALCESTRUZZO**

### **11.1 Impasti di conglomerato cementizio**

Gli impasti di calcestruzzo dovranno essere eseguiti in conformità di quanto previsto dal D.M. 17 gennaio 2018 e dalle relative norme vigenti.

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

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

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

L'impiego degli additivi dovrà essere subordinato all'accertamento della assenza di ogni pericolo di aggressività e devono essere conformi alla norma europea armonizzata UNI EN 934-2.

L'acqua di impasto, ivi compresa l'acqua di riciclo, dovrà essere conforme alla norma UNI EN 1008.

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

Nei calcestruzzi è ammesso l'impiego di aggiunte, in particolare di ceneri volanti, loppe granulate d'altoforno e fumi di silice, purché non ne vengano modificate negativamente le caratteristiche prestazionali.

Le ceneri volanti devono soddisfare i requisiti della norma europea armonizzata UNI EN 450-1. Per quanto riguarda l'impiego si potrà fare utile riferimento ai criteri stabiliti dalle norme UNI EN 206-1 ed UNI 11104.



I fumi di silice devono soddisfare i requisiti della norma europea armonizzata UNI EN 13263-1.

Per i calcestruzzi preconfezionati si fa riferimento alla norma UNI EN 206-1.

### 11.2 Controlli sul conglomerato cementizio

Per i controlli sul calcestruzzo ci si atterrà a quanto previsto dal D.M. 17 gennaio 2018.

Il calcestruzzo viene individuato tramite la resistenza caratteristica a compressione secondo quanto specificato nel suddetto D.M. La resistenza caratteristica del calcestruzzo dovrà essere non inferiore a quella richiesta dal progetto.

Il controllo di qualità del calcestruzzo si articola nelle seguenti fasi:

- Valutazione preliminare della resistenza;
- Controllo di produzione
- Controllo di accettazione
- Prove complementari

Le prove di accettazione e le eventuali prove complementari, sono eseguite e certificate dai laboratori di cui all'art. 59 del D.P.R. n. 380/2001.

La qualità del calcestruzzo, è controllata dal Direttore dei Lavori, secondo le procedure del D.M. 17 gennaio 2018.

Norme per il cemento armato normale

Nella esecuzione delle opere di cemento armato normale l'Appaltatore dovrà attenersi a quanto contenuto nel D.P.R. 380/2001 e s.m.i., nelle norme tecniche del D.M. 14 gennaio 2008 e nella relativa normativa vigente.

### 11.3 Armatura delle travi

Negli appoggi di estremità all'intradosso deve essere disposta un'armatura efficacemente ancorata, calcolata per uno sforzo di trazione pari al taglio.

Almeno il 50% dell'armatura necessaria per il taglio deve essere costituita da staffe.

### 11.4 Armatura dei pilastri

Nel caso di elementi sottoposti a prevalente sforzo normale, le barre parallele all'asse devono avere diametro maggiore od uguale a 12 mm e non potranno avere interassi maggiori di 300 mm.

Le armature trasversali devono essere poste ad interasse non maggiore di 12 volte il diametro minimo delle barre impiegate per l'armatura longitudinale, con un massimo di 250 mm. Il diametro delle staffe non deve essere minore di 6 mm e di  $\frac{1}{4}$  del diametro massimo delle barre longitudinali.

### 11.6 Copriferro e interferro

L'armatura resistente deve essere protetta da un adeguato ricoprimento di calcestruzzo.

Al fine della protezione delle armature dalla corrosione, lo strato di ricoprimento di calcestruzzo (copriferro) deve essere dimensionato in funzione dell'aggressività dell'ambiente e della sensibilità delle armature alla corrosione, tenendo anche conto delle tolleranze di posa delle armature.

Per consentire un omogeneo getto del calcestruzzo, il copriferro e l'interferro delle armature devono essere rapportati alla dimensione massima degli inerti impiegati.

Il copriferro e l'interferro delle armature devono essere dimensionati anche con riferimento al necessario sviluppo delle tensioni di aderenza con il calcestruzzo.

### 11.7 Ancoraggio delle barre e loro giunzioni

Le armature longitudinali devono essere interrotte ovvero sovrapposte preferibilmente nelle zone compresse o di minore sollecitazione.

La continuità fra le barre può effettuarsi mediante:

- sovrapposizione, calcolata in modo da assicurare l'ancoraggio di ciascuna barra. In ogni caso la lunghezza di sovrapposizione nel tratto rettilineo deve essere non minore di 20 volte il diametro della barra. La distanza mutua (interfero) nella sovrapposizione non deve superare 4 volte il diametro;
- saldature, eseguite in conformità alle norme in vigore sulle saldature. Devono essere accertate la saldabilità degli acciai che vengono impiegati, nonché la compatibilità fra metallo e metallo di apporto nelle posizioni o condizioni operative previste nel progetto esecutivo;
- giunzioni meccaniche per barre di armatura. Tali tipi di giunzioni devono essere preventivamente validati mediante prove sperimentali.

Per barre di diametro  $\varnothing > 32$  mm occorrerà adottare particolari cautele negli ancoraggi e nelle sovrapposizioni.

Tutti i progetti devono contenere la descrizione delle specifiche di esecuzione in funzione della particolarità dell'opera, del clima, della tecnologia costruttiva.

Il documento progettuale deve contenere la descrizione dettagliata delle cautele da adottare per gli impasti, per la maturazione dei getti, per il disarmo e per la messa in opera degli elementi strutturali. Si potrà a tal fine fare utile riferimento alla norma UNI EN 13670-1 "Esecuzione di strutture in calcestruzzo – Requisiti comuni".

Tutte le opere in conglomerato cementizio necessarie per l'esecuzione di qualsiasi struttura di fondazione e/o elevazione incluse nell'appalto, saranno eseguite in base ai calcoli statici ed alle verifiche che l'impresa avrà provveduto ad effettuare e a depositare agli enti deputati, nei termini di tempo fissati dalla Direzione dei Lavori.

L'esame e la verifica da parte della Direzione Lavori dei progetti delle opere, non esonera in alcun modo l'Impresa dalla responsabilità derivante per legge e per pattuizioni del contratto, restando stabilito che, malgrado i controlli eseguiti dalla Direzione Lavori, l'impresa rimane unica e completa responsabile delle opere a termini di Legge; pertanto essa sarà tenuta a rispondere degli inconvenienti di qualsiasi natura, importanza e conseguenza che avessero a verificarsi.

Sono a carico dell'impresa tutte le prove (in numero e tipologia), sui calcestruzzi (sia fresco che indurito) utilizzati, previste dal D.M. 14/01/2008 e richieste dal Direttore dei Lavori.

## ART. 12 – Casseforme, armature

Per l'esecuzione di tali opere provvisorie, sia verticale che orizzontale, fondazione o elevazione, l'impresa potrà adottare il sistema, i materiali ed i mezzi che riterrà più idonei o di sua convenienza, purché soddisfino alle condizioni di stabilità e di sicurezza, curando la perfetta riuscita dei particolari costruttivi.

L'impresa è tenuta ad osservare, nella progettazione ed esecuzione delle armature, le norme ed i vincoli che fossero imposti dagli Enti e personale responsabili, circa il rispetto di particolari impianti o manufatti esistenti nella zona interessata dalla nuova costruzione.

Le operazioni di disarmo saranno effettuate secondo le norme contenute nel D.M. 17 gennaio 2018 del Ministero Infrastrutture e Trasporti - Norme tecniche per le costruzioni.

## ART. 13 – Acciai

### **GENERALITA' Prescrizioni Comuni a tutte le Tipologie di Acciaio**

Gli acciai per l'armatura del calcestruzzo normale devono rispondere alle prescrizioni

contenute nel vigente D.M. attuativo della legge 1086/71 (D.M. 17 gennaio 2018) e relative circolari esplicative. È fatto divieto di impiegare acciai non qualificati all'origine.

### **Forniture e documentazione di accompagnamento**

Tutte le forniture di acciaio, per le quali non sussista l'obbligo della Marcatura CE, devono essere accompagnate dalla copia dell'attestato di qualificazione del Servizio Tecnico Centrale.

Il riferimento a tale attestato deve essere riportato sul documento di trasporto.

Le forniture effettuate da un commerciante intermedio devono essere accompagnate da copia dei documenti rilasciati dal Produttore e completati con il riferimento al documento di trasporto del commerciante stesso.

Il Direttore dei Lavori prima della messa in opera, è tenuto a verificare quanto sopra indicato ed a rifiutare le eventuali forniture non conformi, ferme restando le responsabilità del produttore.

### **Centri di trasformazione**

Il Centro di trasformazione, impianto esterno alla fabbrica e/o al cantiere, fisso o mobile, che riceve dal produttore di acciaio elementi base (barre o rotoli, reti, lamiere o profilati, profilati cavi, ecc.) e confeziona elementi strutturali direttamente impiegabili in cantiere, pronti per la messa in opera o per successive lavorazioni, può ricevere e lavorare solo prodotti qualificati all'origine, accompagnati dalla documentazione prevista dalle norme vigenti.

Il Direttore dei Lavori è tenuto a verificare la conformità a quanto indicato al punto 11.3.1.7 del D.M. 17 gennaio 2018 e 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.

#### **a) Materiali:**

I materiali metallici dovranno essere esenti da scorie, soffiature, bruciature, paglie o qualsiasi altro difetto apparente o latente di fusione, laminazione, trafilatura, fucinatura e simili. Sottoposti ad analisi chimica dovranno risultare esenti da impurità o da sostanze anormali.

La loro struttura micrografica dovrà essere tale da dimostrare l'ottima riuscita del processo metallurgico di fabbricazione e da escludere qualsiasi alterazione derivante dalla successiva lavorazione a macchina ed a mano che possa menomare la sicurezza d'impiego.

#### **b) Designazione, definizione e classificazione:**

Si farà riferimento alle seguenti norme di unificazione:

UNI EU – 20 Definizione e classificazione degli acciai

UNI EU – 27 Designazione convenzionale degli acciai

UNI 7856 Ghise grigie. Definizioni, classificazione e qualità.

Come acciai si definiranno i materiali ferrosi contenenti meno dell'1,9% di carbonio, limite che li separerà dalle ghise definite dalla UNI 7856 sopra richiamata.

La classificazione degli acciai, secondo la composizione chimica comprenderà due classi (cl. I : acciai non legati; cl. II : acciai legati), le quali, secondo le caratteristiche d'impiego, si divideranno in tre tipi ( acciai di base, di qualità e speciali).

La designazione verrà convenzionalmente effettuata mediante simboli letterati e numerici esprimenti alcune caratteristiche di base (fisiche, chimiche e tecnologiche particolari) e, in caso di necessità, caratteristiche complementari.

Per la simboleggiatura, gli acciai saranno suddivisi in due gruppi principali:

Gruppo I: acciai designati partendo dalle loro caratteristiche meccaniche ed acciai designati partendo dall'impiego.

Gruppo II: acciai designati partendo dalla loro composizione chimica.

*c) Qualità, prescrizioni e prove:*

Ferma restando l'applicazione del D.P. 15 luglio 1925 che fissa le norme e condizioni per le prove e l'accettazione dei materiali ferrosi, per le prove meccaniche e tecnologiche dei materiali metallici oltre alle norme di unificazione relative ai materiali per strutture in acciaio, saranno rispettate quelle qui appresso elencate:

C.D.U. 669.1/8:620.11/.17 Prove dei materiali metallici

Norme di argomento di particolare interesse:

UNI EU 18 Prove meccaniche dei materiali metallici. Prelevamento e preparazione dei saggi e delle provette

UNI 556 Prova di trazione

UNI 562/1<sup>^</sup> - 75 Prova di durezza Rockwell (Scale C e B)

UNI 558 Prova di compressione

UNI 562/2<sup>^</sup> - 75 Prova di durezza Rockwell (Scale N e T)

UNI 559 Prova di flessione

UNI 564 Prova di piegamento

UNI 560/75 Prova di durezza Brinell

UNI 1955-75 Prova di durezza Vickers

C.D.U. 669.13/.15 Ghisa, ferroleghe, acciai.

*d) Prodotti di acciaio:*

Saranno rispettate le norme contenute nell'argomento e relativi sub-argomento di cui alla seguente classifica decimale UNI:

C.D.U. 669.14/.15.002.62/.64 Semilavorati e prodotti di acciaio. Norme di argomento di particolare interesse (oltre quelle riportate nei sub - argomenti trattati in seguito);

UNI EU 21 Condizioni tecniche generali di fornitura per i prodotti d'acciaio.

UNI 7272-73 Prodotti d'acciaio - Definizioni e classificazione secondo le forme e le dimensioni.

**Acciai per cemento armato**

*a) Generalità.*

Dovranno rispondere alle prescrizioni di cui al D.M. 27 luglio 1985 (e successive modifiche ed integrazioni) riportante le "Norme tecniche per la esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche"

Gli acciai dovranno essere esenti da difetti tali da pregiudicarne l'impiego, quali incisioni, ossidazioni, corrosioni, lesioni, untuosità ed in genere ricopertura da sostanze che possano ridurne sensibilmente l'aderenza al conglomerato.

*b) Acciai per barre tonde lisce e ad aderenza migliorata.*

Per le condizioni tecniche generali di fornitura si applica la norma UNI EU 21.

Il prelievo dei campioni ed i metodi di prova saranno effettuati secondo la UNI 6407-69 salvo quanto stabilito al punto 2.2.8.1., Parte 1<sup>^</sup> del Decreto citato.

Per l'accertamento delle proprietà meccaniche vale quanto indicato alle UNI 556, UNI 564 ed UNI 640769, salvo indicazioni contrarie o complementari.

Gli acciai per barre tonde lisce dovranno possedere le proprietà indicate nella seguente tabella:

Gli acciai ad aderenza migliorata, caratterizzati dal diametro della barra tonda equipesante, dovranno possedere le caratteristiche parzialmente indicate nella seguente tabella:

### 13.1 Acciai per barre ad aderenza migliorata. Proprietà meccaniche

CARATTERISTICHE MECCANICHE	DESIGNAZIONE DEL TIPO DI ACCIAIO	
	B450C	B450A
Tensione caratteristica di snervamento $f_{yk}$ N/mm <sup>2</sup>	≥450	≥450
Tensione caratteristica di rottura $f_{tk}$ N/mm <sup>2</sup>	≥572	≥572
Allungamento $A_{gt}$ %	≥7.5%	≥2,5%

Le barre inoltre dovranno superare con esito positivo prove di aderenza (secondo il metodo "Beam test") da eseguire presso un laboratorio ufficiale con le modalità specificate dalla norma CNR-UNI 10020-71.(1) Per i controlli sulle barre di armature si richiama quanto riportato ai punti 2.2.8.2. e 2.2.8.3.

Parte 1<sup>a</sup>, delle "Norme tecniche".

Il controllo in cantiere sarà obbligatorio per gli acciai non controllati in stabilimento, facoltativo per gli altri.

c) *Acciaio in fili lisci o nervati.*

I fili lisci o nervati di acciaio trafilato di diametro compreso fra 4 e 12 mm, dovranno corrispondere, per l'impiego nel cemento armato, alle proprietà indicate nel prospetto III di cui al punto 2.2.4., Parte 1<sup>a</sup> delle "Norme tecniche".

d) *Reti di acciaio elettrosaldate.*

Dovranno avere fili elementari di diametro compreso fra 4 e 12 mm e rispondere altresì alle caratteristiche riportate nel prospetto IV di cui al punto 2.2.5., Parte 1<sup>a</sup>, delle "Norme tecniche". La distanza assiale tra i fili elementari non dovrà superare i 35 cm.

Gli acciai per l'armatura del calcestruzzo normale devono rispondere alle prescrizioni

contenute nel vigente D.M. attuativo della legge 1086/71 (D.M. 9 gennaio 1996) e relative circolari esplicative. E' fatto divieto di impiegare acciai non qualificati all'origine.

Tutti i prodotti e/o materiali di cui al presente articolo, qualora possano essere dotati di marcatura CE secondo la normativa tecnica vigente, dovranno essere muniti di tale marchio.

Sono a carico dell'impresa tutte le prove (in numero e tipologia), sugli acciai per calcestruzzo armato previste dal D.M. 17.01.2018 e richieste dal Direttore dei Lavori.

## Art. 14 – Palificazioni

I pali trivellati saranno eseguiti con perforazione a elica continua in grado di attraversare terreni di qualsiasi natura, stratificazione, durezza, consistenza, asciutti o bagnati, anche in presenza di acqua, inclusa la roccia ed i trovanti di qualsiasi dimensione, a secco e senza rivestimento, fornitura e posa in opera di calcestruzzo con minimo  $R_{ck} = 30 \text{ N/mm}^2$  per getti da eseguirsi durante l'estrazione dell'elica.

Per la realizzazione della paratia si prevede l'esecuzione di pali secanti composti da pali principali e da pali secondari; durante lo scavo di questi ultimi si procede alla parziale demolizione dei pali primari adiacenti.

L'esecuzione dei pali, che dovrà essere a regola d'arte e senza difetti di costruzione, dovrà prevedere, qualora necessario e per qualsiasi ragione, l'uso di rivestimento provvisorio del foro.

E' compreso l'onere del maggior calcestruzzo occorrente per la espansione fino al 10% del volume del foro, scapitozzatura della testa del palo per un'altezza adeguata a realizzare una idonea ripresa di getto con la trave di testa, escluso solo il ferro di armatura, compresi inoltre prove di carico, di integrità e prove geofisiche per il controllo delle caratteristiche meccaniche e dimensionali.

La posizione planimetrica dei pali non dovrà discostarsi da quella di progetto più del 5% del diametro nominale del palo salvo diversa indicazione della Direzione Lavori.

La verticalità dovrà essere assicurata con tolleranza del 2%.

Le tolleranze sul diametro nominale  $D$ , verificate in base ai volumi di conglomerato cementizio assorbito rilevate con la frequenza riportata al punto 5.3, sono le seguenti:

- per ciascun palo, in base all'assorbimento complessivo, si ammette uno scostamento dal diametro nominale compreso tra " $- 0,01 D$ " e " $+ 0,1 D$ ";
- per ciascuna sezione dei pali sottoposti a misure dell'assorbimento dose per dose, si ammette uno scostamento dal diametro nominale compreso tra " $- 0,01 D$ " e " $+ 0,1 D$ ";
- lunghezza: pali aventi diametro  $D < 600 \text{ mm} \pm 15 \text{ cm}$ ;
- pali aventi diametro  $D \geq 600 \text{ mm} \pm 25 \text{ cm}$ ;
- quota testa palo:  $\pm 5 \text{ cm}$ ;

L'Impresa è tenuta ad eseguire a suo esclusivo onere e spese tutte le opere sostitutive e/o complementari che a giudizio della Direzione Lavori, sentito il Progettista, si rendessero necessarie per ovviare all'esecuzione di pali in posizione e/o con dimensioni non conformi alle tolleranze qui stabilite, compresi pali aggiuntivi ed opere di collegamento.

Prima di iniziare la perforazione, a cura e spese dell'impresa si dovrà indicare sul terreno la posizione dei pali mediante appositi picchetti sistemati in corrispondenza dell'asse di ciascun palo. Su ciascun picchetto dovrà essere riportato il numero progressivo del palo quale risulta dalla pianta della palificata.

Tale pianta, redatta e presentata alla Direzione Lavori dall'impresa, dovrà indicare la posizione di tutti i pali, inclusi quelli di prova contrassegnati con numero progressivo.

Il getto di calcestruzzo dovrà essere prolungato per almeno  $0,5 - 1 \text{ m}$  al di sopra della quota di progetto della testa del palo, per consentire di eliminare la parte superiore (scapitozzatura).

### 14.1 Materiali

Conglomerato cementizio: sarà conforme a ciò che è prescritto nei disegni di progetto e nella sezione "calcestruzzi" del presente Capitolato. Il conglomerato sarà confezionato in apposita centrale di preparazione atta al dosaggio a peso dei componenti. La dimensione massima degli inerti deve



essere tale che  $D_{max}/2,5 \geq i_{min}$  dove  $i_{min}$  è il valore minimo del passo fra le barre longitudinali, comunque non superiore ai 40 mm.

Il cemento da impiegato dovrà soddisfare i requisiti richiesti dalla vigente Legislazione, e dovrà essere scelto in relazione alle caratteristiche ambientali, in particolare, l'aggressività da parte dell'ambiente esterno. Il conglomerato cementizio dovrà avere una resistenza caratteristica cubica ( $R_{ck}$ ) così come indicato in progetto, e comunque non inferiore a  $R_{ck} \geq 25$ .

E' ammesso altresì l'uso di ritardanti di presa o di fluidificanti con effetto ritardante.

I prodotti commerciali che l'Impresa si propone di usare dovranno essere sottoposti all'esame ed all'approvazione preventiva della DL.

I mezzi di trasporto dovranno essere tali da evitare segregazione dei componenti.

Il calcestruzzo dovrà essere confezionato e trasportato con un ritmo tale da consentire di completare il getto di ciascun palo senza soluzione di continuità, secondo le cadenze prescritte e rendendo minimo l'intervallo di tempo fra preparazione e getto, e comunque non inferiore a 15 m<sup>3</sup>/ora per pali di diametro  $d < 800$  mm e di 20 m<sup>3</sup>/ora per pali di diametro  $d \geq 800$  mm.

L'Impresa dovrà garantire la disponibilità del calcestruzzo necessario per soddisfare la produzione giornaliera di pali in accordo al programma di costruzione.

Armature metalliche: le armature metalliche saranno costituite da barre ad aderenza migliorata; le armature trasversali dei pali saranno costituite unicamente da spirali in tondino esterne ai ferri longitudinali.

Le armature saranno pre-assemblate fuori opera in gabbie; i collegamenti saranno ottenuti con doppia legatura in filo di ferro o con punti di saldatura elettrica. I pali costruiti in zona sismica dovranno essere armati per tutta la lunghezza.

Le gabbie di armatura saranno dotate di opportuni distanziatori non metallici atti a garantire la centratura dell'armatura ed un copriferro netto minimo di 5 cm.

Per i distanziatori in plastica, al fine di garantire la solidarietà col calcestruzzo, è necessario verificare che la loro superficie sia forata per almeno il 25%.

I centratori saranno posti a gruppi di 3-4 regolarmente distribuiti sul perimetro e con spaziatura verticale di 3-4 m.

Le gabbie di armatura dovranno essere perfettamente pulite ed esenti da ruggine e dovranno essere messe in opera prima del getto e mantenute in posto sostenendole dall'alto, evitando in ogni caso di appoggiarle sul conglomerato cementizio già in opera o sul fondo del foro; ove fosse necessario è ammessa la giunzione, che potrà essere realizzata mediante sovrapposizione non inferiore a 40 diametri. Conglomerato cementizio

Sarà conforme a ciò che è prescritto nei disegni di progetto e nella sezione "calcestruzzi" del presente Capitolato.

Il conglomerato sarà confezionato in apposita centrale di preparazione atta al dosaggio a peso dei componenti.

La dimensione massima degli inerti deve essere tale che  $D_{max}/2,5 \geq i_{min}$  dove  $i_{min}$  è il valore minimo del passo fra le barre longitudinali, e comunque non superiore ai 25 mm.

Il cemento da impiegato dovrà soddisfare i requisiti richiesti dalla vigente Legislazione, e dovrà essere scelto in relazione alle caratteristiche ambientali, in particolare, l'aggressività da parte dell'ambiente esterno.

Il conglomerato cementizio dovrà avere una resistenza caratteristica cubica ( $R_{ck}$ ) così come indicato in progetto, e comunque non inferiore a C25/30.

Il rapporto acqua/cemento non dovrà superare il limite di 0.5, nella condizione di aggregato saturo e superficie asciutta.

Per soddisfare entrambi questi requisiti, potrà essere aggiunto all'impasto un idoneo additivo fluidificante non aerante.

E' ammesso altresì l'uso di ritardanti di presa o di fluidificanti con effetto ritardante.

I prodotti commerciali che l'Impresa si propone di usare dovranno essere sottoposti all'esame ed all'approvazione preventiva della DL.

I mezzi di trasporto dovranno essere tali da evitare segregazione dei componenti.

Il calcestruzzo dovrà essere confezionato e trasportato con un ritmo tale da consentire di completare il getto di ciascun palo senza soluzione di continuità, secondo le cadenze prescritte e rendendo minimo l'intervallo di tempo fra preparazione e getto, e comunque non inferiore a 15 m<sup>3</sup>/ora per pali di diametro  $d < 800$  mm e di 20 m<sup>3</sup>/ora per pali di diametro  $d \geq 800$  mm.

L'Impresa dovrà garantire la disponibilità del calcestruzzo necessario per soddisfare la produzione giornaliera di pali in accordo al programma di costruzione.

## Art. 15 - Micropali

### 15.1 Definizione, classificazione e campi di applicazione

Si definiscono micropali i pali trivellati di fondazione aventi diametro inferiore a 300 mm con fusto costituito da malta/miscela cementizia od eventualmente calcestruzzo superfluido gettata in opera e da idonea armatura di acciaio.

Modalità ammesse per la formazione del fusto:

- tipo a) Riempimento a gravità;
- tipo b) Riempimento a bassa pressione; • tipo c) Iniezione ripetuta ad alta pressione.

La modalità tipo c) è particolarmente indicata per essere eseguita in terreni fortemente eterogenei e per conseguire capacità portanti elevate (> 30 t) anche in terreni poco addensati.

#### 15.1.1 Soggezioni geotecniche e geo-idrologiche

Le tecniche di perforazione e le modalità di getto dovranno essere definite in relazione alla natura dei materiali da attraversare e delle caratteristiche idrogeologiche locali.

La scelta delle attrezzature di perforazione ed i principali dettagli esecutivi dovranno essere messi a punto, a cura e spese dell'Appaltatore.

#### 15.1.2 Tolleranze geometriche

Le tolleranze ammesse sono le seguenti:

- la posizione planimetrica non dovrà discostarsi da quella di Progetto più di 50 mm, salvo diverse indicazioni della Direzione Lavori;
- la posizione altimetrica della testa del micropalo non dovrà scostarsi da quelle di Progetto  $\square 50$  mm;
- la lunghezza del micropalo non dovrà discostarsi da quella di Progetto più di 50 mm
- la deviazione dell'asse del micropalo verticale rispetto all'asse di Progetto non dovrà essere maggiore del 2%. Nel caso di micropali inclinati, tale tolleranza è incrementata al 4%.
- la sezione dell'armatura metallica non dovrà risultare inferiore a quella di Progetto (i pali di progetto non devono essere armati);



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

Ogni micropalo che risultasse non conforme alle tolleranze qui stabilite dovrà essere idoneamente sostituito, a cura e spese dell'Appaltatore.

### 15.1.3 Tracciamento

Prima di iniziare la perforazione l'Appaltatore dovrà, a sua cura ed onere, individuare sul terreno la posizione dei micropali mediante appositi picchetti sistemati in corrispondenza dell'asse di ciascun palo.

Su ciascun picchetto dovrà essere riportato il numero progressivo del micropalo quale risulta dalla pianta della palificata.

Tale pianta, redatta e presentata alla Direzione Lavori dall'Appaltatore, dovrà indicare la posizione planimetrica di tutti i micropali, inclusi quelli di prova, contrassegnati con numero progressivo.

### 15.1.4 Perforazione Attrezzature

Le attrezzature di perforazione dovranno rispondere ai requisiti richiesti dalle norme EN 791 e EN996.

Le pompe di alimentazione del fluido di perforazione ed iniezione dovranno assicurare le opportune portate e pressioni richieste dalla metodologia adottata.

Durante la perforazione, le pompe dovranno assicurare portate di almeno 250 lt/min con pressioni minime di 20 bar.

## 15.2 Metodologie di perforazione

La perforazione, eseguita mediante rotazione o rotopercussione in materie di qualsiasi natura e consistenza (inclusi murature, calcestruzzi, trovanti e roccia dura), anche in presenza d'acqua, deve essere in generale condotta con modalità ed utensili tali da consentire la regolarità delle successive operazioni di formazione del fusto del micropalo e in modo tale da garantire il trasferimento adeguato del carico dall'armatura al terreno; in particolare dovrà essere minimizzato il disturbo del terreno nell'intorno del foro.

Il tipo b) necessita che la perforazione sia eseguita con posa di rivestimento provvisorio per tutta la profondità del palo.

Per i tipi a) e c) la perforazione potrà essere eseguita con o senza rivestimento provvisorio, a secco o con circolazione di acqua o di fango di cemento e bentonite, in funzione dell'attitudine delle formazioni attraversate a mantenere stabili le pareti del foro.

La scelta della metodologia sarà stabilita sulla scorta dei risultati ottenuti nelle prove tecnologiche e sui risultati delle prove di carico.

In caso di terreni con strati o frazioni incoerenti medio-fini (sabbie, sabbie e limi) con perforazione ad aria, si dovranno prevenire i fenomeni di fratturazione del terreno ed evitare il violento emungimento della falda a seguito dell'effetto eiettore ed il conseguente dilavamento del terreno, mediante appositi accorgimenti e con l'utilizzo di fluidi di perforazione anti-dilavanti.

In presenza di falda artesiane, dovranno essere messe in opera tutte le opportune precauzioni al fine di evitare fenomeni di espulsione incontrollata di materiale da bocca-foro e il successivo dilavamento delle miscele/malte durante la formazione del fusto del micropalo.

A termine della perforazione il foro dovrà essere accuratamente sgombrato dai detriti azionando il fluido di circolazione o l'utensile asportatore, senza operare con l'utensile disgregatore.

Il materiale di risulta dovrà essere portato a rifiuto dopo aver trattato i fanghi secondo le leggi vigenti.

L'ordine di esecuzione dei pali nell'ambito di ciascun gruppo dovrà assicurare la non interferenza delle perforazioni con fori in corso di iniezione o in attesa di riempimento, ove occorra anche spostando la perforatrice su gruppi contigui prima di ultimare la perforazione dei micropali del gruppo in lavorazione.

Per un micropalo ogni 50, e comunque su almeno un micropalo nel caso di numero totale di micropali inferiore a 50, dovrà essere eseguita una ricostruzione stratigrafica qualitativa in funzione delle informazioni ricavate dalla velocità di avanzamento degli utensili di perforazione impiegati e dall'osservazione dei materiali di risulta.

Tale ricostruzione stratigrafica, la quale dovrà essere eseguita in contraddittorio tra impresa e personale tecnico della Direzione Lavori, è finalizzata essenzialmente alla individuazione delle quote del tetto dell'eventuale substrato litoide.

Qualora tale quota risulti inferiore di circa 1.0 m rispetto a quanto assunto in fase di dimensionamento, si dovrà dare evidenze al Progettista per le valutazioni del caso.

Le sonde di perforazione impiegate per la realizzazione dei "micropali geognostici" dovranno essere attrezzate con un sistema di registrazione automatica computerizzata per il rilievo, la registrazione, l'elaborazione e la restituzione in continuo dei seguenti parametri (DAC test):

- profondità di perforazione
- velocità di perforazione
- velocità di rotazione in fase di perforazione
- spinta in fase di perforazione
- portata del fluido di perforazione
- pressione del fluido di perforazione
- energia specifica.

Le risultanze (grafici e dati numerici) dei DAC test dovranno essere tempestivamente trasmesse alla Direzione Lavori, in forma cartacea e su supporto informatico.

### 15.2.1 Confezione e posa delle armature

Le armature dovranno soddisfare le prescrizioni di cui al presente articolo e saranno in ogni caso estese a tutta la lunghezza del micropalo.

### 15.2.2 Copriferro delle armature

In funzione del materiale impiegato per la formazione del fusto del micropalo, dovranno essere assicurati i seguenti copriferri S minimi:

- miscela cementizia:  $S \geq 30$  mm che può essere ridotto 20 mm nel caso in cui l'elemento lavori esclusivamente a compressione semplice,
- malta cementizia:  $S \geq 40$  mm che può essere ridotto 35 mm nel caso in cui l'elemento lavori esclusivamente a compressione semplice, - calcestruzzo:  $S \geq 50$  mm.

Maggiori valori di copriferro S potranno essere prescritti in Progetto, sulla base di particolari condizioni di aggressività delle acque presenti nel sottosuolo (acque contaminate e salmastre). Per la definizione di tali condizioni viene fatto riferimento alle classi di esposizione indicate nelle norme EN 206.

### 15.2.3 Armatura con profilati di acciaio

Le caratteristiche geometriche e meccaniche dei profilati dovranno essere conformi a quanto prescritto nei disegni di Progetto.

Di norma i profilati dovranno essere costituiti da elementi unici. Saranno ammesse giunzioni saldate, realizzate con l'impiego di adeguati fazzoletti laterali, nel caso di lunghezze superiori ai valori degli standard commerciali ( $12 \div 14$ m).

La Direzione Lavori si riserva la facoltà di richiedere che il saldatore abbia la qualifica a norma UNI 4634.

#### 15.2.4 Armature tubolari in acciaio

Si useranno tubi di acciaio rispondenti alle norme UNI EN 10210 e conformi a quanto riportato nel presente Capitolato Speciale al capitolo "MATERIALI". Il tipo di acciaio dovrà corrispondere a quanto riportato in Progetto.

Le giunzioni tra i diversi spezzoni di tubo dovranno essere ottenute mediante manicotti filettati; Il sistema di filettatura e le sezioni geometriche della zona di raccordo dovranno assicurare una trazione ammissibile pari almeno all'80% carico ammissibile a compressione.

Nel caso i tubi di armatura siano anche dotati di valvole per l'iniezione, essi dovranno essere scovolati internamente dopo l'esecuzione dei fori di uscita della malta allo scopo di asportare le sbavature lasciate dal trapano.

Le valvole saranno costituite da manicotti di gomma di spessore minimo 3,5 mm, aderenti al tubo e mantenuti in posto mediante anelli in fili d'acciaio (diametro 4 mm) saldati al tubo in corrispondenza dei bordi del manicotto. La valvola più bassa sarà posta subito sopra il fondello che occlude la base del tubo.

Non sono ammesse valvole a scomparsa, in cui il foro di uscita della miscela non è protetto da una guaina plastica di ripartizione.

Le armature tubolari dovranno essere dotate di distanziatori non metallici per assicurare il copriferro minimo richiesto. Lungo il fusto del micropalo, l'interspazio fra i distanziatori non dovrà superare i 3 m.

#### 15.2.5 Armature in materiale speciale

Nel caso in cui i micropali abbiano una funzione temporanea, limitata nel tempo, per un periodo specificato nei documenti di Progetto e comunque non superiore a 12 mesi, è ammesso l'impiego di barre o elementi tubolari in VTR conformi a quanto riportato nel presente Capitolato Speciale.

Nell'ambito di interventi definitivi è ammesso l'impiego di armature o elementi tubolari in carbonio. Le caratteristiche dei materiali utilizzati dovranno essere conformi a quanto prescritto in Progetto.

#### 15.2.6 Formazione del fusto del micropalo

La formazione del fusto dovrà iniziare in una fase immediatamente successiva alla perforazione di ciascun palo. In caso contrario la perforatrice resterà in posizione fino alla successiva ripresa del lavoro e provvederà quindi alla pulizia del perforo subito prima che inizino le operazioni di posa delle armature e di getto della malta.

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

Fanno eccezione solo i micropali perforati interamente in roccia, senza presenza di franamenti e di acqua nel perforo. Viene inoltre precisata la necessità assoluta che la scapitozzatura delle teste dei pali sia eseguita sino alla completa eliminazione di tutti i tratti in cui le caratteristiche del micropalo non rispondono a quelle previste. In tal caso è onere dell'Appaltatore procedere al ripristino del palo sino alla quota di sottopinto.

#### 15.2.7 Riempimento a gravità

Il riempimento del perforo, dopo la posa delle armature, dovrà avvenire:

- attraverso il tubo di armatura (dotato di appositi orifizi alla base) mediante una apposita campana di adduzione installata sulla testa del tubo stesso ed alimentata da pompa volumetrica o a pistone
- tramite un tubo di alimentazione disceso fino a 10÷15 cm dal fondo e dotato superiormente di un imbuto o tramoggia di carico.

Il riempimento sarà proseguito fino a che la malta/miscela immessa risalga in superficie scevra di inclusioni e miscelazioni con il fluido di perforazione.

Si attenderà per accertare la necessità o meno di rabbocchi e si potrà quindi estrarre il tubo di convogliamento allorché il foro sarà intasato e stagnato.

Eventuali rabbocchi da eseguire prima di raggiungere tale situazione vanno praticati esclusivamente dal fondo del foro.

### 15.2.8 Riempimento a bassa pressione

Il foro dovrà essere interamente rivestito; la posa della malta/miscela avverrà in un primo momento entro il rivestimento provvisorio tramite un tubo di convogliamento come descritto al punto precedente.

Successivamente si applicherà al rivestimento una idonea testa a tenuta entro la quale verrà pompata in pressione la stessa miscela cementizia o, in alternativa, si invierà aria in pressione (0,5-0,6 MPa) mentre si solleverà gradualmente il rivestimento fino alla sua prima giunzione.

Si smonterà allora la sezione superiore del rivestimento e si applicherà la testa di pressione alla parte rimasta nel terreno; nel caso di utilizzo di aria tale operazione avverrà dopo il rabboccamento dall'alto per riportare a livello la malta/miscela.

Si procederà analogamente per le sezioni successive fino a completare l'estrazione del rivestimento.

In relazione alla natura del terreno potrà essere sconsigliabile applicare la pressione d'aria agli ultimi 5 - 6 m di rivestimento da estrarre per evitare la fratturazione idraulica degli strati superficiali.

### 15.2.9 Iniezione ripetuta ad alta pressione

Le fasi della posa in opera saranno le seguenti:

- I) riempimento della cavità anulare compresa tra il tubo a valvole e le pareti del perforo, ottenuta alimentando con apposito condotto di iniezione e otturatore semplice la valvola più bassa finché la miscela risale fino alla bocca del foro (formazione della guaina);
- II) lavaggio con acqua all'interno del tubo;
- III) avvenuta la presa della miscela precedentemente posta in opera, si inietteranno, valvola per valvola, volumi di miscela prefissati, senza superare durante l'iniezione la pressione corrispondente alla fratturazione idraulica del terreno ("claquage"); Per ciascuna valvola, durante la fase iniziale di apertura, non dovrà essere superata la pressione massima di 6 MPa. In caso di superamento, la valvola dovrà essere abbandonata.
- IV) Durante le prove tecnologiche preliminari, l'Appaltatore dovrà mettere a punto e definire i tempi di inizio della fase di iniezione rispetto alla precedente formazione della guaina, in modo da assicurare che la miscela abbia raggiunto un sufficiente indurimento ma senza una resistenza eccessiva tale da precludere la sua iniziale idro-fratturazione. V) L' iniezione dovrà essere eseguita con portate non superiori a 8 lt/min.
- VI) Indicativamente, salvo diverse prescrizioni di Progetto, i volumi di iniezione non saranno inferiori a tre volte il volume teorico della sezione di foro associato a ciascuna valvola.
- VII) lavaggio con acqua all'interno del tubo;

VIII) avvenuta la presa della miscela precedentemente iniettata, si ripeterà l'iniezione in pressione limitatamente alle valvole per le quali:

- il volume iniettato non abbia raggiunto il limite predetto a causa della incipiente fratturazione idraulica del terreno;
- le pressioni residue nette di iniezione, misurate a bocca foro al raggiungimento del limite volumetrico, non superino 0,5 MPa.

IX) Al termine delle iniezioni si riempirà a gravità l'interno del tubo.

Le attrezzature per l'iniezione dovranno essere munite di flussimetri o opportuni "contacolpi" certificati al fine di verificare i quantitativi effettivamente iniettati e di sensori di pressione certificati installati sia a bocca foro e sia alle pompe.

### 15.2.10 Caratteristiche delle miscele cementizie e delle malte cementizie

In funzione della condizione di aggressività del terreno, come riportato nelle norme EN206-1, dovrà essere selezionato l'opportuno tipo di cemento in conformità alle norme EN197-1.

In presenza di falda in movimento, non è ammesso l'impiego di miscele cementizie; inoltre per le malte o calcestruzzi dovranno essere impiegati additivi antidilavanti.

#### 15.2.10.1 Miscela cementizia

Il rapporto acqua/cemento dovrà essere inferiore a 0.55.

Altrimenti specificato nel Progetto, dovrà essere effettuato un prelievo di miscela dall'impianto di miscelazione ogni 7 giorni lavorativi sul quale verranno effettuate prove di densità e di decantazione.

Il prodotto fresco dovrà avere le seguenti caratteristiche:

- scostamento del peso specifico dal valore teorico:  $\pm 2\%$
- decantazione a due ore dalla preparazione:  $\leq 3\%$  in volume

Con la miscela prelevata dovranno essere preparati almeno un gruppo di tre campioni da sottoporre alle prove di resistenza.

Per ciascun campione, la resistenza minima richiesta dovrà essere superiore a 25 Mpa, valutata con prova a compressione monoassiale, su campioni cilindrici di altezza pari a due volte il diametro semplice, o dovrà essere superiore a 30 Mpa, valutata con prova a compressione monoassiale su campioni cubici.

#### 15.2.10.2 Malta Cementizia

Il rapporto acqua/cemento dovrà essere inferiore a 0.5.

Se non diversamente richiesto in Progetto, il contenuto in cemento non dovrà comunque essere inferiore a 600 kg/m<sup>3</sup>.

Gli aggregati utilizzati non dovranno superare il diametro massimo di 8 mm, con  $d_{85} \leq 4$  mm.

Altrimenti specificato nel Progetto, dovrà essere effettuato un prelievo di miscela dall'impianto di miscelazione ogni 7 giorni lavorativi sul quale verranno effettuate prove di densità e di decantazione. Il prodotto fresco dovrà avere le seguenti caratteristiche:

- scostamento del peso specifico dal valore teorico:  $\pm 5$
- decantazione a ventiquattro ore dalla preparazione:  $\leq 3\%$  in volume

Con la miscela prelevata dovranno essere preparati almeno un gruppo di tre campioni da sottoporre alle prove di resistenza.

Per ciascun campione, la resistenza minima richiesta dovrà essere superiore a 25 Mpa, valutata con prova a compressione monoassiale, su campioni cilindrici di altezza pari a due volte il diametro semplice, o dovrà essere superiore a 30 Mpa, valutata con prova a compressione monoassiale su campioni cubici.

### 15.2.10.3 Calcestruzzo

Il rapporto acqua/cemento dovrà essere inferiore a 0.6.

Se non diversamente richiesto in Progetto, il contenuto in cemento non dovrà comunque essere inferiore a 375 kg/m<sup>3</sup>.

Il diametro massimo degli aggregati dovrà essere inferiore al minimo fra i seguenti valori:

- 16 mm,
- 0.25 dell'interspazio netto fra le barre o del copriferro teorico, - 0.15 del diametro interno del tubo di convogliamento.

Altrimenti specificato nel Progetto, dovrà essere effettuato un prelievo di miscela dall'impianto di miscelazione ogni 7 giorni lavorativi, sul quale verranno effettuate prove di densità e di decantazione.

Il prodotto fresco dovrà avere le seguenti caratteristiche:

- scostamento del peso specifico dal valore teorico:  $\pm 5$
- decantazione a ventiquattro ore dalla preparazione:  $\leq 3$  % in volume

Il peso specifico verrà calcolato assumendo il peso specifico assoluto del cemento pari a quello riportato nelle schede tecniche del prodotto, 2,65 g/cm<sup>3</sup> quello degli aggregati, nell'ipotesi che non venga inclusa aria.

Con la miscela prelevata dovranno essere preparati almeno un gruppo di tre campioni da sottoporre alle prove di resistenza.

Per ciascun campione, la resistenza minima richiesta dovrà essere superiore a 30 Mpa, valutata con prova a compressione monoassiale su campioni cubici.

Le modalità di prova dovranno essere conformi alle normative vigenti ed alle preventive richieste della Direzione Lavori.

### **15.3 Controlli**

Il controllo della profondità dei perfori, rispetto alla quota di sottoplinta, verrà effettuato in doppio modo:

- A) in base alla lunghezza delle aste di perforazione immerse nel foro al termine della perforazione, con l'utensile appoggiato sul fondo;
- B) in base alla lunghezza dell'armatura.

La differenza tra le due misure dovrà risultare  $\leq 0,10$  m; in caso contrario occorrerà procedere alla pulizia del fondo del foro asportandone i detriti accumulatisi, dopo aver estratto l'armatura.

L'accettazione delle armature verrà effettuata:

- nel caso di armature in barre longitudinali a aderenza migliorata, in base alla rispondenza al Progetto dei vari diametri nominali e delle lunghezze;
- nel caso di armature a tubo di acciaio, in base alle lunghezze, al diametro e allo spessore dei tubi previsti in Progetto.



L' accettazione della miscela avverrà secondo i criteri indicati al paragrafo

#### 15.4 Documentazione dei lavori

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

- identificazione del micropalo;
- data di inizio perforazione e termine del getto (o iniezione);
- profondità effettiva raggiunta dalla perforazione (detta "A");
- profondità del foro all'atto della posa dell'armatura (detta "B");
- assorbimento totale effettivo di miscela di iniezione;
- per i micropali formati mediante iniezione ripetuta ad alta pressione, pressioni residue minime e quantità complessive iniettate per ogni fase di iniezione ad alta pressione.

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

#### Appendice Misure del peso specifico della miscela cementizia e malta cementizia

Si userà di regola una bilancia (pesa di Baroid) che consiste in un'asta graduata in g/l imperniata al basamento e munita ad un estremo di contrappeso ed all'altro di un contenitore.

Quest'ultimo una volta riempito sarà chiuso con un coperchio forato; si garantirà il completo riempimento del contenitore facendo in modo che della miscela fuoriesca dal foro.

Successivamente si avrà cura di pulire l'esterno del contenitore e del coperchio.

Si sposterà il cursore posto sull'asta finché questa assumerà una posizione orizzontale, individuata dalla bolla della livella montata sull'asta.

In tale posizione si leggerà direttamente sull'asta il peso di volume racchiuso nel contenitore.

Per la taratura si riempirà il contenitore di acqua distillata controllando che il peso di volume indicato dal cursore corrisponda a 1000 g/l; in caso contrario si toglieranno o aggiungeranno dei pallini di piombo nel corpo del contrappeso. L'approssimazione delle misure dovrà essere di  $\pm 5$  g/l.

#### Misure della decantazione per le miscele cementizie e le malte

Si userà di regola una buretta graduata da un litro.

Il materiale prelevato verrà versato nel recipiente e lasciato a riposo per due ore. Al termine di tale periodo verrà misurato il quantitativo di acqua essudato. Il rapporto fra l'altezza dell'acqua separata e l'altezza complessiva del campione rappresenta il valore di decantazione.

## ART. 16 – Gabbioni metallici

### 16.1 Campo d'applicazione

I manufatti basati sull'impiego di rete metallica a doppia torsione, adottati per la protezione di argini e rilevati (materassi), per opere di sostegno a gravità (gabbioni), per il contenimento di scarpate instabili (reti paramassi), per la costruzione di opere di sostegno speciali (terra rinforzata), hanno sostanziale valenza strutturale e, come tali, devono presentare i requisiti specificatamente richiesti dalle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 2018 (nel seguito NTC 2018).

Si definiscono infatti materiali e prodotti per uso strutturale, quelli che, prioritariamente, assicurano e/o contribuiscono alla sicurezza strutturale e/o geotecnica delle opere stesse, e che consentono ad un'opera ove questi sono incorporati permanentemente di soddisfare in maniera prioritaria il requisito base n.1 "Resistenza meccanica e stabilità" ai sensi del Regolamento UE n. 305/2011

In particolare per le opere di sostegno e quelle in terra rinforzata, esistono specifiche indicazioni contenute nelle NTC 2018, dove, al Capitolo 6 - paragrafo 6.5 Opere di sostegno - tra le opere di sostegno sono comprese le *"strutture miste, che esplicano la funzione di sostegno anche per effetto di trattamenti di miglioramento e per la presenza di particolari elementi di rinforzo e collegamento (ad esempio, ture, terra rinforzata; muri cellulari)"* e (paragrafo 6.5.3.1.1) *"Nel caso delle strutture miste o composite, le verifiche di stabilità globale devono essere accompagnate da verifiche di stabilità locale e di funzionalità e durabilità degli elementi singoli"*.

La rete metallica, costituendo componente strutturale essenziale, deve essere pertanto soggetta alle procedure di identificazione, qualificazione ed accettazione finalizzate alla verifica delle sua idoneità statica ed al mantenimento delle prestazioni nel tempo commisurate alla classe d'uso dell'opera ed alla vita nominale della stessa.

### 16.2 Caratteristiche dei prodotti

#### 16.2.1. Caratteristiche del filo di acciaio

Il filo di acciaio impiegato per la costruzione delle reti deve essere del tipo a basso tenore di carbonio costituito da vergella utilizzata nei processi di trafilatura a freddo di cui alla UNI EN ISO 16120-2. Il filo deve avere al momento della produzione una resistenza a trazione compresa fra i 350 ed i 550 N/mm<sup>2</sup> ed un allungamento minimo a rottura superiore o uguale al 8%.

Per le tolleranze ammesse sui valori del diametro del filo, per i limiti di ovalizzazione ed altre caratteristiche tecniche si può fare riferimento alle indicazioni della UNI-EN 10218-2.

A titolo di riferimento, vengono di seguito riportati i diametri nominali standard del filo attualmente disponibili insieme ai valori delle tolleranze ammesse su ciascun diametro nel caso che il filo sia stato sottoposto unicamente ad un trattamento di protezione galvanica.

Diametro (*)	Tolleranza
(mm)	(mm)



2,2	±0,06
2,4	±0,06
2,7	±0,06
3,0	±0,07
3,4	±0,07
3,9	±0,07

(\*) Valori riferiti alla classe T1 della norma UNI-EN 10218-2

### 16.2.2. Caratteristiche del rivestimento protettivo

La protezione del filo dalla corrosione, non potendo essere di fatto associata ad un sovrasspessore di tipo sacrificale a causa del suo piccolo spessore iniziale, è affidata ad un rivestimento appartenente ai seguenti consolidati tipi:

- Rivestimento con leghe di zinco-alluminio Zn95Al5 oppure Zn90Al10
- Rivestimenti in materiali polimerici

Ad ogni tipo di rivestimento compete in generale una diversa durabilità dell'opera, in relazione ai caratteri di impiego ed alle diverse condizioni di aggressività ambientale.

Per le caratteristiche dei diversi tipi di rivestimento protettivo con leghe di zinco, può essere fatto riferimento a quanto previsto dalla norma UNI EN 10223-3 ed a quelli prescritti per la Classe A della norma UNI EN 10244-2. Lo spessore minimo di rivestimento deve essere rapportato al diametro nominale del filo secondo quanto indicato dalla stessa norma UNI EN 10244-2 e riportato nelle seguente Tabella:

Diametro (mm)	Ricoprimento minimo (gr/m <sup>2</sup> )
2.0	215
2.2	230
2.4	230
2.7	245
3.0	255
3,4	265
3.9	275

Il rivestimento in materiali polimerici costituisce una protezione aggiuntiva ed integrativa da adottare in ambienti fortemente aggressivi e/o per opere di elevata vita nominale. I rivestimenti polimerici devono essere conformi alle prescrizioni delle norme UNI EN 10245-2, per i rivestimenti in PVC, e UNI EN 102455 per i rivestimenti in poliammide (PA6). Possono essere costituiti anche da polimeri di diversa composizione, purché ne venga garantita e certificata un'aderenza ottimale sul filo ed una valida resistenza agli agenti atmosferici (raggi U.V. e temperatura) e comunque rispettino, per quanto applicabili, i requisiti di base indicati dalle UNI EN 10245.

Il rivestimento in materiale polimerico deve essere comunque associato a rivestimenti galvanici altamente prestazionali quali quelli costituiti da leghe zinco-alluminio come da tabelle sotto riportate (prEN 102233).

Diametro interno filo (mm)	Ricoprimento minimo <i>Zn95Al5 oppure Zn90Al10</i>	Tipo di polimero di rivestimento
2.2	(gr/m <sup>2</sup> ) 230	PVC
2.4	230	PVC
2.7	245	PVC
3.0	255	PVC
3.4	265	PVC
3.9	275	PVC

Diametro interno filo (mm)	Ricoprimento minimo <i>Zn95Al5 oppure Zn90Al10</i>	Tipo di polimero di rivestimento
2.2	(gr/m <sup>2</sup> ) 60	PA6
2.4	60	PA6
2.7	60	PA6
3.0	60	PA6
3.4	60	PA6
3.9	60	PA6

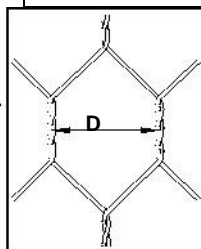
Quantitativo minimo di Lega zinco alluminio per fili con rivestimento plastico

### 16.3 Caratteristiche geometriche della rete metallica a doppia torsione

Per la denominazione della maglia tipo, le dimensioni e le relative tolleranze, si può fare riferimento alle specifiche della norma UNI EN 10223-3 e rappresentate nella seguente tabella che si riferisce alle reti standard disponibili in commercio.

Denominazione Tipo	Diametro "D" nominale (mm)	Tolleranze (mm)
6x8	60	Da 0mm a +8mm

8x10	80	Da 0mm a +10mm
------	----	----------------



Le combinazioni-tipo tra le dimensioni "D" della maglia e il diametro del filo "d" con cui questa è costituita generalmente impiegate sono di seguito riportate:

	Maglia tipo	(D = mm)	Diametro minimo "d"
Rete per opere parasassi	6x8	60	2,7
	8x10	80	2,7(**)
	8x10	80	3,0
Gabbioni	6x8	60	2,7
	8x10	80	2,7(**)
	8x10	80	3,0
Materassi metallici	6x8	60	2,2 (**)
Opere in terra rinforzata			2,2 (**)
	8x10	80	2,7 (**)

(\*) Escluso l'eventuale rivestimento polimerico esterno

(\*\*) Diametri standard per fili con rivestimento polimerico

Per ciascuna applicazione la combinazione tra diametro delle maglie "D" e quello del filo "d" deve essere comunque univocamente individuata e il diametro del filo non può essere indicato come "superiore a" o "non inferiore a" o messo in alternativa tra due o più valori.

Il filo di bordatura laterale di tratti di rete e di quello dei singoli elementi di strutture scatolari (gabbioni e materassi metallici) deve avere un diametro maggiore di quello costituente la rete stessa, secondo quanto riportato dalla norma UNI EN 10223-3 e di seguito richiamato.

Diametro del filo della rete	Diametro minimo del filo di bordatura
(mm)	(mm)
2,2	2,7
2,7	3,4
3,0	3,9

#### 16.4 Resistenza a trazione della rete metallica a doppia torsione

Il valore della resistenza a trazione della rete metallica assume valori differenti in funzione delle diverse combinazioni tra dimensioni della maglia e diametro del filo.

Ai fini del progetto, il valore indicativo della resistenza caratteristica da adottare nelle diverse applicazioni è rappresentato nella seguente tabella.

Tipo di opera	Resistenza caratteristica a trazione (kN/m)
Opere di sostegno e difesa idraulica	50
Materassi metallici	37
Opere in terra rinforzata	35
Opere paramassi	50

Valori diversi possono essere comunque assunti per applicazioni speciali, purché giustificate in funzione delle condizioni di installazione e del livello di sicurezza specificatamente richiesta.

Ai valori di resistenza caratteristica a trazione devono essere associati valori di "rigidezza" per le applicazioni in cui le prestazioni dipendono dalla deformabilità delle rete, quali in particolare reti paramassi e per i rinforzi di rilevati strutturali in terra armata.

## 1.5 Indicazioni sulla vita nominale delle opere e sulla durabilità dei prodotti

A ciascuna applicazione deve essere associato una vita nominale, intesa, in accordo con la definizione data al punto.2.4.1 delle NTC 2008 e successive modifiche, come *"il numero di anni nel quale la struttura purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve potere essere usata per lo scopo al quale è destinata"*.

Alla vita nominale così definita devono essere adattati i criteri di progetto con particolare riferimento alla durabilità della rete e dei sistemi di protezione dalla corrosione dei fili metallici, anche in riferimento alla possibilità che in un'opera possano essere eseguiti o meno sostituzioni di componenti o ripristini, con operazioni di manutenzione ordinaria, nonché in riferimento alle condizioni di aggressività ambientali. Uno schema di riferimento per il rispetto della prima condizione può essere ricavato dal seguente prospetto.

### 16.5.1 Tipo di opera

- 1 - Opere caratterizzate da media difficoltà di manutenzione (es. reti paramassi)
- 2 - Opere caratterizzate da componenti difficilmente sostituibili senza rifacimento totale (opere di sostegno, idrauliche, ....)
- 3 – Strutture con elementi non ispezionabili né sostituibili (muri in terra rinforzata,...)

La scelta del materiale da adottare e della sua protezione dovrà derivare dalla combinazione tra i requisiti di vita nominale richiesti dal tipo di opera e dalle condizione di aggressività (bassa, media, alta) degli ambienti nella quale l'opera verrà inserita, secondo i criteri di seguito indicati:

### 16.5.2 Aggressività ambientale tipo di opera tipo di rivestimento

bassa	1 e 2	Lega ZnAl5% oppure Lega ZnAl10% media	1
		Lega ZnAl5% oppure Lega ZnAl10% media	2
		ZnAl10% oppure Leghe ZnAl e rivestimento plastico alta	1 e 2 Lega
		ZnAl10% oppure Leghe ZnAl e rivestimento plastico qualsiasi	3
		Leghe ZnAl e rivestimento plastico	

Per la definizione delle condizioni di aggressività ambientale si potrà fare riferimento alle categorie definite nella norma ISO 9223 (Tabella 1).

Categoria definita nella ISO 9223	Aggressività
C1	Molto bassa
C2	Bassa
C3	Media
C4	Alta
C5	Molto Alta
CX	Estrema

In ambienti dove è potenzialmente prevista la presenza di correnti vaganti, ad esempio in prossimità di impianti, linee ferroviarie e/o di campi di dispersione elettrica, e' opportuno adottare un livello di protezione massima, anche mediante uso di rivestimento polimerico, a meno di specifiche verifiche di dettaglio della particolare situazione in esame.

Per la definizione della vita nominale di opere di difesa idraulica si dovrà tener specificatamente conto del possibile danneggiamento della rete per abrasione da parte del trasporto solido e della maggiore o minore facilità di eseguire eventuali ripristini e quindi prevedere in fase di progetto accorgimenti tecnici opportuni (ad esempio scelta della fondazione più idonea per opere longitudinali o della protezione della gaveta per briglie). In generale nelle opere a contatto permanente o temporaneo con acqua è opportuno prevedere rivestimenti in Lega ZnAl e rivestimento plastico.

## 16.6 Controlli di produzione in stabilimento e procedure di qualificazione

Le reti metalliche a doppia torsione devono essere prodotte con un sistema permanente di controllo interno della produzione in stabilimento e di gestione della qualità del prodotto (controllo permanente della produzione in fabbrica), in coerenza con la norma UNI EN ISO 9001, che deve assicurare il mantenimento dello stesso livello di affidabilità nella conformità del prodotto finito e l'affidabilità delle prestazioni indipendentemente dal processo di produzione.

L'identificazione e qualificazione del prodotto, la valutazione del controllo di produzione in stabilimento e del prodotto finito sono effettuate mediante la procedura di Marcatura CE in conformità ad ETA, ovvero, in alternativa tramite procedura per il rilascio del Certificato di Idoneità Tecnica all'Impiego conformemente a quanto previsto al punto 11.1, caso C, delle NTC 2008.

Le prove possono essere effettuate anche presso lo stabilimento del Produttore, qualora le attrezzature utilizzate siano tarate e la loro idoneità sia accettata e documentata.

Le prove devono essere ripetute per i diversi tipi di filo (per diverso diametro, per diversa tipologia di rivestimento galvanico e per diversa tipologia di rivestimento plastico) e per i diversi tipi di combinazione maglia e filo nel caso di prove sulla rete doppia torsione (per diverso tipo di maglia, per diverso diametro del filo, per diversa tipologia di rivestimento galvanico e per diversa tipologia di rivestimento plastico).

Nel caso di prodotti in rete a doppia torsione per impiego in opere paramassi (rivestimenti corticali), oltre alle prove descritte nei paragrafi successivi, devono essere condotte le prove sulla rete indicate dalla UNI 11437.

Per tutti gli impieghi strutturali previsti, il produttore deve comunque far eseguire le prove di seguito elencate anche presso uno dei laboratori di cui all'art.59 del D.P.R. n.380/01 dotati di adeguata competenza, attrezzatura ed organizzazione, previo nulla-osta del Servizio, e a seguito dell'esecuzione di tali prove deve presentare i rapporti di prova relativi a tutte le caratteristiche sopramenzionate, con data di esecuzione non antecedente a 1 anno dalla consegna dei materiali.

A tal fine il produttore nell'istanza di rilascio del certificato di idoneità tecnica deve indicare il laboratorio prescelto.

## 16.7 Prove durante il processo di fabbricazione

Durante il processo di fabbricazione sono previste prove di tipo meccanico e di accertamento della durabilità da effettuarsi su campioni di filo e sui campioni di rete a doppia torsione.

Le prove possono essere effettuate, anche presso lo stabilimento del Produttore, qualora le attrezzature utilizzate siano tarate e la loro idoneità sia accettata e documentata.

Le prove devono essere ripetute per i diversi tipi di filo (per diverso diametro, per diversa tipologia di rivestimento galvanico e per diversa tipologia di rivestimento plastico) e per i diversi tipi di combinazione maglia e filo nel caso di prove sulla rete doppia torsione (per diverso tipo di maglia, per diverso diametro del filo, per diversa tipologia di rivestimento galvanico e per diversa tipologia di rivestimento plastico).

Nel caso di prodotti in rete a doppia torsione per impiego in opere paramassi (rivestimenti corticali), oltre alle prove descritte nei paragrafi successivi, devono essere condotte le prove sulla rete indicate dalla UNI 11437.

### 16.7.1. Prove sul filo metallico

Sui n.3 campioni di filo metallico (per ogni lotto di produzione) prima della tessitura deve essere effettuata una prova di resistenza a trazione eseguita secondo le indicazioni contenute nel paragrafo 3 della norma UNI EN 10218-1. I risultati di resistenza a trazione ed allungamento dei fili devono essere conformi a quanto indicato al punto 2.1.

### 16.7.2. Prove sui rivestimenti protettivi del filo

I diversi tipi di rivestimento protettivo sono soggetti a prove sia per la verifica delle

entità del trattamento eseguito (pesi, omogeneità della ricopertura e aderenza), sia per le prestazioni raggiunte (test di invecchiamento accelerato).

In particolare per i rivestimenti con leghe di zinco devono essere eseguite le seguenti prove secondo le prescrizioni delle norme UNI EN 10244-2:

#### a) *Verifica sulla quantità di ricoprimento.*

Su n.3 campioni di filo metallico (per ogni lotto di produzione) prima della tessitura nell'ambito della gamma prodotta (per diverso diametro, per diversa tipologia di rivestimento galvanico) si deve eseguire la verifica della quantità di ricoprimento basata sull'impiego del metodo volumetrico, con procedure riportate nel par 5 della citata norma UNI EN 10244-2.

Il quantitativo minimo di ricoprimento dei fili deve essere conforme a quanto indicato al punto 2.2. Nel caso in cui i campioni soggetti a prova siano prelevati dalla rete finita prima della installazione,

le prescrizioni riguardanti la massa del rivestimento minima vengono ridotte del 5%, in base a quanto specificamente indicato nel paragrafo 6.4 della UNI EN 10223-3.

*b) Verifica sull'aderenza del rivestimento*

Su n.3 campioni di filo metallico (per ogni lotto di produzione) prima della tessitura nell'ambito della gamma prodotta (per diverso diametro, per diversa tipologia di rivestimento galvanico) si deve eseguire il controllo dell'aderenza del rivestimento con procedure conformi a quanto previsto dal paragrafo 4.2.5 della UNI EN 10244-2. Ad avvolgimento avvenuto non si debbono verificare screpolature del rivestimento.

*c) Uniformità del rivestimento*

Su n.3 campioni di filo metallico (per ogni lotto di produzione) prima della tessitura nell'ambito della gamma prodotta (per diverso diametro, per diversa tipologia di rivestimento galvanico) si deve eseguire la verifica della uniformità del rivestimento, ovvero della sua centratura sul filo condotta mediante immersione dei campioni in una soluzione di solfato di rame, secondo le procedure previste dalle norme UNI EN 10244-2 ed UNI EN 10223-3. La determinazione dell'uniformità del rivestimento viene valutata in funzione dell'apparire evidente di tracce di rame, provenienti dalla soluzione tampone che si sostituiscono allo zinco sull'acciaio del filo.

*d) Test di invecchiamento accelerato rivestimento polimerico*

Annualmente il polimero di base nell'ambito della gamma prodotta deve essere sottoposto a test di trazione (in accordo con la norma ISO 527) per verificare che le caratteristiche fisico meccaniche del polimero base con cui è costituito il rivestimento non varino più del 25%, dopo un'esposizione continua di 4000 ore a lampada allo Xeno in accordo alla EN ISO 4892-2, oppure dopo un'esposizione continua di 2500 ore a QUV-A (modo di esposizione 1) in accordo alla EN ISO 4892-3.

### 16.7.3. Prove sulla rete metallica

*a) Test di trazione sulla rete metallica*

Annualmente nell'ambito della gamma prodotta (per diversa tipologia di rete a doppia torsione, per diverso diametro del filo, per diversa tipologia di rivestimento galvanico e plastico del filo) devono essere eseguite prove per la determinazione della resistenza a trazione della rete, in accordo con la norma UNI EN 15381 annesso D. Si possono usare campioni aventi una larghezza minima pari a 8 volte la larghezza "D" della singola maglia ed una lunghezza minima tra le attrezzature di immersione della rete pari ad una lunghezza di maglia intera (definendo come lunghezza di maglia intera una porzione di rete contenente due doppie torsioni successive complete). Il valore della resistenza a trazione deve essere conforme a quanto indicato al punto 2.4.

*b) Verifica di resistenza del rivestimento plastico sotto carico*

Annualmente Per le tipologie di reti realizzate con filo con rivestimento plastico dovrà essere verificato che durante le prove di trazione in accordo con la norma UNI EN 15381 annesso D, fino al un carico corrispondente al 50% di quello di rottura nominale, non si verifichino rotture localizzate del rivestimento polimerico nelle torsioni della rete stessa.

*c) Test di invecchiamento accelerato*

n.1 campione di rete metallica (per diversa tipologia di rete a doppia torsione, per diverso diametro del filo, per diversa tipologia di rivestimento galvanico e plastico del filo) deve essere sottoposto a test di invecchiamento accelerato in ambiente contenente anidride solforosa SO<sub>2</sub> (0,2 l/ciclo) in conformità alle norme UNI-EN-ISO 6988. Tali campioni di rete dovranno essere preliminarmente sottoposti a prova di trazione secondo il punto 5.3 effettuata al 50% del carico di rottura nominale.



Dopo un numero minimo 28 cicli consecutivi sul rivestimento dei fili non si dovranno presentare tracce evidenti di corrosione.

## 16.8 Procedura di qualificazione - Istanza del produttore

Ai fini del rilascio del certificato di idoneità tecnica, il produttore deve presentare al Servizio apposita istanza contenente tutte le informazioni utili alla qualificazione.

In particolare, l'istanza deve contenere:

- l'elenco dettagliato dei prodotti per i quali si richiede la qualificazione, indicando la denominazione, il tipo così come indicati nella presente Linea guida e le loro caratteristiche tecniche e prestazionali principali;
- per ciascun tipo, l'esatta indicazione della gamma (dimensionale e/o prestazionale) da qualificare;
- l'elenco, il numero e le modalità di esecuzione delle prove proposte;
- l'indicazione del laboratorio dove il produttore intende svolgere le prove di qualificazione;

Il produttore deve allegare all'istanza le relative documentazioni, quali:

- i disegni dettagliati dei prodotti; i disegni devono riportare l'approvazione del direttore tecnico;
- le eventuali varianti del prodotto che intende produrre e commercializzare;
- le eventuali prove di laboratorio disponibili, fornendo indicazioni circa il laboratorio presso il quale sono state eseguite, le attrezzature impiegate e le procedure/norme di prova applicate dal predetto laboratorio; la documentazione dovrà essere completa dei certificati di prova rilasciati dal laboratorio;
- le istruzioni operative per la posa in opera e manutenzione del prodotto.

La documentazione relativa al controllo interno permanente del processo di produzione in fabbrica e alle istruzioni operative, da inviare al Servizio per la valutazione di competenza, deve comprendere:

- l'individuazione delle unità produttive e la descrizione dell'impianto di produzione;
- la descrizione dettagliata del processo di produzione, con l'indicazione delle eventuali attività effettuate in outsourcing;
- l'organizzazione e le procedure del controllo interno di produzione in fabbrica (controlli di accettazione delle materie prime, controlli durante la produzione e controlli sul prodotto finito), con riferimento specifico ai prodotti oggetto dell'istanza di rilascio del Certificato di idoneità tecnica;
- le condizioni generali della fabbricazione e dell'approvvigionamento delle materie prime secondo le norme ISO 9001-2000;
- le modalità di marchiatura e rintracciabilità del prodotto, nei documenti del produttore e nel documento di trasporto;
- il modello del Registro del fabbricante;
- il modello di Dichiarazione di conformità e di Dichiarazione delle caratteristiche del prodotto, da unire alla documentazione di accompagnamento del prodotto stesso; - la proposta del Piano dei controlli periodici;
- copia dell'eventuale certificazione del controllo di produzione in fabbrica, in possesso del produttore;



- copia dell'eventuale certificazione del Sistema di qualità aziendale (secondo le norme ISO 9001);
- la documentazione inerente gli aspetti dell'attuazione del Sistema di garanzia di qualità (Manuale di qualità);
- l'indicazione dei nominativi del direttore tecnico, del responsabile di produzione, del responsabile attrezzature/officine, del responsabile della qualità aziendale e degli eventuali responsabili delle singole procedure di controllo di produzione;
- ogni altra documentazione ritenuta dal produttore pertinente ed utile ai fini dell'istruttoria del Servizio.

Il produttore deve, altresì, presentare una relazione descrittiva di tutti gli aspetti produttivi, logistici, di stoccaggio e di carico, nella quale dovranno essere definite le seguenti fasi:

- lo stoccaggio delle materie prime (deve essere fornita una pianta dello stabilimento);
- la produzione e le relative unità produttive (devono essere descritti gli impianti e la tecnologia in essi sviluppata per la produzione: es. taglio a controllo numerico, sistemi • produttivi ecc.);
- l'eventuale arrotolamento del prodotto (modalità ed attrezzature impiegate atte a salvaguardare la qualità del prodotto in arrotolamento);
- l'imballaggio (criteri e modalità impiegati per preservare il prodotto);
- lo stoccaggio del prodotto finito (modalità di stoccaggio del prodotto finito e criteri adottati per assicurare la rintracciabilità, la movimentazione, l'etichettatura ecc.);
- il carico su mezzo di trasporto (modalità di carico sul mezzo di trasporto).

Tali fasi devono essere documentate attraverso apposite "Istruzioni operative".

Per tutti i componenti rilevanti, il produttore deve poter assicurare in ogni fase la rintracciabilità dei relativi lotti di produzione. La rintracciabilità dei componenti dovrà essere rinvenibile nei seguenti documenti:

- Dichiarazioni di conformità rese dai fornitori;
- Registro del fabbricante.

Il produttore può dotarsi di un laboratorio interno di controllo e disporre delle appropriate attrezzature per la verifica dei componenti secondo il controllo interno permanente del processo di produzione di fabbrica; in tal caso deve dichiarare gli strumenti ed il personale dedicati a questa attività di prova. Nel caso in cui le verifiche sul prodotto siano svolte all'esterno il produttore indica un laboratorio, tra quelli ufficiali o autorizzati dal Servizio Tecnico Centrale, di cui all'art.59 del DPR 380/2001. I risultati delle prove devono essere disponibili presso il produttore per almeno 5 anni e messi a disposizione del Servizio per le verifiche periodiche.

### 16.8.1. Istruttoria del Servizio

Al ricevimento della documentazione il Servizio effettua il preliminare esame documentale per verificare la completezza dell'istanza e della documentazione allegata. Effettuato l'esame documentale il Servizio comunica al produttore l'avvio del procedimento e, se necessario, chiede integrazioni e/o informazioni.

Il Servizio programma, altresì, la visita iniziale in fabbrica. Tale visita, che ha lo scopo di verificare la corretta implementazione del sistema di controllo della produzione adottato dal produttore,

riguarderà lo stabilimento produttivo indicato nell'istanza e potrà eventualmente riguardare anche siti in cui vengono effettuate lavorazioni in outsourcing considerate critiche dal Servizio.

La visita iniziale è ripetuta in caso di modifiche sostanziali del sistema di produzione, delle attrezzature e/o delle procedure (modifiche che devono essere preventivamente rese note al Servizio ed approvate da quest'ultimo).

Al termine della visita iniziale in fabbrica, il Servizio predispone un verbale di ispezione, con le risultanze della visita e l'esplicitazione delle eventuali non conformità rilevate, che dovranno essere tempestivamente corrette dal produttore.

Le relative azioni correttive dovranno essere proposte dal produttore entro un tempo stabilito dal Servizio al momento della comunicazione delle non conformità. Tali azioni correttive, e successivamente l'efficacia della loro implementazione, saranno valutate dal Servizio.

Il produttore propone, inoltre, un Piano per i controlli periodici, contenente tutti i dettagli relativi alle prove periodiche di verifica della produzione, che è approvato dal Servizio.

Il Servizio, altresì, concorda con il laboratorio prove, all'uopo autorizzato, il programma delle prove di qualificazione da eseguire sui prodotti oggetto dell'istanza di rilascio del certificato di idoneità tecnica. Il medesimo Servizio svolgerà l'attività di supervisione delle prove eseguite e certificate dal laboratorio.

Al riguardo, le prove di qualificazione dovranno essere effettuate da laboratori di cui all'art.59 del DPR 380/2001, dotati di adeguata competenza, attrezzatura ed organizzazione. Il Servizio esaminerà la documentazione relativa al laboratorio allegata all'istanza,

riservandosi di effettuare una visita ispettiva al laboratorio per verificarne i requisiti. La visita potrà essere effettuata durante l'esecuzione delle prove di qualificazione stesse, anche al fine della sorveglianza sulle attività di prova. Al termine dell'istruttoria il Servizio predisporrà la relazione istruttoria conclusiva che, unitamente alla documentazione relativa all'istanza, sarà sottoposta all'esame e parere della competente Sezione del Consiglio Superiore dei lavori pubblici.

Sulla base delle valutazioni della Sezione, il Servizio predisporrà il provvedimento finale (certificato di idoneità tecnica o diniego all'istanza), a firma del Presidente del Consiglio Superiore dei lavori pubblici.

Il certificato di idoneità tecnica ha una durata di 5 anni dalla data di rilascio e può essere rinnovato su richiesta del produttore.

## 16.9 Documentazione di accompagnamento

Ogni fornitura di materiale in cantiere, proveniente direttamente dal fabbricante, da distributori o da eventuali importatori, deve essere accompagnata dalla Dichiarazione di conformità/prestazione CE e dalla relativa marcatura CE rilasciate sulla base di un ETA, oppure dal Certificato di Idoneità Tecnica rilasciato dal Servizio Tecnico Centrale.

Di norma tali documenti riportano:

- tipo e nome commerciale del prodotto
- descrizione del prodotto (identificazione, impiego previsto, ecc);
- condizioni particolari applicabili all'uso del prodotto (per esempio disposizioni per l'impiego del prodotto in determinate condizioni, ecc.);

- caratteristiche dimensionali e tecniche (dimensioni, maglia tipo, caratteristiche meccaniche e diametro del filo, tipo e quantità del rivestimento in lega di zinco, resistenza nominale della rete e riferimenti normativi inclusa le presenti Linee Guida);
- nome della Fabbricante;
- stabilimento di produzione;
- identificativo dell'organismo di certificazione terzo ed indipendente autorizzato;
- condizioni e periodo di validità dei documenti;

Nella documentazione commerciale di accompagnamento dovranno essere inoltre indicate:

- nome della ditta a cui viene consegnato il prodotto
- la località del cantiere e le quantità fornite
- estremi della marcatura CE e relativo ETA di riferimento, ovvero riferimento del Certificato di Idoneità Tecnica all'Impiego.

### 16.10 Etichettatura

Ciascun prodotto, nella confezione fornita dal fabbricante, deve chiaramente e costantemente essere riconoscibile attraverso idonea etichettatura dalle quale risultino, in modo inequivocabile, il riferimento al fabbricante, allo stabilimento di produzione ed al lotto di produzione, alle caratteristiche tecniche tipologiche e prestazionali del materiale ed il riferimento del Certificato di Idoneità Tecnica all'Impiego oppure gli estremi della marcatura CE e relativo ETA di riferimento.

### 16.11 Controllo di accettazione in cantiere

L'accettazione dei materiali, oltre che alla verifica della completezza della documentazione di accompagnamento in accordo con il Capitoli 11.1 delle NTC 2008, può essere subordinata all'esito di prove specifiche di accettazione, eseguite su richiesta del Direttore dei Lavori presso laboratori di cui all'art.59 del DPR 380/2001, su campioni di filo ed elementi di rete, secondo le indicazioni di prova descritte al punto 4.1. Ai fini dell'accettazione i valori delle caratteristiche tecniche riscontrate nelle prove dovranno essere confrontati con quelli dichiarati dai produttori nella documentazione di accompagnamento di cui al punto 4.2.

Comunque risulti qualificato il prodotto, resta onere del direttore dei lavori, in fase di accettazione in cantiere, la verifica della prescritta documentazione di qualificazione; in particolare non potranno essere impiegati nelle opere prodotti non corredati della documentazione indicata al punto 4.2, oppure per i quali quanto dichiarato nella suddetta documentazione non sia conforme ai requisiti ed ai livelli di sicurezza previsti dalle norme tecniche per le costruzioni nazionali e/o dagli specifici documenti contrattuali o progettuali.

Le opere stesse dovranno essere progettate e realizzate nel rispetto della normativa nazionale applicabile e, quindi, delle NTC 2008.

### 16.12 Prescrizioni per il collaudo

Il collaudo di manufatti o dispositivi basati sull'impiego di reti metalliche, in aggiunta a quanto specificatamente previsto dalla normativa vigente, deve in tutti i casi comprendere la verifica della conformità e della completezza della documentazione e delle certificazioni previste nelle presenti Linee Guida. Queste potranno essere verificate, a discrezione del Collaudatore, sulla base anche di eventuali prove di controllo sul filo e sulla rete sopra richiamate.

Per quanto riguarda il collaudo di materassi in rete metallica, di opere di sostegno in gabbioni o in terra rinforzata, il collaudo dovrà riferirsi anche alla rispondenza alle indicazioni di progetto in merito al pietrame di riempimento e del rilevato strutturale interposto, delle loro modalità di posa in opera e di compattazione nonché dei collegamenti tra elementi diversi.

A tale scopo è pertanto da considerare buona norma quella di prevedere che il collaudo venga svolto in corso d'opera.

Per il collaudo di reti paramassi (rivestimenti corticali), analogamente a quanto fatto per funi di rinforzo e collegamento, chiodi e dei tiranti di ancoraggio, deve essere acquisita la documentazione di accompagnamento della rete metallica.

### 16.13 Indicazioni specifiche per i materiali di riempimento

In fase di progettazione, è opportuno che vengano riportate tutte le necessarie indicazioni relative ai materiali di riempimento ed alla loro messa in opera, ed in particolare:

#### a) *Pietrame di riempimento per gabbioni e materassi metallici*

Deve essere costituito da materiale litoide proveniente da cava (*in conformità alla UNI EN – 13383-1*) o da materiale d'alveo, non friabile né gelivo e quindi non deteriorabile dagli agenti atmosferici, di elevato peso specifico (non inferiore a 22 kN/m<sup>3</sup>) e di pezzatura superiore alla dimensione della maglia (minimo 1,5 D) in modo da non permettere alcuna fuoriuscita del riempimento, né in fase di posa in opera, né in esercizio. Il materiale di riempimento dovrà essere messo in opera con operazioni meccanizzate e/o manuali, in modo da raggiungere sempre una porosità del 30-40% per ottenere un idoneo peso di volume, nel rispetto delle ipotesi di progetto.

#### b) *Terreno di rinfilanco per opere in terra rinforzata*

Il materiale interposto tra gli elementi di rinforzo in rete metallica a doppia torsione deve essere costituito da terreno di buona qualità, di elevato potere drenante ed alto angolo di attrito interno e, soprattutto, deve mantenere inalterate le proprie caratteristiche nel tempo. Il materiale deve appartenere ai gruppi A-2-4, A-2-5, o a gruppi di caratteristiche migliori, secondo la classificazione delle UNI 10006. I valori di granulometria consigliata vanno dai materiali più fini con granulometria minore o uguale a 0,02 mm (con percentuale non superiore al 10 %), ai ciottoli di maggiori dimensioni fino a 200 mm: l'impiego di ciottolame superiore a 100 mm deve comunque essere limitato (non oltre il 10-15 %) in quanto rende più laboriose le operazioni di compattazione. La compattazione deve comunque raggiungere il 95 % della prova Proctor modificata. Eventuali diverse composizioni qualificate possono essere impiegate quali ad esempio materiali trattati a calce o cemento.

La accettazione del materiale di riempimento dovrà essere comunque subordinata all'esito di prove di laboratorio al fine di verificarne la idoneità delle caratteristiche geotecniche del rilevato strutturale ed in particolare la loro rispondenza alle ipotesi di progetto. In caso di difformità, anche parziale, tra dati misurati e quelli adottati in progetto, tutte le verifiche geotecniche dovranno essere adeguatamente aggiornate.

### 16.14 Indicazioni specifiche per il montaggio e la manutenzione

In ottemperanza al Capitolo 2.1 delle NTC 2018, per ogni applicazione di prodotti in rete metallica a doppia torsione devono essere forniti manuale di installazione e manutenzione da allegare alla documentazione dell'opera. In particolare, dovranno essere specificatamente previste le modalità operative di interventi di ripristino e di sostituzione parziale a seguito di danneggiamenti locali. In generale la riparazione dovrà essere estesa ad una porzione maggiore di quella direttamente danneggiata e commisurata alla causa del danno in modo da non costituire elemento di debolezza.

## ART. 17 – Rilevati arginali

Le indicazioni riportate nel seguito si riferiscono sia a lavori di costruzione di nuovi rilevati arginali, sia a lavori di ringrosso e/o rialzo di argini esistenti.

### 17.1 Caratteristiche dei materiali

Con riferimento alla classificazione contenuta nelle norme CNR UNI 10006, le terre preferibilmente da utilizzare saranno di tipo argilloso e limoso (classi A-4, A-6, A-7-6), con contenuto minimo di sabbia pari al 15% e con indice di plasticità inferiore a 25.

In casi di accertata impossibilità di ottenere una classe di rilevato superiore a quella con classifica A-3 e' facoltà dell'Ufficio di Direzione Lavori di accettare il materiale posto in opera, prescrivendo uno spessore non inferiore a 40 cm. di terreno vegetale sul paramento a fiume del rilevato.

Non si dovranno utilizzare le materie organiche e le sabbie pulite.

Il materiale posto in opera dovrà avere valori del peso in volume allo stato secco pari al 95% del peso di volume secco ottenuto nella prova di compattazione Proctor normale con tolleranza di +/- 1%; la corrispondente umidità dovrà avere i valori compresi fra +/- 2% dell'umidità ottimale ottenuta nella suddetta prova di compattazione. Definita anche la percentuale di umidità, questa deve essere mantenuta costante con una tolleranza di +/- 1%.

A suo insindacabile giudizio, l'Amministrazione potrà individuare aree di prelievo di materiale di caratteristiche differenti da quanto sopra riportato.

### 17.2 Modalità esecutive

Prima di procedere alla costruzione dell'argine, sarà necessario preparare il terreno di posa, provvedendo all'asportazione del terreno vegetale e degli apparati radicali e alla predisposizione di uno scavo di cassonetto o, qualora il declivio trasversale del terreno fosse superiore al 15%, di opportuni gradoni di immersione delle dimensioni riportate nei disegni di progetto.

Nella costruzione dell'argine andranno seguite le indicazioni progettuali riportate nei disegni esecutivi, sia per quanto riguarda le dimensioni del rilevato e la pendenza delle scarpate, sia per quanto riguarda lo spessore degli strati, il tipo di macchina da utilizzare per il costipamento ed il numero di passate.

Sempre ai disegni di progetto si dovrà fare riferimento per le caratteristiche dimensionali e dei materiali da utilizzare per la realizzazione della pista di servizio o della strada sulla testa arginale.

### 17.3 Prove di accettazione e controllo

Prima dell'esecuzione dei lavori l'Ufficio di Direzione Lavori procederà al prelievo di campioni di terreno da inviare a laboratori ufficiali, in modo da verificare la rispondenza alle prescrizioni di cui al presente Capitolato.

I campioni di terreno prelevati saranno innanzitutto classificati: sarà individuata la curva granulometrica che caratterizza ogni campione, verranno valutati i limiti di Atterberg (in particolare modo il limite liquido e l'indice di plasticità), l'indice di gruppo. Saranno poi eseguite le prove necessarie per la determinazione della resistenza al taglio e dell'optimum Proctor.

Qualora richiesto dall'Ufficio di Direzione Lavori l'Impresa dovrà provvedere alla posa in opera di una opportuna strumentazione geotecnica, tale da permettere la verifica delle corrette condizioni di lavoro in tutte le fasi di realizzazione dell'opera. Mediante la posa di assistimetri superficiali e profondi, di piezometri

e di inclinometri sarà inoltre possibile controllare il grado di assestamento, l'esistenza di spostamenti orizzontali, la consolidazione raggiunta da eventuali strati argillosi, l'andamento del moto di filtrazione.

Nel caso di rilevati costruiti ex novo L'Impresa dovrà provvedere alla posa della strumentazione completa per una sezione significativa a scelta dall'Ufficio di Direzione Lavori.

Nel caso di rialzi e ringrossi i controlli saranno limitati alla compattazione fatti salvi, comunque, i controlli generali sulla qualità delle terre.

Se le prove relative allo stato di compattazione del rilevato non dovessero dare esito soddisfacente, L'Impresa è tenuta a ripetere la compressione dei rilevati sino ad ottenere il risultato prescritto.

Gli oneri per tutte le prove di laboratorio e per la strumentazione per le prove a campo sono a carico dell'Impresa.

L'Impresa è obbligata, senza pretesa di compenso alcuno, a dare ai rilevati, durante la costruzione, le maggiori dimensioni richieste dall'assestamento naturale delle terre. Le scarpate saranno spianate e battute e i lavori di profilatura dovranno avvenire con asporto anziché con riporto di materie.

All'atto del collaudo i rilevati eseguiti dovranno avere la sagoma e le dimensioni prescritte dai disegni progettuali.

Qualora la costruzione del rilevato dovesse venire sospesa, l'Impresa dovrà provvedere a sistemarlo regolarmente in modo da fare defluire facilmente le acque piovane; alla ripresa dei lavori dovranno essere praticati, nel rilevato stesso, appositi tagli a gradini, per il collegamento delle nuove materie con quelle già posate.

## ART. 18 Palancole tipo Larssen

### 18.1 Definizione

Le palancole Larssen sono eseguite a contorno e a difesa degli scavi per fondazione e a completa tenuta d'acqua; avranno caratteristiche: peso, lunghezza e profilo secondo quanto previsto in Progetto e tali che, oltre ad avere una sufficiente robustezza per resistere alla spinta delle terre, non lascino filtrare acqua dalle pareti.

### 18.2 Normative di riferimento

- Norma UNI EN 16228:2014 Attrezzature per perforazione e fondazioni
- Norma EN 12063: "Esecuzione di lavori geotecnica speciali – Palancole" (2002)
- Norma EN 10219-1,1997 "Cold Formed structural welded hollow sections of non-alloy and fine grain steels- part1 –technical delivery requirements"
- Norma EN 10219-2,1997 "Cold Formed structural welded hollow sections of non-alloy and fine grain steels- part2 –tolerances,dimentionations and sectional properties"
- Norma UNI EN 10248-1,1997 : "Palancole laminate a caldo di acciai non legati – Condizioni tecniche di fornitura"
- Norma UNI EN 10248-2,1997: "Palancole laminate a caldo di acciai non legati – tolleranze dimensionali e di forma"
- Norma UNI EN 10249-1 : "Palancole profilate a freddo di acciai non legati – Condizioni tecniche di fornitura"



- Norma UNI EN 10249-2: "Palancole profilate a freddo di acciai non legati – tolleranze dimensionali e di forma"
- Norma UNI EN ISO 15609:2006 "Specificazione e qualificazione delle procedure di saldatura per materiali metallici - Specificazione della procedura di saldatura - Parte 1: Saldatura ad arco "
- Norma UNI EN ISO 15614: "Specificazione e qualificazione delle procedure di saldatura per materiali metallici - Prove di qualificazione della procedura di saldatura -Parte 1: Saldatura ad arco e a gas degli acciai e saldatura ad arco del nichel e sue leghe "
- Norma UNI EN ISO 15614: "Specificazione e qualificazione delle procedure di saldatura per materiali metallici - Prove di qualificazione della procedura di saldatura -Parte 1: Saldatura ad arco e a gas degli acciai e saldatura ad arco del nichel e sue leghe "
- Norma UNI EN ISO 9692:2013: Saldatura e procedimenti connessi - Tipologie di preparazione dei giunti - Parte 1: Saldatura manuale ad arco con elettrodi rivestiti, saldatura ad arco con elettrodo fusibile sotto protezione di gas, saldatura a gas, saldatura TIG e saldatura mediante fascio degli acciai

### 18.3 Soggezioni geotecniche e geoidrologiche ed ambientali generali

L'installazione di palancole presuppone da parte dell'Appaltatore la conoscenza, oltre che delle prescrizioni di Progetto circa le caratteristiche degli elementi, anche delle informazioni inerenti il terreno da attraversare. In particolare l'Appaltatore dovrà valutare con attenzione i seguenti particolari aspetti:

- presenza di strati di materiale duro o roccia, di massi rocciosi, che possono causa di difficoltà di attraversamento e richiedono l'uso di utensili speciali,
- chimica dei materiali da attraversare e dell'acqua di falda, con presenza di componenti che possono avere effetti negativi sui materiali utilizzati.

Dove sono previste condizioni di stretta interferenza con strutture confinanti alla zona di costruzione, si presuppone da parte dell'Appaltatore la conoscenza dello stato in essere. In particolare, esiste l'obbligo per l'Appaltatore di verifica e collaborazione nella realizzazione di tutte le opere di presidio dei terreni interrati dando luogo alla preparazione dei piani di lavoro tali da garantire la corretta esecuzione dei lavori in condizioni di sicurezza, al fine di evitare possibili inconvenienti a cose o persone.

I sottoservizi, sottostrutture tubazioni e cavi elettrici, eventualmente presenti nel volume di terreno interessato dagli scavi, dovranno essere preventivamente individuati e deviati in modo da evitare che risultino danneggiati, o provochino danni, a seguito delle lavorazioni.

Per gli aspetti e le problematiche esecutive relative a temi ambientali, quali presenza d'inquinanti nel terreno, si rimanda integralmente a quanto prescritto dalla Normativa Nazionale e Regionale vigente e alle prescrizioni degli Enti preposti alla tutela ambientale.

Inoltre durante le lavorazioni dovrà essere posta attenzione a:

- lavorazioni in adiacenza a strade aperte al traffico o edifici abitati che dovranno essere eseguite con tutte le segnalazioni e le precauzioni idonee ad evitare danni a persone o cose;
- lavorazioni in adiacenza di linee ferroviarie;
- lavorazioni in adiacenza a linee elettriche aeree in esercizio, che dovranno svolgersi nel rispetto delle distanze prescritte;
- disturbi alle persone provocati dalle vibrazioni e dai rumori causati dall'infissione delle palancole (norme UNI9614 e ISO 2631);
- danni che l'installazione delle palancole può arrecare alle opere vicine a causa delle vibrazioni, degli spostamenti orizzontali e/o verticali del terreno, provocati durante l'infissione (norme UNI9916 e ISO4866).

Durante l'infissione delle palancole, la Direzione Lavori potrà richiedere misure vibrazionali di controllo per accertare che l'installazione delle palancole infisse non danneggi le proprietà vicine.

Qualora nel corso delle misure vibrazionali fossero superati i limiti di accettabilità previsti dalle norme, l'Appaltatore dovrà sottoporre all'approvazione della Direzione Lavori i provvedimenti che intende adottare. È altresì richiesta la presentazione di un programma di lavori in cui sia dettagliatamente esplicitata la successione cronologica di installazione delle palancole.



## 18.4 Prove tecnologiche preliminari

Qualora sia prevista l'installazione di palancole in prossimità di strutture sensibili, prima di dare inizio ai lavori, la metodologia esecutiva e nella stessa sequenza esecutiva prevista, dovrà essere messa a punto dall'Appaltatore mediante la messa in opera di un adeguato numero di elementi non inferiore al 2% del numero totale previsto.

Le prove dovranno essere eseguite alla presenza della Direzione Lavori cui spetta l'approvazione delle modalità esecutive da adottarsi.

Durante tali prove dovranno essere previste misure vibrazionali sulle strutture interessate.

Ciò premesso le prove tecnologiche saranno totalmente a carico dell'Appaltatore.

Qualora l'Appaltatore proponga di variare nel corso dei lavori la metodologia esecutiva sperimentata ed approvata inizialmente, si dovrà dar corso alle prove tecnologiche sopradescritte.

## 18.5 Preparazione del piano di lavoro

Il piano di lavoro dovrà avere le caratteristiche di portanza e capacità drenante, in modo tale da garantire le condizioni di sicurezza per la movimentazione e per le operazioni a cui sono adibite le attrezzature utilizzate per le lavorazioni in oggetto.

Per palancole in alveo in presenza di battente d'acqua fluente, l'Appaltatore predisporrà la fondazione di un piano di lavoro a quota sufficientemente elevata rispetto a quella dell'acqua per renderlo transitabile ai mezzi semoventi portanti le attrezzature di infissione o di perforazione e relativi accessori e di tutte le altre attrezzature di cantiere.

## 18.6 Materiali

Ogni partita di materiale approvvigionato dovrà essere accompagnata da un attestato di conformità, in accordo con il regolamento (UE) 305/2011 e Dlgs 106/2017, attestante le caratteristiche meccaniche e geometriche dichiarate dal fornitore.

I profilati devono essere conformi alle seguenti norme:

UNI EN 10248-1, UNI EN 10248-2, UNI EN 10249-1, UNI EN 10249-2.

Nel caso siano utilizzati sezioni tubolari esse dovranno essere conformi alle norme UNI EN10219-1 e UNI EN10219-2.

Qualora sia richiesta la impermeabilità del giunto di accoppiamento, l'Appaltatore dovrà fornire tutti i dettagli tecnici relativi al sigillante utilizzato. In particolare dovrà dimostrare che il materiale utilizzato non viene danneggiato nella fase di accoppiamento degli elementi sia che non è affetto da deterioramento a lungo termine, precisandone eventualmente i valori garantiti di durata.

## 18.7 Installazione

### 18.7.1 Attrezzature

L'attrezzatura d'infissione e di estrazione deve avere caratteristiche conformi allo scopo di assicurare il raggiungimento della profondità d'infissione richiesta in funzione del profilo stratigrafico e della possibilità di dovere estrarre gli elementi non definitivi.

Le attrezzature impiegate dovranno essere conformi alle norme UNI EN16228;

L'installazione dell'elemento potrà avvenire per battitura, vibrazione o per una combinazione dei due sistemi.

Nel caso di battitura, l'Appaltatore dovrà fornire tutte le informazioni concernenti il sistema di infissione che intende utilizzare:

- marca e tipo di battipalo;
- principio di funzionamento del battipalo;
- energia massima di un colpo e relativa possibilità di regolazione;
- numero dei colpi al minuto e relativa possibilità di regolazione;
- efficienza del battipalo;

- caratteristiche del cuscino (materiale, diametro, altezza), la sua costante elastica e il suo coefficiente di restituzione;
- peso della cuffia;
- peso degli eventuali adattatori;
- peso del battipalo.

Nel caso di infissione per vibrazione, L'Appaltatore dovrà fornire tutte le informazioni concernenti il sistema di vibrazione che intende utilizzare:

- peso della morsa vibrante;
- ampiezza e frequenza del vibratore.

La forza centrifuga e l'ampiezza del vibratore dovranno essere scelte in funzione della sezione della palancola, del terreno e delle condizioni al contorno quali la presenza di strutture. In prossimità di strutture sensibili, è obbligatorio l'impiego di vibratorii ad alte frequenza (> 2000 vpm o 33 Hz) e dotati di sistemi anti-risonanti per la fase di avvio e di arresto delle masse eccentriche.

### 18.7.2 Tracciamento

Prima di iniziare l'infissione si dovrà, a cura e spese dell'Appaltatore, indicare sul terreno la posizione del palancolato.

L'Appaltatore dovrà presentare:

- una pianta della palancolata con la posizione planimetrica di tutti gli elementi;
- un programma cronologico di infissione elaborato in modo da minimizzare gli effetti negativi dell'infissione stessa sulle opere vicine.

### 18.7.3 Movimentazione e saldature

Durante la fase di messa in opera, l'Appaltatore dovrà adottare tutti i provvedimenti necessari per garantire i requisiti di verticalità, complanarità e di mutuo incastro degli elementi costitutivi.

Lo stoccaggio e la movimentazione delle palancole in cantiere dovrà avvenire in modo tale da non provocare danneggiamenti e distorsioni dei profili metallici e dei giunti di accoppiamento, mediante l'utilizzo di speciali utensili quali pinze di aggancio appropriati distanziatori e selle di appoggio.

Le procedure di saldatura dovranno essere eseguite in modo tale da evitare fenomeni di incrudimento dell'acciaio e conseguente incremento di fragilità nella zona prossima alla saldatura, mediante opportuni processi di preriscaldamento che tengano conto del tipo di acciaio utilizzato (contenuto in carbonio equivalente), tipo di giunto e tipo di saldatura.

Le saldature dovranno essere conformi a quanto prescritto nelle norme UNI EN 15604 E UNI EN ISO 15614 e UNI EN ISO9692.

In caso in cui le palancole siano composte da più parti saldate, le saldature di due elementi adiacenti dovranno essere sfalsate di almeno mezzo metro.

### 18.7.4 Infissione

I criteri di battitura e gli elementi che ne influenzano il processo dovranno essere preventivamente definiti in modo che non si generino nelle palancole tensioni superiori a quelle ammissibili.

L'Appaltatore dovrà dimostrare tale presupposto con i metodi di calcolo noti nella letteratura tecnica (equazione dell'onda d'urto).

Qualora le condizioni del sito fossero tali da rendere incerta la valutazione, per via teorica, delle sollecitazioni indotte, la Direzione Lavori, nell'ambito delle prove tecnologiche preliminari, potrà richiedere che le prove di battitura siano eseguite in presenza di dispositivi di monitoraggio dinamico.

Le misure dinamiche sulle palancole in fase di battitura verranno eseguite, secondo le modalità descritte nella norma ASTM 0-4945, durante l'intera fase di battitura di tutte le palancole del campo prova.

Durante la battitura dovranno essere sempre verificate che lo sforzo di trazione/compressione, nell'acciaio sia  $\leq 0.9 \times F_{yk}$ , ove:  $F_{yk}$  = resistenza caratteristica a snervamento dell'acciaio.

Le palancole dovranno essere infisse con l'ausilio di uno scavo guida d'invito, di dimensioni adeguate.

Saranno accettate le seguenti tolleranze sull'assetto geometrico delle palancole:

- sulla posizione planimetria in testa  $\pm 75$  mm
- deviazione rispetto alla verticale:  $<2\%$ ;

L'Appaltatore è tenuto ad eseguire a suo esclusivo onere e spesa, tutte le opere sostitutive e/o complementari che a giudizio della Direzione Lavori si rendessero necessarie per avviare all'esecuzione di elementi in posizione e/o con dimensioni non conformi alle tolleranze qui stabilite, comprese palancole aggiuntive ed opere di collegamento.

Durante la fase d'infissione, L'Appaltatore potrà, previa approvazione della Direzione Lavori delle modalità utilizzate, ricorrere a delle iniezioni di acqua in pressione per facilitare il superamento di livelli granulari addensati.

In caso di qualsiasi anomalia rilevata nel corso dell'infissione e comunque nel caso di mancato raggiungimento della prevista quota finale, sia nel caso di infissione per battitura che per vibrazione, l'esecutore dovrà dare immediata informazione alla Direzione Lavori e concordare con la stessa gli interventi da eseguire.

### 18.7.5 Controlli e documentazione lavori

L'infissione di ogni singolo elemento o gruppi di elementi dovrà comportare la registrazione su apposita scheda, compilata dall'Appaltatore in contraddittorio con la Direzione Lavori, dei seguenti dati:

- identificazione degli elementi;
- data di infissione;
- caratteristiche del sistema di infissione;
- velocità di avanzamento/colpi maglio ogni 0,10 m;
- profondità raggiunta;
- profondità di Progetto;
- rifiuti di eventuale ribattitura.

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

## ART. 19 – Diaframmi plastici

### 19.1 Diaframmi in conglomerato plastico

L'esecuzione dei diaframmi in conglomerato plastico deve avvenire secondo fasi di scavo e getto per pannelli, secondo le seguenti operazioni:

- perforazione dei pannelli primari in presenza del fango bentonitico;
- posa dei tubi giunto;
- getto dei pannelli primari con miscele costituite da bentonite, cemento ed acqua (conglomerato plastico), nelle proporzioni di seguito riportate;
- estrazione dei tubi giunto;
- perforazione dei pannelli secondari in presenza di fango bentonitico;
- getto dei pannelli secondari.

La composizione iniziale della miscela bentonite-cemento-acqua, riferita ad 1 m<sup>3</sup> di miscela, confezionata con agitatore ad alta turbolenza, deve essere compresa nei termini seguenti:

- bentonite: 40÷ 50 kg (0,4÷0,5 kN);
- cemento: 150÷220 kg (1,5÷2,2 kN);
- acqua: 920÷930 kg (9,2÷9,3 kN).

e deve avere inoltre le seguenti caratteristiche:

- rendimento volumetrico a breve termine superiore al 97%, contenendo al minimo la separazione d'acqua per sedimentazione;

- viscosità iniziale superiore a 40s prova Marsh, preferibilmente dell'ordine di 40s÷50s, per assicurare la massima stabilità della miscela durante la lavorazione e la massima omogeneità del prodotto finito;
- resistenza a rottura a compressione semplice su provini cilindrici a 28 giorni:  $0,05 \text{ N/mm}^2 < R_{ck} < 0,5 \text{ N/mm}^2$ ;
- rapporto tra il modulo elastico tangente iniziale  $E_I$  e la resistenza a rottura  $R_{ck}$  a 28 giorni:  $250 \div 300$ ;
- rapporto tra il modulo elastico secante a rottura  $E_r$  e la resistenza a rottura  $R_{ck}$  a 28 giorni:  $100 \div 130$ ;
- coefficiente di permeabilità a 28 giorni:  $K < 10^{-8} \text{ m/s}$ .

Le caratteristiche della bentonite da utilizzare per la miscela devono essere le stesse riportate al punto 18.2.

L'Appaltatore in fase preliminare dovrà provvedere alla verifica delle caratteristiche della miscela da impiegare, con l'esecuzione di prove di resa volumetrica, di densità, di viscosità, di resistenza a compressione semplice e di permeabilità.

In corso d'opera dovranno essere prelevati all'impianto di confezionamento n.3 campioni di miscela ogni  $500 \text{ m}^3$  in appositi contenitori da inviare ad un laboratorio attrezzato e dopo 28 giorni di maturazione dalla data di confezionamento dovranno essere eseguite prove di densità, di resa volumetrica, di resistenza a compressione semplice e di permeabilità.

I provini per le prove di compressione semplice devono essere di forma cilindrica, con diametro  $\phi = 38 \text{ mm}$  e altezza  $H = 76 \text{ mm}$ , ricavati da campioni di maggiori dimensioni dopo maturazione in acqua o in ambiente umido-saturo.

Se necessario, l'Ufficio di Direzione Lavori può richiedere che vengano effettuati prelievi di campioni di diaframma mediante carotaggio eseguito con sonda a rotazione.

## 19.2 Preparazione del piano di lavoro e perforazione

L'Appaltatore avrà cura di accertare che l'area di lavoro non sia attraversata da tubazioni, cavi elettrici o manufatti sotterranei che se incontrati dalla perforazione possano recare danno alle maestranze di cantiere o a terzi. Analoga attenzione dovrà essere prestata a possibili inquinamenti di superficie o della falda da parte di una incontrollata scarica dei detriti e/o dei fanghi bentonitici.

Il piano di lavoro dovrà essere situato ad una quota di almeno 1,5 m superiore al livello di massima falda prevedibile, salvo diversa disposizione dell'Ufficio di Direzione Lavori. Lo scavo dovrà essere eseguito senza soluzione di continuità sino a dare il diaframma ultimato alla quota di progetto; nel caso fosse necessario sospendere la fase di scavo, l'Appaltatore dovrà darne immediatamente notizia all'Ufficio di Direzione Lavori, che si riserverà di degradare o di non accettare il diaframma interrotto.

Una volta terminate le operazioni di getto, il tratto di perforazione a vuoto compreso tra piano di lavoro e sommità del diaframma dovrà essere riempito con inerti.

Lo scavo dovrà avvenire in presenza di fanghi bentonitici, o con il metodo della circolazione rovescia con utensile disgregatore o con fanghi statici e benna di scavo.

Nel caso di utilizzo di benna, il corpo dell'utensile dovrà lasciare uno spazio tra esso e la parete del foro di ampiezza sufficiente ad evitare "effetti pistone" allorché l'utensile viene sollevato.

Gli utensili di perforazione dovranno avere conformazione tale da non lasciare sul fondo del foro detriti smossi o zone di terreno rimaneggiato.

La benna mordente sarà provvista delle aperture per la fuoriuscita del fango all'atto dell'estrazione. Il livello del fango nel foro dovrà essere in ogni caso più alto della massima quota piezometrica delle falde presenti nel terreno lungo la perforazione.

Il franco dovrà risultare di norma non inferiore a m 1,00 e non dovrà scendere al disotto di m 0,60 all'atto dell'estrazione dell'utensile dal foro; a tale scopo si potrà disporre di una fossa di piccola capacità accanto

al foro, direttamente connessa alla sua sommità con corto canale.

Ciascun tratto di diaframma sarà eseguito in due fasi: si procederà dapprima alla perforazione ed al getto di elementi alterni e si completerà il tratto in seconda fase, con l'esecuzione degli elementi di chiusura ed avvenuta presa del conglomerato cementizio di quelli eseguiti in prima fase.

Le operazioni dovranno essere programmate e condotte in modo da evitare interazioni pregiudizievoli alla buona riuscita del lavoro tra elementi in corso di esecuzione o appena ultimati. Il materiale di risulta dovrà essere sistematicamente portato a discarica autorizzata, qualora lo stesso non possa essere utilmente sistemato nei pressi del diaframma.

In fase di scavo dovranno essere adottati gli opportuni accorgimenti al fine di evitare il verificarsi di fenomeni di rilascio, sifonamento e sgrottamento del terreno e di evitare rapide variazioni della pressione nel fango; dovranno inoltre essere garantite la perfetta verticalità e la complanarità dei pannelli, secondo quanto indicato in precedenza.

I fanghi dovranno essere ottenuti miscelando in acqua bentonite in polvere ed eventuali additivi, sino ad ottenere una sospensione finemente dispersa; il dosaggio in bentonite, in termini di percentuale in peso rispetto all'acqua, dovrà risultare compreso tra il 5% e il 10%, tenuto altresì conto delle caratteristiche dei terreni da attraversare.

La composizione dei fanghi bentonitici dovrà corrispondere alle prescrizioni del progettista, e dovrà comunque essere tale da garantire la stabilità delle pareti dello scavo; al momento dell'impiego i fanghi dovranno avere peso di volume non superiore a  $1,04 \div 1,07 \text{ t/m}^3$  ( $10,4 \div 10,7 \text{ kN/m}^3$ ) e viscosità Marsh compresa tra 38 s e 55 s e dovranno, prima di essere utilizzati, essere lasciati almeno 24 ore nelle vasche di maturazione.

La bentonite da impiegare dovrà inoltre corrispondere ai seguenti requisiti:

- residuo al setaccio n.38 della serie UNI n.2331-2332:  $\cong 1\%$
- tenore di umidità:  $\cong 15\%$
- limite di liquidità:  $> 400$
- viscosità Marsh 1500/1000 della sospensione al 6% in acqua distillata:  $> 40''$
- decantazione della sospensione al 6% in 24 ore:  $< 2\%$
- acqua separata per pressofiltrazione di  $450 \text{ cm}^3$  della sospensione al 6% in 30 minuti alla pressione di  $0,7 \text{ MPa}$ :  $< 18 \text{ cm}^3$
- pH dell'acqua filtrata:  $> 7$ ;  $< 9$
- spessore del cake sul filtro della filtropressa:  $\cong 2,5 \text{ mm}$

L'Appaltatore dovrà essere dotato di apparecchiature di depurazione che consentano di limitare la quantità di materiale trattenuto in sospensione dei fanghi.

Tali apparecchiature dovranno essere in grado di mantenere costantemente un peso di volume dei fanghi  $\cong 1,25 \text{ t/m}^3$  ( $12,5 \text{ kN/m}^3$ ) nel corso della perforazione e  $\cong 1,15 \text{ t/m}^3$  ( $11,5 \text{ kN/m}^3$ ) prima dell'inizio delle operazioni di getto, con contenuto percentuale volumetrico in sabbia  $< 6\%$ .

I valori sopra specificati si riferiscono ai fanghi prossimi al fondo dello scavo. Nel caso d'impiego della "circolazione rovescia", le determinazioni potranno essere fatte sui fanghi in circolo immessi alla bocca dello scavo stesso, mentre nel caso di "fanghi in quiete", dovranno essere condotte su campioni di fanghi prelevati a mezzo di apposito campionatore per fluidi in prossimità del fondo dello scavo.

Le determinazioni prima dell'inizio del getto dovranno essere eseguite su campioni prelevati con campionatore ad una quota di 80 cm superiore a quella del fondo dello scavo.

Lo scavo sia nel corso della sua esecuzione sia durante il successivo getto del conglomerato dovrà risultare internamente riempito di fango.

Il materiale di risulta dello scavo dovrà essere allontanato dal cantiere e trasferito in apposita discarica utilizzando tutti gli accorgimenti atti ad evitare dispersioni di fanghi bentonitici.

Si eseguiranno, a cura e spese dell'Appaltatore e in contraddittorio con l'Ufficio di Direzione Lavori, determinazioni sistematiche delle seguenti caratteristiche del fango:

- A. peso di volume;
- B. viscosità Marsh;
- C. contenuto in sabbia;

ripetendo le misure con la frequenza e le modalità di prelievo sotto indicate.

Fanghi freschi maturati (determinazione delle caratteristiche A e B):

- prelievo nella vasca di maturazione con frequenza quotidiana, per ogni impianto di preparazione fanghi.

Fanghi in uso, nel corso della escavazione (determinazione della caratteristica A):

- prelievo entro il cavo mediante campionatore, alla profondità sovrastante di cm 50 quella raggiunta dall'escavazione al momento del prelievo, con frequenza di un prelievo per ogni elemento (pannello di diaframma) al termine dell'attraversamento degli strati più sabbiosi, o al termine delle operazioni di scavo.

Fanghi prima dell'inizio del getto del conglomerato cementizio (determinazione delle caratteristiche A e C):

- prelievo mediante campionatore, alla profondità di cm 80 sopra il fondo dello scavo con frequenza di prelievo per ogni elemento da eseguire dopo che le armature metalliche ed il tubo di convogliamento sono già stati posti in opera.

L'Ufficio di Direzione Lavori potrà richiedere ulteriori controlli delle caratteristiche dei fanghi bentonitici impiegati, in particolare nella fase iniziale di messa a punto delle lavorazioni.

L'Appaltatore dovrà disporre in cantiere di una adeguata attrezzatura di laboratorio per il controllo del peso specifico o di volume, della viscosità, del contenuto in sabbia, del pH, dell'acqua "libera" e dello spessore del "cake"; mentre per la constatazione delle seguenti caratteristiche:

- residui al setaccio n.38 della serie UNI n.2331-2332;
- tenore di umidità;
- limite di liquidità;
- decantazione della sospensione al 6%;

si ricorrerà a cura e spese dell'Appaltatore, a laboratorio ufficiale.

### 19.3 Getto del calcestruzzo

Il conglomerato cementizio sarà confezionato da apposita centrale di preparazione atta al dosaggio, a peso, dei componenti e dovrà rispondere alle norme vigenti in materia. Si impiegheranno almeno tre classi di aggregati; le classi saranno proporzionate in modo da ottenere una curva granulometrica che soddisfi il criterio della massima densità (curva di Fuller).

La dimensione massima degli aggregati dovrà essere inferiore al valore minimo di interspazio tra le armature e comunque non superiore a 40 mm.

Il conglomerato cementizio dovrà avere la resistenza caratteristica cubica di progetto e comunque non dovrà risultare di classe inferiore a Rck 300. Il rapporto acqua/cemento non dovrà superare il valore di 0,50 comprendendo l'umidità degli aggregati nel peso dell'acqua.

La lavorabilità dovrà essere tale da dare uno "slump" al cono di Abrams compreso tra 16 cm e 20 cm.

Per soddisfare entrambi questi requisiti potrà essere aggiunto all'impasto un idoneo additivo fluidificante non aerante.

E' ammesso altresì l'uso di ritardanti di presa o di fluidificanti con effetto ritardante. I prodotti commerciali che l'Appaltatore si propone di usare dovranno essere sottoposti all'esame ed all'approvazione preventiva dell'Ufficio di Direzione Lavori.



I mezzi di trasporto dovranno essere tali da evitare segregazioni dei componenti.

Il conglomerato cementizio dovrà essere confezionato e trasportato con un ritmo tale da consentire di completare il getto di ciascun elemento di diaframma senza soluzione di continuità e nel più breve tempo possibile; in ogni caso ciascun getto dovrà venire alimentato con una cadenza effettiva, inclusi tutti i tempi morti, non inferiore a 20 m<sup>3</sup>/h.

La centrale di confezionamento dovrà quindi consentire la erogazione nell'unità di tempo di volumi di conglomerato cementizio almeno doppi di quello sopra indicato.

Il conglomerato cementizio sarà posto in opera impiegando un tubo di convogliamento costituito da sezioni di tubo di acciaio avente diametro non inferiore a 18 cm e comunque tale da garantire il libero flusso del calcestruzzo. L'interno dei tubi sarà pulito, privo di irregolarità e strozzature.

Il tubo sarà provvisto, all'estremità superiore, di una tramoggia di carico avente una adeguata dimensione, mantenuta sospesa da un mezzo di sollevamento.

Prima di installare il tubo di convogliamento sarà eseguita una ulteriore misura del fondo cavo. Per diaframmi eseguiti in presenza di fango bentonitico, il tubo di convogliamento sarà posto in opera arrestando il suo piede a 30 cm dal fondo della perforazione.

Prima di iniziare il getto si disporrà entro il tubo in prossimità del suo raccordo con la tramoggia, un tappo formato da una palla di malta plastica oppure da uno strato di 30 cm di spessore di vermiculite granulare o di palline di polistirolo galleggianti sul liquido, oppure ancora da un pallone di plastica.

All'inizio del getto si dovrà disporre di un volume di conglomerato cementizio pari a quello necessario per almeno 3÷4 m di diaframma. Il tubo di convogliamento sarà accorciato per tratti successivi nel corso del getto, sempre conservando una immersione nel conglomerato cementizio sufficiente ad evitare penetrazione di bentonite al suo interno.

In presenza di pannelli di lunghezza o forma tale da richiedere l'impiego contemporaneo di due o più tubi di getto, questi dovranno essere alimentati in modo sincrono per assicurare la risalita uniforme del calcestruzzo.

Nei casi in cui sia richiesta la impermeabilità del diaframma o la collaborazione statica tra gli elementi che lo compongono, i giunti tra gli elementi dovranno essere opportunamente conformati.

A tale scopo prima del getto degli elementi primari, si poseranno ai due estremi del pannello da gettare e per tutta la profondità due casseforme metalliche a sezione circolare (o di diversa sezione opportunamente sagomata ed approvata dall'Ufficio di Direzione Lavori).

A presa iniziata, si provvederà ad estrarre per 2÷3 cm le casseforme mediante un'opportuna attrezzatura, ripetendo l'operazione in tempi successivi qualora le dimensioni dell'elemento comportino durate del getto notevoli e quindi tempi di presa scaglionati per le diverse fasce di profondità di ciascun elemento.

A presa ultimata per tutto il pannello si provvederà all'estrazione completa delle casseforme.

L'esecuzione del diaframma dovrà avvenire senza interruzioni, con soluzione di continuità sino alla quota di progetto; nel caso fosse necessario sospendere la fase di getto, l'Appaltatore deve darne immediatamente notizia all'Ufficio di Direzione Lavori.

Qualora si accertasse l'impossibilità di fare eseguire immediatamente il getto all'ultimazione della perforazione (per sosta notturna, difficoltà di approvvigionamento del conglomerato cementizio o qualunque altro motivo), si dovrà interrompere la perforazione almeno un metro sopra alla profondità finale prevista e riprenderla successivamente, in modo da ultimare nell'imminenza del getto.

Durante le operazioni di getto, si dovrà misurare ad intervalli regolari il livello raggiunto dal conglomerato, a mezzo di un apposito scandaglio. Il getto del calcestruzzo dovrà poi essere proseguito per un tratto di lunghezza sufficiente a garantire l'omogeneità del diaframma dopo le operazioni di scapitozzatura, al disopra della quota prescritta della trave di coronamento. Maggiori volumi o migliori caratteristiche



meccaniche dei materiali non richieste dall'Ufficio di Direzione Lavori, non saranno compensate con maggiorazione di prezzo alcuna.

## 19.4 Tolleranze geometriche

La posizione planimetrica dei diaframmi dovrà mantenersi nelle tolleranze indicate nel progetto. La verticalità dovrà essere assicurata con tolleranza del 1%, nel caso di diaframmi a tenuta idraulica dovrà essere garantita una tolleranza di un valore massimo pari a  $S/3 L$  ( $S$  = spessore;  $L$  = profondità del diaframma).

Resta inteso che tra i singoli pannelli la differenza di verticalità non può superare i 30 cm di spessore.

I controlli di verticalità dovranno essere eseguiti, di norma, prima dell'esecuzione dei getti con sonde ad ultrasuoni oppure, quando reso possibile dall'attrezzatura di perforazione, anche durante l'esecuzione dello scavo applicando appositi inclinometri al sistema di scavo.

Le tolleranze  $\Delta S$  sullo spessore, verificate in base ai volumi di conglomerato cementizio assorbito, sono le seguenti:

- per ciascun elemento, in base al suo assorbimento globale:  $0,01 S < \Delta S \leq 0,1 S$ ;
- per ciascuna sezione degli elementi sottoposti a misure dell'assorbimento dose per dose (dose = autobetoniera):  $0,01 S < \Delta S \leq 0,01 S$ .

La profondità "L" dovrà risultare conforme al progetto  $\cong 20$  cm, salvo diversa indicazione motivata dell'Ufficio di Direzione Lavori.

L'ordine di realizzazione dei singoli pannelli potrà essere fissato o variato a giudizio dell'Ufficio di Direzione Lavori, senza che perciò l'Appaltatore abbia diritto ad alcun speciale compenso.

L'Appaltatore è tenuto ad eseguire a suo esclusivo onere e spesa tutte le opere sostitutive e/o complementari che si rendessero necessarie per garantire piena funzionalità al diaframma in caso di esecuzione non conforme alle tolleranze stabilite.

## 19.5 Documentazione dei lavori

L'esecuzione di ogni elemento di diaframma dovrà comportare la registrazione su apposita scheda, compilata dall'Appaltatore in contraddittorio con l'Ufficio di Direzione Lavori, dei seguenti dati:

- identificazione del diaframma;
- data di inizio perforazione e di fine getto;
- risultati dei controlli eseguiti sul fango eventualmente usato per la perforazione;
- profondità effettiva raggiunta dalla perforazione;
- profondità del fondo cavo prima della posa del tubo getto;
- "Slump" del conglomerato cementizio;
- assorbimento totale effettivo del conglomerato cementizio e volume teorico dell'elemento diaframma;
- "profilo di getto" (andamento dello spessore medio effettivo lungo il diaframma) ove richiesto;
- risultati delle prove di rottura a compressione semplice di provini di conglomerato cementizio.

Alla documentazione generale dovrà inoltre essere allegata:

- una scheda con le caratteristiche delle polveri bentonitiche e relativi additivi eventualmente usati;
- caratteristiche geometriche costruttive degli eventuali giunti;
- una scheda con le caratteristiche dei componenti del conglomerato cementizio.

## ART. 20 Diaframmi in cemento armato

### 20.1 Definizione e campi di impiego

Si definiscono diaframmi in c.a. opere con funzione di sostegno, di fondazione, di difesa di fondazioni di

opere preesistenti o da costruire, di difese fluviali, traverse in alveo ecc., ottenute gettando il conglomerato cementizio entro cavi di forma planimetrica allungata realizzati nel terreno, di norma in presenza di fanghi bentonitici.

Tali strutture devono rispondere alle prescrizioni di cui al D.M. 11/03/1988 e successivi aggiornamenti.

I diaframmi possono costituire opere di sostegno, sia autoportanti che vincolate da puntelli o tiranti ancorati nel terreno; essi possono essere costituiti da elementi accostati, oppure staccati uno dall'altro per limitare l'ostacolo al deflusso della falda, oppure con giunti a tenuta idraulica, in modo da impedire qualunque filtrazione attraverso la parete;

In relazione alla tenuta idraulica dei diaframmi, si osserva che si definiscono "giunti a tenuta", elementi in cui la presenza d' acqua si manifesta esclusivamente sotto forma di "trasudazione" ed umidità nella zona di contatto fra pannelli adiacenti. Non sono quindi ammesse condizioni di trafilamento d'acqua o formazione di veri e propri fenomeni di circolazione idrica fra monte e valle della paratia, sia nella parte esposta, sia nella parte immersa nel terreno

Può essere prevista l'eventuale rifinitura della faccia a vista; la stuccatura e stilatura dei giunti con malta cementizia; la formazione di fori di drenaggio e convogliamento, nel numero e nella posizione prescritta.

Lo scavo dei diaframmi può avvenire con fango a riposo mediante l'impiego di benna mordente per la disaggregazione, la rimozione e l'evacuazione del materiale di risulta, avendo il fango la sola funzione di sostegno delle pareti di scavo.

In alternativa, lo scavo può essere eseguito con fango in movimento mediante idrofresa che realizza un taglio verticale continuo nel terreno, in un'unica passata, eliminando i detriti di scavo per via idraulica con circolazione rovescia del fluido di perforazione.

## 20.2 Norme di Riferimento

- D.M. del Ministero dei lavori Pubblici del 11/3/1988 "Norme Tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione".
- Circolare LL PP N° 30483 del 24/09/1988 "Istruzioni riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione".
- Norma UNI – EN 1538: "Esecuzione di lavori geotecnica speciali – Diaframmi" (2002)

## 20.3 Soggezioni geotecniche, geoidrologiche ed ambientali

L'esecuzione dei diaframmi presuppone da parte dell'Appaltatore la conoscenza, oltre che delle prescrizioni di Progetto circa la geometria dei diaframmi e la distribuzione dell'armatura, anche delle informazioni inerenti il terreno da attraversare.

In particolare, l'Appaltatore dovrà valutare con attenzione i seguenti particolari aspetti:

- presenza di strati altamente permeabili ( $D_{10} > 4$  mm), o cavità che possono essere causa di perdita improvvisa del fluido di stabilizzazione,
- presenza di terreni coesivi soffici che possono essere causa di instabilità dello scavo,
- presenza di strati di materiale duro o roccia, di massi rocciosi, che possono essere causa di difficoltà di attraversamento e richiedono l'uso di utensili speciali,
- presenza di livelli piezometrici artesiani,
- chimica dei materiali da attraversare e dell'acqua di falda, con presenza di componenti che possono avere effetti negativi sui materiali utilizzati nelle varie fasi di costruzione del diaframma

Dove sono previste condizioni di stretta interferenza con strutture confinanti alla zona di costruzione, si presuppone da parte dell'Appaltatore la conoscenza dello stato in essere. In particolare, dovranno essere eseguite anticipatamente tutte le opere di presidio dei terreni interrati dando luogo alla

preparazione dei piani di lavoro tali da garantire la corretta esecuzione dei diaframmi in condizioni di sicurezza, al fine di evitare possibili inconvenienti a cose o persone.

I sottoservizi, sottostrutture tubazioni e cavi elettrici, eventualmente presenti nel volume di terreno interessato dagli scavi, dovranno essere preventivamente individuati e deviati in modo da evitare che risultino danneggiati, o provochino danni, a seguito delle lavorazioni. E' obbligo dell'Appaltatore la verifica e la collaborazione con il Committente alla risoluzione del problema ai sensi della normativa vigente.

In presenza di terreni superficiali instabili (per esempio zone di riporto) o nelle zone di bonifica preventiva dalle strutture interrato esistenti demolite, dovranno essere realizzate tutte le azioni preventive a protezione del tratto di scavo instabile

Per gli aspetti e le problematiche esecutive relative a temi ambientali, quali presenza d'inquinanti nel terreno o restrizioni nella destinazione dei materiali di risulta, si rimanda integralmente a quanto prescritto dalla Normativa Nazionale e Regionale vigente e alle prescrizioni degli Enti preposti alla tutela ambientale.

Inoltre, durante le lavorazioni dovrà essere posta attenzione a:

- presenza di detriti provenienti dagli scavi e inquinati dai fanghi di perforazione che dovranno essere asportati dall'area di lavoro e trasportati nelle apposite discariche;
- rumori o vibrazioni causati dalle attrezzature operanti che dovranno essere contenuti entro i limiti tollerati dalla legislazione vigente (norme UNI9614 e ISO 2631 per il disturbo alle persone; UNI9916 e ISO4866 per il danneggiamento a edifici circostanti, sottoservizi e strutture in genere);
- lavorazioni in adiacenza a strade aperte al traffico o edifici abitati che dovranno essere eseguite con tutte le segnalazioni e le precauzioni idonee ad evitare danni a persone o cose;
- lavorazioni in adiacenza a linee elettriche aeree in esercizio, che dovranno svolgersi nel rispetto delle distanze prescritte.
- lavorazioni in adiacenza a linee ferroviarie.

La tecnica di perforazione sarà basata sull'impiego di fanghi bentonitici o eventualmente con fanghi polimerici biodegradabili, tenendo in opportuna considerazione le prescrizioni indicate dagli Enti aventi giurisdizione legislativa in materia di salvaguardia delle acque di falda.

Nel caso di terreni uniformemente argillosi e per profondità non eccedenti i limiti indicati successivamente, la perforazione potrà essere eseguita "a secco", quindi in assenza di fluido stabilizzante, sempreché le condizioni permettano di escludere la presenza di eccessivi fenomeni deformativi o di instabilità del cavo.

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

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

## 20.4 Tolleranze geometriche

I diaframmi dovranno essere realizzati nella posizione e con le dimensioni definite nel Progetto, adottando le seguenti tolleranze ammissibili, salvo più rigorose limitazioni indicate in Progetto costruttivo:

### Diaframmi aventi funzione di opera di sostegno agli scavi

- Posizione planimetrica dell'asse longitudinale rispetto al teorico  $\leq 20$  mm verso lo scavo,  $\leq 50$  mm contro terra, valutato a testa diaframma.
- Verticalità assoluta  $\leq 1\%$  in entrambe le direzioni e lungo qualsiasi direttrice verticale; con idrofresa si riduce il limite si riduce a  $\leq 0.5\%$ .

Nel caso di diaframmi a tenuta idraulica dovrà essere garantita una tolleranza pari al valore minimo fra i due seguenti valori:

0.5% o  $S/(6L)$  ( $S$  = Spessore;  $L$  = profondità del diaframma).

- Quota testa diaframma:  $\pm 50$  mm rispetto al teorico
- Eventuali protuberanze non dovranno eccedere di 60 mm rispetto al piano medio interno della paratia.

#### Elementi singoli aventi funzione di fondazione profonda

- Posizione planimetrica  $\pm 50$  mm rispetto al teorico nelle due direzioni ortogonali
- Verticalità assoluta  $\leq 2\%$  in entrambe le direzioni e lungo qualsiasi direttrice verticale; con idrofresa si riduce il limite si riduce a  $\leq 0.8\%$ .
- Quota testa diaframma:  $\pm 50$  mm rispetto al teorico

In generale, per entrambi i casi, valgono inoltre i seguenti criteri costruttivi:

- le tolleranze  $\Delta S$  sullo spessore, verificate in base ai volumi di conglomerato cementizio assorbito, sono le seguenti:
  - per ciascun elemento, in base al suo assorbimento globale:  $-0,01S < \Delta S < 0,1S$
  - per ciascuna sezione degli elementi sottoposti a misure dell'assorbimento dose per dose (dose = autobetoniera):  $-0,01S < \Delta S < 0,01S$
- la profondità "L" dovrà risultare conforme al Progetto  $\pm 150$  mm.
- la posizione di eventuali inserti, elementi di collegamento strutturali (manicotti, fazzoletti saldati:  $\pm 75$  mm rispetto al quota teorica verticale)
- tolleranza verticale sulla posizione della gabbia:  $\pm 50$  mm rispetto al quota teorica verticale.

L'ordine di realizzazione dei singoli pannelli potrà essere fissato o variato a giudizio della Direzione Lavori, senza che perciò l'Appaltatore abbia diritto ad alcuno speciale compenso.

L'Appaltatore è tenuto ad eseguire a suo esclusivo onere e spesa tutte le opere sostitutive e/o complementari che a giudizio della Direzione Lavori si rendessero necessarie per garantire piena funzionalità al diaframma in caso di esecuzione non conforme alle tolleranze stabilite.

## **20.5 Preparazione del piano di lavoro**

L'Appaltatore dovrà predisporre, lungo il tracciato planimetrico del diaframma, due cordoli guida in conglomerato cementizio debolmente armato gettati esternamente contro terra, delle dimensioni non inferiori a 25 cm di larghezza e 80÷100 cm di profondità dal piano di lavoro, distanti tra loro dello spessore del diaframma aumentato di 4÷6 cm, allo scopo di definire la posizione degli utensili di scavo, di assicurare un riferimento stabile per il posizionamento delle armature e di evitare il franamento del terreno nella fascia di oscillazione del livello del fango.

Qualora lungo il tracciato del diaframma venga accertata la presenza di manufatti, canalizzazioni, tubazioni, sarà necessario approfondire i cordoli stessi al disotto degli ostacoli o in alternativa potrà essere eseguita una bonifica del terreno interessato. Quest'ultimo dovrà essere sostituito con calcestruzzo magro o misto stabilizzato, fino alla quota interessata dai lavori di risanamento.

La testa dei cordoli guida e della piattaforma di lavoro dovranno essere poste ad 1.5 m sopra la quota di massima fluttuazione del livello di falda, tenendo in conto degli eventuali fenomeni di artesianesimo.

Nella realizzazione dei cordoli si dovrà aver cura di posizionare con precisione le cassature, in modo da ottenere che la linea mediana delle corree non si discosti dalla posizione planimetrica del diaframma in misura superiore a  $\pm 20$  mm.

Durante le operazioni di scavo, i cordoli guida dovranno essere reciprocamente puntellati.

Per diaframmi in alveo in presenza di battente d'acqua fluente, l'Appaltatore predisporrà la fondazione di un piano di lavoro a quota sufficientemente elevata rispetto a quella dell'acqua per renderlo transitabile ai mezzi semoventi portanti le attrezzature di infissione o di perforazione e relativi accessori e di tutte le

altre attrezzature di cantiere

## 20.6 Perforazione

### 20.6.1 Attrezzatura

Il tipo, la potenza e la capacità operativa delle attrezzature dovranno in ogni caso essere adeguate alla consistenza del terreno da attraversare, alle caratteristiche e dimensioni dei diaframmi da eseguire nei tempi previsti. Marcature disposte ad intervalli regolari (1m-2m) sugli organi di manovra degli utensili di scavo dovranno consentire il rapido apprezzamento della profondità alla quale gli utensili stanno operando. La verticalità delle aste di guida rigide dovrà essere controllata da un indicatore a pendolo disposto sulle stesse.

L' attrezzatura di scavo dovrà essere dotata di opportuni sistemi meccanici e/o elettronici per il controllo e la registrazione della profondità di scavo.

Per la verifica e la registrazione della deviazione dello scavo sono richiesti inclinometri biassiali montati sull'utensile di scavo o su apposito testimone calato nello scavo ultimato o, in alternativa, mediante sistemi basati sul metodo di "eco-scandaglio" delle pareti del foro.

Nel caso sia utilizzata l'idrofresa, sull'attrezzatura deve essere sempre previsto un sistema di correzione attivo della deviazione di scavo in direzione longitudinale e trasversale, con relativo monitoraggio e registrazione in tempo reale dell'effettiva geometria. Qualora L' Appaltatore lo ritenga necessario, lo stesso tipo modalità di correzione potrà essere previsto anche per attrezzature di scavo con Benne mordente, mediante appositi sistemi meccanici montati sul corpo dell'utensile.

### 20.6.2 Perforazione a secco

Può esser effettuata esclusivamente nei terreni coesivi di media o elevata consistenza (coesione non drenata  $> 0,03$  MPa) non fessurati, esenti da intercalazioni incoerenti e non interessati da falde che possano causare ingresso di acqua nel foro con trascinamento di materiale e franamenti; essendo le massime profondità raggiungibili in funzione della coesione non drenata del terreno, dovrà essere rispettata la seguente condizione:

$$L \leq 250 Cu$$

Dove «L» è la profondità massima raggiungibile espressa in metri e «Cu» è la coesione non drenata espressa in MPa.

### 20.6.3 Perforazione in presenza di fluido di stabilizzazione

Il fluido di stabilizzazione dovrà essere preparato, trattato e controllato seguendo le modalità descritte nell'articolo specifico.

La perforazione sarà eseguita mediante benna mordente o idrofresa; Nel primo caso, il corpo dell'utensile dovrà lasciare uno spazio tra esso e la parete del foro di ampiezza sufficiente ad evitare "effetti pistone" allorché l'utensile è sollevato.

Le benne dovranno avere conformazione tale da non lasciare sul fondo del foro detriti smossi o zone di terreno rimaneggiato.

La benna mordente sarà provvista delle aperture per la fuoriuscita del fango all'atto dell'estrazione.

Nell'idrofresa, i detriti, sono rimossi e disgregati dalle due ruote fresanti in movimento rotativo sincrono opposto e, in sospensione nel fluido di perforazione, sono convogliati ad una stazione di trattamento dei fanghi, mediante una pompa installata all'interno del corpo fresante.

Con entrambe le attrezzature di scavo, il livello del fango nel foro dovrà essere in ogni caso più alto della massima quota piezometrica delle falde presenti nel terreno lungo la perforazione.

Il franco dovrà risultare di norma non inferiore a 1,00 m e all'atto dell'estrazione dell'utensile dal foro non dovrà essere minore di 0,70 e comunque, il livello del fango non dovrà scendere al disotto del piano di imposta dei cordoli guida. A tale scopo si potrà disporre di una sufficiente polmone all' interno dei cordoli guida stessi.



Nel caso di utilizzo di idrofresa, si dovrà comunque prevedere che i primi metri dello scavo siano condotti con benna mordente/ braccio rovescio almeno fino al raggiungimento della profondità necessaria per avere una colonna di fluido d' innesco della pompa di aspirazione del fango incorporata nell'idrofresa.

Ciascun tratto di diaframma sarà eseguito in due fasi: si procederà dapprima alla perforazione ed al getto di elementi alterni (primari) e si completerà il tratto in seconda fase, con l'esecuzione degli elementi di chiusura (secondari) ad avvenuta presa del conglomerato cementizio di quelli eseguiti in prima fase.

Nel proporre diverse lunghezze di scavo rispetto a quanto indicato nel Progetto, Appaltatore dovrà tener conto delle esigenze costruttive dell'opera, della natura del terreno, della profondità di scavo, della sicurezza delle opere adiacenti.

Nei casi in cui è comprovata la stabilità dello scavo (mediante analisi numeriche, esperienze eseguite o prove preliminari) può essere ammessa l'esecuzione di elementi multipli gettati in un'unica fase.

L'impianto di preparazione e stoccaggio dei fanghi di stabilizzazione, dovrà essere dimensionato in modo tale da assicurare una quantità di fango disponibile non inferiore al volume totale del pannello di maggiori dimensioni previste nel Progetto, in modo da garantire una sufficiente alimentazione in caso di perdita improvvisa del fango all'interno dello scavo.

Qualora non fosse possibile ripristinare il livello con opportuni volumi di fango, l'Appaltatore dovrà sempre prevedere di riempire lo scavo con materiale stabile e riscavabile (magrone o similare).

Al termine della perforazione si dovrà procedere alla pulizia dei detriti rimasti sul fondo e alla parziale o totale sostituzione totale del fango presente nel pannello al fine di riportarlo alle caratteristiche richieste per l'esecuzione del getto, come indicato all' articolo specifico. I controlli del fango prima del getto dovranno essere eseguiti a più livelli (con la quota più profonda a 50 cm dal fondo).

Le operazioni dovranno essere programmate e condotte in modo da evitare interazioni pregiudizievoli alla buona riuscita del lavoro tra elementi in corso di esecuzione o appena ultimati.

Qualora si accertasse l'impossibilità di fare eseguire immediatamente il getto all'ultimazione della perforazione (per sosta notturna, difficoltà di approvvigionamento del conglomerato cementizio o qualunque altro motivo), si dovrà interrompere la perforazione almeno un metro sopra alla profondità finale prevista e riprenderla successivamente, in modo da ultimarla nell'imminenza del getto.

Il materiale di risulta dovrà essere sistematicamente smaltito, secondo la legislazione vigente.

#### **20.6.4 Attraversamento di trovanti e/o formazioni rocciose**

Nel caso di benna mordente, in presenza nel terreno di trovanti lapidei, non estraibili con i normali metodi di estrazione, o di strati rocciosi o cementati e per conseguire un'adeguata immorsatura del diaframma nei substrati rocciosi di base si farà ricorso all'impiego di scalpelli frangiroccia azionati a percussione, di peso e forma adeguati.

L'uso di queste attrezzature dovrà essere frequentemente alternato a quello della benna o del secchione, che hanno il compito di estrarre dal foro i materiali di risulta.

In alternativa l'Appaltatore potrà anche prevedere una serie di fori preliminari di alleggerimento eseguiti a rotazione con altre attrezzature di perforazione, in anticipo sullo scavo con benna mordente.

Nel caso dell'idrofresa, essa consente l'attraversamento di terreni di qualsiasi tipo e dei materiali lapidei in forma di strati o banchi omogenei.

La rimozione di eventuali trovanti isolati potrà avvenire per distruzione degli stessi o per rimozione con benna mordente, in funzione delle dimensioni e della natura dei materiali.

#### **20.6.5 Controlli**

La Direzione Lavori controllerà in fase di esecuzione del perforo la rispondenza delle stratigrafie di Progetto con quelle effettive.

In presenza di eventuali discordanze o nel caso che alla base del diaframma si rinvenga un terreno più compressibile e/o molto meno resistente del previsto, o comunque altre anomalie, la Direzione Lavori ne darà notizia al Progettista, il quale procederà al riesame delle condizioni progettuali provvedendo alle opportune modifiche.

Durante la perforazione saranno continuamente condotti i controlli sulla qualità del fango stabilizzante, riportandolo se necessario entro i limiti previsti nello specifico articolo, registrandoli su un opportuno modulo di cantiere.

La misura di profondità verrà verificata mediante l'apposito strumento montato sull' attrezzatura di scavo. In alcuni pannelli al termine della perforazione La Direzione Lavori si riserverà la possibilità di misurare la profondità del cavo operando con uno scandaglio in più punti di esso.

Nel caso di misura delle deviazioni, i dati monitorati dovranno essere restituiti mediante opportuni diagrammi riportanti l'andamento dell'asse pannello con la profondità nella direzione trasversale e longitudinale.

## 20.7 Armature metalliche

Le armature metalliche dovranno essere realizzate in conformità alle indicazioni di Progetto e rispondere alle prescrizioni del presente Capitolato Speciale e delle normative per le costruzioni in cemento armato.

Le armature metalliche verticali saranno costituite da barre ad aderenza migliorata; verranno pre-assemblate fuori opera in «gabbie»; i collegamenti saranno ottenuti con doppia legatura in filo di ferro, mediante punti di saldatura elettrica.

Le armature trasversali saranno costituite da riquadri o staffe a più braccia, con ampio spazio libero centrale per il passaggio del tubo di getto; esse saranno di norma esterne alle armature verticali. Al fine di irrigidire le gabbie d'armatura dovranno essere predisposti i necessari ferri diagonali, ad  $\Omega$ , di irrigidimento.

In casi particolari possono essere previsti opportuni telai di movimentazione per il sollevamento e trasporto delle gabbie in sicurezza ed in assenza di deformazioni.

L'impiego di profilati metallici è consentito, purché la configurazione delle armature sia tale da assicurare il completo piazzamento del fango stabilizzante e che durante il getto si garantisca un continuo immersionamento degli elementi metallici nel calcestruzzo. Tale condizione dovrà essere verificata preventivamente con prove in scala reale che dimostrino, dopo il getto la totale assenza di sacche di fango di perforazione misto a terreno intrappolate nel calcestruzzo in prossimità delle superfici di contatto con l'acciaio.

In caso di gabbie composte da più elementi verticali, la giunzione verrà realizzata con sovrapposizione o manicotti.

Le gabbie di armatura saranno dotate di opportuni distanziatori non metallici atti a garantire la centratura dell'armatura ed un copriferro netto minimo rispetto alla parete di scavo di 75 mm.

Si richiede l'adozione di rotelle cilindriche in conglomerato cementizio (diametro 12÷15 cm, larghezza > 6 cm) con perno in tondino metallico fissato a due ferri verticali contigui. I centratori saranno posti a gruppi di 3÷4 regolarmente distribuiti sul periodo e con spaziatura verticale di 3,0÷4,0 m.

Per le armature verticali si ammette:

- l'uso di ferri raggruppati;
- la distribuzione su doppio strato purché la distanza fra i ferri sia almeno due volte il diametro massimo degli inerti.

L'intervallo netto minimo tra due barre adiacenti, misurato lungo il perimetro che ne unisce i centri, dovrà essere:

- $\geq 80$  mm, con aggregati aventi dimensione  $\leq 20$  mm
- $\geq 100$  mm con aggregati aventi dimensione inferiore  $\leq 25$  mm
- $\geq 140$  mm con aggregati aventi dimensione inferiore  $\leq 32$  mm.

Per inerti con diametro inferiore a 25 mm, nella zona di sovrapposizione di due elementi verticali delle gabbie è ammessa la riduzione dell'intervallo netto di 80 mm.

La distanza minima dei ferri trasversali dovrà essere pari a 200, che può essere ridotta a 150 mm con aggregati aventi dimensione inferiore o uguale a 20 mm.



Le gabbie di armatura dovranno essere perfettamente pulite ed esenti da ruggine, messe in opera prima dell'inizio del getto mantenute in posto sostenendole dall'alto, evitando in ogni caso di appoggiarle sul conglomerato cementizio già in opera o sul fondo del cavo.

La distanza minima fra il fondo dello scavo e la gabbia di armatura dovrà essere pari a 200 mm.

## 20.8 Getto

### 20.8.1 Preparazione e trasporto del calcestruzzo

In accordo con le norme UNI-EN206, il calcestruzzo dovrà essere di classe S4 o S5; si raccomanda un «slump» al cono di Abrahams >18; per le modalità da seguire nello «Slump Test» per la determinazione dell'abbassamento, si richiama espressamente quanto prescritto nella norma UNI EN 12350-2.

Il calcestruzzo dovrà essere fornito con dichiarazione di conformità del prodotto e dei certificati di conformità (marchiatura CE) per i materiali impiegati nel suo confezionamento.

Per soddisfare entrambi questi requisiti potrà essere aggiunto all'impasto un idoneo additivo superfluidificante non aerante; è ammesso altresì l'uso di ritardanti di presa o superfluidificanti con effetto ritardante (UNI EN 934-2).

I prodotti commerciali che l'Appaltatore si propone di usare dovranno essere sottoposti all'esame ed all'approvazione preventiva della Direzione Lavori. I mezzi di trasporto dovranno essere tali da evitare segregazioni dei componenti.

Il conglomerato cementizio dovrà essere confezionato e trasportato con un ritmo tale da consentire di completare il getto di ciascun elemento di diaframma senza soluzione di continuità e nel più breve tempo possibile.

La centrale di confezionamento dovrà quindi consentire l'erogazione nell'unità di tempo di volumi di conglomerato cementizio almeno doppi di quelli teorici richiesti, secondo le prescrizioni di cui al punto seguente.

### 20.8.2 Posa in opera del calcestruzzo

Il conglomerato cementizio sarà posto in opera a caduta o mediante pompa, impiegando un tubo di convogliamento costituito da elementi di opportuna lunghezza. Nel primo caso, il tubo dovrà avere un diametro minimo di 20 cm÷25 cm; nel secondo caso, un diametro minimo di 15 cm e comunque non inferiore a 6 volte il diametro massimo degli inerti.

L'interno dei tubi sarà pulito, privo di irregolarità e strozzature.

Le giunzioni tra sezione e sezione dei tubi dovranno garantire la perfetta tenuta idraulica (con filettatura o innesto con guarnizione).

Nel metodo a caduta, il tubo sarà provvisto, all'estremità superiore, di una tramoggia di carico avente una capacità di almeno 0.5-0.6 m<sup>3</sup>, e mantenuto sospeso da un mezzo di sollevamento.

Prima di installare il tubo getto sarà eseguita una ulteriore misura del fondo foro; qualora lo spessore del deposito superi i 20 cm si provvederà all'estrazione della gabbia d'armatura ed alle operazioni di pulizia.

Il tubo di convogliamento sarà posto in opera arrestando il suo piede a 30 cm dal fondo della perforazione; al fine di evitare azioni di contaminazione/dilavamento del primo calcestruzzo gettato, prima di iniziare il getto si disporrà entro il tubo, in prossimità del suo raccordo con la tramoggia, un tappo formato da una palla di malta plastica oppure da uno strato di 30 cm di spessore di vermiculite granulare o da palline di polistirolo galleggianti sul liquido, oppure ancora da un pallone di plastica. Per diaframmi perforati a secco non occorre alcun tappo alla sommità di separazione.

All'inizio del getto si dovrà disporre di un volume di conglomerato cementizio pari a quello del tubo getto di almeno 3÷4 m di diaframma.

Durante il getto il tubo convogliatore sarà opportunamente manovrato per un'ampiezza di 20÷30 cm, in modo da favorire l'uscita e la risalita del calcestruzzo.

Previa verifica del livello raggiunto, utilizzando uno scandaglio metallico a fondo piatto, il tubo di

convogliamento sarà accorciato per tratti successivi nel corso del getto, sempre conservando un'immersione minima nel calcestruzzo di 2.5 m.

Il getto dovrà essere alimentato con una cadenza effettiva, inclusi tutti i tempi morti, non inferiore a 25 m<sup>3</sup>/h. e, in ogni caso, dovrà essere considerato un rifornimento che, in funzione del volume del pannello, garantisce una velocità di risalita minima del getto di 3m/h., con un interruzione mai superiore ai 20 minuti. Il getto di un pannello dovrà comunque essere completato in un tempo tale che il calcestruzzo rimanga sempre lavorabile. In presenza di pannelli di lunghezza superiore a 4 m, devono essere previsti due o più tubi getto secondo le seguenti prescrizioni:

- distanza fra i tubi < 3 m,
- distanza di ogni tubo getto dall'estremità più vicina del pannello < 2m.

In questo caso i tubi dovranno essere alimentati in modo sincrono per assicurare la risalita uniforme del calcestruzzo.

Per nessuna ragione il getto dovrà venire sospeso prima del totale riempimento del pannello. Il getto proseguirà fino a che il calcestruzzo non contaminato di fango avrà raggiunto il livello prescritto di Progetto. All'atto dell'esecuzione del getto dovrà essere controllata la regolarità dell'assorbimento del calcestruzzo, misurando le profondità raggiunte nell'elemento in corso di getto, ogni 6-8 m<sup>3</sup> di calcestruzzo immesso.

### 20.8.3 Controlli

Si dovrà provvedere all'esecuzione di:

- una prova con il cono di ABRAMS per ogni betoniera o 8 m<sup>3</sup> di conglomerato cementizio impiegato secondo le norme UNI EN 12350-2;
- il rilievo della quantità di conglomerato cementizio impiegato per ogni elemento di diaframma;
- ogni 10 elementi ed ogni qualvolta la Direzione Lavori lo richieda, il rilievo dose per dose (dose = autobetoniera) del livello del conglomerato cementizio entro il foro in corso di getto, in modo da poter ricostruire l'andamento dello spessore medio effettivo lungo il diaframma (profilo di getto); s'impiegherà allo scopo uno scandaglio a base piatta.
- una serie di prove di carico a rottura su cubetti di conglomerato cementizio prelevati in numero e con modalità conformi a quanto prescritto nel presente Capitolato Speciale e la Normativa vigente, ed inoltre secondo quanto eventualmente richiesto dalla Direzione Lavori o specificatamente indicato nel Progetto.

## 20.9 Formazione dei giunti

Nei casi in cui sia richiesta l'impermeabilità del diaframma o la collaborazione statica tra gli elementi che lo compongono, i giunti tra gli elementi dovranno essere opportunamente conformati.

A tale scopo prima del getto degli elementi primari, si poseranno ai due estremi del pannello da gettare e per tutta la profondità due casseforme metalliche a sezione circolare (o di diversa sezione opportunamente sagomata ed approvata dalla Direzione Lavori).

A presa iniziata, si provvederà ad estrarre le casseforme mediante un'opportuna attrezzatura oleodinamica, ripetendo l'operazione in tempi successivi qualora le dimensioni dell'elemento comportino durate del getto notevoli e quindi tempi di presa scaglionati per le diverse fasce di profondità di ciascun elemento. A presa ultimata per tutto il pannello si provvederà all'estrazione completa delle casseforme.

In alternativa, le casseforme potranno essere rimosse a presa avvenuta, per strappo laterale da effettuarsi durante lo scavo del pannello secondario.

La superficie esterna delle casseforme dovrà essere continua, liscia, priva di incrostazioni ed all'occorrenza spalmata di un prodotto disarmante, in modo da permettere l'esecuzione agevole delle operazioni sopra indicate, senza danni per il getto.

Nello scavo dei pannelli secondari) si dovrà aver cura di pulire la sagoma lasciata dal tubo-spalla, mediante opportuni raschiatori montati sull'utensile di scavo

In funzione delle prescrizioni di Progetto, per una migliore garanzia di tenuta idraulica del giunto, in aggiunta

alla particolare sagomatura fornita dalla cassaforma può essere richiesto l'impiego di "water-stop" in materiale plastico (HDPE o PVC), inserito permanentemente e trasversalmente al giunto di due pannelli adiacenti per tutta o parziale profondità.

Qualora sia utilizzata l'idrofresa è possibile realizzare i giunti senza l'impiego di cassetta metallica, provvedendo ad alesare i pannelli primari già gettati. Per la formazione del giunto fresato la dimensione della lingua di terreno non scavato tra due pannelli primari adiacenti dovrà essere minore della dimensione del corpo fresante. In questo modo si assicura, con il pannello secondario intermedio, un'adeguata sovrapposizione che tenga conto delle deviazioni durante lo scavo. In presenza di scavi sotto falda la sovrapposizione teorica deve essere  $\geq 0.7\%$  della profondità di scavo dei pannelli con un minimo di 10 cm.

## 20.10 Lavori Complementari

È obbligo assoluto che la scapitozzatura delle teste dei diaframmi sia eseguita sino alla completa eliminazione di tutti i tratti in cui le caratteristiche del diaframma non rispondono a quelle previste da Progetto.

In tal caso è onere dell'Appaltatore procedere al ripristino del diaframma sino alla quota di sottopinto o alla quota testa diaframma di Progetto.

Nel caso che, durante l'eventuale scopertura del paramento in vista del diaframma, si riscontrassero difetti di esecuzione (quali soluzioni di continuità nel conglomerato, non perfetta tenuta dei giunti di collegamento, sbulbature fuori sagome media ecc.), sarà onere dell'Appaltatore adottare a sua cura e spese i provvedimenti che saranno necessari a giudizio insindacabile della Direzione Lavori.

In particolare per i giunti, eventuali interventi di riparazione mediante iniezioni cementizie, iniezioni con resine speciali o jet-grouting a tergo, dovranno essere proposti dall'Appaltatore, a cui saranno addebitati i maggiori oneri eventualmente derivanti.

## 20.11 Documentazione dei lavori

Prima dell'inizio dei lavori, l'Appaltatore dovrà presentare una documentazione generale comprendente, ma non solo ad essa limitata:

- la numerazione e la sequenza esecutiva dei pannelli, definita sulla base delle attrezzature selezionate e compatibile con i criteri di Progetto
- le schede di qualificazione dei prodotti utilizzati;
- le caratteristiche geometriche costruttive degli eventuali giunti;
- le caratteristiche dei componenti del conglomerato cementizio e relative prove di qualificazione del calcestruzzo in accordo con le norme UNI EN 206 e relativa dichiarazione di conformità in accordo al regolamento (UE) 305/2011 e Dlgs 106/2017.

L'esecuzione di ogni elemento di diaframma dovrà comportare la registrazione su apposita scheda dei seguenti dati:

- identificazione del pannello;
- data e ora di inizio/fine perforazione e di inizio/fine getto;
- risultati dei controlli eseguiti sul fango eventualmente usato per la perforazione;
- profondità effettiva raggiunta dalla perforazione;
- diagramma di deviazione dall'asse teorico verticale nelle due direzioni (ove richiesto);
- profondità del fondo cavo prima della posa del tubo getto;
- «Slump» del conglomerato cementizio;
- assorbimento totale effettivo del conglomerato cementizio e volume teorico dell'elemento diaframma;
- «profilo di getto» su tutti i pannelli;
- risultati delle prove di rottura a compressione semplice di provini di conglomerato cementizio.

## 20.12 Prove preliminari

### 20.12.1 Prove tecnologiche

Le modalità scelte dall'Appaltatore per la realizzazione dei diaframmi di progetto dovranno essere messe a punto prima di dare inizio ai lavori attraverso la realizzazione di un adeguato numero di "diaframmi di prova delle tecnologie esecutive".

I diaframmi di prova dovranno essere eseguiti alla presenza della Direzione Lavori in aree rappresentative dal punto di vista geotecnico e idrogeologico, prossime a quelle dei diaframmi di progetto. Il numero dei diaframmi di prova dovrà essere non minore dello 0,5% del numero dei diaframmi di progetto, con un minimo di uno.

In ogni caso dovranno essere seguite le prescrizioni della Direzione Lavori, cui spetta l'approvazione delle modalità esecutive.

Qualora l'Appaltatore proponga durante il corso dei lavori di variare le modalità esecutive già inizialmente sperimentate ed approvate, egli dovrà ripetere le prove tecnologiche sopra descritte ed ottenere nuovamente l'approvazione da parte della Direzione Lavori.

Ciò premesso, va inteso che le prove tecnologiche sono totalmente a carico dell'Appaltatore.

### 20.12.2 Prove di progetto

Nel caso di diaframmi aventi funzione portante verticale, la Direzione Lavori potrà disporre l'esecuzione di ulteriori "prove di progetto" su "diaframmi pilota" appositamente realizzati per la determinazione della capacità resistente, in analogia a quanto previsto per i pali di fondazione dal D.M. 17/01/2018 (cap.6.4.3.7.1).

Le prove di progetto devono essere spinte fino a valori del carico assiale tali da portare a rottura il complesso diaframma-terreno, o comunque tali da consentire di ricavare significativi diagrammi dei cedimenti della testa del diaframma in funzione dei carichi e dei tempi.

In ogni caso l'Appaltatore dovrà seguire le indicazioni fornite dalla Direzione Lavori.

Gli oneri per l'esecuzione delle prove di progetto ordinate dalla Direzione Lavori verranno compensate all'Appaltatore.

## 20.13 Prove di controllo sugli elementi di diaframma

### 20.13.1 Prove di carico per i soli elementi di diaframma con funzione portante verticale

Nel caso di diaframmi aventi funzione portante verticale ci si comporterà in analogia a quanto previsto per i pali di fondazione. Pertanto, in ottemperanza al DM17/01/2018 (cap. 6.4.3.7.2), sui diaframmi devono essere eseguite prove di carico statiche di verifica per controllarne principalmente la corretta esecuzione e il comportamento sotto le azioni di progetto. Tali prove devono pertanto essere spinte ad un carico assiale pari a 1,5 volte l'azione di progetto utilizzata per le verifiche SLE.

Il numero e l'ubicazione delle prove di verifica devono essere stabiliti in base all'importanza dell'opera e al grado di omogeneità del terreno di fondazione; in ogni caso il numero di prove non deve essere inferiore al 2% del totale del numero degli elementi, con un minimo di due.

La scelta dei diaframmi di prova è di competenza della Direzione Lavori che dovrà tenere in conto la necessità di testare, per quanto possibile, tutte le diverse situazioni del sottosuolo.

Al momento della prova il calcestruzzo del diaframma dovrà avere almeno ventotto giorni di stagionatura.

Il programma esecutivo della prova, sia per quanto riguarda lo schema di applicazione del carico (numero degli step e tempi di mantenimento a carico assiale costante, numero e caratteristiche dei cicli di carico-scarico, ...), sia per quanto riguarda la lettura dei cedimenti (frequenza delle letture, criteri per individuare l'avvenuta stabilizzazione del cedimento, ...), dovrà di norma essere conforme alle raccomandazioni contenute nel Capitolato Speciale d'Appalto ANAS – Parte 2° Norme Tecniche (cap. 4.1.1.4. Programma di carico), fatte salve differenti e più ristrette prescrizioni fornite dalla Direzione Lavori in ragione delle specifiche condizioni stratigrafiche e natura dei terreni.

Il carico sarà applicato mediante un martinetto, contrastato mediante un'adeguata zavorra o elementi di reazione, il cui manometro (o cella di carico) dovrà essere corredato da un certificato di taratura con data non anteriore ad un mese.

Le misure dei cedimenti dovranno essere rilevate mediante quattro micrometri centesimali, interposti tra la testa dell'elemento di diaframma e una struttura porta micrometri solidale al terreno in punti sufficientemente distanti dall'elemento di prova e dal sistema di contrasto, così da evitare l'influenza delle operazioni di carico e scarico.

I supporti di tale struttura devono distare non meno di 3,0 m dall'elemento di diaframma di prova e non meno di 3 volte lo spessore dell'elemento di prova, e non meno di 2,0 m dall'impronta della zavorra o da elementi di diaframma di reazione. La struttura portamicrometri dovrà essere protetta da vibrazioni e urti accidentali e schermata dai raggi solari per minimizzare le deformazioni di natura termica.

Di ciascuna prova dovrà essere redatto apposito verbale, controfirmato dalle parti, nel quale saranno riportati tra l'altro: data e ora di ogni variazione di carico, entità del carico, le letture ai micrometri e il diagramma di carichi-cedimenti. Al verbale saranno allegati i certificati di taratura del manometro (o cella di carico).

In taluni casi la Direzione Lavori potrà richiedere l'esecuzione di prove di carico orizzontali; date le peculiarità di tale tipologia di prova, le modalità esecutive e il programma di carico dovranno essere di volta in volta stabilite dalla Direzione Lavori e riportate sul verbale di prova.

### 20.13.2 Controlli non distruttivi

Scopo dei controlli non distruttivi è quello di verificare le caratteristiche geometriche e meccaniche degli elementi di diaframma non compromettendone l'integrità strutturale.

A tale scopo potrà essere richiesta l'esecuzione di:

- a) prove geofisiche;
- b) carotaggio continuo meccanico;
- c) scavi attorno al fusto del palo.

#### 20.13.2.1 Prove geofisiche

Esse sono eseguite mediante emissione di impulsi direttamente lungo il fusto entro tubi metallici precedentemente predisposti ed annegati nel getto.

Il numero dei controlli sarà di volta in volta stabilito dalla Direzione Lavori anche in relazione all'importanza dell'opera, alle caratteristiche geotecniche e idrogeologiche dei terreni di fondazione e alle anomalie riscontrate durante l'esecuzione dei diaframmi.

Almeno il 50% dei pannelli dovranno essere attrezzati con i tubi metallici estesi a tutta la profondità dell'elemento, entro cui potranno scorrere le sonde di emissione e ricezione. I tubi metallici saranno solidarizzati alla gabbia di armatura, resi paralleli tra loro e protetti dall'ingresso di materiale.

I tubi saranno disposti a coppie contrapposte lungo i lati maggiori del pannello, in numero comunque non inferiore a quattro (vertici del pannello), rispettando una distanza massima fra i tubi di 2.50 m o comunque in funzione delle capacità dei sensori emittenti e riceventi.

Le prove d'integrità verranno eseguite non prima di 28 giorni dal termine delle operazioni di getto. La Direzione Lavori potrà richiedere la ripetizione delle prove con un tempo di maturazione anche superiore.

I percorsi di misura verranno eseguiti per tutte le combinazioni possibili di allineamento fra i tubi presenti nel pannello.

Le prove dovranno essere eseguite alternando entro i fori le posizioni delle sonde trasmittente e ricevente.

Gli elementi di diaframma da sottoporre a controllo mediante prove geofisiche saranno prescelti dalla Direzione Lavori su almeno il 20% del numero totale dei pannelli con un minimo di 4.

#### 20.13.2.2 Carotaggio continuo meccanico

Il carotaggio dovrà essere eseguito con utensili e attrezzature tali da garantire la verticalità del foro e consentire il prelievo continuo, allo stato indisturbato, del conglomerato e se richiesto del sedime di



imposta.

Allo scopo saranno impiegati doppi carotieri provvisti di corona diamantata aventi diametro interno minimo non inferiore a 1.2 volte il diametro massimo degli inerti e comunque non inferiore a 60 mm.

Nel corso della perforazione dovranno essere rilevate le caratteristiche macroscopiche del conglomerato e le discontinuità eventualmente presenti, indicando in dettaglio la posizione e il tipo delle fratture, le percentuali di carotaggio, le quote raggiunte con ogni singola manovra di avanzamento.

All' interno del foro potranno essere richiesta la predisposizione e l'esecuzione di prove di permeabilità o la predisposizione di tubazione per l' esecuzione di carotaggi sonici.

Su alcuni spezzoni di carota saranno eseguite prove di laboratorio atte a definire le caratteristiche fisiche, meccaniche e chimiche. Al termine del carotaggio si provvederà a riempire il foro mediante boiacca di cemento immessa dal fondo foro. Il carotaggio si eseguirà in corrispondenza di quegli elementi di diaframma ove si fossero manifestate inosservanze rispetto al presente Capitolato Speciale di Appalto e alle disposizioni della Direzione Lavori.

#### 20.13.2.3 Scavi attorno al fusto del diaframma

Saranno richiesti dalla Direzione Lavori, ogni qualvolta si nutrano dubbi sulla verticalità e regolarità della sezione nell'ambito dei primi 4,0 - 5,0 m di diaframma.

Il fusto del diaframma dovrà essere messo a nudo e pulito con un violento getto d'acqua e reso accessibile all'ispezione visiva.

Successivamente si provvederà a riempire lo scavo con materiali e modalità di costipamento tali da garantire il ripristino della situazione primitiva.

Tali operazioni saranno eseguite in corrispondenza di quegli elementi del diaframma ove si fossero manifestate inosservanze rispetto al presente Capitolato Speciale di Appalto e alle disposizioni della Direzione Lavori.

## **ART. 20 – Opera di protezione spondale**

### **20.1 Formazione di protezione spondale in massi naturali**

Di norma il peso del materiale, deve essere determinato con l'impiego della bilancia a bilico; in casi particolari, riconosciuti dall'Ufficio di Direzione Lavori, mediante ordine di servizio, la determinazione del peso dei massi naturali può essere effettuata mediante mezzi galleggianti stazzati.

L'operazione di pesatura verrà effettuata in contraddittorio tra dall'Ufficio di Direzione Lavori, o suoi rappresentanti; le parti firmeranno le bollette, madre e figlie, nel numero disposto dall'Ufficio di Direzione Lavori.

Per le operazioni di pesatura l'Impresa deve disporre di uno o più bilici, secondo le disposizioni dall'Ufficio di Direzione Lavori, rimanendo a tutto suo carico ogni spesa ed onere relativi alle operazioni di pesatura, ivi compresi, l'impianto dei bilici ed il relativo controllo iniziale, quelli periodici da parte del competente Ufficio, le eventuali riparazioni dei bilici e la costruzione di una baracca ad uso del personale dell'Amministrazione preposto alle operazioni di pesatura.

Il peso dei carichi viene espresso in tonnellate e frazioni di tonnellate fino alla terza cifra decimale; se ne detrae la tara del veicolo e della cassa, nonché il peso dei cunei o scaglioni usati per fermare i massi di maggiore dimensione, ottenendo così il peso netto che viene allibrato nei registri contabili.

L'Impresa deve fornire appositi bollettari; ciascuna bolletta viene datata ed oltre il peso netto deve portare il peso lordo, la targa o il contrassegno del veicolo o delle casse a cui la bolletta stessa si riferisce, nonché la categoria del materiale.

Ad ogni veicolo o cassone carico corrisponde quindi una serie di bollette, di cui la madre resta al personale dell'Amministrazione che ha effettuato la pesatura e le figlie di norma vengono consegnate al

rappresentante dell'Impresa, al conducente del mezzo di trasporto ed al personale dell'Amministrazione che sorveglia la posa del materiale in opera.

Quando i materiali vengano imbarcati sui pontoni o su altri galleggianti, ciascuno di tali mezzi deve essere accompagnato da una distinta di carico nella quale dovranno figurare la matricola di identificazione del galleggiante, la stazza a carico completo, l'elenco delle bollette figlie riguardanti ciascuno degli elementi imbarcati e la somma dei pesi lordi che in esse figurano.

La somma deve coincidere con la lettura della stazza a carico completo.

E' ammessa la fornitura di massi naturali proveniente da salpamenti, previa autorizzazione dell'Ufficio di Direzione Lavori.

Lo scarico non può essere mai iniziato senza autorizzazione del Rappresentante dell'Ufficio di Direzione Lavori, questi, prima di autorizzare il versamento, controlla il carico, eseguito lo scarico verifica se lo zero della scala di stazza corrisponde alla linea di galleggiamento, quindi completa le bollette apponendovi la propria firma.

Il materiale comunque perduto lungo il trasporto non può essere contabilizzato.

Oltre a quanto stabilito nel presente Capitolato, l'Ufficio di Direzione Lavori ha la più ampia facoltà di aggiungere tutte quelle condizioni che ritenga più opportune per assicurare la buona riuscita delle operazioni di pesatura nonché l'efficienza dei controlli sui pesi dei carichi, sulla regolarità dei trasporti e sul collocamento in opera dei massi.

Nessuno speciale compenso o indennità può riconoscersi all'Impresa per il tempo necessario alle operazioni di taratura, stazzatura, pesatura dei materiali o per controlli su dette operazioni.

## **Generalità**

Le opere di protezione realizzate in massi sono caratterizzate da una berma di fondazione e da una mantellata di rivestimento della sponda. La berma sarà realizzata in maniera differente a seconda che il corso d'acqua presenti livelli d'acqua permanenti o sia interessato da periodi di asciutta. La mantellata dovrà essere sistemata faccia a vista, intasata con terreno vegetale e opportunamente seminata.

## **Caratteristiche dei materiali**

I massi naturali utilizzati per la costruzione dell'opera dovranno corrispondere ai requisiti essenziali di compattezza, omogeneità e durabilità; dovranno inoltre essere esenti da giunti, fratture e piani di sfalsamento e rispettare i seguenti limiti:

- massa volumica:  $\geq 24 \text{ kN/m}^3$  (2400 kgf/m<sup>3</sup>)
- resistenza alla compressione:  $\geq 80 \text{ Mpa}$  (800 kgf/cm<sup>2</sup>)
- coefficiente di usura:  $\leq 1,5 \text{ mm}$
- coefficiente di imbibizione:  $\leq 5\%$
- gelività: il materiale deve risultare non gelivo

I massi naturali saranno di peso non inferiore a quanto prescritto negli elaborati di progetto, non dovranno presentare notevoli differenze nelle tre dimensioni e dovranno risultare a spigolo vivo e squadriati.

I massi artificiali, delle dimensioni definite in progetto, saranno costituiti da prismi cubici o parallelepipedi, realizzati con calcestruzzo avente resistenza caratteristica minima  $R_{ck} \geq 30 \text{ N/mm}^2$  (300 kgf/cm<sup>2</sup>), dovranno rispondere ai requisiti di cui alle norme UNI 9858 e UNI 8981, tenendo conto in particolar modo delle prescrizioni per la durabilità riferite alle classi di esposizione in funzione delle condizioni ambientali. Le casseforme per il confezionamento dei massi devono essere di robustezza tale da non subire deformazioni sotto la spinta del calcestruzzo e devono avere dimensioni interne tali che i massi risultino delle dimensioni prescritte. Le pareti interne delle casseforme dovranno essere preventivamente trattate con opportuni preparati (disarmanti), al fine di evitare distacchi al momento del disarmo. L'Impresa dovrà predisporre casseforme in numero sufficiente per corrispondere adeguatamente alle esigenze di produzione e stagionatura dei massi.

I prismi andranno realizzati su terreno perfettamente spianato e battuto e saranno costruiti in file regolari,



rettilinee e parallele fra loro, in modo da costituire una scacchiera, così da renderne facile la numerazione.

Il getto andrà effettuato in un'unica operazione senza interruzioni; il calcestruzzo dovrà essere versato nelle casseforme in strati non superiori a 20 cm di altezza ed ogni strato verrà accuratamente compresso con appositi pestelli ed opportunamente vibrato.

I massi artificiali dovranno rimanere nelle loro casseforme per tutto il tempo necessario ad un conveniente indurimento del calcestruzzo; lo smontaggio delle casseforme non potrà comunque avvenire prima che siano trascorse 12 ore dall'ultimazione del getto. La movimentazione e la messa in opera dei prismi non potrà avvenire prima che siano trascorsi 28 giorni dalla data della loro costruzione e che siano state eseguite le prove di accettazione descritte nel seguito e le operazioni di contabilizzazione.

### **Modalità esecutive**

I massi da impiegare dovranno essere approvvigionati a piè d'opera lungo il fronte del lavoro; la ripresa ed il trasporto del materiale al luogo di impiego dovranno essere fatti senza arrecare alcun danno alle sponde. Il materiale dovrà essere accostato con l'utilizzo di tavoloni o scivoloni, in grado di proteggere le opere idrauliche: è tassativamente vietato il rotolamento dei massi lungo le sponde.

Per lavori eseguiti in assenza di acqua, in corsi d'acqua soggetti ad asciutta, oppure, in condizioni di magra, con livelli d'acqua inferiori a 0,50 m, la berma sarà realizzata entro uno scavo di fondazione di forma prossima a quella trapezia.

I massi dovranno essere collocati in opera uno alla volta, in maniera che risultino stabili e non oscillanti e in modo che la tenuta della berma nella posizione più lontana dalla sponda sia assicurata da un masso di grosse dimensioni.

Se i lavori andranno eseguiti sotto il pelo dell'acqua, i massi saranno collocati alla rinfusa in uno scavo di fondazione delle dimensioni prescritte, verificando comunque la stabilità dell'opera.

Utilizzando massi artificiali, durante la posa, l'Impresa avrà cura di assicurare un adeguato concatenamento fra i vari elementi e dovrà assolutamente evitare danneggiamenti per urti. Gli elementi che si dovessero rompere durante le operazioni di posa andranno rimossi e sostituiti a cura e spese dell'Impresa.

La mantellata andrà realizzata a partire dal piede e procedendo verso l'alto. Le scarpate dovranno essere previamente sagomate e rifilate alla pendenza e alle quote prescritte per il necessario spessore al di sotto del profilo da realizzare a rivestimento eseguito.

Ciascun elemento dovrà essere posato in modo che la giacitura risulti stabile e non oscillante, indipendentemente dalla posa in opera degli elementi adiacenti; i giunti dovranno risultare sfalsati sia in senso longitudinale che in senso trasversale e dovranno essere tali da assicurare lo stretto contatto degli elementi fra loro senza ricorrere all'impiego di scaglie o frammenti.

Gli elementi costituenti i cigli di banchine saranno accuratamente scelti ed opportunamente lavorati, al fine di ottenere una esatta profilatura dei cigli.

Dovrà essere particolarmente curata la sistemazione faccia a vista del paramento lato fiume, in modo da fargli assumere l'aspetto di un mosaico grezzo, con assenza di grandi vuoti o soluzioni di continuità.

Se prescritto, le mantellate saranno intasate con terreno vegetale ed opportunamente seminate fino ad attecchimento della coltre erbosa.

### **Prove di accettazione e controllo**

Prima di essere posto in opera, il materiale costituente la difesa dovrà essere accettato dall'Ufficio di Direzione Lavori che provvederà per ogni controllo a redigere un apposito verbale.

Dovrà essere eseguito almeno un controllo di accettazione per ogni duemila metri cubi di materiale lapideo da utilizzare: l'esito di tale controllo sarà vincolante per l'accettazione della partita relativa al suddetto tratto di opera.

L'Impresa dovrà inoltre attestare, mediante idonei certificati a data non anteriore ad un anno, le caratteristiche del materiale. Tali certificati potranno altresì valere come attestazioni temporanee sostitutive

nelle more dell'esecuzione delle prove di durata sui campioni prelevati.

Il controllo consisterà nella individuazione da parte dall'Ufficio di Direzione Lavori, a suo insindacabile giudizio, di almeno dieci massi che dovranno essere singolarmente pesati.

La partita non verrà accettata se il peso di un solo masso verificato risulterà inferiore al peso minimo previsto in progetto.

Se la verifica avrà invece esito positivo, si procederà al prelievo di campioni da inviare ad un laboratorio ufficiale per l'esecuzione delle prove relative alla determinazione delle caratteristiche fisiche e meccaniche del materiale da porre in opera.

Le prove relative alla determinazione delle caratteristiche fisiche dei massi naturali (determinazione del peso specifico, del coefficiente di imbibizione e della gelività) saranno effettuate, a carico dell'Impresa, seguendo quanto riportato al Capo II delle "Norme per l'accettazione delle pietre naturali da costruzione" di cui al R.D. 16 novembre 1939, n.2232; per le prove di resistenza meccanica (resistenza alla compressione e all'usura per attrito radente), si farà riferimento al Capo III della stessa normativa.

L'Impresa dovrà consegnare alla Direzione Lavori i certificati del laboratorio ufficiale relativi alle prove sopra indicate, che dovranno dimostrare il rispetto dei limiti imposti dal Capitolato. Se i risultati delle misure o delle prove di laboratorio non rispetteranno i limiti prescritti, il materiale, per la quantità sotto controllo, verrà scartato con totale onere a carico dell'Impresa.

Tutti gli oneri derivanti dalla necessità di eseguire le prove di accettazione saranno a carico dell'Impresa.

Per i massi artificiali le prove di accettazione e controllo saranno eseguite sulla base delle modalità contenute nell'allegato 2 del Decreto del Ministero dei Lavori Pubblici 09 gennaio 1996.

In particolare le metodologie di controllo da adottarsi saranno quelle previste per il "TIPO A".

I risultati delle suddette prove dovranno essere consegnati all'Ufficio di Direzione Lavori prima della messa in opera dei massi. Qualora i risultati delle prove fossero negativi, l'intera partita controllata sarà scartata con totale onere a carico dell'Impresa. La presenza di tutte le certificazioni previste nel presente paragrafo risulterà vincolante ai fini della collaudabilità dell'opera.

## **ART. 21 – Geosintetici e geocompositi**

### **21.1 Fornitura e posa in opera di tessuto non tessuto fuori acqua**

Il prezzo compensa la fornitura e la posa in opera di tessuto non tessuto e comprende tutti gli oneri per gli sfridi, le sovrapposizioni, le cuciture, le prove di laboratorio richieste dalla Direzione Lavori e quant'altro necessario per eseguire l'opera con le modalità previste nei disegni di progetto.

Negli appalti a misura i geotessili in tessuto non tessuto saranno compensati a metro quadrato, in ragione della grammatura e in base alla superficie effettivamente coperta dal telo, senza tenere conto delle sovrapposizioni.

#### **Generalità**

I geotessili in tessuto non tessuto potranno essere usati con funzione di filtro per evitare il passaggio della componente fine del materiale esistente in posto, con funzione di drenaggio, o per migliorare le caratteristiche di portanza dei terreni di fondazione.

I geotessili andranno posati dove espressamente indicato dai disegni di progetto o dall'Ufficio di Direzione Lavori.

#### **Caratteristiche dei materiali**

Il geotessile sarà composto da fibre sintetiche in poliestere o in polipropilene, in filamenti continui, coesionate mediante agugliatura meccanica senza impiego di collanti o trattamenti termici, o aggiunta di componenti chimici.

I teli saranno forniti in rotoli di altezza non inferiore a 5,30 metri. In relazione alle esigenze esecutive ed alle caratteristiche del lavoro, verranno posti in opera geotessili di peso non inferiore a 300 g/m<sup>2</sup> e non superiore a 400 g/m<sup>2</sup>. In funzione del peso unitario, i geotessili in propilene dovranno presentare le seguenti caratteristiche:

peso unitario (g/m <sup>2</sup> )	spessore a 2 kPa (mm)	resistenza a trazione (kN/m)	allungamento a rottura (%)
≥ 300	≥ 1,2	≥ 60	≥ 40
≥ 400	≥ 1,5	≥ 70	≥ 40

Per l'avvolgimento di tubazioni di drenaggio potranno essere utilizzati tessuti non tessuti di peso unitario inferiore.

La superficie del geotessile dovrà essere rugosa ed in grado di garantire un buon angolo di attrito con il terreno. Il geotessile dovrà essere inalterabile a contatto con qualsiasi sostanza e agli agenti atmosferici, imputrescibile, inattaccabile dai microrganismi e dovrà avere ottima stabilità dimensionale.

### **Modalità esecutive**

Il terreno di posa dovrà essere il più possibile pulito da oggetti appuntiti o sporgenti, come arbusti, rocce od altri materiali in grado di produrre lacerazioni.

I teli srotolati sul terreno verranno posti in opera mediante cucitura sul bordo fra telo e telo, o con sovrapposizione non inferiore a 30 cm. Il fissaggio sul piano di posa sarà effettuato in corrispondenza dei bordi longitudinali e trasversali con infissione di picchetti di legno della lunghezza di 1,50 metri, a distanza di 1 metro.

Per i tappeti da porre in opera in acqua, L'Impresa dovrà impiegare apposito mezzo natante e saranno a suo carico gli oneri per il materiale di zavoratura.

### **Prove di accettazione e controllo**

L'Impresa, prima dell'inizio dei lavori, dovrà presentare all'Ufficio di Direzione Lavori i certificati rilasciati dal costruttore che attestino i quantitativi acquistati dall'Impresa e la rispondenza del materiale ai requisiti sopra indicati ed alle prescrizioni progettuali. Prima dell'esecuzione dei lavori l'Ufficio di Direzione Lavori verificherà comunque la rispondenza del materiale ai requisiti prescritti, prelevando dei campioni di materiale in quantità tale da poter effettuare almeno una serie di prove di controllo ogni 1000 metri quadrati di telo da posare e almeno una per quantità globale inferiore. Se i risultati delle prove di laboratorio non rispetteranno i limiti prescritti, il materiale cui la prova si riferisce verrà scartato.

Di tutte le operazioni di controllo, di prelievo e di verifica verranno redatti appositi verbali firmati in contraddittorio con l'Impresa; in mancanza di tali verbali, l'opera non potrà essere collaudata.

## **21.2 Fornitura e posa in opera di geomembrana impermeabile**

Il prezzo compensa la pulitura e la livellazione del terreno di posa, la fornitura e la posa in opera di uno strato in tessuto non tessuto di peso unitario non inferiore a 70 gr./m<sup>2</sup>, la fornitura e la posa in opera della geomembrana impermeabile delle caratteristiche riportate in seguito comprende tutti gli oneri per gli sfridi, i sormonti, gli ancoraggi, le giunzioni o saldature, le prove di laboratorio richieste dall'Ufficio di Direzione Lavori e quant'altro necessario per eseguire l'opera con le modalità previste disegni di progetto.

Negli appalti a misura, le geomembrane impermeabili saranno compensate a metro quadrato in base alla superficie effettivamente coperta dal telo, senza tenere conto dei sormonti.

### **Generalità**

Le geomembrane impermeabili saranno utilizzate laddove risulti necessario impedire un moto di filtrazione all'interno dei rilevati arginali.

Le geomembrane andranno posate dove espressamente indicato dai disegni di progetto o dall'Ufficio di

Direzione Lavori.

### **Caratteristiche dei materiali**

La geomembrana impermeabile sarà costituita da una armatura in geotessile tessuto in HDPE laminata più volte con un film in LDPE, stabilizzato ai raggi U.V.. La geomembrana dovrà essere imputrescibile ed atossica e dovrà presentare le seguenti caratteristiche:

- grammatura (DIN 53854):  $\geq 2,8 \text{ N/m}^2$  (0,28 kgf/m<sup>2</sup>);
- spessore (DIN 53855):  $\leq 0,45 \text{ mm}$
- resistenza a trazione longitudinale (DIN 53857):  $\geq 24 \text{ kN/m}$  (2400 kgf/m)
- resistenza a trazione trasversale (DIN 53857):  $\geq 24 \text{ kN/m}$  (2400 kgf/m)
- allungamento a rottura longitudinale (DIN 53857):  $\leq 20\%$
- allungamento a rottura trasversale (DIN 53857):  $\leq 20\%$
- resistenza a lacerazione in senso longitudinale (ASTM D 4533-85):  $\geq 180 \text{ N}$  (18 kgf)
- resistenza a lacerazione in senso trasversale (ASTM D 4533-85):  $\geq 180 \text{ N}$  (18 kgf)
- penetrazione del cono (EMPA):  $\leq 20 \text{ mm}$
- resistenza alla prova CBR (DIN 54307 A):  $\geq 3 \text{ kN}$  (300 kgf)

### **Modalità esecutive**

Il terreno di posa dovrà essere il più possibile pulito da oggetti appuntiti o sporgenti, come arbusti, rocce od altri materiali in grado di produrre lacerazioni e dovrà essere rivestito con uno strato in tessuto non tessuto di peso unitario non inferiore a  $0,7 \text{ N/m}^2$  (70 g/m<sup>2</sup>).

I teli andranno fissati al terreno in testa e al piede della scarpata mediante picchetti di ancoraggio infissi entro apposite trincee di spessore non inferiore a 50 cm. I teli, se non previsto diversamente dall'Ufficio di Direzione Lavori, andranno collegati mediante saldatura meccanica sul posto. Il telo da saldare andrà steso sopra il telo già posato e i due lembi andranno giuntati mediante cucitrice manuale; terminata questa operazione, il telo superiore verrà ribaltato in modo da risultare nella corretta posizione e la giunzione verrà sigillata con mastice bituminoso.

### **Prove di accettazione e controllo**

L'Impresa, prima dell'inizio dei lavori, dovrà presentare all'Ufficio di Direzione Lavori i certificati rilasciati dal Costruttore che attestino i quantitativi acquistati dall'Impresa e la rispondenza del materiale ai requisiti sopra indicati ed alle prescrizioni progettuali. Prima dell'esecuzione dei lavori l'Ufficio di Direzione Lavori verificherà comunque la rispondenza del materiale ai requisiti prescritti, prelevando dei campioni di materiale in quantità tale da poter effettuare almeno una serie di prove di controllo ogni 1000 metri quadrati di telo da posare e almeno una per quantità globale inferiore. Se i risultati delle prove di laboratorio non rispetteranno i limiti prescritti, il materiale cui la prova si riferisce verrà scartato.

Di tutte le operazioni di controllo, di prelievo e di verifica verranno redatti appositi verbali firmati in contraddittorio con l'Impresa; in mancanza di tali verbali, l'opera non potrà essere collaudata.

## **ART. 22 – Sistemi di drenaggio**

### **22.1 Campo di applicazione**

Le presenti specifiche riguardano i sistemi di drenaggio, consistenti in:

- tubazioni;
- pozzetti e relativi dispositivi di chiusura e di coronamento;

### **22.2 Tubazioni**

## 22.2.1 Materiali

Per i sistemi di drenaggio è previsto impiego l'impiego di:

- tubi in acciaio zincato;
- tubi in cls non armato e armato con fibre di acciaio e con armature tradizionali.

### ***Tubi in acciaio zincato***

Per diametri da 1/2" fino a DN150: Tubi in acciaio senza saldatura, secondo UNI-EN 10255 serie media e zincato a caldo secondo norme UNI 5741-66. La tenuta sarà realizzata con canapa e mastice di manganese, oppure preferibilmente con nastro di PTFE. Per i collegamenti che debbono essere facilmente smontati (ad esempio tubazioni e serbatoi o valvole di regolazione e tubazioni o simili) si useranno bocchettoni a tre pezzi, con tenuta a guarnizione OR o sistema analogo.

Per diametri superiori si potranno prefabbricare dei tratti mediante giunzioni e raccorderia a saldare (ovviamente prima della zincatura). Le estremità dei tratti così eseguiti verranno flangiati. I vari tratti verranno quindi fatti zincare a bagno internamente ed esternamente. La giunzione fra i vari tratti prefabbricati avverrà per flangiatura, con bulloni pure zincati. È assolutamente vietata qualsiasi saldatura su tubazioni zincate. Se richiesto, le tubazioni zincate saranno del tipo catramato e iutato (la catramatura o iutatura sarà ripresa anche sui raccordi). In tutti i casi i cambiamenti di direzione, le deviazioni e le riduzioni saranno realizzati con raccordi in ghisa malleabile a cuore bianco zincata.

### ***Tubi in calcestruzzo non armato e armato***

Sono adottabili tubi in calcestruzzo non armato e armato con una o più gabbie d'acciaio o con fibre in acciaio.

Il calcestruzzo, così come i diversi materiali componenti (aggregati, acqua d'impasto, additivi, aggiunte, nonché acciaio di armatura e fibre di acciaio) dovranno essere conformi a quanto stabilito nella norma UNI EN 1916.

I giunti devono consentire il regolare accoppiamento geometrico dei tubi ed il loro allineamento in modo che, quando i tubi sono posti in opera, la loro superficie interna venga a costituire una condotta regolare e priva di discontinuità nel diametro. Il disegno del giunto, tenuto conto del tipo di giunzione e delle tolleranze effettive, dovrà assicurare la tenuta idraulica della condotta nelle condizioni di esercizio.

Le guarnizioni di tenuta saranno conformi alla EN 681-1, atte a garantire la tenuta idraulica perfetta ad una pressione interna di esercizio di 0,5 atm e, per quanto riguarda la durabilità, ai requisiti della UNI EN 1916.

## 22.2.2 Posa in opera

### ***Scarico ed accatastamento***

Per il carico, il trasporto, lo scarico e l'accatastamento dovranno osservarsi le eventuali istruzioni del costruttore nonché i requisiti delle norme di prodotto pertinenti; dovranno comunque impiegarsi i mezzi e gli accorgimenti idonei ad evitare rotture, incrinature, lesioni o danneggiamenti in genere.

Tutti i materiali dovranno essere immagazzinati in maniera tale da conservarli integri e da evitare contaminazioni o degradazioni; per esempio, i componenti elastomerici delle giunzioni dovranno essere tenuti puliti e protetti dall'esposizione a fonti di ozono (per esempio apparecchiature elettriche), alla luce solare ed a fonti di calore, nonché al contatto con oli o grassi.

L'accatastamento dovrà essere effettuato su supporti atti a mantenere i tubi sollevati dal suolo per evitare danni ai rivestimenti ed ai giunti, provvedendo a fissare i tubi per evitare che rotolino ed evitando altezze di impilamento eccessive in modo che i tubi inferiori non risultino sovraccaricati.

Non si devono collocare pile di tubi in prossimità di trincee aperte.

### ***Scavo***

Le trincee dovranno essere scavate in maniera tale da garantire un'installazione corretta delle tubazioni, nel rispetto degli accorgimenti e dei dispositivi previsti nel piano di sicurezza.



Se per la costruzione, è necessario accedere alle pareti esterne di strutture sotterranee, come nel caso di pozzetti, si dovrà prevedere uno spazio di lavoro minimo protetto largo 0,50 m.

Laddove due o più tubi vengano posati nella stessa trincea o sotto un terrapieno, si deve rispettare una distanza orizzontale minima fra le tubazioni: ove non altrimenti specificato, essa dovrà essere di: 0,35 m per tubi fino a DN 700 compreso e di 0,50 m per tubi maggiori di DN 700.

In presenza di altre tubazioni o costruzioni, si dovranno osservare misure di sicurezza adeguate al fine di proteggerle dal rischio di danneggiamenti.

La larghezza delle trincee non dovrà superare il valore massimo specificato in Progetto; qualora, all'atto dello scavo, ciò non risultasse possibile, il problema dovrà essere sottoposto al progettista.

La larghezza minima delle trincee dovrà essere quella stabilita nella norma UNI EN 1610.

Il materiale di risulta dello scavo, qualora dalla Direzione Lavori ritenuto idoneo ad essere reimpiegato per il rinfilanco ed il rinterro, sarà depositato provvisoriamente; in caso contrario sarà conferito a deposito.

### **Letto di posa**

I tubi saranno adagiati su un letto di posa in sabbia o ghiaia fine, di spessore non inferiore a:

- 10 cm in presenza di terreno di normale consistenza;
- 15 cm in presenza di terreno duro o di roccia lapidea.

Il letto di posa dovrà essere spianato e livellato in modo da eliminare discontinuità dell'appoggio (salvo le nicchie per le giunzioni a bicchiere); in nessun caso sarà consentito di regolare la posizione dei tubi nella trincea ricorrendo a pietre, mattoni, legname o ad altri appoggi discontinui.

Qualora si rendessero necessari aggiustamenti nell'altimetria, questi saranno effettuati alzando o abbassando la quota dell'appoggio, garantendo sempre che, alla fine, i tubi siano supportati per tutta la loro lunghezza, senza ricorrere a riempimenti locali.

### **Installazione**

La posa dei tubi inizierà preferibilmente dall'estremità a valle con i bicchieri rivolti a monte.

In caso di lunghe interruzioni dei lavori, si provvederà a chiudere temporaneamente le estremità dei tubi; i tappi protettivi saranno rimossi solo immediatamente prima di eseguire le giunzioni; qualsiasi materiale rimasto nel tubo dovrà essere comunque rimosso.

Le parti della superficie del tubo che venissero a contatto con i materiali di giunzione dovranno essere prive di difetti, pulite e, se necessario, asciutte; i giunti scorrevoli dovranno essere lubrificati con i lubrificanti e secondo i metodi raccomandati dal fabbricante.

Nei casi in cui i tubi non possano essere giuntati manualmente, dovranno impiegarsi adeguate attrezzature idrauliche o manuali di tiro ("tire-fort"), essendo tassativamente vietato il ricorso alla spinta con macchinari (escavatori, pale, dozer, ecc.) non espressamente previsti a questo scopo.

Nell'esecuzione delle giunzioni a bicchiere dovrà essere rispettata la distanza fra l'estremità della parte imboccata e la battuta del tubo successivo specificata dal fabbricante.

Le giunzioni dovranno essere eseguite applicando progressivamente una forza assiale senza sollecitare eccessivamente i componenti; a giunzione eseguita, l'allineamento dovrà essere controllato e, se necessario, corretto.

Laddove necessario, si devono prevedere per i bicchieri nicchie di dimensioni sufficienti per l'esecuzione del corretto accoppiamento e per impedire che il tubo poggi sul giunto; la nicchia per il bicchiere dovrà avere le dimensioni minime compatibili con il corretto montaggio del giunto.

I tagli dovranno essere eseguiti con gli utensili idonei, secondo le raccomandazioni del fabbricante del tubo ed in modo tale da garantire prestazioni adeguate dei giunti.

Laddove esista il rischio di galleggiamento durante l'installazione, i tubi dovranno essere mantenuti in sito mediante carichi o ancoraggi adeguati.

### **Rinfilanco e rinterro**

Si definisce come rinfilanco il materiale posto superiormente al letto di posa e sino a 30 cm sopra il cervello della tubazione; si definisce come rinterro il materiale sovrastante il rinfilanco e sino al p.c. (o immediatamente al di sotto di eventuali pavimentazioni).



Di norma il materiale per il rinfianco sarà quello di risulta degli scavi, opportunamente selezionato per eliminare eventuale materiale non idoneo (per dimensioni, forma, ecc..).

Il costipamento dovrà avvenire con attrezzature, numero di passaggi e spessore degli strati atti ad ottenere il grado di costipamento pari almeno al 95% della densità optimum di Proctor mod. (ove non altrimenti specificato in Progetto), tenendo conto delle caratteristiche del tubo da installare al fine di evitare di arrecare danni allo stesso.

Il costipamento previa saturazione di acqua del rinfianco è ammissibile – su autorizzazione della Direzione Lavori - soltanto in casi eccezionali ed in presenza di terreni incoerenti.

### 22.2.3 Controlli ed accettazione

#### **Generalità**

I materiali da impiegare dovranno essere prodotti secondo un sistema di gestione della qualità aderente alle norme UNI EN 9001.2000, certificato da un organismo certificatore operante in conformità con le norme UNI EN 45012.

L'accettazione dei materiali sarà subordinata alla verifica della marcatura e della documentazione di cui al successivo par. 17.2.3.2.

#### **Marcatura e documentazione**

Gli elementi di tubazione dovranno recare la marcatura CE, conforme alle disposizioni delle norme UNI EN 1401 e UNI EN 1916 rispettivamente per i tubi in PVC-U per fognature e per i tubi in c.a.

Per i tubi a parete strutturata in policloruro di vinile PVC-U, polipropilene PP e polietilene PE si farà riferimento alla UNI EN 13476.

Per ogni partita l'Appaltatore dovrà presentare alla Direzione Lavori la dichiarazione di conformità ed i relativi allegati ai sensi delle norme citate.

Su richiesta della Direzione Lavori l'Appaltatore dovrà altresì prestarsi all'esecuzione di prove supplementari del tipo stabilito dalla norma, nel numero massimo di quelle da effettuarsi come controllo periodico della produzione.

### 22.2.3 Controlli in cantiere

#### **Livellette**

A tubazione posata, prima dell'esecuzione del rinfianco, verrà eseguito un controllo topografico mirato ad accertare il rispetto delle livellette di Progetto.

In caso di un risultato negativo della verifica, la Direzione Lavori disporrà i provvedimenti per la correzione dei difetti riscontrati, sino alla demolizione del già eseguito ed al rifacimento a carico dell'Appaltatore.

#### **Costipamento del rinfianco**

Il costipamento del rinfianco sarà controllato mediante prove di densità disposte dalla Direzione Lavori nella misura di una ogni 100 m di tracciato, prima dell'esecuzione del rinterro.

Nel caso che i valori prescritti non siano rispettati, si procederà ad un ulteriore controllo su altrettanti punti; in caso di risultati nuovamente insoddisfacenti, la Direzione Lavori disporrà l'asportazione del materiale ed il rifacimento del rinfianco nelle zone non accettate.

#### **Collaudo in opera**

Il collaudo in opera delle tubazioni sarà effettuato secondo le disposizioni della Direzione Lavori in base ai metodi indicati nella UNI EN 1610 (ad acqua o – preferibilmente – ad aria).

Condizione per l'accettazione sarà il riscontro di valori delle perdite inferiori a quelli ammissibili stabiliti dalla UNI EN 1401-3 per i per i tubi in PVC-U per fognature e della UNI EN 1610 per i tubi strutturati in PVC-U, PP e PE e per i tubi in c.a.

In caso di valori superiori, la Direzione Lavori impartirà le disposizioni del caso per il ripristino della funzionalità della tratta (compreso il suo completo rifacimento) a carico dell'Appaltatore.

## 22.3 Pozzetti idraulici

### 22.3.1 Materiali

I pozzetti di previsto impiego per ispezione, incrocio e salto nei sistemi di drenaggio sono in c.a.v. realizzati in opera.

#### **Pozzetti in conglomerato cementizio armato**

Il calcestruzzo, così come i diversi materiali componenti (aggregati, acqua d'impasto, additivi, aggiunte, nonché acciaio di armatura e fibre di acciaio) dovranno essere conformi a quanto stabilito nella norma UNI EN 1917. Il calcestruzzo, realizzato con cemento ad alta resistenza ai solfati, avrà Rck non inferiore a 40 MPa.

Le guarnizioni di tenuta tra i diversi elementi del prefabbricato, incorporate nel giunto in fase di prefabbricazione ovvero fornite unitamente al manufatto da parte del fabbricante, saranno conformi alla UNI EN 681-1.

I pozzetti dovranno essere atti a sopportare le spinte del terreno e del sovraccarico stradale in ogni loro componente (elemento di base, elementi di prolunga, elemento terminale).

Essi dovranno inoltre essere tali da garantire il rispetto delle prescrizioni contenute nell'all. 4 dei "Criteri, metodologie e norme tecniche generali" di cui all'art. 2, lett. B), D), E), della L. 10.5.1976, n. 319, recante le norme per la tutela delle acque.

In caso di presenza di scale per l'accesso al fondo, i gradini saranno in tondino di acciaio rivestito in polipropilene antisdrucchiolo o verniciato antiruggine, opportunamente bloccati nella parete con malta espansiva.

### 22.3.2 Posa in opera

La posa in opera dei pozzetti avverrà previa preparazione del piano di posa mediante regolarizzazione, costipamento e realizzazione di un allettamento in calcestruzzo magro.

Il riempimento laterale verrà eseguito per strati, compattando il materiale; si curerà di procedere uniformemente su tutti i lati, in modo da non provocare spinte asimmetriche.

### 22.3.3 Controlli in cantiere

La Direzione Lavori eseguirà controlli periodici in corso d'opera per verificare la corrispondenza tra le caratteristiche dei materiali e degli impasti impiegati e quelle definite in sede di qualifica e l'utilizzo delle miscele previste per le varie parti delle opere.

I controlli in cantiere (compreso il collaudo idraulico in opera) saranno effettuati contestualmente a quelli delle tubazioni, secondo quanto indicato al par. 22.2.3.

## 22.4 Dispositivi di chiusura e di coronamento dei pozzetti

Si definiscono:

- dispositivo di chiusura: parte del pozzetto di ispezione costituita da un telaio e da un coperchio e/o una griglia;
- dispositivo di coronamento: parte del pozzetto di raccolta costituita da un telaio e da una griglia e/o un coperchio;
- telaio: elemento fisso di un dispositivo di coronamento o di chiusura, destinato all'alloggiamento ed al sostegno di una griglia o di un coperchio;
- griglia: elemento mobile di un dispositivo di coronamento o di chiusura, che consente il deflusso dell'acqua nel pozzetto di raccolta;
- coperchio: elemento mobile di un dispositivo di coronamento o di chiusura, che copre l'apertura del pozzetto di raccolta o di ispezione.

### 22.4.1 Materiali

I dispositivi di chiusura e di coronamento possono essere fabbricati con:

- ghisa a grafite lamellare;
- ghisa a grafite sferoidale;
- acciaio in getti;

- acciaio laminato (non per le griglie);
- abbinamento di uno dei precedenti materiali con calcestruzzo (non per le griglie);
- calcestruzzo armato (non per le griglie).

Le caratteristiche di spessore e protezione dalla corrosione per l'acciaio laminato saranno quelle stabilite nella norma UNI EN 124.

Per tutti i materiali la qualità e le prove sono stabilite nelle rispettive norme di unificazione richiamate nella UNI EN 124.

Le caratteristiche dimensionali (fessure e fori di aerazione, apertura di accesso, profondità di incastro, giochi tra le diverse parti, telaio) ed i requisiti costitutivi (sedi, protezione degli spigoli, sistemi di fissaggio, di sbloccaggio e di rimozione, tenuta) saranno conformi alle prescrizioni della norma UNI EN 124.

### 22.4.2 Posa in opera

A pozzetto ultimato, il coronamento di questo sarà leggermente scarificato, in modo che la superficie ruvida così ottenuta favorisca l'adesione della malta cementizia che costituirà il letto di appoggio del telaio.

Prima della posa in opera la superficie di appoggio dovrà essere convenientemente pulita e bagnata.

Per la preparazione e la stesa della malta si osserveranno le istruzioni indicate dal fabbricante.

Lo spessore di malta sarà compreso tra 2 e 3 cm.

Qualora occorressero spessori maggiori, si dovrà ricorrere, secondo le disposizioni della Direzione Lavori, o all'esecuzione di un sottile getto di conglomerato cementizio con Rck 30 MPa opportunamente armato, oppure all'impiego di anelli di appoggio in conglomerato cementizio prefabbricato; in nessun caso potranno essere inseriti sotto il telaio, a secco o immersi nel letto di malta, pietre, schegge o frammenti di mattoni.

Il telaio sarà posizionato planimetricamente in modo che la sua luce coincida con quella del pozzetto, ed altimetricamente in modo che la superficie superiore del dispositivo si trovi, a lavoro ultimato, alla quota della pavimentazione finita (tenuto conto degli eventuali inviti per i pozzetti esterni alle corsie di traffico).

Il fissaggio nella malta sarà eseguito senza sbavature sulla superficie di appoggio del coperchio nel telaio, e lasciando liberi almeno gli ultimi 3 cm superiori del bordo del telaio, per permettere la rifinitura a livello del manto stradale.

Nel caso che, in conseguenza di assestamenti sotto carico o di altre cause, si dovesse provvedere al ricollocamento in quota del telaio, quest'ultimo dovrà essere rimosso ed i resti di malta indurita completamente asportati. Si procederà quindi al ricollocamento con le modalità precedentemente descritte. Il chiusino non sarà transitabile per il tempo necessario alla maturazione dei materiali impiegati, in funzione della temperatura e dell'umidità ambientali.

Per altri aspetti di dettaglio si farà riferimento alle specifiche del fabbricante.

### 22.4.3 Controlli ed accettazione

Ogni elemento o, ove ciò non fosse possibile, ogni unità di imballaggio, dovrà recare la marcatura conforme alle disposizioni delle norme UNI EN 124.

Per ogni partita l'Appaltatore dovrà presentare alla Direzione Lavori la dichiarazione di conformità ed i relativi allegati ai sensi delle norme citate.

Su richiesta della Direzione Lavori l'Appaltatore dovrà altresì prestarsi all'esecuzione di prove supplementari del tipo stabilito dalla norma, nel numero massimo di quelle da effettuarsi come controllo periodico della produzione.

### 22.5.3 Controlli in cantiere

A posa effettuata e prima dell'esecuzione della pavimentazione verrà eseguito un controllo topografico mirato ad accertare il corretto posizionamento del dispositivo in relazione alle quote di Progetto della pavimentazione finita.

A pavimentazione completata verrà eseguito un ulteriore controllo.

In caso di un risultato negativo delle verifiche, la Direzione Lavori disporrà i provvedimenti per la correzione dei difetti riscontrati, sino alla demolizione del già eseguito ed al rifacimento a carico dell'Appaltatore.

## ART. 23 – Manufatti in acciaio

### 23.1 Acciaio per strutture metalliche

Si riepiloga lo schema sintetico di designazione:

- S simbolo S: acciaio per impiego strutturale;
- 275 indicazione del carico unitario di snervamento minimo

prescritto per spessori  $\leq 40$  mm, espresso in N/mm<sup>2</sup>;

- J0, J2, K2 designazione della qualità relativamente alla saldatura ed ai valori di resilienza prescritti;

- W indicazione di acciaio CORTEN;

- Gx, Gy stato di fornitura a discrezione del produttore;

Tutti i materiali impiegati dovranno essere qualificati e marcati CE ai sensi del Regolamento UE n°305/2011.

Sarà ammesso solo l'uso di acciai con caratteristiche meccaniche non inferiori a quelle dell'acciaio S275 secondo quanto previsto dalla norma EN 10025 (è ammesso l'uso di acciai CORTEN).

## 23.2 Acciaio Inossidabile

L'acciaio inossidabile: dovrà presentare elevata resistenza alla corrosione ed al calore e rispondere, per composizione chimica, caratteristiche e prescrizioni generali, alla norma UNI 6900-71.

Le lamiere d'acciaio inox saranno laminate a freddo a norma UNI 8317.

La designazione degli acciai è fatta per composizione chimica, dove «x» sta per «acciaio legato», il primo numero indica la percentuale di carbonio moltiplicato per 100 ed i numeri finali indicano i tenori degli elementi di lega in %.

Oltre alla classificazione UNI sarà abitualmente usata anche la classificazione AISI (American Iron and Steel Institute).

## 23.3 Acciai zincati

Profilati, lamiere e tubi d'acciaio, di qualsiasi sezione, spessore o diametro, tanto in elementi singoli quanto assemblati in strutture composte, dovranno essere zincati per immersione in zinco fuso, nel rispetto delle prescrizioni della norma d'unificazione UNI EN ISO 1461: 2009 (Rivestimenti di zincatura per immersione a caldo su prodotti finiti ferrosi e articoli di acciaio - Specificazioni e metodi di prova).

Per tutti i manufatti in lamiera zincata quali coperture, condotti, canali di gronda, converse, scossaline, compluvi, infissi, serrande, serbatoi per acqua e simili, se non altrimenti disposto dovranno essere impiegate lamiere zincate secondo il procedimento Sendzimir.

Lo strato di zincatura, inteso come massa di zinco, espressa in grammi al metro quadrato, presente complessivamente su ciascuna faccia della lamiera, se non diversamente specificato, non dovrà essere inferiore a:

- 190 g/m<sup>2</sup> per zincatura normale
- 300 g/m<sup>2</sup> per zincatura pesante.

## 23.4 Zincatura a caldo degli acciai

### 23.4.1 Qualità degli acciai da zincare a caldo

Gli acciai da sottoporre al trattamento di zincatura a caldo dovranno avere tenori di silicio e fosforo tali per cui il valore del "silicio equivalente Si<sub>eq</sub>", definito convenzionalmente dalla UNI 10622, sia  $\leq 0,35\%$  (quando  $0,12 \leq Si \leq 0,26\%$  e  $P \leq 0,045\%$ ); possono altresì essere ritenuti idonei alla zincatura gli acciai a tenore di silicio equivalente  $\leq 0,11\%$  (quando  $Si \leq 0,4\%$ ).

Infine gli acciai ad aderenza migliorata dovranno aver garanzia di saldabilità e composizione chimica conforme ai valori previsti dal D.M. in vigore (D.M. 14/1/2008) per acciai di qualità B450C e B450A.

### 25.4.2 Zincatura a caldo per immersione

#### Trattamento preliminare

Comprende le operazioni di sgrassaggio decapaggio, risciacquo, flussaggio, essiccamento e preriscaldamento a 400÷430 K.

#### Immersione in bagno di zinco

Dovrà essere impiegato zinco vergine o di prima fusione in pani da fonderia, corrispondente alla designazione Zn 98,5 della UNI 2013. Il bagno di zinco fuso dovrà avere temperatura compresa tra 710÷723 K; in nessun caso dovrà essere superata la temperatura massima di 730 K.

Il tempo di immersione delle barre nel bagno di zinco sarà variabile in funzione del loro diametro e del peso del rivestimento in zinco: la massa di zinco per unità di superficie (espressa in g/mq) non deve essere minore di 468 g/mq ( $\cong 65 \mu\text{m}$ ) per il tondo di diametro 5 mm e di 540 g/mq ( $\cong 75 \mu\text{m}$ ) per diametri maggiori e comunque non superiore 1070 g/mq ( $\cong 150 \mu\text{m}$ ).

### 23.5 Acciai inossidabili

È ammesso l'impiego di acciai inossidabili per armature di cemento armato purché le caratteristiche meccaniche siano conformi alle prescrizioni relative agli acciai da c.a. di cui al paragrafo 24.2 (nelle tabelle al termine ft, relativo alla tensione di rottura, andrà sostituito il termine  $f7\%$ , ossia la tensione corrispondente ad un allungamento  $Agt = 7\%$ ).

Nel rispetto di quanto sopra detto, gli acciai inossidabili dovranno essere del tipo austenitico denominati con le sigle 1.4306 e 1.4435 della classificazione UNI EN 10088.

La composizione chimica (analisi di colata) degli acciai inossidabili per c.a. sarà quella prevista al prospetto 3 della norma UNI EN 10088, di cui si riporta uno stralcio:

Sigla UNI EN 10088	C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Mo
1.4306	$\leq 0,03\%$	$\leq 2,0\%$	$\leq 1,0\%$	$\leq 0,045\%$	$\leq 0,03\%$	18÷20	10÷12	-
1.4435	$\leq 0,03\%$	$\leq 2,0\%$	$\leq 1,0\%$	$\leq 0,045\%$	$\leq 0,03\%$	17÷19	12.5÷15	2.5 ÷ 3

La saldabilità di tali acciai va documentata attraverso prove di saldabilità certificata da un laboratorio autorizzato (ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n°380/2001) ed effettuate secondo gli specifici procedimenti di saldature, da utilizzare in cantiere o in officina, previsti dal produttore. Dovranno inoltre risultare positivi gli esiti delle seguenti prove:

- piegamento e raddrizzamento su mandrino;
- indice di aderenza eseguito secondo il metodo "Beam Test".

### ART. 24 – Norme per la misurazione e la valutazione delle opere

Le quantità dei lavori e delle provviste saranno determinate con metodi geometrici o a numero o a peso in relazione a quanto è previsto nell'elenco voci.

I lavori saranno liquidati in base alle norme fissate dal progetto anche se le misure di controllo rilevate dagli incaricati dovessero risultare spessori, lunghezze e cubature effettivamente superiori. Soltanto nel caso che la Direzione dei lavori abbia ordinato per iscritto maggiori dimensioni se ne terrà conto nella contabilizzazione. In nessun caso saranno tollerate dimensioni minori di quelle ordinate, le quali potranno essere motivo di rifacimento a carico dell'Impresa.

Le misure saranno prese in contraddittorio mano a mano che si procederà all'esecuzione dei lavori e riportate su appositi libretti che saranno firmati dagli incaricati dalla Direzione lavori e dall'Impresa.

Quando per il progredire dei lavori, non risulteranno più accertabili o riscontrabili le misurazioni delle lavorazioni eseguite, l'Appaltatore è obbligato ad avvisare la Direzione dei lavori con sufficiente preavviso.