



**Direzione Ingegneria
Area Tecnologia dei Materiali**

**DISCIPLINA TECNICA
PER LA FORNITURA E POSA IN OPERA DI
TUBI E RACCORDI IN MATERIALI VARI
PER RETI DI RACCOLTA DI ACQUE METEORICHE
A SERVIZIO DEGLI IMPIANTI AQP**

Redatto a cura di:
ing. Giuseppe De Stefano
ing. Gianvito Capobianco

Visto: Il Direttore
Ing. Andrea Volpe

FEBBRAIO 2021

INDICE

PREMESSA: MATERIALI E CAMPI DI IMPIEGO	3
1. TUBAZIONI DI POLIETILENE CORRUGATO.....	4
1.1. GENERALITA'	4
1.2. CARATTERISTICHE TECNICHE DEI TUBI.....	4
1.3. MARCATURE.....	6
1.4. ACCETTAZIONE DEI MATERIALI	6
1.5. MOVIMENTAZIONE DEI MATERIALI.....	6
1.6. MODALITÀ E PROCEDURE DI POSA IN OPERA	7
1.7. COLLAUDO IDRAULICO IN OPERA	11
2. TUBAZIONI E RACCORDI DI POLIETILENE PE100	13
2.1. GENERALITA'	13
2.2. CARATTERISTICHE TECNICHE DEI TUBI DI PE100.....	13
2.3. RACCORDI DI PE100.....	16
2.4. MARCATURE DI TUBI E DI MANICOTTI ELETTRORISALDABILI.....	16
2.5. ACCETTAZIONE DI TUBI E RACCORDI.....	16
2.6. MOVIMENTAZIONE DEI MATERIALI.....	17
2.7. MODALITÀ E PROCEDURE DI POSA IN OPERA.....	18
2.8. COLLAUDO IDRAULICO IN OPERA	21
3. TUBAZIONI IN C.A VIBROCOMPRESSO	23
3.1. GENERALITA'	23
3.2. CARATTERISTICHE TECNICHE DEI TUBI IN C.A.V.	23
3.3. MARCATURE.....	27
3.4. ACCETTAZIONE DEI PRODOTTI.....	28
3.5. MOVIMENTAZIONE DEI MATERIALI.....	28
3.6. MODALITÀ E PROCEDURE DI POSA IN OPERA.....	29
3.7. COLLAUDO IDRAULICO IN OPERA	31
4. TUBAZIONI IN ACCIAIO INOSSIDABILE	32
4.1. GENERALITA'	32
4.2. CARATTERISTICHE TECNICHE DI TUBAZIONI E RACCORDI	32
4.3. MARCATURE.....	37
4.4. ACCETTAZIONE DI TUBI E RACCORDI.....	37
4.5. TRASPORTO	37
4.6. POSA IN OPERA.....	38
4.7. ESECUZIONE DELLE SALDATURE	38
4.8. ISOLAMENTO E CONTINUITÀ ELETTRICA DELLE CONDOTTE	40
4.9. CONTROLLI IN CANTIERE	41
4.10. COLLAUDO IDRAULICO IN OPERA	42

PREMESSA: MATERIALI E CAMPI DI IMPIEGO

Il presente documento illustra le prescrizioni tecniche di fornitura e posa in opera riguardanti le tubazioni utilizzabili, in Acquedotto Pugliese, per la realizzazione di reti di raccolta acqua piovane.

Le reti di raccolta di acque piovane o, più semplicemente, reti pluviali vengono realizzate, in Acquedotto Pugliese, per la raccolta delle acque meteoriche insistenti sulle superfici di pertinenza di impianti di depurazione o potabilizzazione gestiti da AQP.

Per la realizzazione delle **condotte a gravità** costituenti la rete pluviale possono essere utilizzati i seguenti materiali:

- Tubazioni di **PEad corrugato**, ossia polietilene ad alta densità a parete esterna corrugata e parete interna liscia, almeno SN4;
- Tubazioni di **PE100-rc**, ossia polietilene ad elevatissima densità ed elevatissima resistenza alla propagazione della cricca, almeno PN6;
- Tubazioni in **C.A.V.**, ossia calcestruzzo armato vibrocompresso.

Le tubazioni in PEad corrugato possono essere utilizzate nei casi in cui siano verificate tutte le condizioni di seguito indicate: sia possibile la posa con ricoprimenti di almeno 1 m (con un massimo di 6 m); sia possibile realizzare una trincea di opportune dimensioni (che permettano una corretta compattazione del rinfiango ossia almeno dell'90% Proctor); i carichi veicolari non siano pesanti (almeno nella zona direttamente interessata dalla posa).

Le tubazioni in PE100-rc possono essere utilizzate nei casi in cui siano verificate tutte le condizioni di seguito indicate: sia possibile la posa con ricoprimenti di almeno 1 m (con un massimo di 6 m); sia possibile sia possibile realizzare una trincea di opportune dimensioni (che permettano una corretta compattazione del rinfiango, ossia almeno dell'80% Proctor); i carichi veicolari non siano particolarmente frequenti e pesanti (almeno nella zona direttamente interessata dalla posa).

Le tubazioni in C.A.V. possono essere utilizzate in tutti i casi; devono essere necessariamente utilizzate nei casi in cui: non sia possibile garantire ricoprimenti minimi di 1 m; si debba posare a profondità superiori a 6 m; a prescindere dalle profondità di posa, il sito non permetta la realizzazione di trincee opportunamente dimensionate (che permettano idonea compattazione del rinfiango) e sia interessato da traffico frequente e pesante.

I collegamenti tra pozzetti con caditoia o canaletti grigliati con le condotte principali possono essere realizzati con tubi e raccordi in PEad corrugato o PE100-rc.

Per l'eventuale realizzazione di **tratte prementi** (es. tratte di collegamento tra vasca di trattamento prima pioggia e vasca di equalizzazione o altro recapito finale non raggiungibile con funzionamento a gravità) possono essere utilizzati i seguenti materiali:

- Tubazioni e raccordi di **PE100-rc**;
- Tubazioni e raccordi di **acciaio inossidabile**.

Il PE100-rc può essere utilizzato per condotte non esposte a raggi solari e fonti di calore in generale.

L'acciaio inossidabile deve essere utilizzato per condotte non interrate.

Di seguito, dunque, vengono esposti i “disciplinari di fornitura e posa in opera” relativi ai seguenti materiali: tubazioni di PEad corrugato; tubazioni di PE100-rc; tubazioni in C.A.V.; tubazioni di acciaio inossidabile.

1. TUBAZIONI DI POLIETILENE CORRUGATO

1.1. GENERALITA'

Il presente disciplinare riporta le prescrizioni tecniche, le norme, le prove e le caratteristiche generali dei tubi di polietilene ad alta densità corrugati, a doppia parete, lisci internamente e corrugati esternamente, prodotti per coestrusione continua delle due pareti, conformi alla norma **UNI EN 13476-1**, con classe di rigidità minima pari a SN4, da utilizzare per la realizzazione di condotte per la raccolta di acque piovane.

Le tubazioni di polietilene non devono essere adoperate nelle seguenti circostanze:

- in siti interessati da carichi stradali particolarmente elevati;
- in posizioni raggiungibili dai raggi solari.

Le Ditte produttrici dei tubi e dei pezzi speciali devono possedere un Sistema Qualità aziendale conforme alla vigente norma UNI EN ISO 9001 approvato da un Organismo terzo di certificazione accreditato secondo la norma UNI CEI EN ISO/IEC 17021.

1.2. CARATTERISTICHE TECNICHE DEI TUBI

Materia prima utilizzata nella fabbricazione dei tubi

I tubi, nei diametri e SN previsti, devono essere prodotti con resine polietileniche PEAD in conformità alle norme nazionali ed internazionali. Il fabbricante deve monitorare le proprietà della materia prima da usare nella produzione dei tubi prima del suo utilizzo, in particolare deve controllare almeno le seguenti proprietà, con i metodi di prova riportati in tabella:

Proprietà	Valori	Frequenza	Metodo di prova
Melt Flow Index	$\leq 1,6 \text{ g}/10 \text{ min}$; 5 kg a 190°C	Ad ogni carico o cisterna	UNI EN ISO 1133
Densità	$\geq 930 \text{ kg}/\text{m}^3$; 23°C	Ad ogni carico o cisterna	UNI EN ISO 1183

Aspetto

Le superfici interne ed esterne dei tubi, osservate senza ingrandimenti, devono essere lisce, pulite e senza incavi, graffi, impurità visibili o pori ed ogni irregolarità superficiale che possano compromettere la funzionalità dei tubi stessi.

La parte terminale del tubo va sezionata perfettamente e perpendicolarmente all'asse del tubo.

Colore

I tubi corrugati di PEAD, adoperati per condotte di scarico interrate non in pressione, devono essere esternamente neri ed internamente di colore chiaro per facilitare l'ispezione visiva e/o con telecamere.

Diametri e spessori

I tubi corrugati in PEAD sono dimensionati sia secondo il loro diametro esterno (serie **DN/OD**) sia

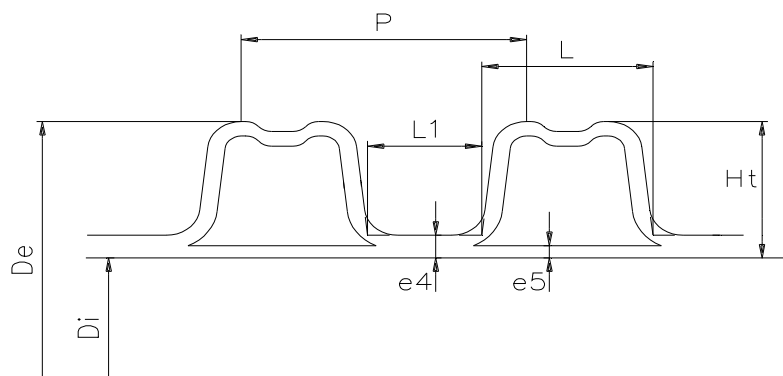
secondo il diametro interno (serie **DN/ID**).

Il diametro interno d_{int} dei tubi deve avere un valore maggiore di $d_{i,min}$.

Ad ogni diametro sono associati gli spessori di parete minimi $e_{4,min}$ ed $e_{5,min}$.

Nella tabella seguente si riportano i valori, espressi in millimetri, di $d_{i,min}$, $e_{4,min}$, $e_{5,min}$.

DN/OD		DN/ID		$e_{4,min}$	$e_{5,min}$
DN est	$d_{i,min}$	DN int	$d_{i,min}$		
250	209			1.7	1.4
315	263			1.9	1.6
		300	294	2.0	1.7
400	335			2.3	2.0
		400	392	2.5	2.3
500	418			2.8	2.8
		500	490	3.0	3.0
630	527			3.3	3.3
		600	588	3.5	3.5
800	669			4.1	4.1
		800	785	4.5	4.5
1000	837			5.0	5.0
1200	1005			5.0	5.0



Lunghezze

Le tubazioni devono essere fornite solo in barre, generalmente di lunghezze da 6 o 12 metri, con una tolleranza di $\pm 1\%$.

Giunzioni

Il collegamento fra gli elementi avverrà tramite manicotti di giunzione o bicchieri, corredati di apposite guarnizioni elastomeriche di tenuta in NBR o EPDM conformi alla norma EN 681-1.

Le guarnizioni devono riportare, in modo indelebile, le marcature richieste dalla suddetta norma.

Per l'accettazione delle guarnizioni fornite, deve essere effettuato il controllo dell'aspetto generale e della finitura, con verifica visiva dell'omogeneità di materiale, dell'assenza di bolle d'aria, vescichette, forellini e tagli. La superficie della guarnizione si deve presentare liscia, perfettamente stampata, esente da difetti, impurità o particelle di materiale estraneo.

1.3. MARCATURE

La marcatura dei tubi, deve riportare le seguenti indicazioni:

- riferimento normativo (UNI EN 13476-1);
- nome del prodotto/produttore;
- marchio di qualità (certificazione di conformità di prodotto);
- dimensioni (DN/OD oppure DN/ID in millimetri);
- classe di rigidità (SN4 o SN8);
- materiale (PE);
- codice d'applicazione d'area;
- data (o codice) di produzione.

1.4. ACCETTAZIONE DEI MATERIALI

Il Direttore dei Lavori, alla ricezione di ciascun lotto di tubi e di raccordi, deve accertarsi che:

- la Ditta produttrice possieda un Sistema Aziendale di Garanzia della Qualità conforme alla vigente norma UNI EN ISO 9001, approvato Organismo terzo di certificazione accreditato secondo la norma UNI CEI EN ISO/IEC 17021;
- sia pervenuta, insieme ai documenti di trasporto, la dichiarazione di conformità del fabbricante che attesti che i prodotti finiti i prodotti finiti siano conformi alla norma EN 13476-1;
- sia pervenuta, insieme ai documenti di trasporto, la certificazione di collaudo in fabbrica, che attesti l'esito delle prove previste dalla norma, con particolare riferimento alla prova di abrasione sulla parete interna della tubazione secondo la norma DIN 19566.

Qualora sia ritenuto opportuno approfondire la qualità dei prodotti consegnati, è facoltà dell'AQP dar corso ad una (o ad entrambe) delle seguenti procedure:

- ottenere la conferma del produttore della materia prima, trasmettendo un campione, scelto a caso, di tubo e/o di raccordo al produttore della resina il cui codice è riportato sui materiali forniti; quest'ultimo restituirà all'AQP, in forma riservata e senza coinvolgere il fabbricante dei prodotti finiti, i risultati delle analisi comparative;
- procedere all'effettuazione delle verifiche ispettive in fabbrica.

1.5. MOVIMENTAZIONE DEI MATERIALI

Per il carico, il trasporto e lo scarico, nonché l'accatastamento dei tubi si deve fare riferimento alle prescrizioni del D.M. 12.12.1985 e della Raccomandazione IIP n.10 del maggio 1999.

Trasporto dei tubi

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

Bisogna sostenere, inoltre, i tubi per tutta la loro lunghezza per evitare di danneggiare le estremità a causa delle vibrazioni.

Le imbracature per il fissaggio del carico possono realizzate con funi o con bande di canapa, nylon o similari, adottando gli opportuni accorgimenti in modo che i tubi non vengano danneggiati.

Carico, scarico e movimentazione

Se il carico e scarico dai mezzi di trasporto e, comunque, la movimentazione vengono effettuati con gru o col braccio di un escavatore, i tubi devono essere sollevati nella zona centrale con un bilancino di ampiezza pari almeno a 3 metri.

Se queste operazioni vengono effettuate manualmente, è da evitare in ogni modo di far strisciare i tubi sulle sponde del mezzo di trasporto o, comunque, su oggetti duri ed aguzzi.

Il responsabile del cantiere deve controllare tutte le operazioni di scarico per assicurarne la regolarità.

Ogni prodotto danneggiato deve essere identificato e segregato in apposita zona.

Il responsabile stesso deve comunicare, al più presto, l'esistenza del prodotto danneggiato al Direttore dei Lavori; quest'ultimo prenderà gli opportuni provvedimenti.

Accatastamento dei tubi

La soluzione ottimale di accatastamento tubi è realizzata con gabbie di legno o in altro materiale, in grado di resistere al peso del bancale sovrastante.

Tale operazione deve essere svolta con la massima cura, specialmente nei confronti dell'allineamento dei bancali stessi. Nell'accatastamento il piano d'appoggio deve essere livellato, esente da asperità e, soprattutto, da pietre appuntite.

Deve essere attuata ogni possibile soluzione idonea a prevenire interferenze con il traffico locale, sia veicolare che pedonale, e con ogni altra opera già esistente.

I tubi devono essere sistemati in modo da evitare ogni possibile incidente dovuto ad un loro non previsto movimento.

Conservazione dei materiali

È indispensabile predisporre le misure necessarie affinché, in caso di magazzinaggio non breve, siano disponibili locali riparati dalle radiazioni solari per lo stoccaggio dei tubi di PE e dei raccordi plastici, allo scopo di evitare il rischio di degradazione dei polimeri, con decadimento delle proprietà fisico - chimico - meccaniche dei materiali.

I raccordi possono essere imballati in differenti modi, in base alla forma, dimensione e tipo di trasporto; se forniti sfusi, si deve aver cura di non ammucchiarli disordinatamente, evitando urti fra loro e con altri materiali pesanti.

Le guarnizioni elastomeriche devono viaggiare imballate e gli imballi devono portare all'esterno chiare indicazioni per l'individuazione dei tipi e delle quantità contenute.

Per il sicuro mantenimento delle proprietà chimico-fisiche, le guarnizioni devono essere immagazzinate in locali asciutti, freschi e oscuri.

1.6. MODALITÀ E PROCEDURE DI POSA IN OPERA

Tipologie degli scavi

Il tipo di scavo previsto in progetto in base alla valutazione dei carichi e al tipo di terreno deve poi essere "scrupolosamente" realizzato nella successiva fase esecutiva.

In sede esecutiva, quindi, è essenziale la corrispondenza scrupolosa tra il progetto e l'effettiva realizzazione.

La posa consigliata è quella in 'trincea stratta', ossia quella con larghezza di scavo $\leq 3DN$ e $< H/2$ (H= altezza di scavo).

Profondità della trincea

La profondità della tubazione H (in metri), intesa come distanza tra il piano di campagna e la generatrice superiore della condotta, deve soddisfare il più cautelativo fra i seguenti requisiti, nei quali D è il diametro esterno espresso in metri:

$$H \geq 1,0$$
$$H \geq 1,5 D$$

La profondità massima della trincea per la posa di tubi in PE corrugato è pari a 6 m.

Larghezza della trincea

È determinata dalla profondità di posa e dal diametro della tubazione, dovendo consentire la sistemazione del fondo, la congiunzione dei tubi e l'agibilità del personale.

La larghezza minima del fondo B (in metri) è di norma:

$$B = D + 0,5 \quad \text{per } D \leq 0,4 \text{ m}$$
$$B = 2D \quad \text{per } D \geq 0,5 \text{ m.}$$

Per altro verso, non si devono superare di molto tali valori limite inferiori, poiché l'efficienza della trincea è tanto maggiore quanto minore è la sua larghezza.

Fondo della trincea

Le trincee devono essere realizzate senza cunette o asperità, in modo da costituire un supporto continuo alla tubazione.

Si sconsigliano fondi costruiti con gettate di cemento o simili perché irrigidiscono la struttura.

Nelle trincee aperte in terreni eterogenei, collinosi o di montagna, occorre garantirsi dall'eventuale slittamento del terreno con opportuni ancoraggi.

Se si ha motivo di temere l'instabilità del terreno, a causa di acqua reperita nella trincea, bisogna opportunamente consolidare il fondo con l'ausilio di tubi di drenaggio al di sotto della canalizzazione, come descritto nel seguito.

Letto di posa

Alla canalizzazione in PEAD corrugato deve essere assicurato un letto di posa stabile e a superficie piana, nonché libero da ciottoli, pietrame ed eventuali altri materiali.

Il letto di posa non deve essere costituito prima della completa stabilizzazione del fondo della trincea.

Il materiale utilizzato in condizioni di posa normali è la sabbia mista a ghiaia con diametro massimo pari a 20 mm.

Nei terreni in pendenza è consigliabile evitare sabbie preferendo ghiaia o pietrisco senza spigoli tagliati di pezzatura massima pari a 10/15 mm.

Il materiale deve poi essere accuratamente compattato e raggiungere uno spessore di almeno $(10+1/10D)$ cm, avendo cura di rispettare la pendenza calcolata in fase progettuale.

Norme di compattazione e controlli qualitativi

Poiché le tubazioni di PEAD sono flessibili, l'uniformità del terreno circostante è fondamentale per la corretta realizzazione di una struttura portante, poiché il terreno, deformato dalla tubazione, reagisce in modo da contribuire a sopportare il carico imposto.

Per assicurare la stabilità e l'integrità nel tempo delle condotte costruite, si precisa, quale norma per

L'appaltatore, che il letto di posa, il rinfiacco ed il primo ricoprimento delle tubazioni in PEAD, devono essere eseguiti con la scrupolosa applicazione di quanto riportato nelle presenti norme.

Il grado di compattazione del materiale costituente il rinfiacco influisce in modo determinante sul valore di deformazione diametrale ($\Delta x/D$) della tubazione; tale valore, che non deve superare i limiti ammissibili stabiliti, è ricavabile dalla formula di Spangler:

$$\Delta x = \frac{0,125 \cdot Q}{E \cdot (s/D)^3 + 0,0915 \cdot E_1}$$

dove:

Q = carico totale esterno sul tubo [kg/m];

E = modulo elastico del tubo [kg/m²];

s = spessore tubo [m];

D = diametro del tubo [m];

E₁ = modulo elastico del terreno [kg/m²].

In particolare E₁ dipende dal fattore α' di compattazione secondo la relazione:

$$E_1 = \frac{9 \cdot 10^4}{\alpha'} \cdot (H + 4),$$

dove H [m] è l'altezza del riempimento misurata a partire dalla generatrice superiore del tubo.

A sua volta α' è collegato all'indice *Proctor*, nel modo indicato dalla tabella seguente:

Prova <i>Proctor</i>	α'
95%	1,0
90%	1,5
85%	1,5 ²
80%	1,5 ³
75%	1,5 ⁴

L'indice *Proctor* definisce convenzionalmente il grado di compattazione di un terreno.

Per le tubazioni di PEAD deve essere considerato un **indice di Proctor almeno pari al 90%**, affinché si abbiano valori accettabili della deformazione diametrale.

L'ottenimento del valore richiesto per l'indice *Proctor* deve essere verificato mediante l'esecuzione di apposite prove e relative certificazioni, il cui numero è stabilito in fase di progettazione.

Le suddette prove, definite "prove di costipamento e determinazione delle caratteristiche di densità dei materiali", devono essere effettuate col metodo AASHO standard con 4 punti della curva densità/contenuto d'acqua.

Per ottenere la densità richiesta si utilizzano opportuni metodi di costipamento (a mano, con pigiatoi piatti o con apparecchi meccanici leggeri).

Inoltre, per assicurare la rispondenza alle prescrizioni di progetto, la D.L. verifica che siano rispettate le modalità esecutive del riempimento ed esegue periodicamente misurazioni dell'ovalizzazione della tubazione installata; se la deformazione risulta maggiore dei valori ammissibili, se possibile, s'incrementa la compattazione; in caso contrario si sostituisce il materiale di riempimento.

Posa del tubo

Prima della posa in opera, i tubi devono essere ispezionati singolarmente per scoprire eventuali difetti; le testate, i manicotti e le guarnizioni devono essere integre.

I tubi ed i raccordi devono essere sistemati sul letto di posa in modo da avere un contatto continuo con il letto stesso.

Le nicchie precedentemente scavate per l'alloggiamento dei bicchieri devono, se necessario, essere accuratamente riempite onde evitare eventuali vuoti sotto i bicchieri.

Procedura di rinterro

Il riempimento della trincea ed in generale dello scavo è l'operazione fondamentale della messa in opera. Trattandosi, infatti, di tubazioni in PEAD, l'uniformità del terreno è fondamentale per la corretta realizzazione di una struttura portante, in quanto il terreno reagisce in modo da contribuire a sopportare il carico imposto.

Il materiale già usato per la costruzione del letto è sistemato attorno al tubo e costipato a mano per formare strati successivi di 20 cm, fino alla mezzera del tubo, avendo la massima cura nel verificare che non rimangano zone vuote sotto al tubo e che lo strato L_1 di rinfianco tra tubo e parete sia continuo e compatto.

Il secondo strato di rinfianco L_2 giunge fino alla generatrice superiore del tubo. La sua compattazione deve essere eseguita sempre con la massima attenzione.

Il terzo strato L_3 arriva a 15 cm al di sopra della generatrice superiore del tubo.

La compattazione deve avvenire solo lateralmente al tubo, mai sulla sua verticale.

Il costipamento del riempimento che avvolge il tubo deve essere uniforme e raggiungere il 90% del valore ottimale determinato con la prova di Proctor modificata.

Il rinfianco con terreni torbosi, melmosi, argillosi, ghiacciati è proibito in quanto detti terreni non sono costipabili per il loro alto contenuto d'acqua.

L'ulteriore riempimento (strati L_4 e L_5) è effettuato con il materiale proveniente dallo scavo, depurato dagli elementi con diametro superiore a 10 cm e dai frammenti vegetali ed animali; va eseguito per strati successivi pari a 20 cm che devono essere compattati ed eventualmente bagnati per lo spessore di 1 m (misurato dalla generatrice superiore del tubo), in modo tale che la densità della terra in sito raggiunga, a costipazione effettuata, il 90% del valore ottimale determinato con la prova di Proctor modificata.

Il materiale più grossolano (pietriccio con diametro > 2 cm) non deve superare il limite del 30%.

Va lasciato, infine, uno spazio libero per l'ultimo strato di terreno vegetale.

Condizioni di posa particolari

In presenza di falda freatica bisogna assicurarsi che detta falda non possa provocare in alcun modo spostamenti del materiale di rinterro che circonda il tubo. Occorre, allo scopo, consolidare il terreno circostante con opere di drenaggio che agiscano sotto il livello dello scavo e posare teli di geotessuto a protezione del letto di posa, del rinfianco e del primo strato di ricoprimento, al fine di evitare ogni possibile instabilità del terreno di posa e dei manufatti in muratura.

Nel caso in cui, per ragioni tecniche, l'altezza H di ricoprimento in qualche punto debba risultare inferiore ai minimi prescritti, occorre far assorbire i carichi verticali da opportuni manufatti di protezione (diaframmi rigidi di protezione e di ripartizione dei carichi da collocare sopra l'ultimo strato di materiale minuto compatto), secondo apposito ordine della Direzione Lavori.

In caso di passaggio con la canalizzazione fognaria sotto strade con traffico pesante si può:

- prevedere un tubo guaina protettivo in acciaio rivestito;
- posare la tubazione in un cunicolo in cemento armato.

Allineamento dei tubi

Le condotte devono essere posate in modo perfettamente rettilineo poiché gli eventuali disassamenti provocano difetti di tenuta nei giunti. Pertanto sia nella fase di scavo che nella formazione delle giunzioni si deve assicurare la rettilineità dell'asse dei tubi.

I disassamenti necessari al tracciato della condotta devono ottenersi esclusivamente mediante i pezzi speciali (curve) o in corrispondenza di pozzetti.

La rettilineità dell'asse in senso verticale (costanza della livelletta) deve realizzarsi esclusivamente mediante rinalzature con terra vagliata o con sabbia della stessa natura del letto di posa; in nessun caso si devono usare pietre o altri corpi.

Esecuzione delle giunzioni

Le giunzioni si effettuano rispettando le seguenti indicazioni, sia per i tubi sia per i pezzi speciali:

- provvedere ad un'accurata pulizia delle parti da congiungere assicurandosi che siano integre;
- inserire in modo corretto la guarnizione elastomerica di tenuta nella gola presente tra due corrugazioni;
- lubrificare la superficie esterna della guarnizione e la superficie interna del manicotto o bicchiere con apposito lubrificante (grasso od olio siliconato, vaselina, acqua saponosa, ecc.). Evitare l'uso d'oli o grassi minerali che possono danneggiare la guarnizione;
- infilare la testata della tubazione fino alla battuta del manicotto o bicchiere; la perfetta riuscita di quest'operazione dipende esclusivamente dal preciso allineamento dei tubi e dall'accurata lubrificazione.

1.7. COLLAUDO IDRAULICO IN OPERA

La tubazione deve essere chiusa alle due estremità con tappi a perfetta tenuta, dotati ciascuno di un raccordo con un tubo verticale per consentire di raggiungere la pressione idrostatica voluta.

La canalizzazione deve essere accuratamente ancorata per evitare qualsiasi movimento provocato dalla pressione idrostatica.

Il riempimento deve essere accuratamente effettuato dal basso in modo da favorire la fuoriuscita dell'aria.

Una pressione minima di 1 m d'acqua va applicata alla parte più alta della canalizzazione ed una pressione massima non superiore a 5 m d'acqua sarà applicata alla parte più bassa.

Nel caso di canalizzazioni a forte pendenza, può essere necessario effettuare la prova per sezioni onde evitare pressioni eccessive.

Il sistema deve essere lasciato pieno d'acqua per almeno un'ora prima di effettuare qualsiasi rilevamento.

Trascorso tale periodo, l'eventuale perdita è accertata aggiungendo acqua ad intervalli regolari con un cilindro e prendendo nota della quantità necessaria per mantenere il livello originale.

Il tempo di prova deve essere pari a 30 minuti.

Secondo la norma UNI EN 1610, il requisito di prova è soddisfatto se la quantità di acqua aggiunta non è maggiore di:

- 0,15 l/m², nel tempo di 30 minuti, per le tubazioni;
- 0,20 l/m², nel tempo di 30 minuti, per le tubazioni che comprendono anche i pozzetti.

In pratica, la condotta si ritiene favorevolmente collaudata quando, dopo un primo rabbocco per integrare gli assestamenti, non si riscontrano ulteriori variazioni di livello.

Qualora la prova non abbia successo per perdite nelle giunzioni, l'Appaltatore deve riparare le giunzioni difettose e ripetere la prova a sua cura e spese, e ciò finché non si verifichino le condizioni di tenuta sopra specificate.

Lo stesso dicasi qualora la prova non riesca per lesioni o rotture di tubi o di pezzi speciali, restando stabilito che in tal caso l'Appaltatore deve sostituire a tutte sue spese i materiali lesionati o rotti.

Le prove sono eseguite in contraddittorio tra la Direzione Lavori e l'Appaltatore, e per ogni prova eseguita (con esito favorevole o negativo) è redatto apposito verbale sottoscritto dalle parti.

Dichiarato accettabile un tratto di condotta, si procede immediatamente al rinterro dello scavo, mantenendo la pressione ridotta a metà di quella di prova.

2. TUBAZIONI E RACCORDI DI POLIETILENE PE100

2.1. GENERALITA'

Il presente disciplinare riporta le prescrizioni tecniche, le norme, le prove e le caratteristiche generali dei tubi di polietilene a parete liscia, per la realizzazione di condotte per la raccolta di acque piovane.

Il tipo di polietilene adoperabile è il **PE100-rc** (notch test >8760 ore), conforme alle norme **UNI EN 12201** (si utilizza il tubo per acquedotto, a garanzia di maggiore resistenza meccanica), con spessori minimi corrispondenti alla classe di pressione **PN 6** (SDR 26).

Le giunzioni possono essere realizzate per saldatura per elettro fusione, mediante utilizzo di manicotti elettrosaldabili PN 6 (soluzione preferibile in quanto si evita la presenza del cordone interno di saldatura che può favorire accumulo di materiale solido), oppure per saldatura testa a testa.

Le tubazioni di polietilene non devono essere adoperate nelle seguenti circostanze:

- in siti interessati da carichi stradali particolarmente frequenti ed elevati;
- in posizioni raggiungibili dai raggi solari o nelle vicinanze di fonti di calore.

Le tubazioni devono essere fornite sempre in barre.

Le Ditte produttrici dei tubi e dei pezzi speciali devono possedere un Sistema Qualità aziendale conforme alla vigente norma UNI EN ISO 9001, certificato da un Organismo terzo di certificazione accreditato secondo la norma UNI CEI EN ISO/IEC 17021.

Le Ditte produttrici devono possedere la Certificazione di Prodotto, rilasciata da un Organismo terzo di certificazione accreditato secondo la norma UNI CEI EN ISO/IEC 17065, che attesti la conformità dei tubi e dei pezzi speciali alle norme EN 12201.

2.2. CARATTERISTICHE TECNICHE DEI TUBI DI PE100

Materia prima utilizzata nella fabbricazione dei tubi

I tubi, nei diametri ed SDR previsti, devono essere prodotti con resine polietileniche di classe MRS 10,0 ($\sigma_c=8,0 \text{ N/mm}^2$) in conformità alle norme nazionali ed internazionali.

Nessun additivo potrà essere aggiunto alla resina dal fabbricante dei tubi all'atto della lavorazione, oltre a quelli previsti dal produttore della resina stessa. Tutti gli additivi che sono necessari per la realizzazione dei tubi, in particolare gli stabilizzanti contro i raggi UV, devono essere già inglobati nei granuli (pre-masterizzazione). Il fabbricante deve monitorare le proprietà della materia prima da impiegare nella produzione dei tubi prima del suo utilizzo, in particolare deve controllare almeno le seguenti proprietà, con i metodi di prova riportati nel prospetto 1 della norma UNI EN 12201-1:

Proprietà	Valori	Frequenza	Metodo di prova
Melt Flow Index	5 Kg ; 190°C; 10 min	Ad ogni carico Silos	ISO 1133
Tempo di induzione all'ossigeno O.I.T.	T = 200°C; ≥ 20 min	Ad ogni carico Silos	UNI EN 728
Densità	≥ 930 Kg/m ³ ; 23°C	Ad ogni carico Silos	ISO 1183
Contenuto di Carbon Black	2 ÷ 2,5 % in massa	Ad ogni carico Silos	ISO 6964
Dispersione del Carbon Black	≤ grado 3	Ad ogni carico Silos	ISO 18553
Contenuto di acqua	≤ 300 mg/Kg	Ad ogni carico Silos	UNI EN 12118

Aspetto

Le superfici interne ed esterne dei tubi, osservate senza ingrandimenti, devono essere lisce, pulite e libere da asperità, cavità o altri difetti di superficie che possano compromettere la funzionalità dei tubi stessi. La parte terminale del tubo deve essere sezionata perfettamente e perpendicolarmente all'asse del tubo.

Colore

I tubi di PE100, adoperati per fognatura pluviale, devono essere totalmente neri oppure neri con strisce marroni.

Diametri e spessori

La dimensione convenzionale con cui sono designati i tubi e i pezzi speciali in PE100 (secondo la norma UNI EN 12201-2) è il "diametro nominale DN/OD, ossia la dimensione nominale relativa al diametro esterno. Il suo valore coincide con quello del diametro esterno nominale d_n e con il minimo valore del diametro esterno medio $d_{em,min}$.

Il diametro esterno medio d_{em} dei tubi deve avere un valore compreso tra $d_{em,min}$ e $d_{em,max}$.

Ad ogni diametro e per ogni classe di pressione sono associati lo spessore di parete minimo $e_{y,min}$ e lo spessore di parete massimo $e_{y,max}$ delle tubazioni.

Nella tabella seguente si riportano i valori, in millimetri, di $d_{em,min}$, $d_{em,max}$, $e_{y,min}$, $e_{y,max}$ e dell'ovalizzazione massima ammissibile, riferiti a tubi di PE100 con classi di pressione PN 6:

DN/OD	dn	d _{em,min}	d _{em,max}	PN 6 SDR 26		Ovalizzazione Massima Ammissibile
				e _{y,min}	e _{y,max}	
63	63	63,0	63,4	2,5	2,9	1,5
75	75	75,0	75,5	2,9	3,3	1,6
90	90	90,0	90,6	3,5	4,0	1,8
110	110	110,0	110,7	4,2	4,8	2,2
125	125	125,0	125,8	4,8	5,4	2,5
140	140	140,0	140,9	5,4	6,1	2,8
160	160	160,0	161,0	6,2	7,0	3,2
200	200	200,0	201,2	7,7	8,6	4,0
225	225	225,0	226,4	8,6	9,6	4,5
250	250	250,0	251,5	9,6	10,7	5,0
280	280	280,0	281,7	10,7	11,9	9,8
315	315	315,0	316,9	12,1	13,5	11,1
355	355	355,0	357,2	13,6	15,1	12,5
400	400	400,0	402,4	15,3	17,0	14,0
450	450	450,0	452,7	17,2	19,1	15,6
500	500	500,0	503,0	19,1	21,2	17,5
560	560	560,0	563,4	21,4	23,7	19,6
630	630	630,0	633,8	24,1	26,7	22,1
710	710	710,0	716,4	27,2	30,1	(24,9)
800	800	800,0	807,2	30,6	33,8	(28,0)

Lunghezze

Le tubazioni di PE100 non devono essere fornite in rotoli, bensì solo in barre, generalmente di lunghezze da 6 o 12 metri.

Giunzioni

Sono possibili i seguenti tipi di giunzioni:

- a) giunzioni con raccordi elettrosaldabili (saldatura per elettrofusione);
- b) giunzioni con elementi termici per contatto (saldatura testa a testa).

La giunzione per saldatura deve essere sempre eseguita da personale qualificato, in ambiente atmosferico tranquillo (assenza di precipitazioni, di vento, di eccessiva polverosità), con apparecchiature tali da garantire la costanza nel tempo dei valori di temperatura e di pressione.

La saldatura deve essere eseguita esclusivamente con tubo perfettamente asciutto, con raccordi e attrezzature appositamente destinate allo scopo, secondo le indicazioni del paragrafo 5 del presente disciplinare.

La zona destinata alla saldatura non appena sia stata preparata, ossia spianata con la fresa (saldatura testa a testa) o raschiata (saldatura per elettrofusione), non deve più essere toccata con le mani e non deve venire a contatto con sostanze e/o materiali che potrebbero inquinare la saldatura.

I corretti procedimenti di saldatura sono indicati nelle norme UNI 10520 e UNI 10521 e devono essere rigorosamente rispettati.

Per le tubazioni in PE100, in particolare, si deve rispettare il processo di giunzione definito nella norma WIS 4-32-08 agosto 1994 Edizione n° 2, che informa sui corretti parametri e relativo processo di saldatura nel caso di utilizzo di tubazioni prodotte con le più moderne resine di polietilene.

Gli operatori destinati alla realizzazione delle saldature devono essere professionalmente qualificati sui metodi d'esecuzione delle saldature e sull'uso e gestione delle attrezzature destinate alla saldatura. Allo scopo gli operatori, in conformità alla norma UNI 9737, devono possedere la qualifica PE-2-D per le giunzioni saldate testa a testa e la qualifica PE-3 per le giunzioni con raccordi elettrosaldabili.

La Direzione dei Lavori deve acquisire, prima dell'inizio delle attività, i certificati di qualificazione dei saldatori impiegati dall'Impresa.

Quando si adopera la tecnica della giunzione testa a testa, il responsabile di cantiere deve assicurarsi che l'attrezzatura impiegata sia sottoposta a regolare manutenzione con particolare riferimento alla lettura dei parametri della temperatura del termoelemento e del valore delle pressioni di saldatura.

Il termoelemento, inoltre, deve essere mantenuto pulito e la fresa deve essere nelle condizioni di asportare la quantità prevista di polietilene dalla testa dei tubi.

Per la pulizia del termoelemento e della fresa devono essere prese tutte le precauzioni possibili per prevenire danni a persone.

Tutte le attrezzature devono essere soggette ad un programma di manutenzione in conformità alle prescrizioni della norma UNI 10565.

Quando si adopera la tecnica della giunzione per elettrofusione, il responsabile di cantiere deve assicurarsi che l'attrezzatura impiegata sia sottoposta a regolare manutenzione.

Tutte le attrezzature dovranno essere soggette ad un programma di manutenzione in conformità alle prescrizioni della norma UNI 10566.

I manicotti elettrosaldabili, così come le tubazioni ad essi collegate, devono essere in polietilene PE100 e devono garantire che tutto il sistema sia almeno PN6.

2.3. RACCORDI DI PE100

I raccordi di PE100-rc, da utilizzare per la realizzazione dei tratti 'prementi', possono essere realizzati in due modi: per stampaggio eseguito direttamente in fabbrica (in unico pezzo); per saldatura di 'settori' o 'spicchi', eseguibile anche in cantiere.

I raccordi devono essere almeno PN6, come le tubazioni.

La giunzione tra raccordi e tubazioni deve essere effettuata mediante saldatura testa a testa.

2.4. MARCATURE DI TUBI E DI MANICOTTI ELETTROSALDABILI

La marcatura dei tubi, deve riportare le seguenti indicazioni:

- nome o simbolo del produttore;
- dimensioni (diametro x spessore, in millimetri);
- serie SDR;
- materiale e designazione (PE100);
- classe di pressione in bar (PN 6);
- periodo di produzione (data o codice);
- numero della norma (UNI EN 12201);
- sigla identificativa della resina omologata;
- marchio di conformità dei tubi.

I raccordi devono riportare la seguente marcatura minima:

- nome o codice del fabbricante;
- diametro nominale e serie dei tubi (DN/OD + SDR).
- Sui raccordi stessi o su apposite etichette, devono essere riportate anche le seguenti indicazioni:
- numero della norma (UNI EN 12201);
- materiale e designazione (PE100);
- classe di pressione (PN 6);
- sigla identificativa della resina omologata;
- marchio di conformità dei raccordi.

2.5. ACCETTAZIONE DI TUBI E RACCORDI

Il Direttore dei Lavori o il Responsabile degli acquisti AQP, alla ricezione di ciascun lotto di tubi e di raccordi deve accertarsi che:

- la Ditta produttrice possieda un Sistema Qualità aziendale conforme alla vigente norma ISO 9001 certificato da un Organismo terzo di certificazione accreditato secondo la norma UNI CEI EN ISO/IEC 17021;
- la Ditta produttrice possieda la Certificazione di Prodotto, rilasciata da un Organismo terzo di certificazione accreditato secondo la norma UNI CEI EN ISO/IEC 17065, che attesti la conformità dei tubi e dei pezzi speciali alle norme UNI EN 12201;
- sia pervenuta, insieme ai documenti di trasporto, la dichiarazione di conformità del fabbricante che attesti che i prodotti finiti e le materie prime impiegate siano conformi alla norma UNI EN 12201, corredata della documentazione dei *test* interni.

Qualora sia ritenuto opportuno approfondire la qualità dei prodotti consegnati, è facoltà dell'AQP dar corso ad una (o ad entrambe) delle seguenti procedure:

- ottenere la conferma del produttore della materia prima, trasmettendo un campione, scelto a caso, di tubo e/o di raccordo al produttore della resina il cui codice è riportato sui materiali forniti; quest'ultimo restituirà all'AQP, in forma riservata e senza coinvolgere il fabbricante dei prodotti finiti, i risultati delle analisi comparative;
- procedere all'effettuazione delle verifiche ispettive in fabbrica.

2.6. MOVIMENTAZIONE DEI MATERIALI

Trasporto dei tubi

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

Bisogna sostenere, inoltre, i tubi per tutta la loro lunghezza per evitare di danneggiare le estremità a causa delle vibrazioni.

Le imbracature per il fissaggio del carico possono realizzate con funi o con bande di canapa o di nylon o similari, adottando gli opportuni accorgimenti in modo che i tubi non vengano danneggiati.

Carico, scarico e movimentazione

Se il carico e scarico dai mezzi di trasporto e, comunque, la movimentazione vengono effettuati con gru o col braccio di un escavatore, i tubi devono essere sollevati nella zona centrale con un bilancino di ampiezza pari almeno a 3 metri.

Se queste operazioni vengono effettuate manualmente, è da evitare in ogni modo di far strisciare i tubi sulle sponde del mezzo di trasporto o, comunque, su oggetti duri ed aguzzi.

Lo scarico per rotolamento dal mezzo di trasporto con piano inclinato è ammesso purché il piano di arrivo sia composto da terreno vegetale o il tubo venga appoggiato su traversine.

Il responsabile del cantiere deve controllare tutte le operazioni di scarico per assicurarne la regolarità.

Ogni prodotto danneggiato deve essere identificato e segregato in apposita zona.

Il responsabile stesso deve comunicare, al più presto, l'esistenza del prodotto danneggiato al Direttore dei Lavori dell'AQP; quest'ultimo prenderà gli opportuni provvedimenti.

Accatastamento dei tubi

Nell'accatastamento il piano d'appoggio deve essere livellato, esente da asperità e, soprattutto, da pietre appuntite.

Deve essere attuata ogni possibile soluzione idonea a prevenire interferenze con il traffico locale, sia veicolare che pedonale e con ogni altra opera già esistente.

I tubi devono essere sistemati in modo da evitare ogni possibile incidente dovuto ad un loro non previsto movimento.

L'altezza di accatastamento per i tubi in barre non deve essere superiore a 1,5 m, qualunque sia il diametro e lo spessore.

Per i tubi con diametro esterno superiore a 500 mm è consigliabile armare internamente le estremità onde evitare eccessive ovalizzazioni.

Dopo l'accatastamento, bisogna assicurarsi che i tappi di protezione delle testate siano collocati sulle stesse, al fine di prevenire che foglie, polvere, piccoli animali ecc. possano alloggiarsi all'interno dei tubi.

Conservazione dei materiali

È indispensabile predisporre le misure necessarie affinché tutti i magazzini, sia aziendali che dei cantieri delle imprese, siano dotati di locali riparati dalle radiazioni solari per lo stoccaggio dei tubi di PE e dei raccordi plastici, necessari per evitare il rischio di degradazione dei polimeri, con decadimento delle proprietà fisico - chimico - meccaniche.

Trasporto e immagazzinamento dei raccordi elettrosaldabili

Questi raccordi devono essere sempre forniti in apposite confezioni di materiale resistente, tale da proteggerli da polvere, umidità, salsedine, raggi UV, ecc.

Devono essere conservati in magazzini, posati su scaffalature o comunque sollevati dal suolo, lontano da fonti di luce e di calore.

In cantiere si deve aver cura che i raccordi elettrosaldabili non vengano esposti agli agenti di cui sopra e conservati nella loro confezione originale fino al momento d'uso.

2.7. MODALITA' E PROCEDURE DI POSA IN OPERA

Scavi

Lo scavo deve essere effettuato a sezione obbligata.

Deve essere eseguito con mezzi idonei, avendo la massima cura di:

- rispettare scrupolosamente le quote di progetto;
- impedire con ogni mezzo il franamento delle pareti, sia per evitare incidenti al personale, sia per non avere modifiche alla sezione di scavo;
- eliminare, sia all'interno dello scavo sia negli immediati dintorni, eventuali radici il cui successivo sviluppo potrebbe danneggiare le condotte;
- provvedere alla raccolta e all'allontanamento delle acque meteoriche, nonché di quelle di falda e sorgive eventualmente incontrate;
- accumulare il materiale di scavo ad una distanza tale da consentire il libero movimento del personale e delle tubazioni onde evitare il pericolo di caduta di tale materiale ed in particolare di pietre sui manufatti già posati.

Durante l'apertura di trincee in terreni eterogenei, collinari o montagnosi occorre premunirsi da eventuali smottamenti o slittamenti mediante opportune opere di sostegno e di ancoraggio.

Se si ha motivo di ritenere che l'acqua di falda eventualmente presente nello scavo possa determinare una instabilità nel terreno di posa e dei manufatti in muratura, occorre consolidare il terreno circostante con opere di drenaggio che agiscano sotto il livello dello scavo, in modo da evitare che l'acqua di tale falda possa provocare spostamenti del materiale di rinterro che circonda il tubo.

La larghezza minima sul fondo dello scavo deve essere di 40 cm superiore al diametro del tubo da posare.

La profondità minima di interrimento deve essere di 100 cm, misurata dalla generatrice superiore del tubo e, in ogni caso, deve essere valutata in funzione dei carichi stradali e del pericolo di gelo; ogni eventuale deroga deve essere espressamente autorizzata dalla Direzione Lavori.

Qualora non possa essere rispettato il valore minimo di profondità richiesta, la tubazione deve essere protetta da guaine tubolari, manufatti in cemento o materiali equivalenti.

Letto di posa

Le tubazioni posate nello scavo devono trovare appoggio continuo sul fondo dello stesso lungo tutta la generatrice inferiore, per tutta la loro lunghezza.

A questo scopo il fondo dello scavo deve essere piano, costituito da materiale uniforme, privo di trovanti, per evitare che il tubo subisca sollecitazioni meccaniche. In presenza di terreni rocciosi, ghiaiosi o di riporto in cui sul fondo dello scavo non sia possibile realizzare condizioni adatte per l'appoggio ed il mantenimento dell'integrità del tubo, il fondo stesso deve essere livellato con sabbia o altro materiale di equivalenti caratteristiche granulometriche. In ogni caso le tubazioni devono essere sempre posate su un letto di sabbia o terra vagliata, ben compattato, con spessore maggiore di $(10 + 0,1 D)$ centimetri, dove D è il diametro esterno del tubo in cm.

Il materiale deve essere costituito in prevalenza da granuli aventi diametro di 0,10 mm e deve contenere meno del 12% di fino (composto da particelle con diametro inferiore a 0,08 mm).

Posa in opera

Le operazioni di posa in opera devono essere eseguite da operatori esperti.

I tubi devono essere collocati, sia altimetricamente che planimetricamente, nella precisa posizione risultante dai disegni di progetto, salvo diverse disposizioni della Direzione Lavori.

Prima di essere calati nello scavo tutti gli elementi di tubazione devono essere accuratamente esaminati, con particolare riguardo alle testate, per accertare che nel trasporto e nelle operazioni di carico e scarico non siano state deteriorate; a tale scopo è indispensabile che essi vengano ripuliti da polvere, fango, ecc., che ricoprendo i tubi possano aver nascosto eventuali danni.

Si deve altresì verificare che nell'interno dei tubi e dei raccordi non si siano introdotti animali o materie estranee; per ovviare a tale inconveniente si raccomanda diappare opportunamente le estremità dei tratti già collocati.

Effettuata la giunzione delle tubazioni e dei pezzi speciali, secondo le modalità già descritte nel presente disciplinare, si provvede alla posa in opera, che viene effettuata, in generale, per mezzo di capre, escavatori o gru disposte lungo il tracciato, in modo da consentire un graduale abbassamento della condotta, che non deve subire urti contro corpi duri o eccessive deformazioni.

Le condotte di PE100, la cui saldatura viene effettuata ai margini dello scavo, devono essere poste in opera sollevandole dal piano di campagna in almeno due punti distanti tra loro $15 \div 20$ metri, per non più di $1,20 \div 1,30$ metri.

Per tubazioni di piccolo diametro e scavi poco profondi è possibile prevedere la posa anche a mano. Inizialmente i tubi si allineano ricalzandoli in vicinanza dei giunti; in seguito si fissa la loro posizione definitiva riferendosi ai picchetti di quota e di direzione ed in modo che non abbiano a verificarsi controtendenze rispetto al piano di posa.

Le tubazioni devono essere ancorate in modo da impedirne lo slittamento durante la prova a pressione.

I tubi, infine, vengono fissati definitivamente nella loro posizione, ricalzandoli opportunamente lungo tutta la linea senza impiegare cunei di metallo, di legno o pietrame.

Condizioni di posa particolari

In presenza di falda freatica bisogna assicurarsi che detta falda non possa provocare in alcun modo spostamenti del materiale di rinterro che circonda il tubo.

Occorre, allo scopo, consolidare il terreno circostante con opere di drenaggio che agiscano sotto il livello dello scavo e posare teli di geotessuto a protezione del letto di posa, del rinfianco e del primo strato di ricoprimento, al fine di evitare ogni possibile instabilità del terreno di posa e dei manufatti in muratura.

Nel caso in cui, per ragioni tecniche, l'altezza H di ricoprimento in qualche punto debba risultare inferiore ai minimi prescritti, occorre far assorbire i carichi verticali da opportuni manufatti di protezione (diaframmi rigidi di protezione e di ripartizione dei carichi da collocare sopra l'ultimo strato di materiale minuto compatto), secondo apposito ordine della Direzione Lavori.

In caso di passaggio con la canalizzazione fognaria sotto strade con traffico pesante si può:

- prevedere un tubo guaina protettivo in acciaio rivestito;
- posare la tubazione in un cunicolo in cemento armato.

Riempimento dello scavo

Ultimata la posa dei tubi nello scavo, si dispone sopra di essi uno strato di sabbia che giunga ad una altezza di almeno 15 cm al di sopra della generatrice superiore del tubo.

Il compattamento dello strato fino a 2/3 del tubo, a partire dal letto di posa, deve essere particolarmente curato, eseguito manualmente e senza spostamenti del tubo stesso.

La sabbia compattata deve presentare un'ottima consistenza ed una buona uniformità, rinfiando il tubo da ogni lato.

Tenuto conto che il tubo, a causa del suo coefficiente di dilatazione, assume delle tensioni, se bloccato alle estremità prima del riempimento dello scavo, uniformandosi alla temperatura del terreno, si deve procedere come segue:

- il riempimento (almeno per i primi 50 cm sopra il tubo) deve essere eseguito per tutta la condotta nelle medesime condizioni di temperatura esterna e si consiglia sia fatto nelle ore meno calde della giornata;
- si procede sempre a zone di 20-30 m, avanzando in una sola direzione e possibilmente in salita; si lavora su tre tratte consecutive e viene eseguito contemporaneamente il ricoprimento (fino a 50 cm sopra il tubo) in una zona, il ricoprimento (fino a 15-20 cm) nella zona adiacente e la posa della sabbia attorno al tubo nella tratta più avanzata;
- si può procedere su tratte più lunghe solo in condizioni di temperatura più o meno costanti;
- una delle estremità della tratta della condotta deve essere sempre mantenuta libera di muoversi e l'attacco ai pezzi speciali o all'altra estremità della condotta deve essere eseguito solo dopo che il ricoprimento è stato portato a 5-6 m dal pezzo stesso.

Il riempimento successivo dello scavo potrà essere costituito da materiale di risulta dello scavo stesso, disposto per strati successivi, di volta in volta costipati con macchine leggere vibrocompattatrici.

È necessario porre un nastro blu continuo con la dicitura "Tubazione Acqua" sulla generatrice superiore della condotta ad una distanza da essa di 30 cm, per indicarne la presenza in caso di successivi lavori di scavo.

Nel caso di posa in opera di altri servizi, il nuovo scavo non deve mai mettere in luce la sabbia che ricopre la condotta.

Danni

Ai fini della resistenza ai danni che possono originarsi durante la fase della posa in opera, le prestazioni dei tubi (PN per 50 anni di vita) non diminuiscono se il valore del danno (intaglio) arrecato ai tubi non supera, in profondità, il 10% del valore dello spessore del tubo.

La forma del danno non è rilevante (longitudinale o circonferenziale, ecc.); tuttavia il Direttore dei Lavori ed il Responsabile di Cantiere si devono assicurare che il danno non penetri per un valore superiore al 10% dello spessore del tubo in nessun punto della parete dello stesso.

Nel caso che ciò accada, la parte del tubo interessata dal danno deve essere rimossa.

2.8. COLLAUDO IDRAULICO IN OPERA

Tratte a gravità

La tubazione deve essere chiusa alle due estremità con tappi a perfetta tenuta, dotati ciascuno di un raccordo con un tubo verticale per consentire di raggiungere la pressione idrostatica voluta.

La canalizzazione deve essere accuratamente ancorata per evitare qualsiasi movimento provocato dalla pressione idrostatica.

Il riempimento deve essere accuratamente effettuato dal basso in modo da favorire la fuoriuscita dell'aria.

Una pressione minima di 1 m d'acqua va applicata alla parte più alta della canalizzazione ed una pressione massima non superiore a 5 m d'acqua va applicata alla parte più bassa.

Nel caso di canalizzazioni a forte pendenza, può essere necessario effettuare la prova per sezioni onde evitare pressioni eccessive.

Il sistema deve essere lasciato pieno d'acqua per almeno un'ora prima di effettuare qualsiasi rilevamento.

Trascorso tale periodo, l'eventuale perdita deve essere accertata aggiungendo acqua ad intervalli regolari con un cilindro e prendendo nota della quantità necessaria per mantenere il livello originale.

Il tempo di prova deve essere pari a 30 minuti.

Secondo la norma UNI EN 1610, il requisito di prova è soddisfatto se la quantità di acqua aggiunta non è maggiore di:

- 0,15 l/m², nel tempo di 30 minuti, per le tubazioni;
- 0,20 l/m², nel tempo di 30 minuti, per le tubazioni che comprendono anche i pozzetti.

In pratica, la condotta si ritiene favorevolmente collaudata quando, dopo un primo rabbocco per integrare gli assestamenti, non si riscontrano ulteriori variazioni di livello.

Qualora la prova non abbia successo per perdite nelle giunzioni, l'Appaltatore deve riparare le giunzioni difettose e ripetere la prova a sua cura e spese, e ciò finché non si verifichino le condizioni di tenuta sopra specificate.

Lo stesso dicasi qualora la prova non riesca per lesioni o rotture di tubi o di pezzi speciali, restando stabilito che in tal caso l'Appaltatore deve sostituire a tutte sue spese i materiali lesionati o rotti.

Le prove sono eseguite in contraddittorio tra la Direzione Lavori e l'Appaltatore, e per ogni prova eseguita (con esito favorevole o negativo) è redatto apposito verbale sottoscritto dalle parti.

Dichiarato accettabile un tratto di condotta, si procede immediatamente al rinterro dello scavo, mantenendo la pressione ridotta a metà di quella di prova.

Tratte in pressione

Si verifica la tenuta della condotta a breve durata con una pressione superiore alla pressione nominale della linea.

Durante la prova preliminare si crea nella tubazione un equilibrio tra tensione e dilatazione, che ha come risultato un aumento di volume nella condotta.

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

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

La quasi totale copertura del tubo da collaudare evita sbalzi di temperatura nelle varie ore del giorno

e della notte consentendo la definizione più precisa della quantità dell'acqua aggiunta durante le ore di collaudo.

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

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

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

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

Questi dati si devono annotare nel protocollo di collaudo.

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

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

Durante l'operazione di precollaudo si deve controllare la tenuta delle giunzioni; i raccordi flangiati sono da rinserrare ciclicamente.

Si deve prestare attenzione, durante queste operazioni, al pericolo di incidente in caso di improvvisa perdita della linea, prevedendo per l'operatore adeguate protezioni.

Al termine della prova preliminare, nella quale non si deve riscontrare alcuna perdita dalle giunzioni, si procede con la prova principale, abbassando la pressione interna ad un livello di 1,3 PN, che non deve superare il valore PN + 3 bar.

Questa prova dura 6 ore; ogni ora deve essere rilevata la pressione interna che indicativamente può scendere di 0,3 bar/h. Non deve essere ripristinata la pressione fino al termine della prova.

Il collaudo si ritiene positivo quando risulta $\Delta p \leq 1,8$ bar (Δp = differenza tra pressione iniziale e pressione finale).

Durante la prova principale l'operatore deve controllare che non si riscontrino perdite visibili da tutte le giunzioni.

Terminato il collaudo si redige un verbale che deve essere firmato dall'impresa esecutrice e dalla Direzione Lavori.

3. TUBAZIONI IN C.A VIBROCOMPRESSO

3.1. GENERALITA'

Il presente disciplinare riporta le prescrizioni tecniche per la fornitura e la posa in opera di tubazioni in calcestruzzo armato vibrocompresso (C.A.V.), realizzate con o senza piede d'appoggio, conformi alla norma UNI EN 1916, da utilizzare esclusivamente per la costruzione di condotte di fognatura pluviale, soprattutto in presenza di carichi veicolari pesanti.

Le Ditte produttrici devono possedere un Sistema Qualità aziendale conforme alla vigente norma UNI EN ISO 9001, approvato da un Organismo terzo di certificazione accreditato secondo la norma UNI CEI EN ISO/IEC 17021.

3.2. CARATTERISTICHE TECNICHE DEI TUBI IN C.A.V.

Fabbricazione

I tubi dovranno essere fabbricati in stabilimenti di prefabbricazione debitamente attrezzati, con procedimento atto a garantire il costante raggiungimento dei requisiti richiesti in tutti i manufatti prodotti.

Ogni operazione concernente il processo di lavorazione, dal controllo delle materie prime, al confezionamento delle gabbie di armatura, alla costruzione vera e propria del tubo, dovrà essere ripetuta secondo uno schema prestabilito e ben precisato, con procedure che si intendono integralmente trascritte, e cui il produttore dovrà provare, con propria procedura interna controllata, di attenersi.

Generalmente, i tubi saranno prodotti mediante "vibrocompressione"; tale sistema ha la capacità di garantire i requisiti di continuità, compattezza, uniformità di qualità e di spessore e quindi di prestazioni.

Cemento

Il cemento deve essere conforme a quanto contenuto nelle normative nazionali, trasposte dalle norme europee. Dovrà essere impiegato il tipo UNI EN 197/1 tipo IIA-L/42,5 R.

Inerti

Gli inerti devono essere costituiti da materiali conformi alle normative nazionali trasposte dalle norme europee. Essi non devono contenere componenti dannosi in quantità pregiudizievoli al getto, all'indurimento, alla presa, alla resistenza, all'impermeabilità, alla durabilità del calcestruzzo o tali da essere causa di corrosione di qualsiasi tipo di acciaio.

Acqua d'impasto

L'acqua d'impasto deve essere conforme alle normative nazionali trasposte dalle norme europee. Essa non dovrà contenere componenti dannosi in quantità pregiudizievoli al getto, all'indurimento, alla presa, alla resistenza, all'impermeabilità, alla durabilità del calcestruzzo o tali da essere causa di corrosione di qualsiasi tipo di acciaio.

Additivi d'impasto - Altre sostanze aggiunte

Gli additivi d'impasto ed altre eventuali aggiunte devono essere conformi alle normative nazionali trasposte dalle norme europee. Essi non dovranno contenere componenti dannosi in quantità pregiudizievoli al getto, all'indurimento, alla presa, alla resistenza, all'impermeabilità, alla durabilità del calcestruzzo o tali da essere causa di corrosione di qualsiasi tipo di acciaio.

Acciaio per armature

L'acciaio per armature deve essere conforme alle normative nazionali trasposte dalle norme europee.

In assenza di queste, ci si deve riferire alle norme ISO 10544. I tondini di armatura possono essere lisci, ad aderenza migliorata o con nervature, e devono essere saldabili.

La percentuale minima della sezione dell'armatura, relativa all'area della sezione longitudinale del corpo del tubo, deve essere di 0,4% per tondini lisci, e 0,25% per i tondini ad aderenza migliorata o con nervature.

Le caratteristiche dell'acciaio, comunque, dovranno essere:

- Resistenza a snervamento: 4.400 kg/cm²
- Resistenza a rottura: 7.200 kg/cm²
- Modulo elastico: 2.100.000 kg/cm²

Guarnizioni di tenuta

Gli elastomeri che compongono le guarnizioni devono essere conformi alla norma UNI EN 681-1. Nel caso specifico di possibile contatto con olio lubrificante, con idrocarburi della serie alifatica ed aromatica, e con benzina, le guarnizioni dovranno essere costituite da gomma nitrilica, botadiene o acrilonitrile, conformi alla norma UNI EN 681-1.

La miscela della gomma dovrà avere buone proprietà di resistenza ad olio, benzina e ai solventi (idrocarburi alifatici - aromatici) e buona resistenza alle deformazioni permanenti a compressione.

Le guarnizioni di tenuta dovranno avere il profilo a cuspidi in modo da permetterne il posizionamento sul giunto maschio delle tubazioni.

Dovranno essere marchiate dal fornitore, ed il produttore dovrà operare con tutte le opportune cure per l'immagazzinamento sia delle guarnizioni stesse che dei tubi già di esse muniti.

Calcestruzzo

Il calcestruzzo costituente le pareti dei tubi ed i profili di giunzione, deve essere compatto ed omogeneo.

La resistenza caratteristica a compressione f_{ck} deve essere certificata sulla base di prove in accordo con quanto descritto successivamente. Il suo valore non deve essere comunque inferiore a 45 Mpa (450 kg/cm²).

In alternativa alla prova di compressione, si possono sottoporre campioni carotati alla prova di trazione indiretta; la resistenza caratteristica f_{ck} a trazione indiretta misurata sulla base di questa prova, non deve essere comunque inferiore a 2,7 MPa.

Nella composizione del calcestruzzo per il confezionamento dei tubi armati, il rapporto acqua/cemento non deve superare 0,50.

Il contenuto di cemento non deve essere inferiore a 280 kg/m³.

Quando si effettua la prova in accordo con quanto descritto in seguito, l'assorbimento del calcestruzzo non deve superare l'8% in massa.

Aspetto

La superficie di ogni elemento deve essere priva di imperfezioni che possano influire negativamente sull'integrità strutturale o idraulica, o possano ridurne la durabilità.

La formazione di bollicine non deve essere considerata come carenza di omogeneità.

I profili di giunzione devono essere privi di irregolarità che non consentano impermeabilità e durabilità all'assemblaggio.

Sono ammesse imperfezioni minori o irregolarità superficiali, ma devono essere limitate ad un diametro massimo di 15 mm e ad una profondità di 6 mm.

In ogni caso, devono essere rispettati i requisiti riguardanti i copriferro, riportati in seguito.

Sono ammessi, con la condizione che non compromettano la resistenza e l'impermeabilità all'acqua dell'elemento, i seguenti tipi di fessure:

- screpolature nello strato superficiale della boiacca;
- fessure causate dal ritiro o dovute ad effetti termici, fino ad una larghezza di 0,15 mm.

Prima di misurare l'ampiezza delle fessure, è consentito tenere in acqua il manufatto per un periodo massimo di 24 ore.

Diametro nominale

La norma prevede i seguenti valori dei diametri nominali interni:

300, 400, 500, 600, 700, 800, 900, 1000, 1100, 1200, 1300, 1400, 1500, 1600, 1800, 2000, 2200, 2400, 2600, 2800, 3000.

Spessore di parete

Gli spessori minimi di parete del tubo non devono risultare minori del 95% dei valori riportati nella documentazione di fabbrica.

Lunghezze

La lunghezza utile del tubo (lunghezza compresa tra la base del bicchiere e l'estremità del maschio) deve corrispondere a quanto previsto nei disegni di produzione.

Essa comunque non deve essere inferiore a 2,00 m.

Giunzioni

La giunzione tra tubi in calcestruzzo armato è del tipo a bicchiere con anello elastomerico di tenuta conforme alla norma UNI EN 681-1.

Armature

L'armatura deve essere costituita da acciaio avente le caratteristiche già descritte nel paragrafo 4 del presente disciplinare e deve avere caratteristiche corrispondenti a quelle dichiarate dal produttore nella documentazione di fabbrica.

Essa deve essere correlata alla opportuna resistenza a schiacciamento definita dalla dimensione nominale e dalla classe di resistenza.

La percentuale minima della sezione dell'armatura, relativa all'area della sezione longitudinale del corpo del tubo, deve essere di 0,4% per tondini lisci, e 0,25% per i tondini ad aderenza migliorata o con nervature.

Le gabbie di armatura, singole o doppie, devono essere di forma circolare, avvolte a spirale o realizzate con anelli concentrici, convenientemente collegate.

I tondini di acciaio, disposti lungo la circonferenza, e quelli disposti longitudinalmente, devono

essere collegati mediante saldatura, in modo da rendere stabile la spaziatura e la forma della gabbia d'armatura.

L'armatura disposta lungo la circonferenza, qualora si volesse aumentare la sezione del filo, mantenendo la stessa superficie resistente, non deve superare l'intervallo regolare di 150 mm al massimo, su tutta la lunghezza del tubo.

I tondini longitudinali devono essere posizionati e dimensionati in modo da mantenere la gabbia nella sua configurazione da progetto.

Per armature a doppia gabbia, l'area della sezione dell'armatura esterna, non deve essere inferiore al 60% dell'area della sezione dell'armatura interna.

Lo spessore minimo del copriferro, per l'armatura strutturale, deve essere stabilito in relazione alle condizioni di utilizzo, e comunque non deve essere inferiore a 20 mm.

Rivestimento interno in resina poliuretanic

Nei casi in cui si ritiene che le acque meteoriche, prima di affluire nelle tubazioni, possano aver trascinato con sé sostanze dannose per le pareti di calcestruzzo, si deve utilizzare un rivestimento interno in resina poliuretanic.

Lo spessore medio nominale di tale rivestimento deve essere pari a 6 mm.

Il rivestimento di ogni singolo elemento ed il rivestimento delle due parti dell'incastro (giunto maschio e giunto femmina), deve essere eseguito per iniezione ad una pressione non inferiore a 130 bar in soluzione unica.

Tutto il rivestimento poliuretanic all'interno deve essere, al tatto e visivamente, perfettamente liscio senza ondulazioni od asperità di alcun genere, e dovrà garantire il passaggio di liquidi fino ad una temperatura di 80 °C.

La resina utilizzata deve garantire una durezza standard del rivestimento pari a 70 ± 10 Shore D. Eventuali imperfezioni sulla sfericità degli incastri non devono generare un valore di ovalizzazione superiore a 1 mm.

La resina, inoltre, deve garantire la resistenza all'abrasione (apparecchiatura Taber secondo ASTM D 3389, con perdita di massa non superiore ad 80 mg dopo 1000 giri), consentire un'ottima velocità di scorrimento delle acque convogliate (scabrezza della superficie secondo Prandtl-Colebrook = 0,01) e avere un valore di "aggrappaggio" al calcestruzzo non inferiore a 30 ± 5 kg/cm².

Prestazioni tecniche

Le prestazioni tecniche cui devono soddisfare le tubazioni, sono essenzialmente di due tipi:

- Resistenza meccanica
- Impermeabilità

La classe di resistenza minima che un tubo deve garantire, in funzione del suo diametro, è indicata nel seguente prospetto:

Diametro nominale (mm)	Classe di resistenza (kN/m²)
da 300 a 700	135
da 800 a 1200	110
da 1400 a 1600	100
oltre 1600	90

Il carico minimo di schiacciamento per unità di lunghezza, per ogni diametro, è riportato nella tabella seguente:

Diametro nominale (mm)	Diametro interno (mm)	Carico minimo di schiacciamento (kN/m)
300	300	41
400	400	54
500	500	68
600	600	81
700	700	88
800	800	95
900	900	99
1000	1000	110
1100	1100	121
1200	1200	132
1300	1300	130
1400	1400	140
1500	1500	150
1600	1600	160
1800	1800	162
2000	2000	180
2200	2200	198
2400	2400	216
2600	2600	234
2800	2800	252
3000	3000	270

Impermeabilità

Le prove di impermeabilità all'acqua si devono eseguire come descritto nel paragrafo 12.

La prevalenza idrostatica interna, misurata all'asse dei tubi, viene fissata in 50 kPa (0,5 bar) per tutti i tubi.

I tubi devono resistere alla pressione specificata per un periodo di 15 minuti senza manifestare alcuna perdita; l'umidità aderente alla superficie o la formazione di singole gocce sono ammesse, così come descritto nelle modalità di prova.

3.3. MARCATURE

La marcatura deve essere apposta su ogni elemento o, quando ciò non è praticabile, su ogni confezione di elementi.

La marcatura, apposta in modo visibile ed indelebile, deve contenere almeno le seguenti informazioni:

- numero e anno della norma di riferimento;
- identificazione del produttore, marchio di fabbrica e luogo di produzione;

- data di produzione;
- diametro e lunghezza;
- sigla per identificare la tipologia (A = calcestruzzo armato con tondini d'acciaio).

3.4. ACCETTAZIONE DEI PRODOTTI

Ai fini delle accettazioni dei prodotti, il Direttore dei Lavori, alla ricezione di ciascun lotto, dovrà effettuare gli accertamenti prescritti, verificando, in particolare, che sussistano i requisiti seguenti:

- che la Ditta produttrice possieda un *Sistema Qualità aziendale* conforme alla vigente norma UNI EN ISO 9001, approvato da un Organismo terzo di certificazione accreditato secondo la norma UNI CEI EN ISO/IEC 17021;
- che esista il certificato di collaudo o il verbale di collaudo in fabbrica, attestante gli esiti delle prove previste dalla norma; in particolare, in caso di posa in opera in sede stradale, è necessario che sia attestato, da parte del produttore, il valore della classe di resistenza della tubazione, con l'indicazione del minimo e massimo ricoprimento entro i quali è garantita tale resistenza.

Qualora sia ritenuto opportuno approfondire la qualità dei prodotti consegnati, è facoltà della Direzione Lavori dar corso ad una o più tra le seguenti procedure:

- procedere all'effettuazione di verifiche ispettive in fabbrica;
- sottoporre a prove uno o più campioni di tubo, presso un Laboratorio indipendente e accreditato secondo la norma UNI CEI EN ISO/IEC 17025, per attestarne la conformità alla norma di prodotto.

3.5. MOVIMENTAZIONE DEI MATERIALI

Trasporto

I veicoli o i rimorchi devono presentare un'attrezzatura laterale adeguata per rendere stabile il carico trasportato; devono, cioè, essere dotati di sponde sufficientemente dimensionate su ciascun lato del fondo.

Sui veicoli deve essere impedito ogni contatto tra elementi di condotta e superfici metalliche, onde evitare il danneggiamento delle superfici.

Durante il trasporto deve essere garantita la sicurezza del carico, che deve essere stivato mediante cinghie tessili e sistemi tenditori a leva.

Carico e scarico

Durante queste fasi è necessario:

- utilizzare apparecchiature di sollevamento di potenza sufficiente;
- accompagnare il carico alla partenza e all'arrivo;
- evitare le oscillazioni, i colpi o lo sfregamento dei tubi contro le pareti, il suolo e le fiancate dell'automezzo.

I tubi devono essere sollevati dalle estremità, mediante dei ganci di forma appropriata e rivestiti di una protezione in gomma.

Possono essere, inoltre, sollevati dalla canna, mediante l'utilizzo di cinghie piatte e larghe mantenute strette attorno al tubo da una fibbia, per impedirne il possibile scorrimento.

Salvo prescrizioni contrarie, i tubi devono essere disposti lungo lo scavo dalla parte opposta al materiale di risulta, con i bicchieri rivolti nella direzione del montaggio.

È necessario evitare di:

- posare i tubi su grosse pietre;
- lasciare cadere i tubi a terra;
- sfilare i tubi in luoghi a rischio, come quelli molto trafficati o quelli in cui si debba usare l'esplosivo.

Immagazzinamento

Il fabbricante deve assicurare aree di immagazzinamento che preservino gli elementi da danni o deterioramenti prima della consegna.

A tale scopo, l'area di immagazzinamento deve essere piana e non deve essere caratterizzata da terreni paludosi e instabili.

Al loro arrivo sul luogo di immagazzinamento le forniture devono essere controllate e riparate in caso di danni.

Per tubazioni fino a DN 800 si può prevedere un immagazzinamento su due file, ossia con sovrapposizione di un massimo di due elementi; per diametri maggiori i tubi devono essere affiancati e non sovrapposti, al fine di evitare danneggiamenti strutturali dovuti a carichi eccessivi.

Durante la sosta in stabilimento deve essere garantito, con frequenti aspersioni di acqua, che i tubi conservino un elevato grado di umidità.

Per quanto riguarda le guarnizioni, devono essere prese le seguenti precauzioni:

- la temperatura di immagazzinamento deve essere inferiore a 25°C;
- le guarnizioni non devono essere deformate a bassa temperatura.
- prima di utilizzarle la loro temperatura deve essere riportata a circa 20°C per qualche ora (immergendole, ad esempio, in acqua tiepida), affinché esse riacquistino la loro morbidezza originale
- occorre immagazzinare le guarnizioni in un ambiente di media umidità e al riparo dalla luce, sia solare che artificiale, vista la sensibilità degli elastomeri ai raggi ultravioletti all'azione dell'ozono
- è consigliato di utilizzare le guarnizioni immagazzinate secondo la norma ISO 2230 entro un termine di circa sei anni dalla data di fabbricazione.

3.6. MODALITA' E PROCEDURE DI POSA IN OPERA

Scavo

Lo scavo deve essere effettuato a sezione obbligata.

Deve essere eseguito con mezzi idonei, avendo la massima cura di:

- rispettare scrupolosamente le quote di progetto;
- impedire con ogni mezzo il franamento delle pareti, sia per evitare incidenti al personale, sia per non avere modifiche alla sezione di scavo;
- eliminare, sia all'interno dello scavo sia negli immediati dintorni, eventuali radici il cui successivo sviluppo potrebbe danneggiare le condotte;
- provvedere alla raccolta e all'allontanamento delle acque meteoriche, nonché di quelle di falda e sorgive eventualmente incontrate;

- accumulare il materiale di scavo ad una distanza tale da consentire il libero movimento del personale e delle tubazioni onde evitare il pericolo di caduta di tale materiale ed in particolare di pietre sui manufatti già posati.

Durante l'apertura di trincee in terreni eterogenei, collinari o montagnosi occorre premunirsi da eventuali smottamenti o slittamenti mediante opportune opere di sostegno e di ancoraggio.

Se si ha motivo di ritenere che l'acqua di falda eventualmente presente nello scavo possa determinare una instabilità nel terreno di posa e dei manufatti in muratura, occorre consolidare il terreno circostante con opere di drenaggio che agiscano sotto il livello dello scavo, in modo da evitare che l'acqua di tale falda possa provocare spostamenti del materiale di rinterro che circonda il tubo.

La larghezza minima sul fondo dello scavo deve essere pari a $DN + 70$ cm.

La profondità minima di interrimento deve essere valutata dal progettista in base alla classe di resistenza della tubazione, certificata dal produttore, e ai carichi statici e dinamici agenti su essa; generalmente non deve essere inferiore a 100 cm, misurandola dalla generatrice superiore del tubo; ogni eventuale deroga deve essere espressamente autorizzata dalla Direzione Lavori.

Letto di posa

Le tubazioni posate nello scavo devono trovare appoggio continuo sul fondo dello stesso, per tutta la loro lunghezza,

A questo scopo, il fondo dello scavo deve essere piano e privo di trovanti, per evitare che il tubo subisca sollecitazioni meccaniche.

Il fondo, inoltre, deve essere tale da impedire cedimenti differenziali anche modesti.

Nei casi in cui le caratteristiche del fondo possano favorire dei cedimenti differenziali nel letto di posa, è necessaria l'adozione di un sottofondo costituito da una platea di calcestruzzo, debolmente armata e di spessore non inferiore a 10 cm, che avrà, in particolare, la funzione di ridurre ed egualizzare i cedimenti stessi, soprattutto nei punti in cui esso è soggetto a danni da parte di acque sotterranee o provenienti dall'esterno (acque piovane, ecc).

Uguale funzione può assolvere un sottostante fondo di pietrame ben assestato che, in presenza di acque, può essere drenato con apposita tubazione.

Su tali sottofondi va poi disposto il letto di materiale sciolto come qui di seguito descritto.

Le tubazioni prive di piede d'appoggio devono essere posate su un letto di sabbia o terra vagliata, ben compattato, avente spessore pari a $10\text{ cm} + 1/10\text{ DN}$ e angolo di annegamento pari a 90° .

Il materiale deve essere costituito in prevalenza da granuli aventi diametro di 0,10 mm e deve contenere meno del 12% di fino (composto da particelle con diametro inferiore a 0,08 mm).

Le tubazioni dotate di piede d'appoggio devono essere posate su una base d'appoggio continua in calcestruzzo magro o leggermente armato, a seconda del diametro del tubo, avente spessore pari a $(5\text{ cm} + 1/10\text{ DN})$ con un minimo di 10 cm; in alternativa si possono posare su un letto di sabbia avente le caratteristiche già descritte.

Posa in opera

Le operazioni di posa in opera devono essere eseguite da operatori esperti.

I tubi devono essere collocati, sia altimetricamente che planimetricamente, nella precisa posizione risultante dai disegni di progetto, salvo diverse disposizioni della Direzione Lavori.

Prima di essere calati nello scavo tutti gli elementi di tubazione devono essere accuratamente esaminati per accertare che nel trasporto e nelle operazioni di carico e scarico non siano state deteriorate; a tale scopo è indispensabile che essi vengano ripuliti da polvere, fango, ecc., che

ricoprendo i tubi possano aver nascosto eventuali danni. Si deve altresì verificare che nell'interno dei tubi e dei raccordi non si siano introdotti animali o materie estranee.

La posa in opera deve essere preceduta dall'applicazione sull'imbocco maschio del tubo di apposito lubrificante compatibile con la gomma della guarnizione. La giunzione fra le tubazioni deve essere realizzata esclusivamente mediante apparecchiature idrauliche o manuali di tiro, e le guarnizioni in gomma devono avere compressione ottimale individuata tra il 28 % ed il 42 %, per assicurarne la perfetta tenuta idraulica. Deve essere evitato il bloccaggio rigido dei tubi ai manufatti e si deve consentire ai giunti con guarnizioni deformabili di esplicare la loro azione.

Riempimento dello scavo

Ultimata la posa dei tubi nello scavo, si dispone sopra di essi uno strato di materiale arido di cava o sabbia, che giunga ad una altezza di almeno 20 cm al di sopra della generatrice superiore del tubo, al fine di assicurarne le funzioni di protezione e mantenimento. Il successivo rinterro viene effettuato mediante materiali di apporto compattati, nel caso di posa di condotte in sede stradale, oppure con terreno presente sul posto non compattato, nei casi di posa al di fuori di carreggiate.

3.7. COLLAUDO IDRAULICO IN OPERA

Lunghezza delle condotte da esaminare

La valutazione della lunghezza delle condotte da collaudare dipende da condizioni locali, dalla disponibilità di acqua, dal numero di giunti ed accessori, dal dislivello tra i punti di estremità del tratto considerato. Il tratto da esaminare è normalmente compreso tra due pozzetti d'ispezione.

Chiusure, ancoraggi e giunti

Il sezionamento deve essere realizzato con tappi o altre apparecchiature.

Non sono da prevedere ancoraggi, date le basse pressioni di prova.

I giunti devono essere lasciati scoperti fin dopo la prova.

Si deve riportare una quantità sufficiente di materiale su ogni tubo, per circa 2/3 della sua lunghezza, per impedire movimenti orizzontali o verticali della condotta durante la prova.

Riempimento e messa in pressione

La portata durante il riempimento non deve superare il 10% della portata di esercizio.

Effettuato il riempimento, è necessario attendere un certo intervallo di tempo, pari a circa 24 ore, affinché avvenga l'assorbimento da parte delle pareti in calcestruzzo.

Prima dell'applicazione della pressione di prova, si deve effettuare un'accurata ispezione visiva di tutti i giunti, raccordi e tappi in vista, correggendo eventuali difetti ed eliminando eventuali perdite.

Si applica, quindi, la pressione di prova, riempiendo il pozzetto a monte; il valore massimo è di 50 kPa, il valore minimo è di 10 kPa, entrambi misurati sulla generatrice superiore del tubo.

Si deve mantenere la pressione entro 1 kPa della pressione di prova sopra definita, reintegrando una opportuna quantità d'acqua. Si deve misurare e registrare la quantità totale di acqua aggiunta durante la prova al fine di mantenere un livello corrispondente alla pressione di prova richiesta.

Valutazione della prova

La prova è da considerarsi positiva se, in un tempo pari a 30 minuti, la quantità di acqua aggiunta non supera il valore di 0,20 l/m² (di superficie interna bagnata).

4. TUBAZIONI IN ACCIAIO INOSSIDABILE

4.1. GENERALITA'

Il presente disciplinare riporta le prescrizioni tecniche relative alle tubazioni e raccordi di Acciaio Inossidabile (anche detto Acciaio Inox), da utilizzare per la realizzazione di condotte prementi, fuori terra, per il trasporto delle acque piovane dalla vasca di raccolta e dissabbiatura/disoleazione alla vasca di equalizzazione o altra vasca dell'impianto di depurazione/potabilizzazione AQP.

Le tipologie di Acciaio Inox utilizzabili in AQP ed i relativi campi di applicazione, sono:

- **AISI 304**, anche definito X5 CrNi 18-10, anche identificato col numero 1.4301.
Tale tipologia deve essere prevista solo nei casi di posa in ambienti non chimicamente aggressivi e non umidi.
- **AISI 316 L**, anche definito X2 CrNiMo 17-12-2, anche identificato col numero 1.4404.
Tale tipologia deve essere prevista in tutti i casi sia ritenuta necessaria una resistenza alla corrosione di primo livello, ed in particolare: per posa in ambienti chimicamente aggressivi/umidi.

Le suddette tipologie fanno parte dei cosiddetti Acciai Inossidabili Austenitici, caratterizzati da una elevatissima resistenza alla corrosione, dovuta all'elevato tenore di Cromo (> 16%). Tale peculiarità è ancor più elevata per AISI 316 L, in virtù della presenza del Molibdeno.

Nelle opere AQP, sia per condotte senza pressione, sia per condotte in pressione, anche prementi (fino a 16 bar), possono essere utilizzati:

- Tubi di Acciaio Inossidabile, AISI 304 oppure AISI 316 L, conformi alla norma UNI EN 10217-7/2005 e s.m.i.;
- Raccordi di Acciaio Inossidabile, AISI 304 oppure AISI 316 L, conformi alla norma UNI EN 10253-4/2008 e s.m.i.

Le Ditte produttrici di tubi e pezzi speciali di Acciaio Inossidabile devono possedere un Sistema Qualità aziendale conforme alla vigente norma ISO 9001 approvato da un Organismo terzo di certificazione accreditato secondo la norma UNI CEI EN ISO/IEC 17021.

4.2. CARATTERISTICHE TECNICHE DI TUBAZIONI E RACCORDI

Designazioni

Nella tabella seguente sono indicate le designazioni simboliche degli acciai inossidabili utilizzabili nelle opere AQP:

Designazione UNI	Designazione EN	Designazione ASTM (USA)
X5 CrNi 18-10	1.4301	AISI 304
X2 CrNiMo 17-12-2	1.4404	AISI 316 L

Per semplicità, nel seguito del presente documento verrà utilizzata soltanto la designazione secondo normativa ASTM, ossia: AISI 304, AISI 316 L.

Composizione chimica e caratteristiche meccaniche

Nella tabella seguente sono indicate le composizioni chimiche degli acciai inossidabili utilizzabili nelle opere AQP:

Tipologia a Acciaio	Composizione Chimica (%)								
	C	Ni	Cr	Mo	Mn	Si	P	S	N
AISI 304	≤0,07	8,00 - 10,50	17,00 - 19,50	-	≤ 2	≤ 1	≤0,045	≤0,015	≤0,11
AISI 316 L	≤0,03	10,00 - 13,00	16,50 - 18,50	2,00 - 2,50	≤ 2	≤ 1	≤0,045	≤0,015	≤0,11

Nella tabella seguente sono indicate le caratteristiche meccaniche degli Acciai Inossidabili utilizzabili nelle opere AQP:

CARATTERISTICHE MECCANICHE			
Tipologia		Valori per AISI 304	Valori per AISI 316L
Durezza	HRB max	80	79
	HB-HV max	149	146
Carico unitario di spostamento dalla proporzionalità	RP_{0,2} (N/mm ²) Min. trasversale	230	240
Resistenza a trazione	Rm (N/mm ²)	540÷750	530÷680
Allungamento dopo rottura	A_{80mm} (%) min S < 3 mm trasv. long.	45	45
	A_{80mm} (%) min S ≥ 3 mm trasv. long.	45	45
Resilienza	KV (J) min. S > 10 mm. longitudinale	90	90
	KV (J) min. S > 10 mm. trasversale	90	90

Diametri, spessori, pesi e lunghezze

Nella tabella di seguito riportata sono indicati, per ciascun diametro esterno, gli spessori e i pesi delle tubazioni di Acciaio Inossidabile da utilizzare nelle opere AQP. I diametri indicati sono quelli maggiormente presenti sul mercato.

Tubazioni con diametri maggiori possono essere realizzate su richiesta del committente.

Per ogni diametro, sono state proposte solo due "classi" di spessore (sostanzialmente corrispondenti alle classi Fe430B e Fe510C dell'acciaio al carbonio), ossia quelle con i valori più elevati, tra i vari proposti dalla EN 10217-7. I valori selezionati conferiscono al tubo di Acciaio Inox una adeguata resistenza meccanica, in relazione all'utilizzo per condotte interrate in zone carrabili, per condotte in pressione (anche prementanti; fino a 16 bar) e per il trasporto di fluidi ad alte temperature (fino a 300°C). A seconda delle condizioni al contorno (aggressività dell'ambiente di posa, aggressività del fluido trasportato, entità dei carichi stradali, ecc.), il progettista stabilirà se utilizzare condotte con spessore 1 o 2.

Tubazioni aventi spessori diversi da quelli indicati in tabella possono essere utilizzate a discrezione del progettista.

Diametro Esterno (mm)	Spessore 2 (mm)	Peso (Kg/ml)	Spessore 1 (mm)	Peso (Kg/ml)
40	3,0	2,779	3,2	2,949
41	3,0	2,855	3,2	3,029
42	3,0	2,930	3,2	3,109
42,4	3,0	2,960	3,2	3,141
43	3,0	3,005	3,2	3,189
44,5	3,0	3,117	3,2	3,309
45	3,0	3,155	3,2	3,349
48,3	3,0	3,403	3,2	3,614
50	3,0	3,531	3,2	3,750
50,8	3,0	3,591	3,2	3,814
51	3,0	3,606	3,2	3,830
52	3,0	3,681	3,2	3,910
53	3,0	3,756	3,2	3,990
54	3,0	3,831	3,2	4,071
57	3,0	4,056	3,2	4,311
60,3	3,0	4,304	3,2	4,575
63,5	3,0	4,832	3,2	5,400
70	3,2	5,353	3,6	5,986
73	3,2	5,593	3,6	6,256
76,1	3,6	6,535	4	7,222
80	3,6	6,887	4	7,612
83	3,6	7,157	4	7,913

84	3,6	7,248	4	8,013
85	3,6	7,338	4	8,113
88,9	3,6	7,689	4	8,504
101,6	3,6	8,834	4	9,776
104	3,6	9,050	4	10,016
108	3,6	9,411	4	10,417
114,3	3,6	9,979	4	11,048
127	4,0	12,320	5	15,274
128	4,0	12,420	5	15,400
129	4,0	12,520	5	15,525
133	4,0	12,921	5	16,026
139,7	5,0	16,864	6	20,087
152,4	5,0	18,454	6	21,995
153	5,0	18,530	6	22,085
154	5,0	18,655	6	22,236
156	5,0	18,905	6	22,536
159	5,0	19,281	6	22,987
168,3	5,0	20,445	6	24,384
203	5,0	24,790	6	29,597
204	5,0	24,915	6	29,748
205	5,0	25,040	6	29,898
206	5,0	25,165	6	30,048
219,1	5,0	26,805	6	32,016
253	5,0	31,050	6	37,109
254	5,0	31,175	6	37,260
255	5,0	31,300	6	37,410
256	5,0	31,425	6	37,560
273	5,0	33,554	6	40,114
304	5,0	37,435	6	44,772
305	5,0	37,560	6	44,922
306	5,0	37,685	6	45,072
323,9	5,0	39,926	6	47,761
353	5,0	43,570	6	52,133

354	5,0	43,695	6	52,284
255,6	5,0	43,895	6	52,524
406,4	5,0	50,255	6	60,156
457	6,0	67,758	8	89,944
506	6,0	75,120	8	99,759
508	6,0	75,420	8	100,160
609,6	6,0	90,685	8	120,513
711			8	140,825

Le tubazioni di Acciaio Inossidabile, salvo accordi specifici tra committente e produttore, sono generalmente fornite in barre di lunghezza pari a 6 m.

Tipologie di raccordi

I raccordi devono avere requisiti tecnici secondo UNI EN 10253-4 e possono essere del tipo:

- curve a raggio uniforme;
- curve a spicchi;
- pezzi a Ti;
- riduzioni.

Nota tecnica - Le curve a raggio uniforme, per evidenti motivi legati alla modalità produttiva, danno maggiori garanzie in termini di *performance* tecniche rispetto alle curve a spicchi.

Per questo, le curve a spicchi devono essere utilizzate solo nei casi in cui (es. grandi diametri) non siano disponibili sul mercato curve a raggio uniforme.

Giunzioni

Le giunzioni tra tubazioni di Acciaio Inossidabile e tra tubazioni e raccordi di Acciaio Inossidabile possono essere eseguite mediante:

- saldatura testa a testa;
- collegamento flangia-flangia.

Nel caso di giunzioni saldate, i tubi ed i raccordi devono essere forniti con estremità predisposte secondo UNI EN 10217-7.

Le giunzioni saldate sono da prevedersi obbligatoriamente in caso di condotte per il trasporto di vapore o gas.

Nel caso di giunzioni flangiate, le estremità di tubi e raccordi devono essere dotate di flange di Acciaio Inossidabile, aventi dimensioni e foratura secondo UNI EN 1092-1.

La tenuta idraulica dell'accoppiamento flangiato è assicurata da una guarnizione in EPDM o NBR o SBR, conforme alla norma UNI EN 681-1.

Le flange devono essere collegate mediante bulloni di Acciaio Inossidabile, costituiti da viti di Acciaio Inossidabile AISI 316 e dadi di Acciaio Inossidabile AISI 304 o viceversa (l'utilizzo di diversa tipologia di Acciaio, per vite e dado, mira a ridurre la possibilità di "grippaggio" tra i due elementi).

4.3. MARCATURE

Ogni tubo e raccordo deve essere marcato in modo leggibile, mediante stampigliatura o altro tipo di marcatura indelebile, con le seguenti informazioni:

- nome o marchio di identificazione del fabbricante;
- riferimento alla norma EN;
- designazione dell'acciaio;
- dimensioni del tubo (diametro e spessore).

4.4. ACCETTAZIONE DI TUBI E RACCORDI

Ai fini delle accettazioni dei prodotti, il Direttore dei Lavori, deve verificare che ciascuna fornitura sia corredata dalla seguente documentazione:

- Certificazione Sistema di Qualità aziendale secondo la vigente norma ISO 9001, approvato da Organismo terzo di certificazione accreditato secondo la norma UNI CEI EN ISO/IEC 17021;
- Certificato di collaudo: Certificazione del tipo 3.1 conforme alla norma UNI EN 10204, rilasciata dai produttori dei materiali, riportante i controlli e le prove di cui al punto 7 del presente disciplinare effettuate sulle lamiere, sui tubi e raccordi;
- Certificato di Conformità "CE" (per i tubi e raccordi): Autocertificazione del produttore, redatta secondo lo schema prescritto dalla norma UNI CEI EN ISO/IEC 17050, con la quale questi si assume la responsabilità legale che il prodotto sia conforme alla normativa di riferimento, come previsto dalla direttiva comunitaria n. 89/106/EEC, *technical body* n. ECISS/TC 29 e *work item* n. EC029001.

Qualora sia ritenuto opportuno approfondire la qualità dei prodotti consegnati, è facoltà della Direzione Lavori dar corso ad una o più tra le seguenti procedure:

- procedere all'effettuazione di verifiche ispettive in fabbrica;
- sottoporre a prove uno o più campioni di tubo o pezzo speciale, presso un Laboratorio indipendente e accreditato secondo la norma UNI CEI EN ISO/IEC 17025, per attestarne la conformità alla norma di prodotto.

4.5. TRASPORTO

Movimentazione

Per la movimentazione delle tubazioni si devono usare di preferenza:

- cinghie larghe e lisce in tessuto o in gomma rinforzata, opportunamente disposte per assicurare la stabilità del tubo;
- imbracature munite di appositi ganci opportunamente rivestiti, fissati alle estremità di ciascun tubo.

Carico e scarico

Nelle operazioni di carico devono essere prese tutte le precauzioni al fine di evitare che, durante il trasporto, avvengano degli scivolamenti, e che i tubi vengano deteriorati.

I tubi non devono essere lasciati cadere a terra, non devono essere fatti rotolare e strisciare, ma

vanno sollevati e trasportati sul luogo di impiego, in modo da evitare danni.

L'interposizione tra i vari strati di listelli di legno o dispositivi similari deve essere tale, per numero, intervallo e forma, da impedire la flessione dei tubi e da limitare la pressione di contatto.

4.6. POSA IN OPERA

Le condotte di Acciaio Inossidabile utilizzate all'interno degli impianti di depurazione e potabilizzazione (cosiddetto *piping* a servizio delle stazioni di trattamento), così come quelle adoperate negli impianti di sollevamento (es. condotte di mandata di elettropompe) o nelle camere di manovra di serbatoi (es. collegamenti idraulici posati in ambiente umido o immersi in acqua), salvo brevi tratti, sono generalmente posate fuori terra ed agganciate a strutture in calcestruzzo armato e non armato (muretti, vasche, selle, ecc.).

Le condotte devono essere agganciate alle strutture mediante idonei dispositivi di ancoraggio costituiti da collari e perni di Acciaio Inox AISI 304 o AISI 316 L.

È bene che le condotte e i dispositivi di ancoraggio siano costituiti da Acciaio Inox dello stesso tipo. Nei casi di ancoraggio a strutture in calcestruzzo armato, devono essere utilizzati collari dotati, all'interno, di idonee guarnizioni in gomma o altro materiale isolante (vedi punto 14 del presente disciplinare).

In alcuni casi (es. impiantistica all'interno di vasche di trattamento dei reflui o di acqua grezza; tratti in pressione da stabilizzare mediante blocchi di ancoraggio), le condotte, per brevi tratti, devono necessariamente attraversare le pareti di manufatti in calcestruzzo armato.

In tali circostanze, sulla superficie esterna delle condotte e per tutta la lunghezza del tratto passante nelle pareti di calcestruzzo, deve essere messo in opera un rivestimento isolante di idoneo spessore (in gomma o in Polietilene), avente duplice funzione: protezione meccanica della condotta da eventuali tensioni indotte da dinamiche riguardanti il calcestruzzo; isolamento elettrico della condotta finalizzato alla protezione delle armature presenti all'interno della struttura in calcestruzzo armato (vedi punto 14 del presente disciplinare).

In caso di lunghe tratte in posa aerea, così come in caso di lunghe tratte che attraversano opere d'arte, è necessario prevedere, a monte e a valle di esse, l'utilizzo di giunti isolanti (vedi punto 14 del presente disciplinare).

4.7. ESECUZIONE DELLE SALDATURE

Qualità delle saldature

La saldatura in cantiere dei giunti deve assicurare, oltre alla tenuta idraulica, l'efficienza nelle normali condizioni di collaudo e di esercizio.

Qualifica dei saldatori

Tutti i saldatori devono essere qualificati per i procedimenti di saldatura per cui sono proposti dall'appaltatore dei lavori.

Prima dell'inizio delle attività di saldatura, l'Appaltatore dovrà consegnare alla Committente la certificazione di qualifica dei saldatori, rilasciata da un ENTE terzo competente (IIS, RINA, TUV etc.), la cui validità sarà testimoniata dall'elenco dei lavori eseguiti dal saldatore negli ultimi 6 mesi; se il saldatore non ha eseguito lavori negli ultimi 6 mesi, il suo patentino sarà ritenuto scaduto e dovrà pertanto provvedere al suo rinnovo.

Devono essere impiegati saldatori qualificati secondo le specifiche seguenti, per i procedimenti e gli elettrodi per i quali hanno conseguito la qualifica:

- per saldatura manuale ad arco con elettrodi rivestiti, secondo le norme UNI EN 287-1 procedimento 111;
- per saldatura ossiacetilenica, secondo le norme UNI 5770.

Preparazione delle estremità per giunzione testa a testa

Le estremità dei tubi devono essere fornite: a lembi retti, per tubi e raccordi con spessori inferiori a 3,2 mm; a lembi smussati, per tubi e raccordi con spessori maggiori o uguali a 3.2 mm.

La preparazione delle estremità di tubi e raccordi deve essere effettuata come previsto dalla norma UNI EN 10217-7.

Procedimenti

La realizzazione dei giunti saldati in cantiere deve essere ottenuta, di norma, con saldatura manuale ad arco elettrico con elettrodi rivestiti.

Possono essere adottati anche altri procedimenti di saldatura, purché approvati dalla Direzione Lavori.

Saldatura con elettrodi rivestiti

La saldatura con elettrodi rivestiti può essere eseguita con i procedimenti del tipo discendente o ascendente.

Sia per il procedimento discendente, che per quello ascendente, la prima passata ed anche quelle successive, vanno eseguite con elettrodi a rivestimento “rutil-basico”.

Attrezzature

Le saldatrici, le moto-saldatrici, le linee elettriche di collegamento e gli accessori relativi, durante tutta la durata del lavoro, devono essere tenuti in condizioni tali da assicurare la corretta esecuzione e continuità del lavoro, nonché la sicurezza del personale.

Elettrodi

Gli elettrodi rivestiti per saldatura manuale ad arco devono essere omologati secondo le tabelle della norma UNI EN ISO 2560-2007.

Prima dell'utilizzo, gli elettrodi devono essere stoccati in un apposito scaldino, al fine di eliminare eventuali residui di umidità proveniente dall'ambiente circostante.

Qualifica dei fili

È necessario che i fili per la saldatura siano scelti in relazione al materiale base ed al procedimento di saldatura previsto; l'impresa deve trasmettere alla Direzione Lavori i certificati relativi alle analisi e alle caratteristiche meccaniche.

Allineamento

Per la saldatura di testa si deve utilizzare un accoppia-tubi interno o esterno, che non va tolto prima che sia stata eseguita la prima passata; tale passata deve avere una lunghezza totale non inferiore al 50% della circonferenza del tubo e, comunque, deve essere uniformemente distribuita sulla circonferenza stessa (4 tratti di saldatura disposti in posizione ortogonale fra loro).

Operazioni di saldatura

I tubi devono essere accuratamente esaminati, con particolare riguardo alle estremità ed al rivestimento, al fine di accertare che, nel trasporto o nelle operazioni di carico e scarico, non siano stati danneggiati.

I tubi, inoltre, devono essere puliti all'interno per eliminare i materiali eventualmente introdotti. Le estremità devono risultare prive di scorie, vernici, grasso, terra, ecc.

Le impurità eventualmente presenti devono essere accuratamente rimosse con spazzole metalliche, decapaggio a fiamma o altri mezzi idonei.

Quindi, si avvicinano le testate dei tubi e si procede alla loro giunzione mediante saldatura, fino a formare lunghi tronchi da porre a lato dello scavo.

Le saldature devono essere effettuate con temperatura ambiente superiore o uguale a + 5°C; per temperature più basse è necessario operare un preriscaldamento.

Si deve evitare la realizzazione di saldature quando le condizioni atmosferiche (pioggia, forte umidità, vento, ecc.) siano giudicate pregiudizievoli per la buona esecuzione delle stesse.

La prima passata di saldatura deve assicurare una efficiente ed uniforme penetrazione.

Eventuali riprese all'interno, se il diametro della condotta lo permette, possono essere fatte, dopo molatura, con un elettrodo "rutil-basico".

Durante la prima passata, il tubo deve essere tenuto fermo, ma libero da vincoli, in modo che la saldatura non risenta di sollecitazioni esterne.

Dopo ogni passata o prima della successiva devono essere eliminate tracce di ossido o scoria, per mezzo di appositi utensili.

Crateri di estremità, irregolarità di ripresa, ecc., devono essere asportati mediante molatura.

A saldatura ultimata, lo spessore della stessa deve risultare, di norma, non inferiore a quello del tubo, e deve presentare un profilo convesso e ben raccordato con il materiale di base.

La sezione della saldatura deve essere uniforme e la superficie esterna deve essere regolare, di larghezza costante, senza porosità ed altri difetti apparenti.

Gli elettrodi devono essere di buona qualità e di adatte caratteristiche, in modo da consentire una regolare ed uniforme saldatura, tenendo conto che il metallo da apporto depositato deve risultare di caratteristiche meccaniche il più possibile analoghe a quelle del metallo base.

Per ogni saldatore deve essere possibile individuare il lavoro eseguito, mediante apposizione di un numero od una sigla.

Preriscaldamento

Il preriscaldamento è necessario nei casi di temperatura ambiente inferiore a +5°C e per spessori superiori a 8 mm. Il preriscaldamento, che si esegue sull'intero sviluppo della circonferenza alle estremità dei tubi, si estende ad entrambi i lati del giunto da saldare, per una lunghezza pari a metà diametro, ma comunque per non meno di 120 mm per parte.

La zona interessata deve essere mantenuta, durante la saldatura, ad una temperatura non inferiore a 50°C. Il preriscaldamento può essere effettuato con fiamma di qualunque tipo, per induzione o con resistenza elettrica.

4.8. ISOLAMENTO E CONTINUITA' ELETTRICA DELLE CONDOTTE

Sezionamento elettrico della condotta

Le tubazioni, in corrispondenza di opere d'arte (serbatoi, impianti di sollevamento, ecc.), devono essere isolate impiegando giunti isolanti di Acciaio Inox, di tipo monolitico, con estremità flangiate

o a saldare.

I giunti isolanti devono essere posizionati a monte e a valle dell'opera d'arte, in modo tale da isolare elettricamente il tratto passante all'interno del manufatto.

Tale accorgimento tecnico ha due finalità:

- la riduzione del rischio di elettrocuzione per i lavoratori che vengano a contatto con le condotte metalliche all'interno dell'opera d'arte;
- la protezione di apparecchiature di misura presenti all'interno del manufatto.

Isolamento in corrispondenza di blocchi di ancoraggio e di attraversamenti di murature

In corrispondenza di blocchi di ancoraggio o di attraversamenti di murature, deve essere aumentato l'isolamento della tubazione, per tutta la lunghezza dell'ancoraggio o dell'attraversamento, applicando sulla superficie esterna un rivestimento in gomma o in Polietilene (fasciatura con nastri adesivi di PE).

La tubazione deve essere mantenuta ad una distanza di almeno 10 cm dagli eventuali ferri di armatura.

Isolamento della tubazione dalle sellette di appoggio

Per ottenere l'isolamento della tubazione dalle sellette di appoggio in calcestruzzo si devono interporre, tra collari/staffe per ancoraggio e condotta, strati di materiali (gomma, plastici) isolanti di spessore e caratteristiche adeguate.

Isolamento tratte pensili

Gli eventuali tratti aerei della condotta devono essere "messi a terra" per mezzo di scaricatori, del tipo SC 55, montati in cassetta stagna, in modo da evitare che scariche atmosferiche rechino danni agli impianti ed alle persone.

In corrispondenza degli appoggi, si devono interporre tra questi e la condotta idonei materiali isolanti (Teflon, Polietilene, gomme), di adeguato spessore.

Nel caso di tratte di condotta sufficientemente lunghe, tali da necessitare di opere supplementari per consentirne l'ispezione (camminamenti, passerelle, ecc.), ove non sia possibile isolare la condotta aerea, devono essere inseriti due giunti isolanti di Acciaio Inox del tipo monolitico con estremità flangiate o a saldare, rispettivamente a monte e a valle del tratto aereo.

Isolamento in corrispondenza di attraversamenti con tubo guaina in acciaio

In caso di attraversamento con utilizzo di tubo guaina in acciaio al carbonio, la condotta di Acciaio Inox deve essere elettricamente scollegata rispetto al tubo guaina.

A tale scopo, devono essere interposti, tra condotta e tubo guaina degli appositi distanziatori in materiale isolante (plastica o gomma).

4.9. CONTROLLI IN CANTIERE

Controlli non distruttivi sulle saldature

Dopo l'esecuzione delle giunzioni mediante saldature con giunto testa a testa, al fine di verificare la buona fattura delle stesse, devono essere eseguiti dei controlli radiografici.

La frequenza di detti controlli sarà stabilita dalla Direzione Lavori e comunque non deve essere inferiore a n. 3 controlli ogni 1000 m di condotta posata.

Detti controlli devono essere realizzati da ditta con personale qualificato 2° livello, in accordo alla norma UNI EN 473.

I controlli radiografici devono essere eseguiti in accordo alla norma UNI EN 1435;

I risultati delle prove devono essere conformi alla norma UNI EN 25817 - livello C.

Tutti i difetti relativi alle saldature (cricche longitudinali e trasversali, incompleta penetrazione, incompleta fusione, porosità, scorie, ecc.) sono considerati inaccettabili e devono essere eliminati esclusivamente mediante taglio della parte difettosa.

I risultati dei controlli e le relative radiografie devono essere trasmessi, come certificazione, alla Direzione Lavori.

Alle suddette prove, la Direzione Lavori può associare anche controlli di altro tipo (ultrasonico, a correnti indotte).

In presenza di radiazioni ionizzanti, i lavori dovranno avvenire nel rispetto del D.Lgs. n. 230 del 17.03.1995.

Al fine di verificare che le saldature vengano realizzate nel rispetto delle procedure qualificate e mantenendo le caratteristiche meccaniche richieste, la Direzione Lavori ha la facoltà di ordinare il taglio di tronchetti contenenti la saldatura, a cura e spese dell'Appaltatore, da cui ricavare provette da sottoporre a controlli distruttivi presso laboratori accreditati SINAL, fino ad una percentuale dello 0,3% delle saldature eseguite.

Tali provette devono essere sottoposte alle prove previste per la qualifica WPS.

4.10. COLLAUDO IDRAULICO IN OPERA

Generalità

Per condotte che trasportano acque, la prova idraulica deve essere effettuata secondo le prescrizioni di seguito indicate, nonché nel rispetto di quanto indicato nel D.M. LL.PP. del 12.12.1985 e nella Circolare del Ministero LL.PP. n. 27291 del 20.03.1986.

La tenuta deve essere verificata mediante controllo radiografico su saldature scelte a campione dal Direttore dei Lavori.

Qualora, in fase di controllo radiografico, si rilevino difetti anche su una sola saldatura, il Direttore dei Lavori può prescrivere il successivo controllo radiografico sul 100% delle saldature realizzate in opera.

In ogni caso, è facoltà del progettista, qualora ne ravvisi la necessità, prescrivere, dandone opportuna giustificazione ed evidenza nei documenti progettuali, che in fase esecutiva siano effettuate prove del tipo radiografico sul 100% delle saldature.

Prova su condotte per il trasporto di acque

Ultimate le operazioni di giunzione dei tubi, prima di procedere al riempimento della condotta per la prova idraulica devono essere eseguiti, in caso di condotte interrato, puntellamenti provvisori sulle pareti dello scavo, a mezzo di carpenteria in legno o in ferro, per facilitare lo smontaggio della condotta in caso di eventuali perdite.

Le prove devono essere effettuate su tronchi completati, di lunghezza fino a 500 m.

Il sezionamento deve essere effettuato mediante flange cieche o altre apparecchiature.

Se vengono utilizzate valvole come sistemi di chiusura, la pressione di prova non deve superare quella di esercizio della valvola e la misura della perdita ammessa per le valvole deve essere presa in considerazione quando si stabilisce la perdita complessiva ammessa per la tratta provata.

Il piatto di chiusura dell'estremo inferiore della tratta da provare deve essere forato e munito di

rubinetto per il riempimento.

Il piatto di chiusura dell'estremo superiore della tratta da provare deve essere forato e munito rubinetto per lo sfiato.

Occorre inoltre munire eventuali punti di colmo intermedi della tratta da provare di idonei sfiati per assicurare lo spurgo completo dell'aria durante la fase di riempimento.

L'acqua deve essere immessa nella condotta preferibilmente dall'estremità a quota più bassa del tronco con velocità sufficientemente bassa da permettere la completa evacuazione dell'aria dagli sfiati (la portata durante il riempimento non deve superare il 10% della portata di esercizio).

Per assicurare il completo spurgo dell'aria è necessario tenere completamente aperti i rubinetti di sfiato ubicati in corrispondenza sia del piatto di chiusura dell'estremità più alta del tronco che degli eventuali punti di colmo intermedi della tratta da provare.

L'immissione dell'acqua deve essere effettuata ad una pressione pari ad almeno 2 bar.

Avvenuto il riempimento della condotta, devono essere lasciati aperti, per un certo tempo, gli sfiati, al fine di consentire l'uscita di ogni residuo d'aria; successivamente deve essere disposta, preferibilmente nel punto più basso della condotta stessa, la pompa di prova munita del relativo manometro registratore ufficialmente tarato.

Si mette in carico la condotta, attivando la pompa fino ad ottenere la pressione di prova stabilita, che deve essere raggiunta gradualmente, in ragione di non più di 1 bar al minuto.

Specialmente nel periodo estivo e per condotte sottoposte ai raggi solari nelle ore più calde della giornata, si deve controllare il manometro, scaricando se necessario con apposita valvola della pompa, l'eventuale aumento di pressione oltre i valori stabiliti.

Dopo il raggiungimento della pressione richiesta, deve essere ispezionata la condotta per accertare che non vi siano in atto spostamenti dei puntelli o degli ancoraggi, in corrispondenza dei punti caratteristici della stessa.

La pressione di collaudo deve essere pari a 1,5 volte la pressione di esercizio (per pressione di esercizio si intende il valore massimo della pressione che si può verificare in condotta per il più gravoso funzionamento idraulico del sistema, ivi comprese le massime sovrappressioni di moto vario).

La pressione di prova non deve comunque superare né la pressione massima per la quale i tubi, i raccordi e le flange sono stati progettati e costruiti, né la pressione di calcolo dei dispositivi di ancoraggio.

La pressione di prova minima nel punto più alto del tratto esaminato non deve essere inferiore alla pressione di esercizio in tale punto.

La prova ha la durata di dodici ore.

Durante il periodo di prova, allorché la pressione della tratta che si sta esaminando si è stabilizzata al valore di esercizio, il Direttore dei lavori, in contraddittorio con l'Impresa, deve eseguire l'esame visivo di tutti i giunti.

Qualsiasi difetto (giunti che perdono, supporti o ancoraggi insufficienti, ecc.) deve essere eliminato prima di proseguire la prova. Se necessario, la sezione in esame deve essere prosciugata in modo da facilitare le eventuali riparazioni.

Il buon esito della prova è dimostrato dalla concordanza tra i risultati dell'esame visivo dei giunti e quelli del grafico del manometro registratore; non può essere accettata una prova in base alle sole indicazioni, ancorché positive, del manometro registratore, senza che sia stata effettuata la completa ispezione di tutti i giunti e delle tubazioni in vista.

Accertato il risultato favorevole della prova, il Direttore dei lavori redige il "*verbale di prova idraulica*".
