

DISCIPLINARE TECNICO

TUBO DI PVC-U PER L'ADDUZIONE DI FLUIDI IN PRESSIONE

REVISIONE	DATA	MOTIVO
0	30-09/2011	Emissione
1		
2		
3		
NORMALIZZAZIONE INTERNA MATERIALI	DESCRIZIONE: Tubo di PVC-U per l'adduzione di acqua e fluidi in pressione, conforme a UNI EN ISO 1452 (2010) con giunzione a bicchiere e guarnizione elastomerica.	
	REDAZIONE STANDARD E NORME	
	VERIFICA DI CONFORMITA' SERVIZI OPERATIVI	
	VERIFICA CLIENTI E SERVIZI	
	APPROVAZIONE IL DIRETTORE GENERALE	

1. SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE

La presente specifica ha lo scopo di regolamentare le modalità di fornitura e collaudo dei tubi di tubi di PVC-U per l'adduzione di acqua e fluidi alimentari in pressione, conformi al DLgs 06/04/2004 n.ro 174 "Regolamento concernente i materiali e gli oggetti che possono essere utilizzati negli impianti fissi di captazione, trattamento, adduzione e distribuzione delle acque destinate al consumo umano" e per le fognature in pressione.

2. NORME DI RIFERIMENTO

UNI EN ISO 1452 Sistemi di tubazioni di materia plastica per adduzione – Policloruro di vinile non plastificato PVC-U.

3. REQUISITI PRESCRITTI

3.1. MATERIA PRIMA

La miscela (Blend) deve essere costituita principalmente da PVC (polivinilcloruro) con la sola aggiunta di fluidificanti e stabilizzanti atossici, cariche inerti ed altri additivi nelle quantità strettamente necessarie alla estrusione e a garantire la stabilità delle caratteristiche del polimero sia in fase di lavorazione sia durante la vita utile del prodotto.

Il blend utilizzato per la produzione dei tubi, in forma di granulo o polvere non deve essere stato sottoposto ad alcun uso o lavorazione diversi da quelli richiesti per la produzione dei tubi.

Non è ammesso l'impiego di:

- plastificanti e/o cariche minerali che possano alterare le caratteristiche meccaniche ed igieniche del tubo;

Le caratteristiche della polvere di PVC devono rispondere ai requisiti di UNI EN ISO 1452-1 e soddisfare la seguente tabella:

3.1.1. CARATTERISTICHE DELLA RESINA (POLVERE) DI PVC

Caratteristiche	Requisiti
Valore K	65 ÷ 70
Peso specifico apparente	0,5 ÷ 0,6
Granulometria	> 250 µm 5% max. < 63 µm 5% max.
VCM residuo (vinil cloruro monomero)	< 1 ppm (1mg/kg max.)
Sostanze volatili	≤ 0,3%

3.1.2 CARATTERISTICHE DELLA MISCELA (BLEND) PVC-U

Le caratteristiche del Blend in forma di tubo, devono rispondere ai requisiti di UNI EN ISO 1452-1 e soddisfare la seguente tabella:

Caratteristiche	Requisiti
M.R.S. (secondo ISO/TR 9080)	≥ 25 MPa
Peso specifico	1,35÷1,46 g/cm ³
Carico unitario a snervamento	≥ 48 MPa
Allungamento a snervamento	< 10%
Modulo di elasticità	> 3.000 MPa
Coeff. di dilatazione termica lineare	0,06÷0,08 mm/m°C
Conduttività termica	0,13 kcal/mh°C

3.1.3 VERIFICA DI COMPUND NEI TUBI DI PVC-U 250

Se è a disposizione un risultato sperimentale riguardante le prestazioni a lungo termine, allora il valore di MRS può non essere valutato. In tal caso, dovranno essere realizzate delle prove su 5 provini in parallelo per ogni condizione scelta. Tutti i valori ottenuti dovranno collocarsi sopra o al di sopra del valore di sforzo minimo fornito dalla curva di Figura 1 della norma UNI EN ISO 1452-1.

In alternativa, il tempo di prova di 10 provini per temperatura si può collocare lungo la curva di minimo data come riferimento. In tal caso, sia per temperature di 20 e 60°C il tempo di prova dovrà essere da 100 ore a 5000 ore. Il tempo di 3 provini dovrà essere compreso tra 3000 e 5000 ore.

La seguente tabella mostra la relazione tra temperatura di utilizzo e durata in cui si verifica la fratturazione.

temperatura	anni
20 °C	100
30 °C	50
40 °C	40
50 °C	25
60 °C	25

3.2. TUBI

I tubi devono essere prodotti con materia prima (miscela di PVC) rispondente ai requisiti del punto precedente ed avere:

Colore	Grigio In considerazione dell'eventuale esposizione ai raggi solari un pur minimo abbassamento della tonalità del colore su di una parte del tubo non deve compromettere l'idoneità del tubo all'impiego e costituire un conseguente motivo di rifiuto della fornitura.	RAL 7011
---------------	---	----------

Aspetto	La superficie interna ed esterna dei tubi deve essere liscia, pulita e priva di cavità, impurità e porosità e qualsiasi altra irregolarità superficiale che possa impedire la loro conformità alla norma di riferimento ed alla presente specifica.	UNI EN 1452
----------------	---	----------------

3.2.1. UTILIZZO MATERIALE DA RICICLO

L'uso di materiale proprio riprocessabile ottenuto durante la produzione di prodotti conformi alla ISO 1452 è permesso in aggiunta a materiale vergine.

Materiale riprocessabile proveniente da fonti esterne e materiale riciclabile non deve essere usato.

3.2.2. CARATTERISTICHE MECCANICO – FISICHE

Le caratteristiche dei tubi devono rispondere ai requisiti di UNI EN ISO 1452-2 e soddisfare la seguente tabella:

Caratteristiche	Requisiti			Metodi di prova
Resistenza all'urto	T = 0°C - TIR < 10% Conformi al prospetto 6 di UNI EN 1452-2			UNI EN 744
Resistenza alla pressione intera	Nessun cedimento durante la prova 20 °C / 1h / sigma= 42 Mpa 20 °C / 100h / sigma= 35 MPa 60 °C / 1000h / sigma= 12.5 MPa			ISO 1167-1 e 2
Temperatura di rammollimento Vicat(VST)	≥ 80 °C	Conformi alla ISO 2507-1		ISO 2507-1
Ritiro longitudinale	≤ 5% Il tubo non deve presentare delaminazione, bolle o rotture.	Temperatura di prova	150 °C	ISO 2505 Metodo A: bagno liquido
		Tempo di immersione per: e ≤ 8 mm e > 8 mm	15 min 30 min	
		oppure		
		Temperatura di prova	150 °C	ISO 2505 Metodo B: in aria
		Tempo di immersione: e ≤ 8 mm e > 8 mm	30 min 60 min	
Resistenza al dicloro-metano ad una temperatura specificata	Nessun attacco in alcuna parte della superficie della provetta	Temperatura di prova	15 °C	ISO 9852
		Tempo di immersione:	30 min	

3.2.3. GIUNZIONI BICCHIERE/GUARNIZIONE

Le giunzioni sono a bicchiere con guarnizione elastomerica; Le guarnizioni devono essere assolutamente atossiche secondo le normative cogenti (disciplina igienico sanitaria) e conformi alla norma UNI EN 681/1.

Il sistema di giunzione, per ciascuna classe di pressione (PN) presente nella fornitura, deve rispondere ai requisiti di UNI EN ISO 1452-5 ed essere testato secondo:

EN ISO 13844 Guarnizioni elastomeriche per giunti a bicchiere per l'uso con tubi di PVC-U – Metodo di prova per la tenuta a pressioni negative;

EN ISO 13845 Guarnizioni elastomeriche per giunti a bicchiere per l'uso con tubi di PVC-U – Metodo di prova per la tenuta alla pressione interna con deflessione angolare del giunto.

3.2.4. MARCATURA MINIMA

La marcatura minima su ogni metro di tubo deve essere indelebile e riportare almeno i seguenti dati:

- nominativo del produttore e/o nome commerciale del prodotto;
- numero della norma di sistema (UNI EN ISO 1452)
- Marchio di Qualità del prodotto
- materia prima (PVC-U)
- diametro esterno del tubo X spessore;
- pressione nominale (PN) e SDR e/o serie (S...);
- giorno, mese, anno e turno di produzione;
- numero della linea di estrusione;
- data produzione.

Ulteriori parametri in marcatura potranno essere richiesti dalla committente al produttore.

3.2.5. CARATTERISTICHE GEOMETRICHE - DIMENSIONI DEI TUBI

3.2.4.1. Diametri, spessori e tolleranze

I tubi devono essere dei formati (SDR) previsti dalla Premessa Nazionale alla UNI EN 1452 e avere dimensioni conformi ai valori riportati nei prospetti 1, 2, 3 del Cap. 6 di UNI EN 1452-2 "Caratteristiche Geometriche".

In particolare in questo disciplinare si riporta il prospetto degli spessori minimi di parete espressi in mm:

Diametro esterno nominale De (mm)	Spessore di parete nominale (minimo) (mm)			
	PN 6 bar	PN 10 bar	PN 16 bar	PN 20 bar
20			1.5	1.9
25			1.9	2.3
32		1.6	2.4	2.9
40	1.5	1.9	3.0	3.7
50	1.6	2.4	3.7	4.6
63	2.0	3.0	4.7	5.8
75	2.3	3.6	5.6	6.8
90	2.8	4.3	6.7	8.2
110	2.7	4.2	6.6	8.1
125	3.1	4.8	7.4	9.2
140	3.5	5.4	8.3	10.3
160	4.0	6.2	9.5	11.8
180	4.4	6.9	10.7	13.3
200	4.9	7.7	11.9	14.7
225	5.5	8.6	13.4	16.6
Diametro esterno nominale De (mm)	Spessore di parete nominale (minimo) (mm)			
	PN 6 bar	PN 10 bar	PN 16 bar	PN 20 bar
250	6.2	9.6	14.8	18.4
280	6.9	10.7	16.6	20.6

315	7.7	12.1	18.7	23.2
355	8.7	13.6	21.1	26.1
400	9.8	15.3	23.7	29.4
450	11.0	17.2	26.7	33.1
500	12.3	19.1	29.7	36.8
630	15.4	24.1		
710	17.4	27.2		
800	19.6	30.6		
900	22.0			
1000	24.5			

3.2.4.2. Lunghezze

I tubi devono essere forniti per tutti i De richiesti in barre di lunghezza nominale di 6 m.

Per lunghezza nominale si intende la lunghezza del tubo escluso il bicchiere.

3.2.4.3. Estremità dei tubi

Ogni tubo dovrà pervenire con l'estremità liscia (codolo) tagliata nettamente e perpendicolare all'asse del tubo stesso con uno smusso esterno di $\sim 15^\circ$.

4. CONTROLLI E RESPONSABILITÀ

Il committente si riserva il diritto di presenziare con propri incaricati alle prove ed agli esami per l'accertamento dei requisiti richiesti dalle norme di fabbricazione ed alla presente specifica.

Il fornitore s'impegna perciò a favorire il libero accesso degli incaricati dal committente agli impianti di fabbricazione dei tubi, in ogni momento delle diverse fasi produttive e ai laboratori in ogni momento delle fasi di controllo e collaudo, comunicando con ragionevole anticipo la data di inizio della fabbricazione dei tubi commissionati, concedendo altresì agli incaricati piena libertà di azione, compatibilmente con le esigenze di produzione, per i controlli del caso.

Il committente si riserva il diritto di verificare mediante prelievo di campioni di tubo e/o di materia prima, la rispondenza a questa specifica e a quanto dichiarato dal fornitore.

Resta inteso che la presenza degli incaricati in occasione delle prove o degli esami di cui ai punti precedenti, non può considerarsi in ogni caso sostitutiva dei controlli del fornitore, rimanendo egli il solo responsabile della qualità dei tubi che produce.

Il fornitore si assume ogni e qualsiasi onere conseguente le consegne di tubo non conforme ai requisiti previsti dalla presente specifica.

5. DOCUMENTI E CERTIFICAZIONI DI QUALITÀ

Il fornitore in fase di offerta dovrà allegare:

- la certificazione di conformità del Sistema di Gestione della Qualità a UNI EN ISO 9000 da parte di istituto o società indipendente, rilasciata conformemente a UNI CEI EN 45012;
- dichiarazione firmata dell'utilizzo di materia prima (miscela) vergine ed esente da rilavorati e sostanze dannose all'organismo;
- la certificazione di conformità di prodotto alla norma UNI EN ISO 1452 dei tubi rilasciata da parte di istituto, ente o società indipendente conformemente a UNI CEI EN 45011.

6. ASSISTENZA POST VENDITA

Se concordato in sede d'ordine il fornitore deve garantire:

- l'assistenza da parte di un tecnico qualificato in occasione dell'inizio lavori di cantiere per la verifica delle corrette modalità di posa (raccomandazioni di riferimento secondo norme UNI EN ISO 1452 – 6 e ENV 1046);
- l'assistenza da parte di personale competente in merito alle procedure di collaudo in opera (nel caso di acquedotti, previsto per legge secondo DM 12.12.85) di condotte interrate per fluidi in pressione (esecuzione secondo metodo UNI EN 805, collaudo idraulico di condotte a comportamento viscoelastico).

7. MOVIMENTAZIONE E TRASPORTO DEI MATERIALI

Per la movimentazione ed il trasporto dei tubi dovranno essere messi in atto tutti quei procedimenti idonei a far sì che questi giungano alla consegna perfettamente integri. L'eventuale deterioramento dei tubi, constatato all'atto della consegna, implica la contestazione del materiale difettoso. I pezzi contestati resteranno a disposizione del fornitore, le riparazioni ed i controlli saranno a suo carico.

Per il carico, il trasporto e lo scarico, nonché l'accatastamento dei tubi e l'immagazzinamento dei pezzi speciali si deve fare riferimento alle prescrizioni del D.M. 12.12.1985 (e successive modifiche e integrazioni) del documento.

7.1 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 essere realizzate con funi o con bande di canapa, nylon o similari, adottando gli opportuni accorgimenti in modo che i tubi non vengano danneggiati.

7.2 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 sarà identificato con la dicitura “da non usare” e segregato in apposita zona.

Il responsabile stesso dovrà comunicare, al più presto, l'esistenza del prodotto danneggiato al Direttore dei Lavori del Committente il quale prenderà gli opportuni provvedimenti a suo insindacabile giudizio.

Nell'impiego della gru dovrà essere usato un sistema di comunicazione efficace tra l'operatore al comando della gru e l'operatore che si trova a terra.

7.3 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.

7.4 CONSERVAZIONE DEI MATERIALI

E' indispensabile predisporre le misure necessarie affinché, in caso di stoccaggio non breve, siano disponibili locali riparati dalle radiazioni solari per lo stoccaggio dei tubi di PVC-U 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.

In ogni caso è da evitare la vicinanza di fonti di calore e la diretta incidenza di radiazioni solari, fino all'atto del loro impiego.

Analoghe indicazioni valgono per la conservazione dei lubrificanti.

8 MODALITÀ E PROCEDURE DI POSA IN OPERA

8.1 Tipologie degli scavi

Il tipo di scavo previsto in progetto in base alla valutazione dei carichi, al tipo di terreno e all'organizzazione di cantiere 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.

In tabella si riportano le principali tipologie di scavo rapportando tra loro il diametro della tubazione (D in metri), la larghezza della trincea a livello della generatrice superiore del tubo (B in metri) e l'altezza di riempimento sulla generatrice superiore della tubazione (H in metri):

Tipo di trincea	B (larghezza scavo)	
Trincea stretta	$\leq 3 D$	$< H/2$
Trincea larga	$3 < D < 10$	$< H/2$
Terrapieno	$\geq 10 D$	$\geq H/2$

8.1.1 Trincea stretta

E' la migliore sistemazione nella quale collocare un tubo in PVC-U. La tubazione è alleggerita del carico sovrastante, trasmettendo parte di esso al terreno circostante in funzione della deformazione per schiacciamento alla quale il manufatto stesso è sottoposto.

8.1.2 Trincea larga

Il carico sul tubo è sempre maggiore di quello relativo alla sistemazione in trincea stretta. Per questo motivo, in fase di progettazione, si consiglia di partire da quest'ipotesi per conservare un buon grado di sicurezza nei calcoli di dimensionamento.

8.1.3 Terrapieno (posizione positiva)

La sommità del tubo si colloca sul livello naturale del terreno.

Se è prevista l'azione di carichi pesanti, non deve essere adottata questa tipologia di posa a causa dei cedimenti del terreno indotti dall'assenza dei fianchi di scavo.

8.1.4 Terrapieno (posizione negativa)

La tubazione è sistemata ad un livello inferiore a quello naturale del terreno.

A seguito di un attrito, anche se modesto, tra il materiale di riempimento sistemato a terrapieno ed i fianchi naturali dello scavo, il tubo riesce a sopportare carichi leggermente superiori a quelli della posizione positiva, ma in ogni caso inferiori a quelli sopportabili nella sistemazione a trincea stretta e larga, per cui anche questa tipologia di posa è sconsigliabile.

8.2 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:

$$H \geq 1,0$$

$$H \geq 1,5 D$$

8.3 Larghezza della trincea

E' 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.

8.4 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, disponendo intorno ad essi uno strato spesso di ghiaia o di altro materiale appropriato; occorre, in altre parole, assicurare la condizione che non sussista la possibilità di alcuno spostamento del materiale di rinterro a causa della falda acquifera.

8.5 Letto di posa

Alla canalizzazione in PVC-U 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 di 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,

8.6 Norme di compattazione e controlli qualitativi

Poiché le tubazioni di PVC-U 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 PVC-U, 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 Proctor	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 PVC-U deve essere considerato un **indice di Proctor almeno pari al 90%**.

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).

8.7 Posa del tubo

Prima della posa in opera, i tubi devono essere ispezionati singolarmente per scoprire eventuali difetti; i codoli e i bicchieri devono essere integri.

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 (anche se l'ingombro del bicchiere è minimo, è buona norma prevedere una nicchia in corrispondenza del suo appoggio) devono, se necessario, essere accuratamente riempite onde evitare eventuali vuoti sotto i bicchieri.

8.8 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 PVC-U, 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 mezzeria del tubo, avendo la massima cura nel verificare che non rimangano zone vuote sotto al tubo e che lo strato L_1 di rinfiacco tra tubo e parete sia continuo e compatto.

Il secondo strato di rinfiacco 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 rinfiacco 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.

8.9 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, evitando ogni possibile instabilità del terreno di posa e dei manufatti in muratura. Qualora nel corso dei lavori si verificano, per tratti limitati, condizioni di posa più gravose di quelle di progetto (sgrottamento delle pareti, frane, ecc.) si deve procedere ad opere di protezione che riconducano le condizioni di posa a quelle prescritte, con la realizzazione d'appositi muretti di pietrame o calcestruzzo atti a ridurre la lunghezza della sezione di scavo, o d'altra opportuna soluzione autorizzata dalla Direzione Lavori.

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 attraversamento di linee ferrovie, si può:

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

9 ESECUZIONE DELLE GIUNZIONI

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

Si provvedere ad un'accurata pulizia delle parti da congiungere assicurandosi che siano integre; la guarnizione deve essere inserita (se non già premontata) nella apposita sede presente all'interno del bicchiere, in seguito:

- lubrificare la superficie esterna del codolo (estremità liscia del tubo) e la superficie interna del 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 a che l'estremità bicchiere non giunge a fine corsa, non forzare oltre. La perfetta riuscita di quest'operazione dipende esclusivamente dal preciso allineamento dei tubi e dall'accurata lubrificazione.