14

LE CONDOTTE IN PVC

www.tubipvc.it

LA POSA IN OPERA DELLE TUBAZIONI IN PVC PER FOGNATURA

le condotte
in
PVC

Il Gruppo Tubi

Questa iniziativa è supportata dal “gruppo produttori tubi e raccordi in PVC compatto” che è costituito da 6 aziende associate a PVC Forum Italia - Centro di Informazione sul PVC.
L’obiettivo del gruppo è di creare una nuova cultura sulle tubazioni e i raccordi in PVC prodotti in conformità alle norme UNI EN: affidabili, sicuri, durevoli.
In linea con questo approccio è stato creato un marchio da applicare alle tubazioni in PVC che ne evidenzi la provenienza e che sia sinonimo di qualità.

www.tubipvc.it

Quest’opera è protetta dalla legge sul diritto d’autore. Tutti i diritti, in particolare quelli relativi alla traduzione, alla ristampa, all’uso di figure e tabelle, alla citazione orale, alla trasmissione radiofonica o televisiva, alla riproduzione su microfilm o in database, alla diversariproduzione in qualsiasi altra forma (stampa o elettronica) rimangono riservati anche nel caso di utilizzo parziale. Una riproduzione di quest’opera, oppure di parte di questa, è anche nel caso specifico solo ammessa nei limiti stabiliti dalla legge sul diritto d’autore, ed è soggetta all’autorizzazione scritta dell’Editore. La violazione delle norme comporta le sanzionipreviste dalla legge.

L’utilizzo di denominazioni generiche, nomi commerciali, marchi registrati, ecc, in quest’opera, anche in assenza di particolare indicazione, non consente di considerare tali denominazioni o marchi liberamente utilizzabili da chiunque ai sensi della legge sul marchio.

Editing editoriale a cura di Ing. Marco Piana

29 ottobre 2018

INDICE

1. Definizioni e simboli: pag. 3
2. La posa delle condotte: pag. 9
3. Controlli e movimentazioni tubazioni in PVC: pag. 41
4. Modalità e procedure di posa in opera: pag.46
5. Giunzioni delle tubazioni: pag. 55

1. DEFINIZIONI E SIMBOLI

Raccomandazione per il calcolo e l'installazione di condotte in PVC rigido (Norma UNI EN 1401), a parete compatta nella costruzione di fognature e di scarichi industriali interrati.

I riferimenti normativi sono:
UNI EN 1401-1: Sistemi di tubazioni di materia plastica per fognature e scarichi interrati non in pressione, - Policloruro di vinile non plastificato (PVC-U), - Specificazioni per tubi, raccordi ed il sistema.

UNI EN 1401-2: Sistemi di tubazioni di materia plastica per fognature e scarichi interrati non in pressione. - Policloruro di vinile non plastificato (PVC-U), - Guida per la valutazione delle conformità.

UNI EN 1401-3: Sistemi di tubazioni di materia plastica per fognature e scarichi interrati non in pressione. Policloruro di vinile non plastificato (PVC-U), guida per l'installazione.

Definizioni, simboli ed abbreviazioni
Ai fini della presente Raccomandazione, quando non definiti nei singoli capitoli, si applicano le seguenti definizioni, simboli ed abbreviazioni.
Codice dell'area di applicazione: codice utilizzato nella marcatura di tubi e raccordi per indicare l'area di applicazione cui essi sono destinati.

- **U**: codice dell'area d'applicazione per un'area distante maggiore di 1 m dai fabbricato al quale è collegato il sistema di tubazioni interrato;
- **D**: codice dell'area di applicazione per un'area al disotto del fabbricato ed entro 1 m di distanza dal fabbricato per tubi e raccordi interrati collegati al sistema di scarico del fabbricato:
- **UD**: tubazioni idonee per entrambe le applicazioni **E** e **D**.

Dimensione nominale, DN: designazione numerica per le dimensioni di un componente diversa da quella identificata dalla dimensione della filettatura che è un numero arrotondato approssimativamente uguale alla dimensione costruttiva in millimetri (mm).
Spessore di parete, e: misura dello spessore della parete in un punto qualsiasi sulla circonferenza di un componente.
Rigidità anulare nominale, SN: designazione numerica della rigidità anulare di un tubo o raccordo data da un conveniente numero arrotondato che si riferisce alla rigidità in kilo-Newton al metro quadrato (kN/m^2), indicante la rigidità anulare minima richiesta per un tubo e raccordo.
Rapporto dimensionale, normalizzato, SDR: designazione numerica di una serie di tubi, data da un conveniente numero arrotondato

approssimativamente uguale al rapporto dimensionale tra Il diametro esterno e lo spessore di parete.
PVC-U: policloruro di vinile non plasticizzato (rigido).

Classe di rigidità SN 2 kN/m^2

- Temperatura massima permanente dei liquidi trasportati 40°C
- minimo ricoprimento sulla generatrice superiore del tubo 0,8 m
- massimo ricoprimento sulla generatrice superiore del tubo 3,0 m
- traffico stradale 12 t/asse
- trincea stretta
- opera di posa corretta

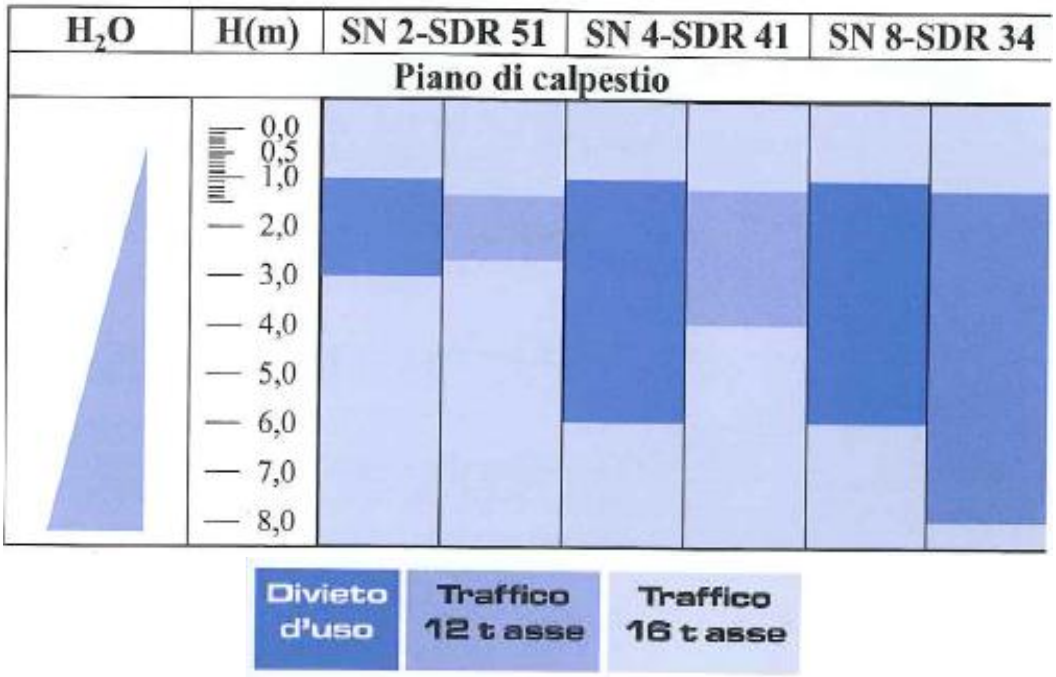
Classe di rigidità SN 4 kN/m^2

- Temperatura massima permanente dei liquidi trasportati 40°C
- minimo ricoprimento sulla generatrice superiore del tubo 0,80 m
- massimo ricoprimento sulla generatrice superiore del tubo 6,00 m
- traffico stradale 12 t/asse
- trincea stretta
- opera di posa corretta

Classe dì rigidità SN 8 kN/m^2

- Temperatura massima permanente dei fluidi trasportati 40°C
- minimo ricoprimento sulla generatrice superiore del tubo 0,80 m
- massimo ricoprimento sulla generatrice superiore del tubo 6,00 m
- traffico stradale 16 t/asse
- trincea stretta
- opera di posa corretta

Abaco per la scelta della classe di rigidità (SN) in funzione di: ricopertura, profondità di posa, compattazione e traffico stradale:



Condizioni di posa delle condotte:

- trincea stretta
- acqua di falda
- rinfianco e ricopertura con ghiaia e sabbia

L'uso dell'abaco è per una scelta di massima; prima della progettazione definitiva è opportuno verificare la classe di rigidità (SN KN/m^2) con calcolo di verifica statica.

PREMESSA

Presupposto fondamentale di un buon comportamento di una condotta è la sua integrità strutturale, da stabilire con accurata verifica statica.

La verifica statica consiste nel controllo che i carichi agenti sulla tubazione provochino tensioni e deformazioni ammissibili.

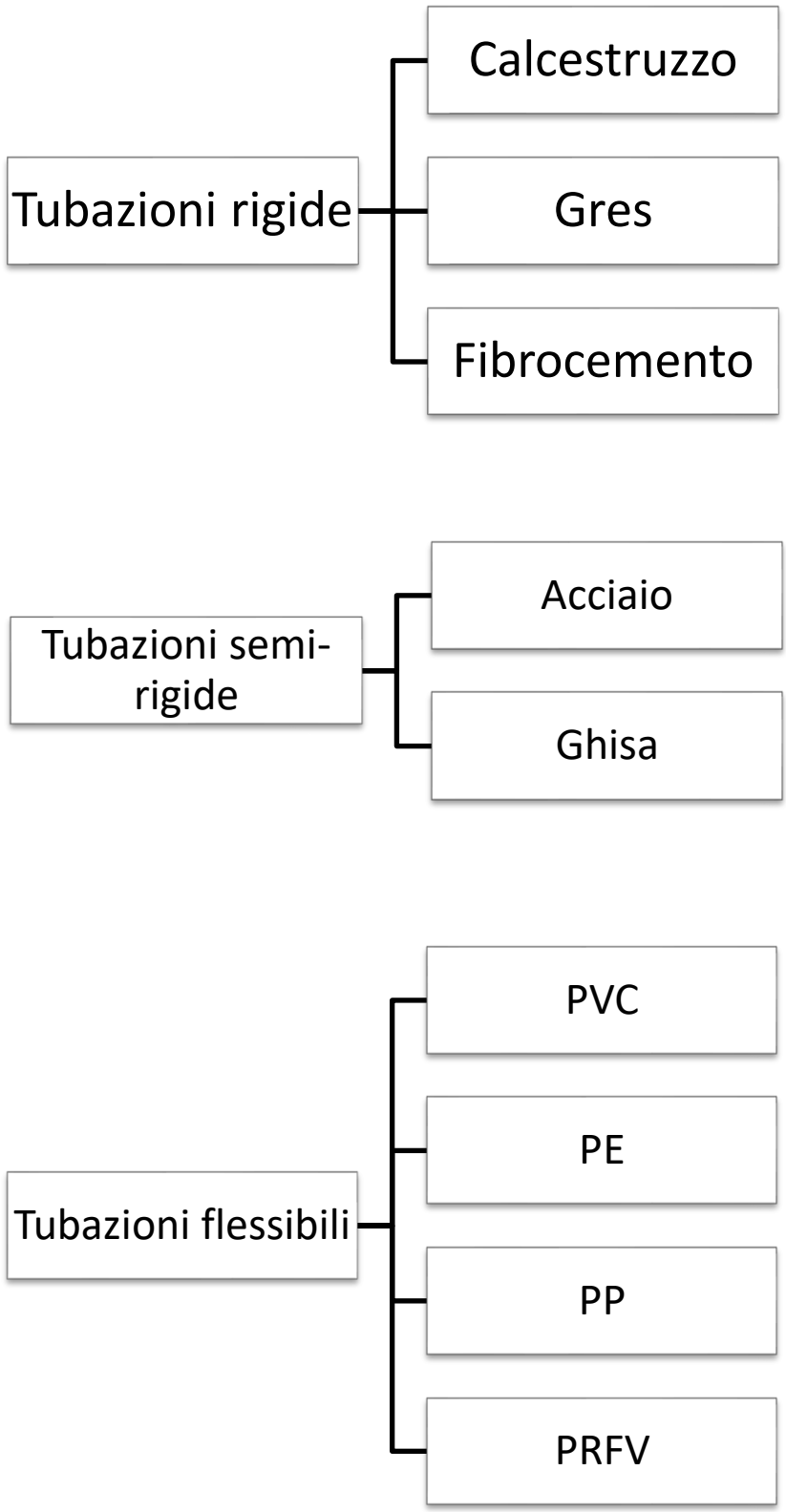
Se la struttura è rigida, la verifica è soddisfatta quando lo stato di coazione interno è compatibile con le tensioni ammissibili del materiale.
Se la struttura è flessibile, bisogna controllare: (1) che la deformazione diametrale sia compatibile con i vincoli di progetto e (2) che non si abbia schiacciamento per instabilità elastica.

Le sollecitazioni su un tubo interrato dipendono dall'interazione tra tubo-terreno, fortemente legata alla deformabilità dei due elementi:
se il tubo si deforma di più del terreno che lo circonda, sarà sollecitato in modo minore poiché deformandosi sensibilmente coinvolge il terreno di rinfianco a collaborare alla resistenza.
Dalla deformabilità tubo-terreno dipende il comportamento statico della condotta.
Al fine di classificare le tubazioni in base all'elasticità in sito, si utilizza l'indice di flessibilità:

$$n = \frac{E_s}{E_t}\left(\frac{r}{s}\right)^3$$

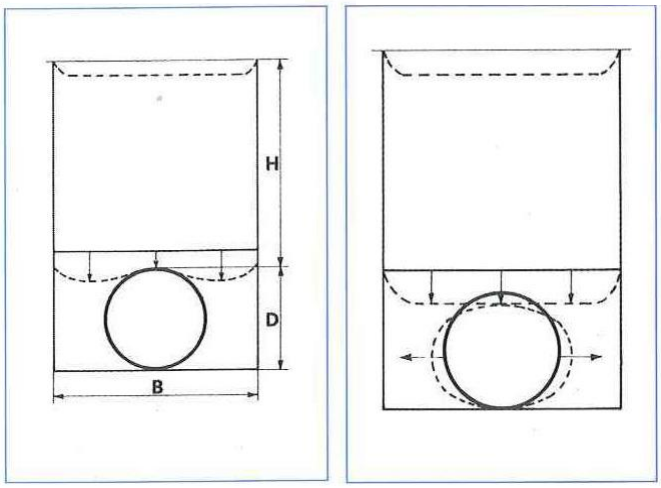
con r raggio medio della tubazione, s spessore e Et modulo elastico della tubazione, e modulo elastico del terreno Es.
La tubazione interrata è flessibile (o deformabile) se risulta n>=1.

CLASSIFICAZIONE DELLE TUBAZIONI



I progressi compiuti negli ultimi anni nello studio delle condotte rigide e di quelle flessibili hanno ampiamente dimostrato i vantaggi che proprio la flessibilità dei tubi interrati offre nel sostenere le cariche sfruttando le reazioni laterali del terreno.

Tubazione rigida **Tubazione flessibile**



Le tubazioni flessibili, che affidano in massima parte la loro sicurezza statica alla reazione del mezzo in cui sono posate, richiedono più delle tubazioni rigide o semi-rigide un controllo accurato sulla modalità di posa e la garanzia che queste non vengano successivamente alterate.

Il tubo flessibile (seconda figura), deformandosi nel piano orizzontale, provoca una reazione laterale del terreno. Si ha così sul tubo un carico radiale che porta ad una sollecitazione di compressione sulle pareti del tubo del tutto analoga a quella tipica dell'arco.

2. LA POSA DELLE CONDOTTE

LA PROGETTAZIONE DELLA POSA IN OPERA DELLE TUBAZIONI IN PVC

Presentiamo due diverse metodologie, AWWA e Algopipe 3.0

A) IL CALCOLO STATICO AWWA

Per la verifica statica delle tubazioni flessibili interrate si può fare riferimento alla norma AWWA (American Water Works Association) C 950-88.
Le verifiche vanno effettuate considerando le caratteristiche di resistenza a lungo termine dei materiali.
Si definiscono requisiti di lungo termine le proprietà valutate dopo 50 anni o 100.000 ore di esercizio.

Le operazioni da effettuare per la verifica statica delle tubazioni flessibili sono le seguenti:

- calcolo e verifica statica dell'inflessione diametrale a lungo termine;
- calcolo e verifica della sollecitazione a flessione della sezione trasversale;
- calcolo e verifica del carico critico di collasso.

Qualora una di queste tre verifiche non abbia esito positivo si dovrà prendere una delle seguenti misure:

- migliorare i parametri di installazione;
- migliorare le proprietà meccaniche della parete strutturale del tubo;
- una combinazione delle due precedenti misure.

La relazione che fornisce il valore dell'inflessione diametrale mostra chiaramente come sia il modulo di reazione del terreno ad influenzare maggiormente l'ovalizzazione e non la rigidezza flessionale della tubazione.

I CARICHI

La resistenza meccanica dei tubi destinati alle fognature è determinata dai carichi esterni *(Q)* e non dalla pressione idraulica interna accidentale.

I suddetti carichi esterni sono dati dalla somma di:

- carico del terreno q_t;
- carico di traffico o carichi mobili q_m;
- acqua di falda q_f.

Si indicherà di seguito con q in kg/m^2 il carico per unità di superficie e con $Q=q/xD$ in kg/m il carico per unità di lunghezza.

	Carico del terreno	
Trincea stretta	$B \leq 3D$ $B \leq H/2$	$q_{t1} = C_{d1} \cdot \gamma \cdot B$
Trincea infinita	$B \leq 10\,D$ $B \leq H/2$	$q_{t2} = C_{d2} \cdot \gamma \cdot H$

$C_{d1} = \frac{1 - e^{-2\mathrm{K}\tan\theta \cdot H/B}}{2\mathrm{K}\tan\theta}$	coefficiente di carico per il riempimento in trincea stretta
$K = \tan^2\left(\frac{\pi}{4} - \frac{\varphi}{2}\right)$	rapporto tra pressione orizzontale e verticale nel materiale di riempimento
$C_{d2}=1$	coefficiente di carico per il riempimento in trincea infinita

NATURA DEL TERRNO	MATERIALE DI RIEMPIMENTO	ANGOLO θ
Marna	Sabbia	30
Marna	Ghiaia	35
Marna	Ciottoli grossi	40
Rocce lisce	Sabbia	25
Rocce lisce	Ghiaia	30
Rocce scistose	Sabbia	35
Rocce scistose	Ghiaia	40

Carichi mobili
$q_m = \frac{3}{2\pi} \frac{P}{(H + D/2)^2} \quad \varphi$

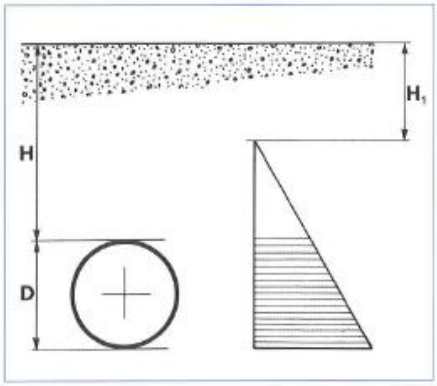
P (kg)	carico concentrato in kg costituito da una ruota o da una coppia di ruote.
3000	solo passaggi di autovetture o di autocarri da cantiere
6000	passaggi di autovetture o di autocarri leggeri
9000	passaggi di autotreni pesanti

φ	coefficiente correttivo che tiene conto dell'effetto dinamico dei carichi.
$1+0{,}3/H$	mezzi stradali
$1+0{,}6/H$	mezzi ferroviari

Carico per acqua di falda
$q_f = \gamma_{H20}(H - H_1 + D/2)$

dove

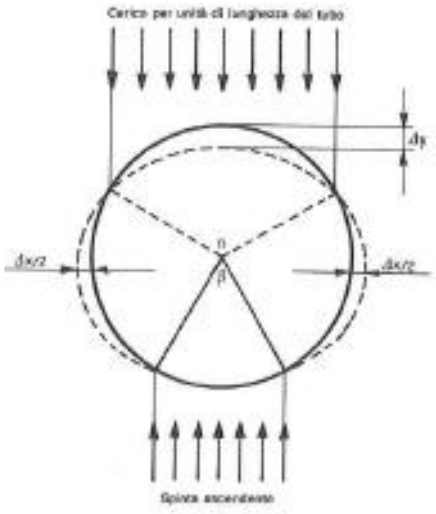
θ	angolo di attrito tra il materiale di riempimento e le pareti della trincea;
φ	angolo di attrito interno del materiale misurata in corrispondenza della generatrice superiore del tubo in metri.
B	Larghezza della trincea, misurata in corrispondenza della generatrice superiore del tubo in metri
D	diametro nominale del tubo
H	altezza di riempimento misurata dalla generatrice superiore del tubo
H_1	soggiacenza della falda dal piano campagna
γ	peso specifico del terreno in kg/m^3



Carichi mobili
$\Delta y = N\Delta_y \frac{Q \times D^3}{\beta \times E \times I}$ $\Delta X = N\Delta_X \frac{Q \times D^3}{\beta \times E \times I}$

dove

I	Momento di inerzia della parete del tubo=$S^3/12$ (per i tubi lisci e =spessore del tubo)
E	Modulo di elasticità del materiale costituente il tubo
NΔy = NΔx	Coefficienti variabili in funzione di α e β α = angolo di distribuzione del carico β = angolo di supporto del letto di posa



CALCOLO DELLE DEFORMAZIONI

Il parametro più importante sia in fase di calcolo che in fase di collaudo è la deformazione diametrale dei tubi.
Si può valutare la deformazione mediante la formulazione di Sprangler oppure secondo il metodo probabilistico di seguito riportati.

METODO DELL'ANELLO ELASTICO DI SPRANGLER

Le flessioni Δy di un anello elastico sottoposto ad un carico sono espresse nella formulazione proposta di seguito dalla formula di Sprangler.

Nel caso di un **tubo flessibile interrato** si ha

Tempo iniziale t=0	$\Delta x = \Delta y = \dfrac{0{,}125 Q D^3}{E(s/D)^3 + 0{,}0915 E_1}$
t >0	$\Delta x = \Delta y = \dfrac{0{,}125 T Q}{\dfrac{E}{T}(s/D)^3 + 0{,}0915\, E_1}$

Dove $Q=qxD$ in kg/m carico al metro e T=2 è il valore raccomandato.

I valori di E_1 si possono calcolare in base all'espressione:

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

in cui H è l'altezza del riempimento a partire dalla generatrice superiore del tubo e α' è un fattore che dipende dalla compattazione del rinfianco del tubo e che è collegato alla prova Proctor.

Prova Proctor	α'
95°	1,0
90°	1,5
85°	$1{,}5^2$
80°	$1{,}5^3$
75°	$1{,}5^4$

METODO *PROBABILISTICO*

Inflessione diametrale a lungo termine (95% di probabilità)

$$\Delta y = \frac{(DeWc + Wl)Kx}{8RG + 0{,}061KaEs} + \Delta a$$

dove

Δy	Inflessione diametrale in cm
De	Fattore di ritardo d'inflessione (senza dimensione) che tiene conto che il terreno continua a costiparsi nel tempo (1,5-2, vedi tabella)
Wc	Carico verticale del suolo sul tubo per unità di lunghezza [N/cm]
Wl	Carico mobile per unità di lunghezza [N/cm]
Kx	Coefficiente di inflessione che dipende dalla capacità di sostegno fornita dal suolo all'arco inferiore di appoggio del tubo (0,083-0,11)
RG	Rigidità a lungo termine del tubo [N/cm2]; ½ della rigidità iniziale per il PVC
Es	modulo elastico del terreno [N/cm2];
ka, Δa	parametri che consentono di passare dall'inflessione media (50% di probabilità) all'inflessione massima (frattile di ordine 0,95 della distribuzione statistica dell'inflessione) (normalmente ka=0.75 e Δa =0 vedi tabella

Tipo di reinterro e grado di costipamento	*De*
Reinterro poco profondo con grado di costipamento da moderato ad elevato	2,0
Materiale scaricato alla rinfusa o grado di costipamento leggero	1,5

Tipo di installazione	Angolo equivalente, di letto, in gradi	Coefficiente Kx
Fondo sagomato con materiale di riempimento ben costipato ai fianchi del tubo (densità Proctor $\geq$ 95%) o materiale di letto e rinfianco di tipo ghiaioso leggermente costipato (densità Proctor $\geq$ 95%)	180	0,083
Fondo sagomato con materiale di riempimento moderatamente costipato ai fianchi del tubo (densità Proctor $\geq$ 85% e $\leq$ 95%) o materiale di letto e rinfianco di tipo ghiaioso	60	0,103
Fondo piatto con materiale di riempimento sciolto posato ai fianchi del tubo	0	0,110

Altezza H del reinterro [m]	Δa	ka,
H≤ 4,9 m	0	0,75
H >4,9 m e materiale scaricato alla rinfusa e con leggero grado di costipamento	0,02 D	1,0
H >4,9 m e materiale scaricato alla rinfusa e con moderato grado di costipamento	0,01 D	1,0
H >4,9 m e materiale scaricato alla rinfusa e con elevato grado di costipamento	0,005 D	1,0

VALORI DI Es IN FUNZIONE DEL TIPO E DEL GRADO DI COMPATTAZIONE DEL MATERIALE CHE AVVOLGE LA TUBAZIONE [kgf/cm^2]

TIPO DI SUOLO - MATERIALE CHE AVVOLGE LA TUBAZIONE	scaricato alla rinfusa	costipamento leggero < 85% proctor < 40% densita' rel.	costipamento moderato 85¸95% proctor 40¸70% dens. rel.	costipamento elevato > 95% proctor > 70% dens. rel.
a) Suoli a grana fine, con meno del 25% di particelle a grana grossolana; plasticità da media a nulla.	3,4	14	28	70
c) Suoli a grana fine, con più del 25% di particelle a grana grossolana; plasticità da media a nulla. Suoli a grana grossolana con più del 12% di fini	7	28	70	140
c) Suoli a grana grossolana con pochi fini o nessuno (< 12% di fini)	14	70	140	211
d) Roccia frantumata	70	-	211	-

Appartengono al gruppo a) i seguenti suoli: argille inorganiche con plasticità da bassa a media - limo inorganico e sabbia molto fine
Appartengono al gruppo b) i seguenti suoli: quelli del gruppo a), ma con più del 25% di particelle a grana grossolana - miscele di ghiaia, sabbia e limo (o argilla) mal graduate - sabbie con limo
Appartengono al gruppo c) i seguenti suoli: misture di ghiaia e sabbia con pochi fini o nessuno - sabbie ghiaiose con pochi fini o nessuno

Ai fini del contenimento dell'inflessione è quindi teoricamente più conveniente agire sul miglioramento delle condizioni di posa (sottofondo e rinfianco con terreno a grana grossolana e costipamento del letto e del rinfianco) piuttosto che sull'aumento dell'indice di rigidezza delle tubazioni impiegate. Resta tuttavia il fatto non trascurabile che è molto più facile e certo il controllo dell'indice di rigidezza che non delle reali condizioni di posa.

Deformazione diametrale x/D nel tempo dei tubi interrati in PVC (valori raccomandati da ISO/DTR 7073)

TIPO UNI	**Dopo 1-3 mesi**	**A lungo termine (dopo 2 anni)**
SN 2	5,00% (valore massimo)	8,00% (valore massimo)
SN 4	8,00% (valore massimo)	10,00% (valore massimo)
SN 8	8% (valore massimo)	10,00% (valore massimo)

PRESSIONE DI COLLASSO

Un tubo caratterizzato da pareti molto sottili, invece che per sovratensioni o per eccessiva deformazione diametrale, si può rompere anche per collasso.
Per gli spessori previsti da norma il collasso non è però pericoloso. Il valore 5% imposto alla deformazione è il vincolo più limitativo.
Si riporta comunque la metodologia di calcolo fornita dalla norma ANSI-AWWA C950-88.
La pressione ammissibile di instabilità è data da

$$q_a = \left(\frac{1}{FS}\right)\left(32 \cdot R_w \cdot B' \cdot E_s \cdot \frac{E_t I}{D^3}\right)^{1/2}$$

dove qa è la pressione ammissibile in N/cm2, Fs è il fattore di sicurezza di progettazione pari a 2,5, Rw è il fattore di spinta idrostatica (se presente), B' è il coefficiente empirico di supporto elastico, H è l'altezza di reinterro in cm, Hw è l'altezza della superficie libera della falda sulla sommità della tubazione in cm.

Rw	$1 - 0{,}33(H_w / H)$ con $0 \le H_w \le H$
B'	$\frac{1}{1 + 4e - 0{,}213H}$

L'espressione riportata mostra come la pressione di instabilità sia condizionata in ugual misura dall'indice di rigidezza della tubazione e dal modulo elastico del materiale di sottofondo e rinfianco della tubazione.
La verifica all'instabilità elastica si effettua confrontando la pressione ammissibile di instabilità q_a con la risultante della pressione dovuta ai carichi esterni applicati.
La norma ANSI-AWWA considera i due casi:

- depressione interna a causa dei transitori;
- sovraccarichi mobili.

In presenza di depressione interna dovrà risultare:

$$\gamma_{H20} H_{H20} + Rw \cdot \frac{Wc}{D} + pv \le qa$$

in presenza di sovraccarichi mobili dovrà risultare:

$$\gamma_{H20} H_{H20} + Rw \cdot \frac{Wc}{D} + \frac{Wl}{D} \le qa$$

con

pv depressione interna in N/cm2 e H_{H20} l'altezza della superficie libera della falda sulla sommità della tubazione in cm.

Quando la verifica all'instabilità elastica non è soddisfatta converrà in generale prevedere l'uso di una tubazione a più elevato indice di rigidezza. Raddoppiando la rigidezza della condotta si aumenta la pressione ammissibile del 41%. Si potrà sempre comunque intervenire anche migliorando il modulo di elasticità del terreno Es.

Esempio di calcolo

Si calcolano le flessioni di un tubo in PVC della serie SN4 kN/m^2 con diametro nominale DN=0,4 m, interrato a 4 m, in una trincea stretta, subito dopo la posa e nel tempo nell'ipotesi che l'indice Proctor del terreno sia del 90% e che il peso specifico del terreno γ=2000 kg/m^3.
Se si applica la formula di Sprangler:

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

in cui Q=4500 D è il carico totale esterno sul tubo, E=30000 10^4 *è il modulo elastico del tubo, s/D=0,0078/0,4=0,0195 e, infine, il valore di E_1 si può calcolare in base all'espressione:*

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

Dove H è l'altezza del riempimento a partire dalla generatrice superiore del tubo in metri e α' vale 1,5. Pertanto E_1=480000 kg/m^2.
Sostituendo si può ottenere:

$$\frac{\Delta x}{D} = 1{,}21$$

E quindi la flessione del tubo alla posa in opera.
Volendo calcolare la flessione dello stesso tubo nel tempo si applica la formula:

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

Sostituendo ed eseguendo i calcoli indicati:

$$\frac{\Delta x}{D} = 2{,}49\%$$

Effettuando il calcolo della deformazione con il metodo probabilistico si ottiene

$$\frac{\Delta x}{D} = 3{,}9\,\%$$

In entrambi i casi la verifica a lungo termine è superata.

B) IL CALCOLO STATICO ALGOPIPE 3.0 - REDI

1 Verifica statica di una tubazione interrata

La verifica statica di una tubazione interrata viene effettuata calcolando:

- i carichi permanenti che gravano sulla tubazione;
- i carichi accidentali che gravano sulla tubazione;
- il carico idraulico indotto dalla presenza della falda;
- le reazioni laterali del terreno.

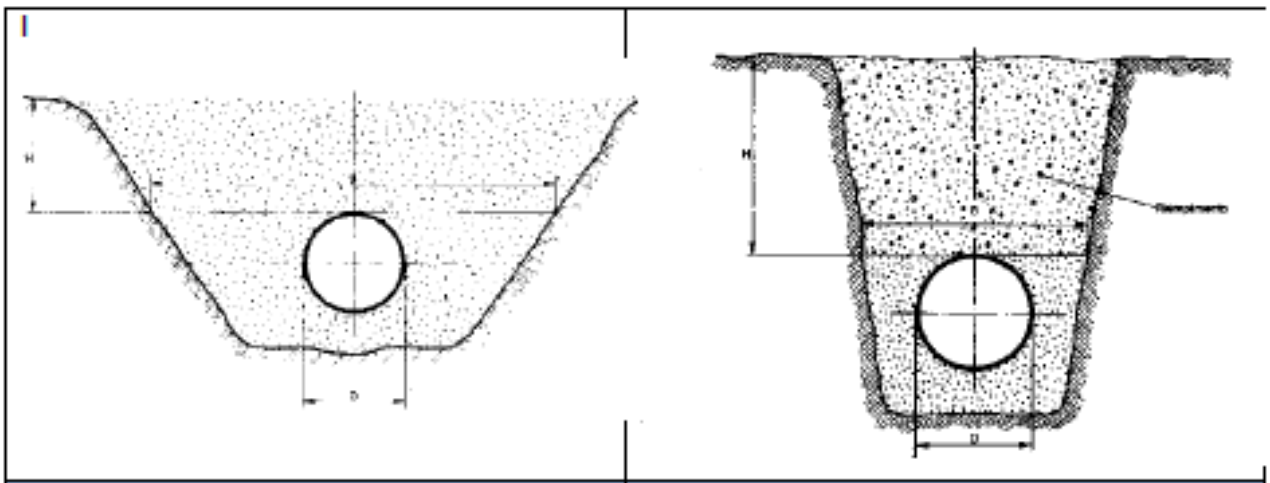
I carichi permanenti cui è sottoposta una tubazione interrata dipendono per lo più dall'azione del rinterro mentre i carichi accidentali sono per lo più da attribuirsi alla presenza di traffico.

1.1 Modalità di posa

Le modalità di posa di una condotta fognaria implementati nel presente codice di calcolo sono in conformità a quanto proposto dalla normativa UNI 7517:

- posa in trincea stretta;
- posa in trincea larga.

Nella figura successiva se ne mostra una rappresentazione schematica tratta dal documento IIP, Istituto Italiano dei Plastici, Installazione delle fognature in PVC, pubblicazione n.°3, novembre 1984).



1.2 Calcolo dei carichi dovuti al rinterro

Nella determinazione del carico permanente che sollecita una condotta interrata un ruolo importante è dato dall'azione del rinterro. Tra le diverse metodologie utilizzate nella comune prassi

ingegneristica si è scelto di utilizzare il metodo di Marston Spangler – Iowa State College Engineering Experiment Station [Da Deppo, 2009 Fognature]

1.2.1 Posa in trincea stretta

La norma UNI considera che una condotta sia posata in trincea stretta quando sia soddisfatta una delle seguenti condizioni:

1. $B \leq 2D$ con $H \geq 1.5B$
2. $2D \leq B \leq 3D$ con $H \geq 3.5B$

In cui B e H indicano la larghezza e l'altezza dall'estradosso della tubazione come riportato nella successiva figura.

In questo caso il peso Q_{st} del rinterro che grava sull'estradosso della tubazione è minore del peso del relativo volume per effetto dell'attrito presente tra il terreno indisturbato posto ai lati della trincea ed il terreno di rinterro. Tale azione è funzione del peso specifico, dell'angolo di attrito del terreno indisturbato e dal coefficiente d'attrito con il rinterro.

Il valore di carico Q_{st} del rinterro è calcolabile mediante la relazione:

$$Q_{st} = C_t \gamma_t B D N$$

in cui:

- Q_{st} indica il carico dovuto al rinterro [kN/m];
- B indica la larghezza della trincea [m];
- DN il diametro esterno della tubazione fognaria [m];
- γ_t indica il peso specifico del terreno di rinterro [kN/m^3];
- C_t indica il coefficiente di Marston [-].

Il coefficiente di Marston si valuta mediante la relazione:

$$C_t = \frac{1 - \exp\left(-2k_a \mu \frac{H}{B}\right)}{2k_a f}$$

in cui:

- C_t indica il coefficiente adimensionale di Marston [-];
- k_a indica il coefficiente di spinta attiva pari a $k_a = tg^2\left(45 - \frac{\varphi}{2}\right)$ in cui φ indica l'angolo d'attrito del terreno di rinterro [°];

- f indica il coefficiente di attrito tra terreno indisturbato e rinterro pari a $\mu = tg\varphi$ in cui φ indica l'angolo d'attrito del terreno di rinterro [°];
- H indica l'altezza del terreno di rinterro valutata dall'estradosso della tubazione [m];
- B indica la larghezza della trincea [m].

Nel caso di trincea stretta, al carico Q_{st} corrisponde una pressione verticale q_{st} valutabile mediante la relazione:

$$q_{st} = \frac{2Q_{st}}{\sqrt{2}DN}$$

in cui:

- q_{st} indica la pressione verticale agente sulla parte superiore del tubo per una lunghezza pari alla corda compresa in un angolo al centro pari a 90°;
- DN il diametro esterno della tubazione fognaria [m];
- Q_{st} indica il sovraccarico indotto dal rinterro [kN/m]

1.2.2 Posa in trincea larga

Nel caso in cui le condizioni elencate nel precedente paragrafo non siano rispettate la posa si definisce in trincea larga. In questo caso il carico Q_{st} generato dal peso del terreno sovrastante l'estradosso della tubazione è pari a:

$$Q_{st} = \gamma_t DNH$$

in cui;

- B indica la larghezza della trincea [m];
- DN il diametro esterno della tubazione fognaria [m];
- γ_t indica il peso specifico del terreno di rinterro [kN/m^3];

Si sottolinea che il carico del terreno sopra la tubazione è sempre maggiore di quello che si avrebbe se fossimo in trincea stretta; questo perché viene meno l'azione attrativa svolta dalle pareti della trincea.

Nel caso di trincea larga, al carico Q_{st} corrisponde una pressione verticale q_{st} valutabile mediante la relazione:

$$q_{st} = \frac{Q_{st}}{0.85DN}$$

in cui:

- q_{st} indica la pressione verticale agente sulla parte superiore del tubo per una lunghezza pari alla corda compresa in un angolo al centro pari a circa 130°;
- DN il diametro esterno della tubazione fognaria [m];
- Q_{st} indica il sovraccarico indotto dal rinterro [kN/m]

1.3 Caratteristiche dei terreni

Nella successiva tabella sono elencate le caratteristiche geotecniche dei terreni presenti nel codice di calcolo da assumersi per la definizione del carico indotto dal rinterro.

Tipo di terreno	*Peso specifico γ_t [kN/m^3]*	*Peso immerso γ' [kN/m^3]*	*Angolo di attrito interno φ [°]*
Argilla fangosa	20	16.9	20
Argilla sabbiosa	18	15.9	14
Argilla umida comune	20	16.4	12
Fango con polvere di roccia	18	16.9	25
Loess	21	15.9	18
Marna	21	16.9	22
Misto di cava di ghiaia e ciottoli	20	16.8	37
Misto di cava di sabbia e ghiaia	20	16.5	33
Sabbia argillosa	18	15.9	15
Sabbia secca	15	15.9	31
Sabbia umida	17	16.4	34
Terra secca	17	15.5	14
Terra umida	20	16.0	25
Terreno misto compatto	20	16.4	33
Terreno misto sciolto	18	15.9	15
Terreno paludoso	17	9.9	12
Terreno sabbioso	19	15.8	30

1.4 Azione dei sovraccarichi

Sul terreno sovrastante la tubazione interrata oltre al rinterro possono agire altri carichi. Questi si suddividono in dinamici relativi al traffico stradale e/o ferroviario e statici associati a corpi posti sul terreno che grava sul tubo.

1.4.1 Sovraccarichi dinamici veicolari

Per il calcolo del carico veicolare si fa riferimento a quanto espresso dalla normativa DIN 1072 secondo cui il traffico veicolare può essere suddiviso nelle seguenti classi di carico:

- HT autocarro pesante;
- LT autocarro leggero

I valori di carico per ruota dei veicoli per classe DIN sono riassunti nella successiva tabella in cui si è introdotta anche la classe Ferroviario a cui è stato associato un carico massimo per ruota di 200 kN.

Classe	*Carico per ruota P (KN)*	*Tipologia*
HT60	*100*	*Traffico pesante*
HT45	*75*	
HT38	*62.5*	
HT30	*50*	
HT26	*35*	
LT12	*20*	*Traffico leggero*
LT6	*10*	
LT3	*5*	
FERROVIARIO	*200*	

La pressione dinamica σ_z esercitata dal traffico sul tubo viene valutata adottando le seguenti relazioni:

- $\sigma_z = 0.5281 \frac{P}{H^{1.0461}} \varphi$ valida per traffico stradale pesante (convoglio classe HT) e ferroviario;
- $\sigma_z = 0.8743 \frac{P}{H^{1.5194}} \varphi$ valida per traffico stradale leggero (convoglio classe LT);

in cui:

- σ_z indica la pressione dinamica [kN/m^2];
- P indica il carico per ruota [kN];
- H indica l'altezza di ricopertura del tubo (altezza del terreno valutata dall'estradosso del tubo) [m];
- il coefficiente φ indica un coefficiente di incremento valutato secondo le relazioni:
  - $\varphi = 1 + \frac{0.3}{H}$ valida per carico stradale e autostradale. h indica l'altezza del terreno valutata dall'estradosso del tubo [m];

- $\varphi = 1 + \frac{0.6}{H}$ valida per carico ferroviario. h indica l'altezza del terreno valutata dall'estradosso del tubo [m];

Note la pressione dinamica è possibile calcolare il carico dinamico che grava su una condotta di diametro esterno DN applicando la relazione

$$Q_{din} = \sigma_z DN$$

In cui:

- σ_z indica la pressione dinamica [kN/m^2];
- DN indica il diametro esterno del tubo [m];

1.4.2 Sovraccarichi distribuiti

Nel caso in cui sul tubo sia gravante un carico P_n distribuito su una superficie di estensione A rettangolare di larghezza u_1 e lunghezza u_2 la pressione q_s che agisce sul tubo si calcola mediante la relazione:

$$q_s = \frac{P_n}{(u_1 + 2H)(u_2 + 2H)}$$

in cui:

- q_s indica la pressione che agisce sul tubo [kN/m^2]
- u_1 indica la larghezza della superficie su cui agisce il carico P_n [m];
- u_2 indica la lunghezza della superficie su cui agisce il carico P_n [m];
- H indica l'altezza di ricopertura del tubo (altezza del terreno valutata dall'estradosso del tubo) [m];

Nota la pressione, il carico P si calcola con l'equazione:

$$P = q_s \beta DN$$

in cui:

- P indica il carico che agisce sulla condotta [kN/m];
- β è un coefficiente pari a 0.71 per posa in trincea stretta ed a 0.88 per posa in trincea larga;

- DN il diametro esterno della condotta.

1.5 Azione del peso del fluido

Si considera come carico aggiuntivo sul tubo anche il peso dell'acqua contenuta al suo interno. Il carico, nell'ipotesi di tubo pieno, si calcola con la relazione:

$$Q_a = 7.70 D_i^2$$

in cui D_i indica il diametro interno della tubazione [m].

1.6 Carico idrostatico dovuto alla falda

Se nel terreno in cui è posata la tubazione fognaria si è in presenza di falda si deve tenere conto della pressione idrostatica che la falda esercita sulla condotta mediante la relazione:

$$Q_{idr} = \gamma_w \left(h + \frac{DN}{2} \right) DN$$

in cui:

- Q_{idr} indica il carico indotto dalla falda [kN/m]
- DN il diametro esterno della condotta [m]
- γ_w indica il peso specifico dell'acqua [kN/m^3];
- h indica l'altezza della falda valutata rispetto l'estradosso delle tubazione [m];

La pressione esercitata dalla falda q_{idr} è pari a: $q_{idr} = \gamma_w \left(h + \frac{DN}{2} \right) = \frac{Q_{idr}}{DN}$

In cui:

- q_{idr} indica la pressione associata al carico idrostatico indotto dalla falda [kN/m^2]
- Q_{idr} indica il carico indotto dalla falda [kN/m]
- DN il diametro esterno della condotta [m]
- γ_w indica il peso specifico dell'acqua [kN/m^3];
- h indica l'altezza della falda valutata rispetto l'estradosso delle tubazione [m];

Nel caso di presenza di falda il carico del rinterro, per la quota parte interessata dalla falda, deve essere calcolato adottando il relativo peso specifico immerso γ' tabulato nella precedente tabella.

1.7 Verifica alla deformazione

La deformazione viene calcolata adottando lo schema statico proposto da Spangler secondo cui lo stato di sollecitazione che si produce in una tubazione sottoposta ai carichi indicati nella figura successiva è caratterizzato da una distribuzione parabolica della spinta passiva simmetrica rispetto al diametro orizzontale e applicata a partire dall'angolo a pari a 40° per un'ampiezza di 100 mentre la reazione sul fondo della trincea interessa varie ampiezze [Da Deppo – Fognature 2009].

La deformazione del diametro orizzontale secondo Spangler è data dalla relazione:

$$\Delta d = \frac{QKF}{8SN + 0.061E_t}$$

in cui:

- Δd indica la deformazione assoluta diametrale del tubo in senso orizzontale [mm];
- Q il carico totale gravante sul tubo dato dalla somma del carico dovuto al rinterro, al carico indotto dalla falda, dal carico dell'acqua contenuta nella tubazione e dai carichi veicolari e statici [kN/m];
- K indica il coefficiente di sottofondo, parametro che dipende dalla tipologia di appoggio del tubo sul fondo della trincea; si rimanda a quanto contenuto nella successiva tabella;
- F indica il coefficiente di deformazione differita. Esso tiene conto dell'incremento di deformazione che la condotta subisce nel tempo. Ponendo il coefficiente F pari a 1 si conduce una verifica a breve termine mentre per condurre verifiche a lungo termine (2 – 5 anni dalla posa) si adotta un coefficiente F pari a 2;
- SN indica la rigidezza anulare della tubazione [kN/m^2];
- E_t indica il modulo di elasticità del terreno di rinfianco secondo Winkler [kN/m^2]

Nota la deformazione assoluta si calcola la deformazione relativa δ come rapporto tra Δd ed il diametro esterno DN. La verifica è superata se:

$$\delta > \delta_{LIM}$$

In cui δ_{LIM} indica la deformazione diametrale limite.

La verifica deve essere condotta sia nelle condizioni di breve che di lungo termine ricordando che per la verifica a lungo termine il coefficiente di deformazione differita deve essere posto cautelativamente pari a 2. Si sottolinea che secondo Spangler il parametro δ deve essere sempre inferiore al 5 %.Nella successiva tabella si mostrano i valori di δ_{LIM} per il PVC

Tipo UNI	Deformazione diametrale δ_{LIM}	
	Dopo 1 mese	Dopo 2 anni
303/1	5% - 8%	10%
303/2	5%	8%

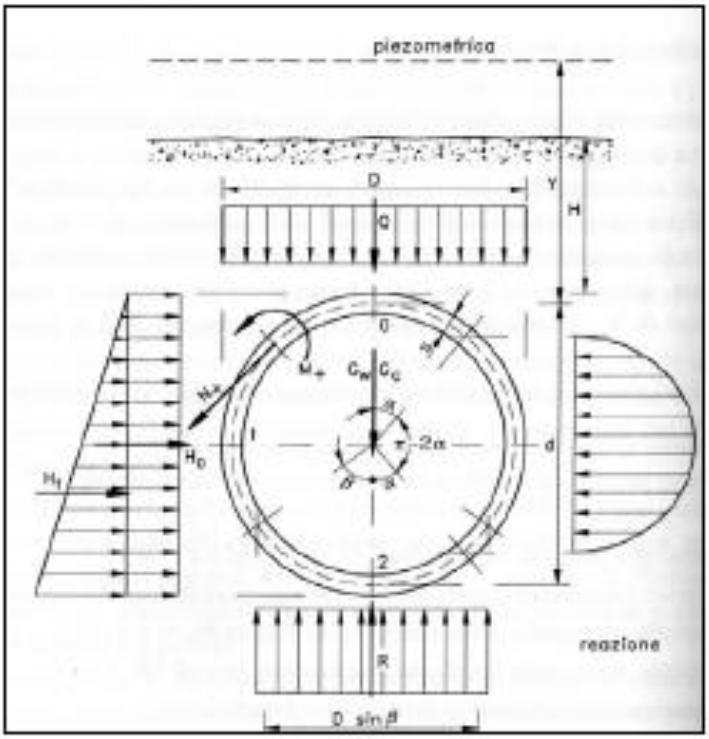


Figura 1: schema statico per una tubazione interrata [Da Deppo – Fognature 2009]

1.7.1 Moduli di elasticità del terreno di rinfianco

Nella tabella seguente si riportano alcuni moduli di elasticità Et per alcuni tipi di terreno (rinfianco) in funzione di vari gradi di compattazione (con LL si indica il limite di liquidità).

Tipo di terreno	Materiale alla rinfusa	Compattazione		
		Leggera	Moderata	Alta
	Indice Proctor	<85%	85-94%	>95%
	Densità relativa	<40%	40-70%	>70%
Terreno coesivo LL > 50% Argilla e limo ad alta plasticità	0	0	0	350
Terreno coesivo LL < 50% Argilla e limo a media e bassa plasticità con meno del 25% di particelle di fango	350	1400	2800	7000
Terreno granulare coesivo Ghiaia con particelle fini con bassa o media plasticità Sabbia con particelle fini con bassa o media plasticità	700	2800	7000	14000
Terreno senza coesione Ghiaia con curva granulometrica ben assortita o non ben assortita	700	7000	14000	21000
Rocce macinate	7000	21000	21000	21000

1.7.2 Coefficiente di sottofondo

Nella seguente tabella si riportano i valori del coefficiente di sottofondo K in funzione di diversi angoli di appoggio della tubazione sul fondo della trincea.

Angolo appoggio 2α [°]	Coefficiente sottofondo K
0	0.121
60	0.103
90	0.096
120	0.09
180	0.083

2 Verifica dell'instabilità all'equilibrio elastico

Una tubazione sollecitata da forze radiali uniformemente distribuite e dirette verso il centro di curvatura, dapprima rimane circolare, poi, all'aumentare delle forze si inflette ovalizzandosi (deformata a due lobi) e progressivamente si ha deformazione a tre lobi ecc. [Papiri, 2008].

Il carico critico q_a può essere quindi valutato secondo la nota formula di Eulero:

$$q_a = \frac{E}{(1-\nu^2)}\left(\frac{s}{DN-s}\right)^3$$

in cui:

- q_a il carico critico di imbozzamento (buckling) [kN/m^2]
- E indica il modulo elastico del materiale [kN/m^2];
- v il coefficiente di Poisson del materiale costituente il tubo [-];
- s rappresenta lo spessore del tubo [m];

In una tubazione interrata, la pressione di buckling dipende però non solamente dall'indice di rigidezza della tubazione, ma anche dal modulo elastico del suolo che circonda la tubazione in quanto il sistema tubo-suolo si comporta come un'unica entità [Papiri, 2008].

La Norma ANSI-AWWA C950/88 fornisce la seguente espressione per la stima della pressione ammissibile di buckling, q_a:

$$q_a = \frac{1}{F_s}\left(32 R_W B' E_t \frac{E_m I}{DN^3}\right)^{\frac{1}{2}}$$

in cui:

- q_a è la pressione ammissibile di buckling in N/m^2;
- Fs indica il fattore di progettazione posto pari a 2.5;
- R_w indica il fattore di spinta idrostatica della falda pari a $R_w = 1 - 0.33\frac{H_w}{H}$ con H l'altezza del rinterro in cm ed H_w è l'altezza della superficie libera della falda sulla sommità della tubazione in cm;
- B' è il coefficiente empirico di supporto elastico (adimensionale) dato dalla relazione, con H espresso in m $B' = \frac{1}{1+4e^{-0.213H}}$
- DN indica il diametro esterno della tubazione;
- E_t indica il modulo elastico del terreno di rinterro;
- E_m indica il modulo elastico del materiale che costituisce il tubo;
- I indica il momento d'inerzia del tubo.

L'espressione precedente mostra chiaramente come la pressione ammissibile di buckling sia condizionata in egual misura dall'indice di rigidezza della tubazione e dal modulo elastico del materiale di sottofondo e rinfianco della tubazione.

La verifica all'instabilità elastica si esegue confrontando la pressione ammissibile di buckling q_a con la risultante della pressione dovuta ai carichi esterni applicati valutata mediante la relazione:

$$\gamma_w h + \frac{R_w Q_{st}}{DN} + \frac{(P + Q_{dst})}{DN}$$

in cui:

- γ_w è il peso specifico dell'acqua;
- R_w indica il fattore di spinta idrostatica della falda pari a $R_w = 1 - 0.33\frac{H_w}{H}$ con H l'altezza del rinterro in cm ed H_w è l'altezza della superficie libera della falda sulla sommità della tubazione in cm
- h indica l'altezza della falda valutata rispetto l'estradosso delle tubazione [m];
- DN il diametro esterno del tubo;
- Q_{st} il carico dovuto alla presenza del rinterro;
- P il carico verticale gravante sul tubo dovuto a carichi statici posti sulla superficie;
- Q_{dst} il carico verticale accidentale associato al traffico veicolare;

La verifica è positiva se risulta $\gamma_w h + \frac{R_w Q_{st}}{DN} + \frac{(P + Q_{dst})}{DN} \leq q_a$

3 Verifica delle sollecitazioni

Al fine di verificare che le tensioni nelle sezioni maggiormente sollecitate della tubazioni siano minori delle tensioni massime ammissibili del materiale occorre calcolare le tensioni specifiche che si manifestano nelle tre sezioni più significative: al vertice (chiave), sul fianco e al fondo. La metodologia ipotizza che il comportamento statico della condotta sia riconducibile a quello di un anello elastico sottile e che la sezione sia completamente reagente.
Il calcolo dei momenti M e degli sforzi normali N è stato fatto nell'ipotesi che l'azione sui fianchi della condotta fosse distribuita secondo il classico trapezio di spinta.

I valori dei paramenti M (momento) ed N (sforzo normale) sono calcolati per le sezioni in chiave, sul fianco e sul fondo in funzione di varie aperture angolari dell'appoggio o sella d'appoggio (2α = 180°, 120° e 90°) mediante le relazioni riportate in tabella [Da Deppo – Fognature 2009].

Parametri di sollecitazione per unità di lunghezza in una tubazione interrata per diverse ampiezze d'appoggio							
CARICHI	Angolo appoggio [°]	Sforzo Normale N			Momento Flettente M		
		Sezione chiave	Sezione sul fianco	Sezione sul fondo	Sezione chiave	Sezione sul fianco	Sezione sul fondo
Peso proprio Gc	180°	-0.027G_c	+0.250G_c	+0.027G_c	+0.028G_cd	-0.031G_cd	+0.035G_cd
	120°	-0.040G_c	+0.250G_c	+0.040G_c	+0.030G_cd	-0.035G_cd	+0.042G_cd
	90°	-0.053G_c	+0.250G_c	+0.053G_c	+0.033G_cd	-0.039G_cd	-0.051G_cd
Peso dell'acqua Q_a	180°	-0.186 Q_a	-0.068 Q_a	-0.451 Q_a	+0.028 Q_ad	-0.031 Q_ad	+0.035 Q_ad
	120°	-0.199 Q_a	-0.068 Q_a	-0.438 Q_a	+0.030 Q_ad	-0.035 Q_ad	+0.042 Q_ad
	90°	-0.212 Q_a	-0.068 Q_a	-0.424 Q_a	+0.033 Q_ad	-0.039 Q_ad	+0.051 Q_ad
Carico verticale uniforme Q	180°	0	+0.50 Q	0	+0.063 Qd	-0.063Qd	+0.063Qd
	120°	-0.013 Q	+0.50 Q	+0.013 Q	+0.066 Qd	-0.066Qd	+0.069Qd
	90°	-0.027 Q	+0.50 Q	+0.027 Q	+0.069Qd	-0.070Qd	+0.078Qd
Spinta H_0	-	+0.5H_0	0	+0.5H_0	-0.063 H_0 d	+0.063 H_0 d	-0.063 H_0 d
Spinta H_t	-	+0.313 H_t	0	+0.687 H_t	-0.052 H_t d	+0.063 H_t d	-0.073 H_t d

in cui:

- G_c indica il peso proprio del tubo calcolato secondo la relazione $G_c = \gamma_c \pi s D_m$ in cui s indica lo spessore della tubazione, D_m il diametro della fibra media e γ_c il peso specifico del materiale che costituisce il tubo;
- Q_a [kN/m] indica il peso dell'acqua contenuto all'interno del tubo nell'ipotesi di completo riempimento. Si calcola con la relazione $Q_a = 7.70 D_i^2$ in cui D_i indica il diametro interno della tubazione [m].
- Q indica il carico totale verticale dato dalla somma del carico associato al rinterro e dei carichi accidentali (veicoli + carichi statici distribuiti + carico idrostatico). Si rimanda a quanto contenuto in precedenza [kN/m];
- H_0 [kN/m] indica la reazione uniformemente distribuita data da $H_0 = \gamma H D N K_a$ in cui k_a indica il coefficiente di spinta attiva pari a $k_a = tg^2\left(45 - \frac{\varphi}{2}\right)$; DN il diametro esterno del tubo ed H indica l'altezza del terreno di rinterro valutata dall'estradosso della tubazione [m]; γ indica il peso specifico del terreno di rinterro.

- H_t indica la spinta orizzontale distribuita linearmente pari a $H_t = \gamma D^2 K_a / 2$ in cui k_a indica il coefficiente di spinta attiva pari a $k_a = tg^2\left(45 - \frac{\varphi}{2}\right)$; DN il diametro esterno del tubo ed H indica l'altezza del terreno di rinterro valutata dall'estradosso della tubazione [m]; γ indica il peso specifico del terreno di rinterro.

Noti i valori degli sforzi normali N e del momento flette M per le tre sezioni indicate in precedenza si procede al calcolo delle tensioni all'estradosso e all'intradosso della tubazione rispettivamente indicati con σ_e e σ_i mediante le relazioni:

- $\sigma_i = \frac{N}{s} - 6\frac{M}{s^2}$ con s che indica lo spessore della tubazione;
- $\sigma_e = \frac{N}{s} + 6\frac{M}{s^2}$;

Ai fini della verifica i valori cosi ottenuti sono da confrontare con quelli ammissibili per il materiale che costituisce la tubazione oggetto di verifica.

3.1 Calcolo della reazione laterale del terreno

L'ovalizzazione del tubo indotta dai carichi che gravano su di esso è contrastata dal contenimento laterale fornito dal terreno. La pressione laterale uniformemente distribuita su una corda avente angolo al centro pari a 90° è calcolabile mediante la seguente relazione:

$$r_t = \frac{\left(q_{s_t} + \sigma_z + q_s + q_{idr}\right) c_r DN^4}{c_r DN^4 + 18.3 E_m s^3}$$

in cui:

- r_t indica la pressione laterale del terreno [kN/m^2];
- q_{st} indica la pressione esercitata dal rinterro [kN/m^2];
- σ_z indica la pressione associata al carico veicolare [kN/m^2];
- q_s indica la pressione associata ai carichi statici distribuiti [kN/m^2];;
- q_{idr} indica la pressione idrostatica [kN/m^2];
- c_r rappresenta il coefficiente di rigidità del terreno [N/cm^3] pari a $c_r = f_c H$ con H l'altezza del terreno valutata rispetto all'estradosso del tubo [m] mentre f_c esprime il fattore di compattazione del terreno i cui valori sono riportati nella tabella successiva in funzione di diversi gradi di compattazione;
- DN indica il diametro esterno del tubo [mm];
- E_m indica il modulo di elasticità del materiale a lungo termine [kN/m^2];

- s indica lo spessore del tubo [m].

La forza di reazione laterale R_t è data dalla relazione:

$$R_t = \frac{\sqrt{2}}{2} r_t DN$$

In cui:

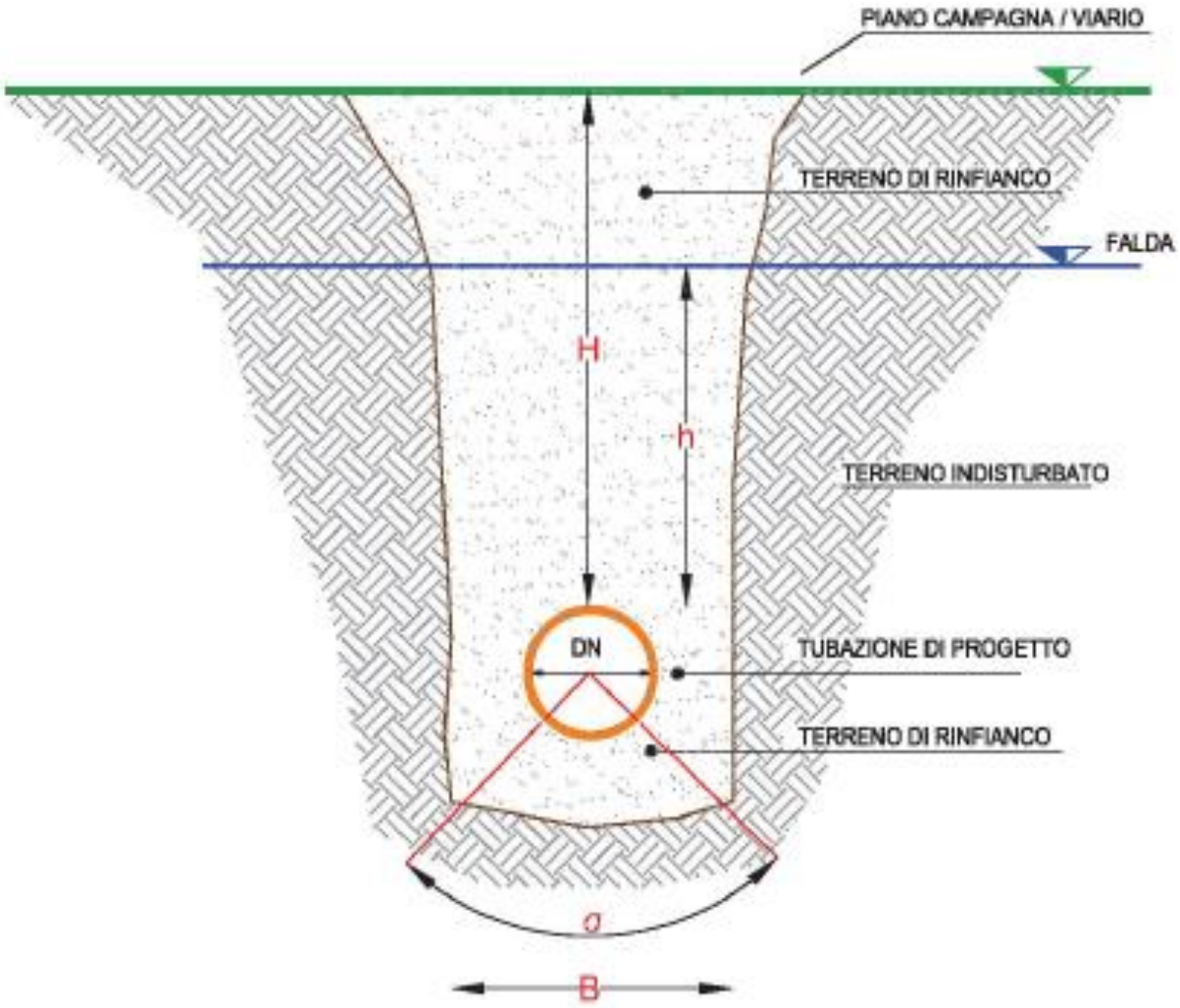
- R_t indica la forza laterale del terreno [kN/m];
- r_t indica la pressione laterale del terreno [kN/m^2];
- DN è il diametro esterno della tubazione [m].

3.1.1 Fattore di compattazione del terreno

Nella tabella seguente si mostrano i valori del parametro f_c in funzione di diversi gradi di compattazione del terreno di rinfianco.

Grado di compattazione	f_c
Assente	1 – 5
scarso	6 -- 10
Moderato	11 – 13
Buono	14 – 20

4 Schema trincea adottato nel codice di calcolo



LEGENDA DATI DI INPUT

B : larghezza dello scavo [m]
H : altezza dello scavo dall'estradosso del tubo [m]
h : altezza della falda dall'estradosso del tubo [m]
DN : diametro del tubo [mm]
a : angolo di supporto [°]

5 Risultati del calcolo

Si riassumono nel seguito i principali risultati della verifica statica.

Verifica Statica della tubazione:65 - 117			
Materiale	-	-	PVC-UNI EN 1401
Diametro Esterno	DN/De	mm	250
Rigidezza Anulare	SN	kN/m2	2
Modulo di elasticità breve termine	Embp	KN/m2	3000000
Modulo di elasticità lungo termine	Embp	KN/m2	1500000
Larghezza trincea	B	m	1
Profondità trincea da estradosso del tubo	H	m	1,5
Tipologia del terreno indisturbato			Terra secca
Tipologia del terreno di rinfianco			Terra secca
Peso specifico rinterro	gt	kN/m3	17
Angolo di attrito interno	j	°	14
Coeff. di attrito rinterro/pareti	m	-	0,249
Angolo di supporto	a	°	120
Tipo di compattazione			Moderata - 85-94%
Modulo di elasticità terreno	Et	kN/m2	2800
Altezza della falda sulla tubazione	h	m	0
Peso specifico sommerso del riempimento	g'	m	15,5
Tipo di trincea (norma UNI7517)			Trincea larga
Calcolo del carico statico			
Coeff. di spinta attiva	Ka	-	0,61
Coeff.di carico statico (coeff di Marston)	Ct	-	1,204
Carico statico rinterro	Qst	kN/m	6,375
Pressione verticale carico statico	qst	kN/m2	30
Peso acqua contenuta nel tubo	Qa	kN/m	0,444
Carico idrostatico	Qidr	kN/m	0
Pressione esercitata dalla falda	qidr	kN/m2	0
Calcolo del carico dinamico			
Tipologia di traffico (DIN 1072)	-	-	HT45
Carico	P	kN	75
Coeff. Incremento	F	-	1,2

Pressione dinamica	Sz	kN/m2	25,916
Carico dinamico	Qdin	kN/m	7,775
Calcolo del sovraccarico distribuito			
Carico P distribuito	Pn	kN	0
Larghezza superficie di distribuzione carico	u1	m	0
Lunghezza superficie di distribuzione carico	u2	m	0
Coefficiente	b	-	0,85
Pressione statica	Qs	kN/m	0
Sovraccarico distribuito	P	kN	0
Carichi gravanti sulla tubazione			
Carico statico rinterro	Qst	kN/m	6,375
Carico idrostatico	Qidr	kN/m	0
Peso acqua contenuta nel tubo	Qa	kN/m	0,444
Carico dinamico	Qdin	kN/m	7,775
Sovraccarico distribuito	P	kN/m	0
Carico totale	Qtot	kN/m	14,594
Calcolo della deformazione a breve termine			
Coefficiente di sottofondo	K	-	0,09
Coefficiente di deformazione differita	F	-	1
Deformazione assoluta	d	mm	7,031
Deformazione relativa	S	%	2,813
Massima deformazione ammessa a breve termine	Smax	%	5
Verifica			Tubazione verificata
Calcolo della deformazione a lungo termine			
Coefficiente di sottofondo	K	-	0,09
Coefficiente di deformazione differita	F	-	2
Deformazione assoluta	d	mm	14,063
Deformazione relativa	S	%	5,625
Massima deformazione ammessa a breve termine	Smax	%	10
Verifica			Tubazione verificata
Verifica instabilità all'equilibrio elastico			
Fattore di progettazione	Fs	-	2
Fattore di spinta idrostatica	Rw	-	1
Coefficiente empirico supporto elastico	B	-	0,256

Coefficiente di Poisson	v	-	0,38
Pressione ammissibile di buckling (ANSI AWWA) - breve termine	Qa	kN/m2	103,899
Pressione ammissibile di buckling (ANSI AWWA) - lungo termine	Qa	kN/m2	73,467
Pressione ammissibile di buckling (ANSI AWWA) - lungo termine	Pest	kN/m2	56,599
Verifica breve termine			Verifica Positiva
Verifica lungo termine			Verifica Negativa
Calcolo del massimo sforzo di trazione			
Spinta uniforme	Ho	kN	3,891
Spinta attiva	Ht	kN	0,324
Massima Sollecitazione	St	Mpa	45,054
Sezione maggiormente sollecitata			Sezione sul fondo
Resistenza a trazione materiale	Samm	Mpa	47
Verifica			Verifica Positiva
Calcolo della reazione laterale del terreno			
Pressione verticale carico statico	qst	kN/m2	30
Pressione esercitata dalla falda	qidr	kN/m2	0
Pressione dinamica	sz	kN/m2	25,916
Pressione statica	qs	kN/m2	0
Coefficiente rigidità del terreno	cr	N/cm3	18
Fattore di compattazione del terreno	fc	-	12
Pressione laterale del terreno a breve termine	rt	kN	51,212
Reazione lateriale del terreno a breve termine	Rt	kN	9,053
Pressione laterale del terreno a lungo termine	rt	kN	53,461
Reazione lateriale del terreno a lungo termine	Rt	kN	9,451

Riferimenti bibliografici

- Da Deppo, Datei, (2009): Fognature. Edizioni Cortina, Padova
- Da Deppo, Datei, Fiorotto, Saladini (2003): Acquedotti. Edizioni Cortina, Padova
- Milano, (1996): Acquedotti. Hoepli, Milano
- Pavan, Frassine (2006): Tubazioni in polietilene per il trasporto di acqua. Springer, Milano
- Salvini, Soma (2007): Impianti idrici negli edifici. Hoepli, Milano
- CSDU (1997): Sistemi di Fognatura. Manuale di Progettazione. Hoepli, Milano
- Rimoldi (2010): Ingegneria Idraulica Urbana. Maggioli Editore.
- Becciu, Paoletti (2005), Esercitazioni di costruzioni idrauliche, Edizioni CEDAM, Milano
- Usai (2008): Manuale di idrologia per la progettazione. Hoepli, Milano
- Centro Informazione sul PVC (2005): le condotte in PVC.
- A. P. Moser Steven Folkman, Buried Pipe Design, Utah State University Logan, Utah
- Spangler (1948), Underground Conduits. An appraisal of modern research ASCE
- Lancellota (1997), Geotecnica. Zanichelli

3. CONTROLLI E MOVIMENTAZIONI DELLE TUBAZIONI IN PVC

In generale, il grande vantaggio offerto dai tubi in materiale plastico è di essere particolarmente leggeri anche in presenza di grandi diametri. Tuttavia, alcune volte, un manufatto che si presenta estremamente leggero rischia di essere movimentato in modo superficiale e scorretto al punto tale che la sua integrità rischia di essere compromessa definitivamente.

ASPETTO DELLE TUBAZIONI

La superficie esterna ed interna 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.

CONTROLLI E RESPONSABILITA'

Il committente si riserva il diritto di presenziare con propri incaricati alle prove e agli esami per l'accertamento dei requisiti richiesti dalle norme di fabbricazione e dalla 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.
Il committente si riserva il diritto di verificare mediante prelievo di campioni di tubo e/o di materia prima, la rispondenza a quanto dichiarato dal fornitore.

DOCUMENTI

Il fornitore in fase di offerta dovrà allegare tra gli altri:

- dichiarazione formata dell'utilizzo di materia prima (miscela) vergine.

Ad ogni consegna la fornitura deve essere accompagnata da:

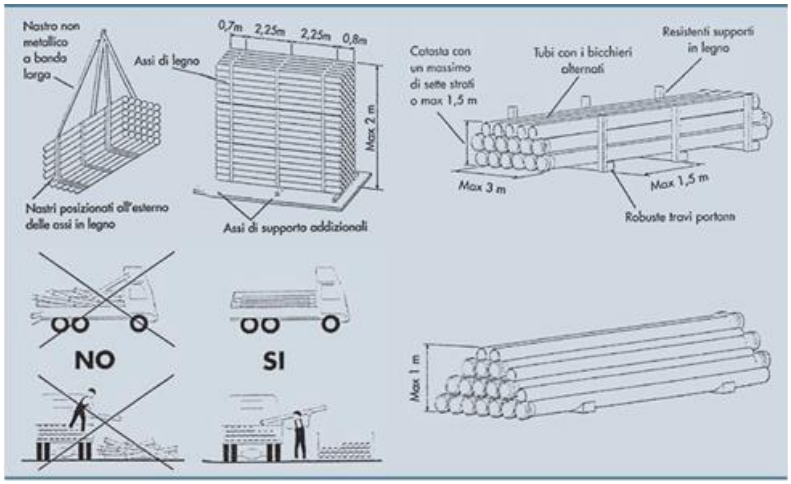
- dichiarazione di conformità alla norma di riferimento UNI EN 1401.

MOVIMENTAZIONE E TRASPORTO DEI TUBI

RACCOMANDAZIONI PER IL TRASPORTO

I tubi in PVC rigido possono essere spediti e consegnati in imballi contenitivi. A partire dal diametro 630 mm compreso, i tubi non sono imballati.
Nel trasporto, bisogna supportare i tubi per tutta la loro lunghezza onde evitare di danneggiarne le estremità a causa delle vibrazioni.
Si devono evitare urti, inflessioni e sporgenze eccessive, contatti con corpi taglienti ed acuminati. Le imbracature per il fissaggio del carico possono essere realizzate con funi o bande di canapa, di nylon o similari; se si usano cavi d'acciaio, i tubi devono essere protetti nelle zone di contatto. Si deve fare attenzione affinché i tubi, generalmente provvisti di giunto ad una delle estremità, siano adagiati in modo che il giunto non provochi una loro inflessione. Se necessario si può intervenire con adatti distanziatori tra tubo e tubo.
È buona norma, nel caricare i mezzi di trasporto, procedere ad adagiare prima i tubi più pesanti, onde evitare la deformazione di quelli più leggeri.
Qualora il trasporto venga effettuato su autocarri, è buona norma che i tubi non sporgano più di un metro dal piano del carico. Per lo scarico dai mezzi di trasporto, i tubi devono essere sollevati nella zona centrale con un bilancino di ampiezza adeguata.
Durante la movimentazione in cantiere e soprattutto durante il posizionamento lungo gli scavi, si deve evitare il trascinamento dei tubi sul terreno. Ciò potrebbe infatti provocare danni irreparabili dovuti a rigature profonde prodotte da sassi o da altri oggetti acuminati.
I tubi lisci devono essere immagazzinati su superfici piane prive di parti taglienti e di sostanze che potrebbero intaccare i tubi.
I tubi bicchierati, oltre alle avvertenze di cui sopra, devono essere accatastati su traversine in legno, in modo che i bicchieri della fila non subiscano deformazioni; inoltre i bicchieri stessi devono essere sistemati alternativamente dall'una e dall'altra parte della catasta in modo da essere sporgenti. In questo modo i bicchieri non subiscono sollecitazioni ed i tubi si presentano appoggiati lungo un'intera generatrice. I tubi non devono essere accatastati ad una altezza superiore ad 1,50 m (qualunque sia il loro diametro), per evitare possibili deformazioni nel tempo.
Se i tubi non vengono adoperati per un lungo periodo, devono essere protetti dai raggi solari diretti con schermi opachi che però non impediscano una regolare aerazione.
Qualora i tubi venissero spediti in fasci legati con gabbie, le traversine devono passare una sull'altra e non sui tubi ed inoltre è opportuno seguire, per il loro accatastamento, le istruzioni del produttore. Nei cantieri dove la temperatura ambientale può superare agevolmente e per lunghi periodi la temperatura di 25°C, è da evitare l'accatastamento di tubi infilati l'uno

nell'altro. Ciò provocherebbe certamente l'ovalizzazione, per eccessivo peso, dei tubi sistemati negli strati inferiori.
Infine è da tenere presente che alle basse temperature aumentano le possibilità di rottura per i tubi di PVC. In queste condizioni climatiche le operazioni di movimentazione (trasporto, accatastamento, posa in opera, ecc.) devono essere effettuate con maggior cautela.
I raccordi e gli accessori vengono generalmente forniti in appositi imballaggi. Se invece sono sfusi, si dovrà evitare, in fase di immagazzinamento e di trasporto, di ammucchiarli disordinatamente così come si dovrà evitare che possano deformarsi o danneggiarsi per urti tra loro o con altri materiali pesanti.



- I tubi in PVC rigido possono essere spediti e consegnati in imballi contenitivi in legno. A partire dal diametro 630 mm compreso, i tubi non sono imballati.

- Nel trasporto, bisogna supportare i tubi per tutta la loro lunghezza onde evitare di danneggiarne le estremità a causa delle vibrazioni.

- Durante la movimentazione in cantiere e soprattutto durante il posizionamento lungo gli scavi, si deve evitare il trascinamento dei tubi sul terreno.

- I tubi lisci devono essere immagazzinati su superfici piane prive di parti taglienti e di sostanze che potrebbero intaccare i tubi.

- I tubi bicchierati, oltre alle avvertenze di cui sopra, devono essere accatastati su traversine in legno, in modo che i bicchieri della fila non subiscano deformazioni; inoltre i bicchieri stessi devono essere sistemati alternativamente dall'una e dall'altra parte della catasta in modo da essere sporgenti.

- Se i tubi non vengono adoperati per un lungo periodo, devono essere protetti dai raggi solari diretti con schermi opachi che però non impediscano una regolare aerazione.

- I raccordi e gli accessori vengono generalmente forniti in appositi imballaggi. Se invece sono sfusi, si dovrà evitare, in fase di immagazzinamento e di trasporto, di ammucchiarli disordinatamente così come si dovrà evitare che possano deformarsi o danneggiarsi per urti tra loro o con altri materiali pesanti.

4. MODALITA' E PROCEDURE DI POSA IN OPERA

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

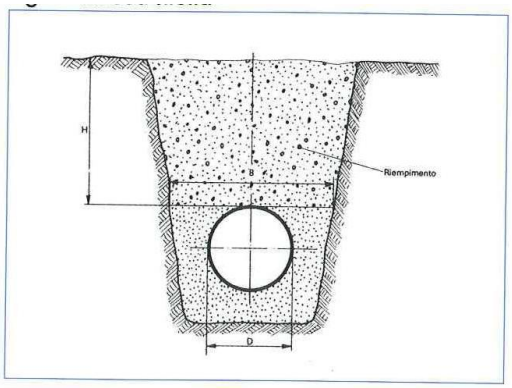
TRINCEA

Tipo di trincea	B	
Trincea stretta	≤3D	<H/2
Trincea larga	>3D; <10D	<H/2
Trincea infinita	≥10D	≥H/2

in cui *D* è il diametro esterno della tubazione, *B* la larghezza della trincea a livello della generatrice superiore del tubo e *H* è l'altezza del riempimento a partire dalla generatrice superiore del tubo.

Trincea stretta

Questa è la migliore sistemazione nella quale collocare un tubo di PVC, in quanto viene alleggerito dal carico sovrastante, riuscendo a trasmettere parte di esso al terreno circostante in funzione della deformazione per schiacciamento alla quale il manufatto è sottoposto.



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 questa ipotesi.

La profondità della trincea

$H \geq 1{,}0\text{m e} \geq 1{,}5\,D$	Sotto franco stradale
$H \geq 0{,}5\text{m e} \geq 1{,}5\,D$	In tutti gli altri casi

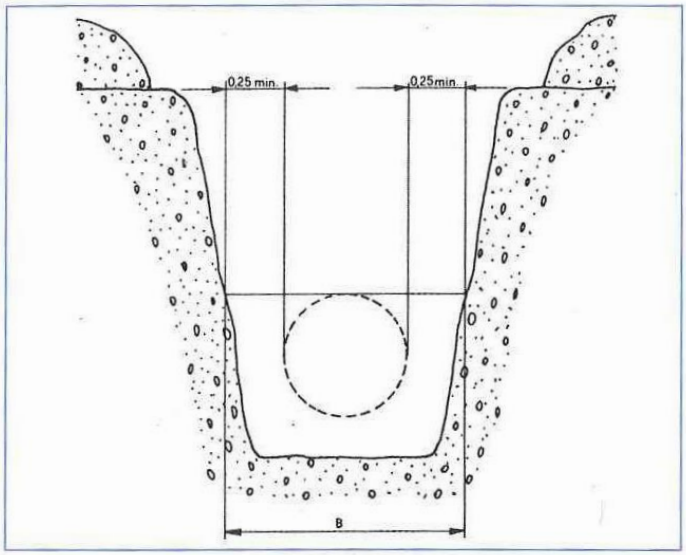
Non possono essere comunque utilizzati tubi per *H* < 0,8 m.
La <u>larghezza minima</u> del fondo è di norma:

B = D+0,5 m (per D< 400 mm) e
B=2 D (per D> 500 mm).

La larghezza è determinata dalla profondità di posa e dal diametro della tubazione, dovendo essere tale da consentire la sistemazione del fondo, la congiunzione dei tubi e naturalmente l'agibilità del personale.
I riferimenti sopra riportati possono essere variati per casi specifici e verificati con adeguate metodologie.

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 perchè irrigidiscono la struttura.



LETTO DI POSA

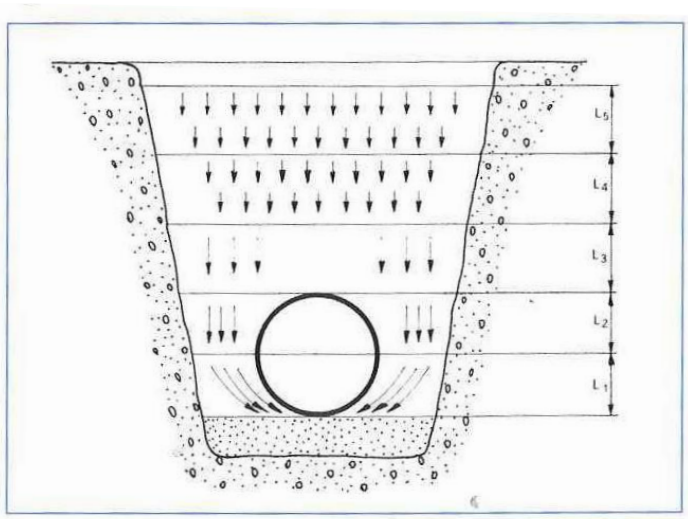
Alla canalizzazione in PVC-U deve essere assicurato un letto di posa stabile e a superficie piana, nonchè libero da ciottoli, pietrame ed eventuali altri materiali.
Il letto di posa non deve essere costituito prima della completa stabilizzazione del fondo della trincea.
Il materiale utilizzato in condizioni di posa normali è sabbia mista a ghiaia con diametro massimo di 20 mm.
Il materiale deve poi essere accuratamente compattato e raggiungere uno spessore di almeno (10+1/10D) cm.

Poiché le tubazioni di PVC-U sono flessibili (o semi-rigide), l'uniformità del terreno circostante è fondamentale per la corretta realizzazione di una struttura portante.

POSA DEL TUBO

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



1. Il materiale già usato per la costruzione del letto è sistemato attorno al tubo e costipato a mano per formare strati successivi di 20cm, fino alla mezzeria del tubo, avendo la massima cura nel verificare che non rimangano zone vuote sotto al tubo e che lo strato L1 di rinfianco tra tubo e parete sia continuo e compatto.
2. Il secondo strato di rinfianco L2 giunge fino alla generatrice superiore del tubo. La sua compattazione deve essere eseguita sempre con la massima attenzione.
3. Il terzo strato L3 arriva a 15 cm al di sopra della generatrice superiore del tubo.

4. L'ulteriore riempimento (strati L_4 e L_5) sarà effettuato con il materiale proveniente dallo scavo, depurato dagli elementi di diametro superiore a 10 cm e dai frammenti vegetali e animali.

La compattazione deve avvenire solo lateralmente al tubo, mai sulla verticale. Va lasciato, infine, uno spazio libero per l'ultimo strato di terreno vegetale.

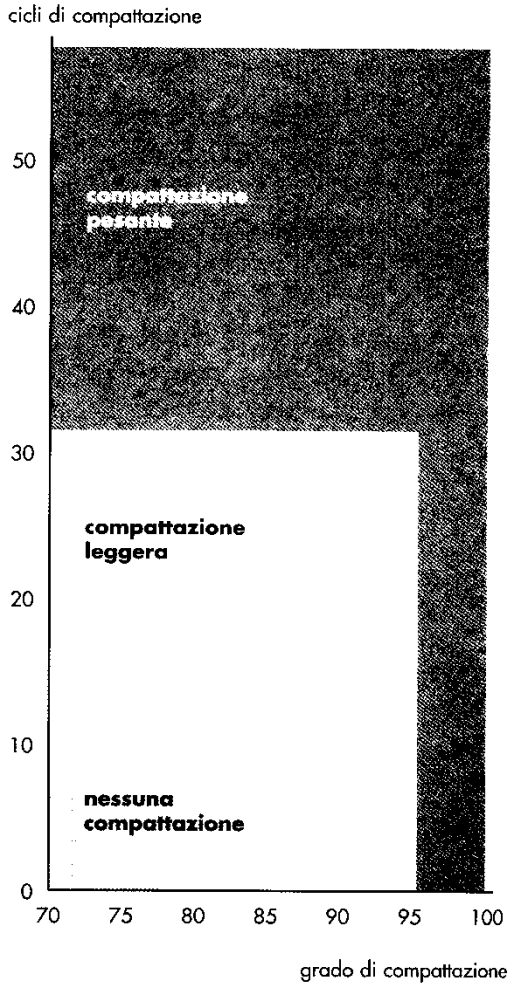
Nel caso in cui, per ragioni tecniche, l'altezza H di ricoprimento in qualche punto debba risultare inferiore ai minimi prescritti, occorre far assorbire i carichi verticali da opportuni **manufatti di protezione** (diaframmi rigidi di protezione e di ripartizione dei carichi da collocare sopra l'ultimo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

Il **materiale di sottofondo e rinfianco** deve essere installato in modo da evitare la sua migrazione (utilizzando ad esempio tessuto geotessile).
La rimozione della casseratura di contenimento deve essere effettuata progressivamente durante la posa del materiale di rinfianco.

NON impiegare calcestruzzo (cls) per il rinfianco ed il ricoprimento.

ESECUZIONE DELLE GIUNZIONI

La perfetta riuscita di quest'operazione dipende esclusivamente dal preciso allineamento dei tubi e dall'accurata lubrificazione.



TENUTA IDRAULICA

Per evitare infiltrazioni di acqua di falda dall'esterno e perdite di liquame dall'interno, che porta a problemi di inquinamento del suolo e del sottosuolo con possibili rischi di contaminazione delle falde acquifere (anche da fognature bianche ed allacci).
I sistemi di giunzione dei tubi di PVC garantiscono la tenuta idraulica in condizioni più gravose rispetto a quelle di esercizio; occorre piuttosto verificare la corretta esecuzione della giunzione da parte degli addetti.

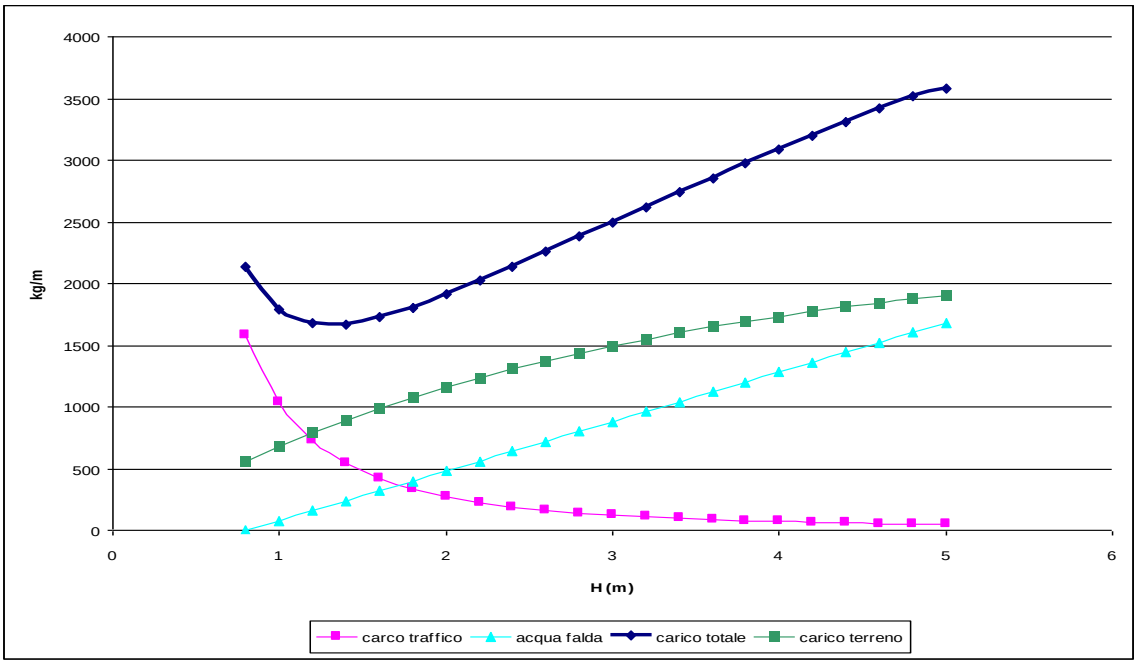
ISPEZIONE CON TELECAMERA

Indispensabile per capire l'origine di eventuali perdite (es. rottura di un tubo o collegamento tubo/tubo – tubo/pozzetto eseguito male).

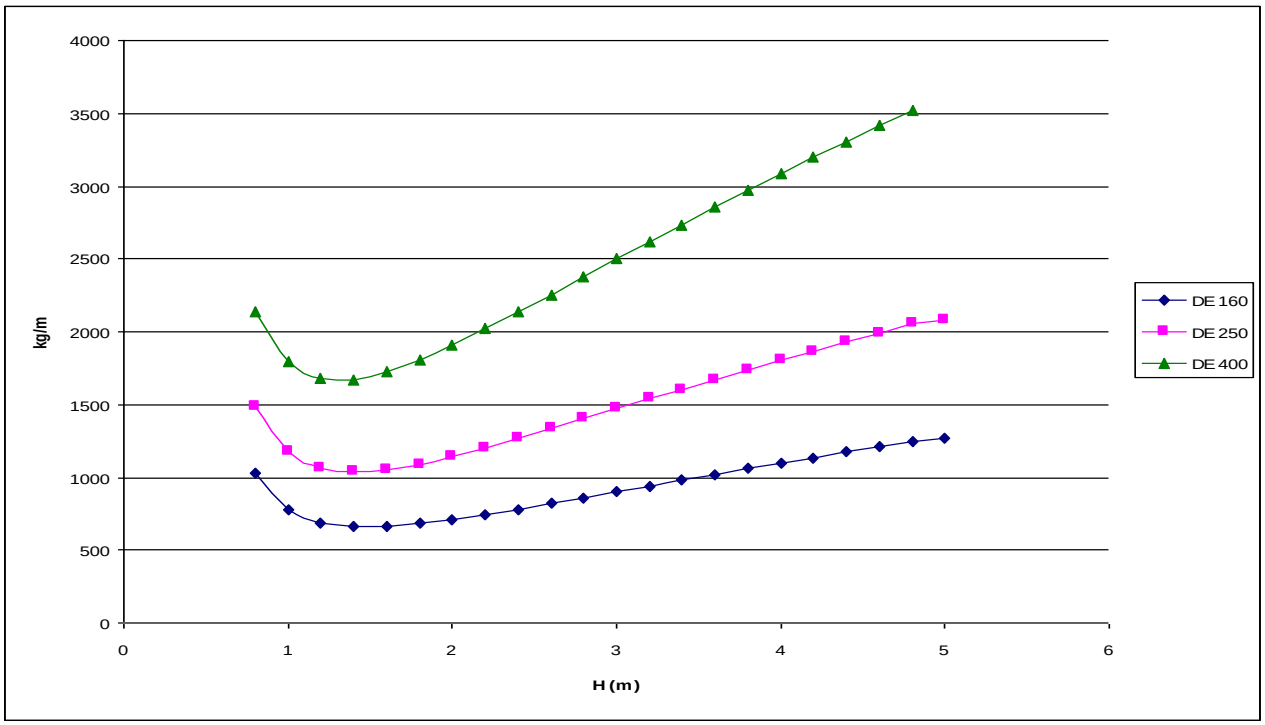
Questo diagramma è riferito ad un materiale arido, non plastico a spigoli vivi e granulometricamente assortito.

CONSIDERAZIONI SULLA PROFONDITÀ DI POSA

Si riporta di seguito un esempio di calcolo dei carichi agenti al metro lineare per una condotta di diametro 250 mm. Si osservi che il minimo del carico totale si trova per 1,2 m.



La curva risultante dei carichi ovalizzati presenta comunque sempre un minimo compreso tra 1,2m e 1,75 m al variare dei diametri delle condotte, per posa con carichi pesanti e falda collocata ad una profondità di 1 m dal p.c.



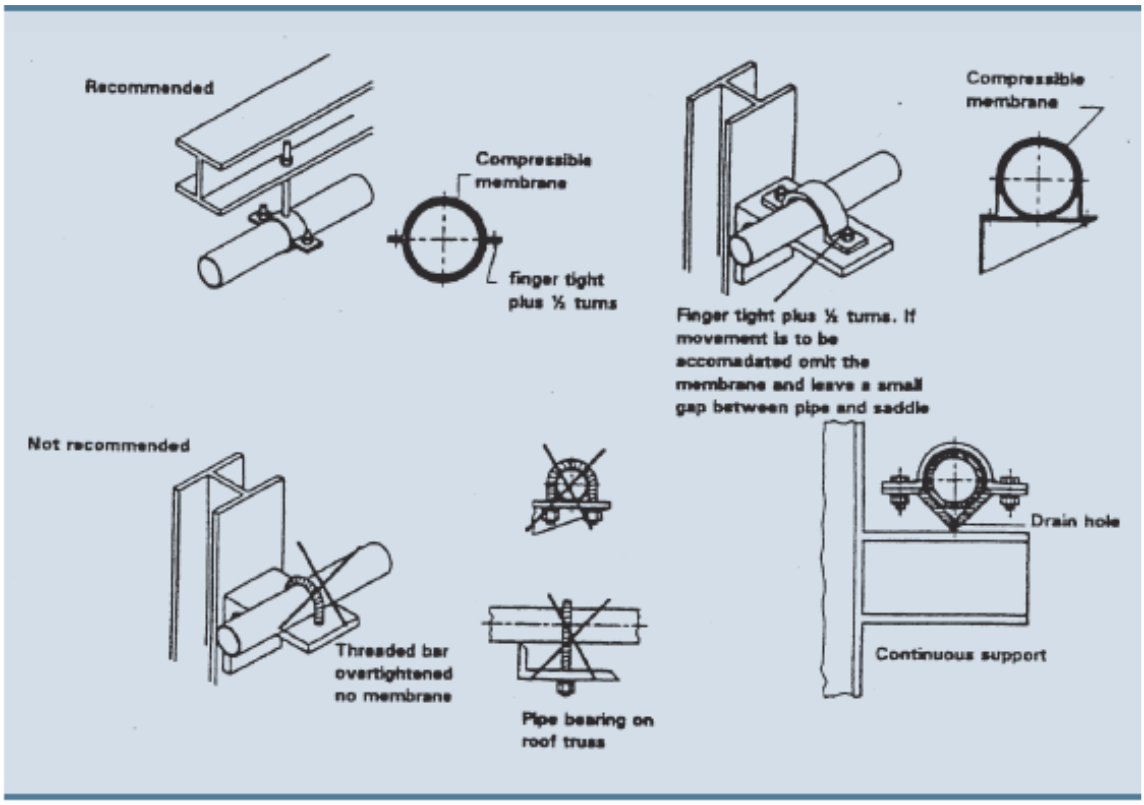
INSTALLAZIONE AEREA

L'installazione aerea delle tubazioni è molto comune negli impianti industriali, perché permette una migliore accessibilità e una dislocazione più razionale delle apparecchiature.
È molto importante proteggere la tubazione dalle radiazioni solari che potrebbero incidere direttamente sulla tubazione e che potrebbero modificare il suo comportamento. Il sostegno deve essere realizzato mediante sostegni in materiale adeguato e si dovrà evitare di stringere gli anelli di sostegno in modo eccessivo per evitare deformazioni che potrebbero essere dannose. Si osserva inoltre che le tubazioni in PVC rigido potrebbero rompersi se il liquido interno gela, per cui si dovranno installare valvole di evacuazione del liquido nelle zone soggette a gelate.

11.4.1 Distanza tra i supporti
Per fare in modo che l'appoggio sia il più uniforme possibile, si consiglia di posizionare i supporti secondo le distanze riportate nella tabella seguente. La tabella tiene conto anche dell'influenza della temperatura sulla distanza tra i centri dei supporti.

Diametro esterno del tubo	Distanza supporti per acqua a temperature differenti						
	Tubi orizzontali						Tubi verticali
d_e	20 °C	25 °C	30 °C	35 °C	40 °C	45 °C	20 °C to 45 °C
16	750	670	600	500	400	–	800
20	850	770	700	600	500	–	900
25	900	820	750	650	550	500	1000
32	1000	920	850	750	650	570	1200
40	1100	1050	1000	900	800	700	1400
50	1250	1200	1150	1050	950	820	1600
63	1400	1350	1300	1200	1100	970	1800
75	1500	1450	1400	1300	1200	1070	2000
90	1650	1600	1550	1450	1350	1200	2200
110	1850	1800	1750	1650	1550	1370	2400
140	2150	2100	2050	1950	1850	1720	2500
160	2250	2200	2150	2070	2000	1850	2500
225	2500	2450	2400	2320	2250	2120	2500

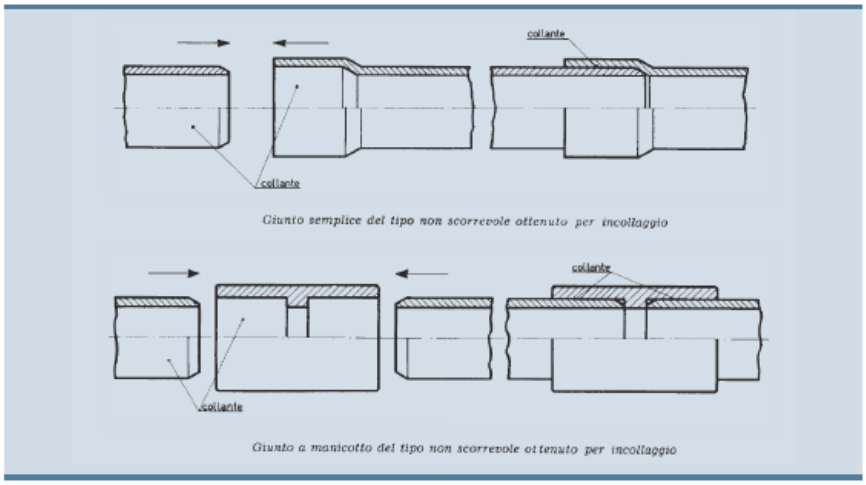
Un altro fattore di cui si deve tenere conto è l'espansione o la contrazione delle tubazioni in PVC rigido, il cui coefficiente di dilatazione termica lineare si considera pari a 0,08 mm per metro di lunghezza per grado centigrado di variazione di temperatura. Nel grafico seguente si possono trovare le variazioni di lunghezza della tubazione.
Inoltre si deve tenere conto di questa variazione di lunghezza, prevedendo una opportuna distanza flessibile a che deve essere in grado di assorbire tale variazione.


Recommended
Compressible membrane
Finger tight plus ½ turns
Compressible membrane
Finger tight plus ½ turns. If movement is to be accomadated omit the membrane and leave a small gap between pipe and saddle
Not recommended
Threaded bar overtightened no membrane
Pipe bearing on roof truss
Drain hole
Continuous support

5. GIUNZIONE DELLE TUBAZIONI

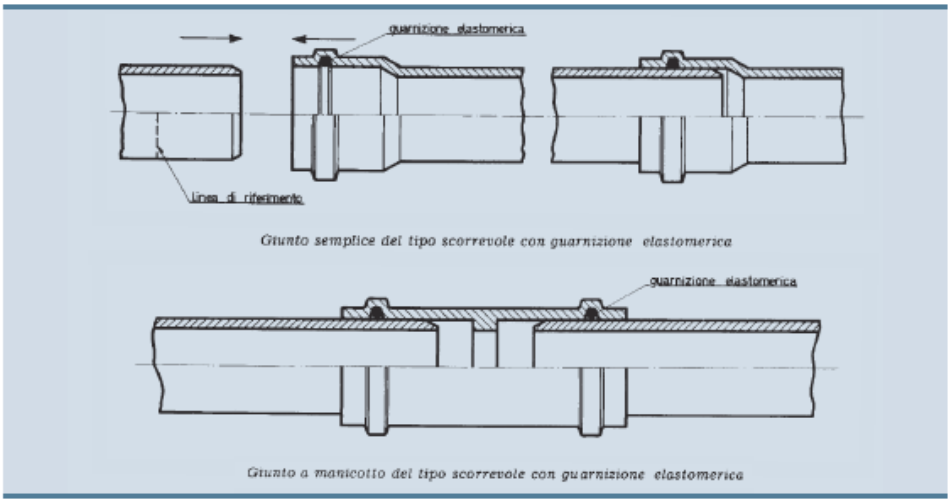
I tubi e i raccordi in PVC possono essere uniti tra loro mediante sistemi di diverso tipo, tanto che ogni azienda sviluppa propri giunti per assicurare una maggiore tenuta e facilità di installazione. Si riassumono di seguito le principali tipologie di giunto, che possono essere:

1. **DI TIPO RIGIDO:**
   - con giunti a bicchiere ricavati sul tubo stesso da incollare:
   - con manicotti a doppio bicchiere da incollare;



2. **DI TIPO ELASTICO:**
   - con manicotto a doppio bicchiere a tenuta mediante giunzione elastomerica;
   - con giunti a bicchiere ricavati sul tubo stesso a tenuta mediante guarnizione elastomerica.

La guarnizione deve essere conforme alla norma UNI EN 681



3. giunzioni con manicotto a vite;
4. giunzioni rapide con bigiunto e guarnizioni elastomeriche;
5. giunti a serraggio meccanico con tenuta mediante guarnizioni elastomeriche:
   - giunti di tipo ‘Gibault’;
   - giunti con ancoraggio mediante anelli o ghiere di graffaggio.
6. giunti a flangia libera con collare di appoggio o fissa.
7. giunzione mediante guarnizioni elastomeriche integrate nella tubazione di PVC.

I giunti di tipo rigido verranno impiegati soltanto quando il progettista lo riterrà opportuno. In questi casi si avrà cura di valutare le eventuali dilatazioni termiche lineari i cui effetti possono essere assorbiti interponendo appositi giunti di dilatazione a intervalli regolari in relazione alle effettive condizioni di esercizio.
I manicotti saranno preferibilmente di PVC rigido. Essi possono avere, o non, un arresto anulare interno nella parte centrale. L’assenza di tale dispositivo consente l’inserimento nella canalizzazione di nuove derivazioni e l’esecuzione di eventuali riparazioni.

GIUNZIONI DI TIPO RIGIDO

Si dovranno osservare le seguenti prescrizioni:

- eliminare le bave nella zona di giunzione;
- eliminare ogni impurità dalle zone di giunzione;
- rendere uniformemente scabre le zone di giunzione, trattandole con carta o tela smerigliate di grana media;
- completare la preparazione delle zone da incollare sgrassandole con solventi adatti;
- mescolare accuratamente il collante nel suo recipiente prima di usarlo;
- applicare il collante nelle zone approntate, ad avvenuto essiccamento del solvente,
- stendendolo longitudinalmente, senza eccedere, per evitare indebolimenti della giunzione stessa;
- spingere immediatamente il tubo, senza ruotarlo nell’interno del bicchiere e mantenerlo in tale posizione per 10 secondi;
- asportare l’eccesso di collante dall’orlo del bicchiere;
- attendere almeno un’ora prima di maneggiare i tubi giuntati;
- effettuare le prove di collaudo solo quando siano trascorse almeno 24 ore.

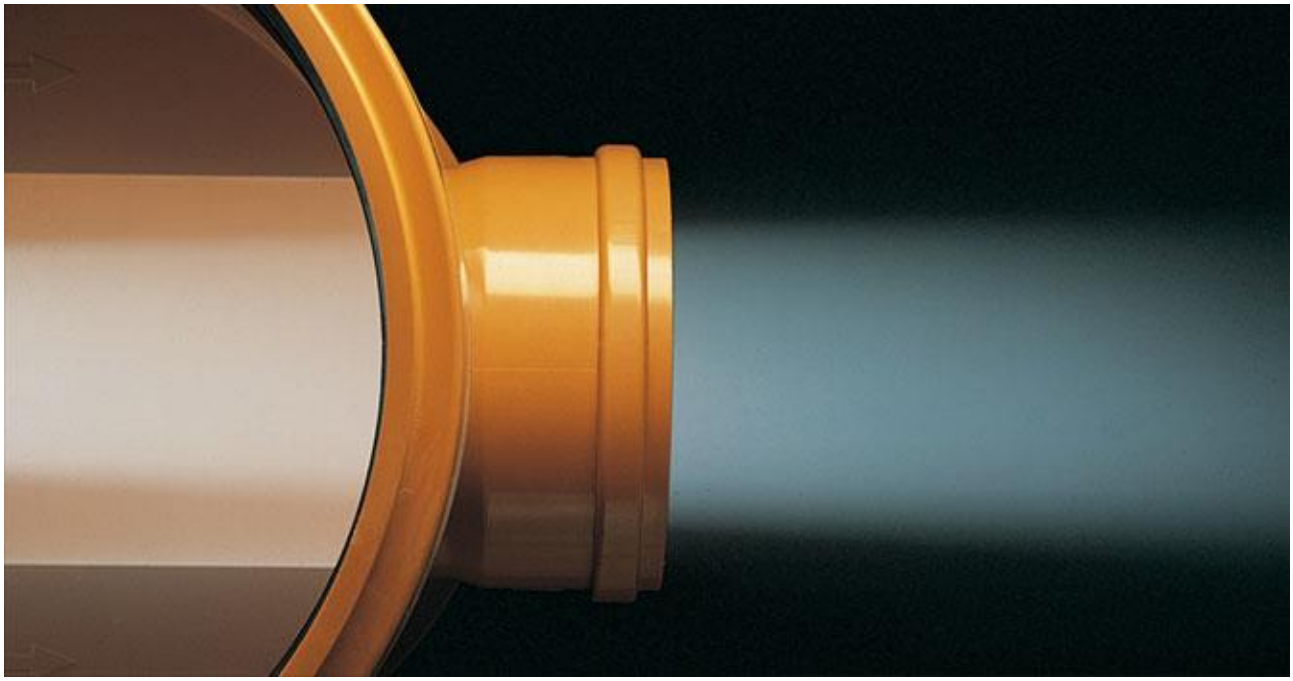
GIUNZIONI DI TIPO ELASTICO

Si dovranno osservare le seguenti indicazioni:

- provvedere ad una accurata pulizia delle parti da congiungere, assicurandosi che siano integre;
- togliere provvisoriamente la guarnizione elastomerica qualora fosse presente nella sua sede;
- segnare sulla parte maschio del tubo (punta), una linea di riferimento. A tale scopo si introduce la punta nel bicchiere fino a rifiuto, segnando la posizione raggiunta. Si ritira il tubo di 3 mm per ogni metro di interasse. Tra due giunzioni (in ogni caso tal ritiro non deve essere inferiore a 10 mm), si segna sul tubo la nuova posizione che costituisce la linea di riferimento prima accennata;
- inserire in modo corretto la guarnizione elastomerica di tenuta nella sua sede nel bicchiere;
- lubrificare la superficie interna della guarnizione e la superficie esterna della punta con apposito lubrificante (grasso od olio siliconato, vaselina, acqua saponosa, ecc.);
- infilare la punta nel bicchiere fino alla linea di riferimento, facendo attenzione che la guarnizione non esca dalla sua sede. La perfetta riuscita di questa operazione dipende esclusivamente dal preciso allineamento dei tubi e dall'accurata lubrificazione;
- le prove di collaudo possono essere effettuate non appena eseguita la giunzione.

GIUNZIONE MEDIANTE GUARNIZIONI ELASTOMERICHE INTEGRATE NELLA TUBAZIONE DI PVC

Le giunzioni mediante guarnizioni elastomeriche integrate nelle tubazioni in PVC sono un nuovo metodo di collegamento che offre molti benefici sia in produzione che in installazione aiutando a prevenire le perdite di acqua. In queste tubazioni la guarnizione è integrata all'interno del bicchiere già durante la produzione e non dovrà più essere tolta in fase di montaggio. Questo sistema facilita molto la fase di installazione, riducendo il rischio dello spostamento accidentale della guarnizione o di contaminazione. Inoltre, anche i grandi diametri possono essere giuntati senza dover disporre di particolari attrezzature.



ESECUZIONE DELLE GIUNZIONI

Il tubo alla sua estremità liscia deve essere tagliato normalmente al suo asse con una sega a denti fini oppure con una fresa. L'estremità così ricavata, per essere introdotta nel rispettivo bicchiere (per effettuare sia una giunzione rigida sia una giunzione elastica), deve essere smussata secondo un'angolazione precisata dal produttore (normalmente 15°), mantenendo all'orlo uno spessore (crescente col diametro), anch'esso indicato dal produttore.

Elenco Normativo per l'installazione di tubazioni di PVC

UNI ENV 1401-3:2002
Sistemi di tubazioni di materia plastica per fognature e scarichi interrati non in pressione - Policloruro di vinile non plastificato (PVC-U) - Guida per l'installazione

UNI ENV 1046:2003
Sistemi di tubazioni e condotte di materia plastica - Sistemi di adduzione d'acqua e scarichi fognari all'esterno dei fabbricati - Raccomandazioni per installazione interrata e fuori terra

UNI ENV 13801:2002
Sistemi di tubazioni di materia plastica per scarichi (a bassa ed alta temperatura) all'interno dei fabbricati - Materiali termoplastici - Pratica raccomandata per l'installazione

UNI CEN/TS 15223:2017
Sistemi di tubazioni di materia plastica - Parametri di progetto convalidati di sistemi di tubazioni interrati di materiale termoplastico

UNI EN 805:2002
Approvvigionamento di acqua - Requisiti per sistemi e componenti all'esterno di edifici

UNI EN 1295-1:1999
Progetto strutturale di tubazioni interrate sottoposte a differenti condizioni di carico - Requisiti generali

CEN/TR 1295-2:2005 (WI=00165134)
Structural design of buried pipelines under various conditions of loading - Part 2: Summary of nationally established methods of design

CEN/TR 1295-3:2007 (WI=00165155)
Structural design of buried pipelines under various conditions of loading - Part 3: Common method

CEN/TR 1295-4:2015 (WI=00165250)
Structural design of buried pipelines under various conditions of loading - Part 4: Parameters for reliability of the design

UNI EN 1610:2015
Costruzione e collaudo di connessioni di scarico e collettori di fognatura

CEN/TR 1046:2013 (WI=00155778)
Thermoplastics piping and ducting systems - Systems outside building structures for the conveyance of water or sewage - Practices for underground installation

CEN/TR 13801:2014 (WI=00155758)
Plastics piping systems for soil and waste discharge (low and high temperature) within the building structure - Thermoplastics - Recommended practice for installation

CEN/TR 17179:2018 (WI=00155846)
Thermoplastics piping and ducting systems - Rainwater infiltration and storage attenuation systems - Practices for underground installation

ISO/TR 4191:2014
Plastics piping systems for water supply – Unplasticized polyvinyl chloride (PVC-U) and oriented PVC-U (PVC-O) -- Guidance for installation

ISO/TR 10501:1993
Thermoplastics pipes for the transport of liquids under pressure -- Calculation of head losses

ISO/TR 27165:2012
Thermoplastics piping systems - Guidance for definitions of wall constructions for pipes

ISO/TS 7024:2005
Plastics piping systems for soil and waste discharge (low and high temperature) inside buildings -- Thermoplastics -- Recommended practice for installation

EN 13476:
Tubi strutturali in PVC rigido per condotte di scarico interrate

ISO/DTR 7073:
Raccomandazioni per la posa di condotte interrate di PVC (1983)

ISO/TC 138/1062:
Tubi in plastica non a pressione. Metodi di calcolo per tubi flessibili interrati

Ministero dei lavori pubblici
Decreto 12 dicembre 1985
Norme tecniche relative alle tubazioni

Gruppo Tubi e Raccordi in PVC

GRUPPO TUBI E RACCORDI DI PVC FORUM ITALIA

Il **Gruppo Tubi e Raccordi in PVC** compatto è costituito da aziende di settore associate o sponsor del **PVC Forum Italia**, associazione nata nel 1996 per riunire le principali aziende di produzione, compoundazione e trasformazione del PVC, i produttori di additivi e anche di macchine trasformatrici.

Il principale obiettivo del Gruppo è creare una nuova "cultura della qualità" per tubi e raccordi in PVC prodotti in conformità alle norme **UNI EN 1329**, **UNI EN 1401** e **UNI EN ISO 1452** e quindi sicuri, durevoli e riciclabili.

Attività del Gruppo:

- promozione di tubi e raccordi in PVC di qualità su tutto il territorio nazionale;
- tutela del mercato di riferimento;
- formazione e informazione attraverso consulenza tecnica, corsi e convegni, produzione di materiale tecnico e informativo (volumi, documenti, brochure, sito web)
- creazione e divulgazione di un marchio volontario a garanzia di qualità e sostenibilità che certifica la provenienza del prodotto da aziende appartenenti al Gruppo

www.pvcforum.it/tubi-pvc

PVC FORUM ITALIA
CENTRO DI INFORMAZIONE SUL PVC

www.tubipvc.it

WWW.PVCFORUM.IT