

Manuale di Installazione tubazioni in vetroresina

1.	I
2.	
Introduzione	1
1.1 Prefazione	1
1.2 Caratteristiche del tubo rinforzato con vetro.....	1
1.3 Applicazioni	4
1.4 Standard di prestazione	4
1.5 Descrizione del prodotto	5
1.6 Interazione tubo-suolo.....	6
1.7 Sicurezza.....	7
1.7.1 Kit di pronto soccorso	7
1.7.2 Soluzione per il lavaggio degli occhi	7
1.7.3 Sistema di ventilazione per attività indoor.....	7
1.7.4 Sicurezza contro il fuoco	8
1.7.5 Note di sicurezza per prevenire gli infortuni sul lavoro negli spazi chiusi ..	9
1.8 Supervisione del sito.....	10
3.	
Spedizione, movimentazione, stoccaggio e riparazione.....	11
2.1 Spedizione e gestione	11
2.1.1 Un singolo tubo o un fascio	11
2.1.2 Tubi annidati	12
2.1.3 Giunti e raccordi.....	13
2.2 Tubi di scarico.....	13
2.2.1 Scarico di tubi singoli.....	13
2.2.2 Scarico dei pacchi di tubi	15

2.2.3 Scarico di tubi annidati.....	15
2.2.4 Giunti e raccordi.....	15
2.3 Ispezione al ricevimento	15
2.4 Immagazzinamento.....	15
2.4.1 Stoccaggio dei tubi	15
2.4.2 Stoccaggio di raccordi, T e giunzioni	16
2.4.3 Stoccaggio delle guarnizioni	16
2.4.4 Stoccaggio di altri materiali.....	16
3. Installazione sotterranea	18
3.1 Descrizione	18
3.2 Indagine geotecnica	19
3.3 Terreno nativo.....	19
3.4 Scavo in trincea	19
3.4.1 Sicurezza in trincea.....	19
3.4.2 Larghezza della trincea	20
3.4.3 Fondo della trincea	21
3.5 Controllo dell'acqua	23
3.6 Fondazioni e lettiere.....	23
3.6.1 Fondazione	23
3.6.2 Letto.....	24
3.7 Sovrascavo	25
3.8 Materiale per l'incorporazione	25
3.8.1 Descrizione.....	25
3.8.2 Dimensione massima delle particelle del materiale di riempimento iniziale	27
3.8.3 Contenuto di umidità dei materiali di rinforzo.....	28
3.8.4 Compatibilità del tubo e del riempimento	28
4. Tubazioni e installazione in trincea	28

4.1 Posizionamento dei tubi	28
4.2 La compattazione dei materiali di incorporamento	31
4.3 Posizionamento di più tubi all'interno di una trincea.....	32
4.4 Incrocio di tubi	33
4.5 CLSM.....	34
4.6 Copertura minima	37
4.7 Deviazione del tubo	39
4.8 Correzione della deformazione eccessiva del tubo oltre il limite consentito	40
4.9 Considerazioni speciali	40
4.9.1 Migrazione	40
4.9.2 Caricamento localizzato.....	41
4.9.3 La densità minima del materiale da incasso	43
4.9.4 Densificazione tramite acqua	43
4.9.5 Suoli problematici	43
4.9.6 Miglioramento del suolo.....	43
5. Tipi di giunti e installazione meccanica.....	44
5.1 Panoramica.....	44
5.2 Giunti flessibili per tubi monoassiali	45
5.2.1 Giunto in fibra di vetro (REKA).....	45
5.3 Giunti meccanici in acciaio.....	51
5.4 Giunto meccanico Viking-Johnson	53
5.5 Giunti vincolati	53
5.5.1 Campana adesiva e rubinetto	53
5.5.2 L'accoppiamento incollato	56
5.6 Giunti per tubi monoassiali e biassiali.....	61
5.6.1 Giunti flangiati.....	61
5.6.2 L'articolazione culo-avvoltoio	62

6. Blocchi di spinta.....	66
6.1 Descrizioni.....	66
6.2 Blocchi di spinta.....	67
6.3 Rivestimento in calcestruzzo	69
6.4 Collegamento a una struttura rigida	70
7. Test in cantiere	73
7.1 Idrotest in cantiere.....	73
7.2 Prova di tenuta all'acqua per i giunti in cantiere	74

1. Introduzione

1.1 Prefazione

Questo documento è una guida di base per l'installazione sotterranea di tubi in plastica rinforzata con fibra di vetro (PRFV). Il manuale fornisce le linee guida e i requisiti per una corretta installazione interrata dei tubi in PRFV per gli utenti, i progettisti, gli ingegneri sul campo e i supervisori.

Le procedure del presente manuale descrivono principalmente le condizioni comuni che si possono incontrare sul campo.

Il presente manuale non comprende altri metodi di installazione, come l'installazione fuori terra o senza scavo.

1.2 Caratteristiche del tubo rinforzato con vetro

Per migliorare le prestazioni, i tubi sono progettati come un composito di fibre, resina e riempimento in più strati (Figura 1.1). I tubi in PRFV sono prodotti con resina, fibra di vetro, silice, catalizzatore e acceleratore attraverso un processo di avvolgimento a filamento continuo. È possibile produrre tubi con caratteristiche diverse grazie alla progettazione degli strati. L'avvolgimento dei filamenti è un processo che consiste nell'impregnare il rinforzo in fibra di vetro con la resina, quindi applicare le fibre bagnate su un mandrino secondo uno schema prestabilito. Come rinforzo aggiuntivo si possono usare rovings di vetro tagliati (vedi Figura 1.2). La qualità di tutte le materie prime deve essere approvata prima del loro utilizzo per i tubi in PRFV. Il processo di produzione è gestito automaticamente da macchine controllate da computer. Ciò consente di ottenere una qualità standard e costante nei tubi.

Esistono due tipi di tubi in PRFV: Monoassiali e Biassiali. Entrambi i tipi sono flessibili.

I tubi monoassiali possono sopportare solo le sollecitazioni a cerchio (radiali e tangenziali),

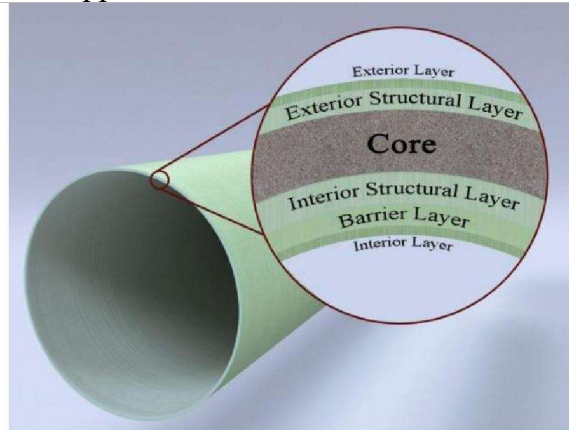


Figura 1.1 Strati del tubo in PRFV



Figura 1.2 Avvolgimento del filamento

mentre i tubi biassiali sono in grado di sopportare sia le sollecitazioni a cerchio che quelle assiali. I tubi monoassiali sono adatti per l'interramento, mentre i tubi biassiali sono utilizzati principalmente per le installazioni fuori terra.

I tubi monoassiali e biassiali possono essere trasformati in GRP, GRV, GRVE e GRE cambiando gli strati, il tipo di resina ecc. per adattarsi ai vari requisiti meccanici o agli ambienti chimici.

La qualità della materia prima viene attentamente controllata prima della produzione.

- **Resistenza alla corrosione**
 - Lunga durata e bassi costi di manutenzione

- Non sono necessari rivestimenti e protezioni
- Proprietà idrauliche costanti nel tempo
- **Peso ridotto**
 - Bassi costi di trasporto e movimentazione
 - Installazione semplice e immediata
- **Superficie interna liscia**
 - Erogazione di una maggiore quantità di fluido rispetto ad altri tipi di tubi
 - Risparmio energetico nel sistema di pompaggio e minori costi operativi
 - Minori costi di pulizia grazie al ridotto accumulo di melma
- **Fodera resiliente**
 - Resistenza all'abrasione
 - Elevata resistenza alle crepe
- **Flessibilità di produzione**
 - Possibilità di produrre tubi di lunghezza maggiore, con conseguente riduzione del numero di giunzioni
 - Diametri e lunghezze disponibili su misura
 - Produzione di tubi specifici per il progetto su richiesta del cliente
- **Facilità di adesione**
 - L'accoppiamento con guarnizioni elastomeriche garantisce giunti stretti ed efficienti, costi di giunzione inferiori, tempi di installazione ridotti e capacità di rotazione angolare.
- **Installazione semplice**
 - Installazione facile e veloce
 - Vari tipi di installazione: interrata, fuori terra e senza scavo.
 - Adattabile a diverse profondità di interramento
- **Design avanzato dei tubi**
 - Qualità costante del prodotto
 - Produzione di varie classi di pressione e rigidità

- Produzione di tubi specifici per il progetto, per soddisfare requisiti diversi come quelli fisici, chimici, termici o ambientali.

1.3 Applicazioni

I tubi sono adatti a molte applicazioni. I servizi più comuni includono:

- Trasmissione e distribuzione di acqua potabile e grezza
- Sistema di fognatura sanitaria a gravità
- Sistema di raccolta delle acque reflue
- Convogliamento delle acque meteoriche
- Trasmissione dell'acqua di mare
- Applicazioni di irrigazione
- Applicazioni industriali
- Trasmissione del greggio
- Acqua di raffreddamento
- Industrie del petrolio, del gas e petrolchimiche
- Applicazioni antincendio

1.4 Standard di prestazione

I tubi sono prodotti secondo standard nazionali e internazionali come ISIRI, API, DIN, NORSAK, ASTM, ISO, IPS e AWWA (Tabella 1-1). Un meticoloso controllo di qualità e test di verifica a lungo termine basati sugli standard citati non solo garantiscono l'alta qualità dei tubi prodotti, ma soddisfano anche le aspettative dei clienti.

Per dimostrare la conformità dei tubi ai requisiti minimi di prestazione previsti dai seguenti standard, vengono eseguiti numerosi e severi test di controllo della qualità e di qualificazione.

Tabella 1-1 Standard nazionali e internazionali utilizzati

ISIRI	ISIRI 10729	Condotta pressurizzata per acqua potabile
	ISIRI 10730	Sistemi di tubazioni per acque reflue municipali a gravità
ISO	ISO 10467	Drenaggio e drenaggio non in pressione e non in pressione. Fognature
	ISO 10639	Alimentazione idrica a pressione e non a pressione
ASTM	ASTM D3262	Fognatura a gravità
	ASTM D3517	Tubo a pressione
	ASTM D3754	Fognatura a pressione
AWWA	AWWA C950	Tubo a pressione in fibra di vetro
	AWWA M45	Manuale di progettazione dei tubi in fibra di vetro
API	API 15LR	Tubo di linea in fibra di vetro a bassa pressione
	API 15HR	Tubo di linea in fibra di vetro ad alta pressione
NORSOK	NORSOK P01	Diagramma di controllo del sistema
DIN	DIN 16868-1	Fibra di vetro rinforzata non satura Tubi in resina poliestere (UP-GF)

1.5 Descrizione del prodotto

Vengono presentate brevemente le dimensioni e le proprietà meccaniche dei tubi.

- **Diametro nominale (DN)** Il diametro dei tubi varia da 20 a 4000 *mm*.
- **Classe di pressione (PN)** Le classi di pressione sono 1, 6, 10, 16, 20, 25 e 32 bar.
- **Classe di rigidità (SN)**

I tubi sono prodotti in classi di rigidità di 2500, 5000 e 10000 N/m^2 . Altre classi di rigidità possono essere progettate e prodotte su richiesta del cliente.

Va notato che la procedura con cui la rigidità del tubo viene ottenuta da ASTM e ISO varia. Come illustrato nella Tabella 1-2, ASTM misura la rigidità al 5% di deflessione e la riporta

come EI/r^3 , mentre ISO misura la rigidità al 3% di deflessione e la riporta come EI/D^3 .

Tabella 1-2 Classe di rigidità del tubo in ISO e ASTM

Classe di rigidità	
ISO (N/m ²)	ASTM (kN/m ²)
1250	62
2500	124
5000	248
10000	496
15000	744
20000	992

- **Lunghezza del tubo**

I tubi in PRFV hanno una lunghezza standard di 6, 9 o 12 *m*. Possono essere fabbricati da 3 a 15 *m* per soddisfare i requisiti del progetto.

1.6 Interazione tubo-suolo

La flessibilità dei tubi interrati è una caratteristica desiderata. Un tubo flessibile interrato e il terreno adiacente attirano insieme un carico verticale esterno derivante dal sovraccarico, dal carico superficiale e dal traffico, secondo un principio fondamentale: gli elementi più rigidi attireranno una proporzione maggiore di un carico condiviso rispetto a quelli più flessibili.

La corretta interazione tra l'involucro del terreno e un tubo flessibile interrato ha un ruolo fondamentale per il successo dell'installazione sotterranea e, di conseguenza, per una lunga durata:

- La presenza di un terreno più rigido in corrispondenza della linea delle molle favorisce lo sviluppo di un arco di terreno che riduce la proporzione del tubo rispetto al carico verticale.
- Il terreno circostante più rigido fornisce una maggiore pressione laterale passiva che riduce i momenti, i tagli e gli spostamenti come risultato della ridotta proporzione del tubo rispetto al carico verticale.
- La flessibilità del tubo consente la deformazione del tubo e la conseguente ridistribuzione dei carichi verticali;
- La deflessione del tubo rappresenta la quantità di sollecitazioni presenti nel tubo e la qualità dell'installazione.

1.7 Sicurezza

In questa parte sono riportate importanti note di sicurezza dell'HSE (Health and Safety Executive) per l'installazione, la manutenzione e la riparazione di tubi in PRFV.

Prima di iniziare il processo di installazione, è necessario studiare e controllare le seguenti note e requisiti HSE e richiedere istruzioni di sicurezza complete in base al tipo di progetto. Inoltre, tutte le persone coinvolte nel progetto devono essere informate dei rischi potenziali.

Poiché nel processo di installazione delle tubazioni vengono utilizzati materiali chimici infiammabili, è necessario evitare scintille e riscaldamenti e attenersi alle considerazioni sulla sicurezza antincendio contenute nelle schede MSDS (Material Safety Data Sheet) inviate ai cantieri.

- Tutti gli individui devono utilizzare i dispositivi di protezione individuale in base all'attività svolta.

- È severamente vietato introdurre nelle tubature quantità eccessive di materiali chimici.

- È assolutamente vietato fare qualsiasi tipo di negligenza quando si lavora all'interno delle tubature.

- Per il carico, lo scarico, lo stoccaggio e il trasporto dei tubi, è necessario osservare scrupolosamente le relative istruzioni di sicurezza.

- Per il posizionamento dei tubi in trincea è necessario osservare le istruzioni di sicurezza dell'attrezzatura di carico.

1.7.1 Kit di pronto soccorso

In tutti i siti operativi è richiesta l'esistenza di cassette di pronto soccorso e di personale formato in grado di utilizzarle.

1.7.2 Soluzione per il lavaggio degli occhi

Considerando la possibilità di inquinamento degli occhi da parte di materiali chimici, tutti i kit di primo soccorso devono essere dotati di una soluzione per il lavaggio degli occhi. A causa della presenza di sostanze chimiche e della possibilità che queste entrino negli occhi del personale, è necessario utilizzare una soluzione per il lavaggio degli occhi che fa parte della cassetta di pronto soccorso.

1.7.3 Sistema di ventilazione per attività indoor

- Quando si lavora con resina, catalizzatore, acetone, DMA e tutti gli altri materiali

chimici, è necessario utilizzare ventilatori e soffianti fortemente anti-scintilla.

- Quando si riparano le tubature, gli operatori devono agire in senso inverso rispetto al flusso di aspirazione dell'aria.
- L'uso di maschere adatte alle condizioni di lavoro (una maschera semifacciale a cinque modalità o una maschera dotata di una bombola di ossigeno in fibra di vetro) è obbligatorio secondo il parere del supervisore HSE.

1.7.4 Sicurezza contro il fuoco

- In caso di incendio, è necessario utilizzare capsule antincendio in polvere, gas o schiuma. Se i contenitori di catalizzatore o di resina sono vicini all'incendio, devono essere trasferiti in un luogo sicuro, altrimenti devono essere raffreddati con acqua. In caso di incendi di grandi dimensioni si devono utilizzare sistemi di nebulizzazione dell'acqua.
- Nel caso in cui durante l'utilizzo della resina si verificano elevati livelli di calore e fumo, il contenitore della resina deve essere rapidamente trasferito all'aperto e raffreddato con acqua.
- È vietato fumare, saldare e accendere il fuoco quando si utilizzano colla, resina, acetone, catalizzatore e qualsiasi tipo di materiale infiammabile.
- I materiali chimici infiammabili come colla, resina, acetone e catalizzatore non devono essere conservati in prossimità di fiamme, scintille o luoghi ad alta temperatura.
- L'uso di motori antiscintilla quando si utilizza un miscelatore per la miscelazione di resina e altri materiali infiammabili è obbligatorio.
- Il dimetile e il cobalto devono essere miscelati con la resina separatamente e il catalizzatore deve essere aggiunto nella fase finale. Il catalizzatore non deve mai essere miscelato direttamente con il dimetile o il cobalto, perché può provocare incendi. Pertanto, è necessario formare il personale per fargli conoscere i pericoli dei suddetti materiali.
- A causa della possibilità di incendio, gli acceleranti (cobalto, catalizzatore e dimetil) devono essere miscelati all'esterno del tubo e non devono essere trasferiti nel tubo separatamente. All'interno del tubo devono essere presenti solo la resina e le fibre prodotte.
- Considerando che per le operazioni di stesura è necessaria un'illuminazione sufficiente, è opportuno utilizzare per l'illuminazione dispositivi antiscintilla come le torce elettriche.
- L'uso di smerigliatrici angolari nelle operazioni di stesura è severamente vietato a causa della possibilità di creare scintille.

- La presenza di una quantità sufficiente di polvere da 2 kg e di capsule di gas nel tubo è indispensabile per le operazioni di riparazione con il metodo lay-up.

1.7.5 Note di sicurezza per prevenire gli infortuni sul lavoro negli spazi chiusi

- Prima di iniziare il processo di riparazione con il metodo del lay-up interno, è necessario effettuare una valutazione del rischio separata e preparare un piano ERP (Emergency Response Plan) separato.
- Le operazioni di riparazione dei tubi non devono mai essere effettuate senza l'autorizzazione e le istruzioni dell'unità HSE. L'autorizzazione deve essere verificata dal responsabile HSE dopo aver esaminato le condizioni di sicurezza e quindi rilasciata dal supervisore.
- Tutte le operazioni di installazione e riparazione devono essere costantemente supervisionate dall'unità HSE.
- Considerando che le operazioni di lay-up sono uno dei processi speciali di installazione dei tubi in PRFV, è necessario che per questo tipo di lavoro venga impiegato personale altamente esperto e formato.
- L'osservanza dei principi dell'ergonomia e l'attenzione alle osservazioni dell'unità HSE nel processo di installazione e riparazione delle tubature sono indispensabili per prevenire i problemi muscoloscheletrici.
- È severamente vietato trasportare nelle tubature una quantità eccessiva di acetone, soprattutto in contenitori aperti.
- L'uso di dispositivi di comunicazione come quelli wireless (o qualsiasi altro possibile) per comunicare con una persona al di fuori dello spazio chiuso è obbligatorio quando si lavora in spazi chiusi.
- Il rispetto dei requisiti per il lavoro in spazi chiusi e il riferimento alle istruzioni per il lavoro in spazi chiusi sono obbligatori nelle operazioni di riparazione con il metodo della stratificazione interna.
- È severamente vietato l'ingresso nelle condutture di persone affette da malattie cardiache, respiratorie, scheletriche, muscolari, neurologiche o mentali (come epilessia, disturbi, ansia generalizzata, ecc).
- A causa dei rischi potenziali, tutte le operazioni all'interno dei tubi devono essere eseguite in posizione eretta o semieretta (è vietata la posizione prona).
- Durante qualsiasi tipo di operazione all'interno del tubo, se la distanza del lavoratore dall'estremità aperta del tubo è superiore a 12 m, è obbligatorio l'uso di una maschera dotata di una capsula di ossigeno in fibra di vetro.

1.8 Supervisione del sito

È possibile fornire un supervisore di cantiere su richiesta del cliente, nei termini del contratto. Il supervisore visiterà il sito (costantemente o periodicamente, a seconda dell'accordo) per consigliare l'appaltatore sulle procedure corrette per ottenere un'installazione soddisfacente dei tubi.

2. Spedizione, movimentazione, stoccaggio e riparazione

2.1 Spedizione e gestione

2.1.1 Un singolo tubo o un fascio

La preparazione per la spedizione deve proteggere le pareti del tubo, l'estremità del tubo e i giunti da eventuali danni. I tubi e i raccordi devono essere trasportati su un camion adatto con un pavimento piatto. Qualsiasi parte del camion a diretto contatto con i tubi deve essere coperta da legno o gomma per evitare di danneggiare i tubi. È inoltre importante che i tubi non si tocchino tra loro perché potrebbero danneggiarsi a causa delle vibrazioni durante la movimentazione o il trasporto. Pertanto, è necessario utilizzare supporti in legno piatti (con una larghezza minima di 100 mm) e cunei (per la sicurezza e la stabilità). I supporti in legno devono essere ispezionati visivamente prima di ogni carico, in modo che non presentino spigoli vivi o irregolari o sporgenze come chiodi. L'altezza della pila non deve superare i 2,5 m (Figura 2.1).



Figura 21 Carico ammissibile per il trasporto dei tubi

Per legare i tubi in posizione, utilizzare una corda flessibile o una corda semplice. Le cinghie non devono deformare il tubo. L'uso di catene o cavi d'acciaio a diretto contatto con la superficie del tubo non è consentito, a meno che non venga utilizzata un'imbottitura sufficiente a proteggere la superficie del tubo dall'usura.

La distanza massima tra i supporti per il diametro nominale superiore a 300 mm (AN300) è di 4 m e per il diametro nominale inferiore a 250 mm ($DN \leq 250$) è di 3 m. La sporgenza massima è di 2 m.

Si raccomanda di proteggere le estremità dei tubi con un foglio di polietilene o un tappeto di paglia.

Le specifiche di imballaggio sono riportate nell'Appendice B. I fasci devono essere movimentati con una coppia di imbracature e non con una sola.



Figura 2.2 Fasciatura per tubi con diametro nominale inferiore a 600 mm

È obbligatorio utilizzare due imbracature per trasportare i fasci. La Figura 2.3 mostra i dettagli del trasporto dei tubi in fasci.



Figura 2.3 Dettagli del trasporto di tubi fascio in

2.1.2 Tubi annidati

La movimentazione di tubi annidati (tubi di diametro inferiore all'interno di tubi più grandi) richiede considerazioni particolari (Figura 2.4). I tubi devono essere adeguatamente protetti da movimenti o danni relativi durante la spedizione. Per sollevare i tubi annidati si devono

usare due o più cinghie. La distanza massima tra i supporti in legno per i tubi annidati non deve superare i 2 metri.



Figura 2.4 Tubi annidati

2.1.3 Giunti e raccordi

I raccordi possono essere spediti anche in casse o su pallet (vedere Figura 2.5). Durante il trasporto è necessario evitare il contatto diretto tra le parti.



Figura 2.5 Posizionamento dei raccordi sui pallet per la spedizione

2.2 Tubi di scarico

2.2.1 Scarico di tubi singoli

I tubi devono essere movimentati con una cinghia flessibile o una cintura di larghezza minima di 100 mm. Per il sollevamento o il trasporto non è consentito l'uso di catene, cavi d'acciaio o morsetti a diretto contatto con il tubo. I tubi non devono mai essere lasciati cadere in nessun caso. Fare attenzione a evitare la collisione del tubo con oggetti solidi come altri tubi, il pavimento del camion, ecc. I tubi non devono essere fatti rotolare, cadere, lanciati o lasciati entrare in contatto con oggetti appuntiti, perché potrebbero danneggiare il tubo.

Le tubazioni di piccolo diametro devono essere scaricate da due operai solo se la massa della tubazione è inferiore a 60

kg. Per il sollevamento di tubi più pesanti è necessario utilizzare gru mobili.

Per motivi di sicurezza e per una movimentazione più stabile di un singolo tubo, questo deve essere sollevato con due punti di appoggio. Il fissaggio di una fune di guida al tubo può facilitare il controllo manuale durante la movimentazione.

(Figura 2.6).



Figura 2.6 Sollevamento di un tubo da due punti di appoggio e movimentazione con una fune di guida

È possibile utilizzare una barra distanziatrice per fornire due o più punti di appoggio per il sollevamento (vedere Figura 2.7).

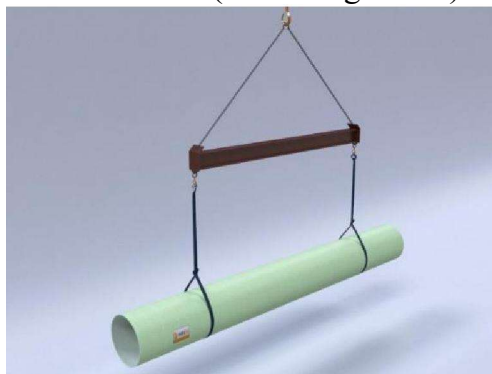


Figura 27 Barra di distribuzione/trav

Non utilizzare mai ganci alle estremità dei tubi e far passare una corda o una cinghia attraverso il tubo per il sollevamento. Per stimare il peso dei tubi standard, utilizzare

l'Appendice A.

2.2.2 Scarico dei pacchi di tubi

Per sollevare un pacchetto di tubi, è necessario utilizzare due punti di appoggio. Se più tubi non sono uniti in modo sicuro, non sollevarli mai come un unico fascio.

2.2.3 Scarico di tubi annidati

Il drenaggio inizia con il tubo più piccolo. La procedura standard di denaturazione consiste nell'inserire un braccio imbottito del carrello elevatore nel tubo più piccolo, sollevare leggermente il tubo e rimuoverlo con cautela (Figura 2.8).



Figura 2.8 Dissequestro dei tubi con un carrello elevatore

2.2.4 Giunti e raccordi

I raccordi devono essere scaricati tenendo conto delle stesse considerazioni fatte per i tubi.

2.3 Ispezione al ricevimento

L'esterno dei tubi deve essere ispezionato per individuare eventuali danni. Piccoli graffi e scanalature non necessitano di riparazione. Per $DN \leq 600$ mm, sono considerati piccoli i graffi e le scanalature con una profondità massima di 0,5 mm. Per $DN > 600$ mm, la profondità potrebbe avere un valore massimo di 0,8 mm. Se il danno al tubo è superiore ai valori sopra indicati, deve essere riparato secondo il manuale di riparazione.

2.4 Immagazzinamento

2.4.1 Stoccaggio dei tubi

I tubi vengono generalmente stoccati su legni piatti per facilitare il posizionamento e la rimozione delle imbracature di sollevamento. Per i tubi di grande diametro si raccomanda una

larghezza minima del legno di 100 mm. I tubi devono essere bloccati per evitare che si muovano in caso di vento forte (Figura 2.9).

I tubi non devono essere stoccati su terreni scoscesi, in luoghi ventosi o dove c'è la possibilità di smottamenti. I tubi non devono essere stoccati in luoghi dove sono esposti a gas, sostanze chimiche o composti acidi, come ad esempio in prossimità di torri di distillazione. Per i tubi impilati, è necessario prevedere dei supporti nei punti di quarto. Per l'immagazzinamento possono essere utilizzati i paglioli originali, se ancora disponibili. L'altezza massima consentita per le pile è di 2,5 m.

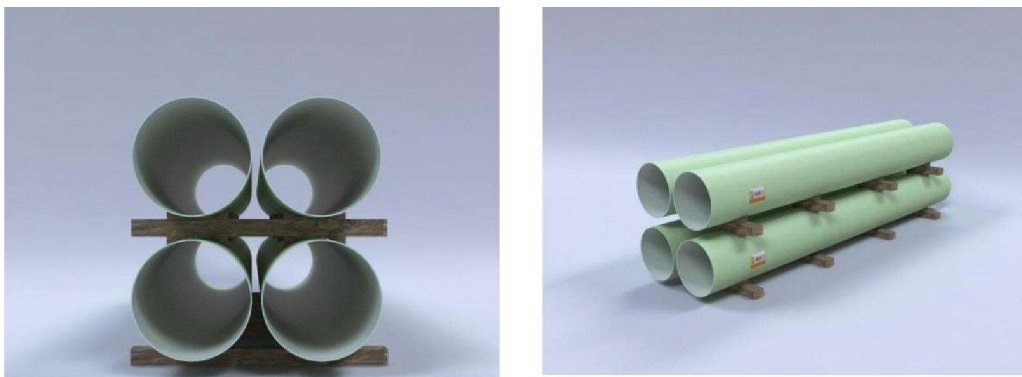


Figura 29 Accatastamento dei tubi

Quando vengono stoccati direttamente sul terreno, i tubi devono poggiare su un terreno pianeggiante e non su rocce, massi o altri materiali che possono danneggiare l'esterno del tubo. Si raccomanda di posare i tubi sullo stesso materiale granulare del letto di posa (Sezione 3.6.2). In questo caso, il peso del tubo non deve essere sostenuto dalla campana, dal giunto o da qualsiasi altra superficie di giunzione.

2.4.2 Stoccaggio di giunti, T e giunzioni

Per questi elementi valgono le stesse strategie indicate nella Sezione 2.4.1.

2.4.3 Stoccaggio delle guarnizioni

Le guarnizioni in gomma ad anello devono essere conservate all'ombra nella loro confezione originale. È fondamentale proteggere le guarnizioni dalla luce solare, dai solventi, dai grassi e dagli oli a base di petrolio.

2.4.4 Stoccaggio di altri materiali

- **Catalizzatore**

Poiché il catalizzatore è il materiale più pericoloso nel sito di installazione, deve essere conservato a meno di 25°C, all'ombra, lontano da materiali infiammabili, nell'imballaggio originale (che ne impedisce l'esposizione all'ossigeno) il più a lungo possibile, prestando la massima attenzione alle considerazioni sulla sicurezza. In caso di contaminazione con acqua,

olio o qualsiasi altra sostanza, il contenitore del catalizzatore deve essere immediatamente portato all'aperto a causa del suo potenziale di esplosione.

- **Resina**

La temperatura appropriata per lo stoccaggio della resina è di 25°C. In circostanze particolari, la temperatura di stoccaggio può aumentare fino a 32°C, anche se temperature di stoccaggio più elevate riducono la durata di conservazione della resina. La resina deve essere conservata all'ombra, lontano da materiali infiammabili, nell'imballaggio originale (che ne impedisce l'esposizione all'ossigeno) il più a lungo possibile, prestando la massima attenzione alle considerazioni sulla sicurezza.

- **Colla**

La colla deve essere conservata tra i 5° e i 30° C. La colla deve essere conservata all'ombra, lontano da materiali infiammabili, nell'imballaggio originale (che ne impedisce l'esposizione all'ossigeno) il più a lungo possibile, prestando la massima attenzione alle considerazioni di sicurezza.

- **Additivi (cobalto e dimetile)**

Il cobalto e il dimetile non devono mai essere conservati in prossimità di catalizzatori. Devono essere conservati a 25°C o a gradi inferiori. Questi materiali non devono essere conservati alla luce del sole e devono essere lontani da materiali infiammabili. Si raccomanda di mantenere l'imballaggio originale di cobalto e dimetile fino al momento dell'uso per evitare il contatto diretto con l'ossigeno. È necessario prendere in considerazione tutte le misure di sicurezza.

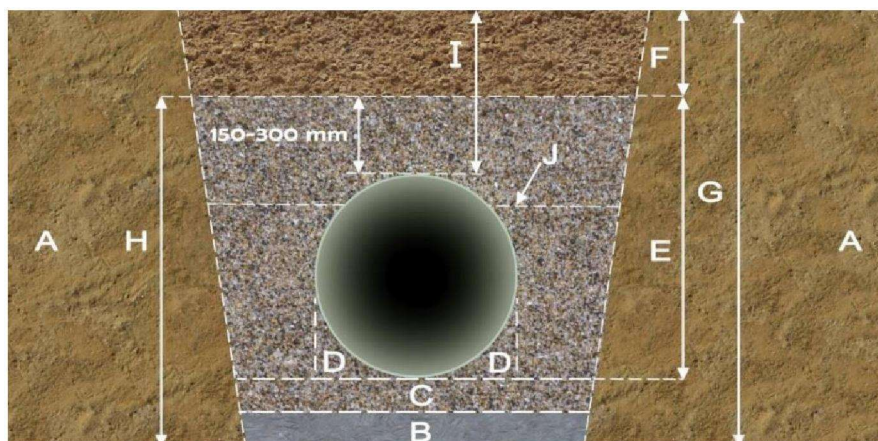
3. Installazione interrata

3.1 Descrizione

Il tipo di terreno gioca un ruolo importante nella scelta della composizione del materiale del tubo in PRFV e del tipo di giunti. La progettazione strutturale dei tubi in vetroresina (come di quasi tutti gli altri tubi interrati) presuppone che il tubo riceva un supporto dal terreno circostante. Pertanto, l'installazione deve formare un sistema terreno-tubo in modo che il terreno circostante possa fornire una capacità di supporto sufficiente per il tubo interrato.

Le specifiche dell'installazione in sotterraneo dipendono da molti fattori, come la rigidità del tubo, le condizioni del terreno nativo, il livello delle acque sotterranee, la larghezza della trincea, la profondità di installazione, le proprietà del materiale di riempimento e la compattazione, il traffico in superficie e la pressione di sovrascorrimento. La terminologia della sezione trasversale della trincea è rappresentata nella Figura 3.1.

I dati geotecnici, come la classificazione del terreno, la prova di penetrazione standard, la rigidità del terreno, il livello dell'acqua freatica, ecc. aiutano a identificare il tipo di terreno e di conseguenza la composizione del materiale del tubo in PRFV, il tipo di giunto e i dettagli di installazione. Le variazioni stagionali e a lungo termine del livello della falda freatica devono essere prese in considerazione perché influenzano il comportamento del sistema tubo-terreno.



A	Terreno in sito (nativo)
B	Fondazione (se richiesta)
C	Letto
D	Zona del mucchio
E	Riempimento iniziale
F	Riempimento finale
G	Riempimento

H	Incasso della zona del tubo
I	Profondità di sepoltura
J	Limite per l'installazione split (tipo II) D0

Figura 3.1 Terminologia della sezione trasversale della trincea **3.2**

Indagine geotecnica

Il metodo convenzionale per l'indagine sul tracciato di una condotta è stato quello di valutare le condizioni del terreno alla profondità di interrimento attraverso la perforazione e il campionamento del terreno lungo la condotta. Questo programma comprende dati quali la classificazione del suolo nativo, la prova di penetrazione standard (SPT), il conteggio dei colpi in corrispondenza della linea della sorgente del tubo, la densità del suolo nativo e il livello delle acque sotterranee.

3.3 Terreno nativo

Riconoscere le caratteristiche del suolo nativo è di grande importanza. La classificazione del suolo è determinata secondo le norme ASTM D2487 e ASTM D2488 (sistema unificato). La rigidità del terreno viene determinata mediante la prova di penetrazione standard o la prova di penetrazione a cono in base alle norme ASTM D1586 o ASTM D3441, rispettivamente. La Tabella 3-1 mostra la classificazione dei terreni granulari e coesivi autoctoni per quanto riguarda la rigidità del terreno.

Il terreno nativo, allo stato naturale o migliorato, può essere utilizzato come materiale per l'annegamento delle zone di tubazioni se soddisfa i requisiti della Tabella 3-4.

Tabella 3-1 Classificazione della rigidità dei terreni nativi granulari e coesivi

Suoli nativi in situ				
Granular e		Coesivo		Msn vincolato Modulo del terreno MPa
Colpi # / 0,3 m per ASTM D1586	Descrizione	Resistenza alla compressione non confinata <i>qu</i> kPa	Descrizione	
0-1	molto, molto sciolto	0-13	molto, molto morbido	0.34
1-2	molto sciolto	13-25	molto morbido	1.4
2-4		25-50	morbido	4.8
4-8	sciolto	50-100	medio	10.3
8-15	leggermente compatto	100-200	rigido	20.7
15-30	compatto	200-400	molto rigido	34.5
30-50	denso	400-600	duro	69.0
>50	molto denso	>600	molto duro	138.0

3.4 Scavo in trincea

3.4.1 Sicurezza in trincea

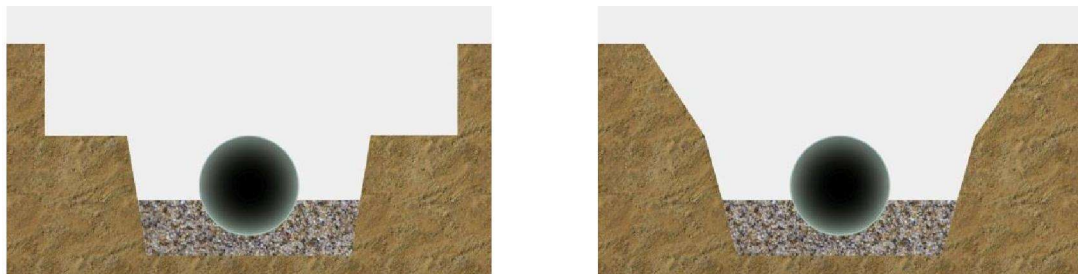
La parete della trincea deve mantenere la stabilità durante tutte le fasi di installazione. Il terreno di scavo deve essere posizionato a una distanza sufficiente dal bordo della trincea. Per ottenere livelli di sicurezza più elevati, si raccomanda di eseguire la posa dei tubi, il rinterro e la compattazione il prima possibile (preferibilmente alla fine di ogni giornata lavorativa).

Per garantire la sicurezza della parete della trincea in condizioni di instabilità o di pericolo, è necessario utilizzare strategie come il puntellamento, la controventatura, la copertura, l'inclinazione, la panca o l'immersione in acqua per proteggere tutte le persone che lavorano nella trincea. La Figura 3.2 mostra due metodi tipici per la stabilizzazione delle pareti della trincea.

Parete di trincea rastremata

Parete di trincea inclinata

Figura 3.2 Metodi tipici per la stabilizzazione delle pareti di trincea.



3.4.2 Larghezza della trincea

La Figura 3-3 mostra la sezione della trincea nell'installazione sotterranea. La larghezza della trincea deve essere tale da consentire sia il posizionamento e la compattazione del materiale della zona di allettamento, sia la compattazione del materiale di inglobamento della zona del tubo mediante l'attrezzatura di compattazione. La distanza minima tra il tubo e la parete della trincea deve essere al massimo di "150 mm di larghezza rispetto all'attrezzatura di compattazione" e 600 mm. Questa distanza è indicata come A nella Figura 3.3. La Tabella 3-2 specifica i valori di A per diversi diametri di tubo. Nel caso in cui sia necessaria una palancola, la larghezza minima della trincea deve essere aumentata di conseguenza.

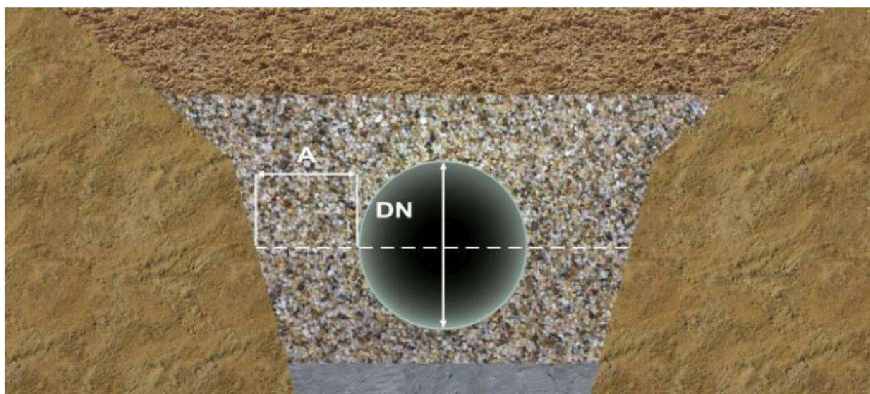


Figura 3.3 Sezione trasversale della trincea

Tabella 3-2 Larghezza minima dello scavo

Diametro del tubo (mm)	La distanza minima tra il tubo e parete della trincea (mm)
Fino a 300	300
Da 350 a 900	450
Da 950 a 1500	600
Oltre 1600	$(0,75 \cdot DN)/2$

- **La trincea standard**

La larghezza della trincea standard in corrispondenza della linea della molla è pari a 1,75 volte il DN.

- **L'ampia trincea**

L'ovalizzazione del tubo è probabile se il terreno nativo è debole e non può sostenere il carico trasferito dal materiale di riempimento. Pertanto, la trincea deve essere progettata sufficientemente larga in modo che una buona parte del carico sia sostenuta dal materiale di riempimento e una piccola parte sia sostenuta dal terreno nativo. Una larghezza della trincea superiore a 5DN non migliorerà la deflessione della condotta.

3.4.3 Fondo di trincea

- **Fondo stabile della trincea**

Il livello inferiore di una trincea stabile deve essere 100 mm sotto il livello del fondo del tubo.

- **Fondo della trincea instabile**

Se il fondo della trincea è instabile o mostra una "tendenza rapida", deve essere scavato in eccesso e il terreno improprio deve essere sostituito da una fondazione o da un terreno migliorato fino a 100 mm sotto il fondo del tubo. La costruzione di una fondazione o la stabilizzazione del terreno, come il miglioramento del suolo, possono ridurre o eliminare l'assestamento differenziale. I terreni sciolti o morbidi e quelli altamente espansivi sono considerati fondi di trincea instabili.

- **Fondo rigido della trincea**

Quando sul fondo della trincea sono presenti cenge, rocce, pannelli duri o altri materiali non rigidi come ciottoli, massi o pezzi di pietra di dimensioni superiori a 40 mm, il fondo della trincea deve trovarsi almeno 150 mm al di sotto del fondo del tubo.

3.4.6 Trincea su pendii

I tubi non devono essere installati su pendenze superiori a 15° (una pendenza di 1:4), a meno che non si adottino strategie necessarie, come l'anello di cemento, per evitare lo scivolamento del tubo all'interno della trincea (Figura 3.4).

In caso di pendenze superiori a 15°, è necessario considerare le seguenti istruzioni:

- La stabilità a lungo termine dell'impianto deve essere garantita da un'adeguata progettazione geotecnica.
- I tubi devono essere riempiti con materiali ad alta resistenza al taglio, come il terreno di "Classe I".
- Il materiale per l'inglobamento della zona del tubo deve essere compattato al 90%. I tubi devono essere installati con un allineamento rettilineo ($\pm 0,2^\circ$).
- Il movimento assoluto a lungo termine del riempimento in direzione assiale deve essere limitato a 20 mm per evitare la separazione dei giunti.
- L'installazione deve essere adeguatamente drenata per evitare il dilavamento dei materiali e garantire un'adeguata resistenza al taglio del terreno. Questo può includere un trattamento nel riempimento o sulla superficie del terreno.
- La stabilità di ogni singolo segmento di tubo deve essere monitorata durante la fase di installazione e nelle prime fasi di funzionamento.

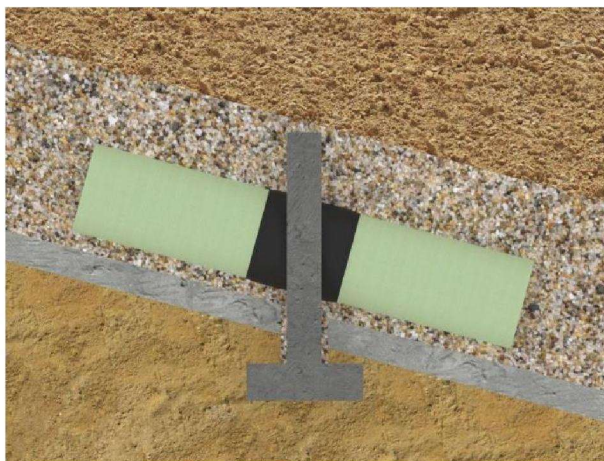


Figura 3.4 Anello di calcestruzzo

3.5 Controllo dell'acqua

L'acqua deve essere rimossa dalla trincea prima di posizionare il tubo e il letto di posa. I livelli dell'acqua devono essere sempre controllati prima, durante e dopo l'installazione dei tubi, fino a quando non viene effettuato l'annegamento e il riempimento adeguato per evitare il galleggiamento dei tubi.

È necessario controllare l'acqua corrente proveniente dal drenaggio superficiale o dalle acque sotterranee per evitare l'indebolimento del fondo della trincea o delle pareti, delle fondamenta e dell'armatura. Argini o barriere a intervalli regolari lungo l'installazione possono impedire il flusso dell'acqua lungo il fondo della trincea.

Nel caso in cui il livello dell'acqua non possa essere mantenuto al di sotto del letto di posa, è necessario prevedere dei sottodrenaggi per garantire la stabilità del fondo della trincea. Se il fondo della trincea non ha la stabilità desiderata, è obbligatorio utilizzare una fondazione sotto lo strato di sottodrenaggi.

Per ulteriori informazioni sulla migrazione si veda la Sezione 4.9.1. La Tabella 3-4 illustra la fondazione e l'allettamento.

3.6 Fondazione e letto di posa

3.6.1 Fondazione

La necessità o meno di fondare le condutture interrato dipende dal tipo di terreno nativo e dalle condizioni geotecniche. Le fondazioni sono di solito necessarie nelle aree paludose e in terreni problematici.

La Tabella 3-4 fornisce informazioni sui materiali di fondazione adeguati e sui dettagli di realizzazione.

In condizioni più severe, si consigliano altri metodi, come sacchi di tela riempiti di terreno nativo, terreni migliorati con cemento o calce (Figura 3.5).

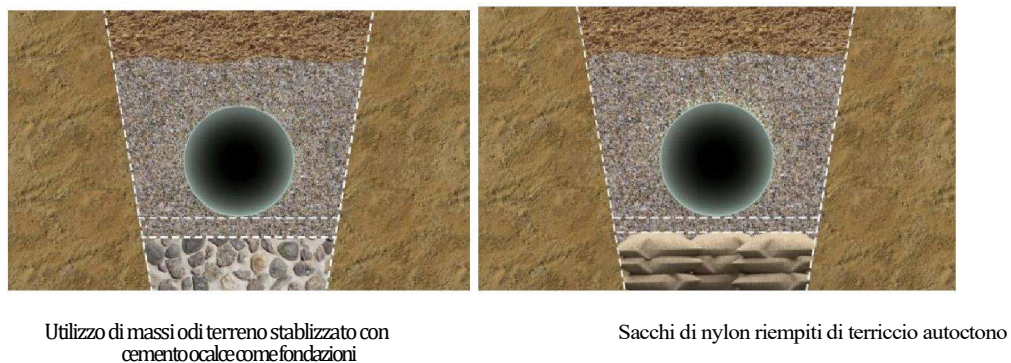
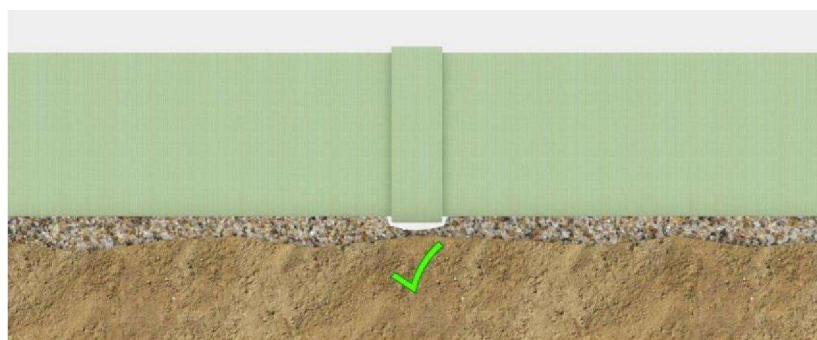


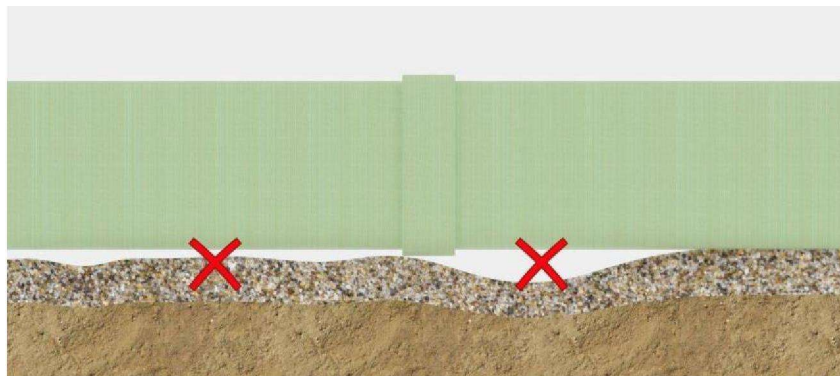
Figura 3.5 Fondazione

3.6.2 Letto di posa

Il letto di posa deve essere posizionato su un fondo solido, che può essere l'attuale fondo della trincea o la fondazione. Sotto il tubo deve essere previsto un letto uniforme, in modo che il peso del tubo sia trasmesso uniformemente al terreno (Figura 3.6). Per evitare un sovraccarico di peso sul giunto, il materiale di allettamento sotto il giunto deve essere svuotato in base alle dimensioni e alla forma del giunto (Figura 3.6a). Si raccomanda di utilizzare il materiale di riempimento iniziale per l'allettamento.



a) Un letto adeguato



Letto non corretto

Figura 3.6 Letto

3.7 Sovrascavo

Se il fondo della trincea viene scavato al di sotto della quota prevista, il fondo della trincea sovrascavo deve essere riempito con materiali di Classe I o Classe II oppure si devono seguire le istruzioni della Tabella 3-4.

3.8 Materiale per l'incorporazione

3.8.1 Descrizione

Il materiale di riempimento iniziale viene collocato intorno e sopra il tubo nella trincea dopo l'installazione meccanica. Il riempimento iniziale può includere aggregati naturali o roccia frantumata. La Tabella 3-3 mostra la classificazione del riempimento iniziale in base ai requisiti dell'installazione dei tubi in PRFV e la Tabella 3-4 mostra le considerazioni sull'installazione per i diversi materiali di riempimento iniziale.

Nella Tabella 3-3, la Classe I presenta la più alta compattabilità. In altre parole, raggiunge un certo grado di compattazione con poca energia compressiva e ottiene la massima rigidità e densità. I terreni di classe da I a IV sono consigliati come materiale di riempimento. La classe V non dovrebbe mai essere utilizzata per questo scopo. La Classe I è la più appropriata e la Classe IV è il materiale di riempimento più debole.

Tabella 3-3 Categorie di rigidità del terreno

Categoria di rigidità del suolo	Sistema di classificazione unificato dei suoli Gruppi di suoli
Classe I	Roccia frantumata: ≤15% di sabbia, di cui massimo il 25% passante al setaccio da 3/8 di pollice e massimo il 5% passante al setaccio No.200 (nota 3)
Classe II	Terreni puliti e a grana grossa: SW, SP, GW, GP, o qualsiasi terreno che inizi con uno di questi simboli con il 12% o meno di passaggio al setaccio No.200 (nota 4)
Classe III	Terreni a grana grossa con fini: GM, GC, SM, SC, o qualsiasi terreno che inizi con uno di questi simboli con più del 12% di fini Terreni sabbiosi o ghiaiosi a grana fine: CL, ML (o CL-ML, CL/ML, ML, CL) con più del 30% trattenuto da un setaccio No.200
Classe IV	Terreni a grana fine: CL, ML (o CL-ML, CL/ML, ML/CL) con il 30% o meno trattenuto da un setaccio No.200
Classe V	Terreni altamente plastici e organici: MH, CH, OL, OH, PT

Tabella 3-4 Raccomandazioni per l'installazione e l'uso di terreni e aggregati per le fondazioni e l'inglobamento di zone di tubazioni

Categoria di rigidità del terreno: vedere nota 1.	Classe I	Classe II	Classe III	Classe IV
Raccomandazioni generali e restrizioni	Accettabile o comune quando non è probabile una migrazione o se combinato con un mezzo filtrante geotessile. Adatto per l'uso come coperta di drenaggio e sottodrenaggio quando il materiale adiacente è adeguatamente classificato o quando viene utilizzato con un tessuto filtrante geotessile.	In presenza di gradiente idraulico, controllare la gradazione per ridurre al minimo la migrazione. I gruppi puliti sono adatti all'uso come coltre drenante e sottodrenaggio. Le sabbie fini uniformi (SP) con più del 50% di passaggio al setaccio n. 100 (0,15 mm) si comportano come limi e devono essere trattate come terreni SC3.	Non utilizzare quando le condizioni dell'acqua nella trincea impediscono un corretto posizionamento e compattamento. Non è raccomandato l'uso con tubi con rigidità pari o inferiore a 62kPa (SC=1250 Pa).	Difficile ottenere un'elevata rigidità del terreno. Non utilizzare quando le condizioni dell'acqua nella trincea impediscono un posizionamento e una compattazione adeguati. Non è raccomandato l'uso con tubi con rigidità pari o inferiore a 62kPa (SC=1250 Pa).

Fondazione	Adatta come fondazione e per sostituire il fondo di trincea sovrascavo e instabile come limitato in precedenza.	Adatto come sottofondo per la sostituzione di un fondo di trincea eccessivamente scavato e instabile, come limitato in precedenza. Installare e compattare in strati di 300 mm al massimo.	Adatto a sostituire il fondo della trincea scavata in eccesso, come limitato in precedenza. Installare e compattare in strati di 150 mm al massimo.	Non adatto.
Incasso della zona del tubo	Adatto come limitato sopra. Lavorare il	Adatto come limitato sopra. Materiale di lavoro	Adatto come limitato sopra. Difficile da	Adatto come limitato sopra. Difficile da

	materiale sotto il tubo per fornire un supporto uniforme per l'attaccatura.	sotto il tubo per fornire un supporto uniforme alla coscia.	e compattare nella zona della coscia.	e compattare nella zona della coscia.
Compattazione dell'incorporazione Densità minima raccomandata, SPD- Nota 2	Densità minima tipicamente ottenuta con il posizionamento in discarica.	85%	90%	95%
Sforzo di compattazione relativo richiesto per raggiungere la densità minima	Basso	Moderato	Alto	Molto alto
Metodi di compattazione	Vibrazioni o urti	Vibrazioni o urti	Impatto	Impatto
Controllo dell'umidità richiesto	Nessuno	Nessuno	Mantenere il valore vicino a quello ottimale per ridurre al minimo lo sforzo di compattazione.	Mantenere il valore vicino a quello ottimale per ridurre al minimo lo sforzo di compattazione.

Nota 1. I materiali SC5 non sono adatti per il riempimento. Possono essere utilizzati come riempimento finale secondo quanto consentito dall'ingegnere.

Nota 2. SPD è la densità proctor standard determinata con il metodo di prova ASTM D698 (AASHTO T-99).

3.8.2 Dimensione massima delle particelle del materiale di riempimento iniziale

Le dimensioni massime delle particelle per il reinterro iniziale sono limitate in base al diametro del tubo, vedi Tabella 3-5. Poiché il reinterro iniziale è posto a strati, la dimensione massima delle particelle consentita non deve superare il 75% dello spessore dello strato.

Tabella 3-5 Dimensione massima delle particelle per il reinterro iniziale

Diametro nominale (D_i)	Dimensione massima delle particelle
<i>mm</i>	<i>mm</i>
$D_i \leq 450$	13
$450 < D_i \leq 600$	19
$600 < D_i \leq 900$	25
$900 < D_i \leq 1200$	32
$1200 < D_i$	38

Nel caso in cui il rinterro finale includa ciottoli (particelle superiori a 75 mm) o massi, lo

spessore minimo del rinterro iniziale sopra il vertice del tubo non deve essere inferiore a 300 mm.

Per posizionare il rinterro finale, non è consentito scaricare o far rotolare ciottoli di dimensioni superiori a 200 mm o massi sul rinterro iniziale da un'altezza superiore a 1,8 m, a meno che l'altezza del rinterro iniziale sul vertice del tubo non sia superiore a 600 mm.

3.8.3 Contenuto di umidità dei materiali da incasso

Il contenuto di umidità dei materiali di incorporamento influisce sulla loro compattabilità. Il tubo può ovalizzarsi perché non ha raggiunto il grado di compattazione necessario. Per questo motivo, il contenuto di umidità viene solitamente controllato a $\pm 3\%$ del valore ottimale per i terreni di Classe I e Classe II. I terreni sopra citati sono a drenaggio libero e non è necessario controllare il loro contenuto di umidità per ottenere la massima compattazione.

3.8.4 Compatibilità del tubo e del riempimento

La deflessione del tubo aumenta quando un tubo a bassa rigidità (inferiore a 2500 Pa) viene annegato in materiali di riempimento con grandi sforzi di compattazione. Si raccomanda di annegare i tubi con rigidità pari o inferiore a 1250 Pa solo in terreni di Classe I o II.

4. Tubazioni e installazione in trincea

4.1 Posizionamento dei tubi

I tubi e i giunti all'interno della trincea devono essere posizionati in modo che il fondo del tubo corrisponda alla pendenza, all'allineamento e alla direzione desiderati. Per garantire condizioni di supporto uniformi per i tubi, è necessario seguire le istruzioni della sezione 3.6.2.

Ogni volta che la tubazione si interrompe, deve essere protetta contro lo spostamento e anche l'estremità aperta del tubo deve essere chiusa per evitare l'ingresso di acqua, fango, materiali estranei o animali. Nei casi particolari in cui la tubazione deve essere installata lungo la curva, la deflessione angolare del raccordo (cambio di direzione assiale) e il raggio di curvatura della tubazione devono essere mantenuti entro l'intervallo di progetto accettabile.

Pertanto, si raccomanda di posizionare il diametro maggiore in direzione

verticale lungo il fondo della trincea, poiché questa azione non solo semplifica il processo di incollaggio, ma aiuta anche a bilanciare la deflessione dopo il posizionamento dei materiali di incorporamento.

4.2 Riempimento e compattazione

Durante il rinterro, il materiale di incorporamento intorno al tubo nel fosso deve essere posizionato manualmente o con strumenti appropriati per diventare completamente compatto (Figura 4.1). Il tubo non deve essere spostato o danneggiato durante il rinterro. Inoltre, i dispositivi di compattazione non devono essere a contatto diretto con il tubo o danneggiarlo.

L'installazione di un tubo in ambienti esposti a forti assestamenti, come in prossimità di fondazioni di strutture, discariche o terreni altamente instabili, richiede considerazioni ingegneristiche particolari. Se necessario, contattare l'azienda produttrice.

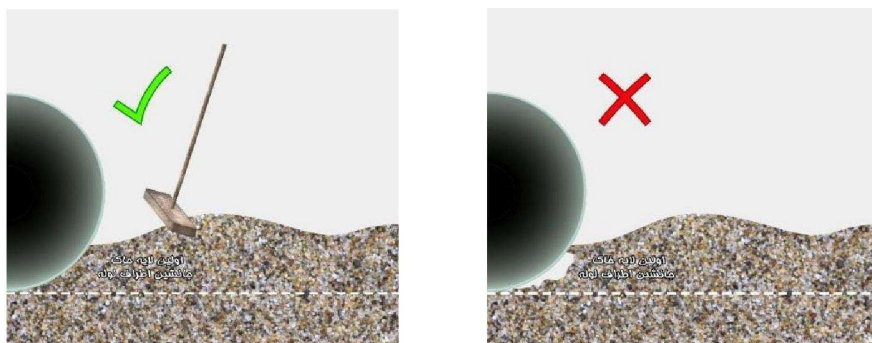


Figura 4.1 Compattazione appropriata del grappolo

4.3 Tipi di installazioni

Il tipo di installazione viene determinato in base alle caratteristiche locali del terreno, ai materiali di incorporamento intorno al tubo, alla profondità di interrimento, alle condizioni di sopraelevazione, alla rigidità del tubo e alle condizioni di prestazione (l'esistenza di aspirazione o di acque sotterranee).

Installazione di tipo I: Dopo la preparazione del letto di posa in conformità con la sezione 2.5.3, il materiale di fondazione intorno al tubo deve essere posizionato a 150-300 mm sopra il vertice del tubo e deve essere compattato nella misura richiesta (Figura 4.2). Non è necessaria la compattazione del materiale di incorporamento su tubi con una bassa pressione di esercizio ($PN \leq 1$ bar) e senza carico di traffico. Per proteggere i tubi durante il processo di compattazione con tamper a impatto e rulli vibranti, lo spessore minimo richiesto del terreno sul tubo, in base al peso dell'attrezzatura, è stato presentato nella Tabella 4-1.

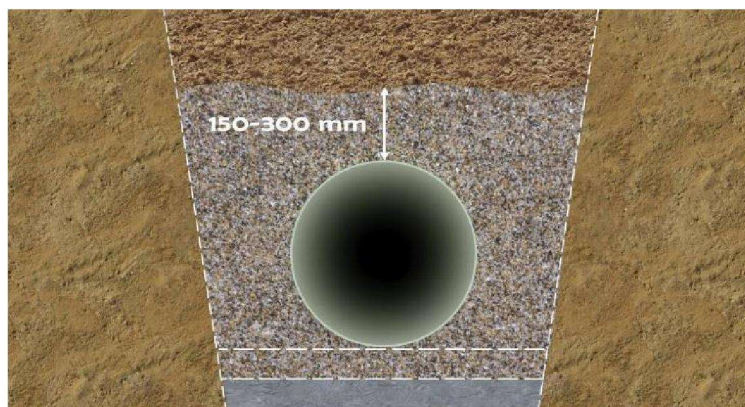


Figura 4.2 Installazione di tipo I

Tabella 4-1 Spessore minimo richiesto del terreno sulla tubazione in base al peso dell'attrezzatura di compattazione

Quantità minima di copertura del tubo (mm)		Peso dell'attrezzatura (kg)
Rullo vibrante	Manomissione a impatto	
-	-	<50
150	250	50-100
200	350	100-200
300	450	200-500
450	700	500-1000
600	900	1000-2000
800	1200	2000-4000
1000	1500	4000-8000
1200	1800	8000-12000
1500	2200	12000-18000

Installazione di tipo II: dopo aver preparato il letto di posa in base alla sezione 3.5.2, il rilevato intorno al tubo deve essere posizionato e compattato allo 0,6% del diametro del tubo (Figura 4.3). Quindi la trincea deve essere riempita in modo che il terreno sul tubo abbia un diametro di 150-300 mm al vertice del tubo e raggiunga la compattazione minima di cui alla Tabella 3-4. L'uso del tipo di installazione II è sconsigliato nelle zone paludose, in luoghi con terreni poveri e inadeguati, con tubi di basso diametro e in aree con carichi di traffico pesanti.

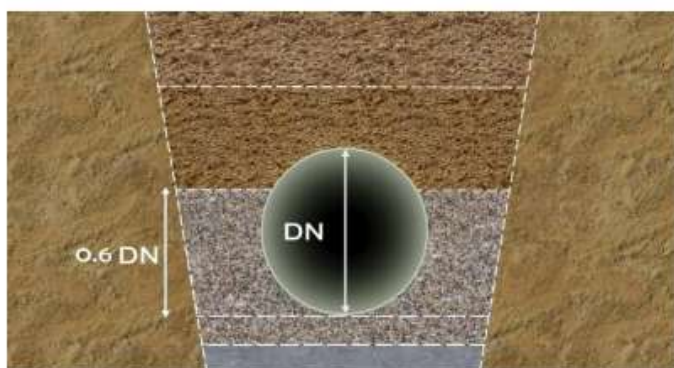


Figura 4.3 Installazione di tipo II

4.2 La compattazione dei materiali di fondazione

Alcuni importanti suggerimenti pratici per la compattazione del terreno sono stati riassunti nella Tabella 4-2.

- Terreno con pochi fini (terreni di CLASSE I e CLASSE II con meno del 5% di fini)
- La densità richiesta deve essere fornita in base alla Tabella 3-4. Nel caso in cui sia necessaria la compattazione, si dovrà utilizzare un'apparecchiatura di vibrazione manuale.
- Terreni contenenti alcuni fini (CLASSE II con 5-12% di fini)
- Questi terreni si comportano come terreni contenenti una quantità significativa di fini. Il metodo di compattazione dovrebbe portare alla massima densità in situ.
- Terreni contenenti una quantità significativa di fini (CLASSE III e CLASSE IV)

Questi terreni devono essere compattati con un tamper a impatto. La densità deve essere determinata in base alla norma ASTM D698 (Standard Proctor). La densità massima si ottiene con l'umidità ottimale. Quando il contenuto di umidità del suolo è nell'intervallo del 2% di umidità ottimale, è necessaria meno energia per raggiungere una densità specifica. Per gradi di compattazione pari o superiori al 90% della densità Standard Proctor, lo spessore dello strato non deve superare i 150 mm.

Tabella 4-2 Raccomandazioni importanti per la compattazione del materiale di incorporamento

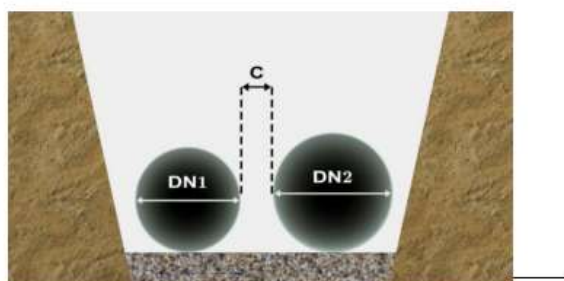
Tipo di incorporazione	Lo spessore dello strato in caso di utilizzo di un tamper a impatto	Lo spessore dello strato nel caso di utilizzo di un vibratore a piastra superficiale	Suggerimenti
Classe I		300 mm	2 passate del compattatore sono sufficienti per raggiungere il grado di compattazione richiesto

Classe II		200-250 mm	Sono sufficienti da 2 a 4 passaggi del compattatore, a seconda dello spessore e del peso dell'unità.
Classe III	100-200 mm		Lo spessore dello strato e il numero di passate dipendono dalla densità richiesta. L'umidità deve essere compresa nell'intervallo ottimale.
Classe IV	100-150 mm		La necessità di compattare l'energia è considerevole. L'umidità deve essere nell'intervallo ottimale. È necessario garantire la compattazione richiesta.

- Test di compattazione

Il monitoraggio della compattazione e dell'annegamento del letto di posa durante l'installazione di tubi flessibili è importante. Il martello a percussione Clegg è una buona alternativa per misurare la compattazione in laboratorio che, oltre a poter effettuare test rapidi in loco, si adatta bene ai progetti di installazione di condotte. Un altro vantaggio di questo metodo è l'utilizzo dei risultati ottenuti come stima appropriata del modulo di deformazione del terreno.

4.3 Posizionamento di più tubi all'interno di una trincea



Profondità di sepoltura	Distanza libera tra i tubi (C)**
-------------------------	----------------------------------

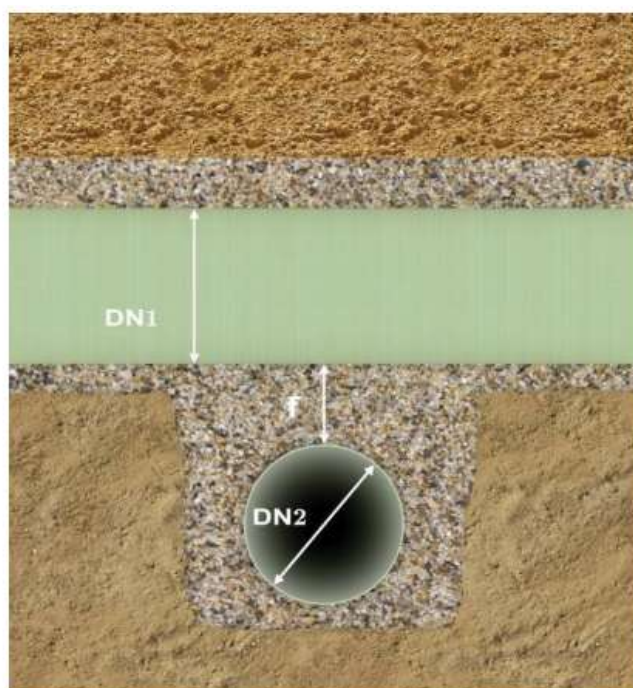
Fino a 3,5 metri	$C \geq \frac{(DN_1 + DN_2)}{6}$
------------------	----------------------------------

Più di 3,5 metri	$C \geq \frac{(DN_1 + DN_2)}{4}$
** A condizione che non sia inferiore a 150 mm e che vi sia spazio sufficiente per posizionare e compattare l'incorporazione.	

Figura 4.4 Distanza libera tra due tubi in una trincea

4.3 Crossover del tubo

Quando due tubi si incrociano, la distanza verticale tra le pareti esterne dei due tubi deve essere conforme ai requisiti di cui alla figura 4.5.



Profondità di sepoltura (dal vertice di il tubo superiore al livello del suolo)	La distanza verticale tra i tubi
Fino a 3,5 metri	$f \geq \frac{(DN_1 + DN_2)}{6}$
Più di 3,5 metri	$f \geq \frac{(DN_1 + DN_2)}{4}$

**A condizione che non sia inferiore a 150mm

Se un tubo deve essere posizionato sotto un tubo preinstallato, il tubo esistente deve essere ancorato utilizzando un supporto appropriato nella direzione

perpendicolare alla nuova trincea. Si consiglia di avvolgere il tubo con strisce protettive. Dopo l'installazione della nuova tubazione, è necessario posizionare un materiale di fondazione adeguato in modo da creare un supporto appropriato per entrambe le tubazioni. Il materiale di incorporamento deve espandersi per una lunghezza doppia rispetto al diametro di ciascuna trincea (Figura 4.6).

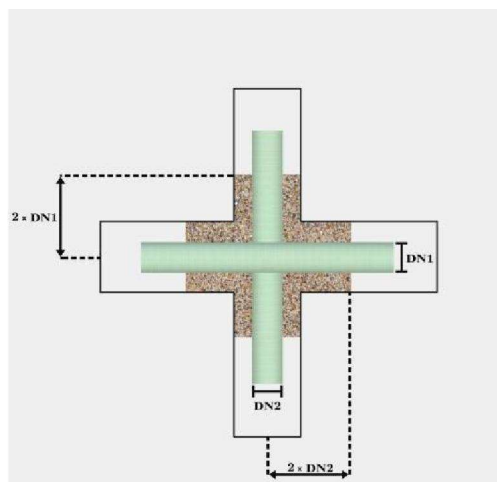


Figura 4.6 L'espansione del materiale di incorporamento doppia rispetto al diametro in ogni trincea

4.5 CLSM

L'uso di materiale controllato a bassa resistenza (CLSM) è un sostituto appropriato per l'incorporazione. Il CLSM è costituito da una combinazione di terreno, ceneri volanti, acqua e una piccola quantità di cemento e nella letteratura tecnica è noto anche come Flowable Fill o Lean Fill. L'utilizzo di questo metodo aumenta la resistenza e la rigidità del terreno e negli ultimi anni è stato utilizzato come una combinazione appropriata per l'incorporazione. Il composto CLSM, oltre ad avere un'adeguata resistenza alla compressione (Figura 4.7), deve avere una buona fluidità (Figura 4.8) e la possibilità di scavare per eventuali riparazioni future. La miscela di CLSM contiene una quantità significativa di acqua per controllare la fluidità. Per ogni tipo di terreno, è necessario fornire un progetto di miscela adeguato. Nella Figura

4.9 si osserva una tipica installazione di tubi interrati con il metodo CLSM.



Figura 4.7 CLSM Prova di resistenza alla compressione non confinata del CLSM in base alla norma ASTM D4832



Figura 4.8 Test di fluidità del CLSM secondo ASTM D6103



Figura 4.9 Installazione di un tubo interrato in PRFV con il metodo CLSM

La base di progettazione del composto CLSM è conforme alle norme ACI 229R, ASTM C33, ASTM D4832, ASTM D6103 e ASTM D5971.

I vantaggi e le sfide di questo approccio sono stati presentati di seguito.

. Vantaggi

- L'installazione corretta della zona di aggraffatura ha un grande effetto sul comportamento del tubo. Il vantaggio più importante di questo metodo è che, grazie alla fluidità della miscela, la zona di grappolo viene completamente riempita senza bisogno di compattazione.
- Dopo l'indurimento del conglomerato CLSM, l'intero sistema terreno-tubo funziona in modo coerente, distribuendo il carico tra il tubo e il terreno circostante.
- Se si dispone dei macchinari necessari, i costi e i tempi di implementazione del CLSM sono inferiori a quelli di altri metodi.
- In questo metodo, la larghezza della trincea diminuisce.
- Nei luoghi in cui il livello delle acque sotterranee è elevato, questo metodo può essere attuato utilizzando misure come il tubo Tremie o lo scivolo.
- Si tratta di un buon metodo per rimuovere il filtro o il geotessile nei punti in cui è prevista la migrazione dei fini.
- La velocità di implementazione di questo metodo in progetti di grandi dimensioni è competitiva con quella del metodo di riempimento in terra.

- **Sfide**

- In questo metodo, a causa del flusso del CLSM, la forza di galleggiamento deve essere controllata in modo che il tubo non si muova verso l'alto.
- La velocità di colata del CLSM intorno al tubo dipende dal tempo di presa iniziale che è influenzato dai componenti del CLSM.
- Per questo lavoro devono essere disponibili in loco macchinari adeguati.
- Durante l'installazione è necessario effettuare un controllo continuo della qualità e prelevare in loco campioni per le prove di fluidità e compressione.

4.6 Copertura minima

Per evitare che il tubo si deformi oltre il limite consentito, causando danni, è essenziale rispettare la profondità minima di interrimento del tubo. La profondità minima di interrimento in ogni progetto deve essere calcolata in base alle specifiche di prestazione, tra cui il diametro e la rigidità del tubo, il tipo e la rigidità del terreno locale, il tipo e l'entità del carico, ecc. Si raccomanda di chiedere al produttore, al momento dell'acquisto del tubo, di fornire i calcoli relativi alla copertura minima in base alle condizioni del progetto.

È obbligatorio rispettare la profondità minima di interrimento in proporzione alle seguenti condizioni.

- **La presenza di un carico di traffico**

Le tabelle 4-3 e 4-4 indicano la profondità minima di interrimento per una tubazione interrata esposta a un carico vivo pari a AASHTO H-20 o compattata da un idrocoltivatore. In caso di carico di traffico vivo, la compattazione dell'interrimento della tubazione deve basarsi sulla compattazione minima richiesta secondo la Tabella 3-4. Nei luoghi in cui il carico dei macchinari e delle attrezzature di costruzione è elevato (gru, attrezzature di scavo o veicoli con un carico superiore a AASHTO H-20), la profondità minima di interrimento deve essere aumentata o devono essere costruite strutture speciali come lastre di cemento in modo da ridurre il carico esercitato sul tubo.

Tabella 4-3 Profondità minima di interrimento per diversi tipi di terreno

Descrizione	Profondità minima di interrimento (m)	
	Classe di suolo I	Suoli Classe II, Classe III, Classe IV
Carico vivo pari a AASHTO H-20	0.6 m	1
Idrohammer	1.2	1.2

Tabella 4-4 Profondità minima di interrimento per diversi carichi di traffico

Tipo di carico	Carico da traffico (peso della ruota) (kN)	Profondità minima di interrimento (m)
----------------	--	---------------------------------------

AASHTO H20	72	1.0
AASHTO H25	90	1.5
ATV LKW 12	40	1.0
ATV SLW 30	50	1.0
ATV SLW 60	100	1.5
Cooper E80	Ferrovia	3.0

• **Livello elevato delle acque sotterranee (pressione di sollevamento)**

Nella Tabella 4-5 è stata presentata la copertura minima del terreno al di sopra del tubo per diverse pressioni di esercizio e diametri.

Tabella 4-5 La copertura minima del terreno al di sopra del tubo per diverse pressioni di esercizio e diametri

Pressione (bar)	Diametro	Copertura minima
Tubo vuoto di fluido	Tutti i diametri	Pari al diametro della tubazione (terreno) densità di almeno 1900 kg/m ³)
Meno di 16 bar	Tutti i diametri	I requisiti minimi
16 bar e oltre	Tubo da 300 mm e oltre	2.1 m
16 bar e oltre	Meno di 300 mm	0.8 m
Durante l'idrotest (meno di 16 bar)	Tutti i diametri	I requisiti minimi (il i giunti non possono essere coperti con materiali di riempimento)
Durante l'idrotest (16 bar e più) per i tubi nello stesso allineamento	Tutti i diametri	I requisiti minimi (riempimento deve essere effettuata sugli accoppiamenti fino al

		verdice)
--	--	----------

Durante l'idrotest (16 bar e in più) per tubi con deviazione angolare	Tutti i diametri	Sia il tubo che il giunto devono essere interrati fino alla copertura minima.
---	------------------	---

- **Profondità di congelamento del suolo**

La profondità di congelamento del suolo viene calcolata in base all'ubicazione del progetto e alle norme pertinenti; la copertura minima del tubo deve essere considerata in modo tale che il vertice del tubo rientri nella profondità di congelamento del suolo.

- **Pressione negativa (vuoto)**

In condizioni di pressione negativa (vuoto), la copertura minima del terreno sul tubo è di 1,0 m, in modo da creare un supporto del terreno con una stabilità adeguata. Nel caso in cui si verifichi una pressione negativa nella tubazione, contattare il produttore.

4.7 Deviazione del tubo

Dopo aver posizionato il terreno di fondazione sul tubo, è necessario esaminare le deflessioni a breve (ovalizzazione) e a lungo termine dei tubi. Nella Tabella 4-6 e nella Tabella 4-7 si possono osservare i valori ammissibili delle deflessioni a breve e a lungo termine dei tubi.

Tabella 4-6 Deformazione ammissibile a breve termine del tubo

Diametro del tubo	Deviazione del tubo (diametro percentuale)
Grandi diametri ($DN \geq 300$)	3.0
Piccoli diametri ($DN \leq 250$)	2.5

Tabella 4-7 Deformazione ammissibile a lungo termine del tubo

Diametro del tubo	Deviazione del tubo (percentuale del diametro)
≥ 300	5
< 300	4

La percentuale di deformazione del tubo viene calcolata in base alle seguenti equazioni:

Percentuale di deviazione del tubo =

$$ID \text{ effettivo} = ID \text{ effettivo} - ID$$

ver
tica
la

	dopo l'installazione	
	ID effettivo	
		X 100
ID verticale + ID orizzontale		
2		

L'abbreviazione "ID" in queste equazioni sta per "diametro interno", secondo la Fig. 10.4.

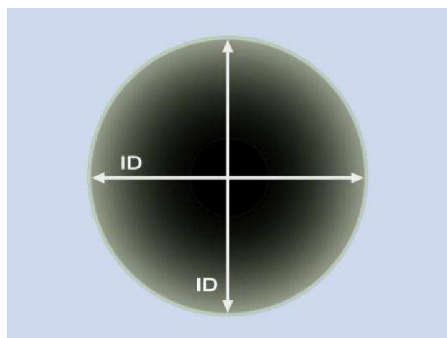


Figura 4.10 ID verticale e orizzontale

4.8 Correzione della deflessione eccessiva del tubo oltre il limite consentito

I tubi soggetti a una deformazione superiore ai valori consentiti dalle tabelle 6.4 e 7.4 devono essere corretti.

In caso di deviazioni superiori al limite consentito, è necessario eseguire la seguente procedura correttiva:

- Il terriccio o qualsiasi tipo di sovrastante sul tubo deve essere rimosso in modo che la deformazione torni al limite consentito.
- Il tipo di terreno e la compattazione del suolo intorno al tubo, soprattutto nella zona della cunetta, devono essere analizzati e, se necessario, corretti.
- Devono essere studiati i requisiti generali di installazione, tra cui l'idoneità della rigidità del tubo per le profondità di interramento correnti, e i requisiti specifici di installazione, come il livello delle acque sotterranee, la migrazione dei materiali fini e così via.

Dopo aver effettuato le correzioni, le deflessioni dei tubi devono essere riesaminate e si deve verificare che rientrino nell'intervallo consentito. Inoltre, in tutte le fasi della correzione, i tubi e i raccordi devono essere protetti da eventuali danni. I tubi con deviazioni oltre il limite consentito non devono mai essere riportati alla loro forma circolare applicando una forza di compressione.

4.9 Considerazioni speciali

4.9.1 Migrazione

La migrazione di materiali a grana fine dalla zona di inglobamento del tubo può causare una significativa perdita di supporto del tubo e, di conseguenza, l'ovalizzazione del tubo oltre i

limiti di progetto. Per prevenire la migrazione, quando il terreno nativo è composto principalmente da materiali fini, è necessario prevedere un'intercapedine.

Il terreno livellato non deve essere utilizzato come materiale di fondazione, a meno che non sia previsto un geotessile o un filtro per il terreno che ne impedisca la migrazione.

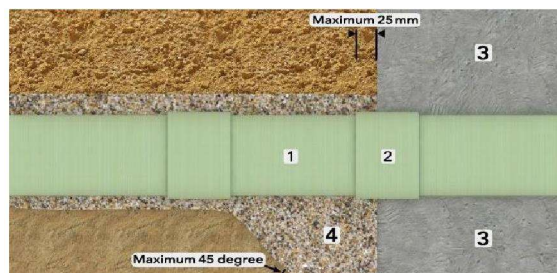
La migrazione può avvenire a causa del flusso delle acque sotterranee, del gradiente idraulico all'interno della trincea durante l'installazione e dell'acqua sotterranea durante il servizio della condotta. Pertanto, deve essere prevenuta con soluzioni ingegneristiche. Per limitare la migrazione dei fini in presenza di gradiente idraulico, è necessario utilizzare i seguenti criteri di gradazione dei filtri:

- $D_{15}/d_{85} < 5$ dove D_{15} è la dimensione dell'apertura del setaccio che passa il 15% del peso del materiale più grossolano e d_{85} è la dimensione dell'apertura del setaccio che passa l'85% del peso del materiale più fine.
- $D_{50}/d_{50} < 5$ dove D_{50} è la dimensione dell'apertura del setaccio che passa il 50% del peso del materiale più grossolano e d_{50} è la dimensione dell'apertura del setaccio che passa il 50% del peso del materiale più fine. Questo criterio non deve essere applicato se il materiale più grossolano è ben classificato (vedere ASSTM D2487).
- Se il materiale più fine è un'argilla di media o alta plasticità (CL o CH), il criterio seguente può essere utilizzato al posto dei criteri D_{15}/d_{85} .
- $D_{15} < 0,5 \text{ mm}$ dove D_{15} è la dimensione dell'apertura del setaccio che passa il 15% del peso del materiale più grossolano.
- I criteri di cui sopra potrebbero dover essere modificati se uno dei materiali è classificato come gap.

I materiali selezionati per l'uso in base ai criteri di gradazione del filtro devono essere manipolati e collocati in modo da ridurre al minimo la segregazione.

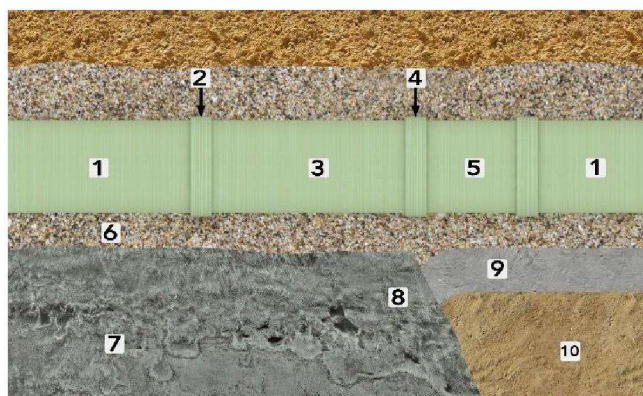
4.9.2 Caricamento localizzato

Nei casi in cui le tubazioni passino sopra altre utenze o strutture del sottosuolo o in presenza di fondazioni speciali, come pali rivestiti di calcestruzzo o teli, è necessario provvedere al carico localizzato per ridurre al minimo l'assestamento differenziale (Figura 4.11 e Figura 4.12). Prevedere un cuscinetto minimo di 300 mm di spessore tra il tubo e il punto di sollecitazione del carico localizzato o un riempimento compattato tra il tubo e qualsiasi punto di carico localizzato.



		descrizione
1	Tubo corto	Lunghezza massima: minore di 2 m e 2*DN Lunghezza minima: minore di 1m e 1*DN
2	Accoppiamento	
3	Struttura rigida	
4	Area sotto il pezzo corto	Questa zona deve essere riempita con il riempimento iniziale. materiale e compattato

Figura 4.11 prevenzione dell'assestamento differenziale quando la condotta è collegata a strutture rigide per mezzo di un tubo corto



		Descrizione
1	Sezione del tubo standard	
2	Accoppiamento	
3	Sezione trucco	
4	Giunto flessibile situato nel punto di consegna	
5	Tubo corto	Lunghezza massima: minore di 2 m e 2*DN Lunghezza minima: minore di 1m e 1*DN
6	Letto	
7	Roccia	
8	Punto di consegna	
9	Fondazione (se richiesta)	
10	Terreno nativo	

Figura 4.12 prevenzione dell'assestamento differenziale quando il tipo di terreno sotto il tubo cambia drasticamente in rigidità

4.9.3 La densità minima del materiale da incasso

La densità minima del materiale da incasso varia a seconda del progetto. La rigidità minima consentita è indicata nella Tabella 3-4.

4.9.4 Densificazione tramite acqua

La densificazione dell'inglobamento della zona del tubo con l'acqua (getto o saturazione con vibrazione) deve essere effettuata solo in condizioni controllate.

4.9.5 Terreni problematici

I terreni problematici non hanno la forza necessaria per formare il sistema terreno-tubo. I metodi di miglioramento del suolo devono essere applicati a questi terreni in modo che possano essere utilizzati come materiale di incorporamento.

4.9.6 Miglioramento del suolo

Il miglioramento o la stabilizzazione del terreno è un metodo alternativo per l'installazione delle tubazioni in assenza di un adeguato sottofondo o quando non è disponibile in abbondanza, ecc. Per il miglioramento del terreno si possono utilizzare terreni di CLASSE II e CLASSE III,

Una pratica comune è quella di posizionare il terreno migliorato in strati con materiali diversi, come cemento o calce, e successivamente fornire il grado di compattazione richiesto.

- **Rinterro stabilizzato con cemento**

Come materiale di fondazione si può usare una miscela di terra sabbiosa e cemento. Prima che il riempimento stabilizzato faccia presa, deve essere compattato alla densità richiesta. Il riempimento stabilizzato fa presa in uno o due giorni e quindi la copertura viene posizionata al livello del terreno. La profondità massima della copertura è di 5 m.

L'impasto comprende da 4 a 5 parti di cemento Portland di tipo 3, 100 parti di terreno (peso a secco) e il 12% di acqua ($\pm 6\%$). Il contenuto naturale di umidità del terreno influenza la quantità di acqua da aggiungere. La pratica comune è quella di stendere uno strato di terreno di riporto e un sottile strato di cemento su di esso, quindi mescolare a mano con una zappa o qualsiasi altro dispositivo appropriato. È importante notare che l'impasto deve essere posato in un tempo massimo di 2 ore.

Per compattare il riempimento stabilizzato con cemento accanto al tubo, è necessario utilizzare un compattatore whacker. Per profondità di copertura inferiori a 2 m e per uno spessore massimo di sollevamento di 300 mm, di solito è sufficiente una sola passata del compattatore. Per profondità di copertura superiori, è necessario un livello di riempimento più elevato.

La compattazione è necessaria se la copertura deve essere posata prima che il riempimento stabilizzato con cemento abbia il tempo sufficiente per indurire.

Altri usi pratici dei rinterri stabilizzati con cemento sono quelli intorno ai blocchi di spinta o alle camere delle valvole. Si raccomanda l'uso di un riempimento stabilizzato in caso di sovrascavi significativi.

5. Tipi di giunti e installazione meccanica

In generale, esistono due categorie di giunti per i tubi in PRFV:

5.1 Panoramica

- **Giunti flessibili**

- Giunto in fibra di vetro (REKA)
- Accoppiamento in acciaio
- Accoppiamento Viking-Johnson

- **Giunti vincolati**

- Campana e rubinetto
- Accoppiamento incollato -
Culetto e involucro
- Giunti flangiati
- Serratura a chiave
- Filettato

L'installazione meccanica di tubi monoassiali e biassiali può essere effettuata con i seguenti tipi di giunti.

Tubi monoassiali con giunti flessibili (accoppiamento incollato, accoppiamento meccanico) e giunti vincolati (giunti di testa e giunti flangiati)

Tubi biassiali con giunti vincolati (accoppiamento incollato, campana & spigot, laminazione), filettati, flangiati e con chiusura a chiave)

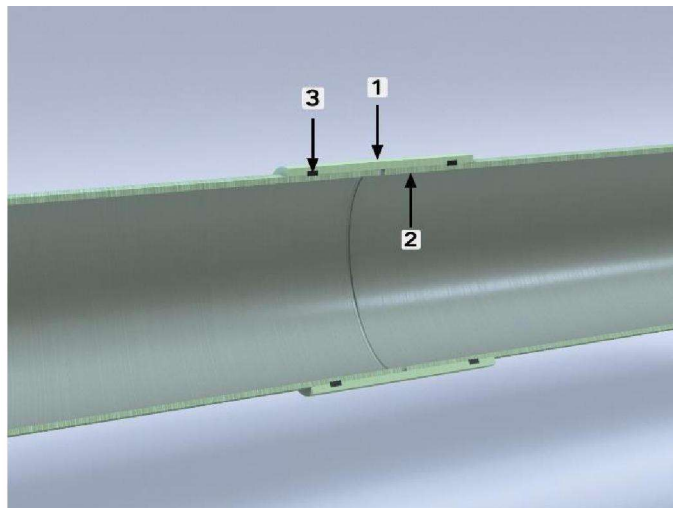
In questo capitolo verranno illustrati i vari tipi di giunti.

5.2 Giunti flessibili per tubi monoassiali

5.2.1 Giunto in fibra di vetro (REKA)

È conveniente inviare i tubi in cantiere con i giunti installati a un'estremità. Se i giunti non sono premontati, devono essere montati sui tubi sul lato della trincea prima di posarli sul letto

di posa. I giunti sono dotati di un fermo in gomma al centro. Un segno sul raccordo aiuta a determinare quando un tubo è completamente inserito in un raccordo (Figura 5.1).



1	accoppia mento
2	Raccord o
3	Tappo

Figura 5.1 Un giunto in fibra di vetro

Per l'installazione del giunto, dopo lo scavo della trincea e la predisposizione del letto di posa, è necessario adottare le seguenti misure:

- Passo 1

Poiché un tubo non deve mai poggiare sul giunto, è importante scavare più terra sotto il giunto per garantire un supporto adeguato e uniforme al tubo (vedere Figura 3.6).

- Passo 2

Le scanalature e gli anelli di guarnizione in gomma devono essere privi di olio o sporco. Pertanto, è necessario pulirli accuratamente (Figura 5.2).



Figura 5.2 Pulizia delle scanalature dell'accoppiamento

- Passo 3

La guarnizione in gomma è più grande della circonferenza della scanalatura per garantire la tenuta stagna del giunto e per evitare che la guarnizione fuoriesca dalla scanalatura. Per installare la guarnizione in gomma nella scanalatura del giunto, è necessario posizionarla liberamente nella scanalatura in modo che le nervature della guarnizione siano rivolte verso l'interno del giunto. Quindi, la lunghezza extra della guarnizione deve essere formata da due o quattro sporgenze (gobbe) come mostrato nella Figura 5.3. Le sporgenze devono essere spinte senza problemi. Le sporgenze devono essere spinte dolcemente per inserirsi nella scanalatura. Infine, la guarnizione deve essere spinta circonferenzialmente per garantire una distribuzione uniforme della guarnizione intorno alla scanalatura. A tale scopo si può utilizzare un martello di gomma. La guarnizione deve fuoriuscire dal bordo della scanalatura in modo uniforme su tutta la circonferenza.



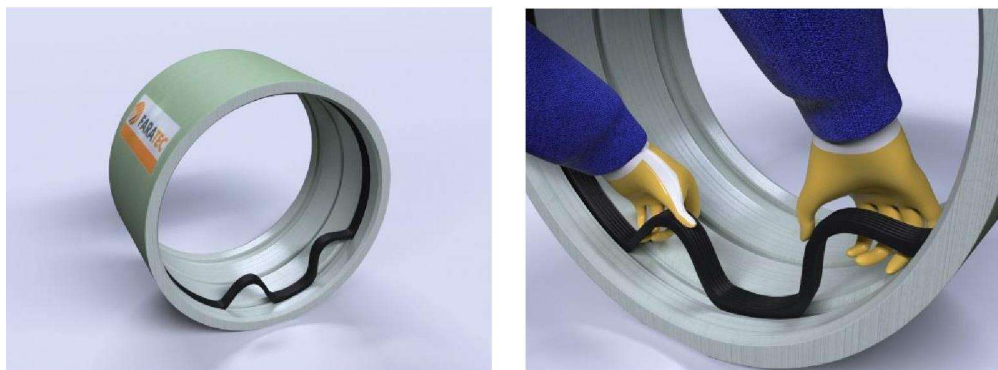


Figura 53 Installazione della guarnizione in gomma nella scanalatura

- Passo 4

I raccordi dei tubi devono essere completamente puliti. Rimuovere sporco, grasso ecc. dai raccordi. Controllare che la superficie di tenuta dei raccordi non sia danneggiata. Lubrificare i raccordi dall'estremità del tubo fino al segno di allineamento (vedere Figura 5.4). Il giunto e i raccordi devono essere puliti durante tutto il processo di giunzione, soprattutto dopo la lubrificazione. Posizionare un panno o un foglio di plastica sotto l'area di giunzione può essere di grande aiuto per mantenere pulite le estremità dei raccordi e le guarnizioni. Lubrificare la guarnizione (Figura 5.5) per facilitare il processo di installazione con i lubrificanti.

Non utilizzare in nessun caso oli minerali, grassi o lubrificanti a base di petrolio, poiché causano il degrado a lungo termine della guarnizione di gomma.



Figura 54 lubrificazione dei raccordi

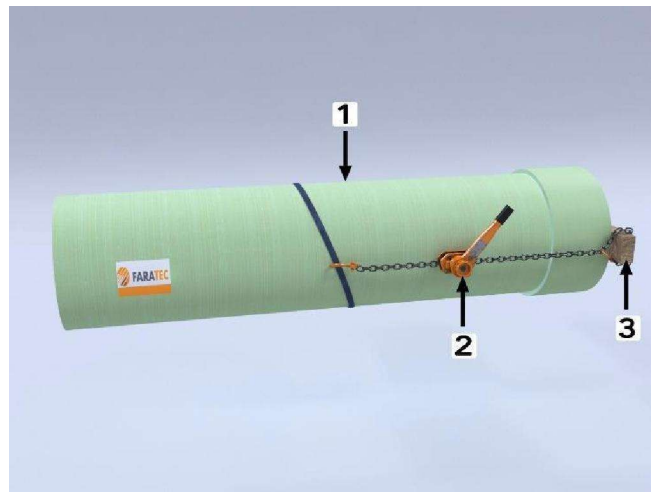


Figura 55 Lubrificazione della guarnizione

- **Giunzione di tubi e raccordi in cantiere**

Se i giunti non sono stati installati in fabbrica, procedere come indicato di seguito.

Collocare un morsetto o un'imbragatura intorno al tubo a una distanza di 1-2 m dal raccordo. Il raccordo non deve poggiare sul terreno (almeno 100 mm sopra il livello del suolo). Posizionare il raccordo sull'estremità del raccordo e collocare una tavola di 50×100 mm sul retro del raccordo, come illustrato nella Figura 5.6. Il raccordo può essere tirato in posizione. Il giunto può essere tirato in posizione con l'aiuto di due martinetti tra il legno e il morsetto. Questa operazione deve essere continuata fino a quando il giunto non raggiunge il segno di allineamento o fino a quando l'asta non tocca l'arresto centrale in gomma. L'imbracatura avvolta è illustrata nella Figura 5.7.



1	morsetto
2	jack "come-along"
3	Legno 50×100 mm

Figura 5.6 Il giunto di accoppiamento



Figura 5.7 Un'imbracatura avvolta

- **Giunzione di tubi con martinetti a molla** Per unire i tubi mediante un morsetto o un'imbracatura e i martinetti, procedere come segue.

- Passo 1

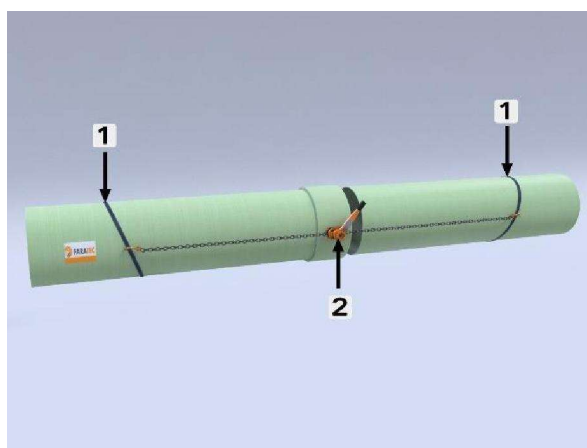
Posare il tubo con il giunto installato sul fondo dello scavo. Assicurarsi che il tubo non poggi sul giunto scavando troppo al di sotto di quest'ultimo.

- Passo 2

Posizionare i morsetti o le imbracature sui tubi adiacenti da collegare. Per evitare di danneggiare il tubo, i morsetti devono essere imbottiti.

- Passo 3

Per mezzo di martinetti, il tubo può essere tirato in posizione nel giunto (Figura 5.8). Il tubo deve essere tirato fino a raggiungere il segno di allineamento o a toccare l'arresto centrale in gomma.



1	imbracatura avvolta
2	Jack per il trasporto

Figura 5.8 Giunzione di tubi con un morsetto e un martinetto di sollevamento

- **Deviazione angolare consentita del giunto per adattarsi alle curve nell'installazione della tubazione**

La deflessione angolare consentita del giunto può essere utilizzata per adattarsi ai cambiamenti di direzione della tubazione in senso verticale o orizzontale.

Poiché viene utilizzata la capacità angolare ultima del giunto, è necessario rispettare pienamente i requisiti di installazione, come l'uso di materiali adeguati per l'incasso e la compattazione. La deflessione angolare massima combinata verticale e orizzontale di ciascun giunto in servizio non deve superare i valori indicati nella Tabella 5-1. Lo scostamento massimo e il raggio di curvatura corrispondente sono indicati nella Tabella 5-2. La Figura 5.9 mostra le definizioni dei termini.

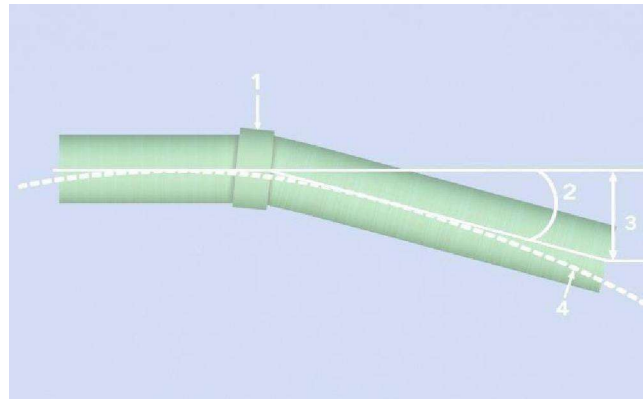
Tabella 5-1 Deviazione angolare massima (gradi)

Diametro nominale del tubo (mm)	Pressione (PN) in bar			
	Fino a 16	20	25	32
$DN \leq 500$	3.2	2.5	2.0	1.5
$500 < DN \leq 900$	2.0	1.5	1.3	1.0
$900 < DN \leq 1800$	1.0	0.8	0.5	0.5
$DN > 1800$	0.5	NA	NA	NA

Tabella 5-2 Spostamento massimo e raggio di curvatura

Angolo di deviazione (deg)	Spostamento massimo (mm) tubo lunghezza			Raggio di curvatura (m) lunghezza del tubo		
	3m	6m	12m	3m	6m	12m
3.0	157	314	628	57	115	229
2.5	136	261	523	69	137	275
2.0	105	209	419	86	172	344
1.5	78	157	313	114	228	456
1.3	65	120	240	132	265	529
1.0	52	105	209	172	344	688
0.8	39	78	156	215	430	860

0.5	26	52	104	344	688	1376
-----	----	----	-----	-----	-----	------



1	Accoppiamento
2	Angolo di deflessione
3	Offset
4	Raggio di curvatura

Figura 5.9 Deflessione angolare del giunto

La lunghezza minima consentita del tubo è funzione della pressione nominale, del tipo di riempimento e della compattazione, ma in ogni caso non deve essere inferiore a 3 m.

I giunti di accoppiamento a deviazione angolare sono stabilizzati dalla rigidità del terreno circostante.

I giunti di accoppiamento con rotazione angolare verticale nelle pressioni di esercizio pari o superiori a 16 bar, in cui la direzione della spinta è verso l'alto, devono essere riempiti fino alla profondità minima di copertura di 1.2 m.

5.3 Giunti meccanici in acciaio

Il giunto meccanico in acciaio è un giunto flessibile che viene utilizzato "per unire tubi in PRFV" o "per unire un tubo in PRFV e un tubo di altro materiale con una leggera differenza di diametro (inferiore a 2 mm)". Questo tipo di giunto viene utilizzato anche per le riparazioni e la prevenzione delle perdite. Questi giunti sono costituiti da un mantello in acciaio con un manicotto interno in gomma sigillante. La Figura 5.10 mostra un giunto meccanico in acciaio.



Figura 5.10 Un giunto meccanico in

acciaio

Un giunto meccanico può essere utilizzato in uno dei seguenti modi:

- **Apertura flessibile**

Questo metodo è utilizzato per riparazioni transitorie in cui non è possibile accedere all'estremità del tubo (quando la condotta è in servizio). Il manicotto di gomma sigillante viene fissato intorno alla circonferenza del tubo e le sue estremità vengono unite e serrate da un mantello in acciaio. I bulloni di accoppiamento vengono quindi serrati in base alla coppia prescritta per rendere il giunto impermeabile.

- **Flessibile**

Questo metodo viene utilizzato quando l'estremità del tubo è accessibile e può essere impiegato sia per la riparazione che per la giunzione di tubi. Il manicotto di gomma sigillante è un anello. Dopo aver posizionato la gomma sul bordo del tubo, i bulloni di accoppiamento devono essere serrati in base alla coppia richiesta in modo da raggiungere la tenuta stagna.

Prima dell'installazione, è necessario misurare la metà della larghezza del giunto e segnare questa lunghezza su entrambi i lati del danno (in caso di riparazione) o su entrambi i tubi che entrano nel giunto (in caso di installazione). Questo segno ci aiuta a garantire la corretta installazione del giunto.

L'esercizio di coppie superiori al limite richiesto può danneggiare il tubo o il giunto. L'entità della coppia e la tolleranza dimensionale si basano sulle istruzioni del produttore.

5.4 Giunto meccanico Viking-Johnson

Questo giunto viene utilizzato per collegare un tubo in PRFV con un altro tubo della stessa dimensione dove l'estremità del tubo è accessibile (Figura 5.11).

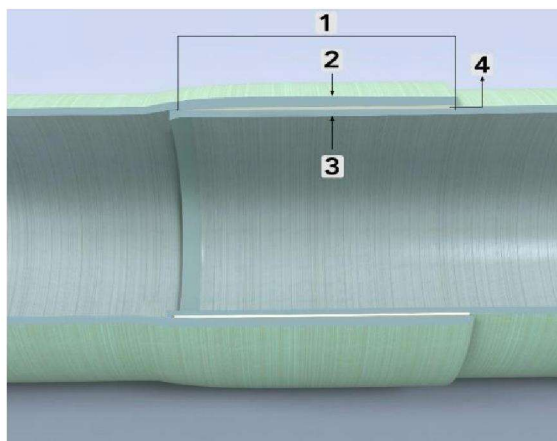


Figura 511 Accoppiamento meccanico Viking-Johnson

5.5 Giunti vincolati

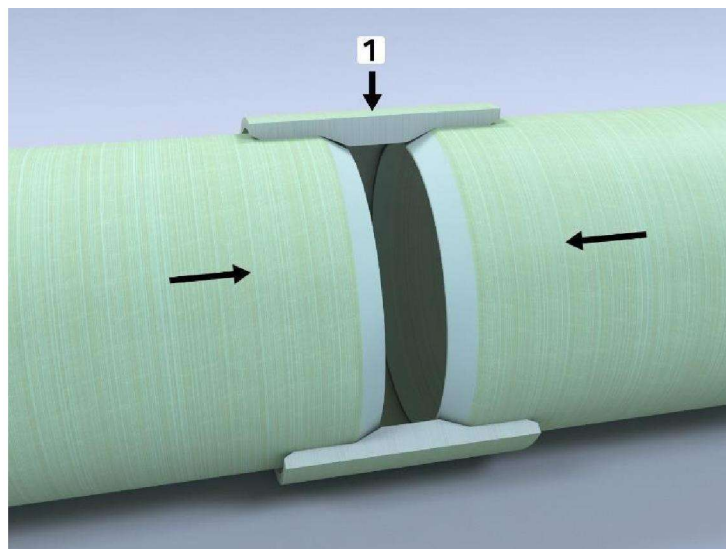
5.5.1 Campana adesiva e rubinetto

Questo tipo di giunto varia in base alle dimensioni del tubo. Per i tubi con $DN \leq 300$ mm, si utilizza una campana e un raccordo adesivi (Figura 5.12), mentre per $DN > 300$ mm si utilizza un adattatore (Figura 5.13).



1	La superficie incollata
2	Campana
3	Raccordo
4	Colla

Figura 5.12 Campana adesiva e raccordo



1	Adattatore
2	La superficie incollata

Figura 5.13 Adattatore

La procedura di installazione prevede i seguenti passaggi:

- Posizionare i tubi nello scavo e allinearli. La campana e il raccordo devono essere puliti e asciutti.
- La superficie della campana e del raccordo dove viene applicata la colla deve essere rettificata. Per smerigliare l'interno del raccordo per i tubi di piccolo diametro, si possono usare smerigliatrici speciali come la smerigliatrice per stampi (Figura 5.14). I raccordi sono di solito rettificati in fabbrica e basta sfregare la loro superficie con carta vetrata per ripristinare una nuova superficie ruvida (Figura 5.15).



Figura 5.14 Smerigliatura dell'interno della campana con una smerigliatrice per

Stampi.



Figura 5.15 Utilizzo della carta vetrata per l'esterno del raccordo

- Il bordo del raccordo deve essere smussato fino a 6° per adattarsi facilmente alla campana. Evitare di molare eccessivamente la superficie del raccordo, poiché ciò provoca un ulteriore spazio tra la campana e il raccordo e, di conseguenza, un uso eccessivo di colla.
- Pulire la campana e le superfici del raccordo da incollare con acetone e un pezzo di stoffa o uno straccio.
- Poiché la reazione chimica della colla è irreversibile, è necessario controllare tutto il materiale e gli strumenti prima del processo di installazione.
- Miscelare l'adesivo e gli agenti indurenti in base al rapporto specificato dal produttore della colla. Tale rapporto può variare a seconda delle condizioni atmosferiche del cantiere. Per ottenere una miscela omogenea, è necessario utilizzare un dispositivo di miscelazione adeguato.
- Applicare la colla sulla superficie del raccordo e della campana utilizzando un bastoncino di legno o un coltello da stucco. Lo spessore della colla deve essere di 2~3 mm sulla superficie del raccordo e di 1~2 mm sulla superficie della campana. L'area smussata deve essere incollata in modo uniforme (Figura 5.16).



Figura 5.16 Applicare la colla sulle superfici del raccordo e della campana

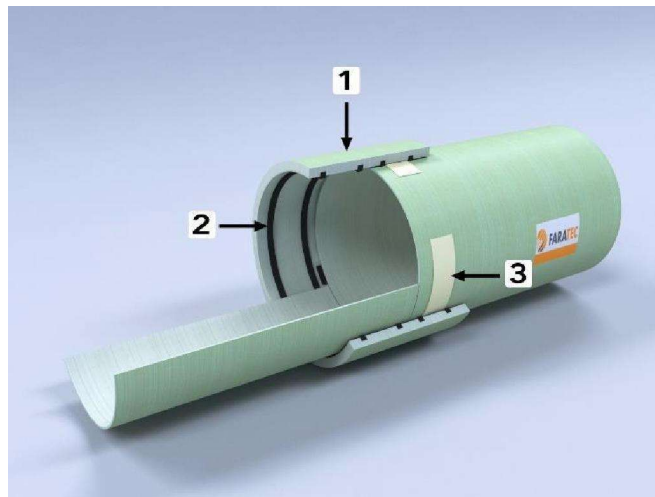


Figura 5.17 Infissione di un beccuccio in una campana con un legname e un martello

- La colla deve essere polimerizzata per raggiungere la sua massima resistenza. Il tempo di indurimento è di almeno 24 ore a temperatura ambiente (25°C). L'aumento della temperatura riduce il tempo di polimerizzazione. Il tempo di indurimento alla temperatura di 80°C è di circa 6-8 ore. È quindi necessario che la colla sia polimerizzata con un dispositivo adeguato, come un essiccatore o una coperta riscaldante.
- Il tempo minimo richiesto prima dell'idrotest è di 24 ore.

5.5.2 L'accoppiamento incollato

I giunti di accoppiamento incollati sono utilizzati per unire due tubi biassiali in PRFV. Questo tipo di giunto presenta 4 scanalature per la guarnizione. Lo spazio tra le scanalature su ciascun lato del giunto (lo spazio tra la prima e la seconda scanalatura su ciascun lato) viene riempito con colla iniettata dopo l'installazione (Figura 5.18). Come i giunti monoassiali, questi giunti sono solitamente installati in fabbrica su un'estremità del tubo. Nel caso in cui i giunti non siano installati in fabbrica su un'estremità del tubo, il processo di installazione e l'iniezione di colla per un'estremità del tubo devono essere eseguiti al di fuori della trincea. Il tubo deve essere collocato nella trincea solo se la colla è indurita.



1	Accoppiamento incollato
2	guarnizione
3	Colla iniettata

Figura 5.18 Un giunto di accoppiamento incollato

Per l'installazione di un giunto di accoppiamento incollato è necessario seguire le seguenti fasi:

- Poiché la reazione chimica della colla è irreversibile, è necessario controllare tutto il materiale e gli strumenti prima del processo di installazione.
- Pulire le aree rettificate e le scanalature degli accoppiamenti con acetone e uno straccio (Figura 5.19).



Figura 5.19 Pulizia delle scanalature della guarnizione e della superficie rettificata del tubo

- Preparare il compressore d'aria e le altre attrezzature necessarie. Il compressore deve essere dotato di un filtro dell'aria (l'aria deve essere priva di olio e acqua).
- Inserire le guarnizioni nelle scanalature (vedere Sezione 5.2.1).
- Miscelare l'adesivo e gli agenti indurenti secondo le istruzioni del produttore. Utilizzare un dispositivo di miscelazione adeguato per ottenere una miscela omogenea. Come metodo alternativo per l'iniezione della colla si può utilizzare una

pistola per calafataggio, che evita la necessità di miscelare i componenti. L'iniezione di colla deve terminare prima che la colla inizi a gelificare. La pistola per calafataggio è stata illustrata nella Figura 5.20.



Figura 5.20 Una pistola per calafataggio

- Applicare la colla preparata sul bordo smussato del tubo e sulla guarnizione di gomma con un pennello (vedere Figura 5-31). La colla agisce come lubrificante. Pertanto, non utilizzare altri lubrificanti.



Figura 5.21 Lubrificazione della guarnizione e delle superfici rettificate con colla e pennello

- I tubi devono essere allineati come mostrato nella Figura 5.22.



Figura 5.22 Allineamento dei tubi

- Tirare il raccordo nell'accoppiamento con un martinetto e una pinza o un'imbragatura. La procedura è la stessa della Sezione 5.2.1. Ricordate di interrompere il sollevamento non appena il giunto raggiunge il segno di allineamento. Un martinetto supplementare può danneggiare i tubi (Figura 5.23).



Figura 5.23 Insetimento di un tubo nel raccordo

- Per iniettare la colla nel giunto, il foro per l'aria deve trovarsi al vertice del giunto e il foro per la colla in basso. Il foro per la colla deve trovarsi ad almeno 100 mm dal suolo. Iniettare la colla nel giunto utilizzando un compressore d'aria (Figura 5.24).



Figura 5.24 Iniezione di colla attraverso il foro di incollaggio con l'ausilio di un compressore ad aria compressa

- Continuare l'iniezione finché non si vede la colla uscire dal foro dell'aria. Rimuovere il tubo della colla dal foro e tapparlo (Figura 5.25).



Figura 5.25 Tappo nel foro dopo l'iniezione di colla

- I tubi non devono avere alcun movimento fino all'indurimento della colla per eliminare la possibilità di crepe o vuoti nella colla.
- La colla iniettata deve essere polimerizzata per ottenere la resistenza desiderata. Il tempo di indurimento è di almeno 24 ore a temperatura ambiente (25°C). Temperature più elevate attenuano il tempo di polimerizzazione. Alla temperatura di 80°C, il tempo di polimerizzazione è di circa 6-8 ore. Per accelerare il processo di polimerizzazione è essenziale utilizzare dispositivi di polimerizzazione adeguati, come coperte termiche, riscaldatori e asciugatori industriali.
- L'idrotest deve essere eseguito in non meno di 24 ore.

5.6 Giunti per tubi monoassiali e biassiali

5.6.1 Giunti flangiati

Le flange in vetroresina sono solitamente utilizzate per accoppiare un tubo in PRFV a tubi di altri materiali, come l'acciaio. Vengono utilizzate anche per collegare valvole, tubi e altri dispositivi meccanici nella condotta. Le facce tipiche delle flange sono tre:

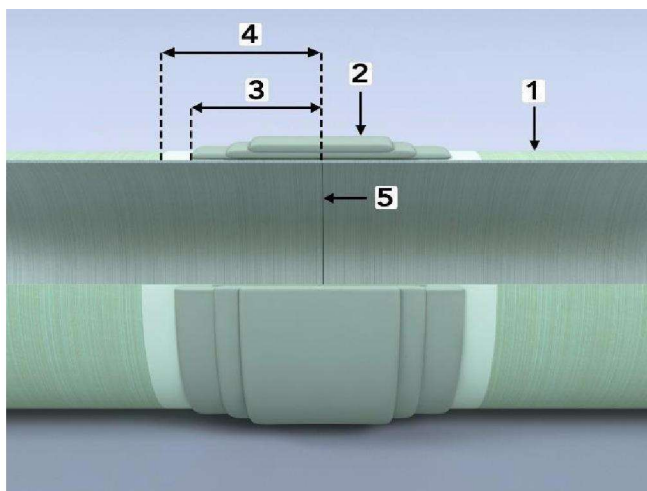
- **La faccia piatta**
- **Il viso sollevato**
- **L'O-ring**

Per collegare i giunti flangiati, la superficie della flangia, l'O-ring e la guarnizione di tenuta devono essere completamente puliti. Inserire la guarnizione di tenuta nella scanalatura. Allineare le flange e inserire bulloni, dadi e rondelle. Ricordarsi di lubrificarli e pulirli prima di inserirli. Serrare tutti i bulloni alla coppia di 35 Nm (20 *N.m* per i piccoli diametri $DN \leq 250 \text{ mm}$). Fare attenzione a serrare i bulloni rispettando la sequenza standard.

Il superamento della coppia di serraggio può causare danni permanenti. I bulloni devono essere controllati un paio d'ore dopo e, se necessario, regolati a 70 Nm (35 Nm per i diametri piccoli).

5.6.2 La giunzione butt-wrap

Il butt-wrap è un collegamento vincolato (Figura 5.26) ed è un giunto in fibra di vetro impregnato di resina. Questo tipo di installazione richiede manodopera specializzata e una formazione specifica. Il produttore progetta vari fattori come la larghezza, il numero, il tipo e la configurazione degli strati, tenendo conto del diametro e della pressione nominale del tubo. Il materiale necessario viene solitamente inviato al cantiere in pacchetti. Poiché i prodotti chimici per questo tipo di giunti hanno condizioni di stoccaggio e date di scadenza particolari, si raccomanda di ordinarli il più presto possibile prima dell'installazione. Per tutta la durata dell'installazione è necessario osservare tutte le norme di sicurezza (sezione 1.7).



1	tubo
2	Avvolgimento del sedere
3	La lunghezza dell'involucro del sedere da il bordo del tubo
4	La lunghezza del terreno
5	Bordo del tubo

Figura 5.26 Il giunto Butt-Wrap

Per preparare e installare questo tipo di giunto è necessario seguire le seguenti istruzioni:

- Preparare tutte le attrezzature e i materiali necessari prima del processo di stratificazione.
- Smerigliare la superficie della lunghezza di laminazione del tubo come illustrato nella Figura 5.27. La smerigliatura deve rimuovere solo lo strato superficiale. La lunghezza di laminazione è proporzionale al diametro del tubo (DN) e alla classe di pressione del tubo (PN). La superficie rettificata del tubo o del raccordo deve essere almeno 20 mm più lunga della lunghezza di laminazione.
- Pulire l'area del terreno su cui si esegue il processo di laminazione con acetone e un pezzo di stoffa o uno straccio. Si consiglia di utilizzare un foglio di plastica o un tappetino di paglia sotto il giunto.



Figura 5.27 La lunghezza di laminazione del tubo

- Giungere le estremità dei tubi con la linea centrale allineata. Applicare lo stucco per riempire gli spazi rimanenti tra i due tubi (Figura 5.28).



Figura 5.28 Applicazione dello stucco per riempire gli spazi tra i due tubi

- Dopo che lo stucco si è indurito, limare lo stucco con carta vetrata o con qualsiasi altro dispositivo adeguato per rimuovere i grumi dalla superficie e renderla liscia (Figura 5.29).



Figura 5.29 Rimozione dei grumi mediante limatura

• Posa in opera

Poiché la reazione chimica del materiale nel processo di lay-up è irreversibile, è necessario che tutti i materiali e gli strumenti siano controllati prima del processo di installazione. Il processo di posa può essere interno, esterno o entrambi in base al diametro, alla pressione di esercizio e al tipo di tubo. La procedura che segue è la stessa per la stesura interna ed esterna.

- Strofinare uno strato sottile di resina sul tubo con un pennello o un rullo.
- Utilizzare un tappetino a fili tagliati come primo e ultimo strato. L'asse 90^0 deve essere in direzione longitudinale. La Figura 5.30 e la Figura 5.31 mostrano rispettivamente il materassino a trefoli e il materassino multiassiale.



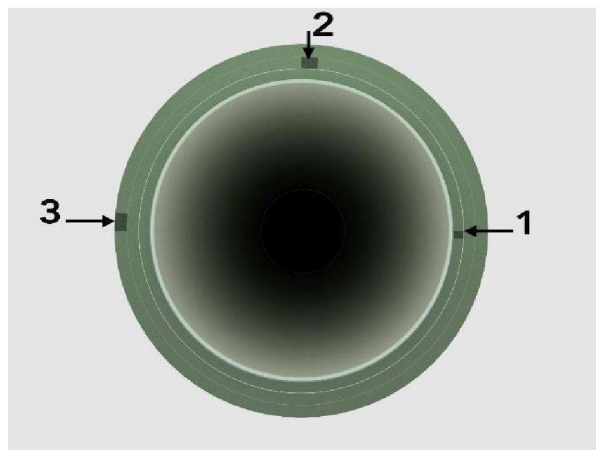
Figura 5.30 Materassino a trefoli spezzati



Figura 5.31 Un tappeto multiassiale

- Assicurarsi che ogni strato sia completamente bagnato prima di sovrapporvi lo strato successivo.
- L'aria non deve rimanere intrappolata tra gli strati.
- Applicare gli strati dalla larghezza maggiore a quella minore.
- La cucitura di ogni strato deve avere una sovrapposizione minima di 10 *mm*.

- La sovrapposizione dello strato successivo deve essere ruotata di 90 gradi in senso orario (o antiorario) rispetto alla sovrapposizione dello strato sottostante (Figura 5.32).



1	Sovrapposizione del primo strato
2	Sovrapposizione del secondo strato
3	Sovrapposizione del terzo strato

Figura 5.32 Dettagli della sovrapposizione degli strati in un giunto butt-wrap

6. Blocchi di

spinta

6.1 Descrizioni

La forza di spinta nella condotta è dovuta a due motivi fondamentali, indipendentemente dal tipo di tubo:

1. Forza di spinta dovuta alla pressione idraulica
2. Forza di spinta causata dall'arresto o dall'avvio del flusso in prossimità di stazioni di pompaggio e camere di valvole

In genere, la forza di spinta si forma quando c'è un cambiamento nella direzione del flusso. La sollecitazione causata dalla forza di fiducia nei tubi o nei giunti (curve, T, Y, estremità dei tubi e riduttori eccentrici o concentrici) porta a danni o spostamenti nella condotta se non si interviene in modo adeguato.

- **Condotte con giunti flessibili**

La forza di spinta deve essere adeguatamente gestita attraverso progetti ingegneristici e la costruzione di blocchi di spinta nei punti sopra menzionati.

- **Condotte con giunti vincolati**

A causa della capacità intrinseca dei tubi biassiali con giunti vincolati di sopportare le sollecitazioni longitudinali e anulari, una buona parte della forza di spinta esercitata è supportata dal giunto vincolato e la parte restante, che causa lo spostamento, deve essere accolta da blocchi di spinta o ancoraggi.

- **Condotte con giunti flessibili e vincolati**

È possibile sostituire un tubo monoassiale con giunti flessibili e un tubo biassiale con giunti vincolati quando è probabile una forza di spinta. In questo sistema, la condotta viene progettata e installata come una combinazione di tubi monoassiali e giunti flessibili con tubi biassiali e giunti vincolati per determinate lunghezze determinate dai risultati dell'analisi delle sollecitazioni. Se necessario, si possono utilizzare anche blocchi di spinta.

La Figura 6.1 mostra la forza di spinta in corrispondenza di diversi tipi di giunti.

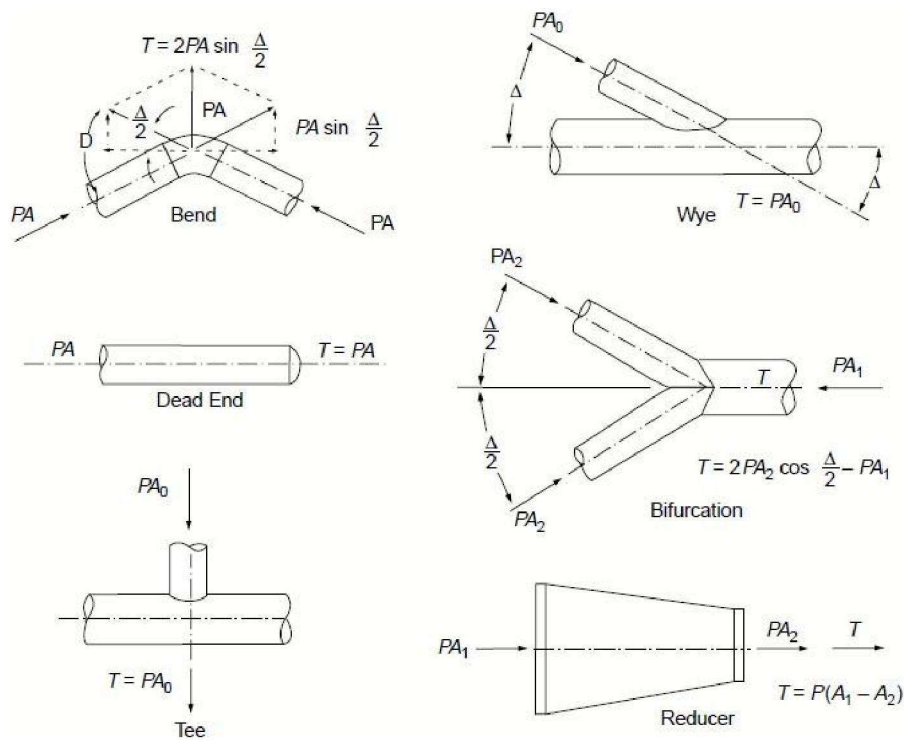


Figura 6.1 La forza di spinta su vari giunti

6.2 Blocchi di spinta

I blocchi di spinta aumentano la capacità dei giunti di resistere alle sollecitazioni di spinta. La Figura 6.2 mostra un tipico blocco di spinta per una curva orizzontale (gomito).

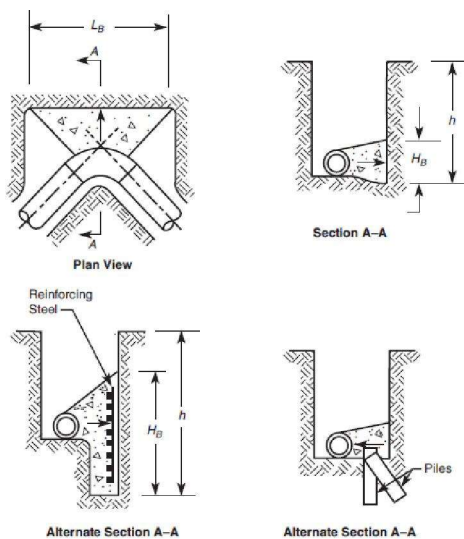


Figura 6.2 Un tipico blocco di spinta per un gomito

La Figura 6.3 mostra un tipico blocco di spinta per una curva verticale.

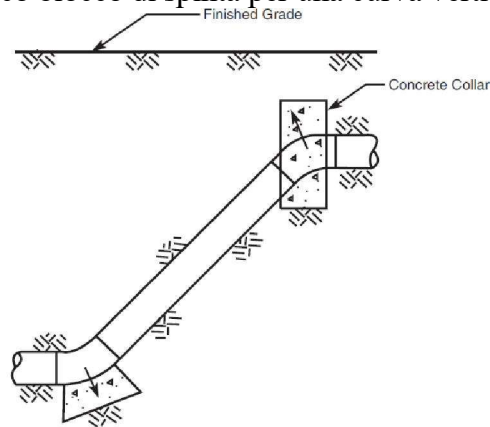


Figura 6.3 Un tipico blocco di spinta per una curva verticale

Nella Tabella 6-1 sono elencati i valori conservativi tipici delle resistenze orizzontali per i vari tipi di terreno.

Tabella 6-1 Valori conservativi tipici per le resistenze orizzontali per vari tipi di terreno

Resistenza del cuscinetto orizzontale	
Suolo	kN/m ²
Muck	0
Argilla morbida	48
Limo	72
Limo sabbioso	144
Sabbia	192
Argilla sabbiosa	287
Argilla dura	431
Sebbene i valori sopra indicati si siano dimostrati efficaci nella progettazione dei blocchi di spinta e siano stati inclusi fattori di sicurezza conservativi, l'affidabilità dei calcoli dipende fortemente dalla determinazione del tipo di terreno nativo.	
correttamente.	

La progettazione dei blocchi di spinta viene eseguita secondo le istruzioni dell'AWWA M45 (capitolo 7). L'indagine geotecnica è necessaria per determinare l'accurata resistenza alla

portanza e al taglio del terreno.

6.3 Rivestimento in calcestruzzo

I tubi devono essere immobilizzati in presenza della forza di sollevamento nell'installazione sott'acqua e della forza di sollevamento causata dal getto del calcestruzzo e dalla penetrazione dell'acqua nella trincea. I tubi devono essere ancorati alla soletta di base con almeno due cinghie (Figura 6.4). La distanza massima tra le cinghie è indicata nella Tabella 6-2. Il calcestruzzo deve scorrere intorno al tubo senza creare problemi.



1	Cinghia
2	Ancora

Figura 6.4 Ancoraggio dei tubi

Tabella 6-2 Distanza massima
delle cinghie

DN	Distanza massima (m)
<200	1.5
200-400	2.5
500-600	4.0
700-900	5.0
≥ 1000	6.0

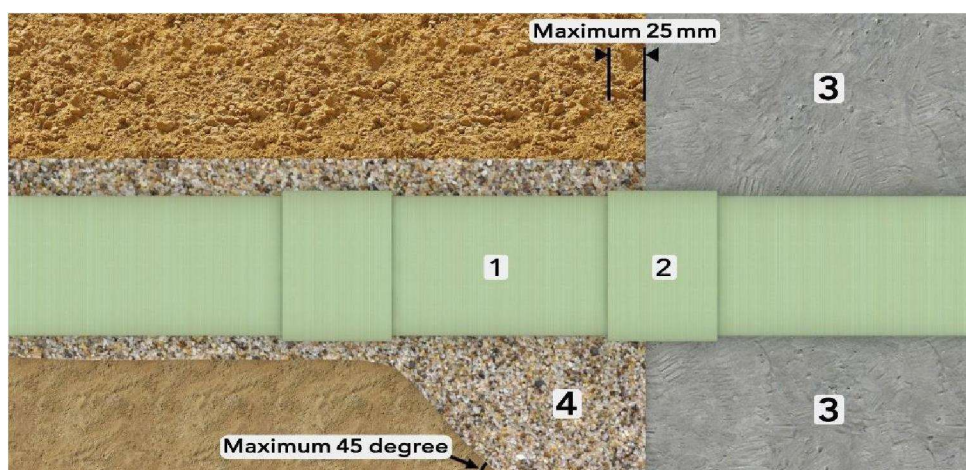
6.4 Collegamento a una struttura rigida

La condotta deve essere sufficientemente flessibile da sopportare l'assestamento consentito. In caso contrario, l'assestamento menzionato, in particolare quando la condotta è sostenuta da un blocco di spinta, da un collegamento a un pozzetto nel sistema di acque reflue, da camere di valvole, o dove la rigidità del terreno cambia, o dove è richiesta una fondazione in calcestruzzo, è di grande importanza e richiede considerazioni speciali.

A causa delle variazioni di rigidità del terreno, il terreno di fondazione in prossimità di una struttura rigida deve essere adeguatamente compattato. Si raccomanda di utilizzare un terreno stabilizzato con cemento accanto alla struttura rigida per $DN > 1500$ mm.

- **Collegamento monoassiale del tubo a strutture rigide**

Un metodo tipico ed efficace è quello di utilizzare un giunto in fibra di vetro sulla struttura rigida insieme a un pezzo corto (Figura 6.5). Va notato che nel collegamento di una condotta a una struttura rigida è consentito un solo pezzo corto.



		descrizione
1	Tubo corto	Lunghezza massima: minore di 2 m e $2 \cdot DN$
		Lunghezza minima: minore di 1m e $1 \cdot DN$
2	Accoppiamento	
3	Struttura rigida	
4	Area sotto il corto pezzo	Questa zona deve essere riempita con il materiale di riempimento iniziale. e deve poi essere compattato

Figura 6.5 prevenzione dell'assestamento differenziale quando un tubo monoassiale è collegato a una struttura rigida

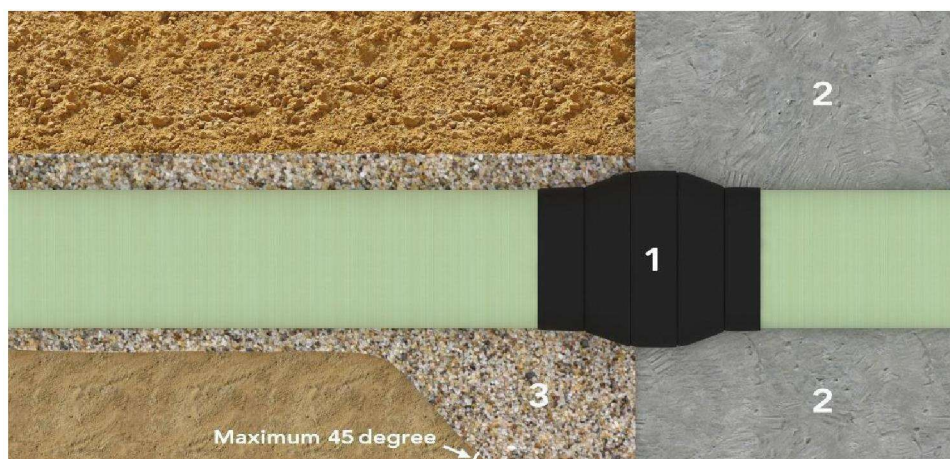
I valori minimi e massimi ammissibili per il pezzo corto (per il collegamento dei tubi monoassiali e biassiali a una struttura rigida) sono stati riportati nella Tabella 6-3.

Tabella 6-3 I valori massimi e minimi ammissibili per il pezzo corto

Diametro del tubo (mm)	Lunghezza minima (mm)	Lunghezza massima (mm)
Diametro grande (DN $\geq$ 300mm)	Massimo 1m e 1 $\times$ DN	Massimo 2 m e 2 $\times$ DN
Diametro ridotto (DN<300mm)	300	500

- **Collegamento biassiale del tubo a strutture rigide**

In un collegamento biassiale di un tubo a una struttura rigida, è necessario avvolgere un nastro di gomma intorno al tubo nel punto di collegamento prima di procedere con il calcestruzzo. L'elastico deve sporgere dal calcestruzzo per almeno 25 mm (Figura 6.6).



		Descrizione
1	Elastico	
2	Struttura rigida	
3	L'area sotto il tubo	Quest'area deve essere riempita con materiale per l'inglobamento della zona del tubo e successivamente adeguatamente compattato

Figura 6.6 Collegamento biassiale del tubo a una struttura rigida

- **Valvole** È essenziale ancorare le valvole in modo che assorbano la spinta della pressione.

- Non è necessario incassare le connessioni degli ugelli nel calcestruzzo. Gli ugelli a T con le seguenti caratteristiche non devono essere rivestiti di calcestruzzo. La Figura 6.7 mostra un ugello a T.
 - Il diametro dell'ugello non supera i 300 mm.
 - Il diametro della testata è 3 volte superiore al diametro dell'ugello.



Figura 6.7 Un ugello a T

7. Test sul sito di lavoro

7.1 Idrotest in cantiere

Questo test rivela i difetti di installazione prima che la condotta sia in servizio. Per valutare la qualità dell'installazione, si raccomanda una lunghezza compresa tra 500 e 1500 m per ogni idrotest.

Ogni idrotest necessita di una valvola di sfiato e di un sistema di drenaggio (per rilevare eventuali perdite). Prima del test, devono essere rispettati tutti i requisiti della seguente lista di controllo. Assicurarsi che:

- . I giunti sono assemblati correttamente
- . Le deviazioni rientrano nei limiti consentiti.
- . I vincoli del sistema (come i blocchi di spinta e gli ancoraggi) sono in posizione e pronti per il servizio.
- . Il riempimento viene completato e i giunti non vengono riempiti per l'ispezione visiva della tenuta all'acqua.
- . Le valvole e gli accessori sono stati ancorati.
- . Le flange all'inizio e alla fine del segmento testato sono state preparate in base alle istruzioni.
- . Gli ancoraggi all'inizio e alla fine del segmento testato sono stati costruiti secondo il progetto.
- . La flangia poggia completamente sull'ancoraggio.
- . La strumentazione è stata calibrata.
- . Nel caso di opere in calcestruzzo, l'idrotest viene eseguito almeno 7 giorni e 36 ore dopo, rispettivamente per il calcestruzzo semplice e per i tipi di calcestruzzo a presa rapida.

L'idrotest deve essere eseguito secondo le seguenti istruzioni:

- . Il segmento di tubazione deve essere riempito d'acqua.
- . Espellere tutta l'aria dal segmento di tubazione. L'operazione viene eseguita aprendo le valvole e gli sfiati finché l'acqua non fuoriesce dal segmento in modo fluido e senza bolle. Dopo aver spurgato completamente il segmento, aprire le valvole a monte. In questa fase, il segmento è completamente spurgato e pronto per essere pressurizzato.
- . Per rilevare eventuali spostamenti, è necessario segnare sulla trincea la posizione

esatta delle flange alle due estremità del segmento.

- L'ispezione visiva dei giunti lungo il segmento deve essere effettuata prima della pressurizzazione.
- Il manometro deve essere installato a valle (dove c'è la pressione più alta). Assicurarsi che sia installato nella posizione corretta.
- Pressurizzare lentamente la tubazione fino al 50% della pressione di idrotest e mantenerla per 24 ore. Nel frattempo, è necessario effettuare l'ispezione visiva dei giunti e controllare l'eventuale spostamento delle flange rispetto ai segni.
- La pressione finale non deve superare $1,5 \times P_N$.
- Mantenere la pressione finale nel segmento per almeno un'ora (si consigliano sei ore) e controllare tutti i giunti e gli accessori. Nel caso in cui si verifichi un calo di pressione, questa deve essere riportata alla pressione finale entro dieci minuti.
- La prova è accettata se non ci sono perdite nei giunti e se la variazione di pressione è dovuta solo a variazioni di temperatura, espansione del sistema, spostamento dei supporti o aria intrappolata, e se la quantità totale di acqua iniettata è inferiore alla seguente equazione:

$$Q = 0.17 DN \times L \times H / 10^6$$

DN: diametro nominale del tubo in mm, L: lunghezza del segmento in m, H: pressione media di prova lungo il segmento in m, Q: portata d'acqua in litri/ora

I punti in cui è presente un potenziale di perdita sono:

- Articolazioni
- Flange
- Valvole
- I punti di inizio e fine di un segmento

7.2 Test di tenuta all'acqua per i giunti in cantiere

Per i tubi con $DN > 800$ mm, la prova di giunzione è possibile nel punto di giunzione dopo l'installazione, senza la necessità di riempire la tubazione con acqua. Questo test esamina le prestazioni soddisfacenti del giunto installato.