

UNI/PdR XXX:2025	Relining con tubi e tubolari plastici per condotte convoglianti acque in pressione
Sommario	La presente prassi di riferimento ha lo scopo di supportare i progettisti e i tecnici nell'individuazione, inquadramento operativo e applicazione delle più idonee tecnologie da utilizzare per il risanamento/rinnovamento e sostituzione di condotte esistenti convoglianti acque in pressione, limitando al minimo indispensabile il ricorso a scavi a cielo aperto.
Data	09-04-2025

Avvertenza

Il presente documento è un progetto di Prassi di Riferimento (UNI/PdR) sottoposta alla fase di consultazione, da utilizzare solo ed esclusivamente per fini informativi e per la formulazione di commenti.

Il processo di elaborazione delle Prassi di Riferimento prevede che i progetti vengano sottoposti alla consultazione sul sito web UNI per raccogliere i commenti del mercato: la UNI/PdR definitiva potrebbe quindi presentare differenze rispetto al documento messo in consultazione.

Questo documento perde qualsiasi valore al termine della consultazione, cioè il: 14 maggio 2025.

UNI non è responsabile delle conseguenze che possono derivare dall'uso improprio del testo dei progetti di Prassi di Riferimento in consultazione.

PREMESSA

La presente prassi di riferimento UNI/PdR XXX:2025 non è una norma nazionale, ma è un documento pubblicato da UNI, come previsto dal Regolamento UE n.1025/2012, che raccoglie prescrizioni relative a prassi condivise all'interno del seguente soggetto firmatario di un accordo di collaborazione con UNI:

XXXXXX

Via xxxx, X

xxxx XXXXXX

La presente prassi di riferimento è stata elaborata dal Tavolo “Tecniche relining con tubi e tubolari plastici” condotto da UNI, costituito dai seguenti esperti:

Nome Cognome 1 – Project Leader (organizzazione xyz)

Nome Cognome 2 (organizzazione yz)

Nome Cognome 3 (organizzazione xyz)

Nome Cognome 4 (organizzazione y)

Nome Cognome 5 (organizzazione xz)

Nome Cognome 6 (organizzazione z)

La presente prassi di riferimento è stata ratificata dal Presidente dell'UNI il xx xxxx 2024.

Le prassi di riferimento, adottate esclusivamente in ambito nazionale, rientrano fra i “prodotti della normazione europea”, come previsti dal Regolamento UE n.1025/2012, e sono documenti che introducono prescrizioni tecniche, elaborati sulla base di un rapido processo ristretto ai soli autori, sotto la conduzione operativa di UNI.

Le prassi di riferimento sono disponibili per un periodo non superiore a 5 anni, tempo massimo dalla loro pubblicazione entro il quale possono essere trasformate in un documento normativo (UNI, UNI/TS, UNI/TR) oppure devono essere ritirate.

Chiunque ritenesse, a seguito dell'applicazione della presente prassi di riferimento, di poter fornire suggerimenti per un suo miglioramento è pregato di inviare i propri contributi all'UNI, Ente Italiano di Normazione, che li terrà in considerazione.

SOMMARIO

INTRODUZIONE	6
1 SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE	7
2 RIFERIMENTI NORMATIVI.....	7
3 TERMINI E DEFINIZIONI	8
4 SCHEMA DI SUPPORTO AI PROCESSI DECISIONALI.....	10
5 TIPOLOGIE DI ESECUZIONE	12
6 TECNOLOGIE DI RISANAMENTO E SOSTITUZIONE	13
7 SLIP LINING (LINING WITH CONTINUOUS PIPES).....	13
7.1 Materiali utilizzabili quali liner in attività di Slip Lining	14
7.2 Adempimenti progettuali preventivi alle attività di Slip Lining.....	15
7.3 Sequenza delle operazioni relative alle operazioni di Slip Lining	15
8 TECNOLOGIE CLOSE FIT (Lining with close fit pipes)	17
9 CLOSE FIT CON TUBI DI PRODUZIONE DI RIFERIMENTO	17
9.1 Tecnologie Close Fit basate sulla riduzione del diametro per costrizione radiale.....	17
9.1.1 Materiali utilizzabili quali liner in attività di Close Fit radiale.....	18
9.1.2 Verifiche progettuali preventive alle attività di Close Fit radiale	19
9.1.3 Adempimenti progettuali esecutivi relativi alle attività di Close Fit radiale	19
9.1.4 Sequenza delle lavorazioni relative alle attività di Close Fit radiale	20
9.2 Parametri di messa in opera relative alla tecnologia di Close Fit radiale.....	21
9.2.1 Procedimenti per il controllo della condotta esistente (host) preinstallazione	21
9.2.2 Procedimenti di riduzione temporanea del diametro del Liner.....	22
9.2.3 Procedimenti per l'inserzione del tubo plastico ridotto temporaneamente del diametro	22
9.2.4 Procedimento per la gestione del processo di rientro alle dimensioni previste del Liner	23
9.2.5 Procedimenti per la normalizzazione a diametro di riferimento dei terminali e relativi collegamenti.....	23
9.2.6 Procedimenti per la realizzazione delle derivazioni di utenza sul Liner Close Fit.....	23
9.2.7 Metodologie di manutenzione post installazione del liner deformato con Close Fit radiale....	24
9.3 Verifiche di qualità del procedimento.....	24

9.3.1	Verifiche preinstallazione	24
9.3.2	Verifiche in corso d'opera.....	24
9.3.3	Verifiche post installazione	24
9.4	Tecnologie Close Fit basate sulla riduzione del diametro per azione di trafilatura longitudinale del liner plastico	25
9.4.1	Materiali utilizzabili quali liner in attività di Close Fit longitudinale.....	26
9.4.2	Verifiche progettuali preventive alle attività di Close Fit longitudinale	26
9.4.3	Adempimenti progettuali esecutivi relativi alle attività di Close Fit longitudinale	26
9.4.4	Sequenza delle lavorazioni relative alla tecnologia di Close Fit longitudinale.....	27
9.5	Parametri di messa in opera relative alla tecnologia di Close Fit longitudinale.....	29
9.5.1	Procedimenti per il controllo della condotta esistente (host) pre-inserzione.....	29
9.5.2	Procedimenti di riduzione temporanea del diametro del Liner.....	29
9.5.3	Procedimenti per l'inserzione del tubo plastico ridotto temporaneamente di diametro	29
9.5.4	Procedimento per la gestione del processo di rientro alle dimensioni previste del Liner	30
9.5.5	Procedimento per la normalizzazione a diametro di riferimento dei terminali e relativi collegamenti.....	30
9.5.6	Procedimenti per la realizzazione delle derivazioni di utenza sul Liner Close Fit.....	30
9.6	Metodologie di manutenzione post installazione del liner deformato con Close Fit Longitudinale	31
9.7	Verifiche di qualità del procedimento con Close Fit longitudinale	31
9.7.1	Verifiche pre-installazione	31
9.7.2	Verifiche in corso d'opera.....	32
9.7.3	Verifiche post installazione	32
10	CLOSE FIT CON TUBI PREDEFORMATI ALLA FABBRICAZIONE	32
10.1	Tecnologie Close Fit basate sulla deformazione del liner in fabbrica (Tubo Predeformato)	32
10.1.1	Materiali utilizzabili quali liner in attività di rinnovamento con tubo predeformato	33
10.1.2	Adempimenti progettuali preventivi alle attività di rinnovamento con tubo predeformato..	34
10.1.3	Sequenza delle fasi lavorative per il rinnovamento di condotte con tubo predeformato	34
10.2	Parametri di messa in opera relative alla tecnologia del rinnovamento con tubo predeformato	36
10.2.1	Procedimenti per il controllo della condotta esistente (host) pre-inserzione.....	36
10.2.2	Procedimenti di deformazione del Liner	36
10.2.3	Procedimenti per l'inserzione del tubo predeformato	36
10.2.4	Procedimento per la gestione del processo di rientro alle dimensioni previste del Liner ...	36
10.2.5	Procedimento per la normalizzazione a diametro di riferimento dei terminali e relativi collegamenti.....	37

10.2.6	Procedimenti per la realizzazione delle derivazioni di utenza sul Liner Close Fit.....	37
10.3	Metodologie di manutenzione post installazione del tubo predeformato	37
10.4	Verifiche di qualità del procedimento con Close Fit longitudinale	38
10.4.1	Verifiche pre-installazione	38
10.4.2	Verifiche in corso d'opera.....	38
10.4.3	Verifiche post-installazione	39
10.5	Procedimenti per normalizzazione a diametro di riferimento dei liners e per la manutenzione successiva dei liners posati in opera	39
10.5.1	Bloccaggio in opera del ritiro elastico dei liner posati in opera.....	39
10.5.2	Normalizzazione a diametro di riferimento	39
10.5.3	Taglio in opera dell'host con liner al suo interno	40
11	PIPE BURSTING E PIPE SPLITTING (Replacement on the line with Pipe Bursting)	41
11.1	Premesse.....	41
11.1.1	Pipe Bursting dinamico.....	41
11.1.2	Pipe Bursting statico.....	42
11.2	Controllo delle forze di trazione sulle tubazioni.....	44
11.3	Materiali utilizzabili per Pipe Bursting.....	44
11.4	Verifiche progettuali preventive alle attività di Pipe Bursting	45
11.5	Sequenze delle lavorazioni relative alla tecnologia di Pipe Bursting	46
11.6	Parametri di messa in opera relative alla tecnologia di Pie Bersting	47
11.6.1	Procedimenti per il controllo della condotta esistente (host) pre-inserzione.....	47
11.6.2	Requisiti sulla nuova tubazione	48
11.7	Metodologie di manutenzione post installazione.....	49
11.8	Sequenza delle operazioni relative alla sostituzione condotta con tecnologia Pipe Bursting	49
11.8.1	Verifiche preinstallazione:	49
11.8.2	Verifica delle dimensioni delle buche:	50
11.8.3	Verifica delle attrezzature Pipe Bursting:.....	50
11.8.4	Verifica del materiale da inserire:	50
11.8.5	Verifiche in corso d'opera:	50
11.8.6	Verifiche a varo concluso dei seguenti parametri:	50
12	Tecnologie di hose lining con impiego di tubolari monostrato e multistrato (Lining with inserted hoses)51	

12.1	Tubolari Monostrato o Multistrato e senza impiego di resine da impregnazione.....	51
12.1.1	Materiali generalmente utilizzati per la costruzione Hose Lining:	52
12.1.2	Adempimenti progettuali preventivi alle attività di Hose Lining.....	52
12.1.3	Sequenza delle operazioni relative alle attività di Hose Lining	53
12.1.4	Controllo e preparazione della condotta esistente (host) prima dell'inserzione del tubolare 54	
12.1.5	Inserimento del tubolare all'interno della condotta da riabilare ed installazione terminali di estremità 56	
12.2	Tubolari a pareti stratificate disgiunte	58
12.2.1	Montaggio del raccordo di collegamento per tubolari hose liners	59
12.2.2	VERIFICHE e collaudi finali.....	59
12.2.3	Procedimenti per la realizzazione delle derivazioni di utenza e riparazioni.....	60
13	SLIP LINING (LINING WITH DISCRETE PIPES).....	61
13.1	Permesse.....	61
13.2	Campo di applicazione.....	61
13.3	Materiali utilizzabili per lo slip lining in pressione:.....	61
13.4	Adempimenti progettuali preventivi alle attività di slip lining	61
13.5	Sequenza delle operazioni relative alle attività di SLIP LINING con tubi singoli.....	62
13.5.1	Limiti di applicazione	65
13.5.2	Riempimento dell'intercapedine	66
13.5.3	Materiale di riempimento dello spazio anulare.....	67
13.5.4	Giunzioni di tubi in PRFV mediante laminazioni in situ	67
13.6	Sequenza delle operazioni relative alle attività di slip lining	68
13.7	Verifiche e collaudi finali.....	68
13.7.1	Verifiche preinstallazione	68
13.7.2	Verifiche in corso d'opera.....	69
13.7.3	Verifiche post installazione	69
	BIBLIOGRAFIA.....	70

INTRODUZIONE

Nel seguito si riporta un'introduzione in merito ai riferimenti legislativi per i requisiti di idoneità tecnica per le reti acquedottistiche.

I principi della Direttiva UE 2020/2184 sulla qualità delle acque destinate al consumo umano prevedono che tutto ciò che è utilizzato in ambito idrico, per creare nuovi impianti o per riparare quelli esistenti, non deve compromettere direttamente o indirettamente la tutela della salute umana, non deve alterare le caratteristiche organolettiche dell'acqua, non deve favorire la crescita microbica all'interno dei sistemi idrici, non deve causare il rilascio di sostanze chimiche che possano alterare le caratteristiche di qualità dell'acqua stessa: l'acqua deve rimanere potabile durante la sua manipolazione e il trasporto, fino al consumatore.

Il D.Lgs. n. 18/23 sulla qualità delle acque destinate al consumo umano recepisce in Italia la Direttiva UE 2020/2184. L'articolo 10, cui si rimanda, stabilisce "i requisiti minimi di igiene per i materiali che entrano a contatto con le acque destinate al consumo umano".

I materiali a contatto con l'acqua non devono nel tempo: compromettere direttamente o indirettamente la tutela della salute umana, alterare il colore, l'odore o il sapore dell'acqua, favorire la crescita microbica e causare il rilascio in acqua di contaminanti in livelli superiori a quelli necessari allo scopo previsto per quel materiale.

L'articolo 10 stabilisce inoltre che nelle more dell'adozione e della relativa applicazione degli atti di esecuzione che la Commissione europea prevede di adottare per stabilire requisiti minimi armonizzati per i materiali sulla base dei principi sanciti nell'allegato V, ai materiali contemplati dal presente articolo si applicano le disposizioni nazionali stabilite nel decreto del Ministro della salute del 6 aprile 2004, n. 174. Ai fini della tutela della salute umana, nel caso in cui sia necessario recepire evidenze scientifiche in letteratura, indicazioni fornite da organismi scientifici nazionali e internazionali o atti dell'UE, il Ministro della salute, in cooperazione con l'ISS, può adottare criteri aggiuntivi di idoneità per i materiali che entrano a contatto con l'acqua destinata al consumo umano.

L'obiettivo è di passare dall'attuale attestato di conformità del manufatto ad un sistema più complesso dove l'attestato di conformità è basato sul certificato di conformità dei prodotti e prevede anche il controllo all'interno del sito produttivo e sui materiali.

Dal 31 dicembre 2026 inizierà l'applicazione di atti (delegati ed esecutivi). Ci sarà una proroga condizionata fino al 31 dicembre del 2032 per quanto riguarda le liste positive per l'applicazione dei materiali che già sono approvati a livello nazionale. Nella fase transitoria è comunque prorogata, a livello nazionale, la validità del D.M. 174/2004.

1 SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE

La presente prassi di riferimento ha lo scopo di supportare i progettisti e i tecnici nell'individuazione, inquadramento operativo e applicazione delle più idonee tecnologie da utilizzare per il risanamento/rinnovamento e sostituzione di condotte esistenti convoglianti acque in pressione, limitando al minimo indispensabile il ricorso a scavi a cielo aperto.

Il ricorso a tecniche di risanamento/rinnovamento e sostituzione con limitato ricorso a scavi è da considerarsi sempre auspicabile, in particolare laddove sussistano le seguenti condizioni:

- congestione del sottosuolo;
- elevati costi sociali legati a viabilità/occupazione suolo pubblico;
- impatti ambientali delle trincee significativi;
- presenza di pavimentazioni di particolare pregio;
- presenza di terreni sospetti di inquinamento;
- interferenza di tracciati con versanti in frana/zone soggette a vincolo idrogeologico;
- interferenza con argini e alvei fluviali;
- sottopassi ferroviari, stradali ed autostradali;
- riutilizzo delle condotte esistenti;
- cambio di destinazione d'uso delle tubazioni;
- ogni situazione in cui sia sconsigliata la manomissione del suolo esistente.

I criteri con i quali è stato redatto il presente documento sono quindi basati sui punti sopra indicati, nonché sul recepimento delle direttive europee in materia di valutazione dell'impatto ambientale delle opere nel sottosuolo. Altri criteri sono riconducibili ai costi di applicazione/esecuzione, alle politiche di qualità del servizio, alle condizioni del sottosuolo/ambientali in cui si opera sul territorio, intese nel loro più ampio significato, con particolare attenzione agli aspetti legati ai costi sociali derivanti.

Sono stati inoltre valutati i limiti di applicabilità delle varie tecnologie, evidenziandone eventuali criticità e svantaggi.

2 RIFERIMENTI NORMATIVI

La presente prassi di riferimento rimanda, mediante riferimenti datati e non, a disposizioni contenute in altre pubblicazioni. Tali riferimenti normativi sono citati nei punti appropriati del testo e sono di seguito elencati. Per quanto riguarda i riferimenti datati, successive modifiche o revisioni apportate a dette pubblicazioni valgono unicamente se introdotte nel presente documento come aggiornamento o revisione. Per i riferimenti non datati vale l'ultima edizione della pubblicazione alla quale si fa riferimento.

UNI EN 752:2017	Connessioni di scarico e collettori di fognatura all'esterno degli edifici - Gestione del sistema di fognatura
UNI EN 1555 (serie)	Sistemi di tubazioni di materia plastica per la distribuzione di gas combustibili - Polietilene (PE)
UNI EN 12201 (serie)	Sistemi di tubazioni di materia plastica per la distribuzione dell'acqua e per scarico e fognature in pressione - Polietilene (PE)
UNI EN 12484-2:2002	Tecniche di irrigazione - Sistemi di irrigazione automatica da prato - Progettazione e definizione degli appropriati modelli tecnici
UNI EN 13508-2	Indagine e valutazione degli impianti di raccolta e smaltimento di acque reflue all'esterno di edifici - Parte 2: Sistema di codifica per ispezione visiva
UNI EN 15885:2018	Classificazione e caratteristiche delle tecniche di ripristino, riparazione e sostituzione degli impianti di raccolta e smaltimento di acque reflue
UNI EN ISO 805	Prova di tenuta
UNI EN ISO 11295:2022	Sistemi di tubazioni di materia plastica utilizzati per il rinnovamento delle condotte - Classificazione e quadro generale delle attività strategiche, tattiche e operative
UNI EN ISO 11297-3	Sistemi di tubazioni di materia plastica per il ripristino delle reti interrate in pressione di fognature e scarichi - Parte 3: Installazione interna con sistemi di tubi continui ed aderenti
UNI EN ISO 11298-3	Sistemi di tubazioni di materia plastica per il ripristino delle reti interrate di distribuzione dell'acqua - Parte 3: Inserimento interno (lining) di tubi continui ad alta aderenza
UNI EN ISO 11296-1	Sistemi di tubazioni di materia plastica per il ripristino di reti non in pressione di fognature e di scarichi - Parte: 1 Generalità
UNI EN ISO 21225-1	Sistemi di tubazioni di materia plastica per la sostituzione senza scavo di reti di tubazioni interrate - Parte 1: Sostituzione sulla linea mediante rompi tubo (pipe bursting) ed estrazione del tubo

3 TERMINI E DEFINIZIONI

Ai fini del presente documento si applicano i termini e le definizioni seguenti.

NOTA Le descrizioni e la denominazione di classificazione delle varie tecnologie sono riportate in lingua inglese poiché sono prese dalla UNI EN ISO 11295:2022 pubblicata in lingua inglese.
Essendo la presente prassi di riferimento redatta in lingua italiana, eventuali termini identificativi di tecnologia in lingua italiana o in denominazione breve riporteranno tra parentesi la denominazione in lingua inglese.

3.1 azienda abilitata alla rimozione, smaltimento e bonifica dell'amianto di M.C.A: Azienda in possesso dell'iscrizione alla categoria 10 dell'albo gestori ambientali. Il personale dell'azienda addetto

alle lavorazioni è in possesso del patentino abilitante all'esercizio di coordinatore/addetto alle attività di rimozione, smaltimento e bonifica dell'amianto ai fini della legislazione vigente¹.

3.2 close fit: Condizione che prevede l'inserimento di una nuova tubazione (liner) all'interno di una esistente (host) di diametro analogo previa deformazione applicata sul cantiere o all'atto della fabbricazione del liner in modo che la parete esterna del liner sia la più prossima possibile alla parete interna dell'host.

3.3 close fit lining: Gruppo di tecnologie finalizzate ad ottenere la condizione di close fit mediante procedimenti differenti tra loro.

3.4 compound: Materia prima plastica, usualmente sotto forma di granuli, utilizzata per formare tubi e tubolari.

3.5 DN: Diametro nominale del tubo espresso in millimetri.

NOTA Per i tubi metallici è riferito al diametro interno, per i tubi plastici è riferito al diametro esterno.

3.6 e_n : Spessore nominale di parete del tubo, che è un conveniente numero arrotondato, approssimativamente uguale alle dimensioni di fabbricazione in millimetri.

3.7 host: Tubazione esistente da risanare/rinnovare e sostituire destinata ad ospitare il liner o a costituire la nuova sede di posa in caso di sua sostituzione no-dig.

3.8 liner: Tubazione o tubolare utilizzato per risanare/rinnovare e sostituire una condotta esistente.

3.9 lining a tubo singolo: Rivestimento con singoli tubi di lining prefabbricati e collegati tra loro solo durante l'installazione per formare un filo di rivestimento continuo.

3.10 materiale contenente amianto (MCA): Materiale che risponda almeno a uno dei due requisiti sottoelencati:

- materiale per cui è nota da fonti documentali certe la presenza di fibre di amianto;
- materiale al cui interno, avvalendosi di idonee metodiche di campionamento e di analisi, è rilevata la presenza di fibre di amianto.

NOTA Ai fini della presente UNI/PdR si considerano MCA le tubazioni in cemento amianto anche denominato fibrocemento.

3.11 MOP: Pressione massima di esercizio del fluido nel sistema di tubazioni, espressa in bar, che è ammessa in utilizzo continuo.

3.12 No-Dig (senza scavo): Termine anglosassone utilizzato per definire un insieme di tecnologie e, in senso più ampio, un settore operativo dedicato al rinnovamento/risanamento e sostituzione di condotte con limitato ricorso a scavi a cielo aperto.

3.13 relining/riabilitazione: Tutte le misure per restaurare o migliorare il comportamento di un sistema esistente di tubazione.

3.14 rinnovamento/sostituzione: Riabilitazione di un sistema di tubazione esistente con l'installazione di un nuovo sistema di tubazione, senza l'incorporazione di manufatti originali.

¹ Alla data di pubblicazione della presente PdR è in vigore il DPR 08 agosto 1994.

3.15 risanamento/ripristino: Opera che incorpora in tutto o in parte il manufatto originario della tubazione per mezzo della quale la sua prestazione corrente è migliorata.

3.16 Pipe Bursting: Procedimento di sostituzione condotte con limitato ricorso a scavi a cielo aperto basato sull'utilizzo di attrezzatura capace di frantumare/sezionare una condotta interrata esistente, posizionando contestualmente una nuova condotta al posto della precedente.

3.17 SDR: Rapporto dimensionale del CIPP, pari al rapporto tra il diametro esterno del liner e lo spessore del liner stesso (numero adimensionale).

3.18 sistema di rivestimento: Tubo di lining e tutti i rispettivi raccordi, ausili per l'installazione fissati (compresi i sistemi a scorrimento e i sistemi a rulli) installati in una conduttura esistente a scopo di ristrutturazione.

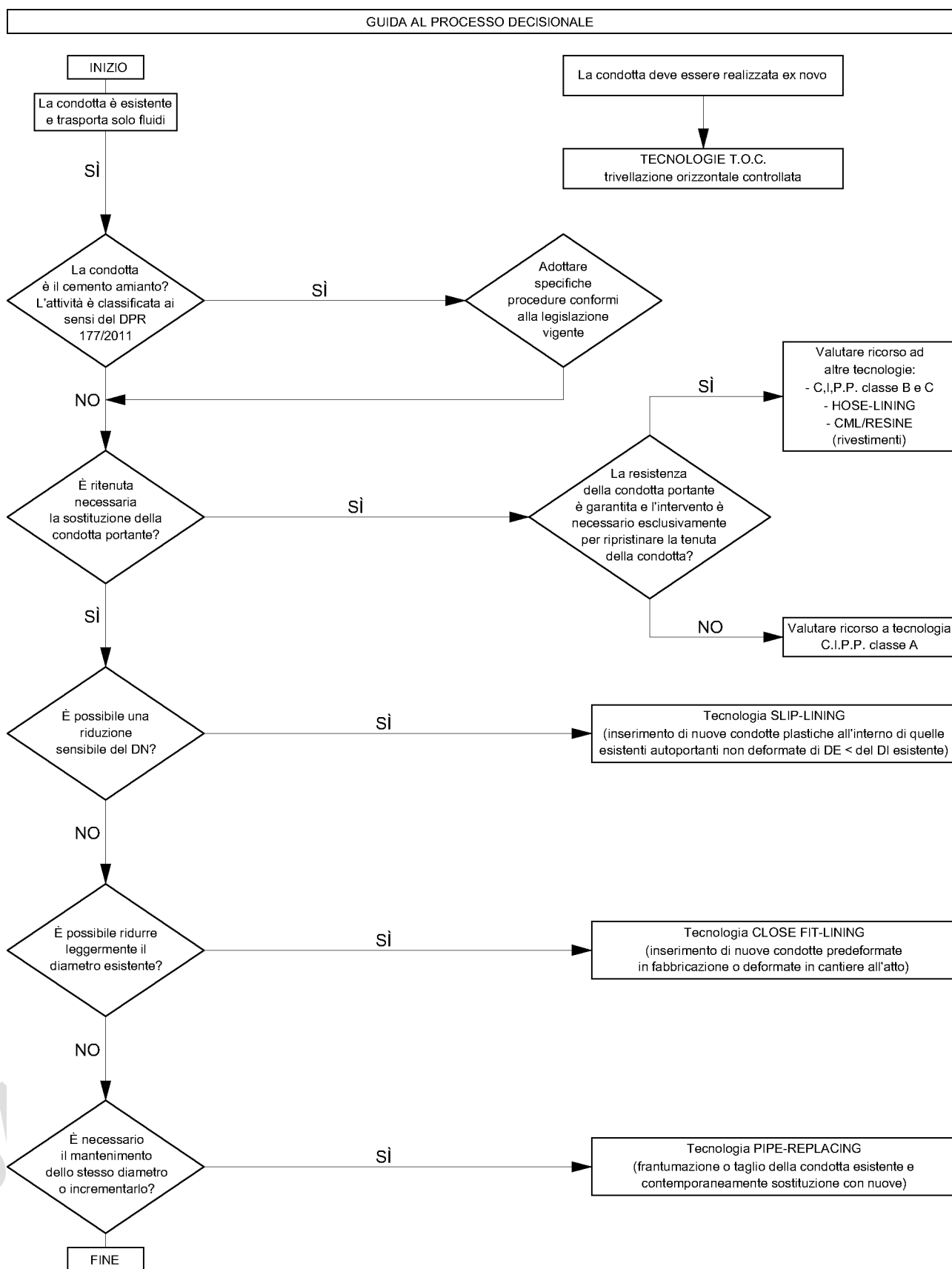
3.19 slip lining: Tecnica che prevede l'inserimento di una nuova tubazione (liner) all'interno di una esistente (host) di diametro più grande, senza modifica dimensionale del liner.

3.20 trenchless: Sinonimo di No-Dig.

4 SCHEMA DI SUPPORTO AI PROCESSI DECISIONALI

In relazione al vasto numero e tipologie di tecnologie NO-DIG disponibili, costituisce parte funzionale al presente documento la trasposizione grafica del processo decisionale, come illustrato nello schema in figura 1. Tale schema, è finalizzato all'individuazione di almeno una risposta tecnologica adeguata a soddisfare un'esigenza progettuale di rinnovamento/sostituzione di condotte per fluidi, applicando una o più tecnologie NO-DIG.

Figura 1 – Guida al processo decisionale



5 TIPOLOGIE DI ESECUZIONE

Nel presente documento non sono esaminate tutte le tecnologie esistenti, ma solamente quelle più frequentemente utilizzate alla data di redazione del presente documento, idonee quindi ad essere applicate in modo sistematico sugli impianti del sottosuolo, senza distinzione di destinazione e con una significativa referenza di applicazione.

L'utilizzo di tecnologie trenchless non esclude completamente la necessità di opere edili (scavi e ripristini), ma li limita al minimo indispensabile. L'incidenza percentuale degli scavi necessari per i cantieri no-dig rispetto alle opere di scavo con trincea a cielo aperto, varia da tecnologia a tecnologia, anche in funzione della taglia dell'intervento, assumendo generalmente valori compresi tra il 5 e il 10% delle volumetrie e delle superfici in gioco.

Le operazioni relative alle tecnologie descritte nel presente documento devono essere svolte nel rispetto delle procedure operative e le norme di sicurezza applicabili per il caso, opportunamente riportate nei POS, PSC, nel DUVRI e relative schede di sicurezza.

L'utilizzo di tubazioni plastiche con le tecnologie che prevedono la persistenza della condotta preesistente, limitano, ovvero complicano, il successivo impiego sul liner delle tecniche di intercettazione generalmente utilizzate (per esempio schiaccia-tubi, saldatura di selle per palloni otturatori, stop system, ecc.). Per tali ragioni, il progettista deve opportunamente valutare l'eventuale installazione di organi di intercettazione supplementari.

L'aggiornamento cartografico successivo all'intervento dovrebbe prevedere l'indicazione della tecnologia applicata, la tipologia dei materiali impiegati, quali liner, e l'indicazione del materiale precedentemente presente. L'indicazione delle camere/fosse di inserimento/traino, ove la tubazione esistente è stata sezionata, consente inoltre di accedere al liner laddove è sicuramente libero.

Le attività di ripristino di tubazioni in cemento amianto richiedono l'impiego di personale qualificato e l'adozione di specifiche misure di prevenzione e protezione coerenti con la legislazione vigente, al fine di evitare l'esposizione dei lavoratori addetti a fibre aerodisperse e, allo stesso tempo, evitare che vi possa essere contaminazione dell'ambiente. Il materiale di risulta dalle lavorazioni deve essere classificato e gestito come materiale contenente amianto e smaltito secondo quanto previsto dalla legislazione vigente².

Deve essere tenuto conto, inoltre, della tipologia dei materiali costituenti l'infrastruttura esistente, con specifico riferimento alla presenza di materiali ad oggi considerati inquinanti, quali per esempio quelli contenenti amianto (MCA), rispetto ai quali è richiesta una specifica analisi di dettaglio al fine di valutare la fattibilità dell'intervento. Questo a valere sia per le attività di posa all'interno dell'infrastruttura esistente, sia in relazione all'eventuale posa in prossimità, considerate le precauzioni da attuare durante eventuali attività di scavo e nello smaltimento dei materiali e terreno asportati.

Le attività di ripristino per le quali si rendono necessari scavi e/o l'accesso in pozzetti e/o negli scavi stessi, in funzione delle loro caratteristiche, richiedono sia l'adozione di specifiche misure di prevenzione e protezione sia una specifica qualificazione delle imprese operanti, così come previsto dalla legislazione vigente³.

Il materiale costituente le tubazioni deve essere idoneo al contatto con gli alimenti (M.O.C.A.), come previsto dalla legislazione vigente⁴.

NOTA Inoltre, è opportuno ricordare che la Direttiva europea 2020/2184 (che sostituisce la precedente 98/83/CE) fissa valori limite per nuove sostanze tra cui: il Bisfenolo A - BPA, il Clorato e Clorite, i PFAS (sostanze perfluoroalchiliche) totali e somma di PFAS e l'Uranio.

² Alla data di pubblicazione della presente PdR sono in vigore il D.Lgs. 81/08, il D.M. 6/9/1994, il D.M. 20/08/1999, la Legge 257/1992, il D.Lgs. n. 152/2006.

³ Alla data di pubblicazione della presente PdR sono in vigore il D.Lgs. 81/08 e il DPR 177/2011.

⁴ Alla data di pubblicazione della presente PdR sono in vigore il DM 174/2004, il Regolamento CE 1935/2004.

6 TECNOLOGIE DI RISANAMENTO E SOSTITUZIONE

Le tecnologie riportate nei punti seguenti sono parte di quelle classificate nella UNI EN ISO 11295:2022 e si collocano nelle tecnologie di risanamento e sostituzione.

7 SLIP LINING (LINING WITH CONTINUOUS PIPES)

La tecnologia Slip lining (lining with continuous pipes) consiste nell'inserzione di una tubazione in materiale plastico (PE, PP, PEX o altro) o altri materiali anche non plastici, all'interno di una tubazione esistente di diametro maggiore (vedere Figura 2). Ciò è subordinato alla possibilità che la condotta preesistente consenta la riduzione della sezione netta di passaggio del fluido di una certa percentuale determinata dalla differenza tra il diametro interno della vecchia tubazione ed il diametro interno del nuovo liner. In condizioni normali, la diminuzione della sezione netta di deflusso è totalmente o in gran parte compensata dalla drastica riduzione delle perdite di carico, ottenuta per effetto dell'impiego di nuove tubazioni con superficie minimamente scabra, nonché dal fatto che la condotta originale si presenta usualmente con depositi interni di vario genere estensivi o localizzati, mentre la nuova tubazione in materiale plastico è perfettamente integra e la sua superficie così rimarrà in futuro proprio per la sua natura di materiale scarsamente biodegradabile.

L'operazione di inserzione è preceduta dalla saldatura delle nuove tubazioni per la lunghezza operativa corrispondente a ciascun segmento da intubare. Le giunzioni tra tubi in PE/PP (no PEX) avvengono usualmente per polifusione testa a testa con eventuale asportazione del cordolo esterno di saldatura.

Più raramente, la giunzione dei liner può avvenire con manicotti elettrosaldabili, ma occorre tener conto che questi presentano un diametro esterno effettivo le più volte incompatibile con le operazioni di relining.

Dopo l'inserimento, i collegamenti tra segmenti di liner (ovvero tra le tubazioni plastiche precedentemente inserite nella vecchia condotta) avvengono mediante accoppiamento con manicotti elettrosaldabili o accoppiamenti flangiati o mediante raccordi a serraggio meccanico conformi alle specifiche tecniche di progetto.

A relining eseguito, la sequenza operativa prevede la riconnessione alle estremità del segmento rinnovato tra il nuovo tubo plastico e le restanti parti della tubazione esistente con giunti metallo-plastici lineari "a saldare", giunti universali antisfilamento o mediante accoppiamenti flangiati.

È possibile la realizzazione ex-novo o il ricolloco definitivo di derivazioni direttamente sul liner, previa apertura, sulla tubazione ospitante, di apposite finestre.

NOTA Nel caso in cui la tubazione ospitante sia in MCA, è necessario adottare specifiche modalità operative coerenti con le previsioni della legislazione vigente⁵.

Tali finestre, di regola, dovrebbero essere realizzate preventivamente all'intervento di inserzione. È possibile eseguire la "finestratura" anche post-intervento di inserzione ponendo particolare attenzione alla fase di taglio della condotta ospitante, con idonee attrezzature (per esempio smerigliatrice angolare dotata di limitatore di profondità di taglio), ed eseguite con modalità tese a limitare al minimo l'innalzamento della temperatura nella zona di intervento così da conservare l'integrità della tubazione plastica sottostante.

La tecnologia Slip Lininig consente di effettuare rinnovamenti di estesi tratti di condotte esistenti, anche superiori a 500 metri, con una ampia gamma di diametri, da DN 80 a DN 1000 mm e oltre.

È facoltà del progettista individuare diametro e serie (spessore) della tubazione plastica da inserire con funzione di liner, tenendo in debito conto almeno i seguenti fattori:

- portata;
- pressione di esercizio;

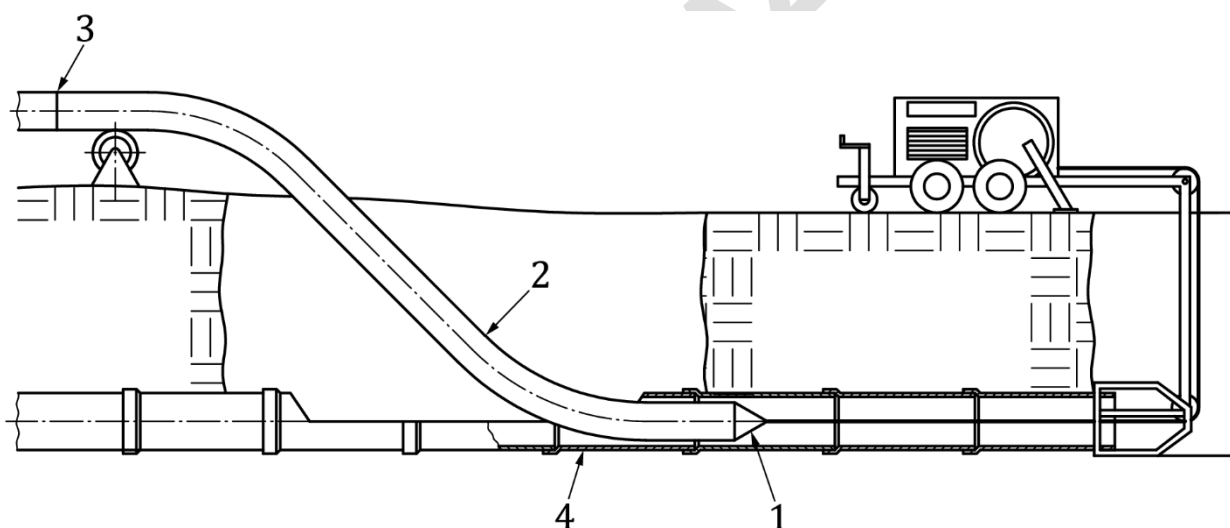
⁵ Vedere bibliografia.

- colpi d'ariete e sovrappressioni in genere;
- sollecitazioni meccaniche in fase di inserimento (attriti, abrasioni, ecc.) e di esercizio;
- effetti termici durante e successivi all'installazione;
- necessità manutentive successive all'installazione;
- disponibilità di raccorderia (in relazione all'adozione di diametri poco commerciali e/o non conformi agli standard aziendali);
- conformità normativa dei fluidi trasportati con il materiale impiegato.

Figura 2 - Rappresentazione schematica della tecnologia Slip lining (lining with continuous pipes)

Legenda:

- | | |
|---|--|
| 1 | Testa di tiro |
| 2 | Nuova tubazione di rivestimento |
| 3 | Giunzione al precedente tubo di rivestimento |
| 4 | Tubazione esistente |



7.1 Materiali utilizzabili quali liner in attività di Slip Lining

I materiali plastici utilizzabili come nuova condotta (liner) da inserire all'interno delle condotte ospitante (host) sono i seguenti:

- PE (inteso come polietilene ad alta densità, generalmente PE100);
- PE multistrato (inteso come tubo in PE come sopra, dotato di strati esterni di protezione/barriera);
- PEX (inteso come PE reticolato);
- PP (polipropilene) e PPR (polipropilene reticolato).

È possibile utilizzare anche materiali non plastici quali acciaio, ghise sferoidali, materiali compositi e inerti, a condizione che i sistemi di giunzione sopportino le sollecitazioni proprie di tale tecnica di relining.

7.2 Adempimenti progettuali preventivi alle attività di Slip Lining

Al fine di accertare l'applicabilità della tecnologia di cui al presente paragrafo, occorre valutare se sono stati esaminati compiutamente i seguenti fattori potenzialmente incidenti sul successo del progetto, tenuto conto che la tecnologia del Slip Lining (Lining with continuous pipes) possono essere eseguiti esclusivamente Liner di Classe A (totalmente strutturale) secondo UNI EN ISO 11295:2022.

Tali fattori sono:

- identificazione caratteristiche tubazioni (diametro, spessore, materiale, profondità di posa, ecc.);
- verifica della capacità di trasporto del fluido convogliato da parte del liner, in relazione al diametro utile sensibilmente ridotto rispetto al preesistente;
- verifica della compatibilità del materiale utilizzato come liner in relazione al tipo di fluido da convogliare (per esempio acqua potabile, particolari fluidi industriali, ecc.);
- verifica dei punti di curvatura plano-altimetrica, della presenza di pezzi speciali, flange, tee, derivazioni di utenza e diramazioni di condotta, ecc. che possono costituire impedimento/complicazione alla realizzazione del relining;
- verifica della compatibilità degli scavi necessari al relining, in relazione alla tecnologia individuata, con i sottoservizi presenti lungo i tracciati e/o i punti di accesso alla condotta esistente;
- individuazione della posizione e stima delle dimensioni indicative degli scavi di intercettazione lungo la condotta esistente e di inserzione, recapito ed eventuale derivazione dal liner inserito;
- verifica dell'assenza di fonti di calore $\geq 30^{\circ}\text{C}$ insistenti lungo il tracciato;
- verifica della necessità o meno di procedere alla pulizia dell'interno della condotta, con classificazione e attribuzione della proprietà del rifiuto derivante in caso di produzione dello stesso;
- verifica della necessità o meno di intasare la corona circolare libera tra parete esterna del liner e parete interna della condotta esistente;
- verifica della possibilità e delle modalità di mappatura e rintracciamento del liner posato con tale tecnica di relining.

7.3 Sequenza delle operazioni relative alle operazioni di Slip Lining

Si riporta di seguito la sequenza delle operazioni osservata durante un'applicazione complessa di Slip Lining, intendendo come applicazione complessa un intervento di rinnovamento di una condotta precedentemente in esercizio, con previsione di installazione di un eventuale impianto di by-pass e conseguente disinstallazione dello stesso e comprensiva delle operazioni di messa fuori esercizio della condotta da risanare e rimessa in esercizio del liner a fine operazioni:

- 1) Ottenimento dei permessi e autorizzazioni necessari;

NOTA Nel caso in cui la tubazione ospitante sia in MCA, è necessario predisporre la documentazione prevista dalla legislazione vigente⁶.

⁶ Vedere Bibliografia.

- 2) Installazione del cantiere;
- 3) Realizzazione degli scavi in corrispondenza dei punti alle estremità del tratto da mettere fuori servizio e rinnovare;
- 4) Eventuale realizzazione del by-pass necessario a mantenere in esercizio le derivazioni di utenza insistenti lungo il tratto;
- 5) Eventuale collegamento del by-pass alle estremità della condotta, sanificazione e messa in esercizio dello stesso;
- 6) Realizzazione degli scavi in corrispondenza punti di colloco delle derivazioni;
- 7) Connessione delle derivazioni preesistenti al by-pass e messa in esercizio delle stesse;
- 8) Messa fuori esercizio della condotta da risanare;
- 9) Sezionamento della condotta da risanare in corrispondenza dei punti stabiliti per l'inserzione e il traino del liner;
- 10) Saldatura dei tratti di tubazione (liner) da impiegare per il rinnovamento (salvo utilizzo di tubi in rotoli);
- 11) Ispezione televisiva/visiva dell'interno della condotta esistente;
- 12) Qualora sussistano depositi interni in entità tale da compromettere l'intervento di inserzione, pulizia dell'interno della condotta esistente;
NOTA Entità di deposito \geq al 50% della corona circolare libera tra parete interna della condotta esistente e parete esterna del liner.
- 13) Posizionamento dell'organo o dell'impianto idraulico per l'inserimento del liner;
- 14) Opere di relining (inserzione);
- 15) Connessione eventuali tratti di liner intermedi;
- 16) Collaudo delle condotte rinnovate;
- 17) Realizzazione del collegamento del liner alle derivazioni;
- 18) Collegamento del liner ai terminali della condotta esistente a monte e a valle del relining;
- 19) Messa in esercizio della condotta rinnovata;
- 20) Chiusura scavi e smobilitazione cantiere.

NOTA Nel caso la condotta ospitante sia in cemento amianto, nell'ambito di tutte le operazioni che prevedono l'inserimento di attrezzature/materiali all'interno della condotta stessa (videoispezione, pulizia meccanica o non, posa cordino, posa fune argano, recupero fune argano e posa nuova tubazione), bisogna valutare il possibile sfregamento contro le pareti e la conseguente necessità della bonifica da eventuali fibre di amianto delle attrezzature/materiali utilizzati e raccolta, stoccaggio e smaltimento presso discarica autorizzata del materiale di risulta.

Durante le attività, tenuto anche conto della profondità dello scavo e delle caratteristiche del terreno, devono essere adottate le misure di prevenzione e protezione così come definite a seguito della valutazione dei rischi, ovvero interventi/disposizioni/procedure volte a salvaguardare la sicurezza e la salute dei lavoratori.

8 TECNOLOGIE CLOSE FIT (Lining with close fit pipes)

Con la denominazione Close Fit si identifica il gruppo di tecnologie di relining caratterizzate dall'impiego di una condotta plastica, sia predeformata all'atto della fabbricazione che deformata in cantiere immediatamente prima del relining, in modo da poterla inserire all'interno di una condotta esistente con la minima perdita di sezione utile di deflusso dei fluidi trasportati.

Il termine "Close Fit" sta a significare la condizione di intima aderenza tra la parete esterna del liner plastico e la parete interna del tubo ospitante (host), ottenibile appunto mediante deformazione temporanea del liner plastico e sua riformatura a misure e forma originale dopo l'inserimento.

La deformazione può essere di tipo elastico, applicata su tubi plastici (generalmente PE) di produzione e serie metrica di riferimento o realizzata su misura, meramente temporanea e reversibile a freddo, oppure di tipo plastico, effettuata al momento della fabbricazione del liner di misure anche non di riferimento, mantenuta a tempo indefinito fino a riformatura termica secondo procedimento tipico della tecnologia.

NOTA Le tecnologie Close Fit trovano riferimento specifico nelle UNI EN ISO 11291-1, UNI EN ISO 1191-2, 11296-1/2, 11297-1/2, 11298-1/2, con paragrafi specifici riferiti alla possibilità di prevedere l'impiego di tubi plastici di serie metrica non normati (diversa quindi dai prospetti riportati nelle UNI EN 12201 e UNI EN 1555).

9 CLOSE FIT CON TUBI DI PRODUZIONE DI RIFERIMENTO

9.1 Tecnologie Close Fit basate sulla riduzione del diametro per costrizione radiale

Le tecnologie Close Fit sono basate sulla provvisoria riduzione del diametro della tubazione plastica (usualmente PEAD) preventivamente saldata per polifusione testa/testa e privata dei cordoli di saldatura.

Una apposita macchina deformatrice posizionata in linea con lo scavo di inserzione, opera una riduzione a freddo o a caldo dell'8-10% del diametro originale del tubo in PE mediante il suo passaggio per trazione attraverso una o più flange coniche, così da ridurre sezione e diametro permettendo l'immediata inserzione del liner all'interno della condotta da rinnovare (vedere Figura 3).

Il passaggio attraverso la flangia (o serie di flange) conica avviene mediante trazione operata con un organo di adeguata potenza.

Per i diametri e spessori più elevati, l'operazione di riduzione di diametro temporanea è eseguita aumentando la temperatura del liner in corrispondenza della zona di deformazione, mediante riscaldamento effettuata con apposita attrezzatura.

Ad inserzione terminata la tubazione, ridotta di diametro, può tornare al diametro di riferimento autonomamente oppure può essere facilitato tale ritorno con pressurizzazione utilizzando acqua fredda o aria, fino ad adesione alle pareti della condotta da rinnovare (close-fit). L'intero processo di deformazione, inserimento e riformatura deve essere consecutivo e non può subire sospensioni protratte, avvenendo generalmente nel corso di una unica giornata lavorativa.

Possono essere rinnovati in un'unica soluzione, notevoli estensioni di condotte esistenti, anche oltre 1 000 m.

Le macchine deformatrici sono in grado di ridimensionare condotte in PEAD da DE 110 mm a DE 1 400 mm e oltre, da SDR26 (PN6, PE) a SDR 9 (PN20, PE).

È facoltà del progettista individuare diametro e serie (spessore) della tubazione plastica da inserire con funzione di liner, tenendo in debito conto almeno i seguenti fattori:

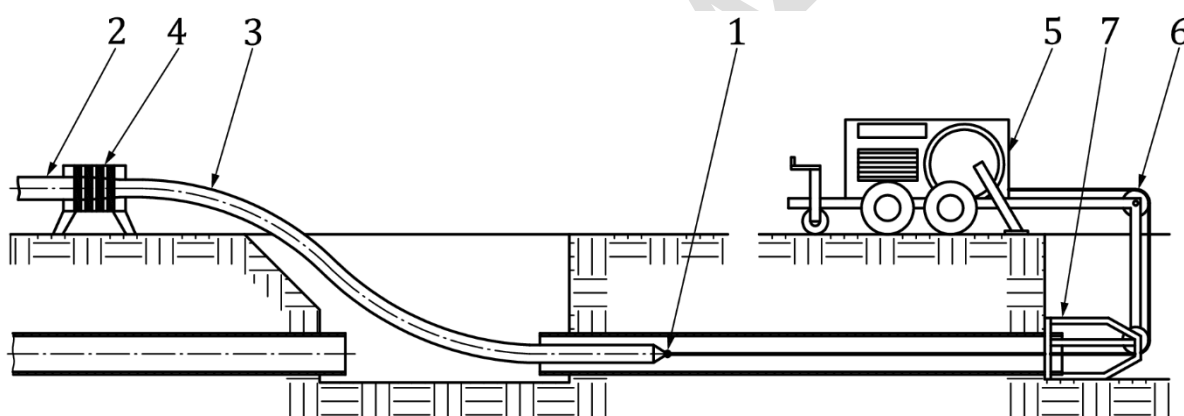
- portata;
- pressione di esercizio;
- colpi d'ariete e sovrappressioni in genere;
- pulizia interna della condotta esistente;

- sollecitazioni meccaniche dovute alla forza di trazione applicabile (in relazione al carico di snervamento del liner plastico);
- altre sollecitazioni meccaniche in fase di inserzione (attriti, abrasioni, ecc.) e di esercizio;
- effetti termici durante e successivi all'installazione;
- necessità manutentive successive all'installazione;
- disponibilità di raccorderia (in relazione all'adozione di diametri poco commerciali);
- conformità normativa dei fluidi trasportati con il materiale impiegato.

Figura 3 - Rappresentazione schematica delle tecnologie Close Fit basate sulla riduzione del diametro per costrizione radiale

Legenda:

1	Testa di tiro	5	Argano di tiro
2	Parte iniziale del tubo di rivestimento	6	Puleggia di guida
3	Tubo di rivestimento con diametro ridotto	7	Gabbia di rinforzo
4	Macchina deformatrice		



9.1.1 Materiali utilizzabili quali liner in attività di Close Fit radiale

Il materiale utilizzato come nuova condotta (liner) da inserire all'interno delle condotte ospitanti (host) è il PE (inteso come polietilene ad alta densità).

NOTA La tecnologia di Close Fit radiale può comportare l'utilizzo di un corpo tubolare della condotta in PE di diametro e caratteristiche diverse da quelli di riferimento, generalmente utilizzati per la posa in opera interrata. Per tali motivazioni, in ragione del tipo di deformazione applicata dal sistema, la materia prima di base utilizzata per la costruzione dei tubi dovrebbe necessariamente presentare caratteristiche sottoposte a prova per tale uso specifico. È compito del progettista prevedere l'impiego di materiali base idonei, e del Direttore lavori verificare preventivamente che i tubi in PE utilizzati per tali applicazioni siano costruiti con materie prime (granulo/compound) idonee, attraverso apposita richiesta al produttore della tubazione o all'esecutore specializzato, anche mediante presentazione di opportuna referenza produttiva pregressa.

9.1.2 Verifiche progettuali preventive alle attività di Close Fit radiale

Al fine di accertare l'applicabilità della tecnologia di cui al presente paragrafo, occorre verificare quanto segue:

- capacità di trasporto del fluido convogliato da parte del liner, in relazione al diametro utile marginalmente ridotto rispetto al preesistente;
- compatibilità del materiale utilizzato come liner in relazione al tipo di fluido da convogliare;
- compatibilità del materiale utilizzato come liner in relazione alla tecnologia di deformazione applicata, con particolare riferimento alle forze (trazione, snervamento, compressione) applicate;
- compatibilità del diametro della condotta esistente con la tecnologia;
- compatibilità del Liner in PE con la pressione d'esercizio/collauda.

9.1.3 Adempimenti progettuali esecutivi relativi alle attività di Close Fit radiale

Nella progettazione esecutiva dell'intervento, il progettista deve tenere debito conto dei seguenti fattori, tenuto conto che con la tecnologia del Close Fit (Lining with close fit pipes) con deformazione radiale possono essere eseguiti Liner di Classe A (totalmente strutturale) o B (parzialmente strutturale) secondo UNI EN ISO 11295:2022.

Tali fattori sono:

- identificazione caratteristiche tubazioni (diametro, spessore, materiale, profondità di posa, ecc.);
- andamento planimetrico ed altimetrico della condotta esistente;
- ubicazione e caratteristiche dei pezzi speciali, flange, tee, derivazioni di utenza e diramazioni di condotta, ecc. presenti sulla condotta esistente;
- calcolo delle lunghezze massime di inserimento e relativi posizionamenti degli scavi relativi;
- calcolo delle forze di traino da applicare e conseguente verifica di adeguatezza dello spessore necessario al traino del Liner in PE;
- metodologie di collegamento tra tratti di liner inseriti e di connessione tra terminali del liner e condotte esistenti, con individuazione del metodo di normalizzazione a diametro di riferimento dei terminali stessi (montaggio pezzi speciali o utilizzo di anelli metallici di normalizzazione);
- eventuali necessità di modifica di opere di contrasto/ancoraggi esistenti (durante l'esecuzione dei lavori e nella configurazione finale in esercizio);
- individuazione del diametro esterno del Liner più rispondente al diametro interno della tubazione esistente (in caso di diametro esterno di un tubo di riferimento in PE coincidente con il diametro interno dell'host è possibile utilizzare un Liner di serie metrica di riferimento, in caso contrario occorre individuare il corretto diametro esterno e calcolare lo spessore del tubo secondo le formule stabilite dalle relative norme);
- nel caso di condotte non interrato, ovvero esposte a fenomeni atmosferici, verifiche delle dilatazioni specifiche del liner in PE;
- verifica della eventuale deformazione (ovalizzazione) della condotta esistente;
- misurazione del diametro interno effettivo della condotta esistente;

- definizione aree di cantiere necessarie all'esercizio della suddetta tecnologia in sicurezza e nel rispetto dei luoghi in cui si opera;
- dimensionamento degli scavi di inserimento e ricezione;
- mappatura dei sottoservizi interessati dagli scavi di cui sopra;
- definizione di parametri e procedure relativi al posizionamento delle macchine utilizzate per il processo di relining;
- individuazione del metodo di pulizia interna della condotta esistente;
- individuazione del codice CER del materiale di risulta delle pulizie e individuazione di impianto idoneo al suo smaltimento a termini di legge;
- definizione delle metodologie e norme di riferimento relative alla prova di tenuta finale.

9.1.4 Sequenza delle lavorazioni relative alle attività di Close Fit radiale

Si riporta di seguito la sequenza delle operazioni osservata durante un'applicazione complessa di Close Fit Radiale, intendendo come applicazione complessa un intervento di rinnovamento di una condotta idrica precedentemente in esercizio, con previsione di installazione di un eventuale impianto di by-pass e conseguente disinstallazione dello stesso e comprensiva delle operazioni di messa fuori esercizio della condotta da risanare e rimessa in esercizio del liner a fine operazioni:

- 1) Ottenimento dei permessi e autorizzazioni necessari;
 NOTA Nel caso in cui la tubazione ospitante sia in MCA, è necessario predisporre la documentazione prevista dalla legislazione vigente⁷.
- 2) Installazione del cantiere;
- 3) Realizzazione degli scavi in corrispondenza dei punti alle estremità del tratto da mettere fuori servizio e rinnovare;
- 4) Eventuale realizzazione del by-pass necessario a mantenere in esercizio le derivazioni di utenza insistenti lungo il tratto;
- 5) Eventuale collegamento del by-pass alle estremità della condotta, sanificazione e messa in esercizio dello stesso;
- 6) Realizzazione degli scavi in corrispondenza punti di colloco delle derivazioni;
- 7) Eventuale connessione delle derivazioni preesistenti al by-pass e messa in esercizio delle stesse;
- 8) Messa fuori esercizio della condotta da risanare;
- 9) Sezionamento della condotta da risanare in corrispondenza dei punti stabiliti per l'inserzione e il traino del liner;
- 10) Eventuali rimozioni di parti sporgenti all'interno del tubo esistente (Host);
- 11) Esecuzione di calibratura della condotta esistente, per verificare eventuale ovalizzazione o cambi di diametri della condotta esistente;
- 12) Saldatura dei tratti di tubazione (liner) da impiegare per il rinnovamento (salvo utilizzo di tubi in rotoli);

⁷ Vedere Bibliografia.

- 13) Asportazione dei cordoli di saldatura;
 - 14) Ispezione televisiva/visiva dell'interno della condotta esistente;
 - 15) Qualora sussistano depositi interni in entità tale da compromettere l'intervento di inserzione, pulizia dell'interno della condotta esistente;
- NOTA Entità di deposito \geq al 3-5% della corona circolare libera tra parete interna della condotta esistente e parete esterna del liner.
- 16) Posizionamento dell'organo tira cavi per il traino del liner ad un capo del tratto da risanare;
 - 17) Installazione del dispositivo di riduzione radiale all'altro capo del tratto da risanare;
 - 18) Opere di relining (inserzione);
 - 19) Riformatura del liner, fino a dimensioni e forme originali;
 - 20) Misurazione del liner, con eventuale normalizzazione mediante anelli metallici dei punti di collegamento;
 - 21) Connessione eventuali tratti di liner intermedi;
 - 22) Collaudo delle condotte rinnovate;
 - 23) Realizzazione del collegamento del liner alle derivazioni;
 - 24) Collegamento del liner ai terminali della condotta esistente a monte e a valle del relining;
 - 25) Messa in esercizio della condotta rinnovata;
 - 26) Chiusura scavi e smobilitazione cantiere.

NOTA Nel caso la condotta ospitante sia in cemento amianto, nell'ambito di tutte le operazioni che prevedono l'inserimento di attrezzature/materiali all'interno della condotta stessa (videoispezione, pulizia meccanica o non, posa cordino, posa fune argano, recupero fune argano e posa nuova tubazione), bisogna valutare il possibile sfregamento contro le pareti e la conseguente necessità della bonifica da eventuali fibre di amianto delle attrezzature/materiali utilizzati e raccolta, stoccaggio e smaltimento presso discarica autorizzata del materiale di risulta.

Durante le attività, tenuto anche conto della profondità dello scavo e delle caratteristiche del terreno, devono essere adottate le misure di prevenzione e protezione così come definite a seguito della valutazione dei rischi, ovvero interventi/disposizioni/procedure volte a salvaguardare la sicurezza e la salute dei lavoratori.

9.2 Parametri di messa in opera relative alla tecnologia di Close Fit radiale

9.2.1 Procedimenti per il controllo della condotta esistente (host) preinstallazione

La condotta esistente (host) deve essere preventivamente controllata per scongiurare possibili blocchi nella fase d'inserimento o danneggiamenti del Liner durante la medesima fase.

Un ulteriore controllo deve riguardare i parametri dimensionali interni della condotta esistente, che devono risultare tali, da permettere la completa reversione del Liner alle dimensioni previste sull'intero sviluppo del relining. Tale controllo risulta di primaria importanza in quanto una mancata estensione completa del Liner post inserzione (anche dovuta ad una errata deformazione oltre i limiti della tecnologia) crea dei punti non conformi in cui le caratteristiche proprie della nuova tubazione in PE non sono garantite.

Per questo motivo è indispensabile effettuare il controllo attraverso calibratura (Pig Test) con un segmento tubolare in PE adeguato in diametro e in lunghezza alle caratteristiche della condotta esistente (curve, variazioni angolari sui giunti, possibili riduzioni del diametro, spessori tubazione esistente, ovalizzazioni localizzate, ecc.).

L'effettuazione della calibratura con Pig Test è anche indispensabile per la valutazione preventiva delle possibili incisioni che il Liner riporta durante il processo di inserimento.

9.2.2 Procedimenti di riduzione temporanea del diametro del Liner

Relativamente ai processi di riduzione del diametro, si possono distinguere due metodi principali:

- sistema a freddo (temperatura ambiente);
- sistema a caldo (con apporto di temperatura).

Il primo sistema a freddo utilizza come veicolo determinante la deformazione/riduzione di diametro la sola forza di traino (argano di tiro) ovvero, la somma di forza di traino e forza di spinta (argano di tiro in coda + spingi tubo idraulico in testa).

Il secondo sistema a caldo utilizza come veicolo determinante la deformazione/riduzione di diametro la somma degli effetti di una forza di traino/spinto a cui si somma l'effetto della variazione del comportamento viscoelastico del tubo in PE determinato da un innalzamento artificiale della sua temperatura in corrispondenza del dispositivo di riduzione del diametro (flangia conica).

L'adozione dell'uno o l'altro sistema dipende da una serie di fattori che elenchiamo di seguito in ordine d'importanza:

- estensione del singolo tratto di inserimento;
- temperatura ambiente;
- caratteristiche chimico fisiche del polimero (compound) del Liner;
- diametro e spessore del Liner;
- condizioni logistico/ambientali del sito operativo.

9.2.3 Procedimenti per l'inserzione del tubo plastico ridotto temporaneamente del diametro

Preventivamente all'avvio delle operazioni di traino del Liner deve essere effettuata la verifica dei possibili effetti che la forza di traino applicata può comportare sulla stabilità della condotta esistente.

Nella fattispecie, i controlli/verifiche più importanti riguardano:

- valutazione dello stato di consistenza/conservazione del corpo tubolare della condotta esistente. In caso di condizioni troppo deteriorate, occorre prevenire l'effetto di taglio del cavo di traino nelle eventuali curve e l'effetto dirompente della testa di traino;
- continuità della tubazione esistente (host);
- tipologia del materiale e della giunzione della condotta esistente da risanare. In caso di tubazioni con giunzioni non saldate (ghisa, PVC, PRFV, ecc.) l'inserimento deve essere effettuato nel verso "contro bicchiere" per scongiurare l'eventualità di sfilamento di tratti di tubazione esistente;
- valutazione dell'effetto della forza di traino rispetto alle tipologie di aggancio/ancoraggio presenti nel caso di condotte non interrate;
- durante l'operazione di traino dovranno essere monitorate e documentate le forze di traino applicate sul Liner in PE al fine di scongiurare fenomeni di snervamento del materiale.

9.2.4 Procedimento per la gestione del processo di rientro alle dimensioni previste del Liner

Il procedimento di rientro verso le caratteristiche dimensionali originali del Liner deve essere effettuato tenendo conto dei seguenti fattori:

- profilo tecnico del polimero (compound) impiegato per la costruzione del Liner in PE;
- temperatura ambiente e del tubo durante le operazioni;
- sommatoria degli attriti interni (all'host) ed esterni (sul Liner);
- eventuali interventi di accelerazione del rientro dimensionale (pressurizzazione/riscaldamento).

La dinamica del processo di rientro a diametro voluto deve essere controllata mediante un calcolo preventivo (diagramma di rientro) e una serie di misurazioni di controllo effettuate sul Liner post-inserzione. Tale calcolo deve essere condiviso e verificato tra le parti, progettista, direttore lavori e applicatore.

9.2.5 Procedimenti per la normalizzazione a diametro di riferimento dei terminali e relativi collegamenti

Premesso che, dopo deformazione e inserimento, la dimensione del Liner risulta modificata permanentemente rispetto alla serie metrica di riferimento (vedere UNI EN 12201 e UNI EN 1555) resta comunque indispensabile provvedere al collegamento tra due tratti di Liner deformato (collegamenti intermedi) e tra un tratto di Liner deformato e un terminale di tubo di riferimento (collegamenti di estremità). In entrambi i casi, l'operazione può essere eseguita con le seguenti metodologie:

- normalizzazione del tubo deformato a diametro voluto mediante espansione dello stesso e inserzione al suo interno di anello metallico di bloccaggio;
- saldatura all'estremità del liner di un segmento di tubo tecnico con funzione compensatore di diametro. La compensazione può essere in positivo o in negativo (per esempio 300 → 315 o 280 → 250).

Pur non essendo da escludere il primo procedimento, è indice di buona tecnica normalizzare tutti i terminali eseguendo i collegamenti con un tratto di tubo di serie metrica di riferimento.

9.2.6 Procedimenti per la realizzazione delle derivazioni di utenza sul Liner Close Fit

Trattandosi di Liner di dimensioni non rispondenti alla serie metrica di riferimento dei tubi in PE, è possibile che le staffe di saldatura degli organi di presa elettrosaldabili abbiano un raggio di curvatura non compatibile. Nel caso di necessità di realizzazione di derivazioni laterali, è necessario verificare presso il produttore del raccordo che lo stesso sia compatibile.

La realizzazione di derivazioni laterali sul Liner Close Fit dovrebbe essere effettuata mediante asportazione totale preventiva della condotta esistente (host) in corrispondenza del raccordo. In caso ciò non sia possibile o dovesse avvenire in un secondo tempo, è possibile effettuare una "finestra" sulla superficie della condotta esistente attraverso la quale accedere alla porzione di superficie di Liner necessaria. Tale operazione dovrebbe essere effettuata mediante apposita metodologia che garantisce l'integrità del Liner sottostante. Tale risultato si può ottenere mediante l'impiego di un'apposita attrezzatura (Window machine) ovvero manualmente, con impiego di attrezzature che consentano di controllare la profondità di taglio. L'eventuale incisione della superficie esterna del Liner conseguente a tale operazione non dovrebbe comunque superare i limiti stabiliti dalle prove di riferimento (Notch Test).

In caso di taglio di tubazioni (host) metalliche, occorre effettuare lo stesso con sistemi tali da evitare l'innalzamento della temperatura sulla superficie esterna del liner (per esempio taglio refrigerato ad acqua).

9.2.7 Metodologie di manutenzione post installazione del liner deformato con Close Fit radiale

Le necessità manutentive post-installazione di un Liner Close Fit possono essere sintetizzate in due casi principali:

- realizzazione di una diramazione/derivazione/inserimento valvola e/o altro pezzo speciale di grande diametro;
- intervento di riparazione/sezionamento a seguito di danneggiamento.

In entrambi i casi è necessario procedere effettuando il sezionamento del Liner inserito all'interno dell'host secondo procedura illustrata al punto 10.5.2 e, successivamente, predisporre i terminali del Liner secondo la procedura illustrata al punto 10.5.3.

NOTA È prevedibile che le tensioni longitudinali residue sul Liner installato con le tecnologie trattate nel presente punto non risultino completamente annullate in tempo utile dopo il termine delle lavorazioni di relining. L'effetto di tale fatto si traduce in un movimento longitudinale del Liner che, in caso di operazioni manutentive sopra menzionate che prevedono l'impiego di manicotti elettro saldabili, potrebbe compromettere l'esito della saldatura stessa. In questi casi occorre prevedere un'adeguata dimensione della parte libera di Liner (quindi una corrispondente asportazione dell'host) e l'effettuazione di un doppio bloccaggio alle due estremità del Liner, ottenibile mediante saldatura sullo stesso di due staffe elettro saldabili in prossimità dei due terminali dell'host.

9.3 Verifiche di qualità del procedimento

9.3.1 Verifiche preinstallazione

La ditta appaltatrice deve consegnare al Direttore dei Lavori:

- I certificati di idoneità tecnico professionale dei saldatori e delle macchine;
- il protocollo/report e il video dell'ispezione eseguita dopo la pulizia e preparazione della condotta esistente;
- il protocollo della calibratura eseguita sulla condotta esistente;
- i rispettivi protocolli di laboratorio abilitato che dimostrano la corrispondenza della tubazione utilizzata ai dettami della UNI EN ISO 11297-3 (Fognatura a pressione) e UNI EN ISO 11298-3 (acquedotto);
- il diagramma di rientro della condotta in PE post inserimento.

9.3.2 Verifiche in corso d'opera

La ditta appaltatrice deve consegnare al Direttore dei Lavori:

- il protocollo delle forze di traino applicate (misure continue e registrate in automatico dall'argano);
- il protocollo di rientro della condotta nuova in PE.

9.3.3 Verifiche post installazione

La ditta appaltatrice deve consegnare al Direttore dei Lavori:

- i campionamenti secondo quanto previsto della norma UNI EN ISO 11297-3 (Fognatura a pressione), UNI EN ISO 11298-3 (acquedotto);
- il protocollo/report e il video dell'ispezione eseguita al termine dell'inserimento;
- la prova di tenuta secondo UNI EN ISO 805.

9.4 Tecnologie Close Fit basate sulla riduzione del diametro per azione di trafilatura longitudinale del liner plastico

Tale tecnologia basa la propria azione sulla provvisoria riduzione del diametro della tubazione plastica (usualmente PEAD) preventivamente saldata per polifusione testa/testa e privata dei cordoli di saldatura.

Una apposita macchina de formatrice, posizionata in linea con lo scavo di inserzione, opera una riduzione a freddo dell'8-10% al massimo del diametro originale del tubo in PE mediante il suo passaggio forzato, per trazione e spinta combinate, attraverso una serie di rulli contrapposti (da 2 a 4) configuranti diametri decrescenti a partire da quello originale, così da ridurre sezione e diametro permettendo l'inserzione immediata del liner all'interno della condotta da rinnovare.

Il passaggio attraverso i rulli avviene mediante spinta e trazione combinate, operate dalla macchina di deformazione e da un argano di adeguata potenza.

Ad inserzione terminata la tubazione, ridotta di diametro, è riportata a diametro di riferimento per pressurizzazione con acqua fredda o con aria, fino ad adesione alle pareti della condotta da rinnovare (close-fit). L'intero processo di deformazione, inserimento e riformatura deve essere consecutivo e non può subire sospensioni protratte, avvenendo generalmente nel corso di una unica sessione lavorativa.

Possono essere rinnovati in un'unica soluzione, notevoli estensioni di condotte esistenti, anche oltre 1 000 metri.

Le macchine deformatrici sono in grado di trafilare usualmente condotte in PE da DE110 mm a DE 600 mm, da SDR26 (PN6, PE) a SDR 11 (PN16, PE).

È facoltà del progettista individuare diametro e serie (spessore) della tubazione plastica da inserire con funzione di liner, tenendo in debito conto almeno i seguenti fattori:

- portata;
- pressione di esercizio;
- colpi d'ariete e sovrappressioni in genere;
- pulizia interna della condotta esistente;
- sollecitazioni meccaniche dovute alla forza di trazione/trafilatura applicabile (in relazione al carico di snervamento del liner plastico);
- altre sollecitazioni meccaniche in fase di inserzione (attriti, abrasioni, ecc.) e di esercizio;
- effetti termici (temperature esterne) durante e successivi all'installazione;
- necessità manutentive successive all'installazione;
- disponibilità di raccorderia (in relazione all'adozione di diametri poco commerciali e/o non conformi agli standard aziendali);
- conformità normativa dei fluidi trasportati con il materiale impiegato.

9.4.1 Materiali utilizzabili quali liner in attività di Close Fit longitudinale

Il materiale utilizzato come nuova condotta (liner) da inserire all'interno delle condotte ospitante (host) è usualmente il PE (inteso come polietilene ad alta densità).

NOTA La tecnologia di Close Fit longitudinale può comportare l'utilizzo di un corpo tubolare della condotta in PE di diametro e caratteristiche diverse da quelli di riferimento, generalmente utilizzati per la posa in opera interrata. Per tali motivazioni, in ragione del tipo di deformazione applicata dal sistema, la materia prima di base utilizzata per la costruzione dei tubi dovrebbe necessariamente presentare caratteristiche sottoposte a prova per tale uso specifico. È compito del progettista prevedere l'impiego di materiali base idonei, e del Direttore lavori verificare preventivamente che i tubi in PE utilizzati per tali applicazioni siano costruiti con materie prime (granulo/compound) idonee, attraverso apposita richiesta al produttore della tubazione o all'esecutore specializzato, anche mediante presentazione di opportuna referenza produttive pregresse.

9.4.2 Verifiche progettuali preventive alle attività di Close Fit longitudinale

Al fine di accertare l'applicabilità della tecnologia di cui al presente paragrafo, occorre verificare quanto segue, con la tecnologia del Close Fit basate sulla riduzione del diametro per azione di trafilatura longitudinale del liner plastico possono essere eseguiti Liner di Classe A (totalmente strutturale) o B (parzialmente strutturale) secondo UNI EN ISO 11295:2022.

Si deve quindi verificare:

- capacità di trasporto del fluido convogliato da parte del liner, in relazione al diametro utile marginalmente ridotto rispetto al preesistente;
- compatibilità del materiale utilizzato come liner in relazione al tipo di fluido da convogliare;
- compatibilità del materiale utilizzato come liner in relazione alla tecnologia di deformazione applicata, con particolare riferimento alle forze (trazione, snervamento, compressione) applicate;
- compatibilità del diametro della condotta esistente con la tecnologia;
- compatibilità del Liner in PE con la pressione d'esercizio/collauda.

9.4.3 Adempimenti progettuali esecutivi relativi alle attività di Close Fit longitudinale

Nella progettazione esecutiva dell'intervento, il progettista deve tenere debito conto dei seguenti fattori:

- identificazione caratteristiche tubazioni (diametro, spessore, materiale, profondità di posa, ecc.);
- andamento planimetrico ed altimetrico della condotta esistente;
- ubicazione e caratteristiche dei pezzi speciali, flange, tee, derivazioni di utenza e diramazioni di condotta, ecc. presenti sulla condotta esistente;
- calcolo delle lunghezze massime di inserimento e posizionamenti degli scavi relativi;
- calcolo delle forze di traino da applicare e conseguente verifica di adeguatezza dello spessore necessario al traino/trafilatura del Liner in PE;
- metodologie di collegamento tra tratti di liner inseriti e di connessione tra terminali del liner e condotte esistenti, con individuazione del metodo di normalizzazione a diametro di riferimento dei terminali stessi (montaggio pezzi speciali o utilizzo di anelli metallici di normalizzazione);

- eventuali necessità di modifica di opere di contrasto/ancoraggi esistenti (durante l'esecuzione dei lavori e nella configurazione finale in esercizio);
- individuazione del diametro esterno del Liner più rispondente al diametro interno della tubazione esistente (in caso di diametro esterno di un tubo di riferimento in PE coincidente con il diametro interno dell'host è possibile utilizzare un Liner di serie metrica di riferimento; in caso contrario è necessario individuare il corretto diametro esterno e calcolare lo spessore del tubo secondo le formule stabilite dalle relative norme);
- nel caso di condotte non interrato, ovvero esposte a fenomeni atmosferici, verifiche delle dilatazioni specifiche del liner in PE;
- verifica della eventuale deformazione (ovalizzazione) della condotta esistente;
- misurazione del diametro interno effettivo della condotta esistente;
- definizione aree di cantiere necessarie all'esercizio della suddetta tecnologia in sicurezza e nel rispetto dei luoghi in cui si opera;
- dimensionamento degli scavi di inserimento e ricezione;
- mappatura dei sottoservizi interessati dagli scavi di cui sopra;
- definizione di parametri e procedure relativi al posizionamento delle macchine utilizzate per il processo di relining;
- individuazione del metodo di pulizia interna della condotta esistente;
- Individuazione del codice CER del materiale di risulta delle pulizie e individuazione di impianto idoneo al suo smaltimento a termini di legge;
- definizione delle metodologie e norme di riferimento relative alla prova di tenuta finale.

9.4.4 Sequenza delle lavorazioni relative alla tecnologia di Close Fit longitudinale

Si riporta di seguito la sequenza delle operazioni osservata durante un'applicazione complessa di Close Fit Longitudinale, intendendo come applicazione complessa un intervento di rinnovamento di una condotta idrica precedentemente in esercizio, con previsione di installazione di un eventuale impianto di by-pass e conseguente disinstallazione dello stesso e comprensiva delle operazioni di messa fuori esercizio della condotta da risanare e rimessa in esercizio del liner a fine operazioni:

- 1) Ottenimento dei permessi e autorizzazioni necessari;

NOTA Nel caso in cui la tubazione ospitante sia in MCA, è necessario predisporre la documentazione prevista dalla legislazione vigente⁸.
- 2) Installazione del cantiere;
- 3) Realizzazione degli scavi in corrispondenza dei punti alle estremità del tratto da mettere fuori servizio e rinnovare;
- 4) Eventuale realizzazione del by-pass necessario a mantenere in esercizio le derivazioni di utenza insistenti lungo il tratto;
- 5) Eventuale collegamento del by-pass alle estremità della condotta, sanificazione e messa in esercizio dello stesso;

⁸ Vedere Bibliografia.

- 6) Realizzazione degli scavi in corrispondenza punti di colloco delle derivazioni;
- 7) Eventuale connessione delle derivazioni preesistenti al by-pass e messa in esercizio delle stesse;
- 8) Messa fuori esercizio della condotta da risanare;
- 9) Sezionamento della condotta da risanare in corrispondenza dei punti stabiliti per l'inserzione e il traino del liner;
- 10) Eventuali rimozioni di parti sporgenti all'interno del tubo esistente (Host);
- 11) Esecuzione di calibratura della condotta esistente, per verificare eventuale ovalizzazione o cambi di diametri della condotta esistente;
- 12) Saldatura dei tratti di tubazione (liner) da impiegare per il rinnovamento (salvo utilizzo di tubi in rotoli);
- 13) Asportazione dei cordoli di saldatura;
- 14) Ispezione televisiva/visiva dell'interno della condotta esistente;
- 15) Qualora sussistano depositi interni in entità tale da compromettere l'intervento di inserzione, pulizia dell'interno della condotta esistente;

NOTA Entità di deposito \geq al 3-5% della corona circolare libera tra parete interna della condotta esistente e parete esterna del liner.

- 16) Posizionamento dell'organo tiracavi per il traino del liner ad un capo del tratto da risanare;
- 17) Installazione del dispositivo di trafilatura longitudinale all'altro capo del tratto da risanare;
- 18) Opere di relining (inserzione);
- 19) Riformatura del liner, fino a dimensioni e forme originali;
- 20) Misurazione del liner, con eventuale normalizzazione mediante anelli metallici dei punti di collegamento;
- 21) Connessione eventuali tratti di liner intermedi;
- 22) Collaudo delle condotte rinnovate;
- 23) Realizzazione del collegamento del liner alle derivazioni;
- 24) Collegamento del liner ai terminali della condotta esistente a monte e a valle del relining;
- 25) Messa in esercizio della condotta rinnovata;
- 26) Chiusura scavi e smobilitazione cantiere.

NOTA Nel caso la condotta ospitante sia in cemento amianto, nell'ambito di tutte le operazioni che prevedono l'inserimento di attrezzature/materiali all'interno della condotta stessa (videoispezione, pulizia meccanica o non, posa cordino, posa fune argano, recupero fune argano e posa nuova tubazione), bisogna valutare il possibile sfregamento contro le pareti e la conseguente necessità della bonifica da eventuali fibre di amianto delle attrezzature/materiali utilizzati e raccolta, stoccaggio e smaltimento presso discarica autorizzata del materiale di risulta.

Durante le attività, tenuto anche conto della profondità dello scavo e delle caratteristiche del terreno, devono essere adottate le misure di prevenzione e protezione così come definite a seguito della valutazione dei rischi, ovvero interventi/disposizioni/procedure volte a salvaguardare la sicurezza e la salute dei lavoratori.

9.5 Parametri di messa in opera relative alla tecnologia di Close Fit longitudinale

9.5.1 Procedimenti per il controllo della condotta esistente (host) pre-inserzione

La condotta esistente (host) deve essere preventivamente controllata per scongiurare possibili blocchi nella fase d'inserimento o danneggiamenti del Liner durante la medesima fase.

Un ulteriore controllo deve riguardare i parametri dimensionali interni della condotta esistente, che devono risultare tali, da permettere la completa reversione del Liner alle dimensioni previste sull'intero sviluppo del relining. Tale controllo risulta di primaria importanza in quanto una mancata estensione completa del Liner post inserzione (anche dovuta ad una errata deformazione oltre i limiti della tecnologia) crea dei punti non conformi in cui le caratteristiche proprie della nuova tubazione in PE non sono garantite.

Per questo motivo è indispensabile effettuare il controllo attraverso calibratura (Pig Test) con un segmento tubolare in PE adeguato in diametro e in lunghezza alle caratteristiche della condotta esistente (curve, variazioni angolari sui giunti, possibili riduzioni del diametro, ovalizzazioni localizzate, ecc.).

L'effettuazione della calibratura con Pig Test è anche indispensabile per la valutazione preventiva delle possibili incisioni che il Liner riporta durante il processo di inserimento.

NOTA Nel caso in cui la tubazione ospitante sia in MCA, nella la calibratura con Pig Test bisogna considerare il possibile inquinamento con fibre di amianto.

9.5.2 Procedimenti di riduzione temporanea del diametro del Liner

Il procedimento di riduzione del diametro con metodo longitudinale deve tenere debito conto dei seguenti parametri:

- estensione del singolo tratto di inserimento;
- temperatura esterna;
- caratteristiche chimico fisiche del polimero (compound) del Liner;
- diametro e spessore del Liner;
- condizioni logistico/ambientali del sito operativo.

9.5.3 Procedimenti per l'inserzione del tubo plastico ridotto temporaneamente di diametro

Preventivamente all'avvio delle operazioni di traino del Liner deve essere effettuata la verifica dei possibili effetti che la forza di traino/spinta applicata può comportare sulla stabilità della condotta esistente.

Nella fattispecie, i controlli/verifiche più importanti riguardano:

- la valutazione dello stato di consistenza/conservazione del corpo tubolare della condotta esistente. In caso di condizioni troppo deteriorate, occorre prevenire l'effetto di taglio del cavo di traino nelle eventuali curve e l'effetto dirompente della testa di traino;
- la continuità della tubazione esistente (host);
- la tipologia del materiale e della giunzione della condotta esistente da risanare. In caso di tubazioni con giunzioni non saldate (ghisa, PVC, PRFV, ecc.) l'inserimento deve essere effettuato nel verso "contro bicchiere" per scongiurare l'eventualità di sfilamento di tratti di tubazione esistente;

- la valutazione dell'effetto della forza di traino rispetto alle tipologie di aggancio/ancoraggio presenti nel caso di condotte non interrate.

Durante l'operazione di traino dovranno essere monitorate e documentate le forze di traino applicate sul Liner in PE al fine di scongiurare fenomeni di snervamento del materiale.

9.5.4 Procedimento per la gestione del processo di rientro alle dimensioni previste del Liner

Il procedimento di rientro verso le caratteristiche dimensionali originali del Liner deve essere effettuato tenendo conto dei seguenti fattori:

- profilo tecnico del polimero (compound) impiegato per la costruzione del Liner in PE;
- temperatura ambiente e del tubo durante le operazioni;
- sommatoria degli attriti interni (all'host) ed esterni (sul Liner);
- eventuali interventi di accelerazione del rientro dimensionale (pressurizzazione/riscaldamento).

La dinamica del processo di rientro a diametro voluto deve essere controllata mediante un calcolo preventivo (diagramma di rientro) e una serie di misurazioni di controllo effettuate sul Liner post-inserzione. Tale calcolo deve essere condiviso e verificato tra le parti, progettista, direttore lavori e applicatore.

9.5.5 Procedimento per la normalizzazione a diametro di riferimento dei terminali e relativi collegamenti

Premesso che, dopo deformazione e inserimento, la dimensione del Liner risulta modificata permanentemente rispetto alla serie metrica di riferimento (vedere UNI EN 12201 e UNI EN 1555) resta comunque indispensabile provvedere al collegamento tra due tratti di Liner deformato (collegamenti intermedi) e tra un tratto di Liner deformato e un terminale di tubo di riferimento (collegamenti di estremità). In entrambi i casi, l'operazione può essere eseguita con le seguenti metodologie:

- normalizzazione del tubo deformato a diametro voluto mediante espansione dello stesso (a freddo) e inserzione al suo interno di anello metallico di bloccaggio;
- saldatura all'estremità del liner di un segmento di tubo tecnico con funzione compensatore di diametro. La compensazione può essere in positivo o in negativo (per esempio 300→315 o 280 → 250).

Pur non essendo da escludere il primo procedimento, è indice di buona tecnica normalizzare tutti i terminali eseguendo i collegamenti con un tratto di tubo di serie metrica di riferimento.

9.5.6 Procedimenti per la realizzazione delle derivazioni di utenza sul Liner Close Fit

Trattandosi di Liner di dimensioni non rispondenti alla serie metrica di riferimento dei tubi in PE, è possibile che le staffe di saldatura degli organi di presa elettrosaldabili abbiano un raggio di curvatura non compatibile. Nel caso di necessità di realizzazione di derivazioni laterali, è necessario verificare presso il produttore del raccordo che lo stesso sia compatibile (per esempio compatibilità delle selle di saldatura DN 315 con un liner DE 300 mm).

La realizzazione di derivazioni laterali sul Liner Close Fit dovrebbe essere effettuata mediante asportazione totale preventiva della condotta esistente (host) in corrispondenza del raccordo. In caso ciò non sia possibile o dovesse avvenire in un secondo tempo, è possibile effettuare una "finestra"

sulla superficie della condotta esistente attraverso la quale accedere alla porzione di superficie di Liner necessaria. Tale operazione dovrebbe essere effettuata mediante apposita metodologia che garantisce l'integrità del Liner sottostante. Tale risultato si può ottenere mediante l'impiego di un'apposita attrezzatura (window machine) ovvero manualmente, con impiego di attrezzature che consentano di controllare la profondità di taglio. L'eventuale incisione della superficie esterna del Liner conseguente a tale operazione non dovrebbe comunque mai superare i limiti stabiliti dalle prove di riferimento (Notch Test).

In caso di taglio di tubazioni (host) metalliche, occorre effettuare lo stesso con sistemi tali da evitare l'innalzamento della temperatura sulla superficie esterna del liner (per esempio taglio refrigerato ad acqua).

NOTA Nel caso in cui la tubazione ospitante sia in MCA, è necessario adottare specifiche modalità operative coerenti con le previsioni della legislazione vigente⁹.

9.6 Metodologie di manutenzione post installazione del liner deformato con Close Fit Longitudinale

Le necessità manutentive post-installazione di un Liner Close Fit possono essere sintetizzate in due casi principali:

- realizzazione di una diramazione/derivazione/inserimento valvola e/o altro pezzo speciale di grande diametro;
- intervento di riparazione/sezionamento a seguito di danneggiamento.

In entrambi i casi è necessario procedere effettuando il sezionamento del Liner inserito all'interno dell'host secondo procedura illustrata al punto 10.5.2 e, successivamente, predisporre i terminali del Liner secondo la procedura illustrata al punto 10.5.3.

NOTA È prevedibile che le tensioni longitudinali residue sul Liner installato con tecnologia sopra esposta non risultino completamente annullate entro il termine delle lavorazioni di relining. L'effetto di tale fatto si traduce in un movimento longitudinale del Liner solo temporaneamente bloccato che, in caso di operazioni manutentive sopra menzionate che prevedono l'impiego di manicotti elettrosaldabili, una volta svincolata la continuità del liner, potrebbe compromettere l'esito della saldatura stessa. In questi casi occorre prevedere un'adeguata dimensione della parte libera di Liner (quindi una corrispondente asportazione dell'host) e l'effettuazione di un doppio bloccaggio alle due estremità del Liner, ottenibile mediante saldatura sullo stesso di staffe elettro saldabili in prossimità dei due terminali dell'host.

9.7 Verifiche di qualità del procedimento con Close Fit longitudinale

9.7.1 Verifiche pre-installazione

La ditta appaltatrice deve consegnare al Direttore dei Lavori:

- certificati di idoneità tecnico professionale dei saldatori e delle macchine;
- il protocollo/report e il video dell'ispezione eseguita dopo la pulizia e preparazione della condotta esistente;
- il protocollo della calibratura eseguita sulla condotta esistente;

⁹ Vedere Bibliografia.

- rispettivi protocolli di laboratorio abilitato che dimostrano la corrispondenza della tubazione utilizzata ai dettami della UNI EN ISO 11297-3 (Fognatura a pressione) e UNI EN ISO 11298-3 (acquedotto),
- il diagramma di rientro della condotta in PE post inserimento.

9.7.2 Verifiche in corso d'opera

La ditta appaltatrice deve consegnare al Direttore dei Lavori:

- il protocollo delle forze di traino e di spinta applicate (misure continue e registrate in automatico dall'argano);
- il protocollo di rientro della condotta nuova in PE.

9.7.3 Verifiche post installazione

La ditta appaltatrice deve consegnare al Direttore dei Lavori:

- campionamenti secondo quanto previsto della UNI EN ISO 11297-3 (Fognatura a pressione) e UNI EN ISO 11298-3 (acquedotto),
- il protocollo/report e il video dell'ispezione eseguita al termine dell'inserimento;
- prova di tenuta secondo UNI EN ISO 805.

10 CLOSE FIT CON TUBI PREDEFORMATI ALLA FABBRICAZIONE

10.1 Tecnologie Close Fit basate sulla deformazione del liner in fabbrica (Tubo Predeformato)

Le tecnologie Close Fit basate sulla deformazione del liner in fabbrica (Tubo Predeformato) prevedono l'utilizzo di un tubo in PE, estruso circolare e successivamente deformato a forma di "C", "U" o simile, con procedimento a caldo effettuato immediatamente dopo l'estrusione e trafilatura circolare, in modo da potere essere agevolmente avvolto su bobine e, all'atto del Relining, inserito all'interno della vecchia condotta da rinnovare (vedere Figura 4).

Ad inserzione avvenuta, il processo di reversione dalla forma conferita in fabbrica al Liner, a quella circolare, avviene sotto l'azione della pressione e della temperatura, conferite dall'impiego di vapore acqueo a 130 ° C ca. In questo modo il tubo di PE riacquista la "memoria elastica" permettendo il recupero delle dimensioni e forme originali di fabbricazione andando così a rivestire la parete interna (aderendo ad essa) della condotta da rinnovare (close-fit lining).

Il tubo predeformato è trasportato in forma di tubo continuo avvolto su tamburi trasportabili con appositi carrelli stradali.

La lunghezza dei tratti di tubazione predeformata è variabile da un massimo di 800 metri (DN equivalente 100mm SDR 11) a 100 metrica. (DN equivalente 500 mm SDR 26) per singolo tamburo. Possono essere quindi realizzati inserimenti (relining) in una unica soluzione di considerevole estensione.

È facoltà del progettista individuare diametro e serie (spessore) della tubazione plastica da inserire con funzione di liner, tenendo in debito conto almeno i seguenti fattori:

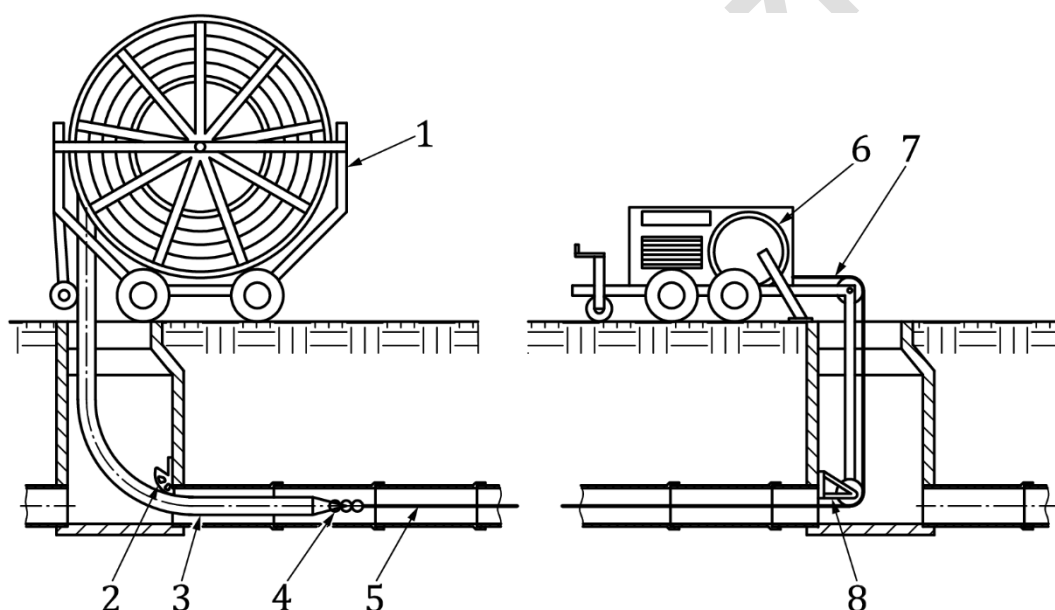
- portata;
- pressione di esercizio;
- colpi d'ariete e sovrappressioni in genere;
- pulizia interna della condotta esistente;

- sollecitazioni meccaniche dovute alla forza di trazione applicabile (in relazione al carico di snervamento del liner plastico);
- altre sollecitazioni meccaniche in fase di inserzione (attriti, abrasioni, ecc.) e di esercizio;
- effetti termici durante e successivi all'installazione;
- necessità manutentive successive all'installazione;
- disponibilità di raccorderia (in relazione all'adozione di diametri poco commerciali);
- conformità normativa dei fluidi trasportati con il materiale impiegato.

Figura 4 - Rappresentazione schematica delle Tecnologie Close Fit basate sulla deformazione del liner in fabbrica (Tubo Predeformato)

Legenda:

1	Rimorchio porta bobine	4	Testa di tiro	7	Puleggia di guida
2	Guida per inserimento tubo	5	Cavo del verricello	8	Rinforzo
3	Tubo di rivestimento (piegato)	6	Verricello		



10.1.1 Materiali utilizzabili quali liner in attività di rinnovamento con tubo predeformato

I materiali più utilizzati come nuova condotta (liner) da inserire all'interno delle condotte ospitanti (host) sono i seguenti:

- PE (inteso come polietilene ad alta densità, generalmente PE);
- PE multistrato (inteso come tubo in PE come sopra, dotato di strati esterni di protezione/barriera);
- PP (polipropilene) e PPR (polipropilene reticolato);

- PVC.

10.1.2 Adempimenti progettuali preventivi alle attività di rinnovamento con tubo predeformato

Al fine di accertare l'applicabilità della tecnologia di cui al presente paragrafo, occorre verificare quanto segue, tenuto conto che la tecnologia del Close Fit basata sulla deformazione del liner in fabbrica (Tubo Predeformato) possono essere eseguiti Liner di Classe A (totalmente strutturale) o B (parzialmente strutturale) secondo UNI EN ISO 11295:2022:

- identificazione caratteristiche tubazioni (diametro, spessore, materiale, profondità di posa, ecc.);
- compatibilità del diametro della condotta esistente con la tecnologia;
- compatibilità del tubo predeformato con la pressione d'esercizio/collaudo;
- capacità di trasporto del fluido convogliato da parte del liner, in relazione al diametro utile marginalmente ridotto rispetto al preesistente;
- compatibilità del materiale utilizzato come liner in relazione al tipo di fluido da convogliare;
- verifica dei punti di curvatura plano-altimetrica, della presenza di pezzi speciali, flange, tee, derivazioni di utenza e diramazioni di condotta, ecc. che possono costituire impedimento/complicazione alla realizzazione del relining;
- verifica della compatibilità degli scavi necessari al relining, in relazione alla tecnologia individuata, con i sottoservizi presenti lungo i tracciati e/o i punti di accesso alla condotta esistente;
- individuazione della posizione e stima delle dimensioni indicative degli scavi di intercettazione lungo la condotta esistente e di inserzione, recapito ed eventuale derivazione dal liner che è inserito;
- verificare l'assenza di fonti di calore $\geq 60^{\circ}\text{C}$ insistenti lungo il tracciato;
- verifica delle incrostazioni interne per definire il metodo di pulizia dell'interno della condotta, con classificazione e attribuzione della proprietà del rifiuto derivante in caso di produzione dello stesso.

10.1.3 Sequenza delle fasi lavorative per il rinnovamento di condotte con tubo predeformato

Si riporta di seguito la sequenza delle operazioni che deve essere osservata durante un'applicazione di rinnovamento con tubo predeformato, con previsione di installazione di un eventuale impianto di by-pass e conseguente disinstallazione dello stesso e comprensiva delle operazioni di messa fuori esercizio della condotta da risanare e rimessa in esercizio del tubo a fine operazioni:

- 1) Ottenimento dei permessi e autorizzazioni necessari;

NOTA Nel caso in cui la tubazione ospitante sia in MCA, è necessario predisporre la documentazione prevista dalla legislazione vigente¹⁰.

- 2) Installazione del cantiere;
- 3) Realizzazione degli scavi in corrispondenza dei punti alle estremità del tratto da mettere fuori servizio e rinnovare;

¹⁰ Vedere Bibliografia.

- 4) Eventuale realizzazione del by-pass necessario a mantenere in esercizio le derivazioni di utenza insistenti lungo il tratto;
- 5) Eventuale collegamento del by-pass alle estremità della condotta, messa in esercizio dello stesso;
- 6) Realizzazione degli scavi in corrispondenza dei punti di derivazione;
- 7) Eventuale connessione delle derivazioni preesistenti al by-pass e messa in esercizio delle stesse;
- 8) Messa fuori esercizio della condotta da risanare;
- 9) Sezionamento della condotta da risanare in corrispondenza dei punti stabiliti per l'inserzione e il traino del liner;
- 10) Ispezione televisiva/visiva dell'interno della condotta esistente;
- 11) Pulizia dell'interno della condotta esistente;
- 12) Eventuali rimozioni di parti sporgenti all'interno del tubo esistente (Host);
- 13) Esecuzione di calibratura della condotta esistente, per verificare eventuale ovalizzazione o cambi di diametri della condotta esistente;
- 14) Posizionamento dell'eventuale argano tiracavi per il traino del liner ad un capo del tratto da risanare;
- 15) Posizionamento del carrello portabobine all'altro capo del tratto da risanare;
- 16) Opere di relining (inserzione);
- 17) Riformatura termica del liner, fino a dimensioni e forme originali;
- 18) Eventuale normalizzazione mediante anelli metallici dei punti di collegamento;
- 19) Connessione di eventuali tratti di liner intermedi;
- 20) Collaudo delle condotte rinnovate;
- 21) Realizzazione del collegamento del liner alle derivazioni;
- 22) Collegamento del liner ai terminali della condotta esistente a monte e a valle del relining;
- 23) Messa in esercizio della condotta rinnovata;
- 24) Chiusura scavi e smobilitazione cantiere.

NOTA Nel caso la condotta ospitante sia in cemento amianto, nell'ambito di tutte le operazioni che prevedono l'inserimento di attrezzature/materiali all'interno della condotta stessa (videoispezione, pulizia meccanica o non, posa cordino, posa fune argano, recupero fune argano e posa nuova tubazione), bisogna valutare il possibile sfregamento contro le pareti e la conseguente necessità della bonifica da eventuali fibre di amianto delle attrezzature/materiali utilizzati e raccolta, stoccaggio e smaltimento presso discarica autorizzata del materiale di risulta.

Durante le attività, tenuto anche conto della profondità dello scavo e delle caratteristiche del terreno, devono essere adottate le misure di prevenzione e protezione così come definite a seguito della valutazione dei rischi, ovvero interventi/disposizioni/procedure volte a salvaguardare la sicurezza e la salute dei lavoratori

10.2 Parametri di messa in opera relative alla tecnologia del rinnovamento con tubo predeformato

10.2.1 Procedimenti per il controllo della condotta esistente (host) pre-inserzione

La condotta esistente (host) deve essere preventivamente controllata per scongiurare possibili blocchi nella fase d'inserimento o danneggiamenti del Liner durante la medesima fase.

Un ulteriore controllo deve riguardare i parametri dimensionali interni della condotta esistente, che devono risultare tali, da permettere la completa reversione del Liner alle dimensioni previste sull'intero sviluppo del relining. Tale controllo risulta di primaria importanza in quanto una mancata estensione completa del Liner post inserzione crea dei punti non conformi in cui le caratteristiche proprie della nuova tubazione non sono garantite.

Per questo motivo è indispensabile effettuare il controllo attraverso calibratura (Pig Test) con un segmento tubolare adeguato in diametro e in lunghezza alle caratteristiche della condotta esistente (curve, variazioni angolari sui giunti, possibili riduzioni del diametro, ovalizzazioni localizzate, ecc.)

L'effettuazione della calibratura con Pig Test è anche indispensabile per la valutazione preventiva delle possibili incisioni che il Liner riporta durante il processo di inserimento.

NOTA Nel caso in cui la tubazione ospitante sia in MCA, nella la calibratura con Pig Test bisogna considerare il possibile inquinamento con fibre di amianto.

10.2.2 Procedimenti di deformazione del Liner

Il procedimento di deformazione del tubo e successivo avvolgimento su tamburo deve avvenire in stabilimento di produzione.

10.2.3 Procedimenti per l'inserzione del tubo predeformato

Preventivamente all'avvio delle operazioni di traino del Liner deve essere effettuata la verifica dei possibili effetti che la forza di traino applicata può comportare sulla condotta esistente.

Nella fattispecie, i controlli/verifiche più importanti riguardano:

- valutazione dello stato di consistenza/conservazione del corpo tubolare della condotta esistente;
- la continuità della tubazione esistente (host);
- temperatura ambiente e del tubo durante le operazioni;
- durante l'operazione di traino dovranno essere monitorate e documentate le forze di traino applicate sul Liner al fine di scongiurare fenomeni di snervamento del materiale.

10.2.4 Procedimento per la gestione del processo di rientro alle dimensioni previste del Liner

Il procedimento di rientro verso le caratteristiche dimensionali originali del Liner deve essere effettuato tenendo conto dei seguenti fattori:

- esecuzione secondo manuale d'installazione fornito dal produttore del tubo predeformato;
- temperatura del tubo durante le operazioni (eventuale acqua di falda);
- sommatoria degli attriti interni (all'host) ed esterni (sul Liner).

10.2.5 Procedimento per la normalizzazione a diametro di riferimento dei terminali e relativi collegamenti

Premesso che, dopo deformazione e inserimento, la dimensione del Liner risulta modificata permanentemente rispetto alla serie metrica di riferimento (vedere UNI EN 12201 e UNI EN 1555) resta comunque indispensabile provvedere al collegamento tra due tratti di Liner deformato (collegamenti intermedi) e tra un tratto di Liner deformato e un terminale di tubo di riferimento (collegamenti di estremità). In entrambi i casi, l'operazione può essere eseguita con le seguenti metodologie:

- normalizzazione del tubo predeformato a diametro voluto mediante espansione dello stesso (a freddo) e inserzione al suo interno di anello metallico di bloccaggio;
- saldatura all'estremità del liner di un segmento di tubo tecnico con funzione compensatore di diametro. La compensazione può essere in positivo o in negativo (per esempio 300 → 315 o 280 → 250).

Pur non essendo da escludere il primo procedimento, è indice di buona tecnica normalizzare tutti i terminali eseguendo i collegamenti con un tratto di tubo di serie metrica di riferimento.

10.2.6 Procedimenti per la realizzazione delle derivazioni di utenza sul Liner Close Fit

Trattandosi di Liner di dimensioni non rispondenti alla serie metrica di riferimento dei tubi in materiale plastico (vedere punto 10.1.1), è possibile che le staffe di saldatura degli organi di presa elettrosaldabili abbiano un raggio di curvatura non compatibile. Nel caso di necessità di realizzazione di derivazioni laterali, è necessario verificare presso il produttore del raccordo che lo stesso sia compatibile (per esempio compatibilità delle selle di saldatura DN 315 con un liner DE 300 mm).

La realizzazione di derivazioni laterali sul Liner Close Fit dovrebbe essere effettuata mediante asportazione totale preventiva della condotta esistente (host) in corrispondenza del raccordo. In caso ciò non sia possibile o dovesse avvenire in un secondo tempo, è possibile effettuare una "finestra" sulla superficie della condotta esistente attraverso la quale accedere alla porzione di superficie di Liner necessaria. Tale operazione dovrebbe essere effettuata mediante apposita metodologia che garantisce l'integrità del Liner sottostante. Tale risultato si può ottenere mediante l'impiego di un'apposita attrezzatura (Window machine) ovvero manualmente, con impiego di attrezzature che consentano di controllare la profondità di taglio. L'eventuale incisione della superficie esterna del Liner conseguente a tale operazione non dovrebbe comunque mai superare i limiti stabiliti dalle prove di riferimento (Notch Test).

In caso di taglio di tubazioni (host) metalliche, occorre effettuare lo stesso con sistemi tali da evitare l'innalzamento della temperatura sulla superficie esterna del liner (per esempio taglio refrigerato ad acqua).

NOTA Nel caso in cui la tubazione ospitante sia in MCA, è necessario adottare specifiche modalità operative coerenti con le previsioni della legislazione vigente¹¹.

10.3 Metodologie di manutenzione post installazione del tubo predeformato

Le necessità manutentive post-installazione di un Liner Close Fit possono essere sintetizzate in due casi principali:

- realizzazione di una diramazione/derivazione/inserimento valvola e/o altro pezzo speciale di grande diametro;
- intervento di riparazione/sezionamento a seguito di danneggiamento.

¹¹ Vedere Bibliografia.

In entrambi i casi è necessario procedere effettuando il sezionamento del Liner inserito all'interno dell'host secondo procedura illustrata al punto 10.5.2 e, successivamente, predisporre i terminali del Liner secondo la procedura illustrata al punto 10.5.3.

NOTA È possibile che permangano delle minime tensioni longitudinali residue sul tubo predeformato installato. L'effetto di tale fatto si traduce in un possibile lieve movimento longitudinale del Liner. In caso di operazioni manutentive sopra menzionate, tale effetto, potrebbe compromettere l'esito della saldatura. In questi casi occorre prevedere un'adeguata dimensione della parte libera di Liner (quindi una corrispondente asportazione dell'host) e l'effettuazione di un doppio bloccaggio alle due estremità del Liner, ottenibile mediante saldatura sullo stesso di staffe elettrosaldabili in prossimità dei due terminali dell'host.

10.4 Verifiche di qualità del procedimento con Close Fit longitudinale

10.4.1 Verifiche pre-installazione

Per entrambe le tecnologie, è facoltà del progettista individuare diametro e serie (spessore) della tubazione plastica da inserire con funzione di liner, tenendo in debito conto almeno i seguenti fattori:

- portata;
- pressione di esercizio;
- colpi d'ariete e sovrappressioni in genere;
- pulizia interna della condotta esistente;
- sollecitazioni meccaniche dovute alla forza di trazione applicabile (in relazione al carico di snervamento del liner plastico);
- altre sollecitazioni meccaniche in fase di inserzione (attriti, abrasioni, ecc.) e di esercizio;
- effetti termici durante e successivi all'installazione;
- necessità manutentive successive all'installazione;
- disponibilità di raccorderia (in relazione all'adozione di diametri poco commerciali e/o non conformi agli standard aziendali);
- conformità normativa dei fluidi trasportati con il materiale impiegato.

La ditta appaltatrice deve consegnare al Direttore dei Lavori:

- certificati di idoneità tecnico professionale dei saldatori e delle macchine;
- il protocollo/report e il video dell'ispezione eseguita dopo la pulizia e preparazione della condotta esistente;
- il protocollo della calibratura eseguita sulla condotta esistente;
- rispettivi protocolli di laboratorio abilitato che dimostrano la corrispondenza della tubazione utilizzata ai dettami della UNI EN ISO 11297-3 (Fognatura a pressione) e UNI EN ISO 11298-3 (acquedotto);
- le indicazioni del produttore in merito al processo di ritorno alla sezione circolare.

10.4.2 Verifiche in corso d'opera

La ditta appaltatrice deve consegnare al Direttore dei Lavori:

- il protocollo delle forze di traino e di spinta applicate (misure continue e registrate in automatico dall'argano);
- il protocollo del processo di ritorno alla sezione circolare del tubo predeformato.

10.4.3 Verifiche post-installazione

La ditta appaltatrice deve consegnare al Direttore dei Lavori:

- campionamenti secondo quanto previsto della UNI EN ISO 11297-3 (Fognatura a pressione) e UNI EN ISO 11298-3 (acquedotto);
- il protocollo/report e il video dell'ispezione eseguita al termine dell'inserimento;
- prova di tenuta secondo UNI EN ISO 805.

I raccordi tra Liner e tubazioni in PEAD di tipo di riferimento o di altri materiali, avviene mediante speciali raccordi di transizione, realizzati in modo da mantenere il sottile "interactiveliner" sempre confinato all'interno della condotta ospitante.

Le derivazioni di utenza, di DN ¾" e 1", sono anch'esse progettate per potere essere applicate in sicurezza sulla sottile condotta in PEAD, assicurando la tenuta nel tempo nelle condizioni di riferimento di interrimento ed esercizio.

10.5 Procedimenti per normalizzazione a diametro di riferimento dei liners e per la manutenzione successiva dei liners posati in opera

10.5.1 Bloccaggio in opera del ritiro elastico dei liner posati in opera

I liner plastici deformati mediante tecnologie close-fit presentano deformazioni di varia natura, sia ortogonali che longitudinali, nonché della forma circolare, determinate a vari gradi dalle diverse procedure tipiche delle differenti tecnologie. Una delle deformazioni più frequenti e pronunciate è l'allungamento longitudinale, che essendo generalmente indotto in fase elastica, tende spontaneamente a rientrare nei parametri dimensionali originali entro tempi però non compatibili con le operazioni di cantiere. Per tale motivazione, può risultare necessario bloccare tale movimento di rientro verso l'host che lo contiene.

Il blocco del liner è effettuato come segue:

- mediante saldatura, sulla superficie del liner in prossimità del suo terminale, di staffa elettrosaldabile, preferibilmente a circonferenza totale (che con il suo spessore costituisce il suddetto blocco meccanico);
- in caso di diametro di grandi dimensioni, qualora il blocco vada a contrastare forze di ritiro importanti, mediante saldatura in prossimità del terminale del liner di manicotto elettrosaldabile (che con il suo spessore costituisce il suddetto blocco meccanico).

NOTA Il manicotto dovrebbe avere dimensioni/tolleranze compatibili con quelle effettive del liner.

10.5.2 Normalizzazione a diametro di riferimento

I tubi in PE deformati con tecnologie di tipo close-fit presentano usualmente diametri differenti da quelli di riferimento, ovvero forme (ovalizzazione, spessore, ecc.) non rispondenti a quelli dei tubi di riferimento di analogo o simile diametro.

Per tali motivazioni, all'atto di collegare un liner close-fit ad un terminale di condotta plastica di riferimento, ovvero ad un pezzo speciale in qualsiasi diametro e materiale convenzionale, il suddetto terminale close-fit deve essere "normalizzato".

L'operazione di normalizzazione avviene secondo la seguente procedura:

CASO N° 1

Normalizzazione diretta del liner (applicabile su liner con minima differenza di diametro rispetto a quello di riferimento):

- misurazione del diametro esterno convenzionale a cui collegare il liner;
- misurazione dello spessore del liner;
- calcolo della dimensione (lunghezza) e del diametro esterno dell'anello metallico di normalizzazione;
- applicazione all'interno del liner dell'anello metallico mediante dispositivo expander.

NOTA Per Expander si intende un dispositivo idraulico con un terminale ad espansione idoneo ad essere collocato all'interno di un tubo (o anello metallico tagliato) e ad espanderlo per azione della dilatazione radiale delle sue parti mobili.

CASO N° 2

Normalizzazione del liner con applicazione di raccordo intermedio (applicabile su liner con più ampia differenza di diametro rispetto a quello di riferimento):

- misurazione del diametro esterno convenzionale a cui collegare il liner;
- misurazione del diametro effettivo e dello spessore del liner;
- individuazione del raccordo con range idoneo a coprire tale differenza;
- saldatura o applicazione di raccordo a saldare o da collegare meccanicamente tra terminale del liner e terminale di riferimento.

10.5.3 Taglio in opera dell'host con liner al suo interno

Un'operazione che richiede particolari cautele è quella di messa a giorno del liner una volta che esso sia contenuto all'interno dell'host. Tale operazione può essere necessaria in caso di necessità di sezionare l'uno o l'altro componente (host o liner), di effettuare una derivazione o una diramazione sul liner ovvero di inserire qualsiasi pezzo speciale (valvole, sfiati, scarichi, ecc.) sul liner o anche in caso di intervento di emergenza a seguito di danno.

L'operazione di asportazione della porzione di host in corrispondenza della parte di liner da mettere a giorno deve essere eseguita tenendo in debito conto i seguenti elementi:

- la temperatura in corrispondenza della zona in cui avviene il taglio dell'host non deve eccedere la temperatura di fusione del liner plastico (210/230 °C), per il periodo più limitato possibile;
- gli utensili impiegati per effettuare il taglio devono operare in maniera da non surriscaldare la parte sottostante oltre la temperatura di cui sopra e a una velocità idonea a non incidere la superficie del liner.

NOTA Incisione massima ammissibile = 20% dello spessore del liner, in accordo al Notch Test applicato sui tubi in fase di prova di produzione dopo fabbricazione.

Il procedimento adottato, qualunque esso sia, deve essere condotto dagli operatori in modo da preservare in ogni modo possibile l'integrità del liner.

NOTA Nel caso in cui la tubazione ospitante sia in MCA, è necessario adottare specifiche modalità operative coerenti con le previsioni della legislazione vigente¹².

¹² Vedere Bibliografia.

11 PIPE BURSTING E PIPE SPLITTING (Replacement on the line with Pipe Bursting)

11.1 Premesse

Si applicano le definizioni secondo le UNI EN 752:2017, UNI EN ISO 11296-1, UNI EN ISO 21225-1 e UNI EN 15885:2018, in particolare:

- Misura di espansione: uguale al diametro esterno del corpo di espansione meno il diametro esterno della vecchia tubazione;
- Tubo di trasporto: tubo per il trasporto del fluido;
- Tubo di protezione: elemento costruttivo che agevola la posa tra le strutture (autostrade, strade, muri, ecc.) e garantisce la protezione dei tubi di trasporto (secondo la UNI EN 12484-2:2002);
- Intercapedine: si intende lo spazio anulare che si crea utilizzando un corpo di espansione con un diametro esterno superiore rispetto al diametro esterno della nuova tubazione. Generalmente, l'intercapedine dovrebbe essere tra il 10 e il 30% in modo da impedire che i frammenti della vecchia tubazione si blocchino.

La tecnologia Pipe Bursting e pipe splitting è una tecnologia di sostituzione, che si applica a tubazioni in materiali fragili o ferrosi (acciai, ghisa grigia, ghisa sferoidale, cemento, gres ceramico, cemento-amianto, PVC, ecc.), si basa sull'impiego di una macchina idraulica o dinamica (azionata ad aria), in spinta o in traino, un sistema di aste ad aggancio rapido, tralicci metallici o funi. Questi ultimi sono destinati a trainare degli appositi utensili atti a fratturare o tagliare la condotta esistente e comprimerne i frammenti nel terreno circostante.

Nel caso in cui la tubazione ospitante sia in MCA, questa tecnologia non è consentita dalla legislazione vigente¹³.

La tecnologia Pipe Bursting e pipe splitting si distingue in Pipe Bursting dinamico (vedere punto 11.1.1) e Pipe Bursting statico (vedere punto 11.1.2).

11.1.1 Pipe Bursting dinamico

Il Pipe Bursting dinamico utilizza una forza nella direzione longitudinale lungo l'asse del tubo da sostituire con energia di impatto dinamica (massa battente azionata ad aria), allo scopo di frantumare la tubazione esistente per mezzo di una testa di frantumazione (punta dirompente). Il metodo del Pipe Bursting dinamico comporta l'utilizzo di un argano a fune per la guida e la trazione della punta dirompente, e di un compressore per azionare la macchina (vedere Figura 5).

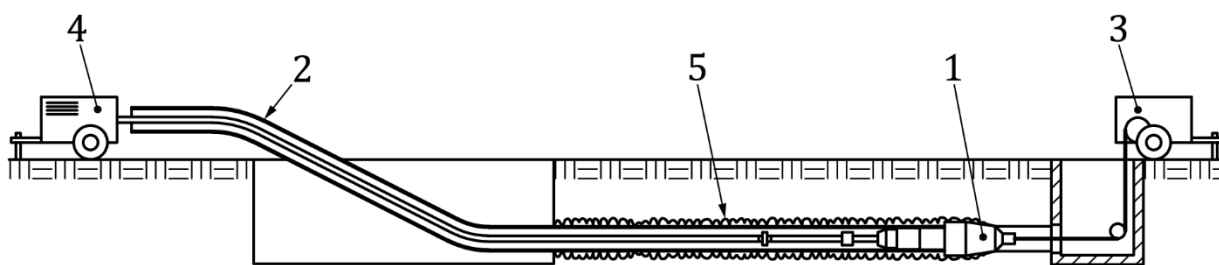
Il Pipe Bursting dinamico è utilizzato in presenza di vecchie tubazioni composte da materiali fragili, soprattutto in terreni non coesi.

Figura 5 - Rappresentazione schematica della tecnologia Pipe Bursting di tipo dinamico

Legenda:

1	Punta demolitrice tagliente	4	Compressore d'aria/centralina
2	Tubo di rivestimento continuo	5	Frammenti tubazione esistente
3	Argano di tiro		

¹³ Vedere Bibliografia.



11.1.2 Pipe Bursting statico

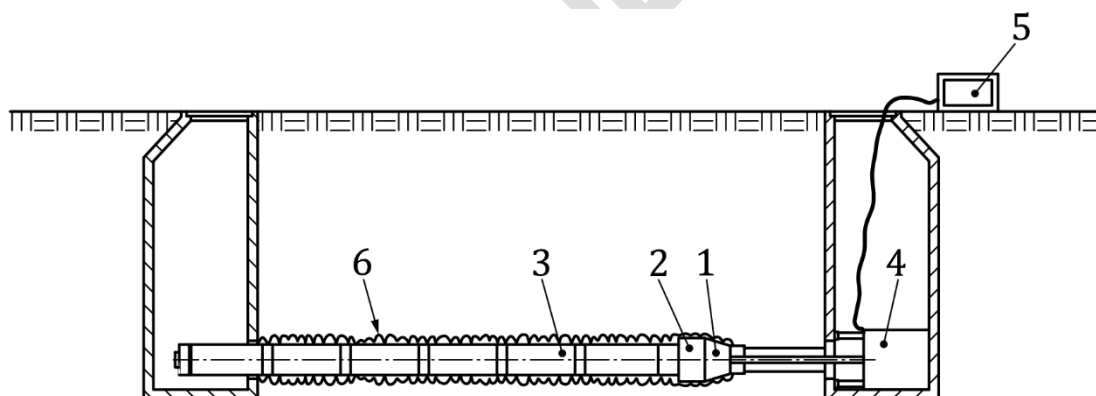
Il Pipe Bursting statico utilizza una forza nella direzione longitudinale lungo l'asse del tubo da sostituire con forza di trazione statica, allo scopo di tagliare e/o frantumare la tubazione esistente per mezzo di una punta tagliente. Il metodo del Pipe Bursting statico comporta l'utilizzo di aste per la trazione del tagliente (vedere Figura 6).

Il Pipe Bursting statico è vantaggioso in terreni non coesivi ed è applicato in presenza di vecchi tubi in materiali fragili e duttili.

Figura 6 - Rappresentazione schematica della tecnologia Pipe Bursting di tipo statico

Legenda:

1	Punta demolitrice	4	Impianto di traino
2	Cono di espansione	5	Unità idraulica
3	Tubo di rivestimento inserito	6	Frammenti tubazione esistente



In primo luogo, occorre individuare dei singoli tratti della condotta che siano pressoché rettilinei, di una estensione generalmente di circa 150 metri (distanze maggiori si possono raggiungere ma occorre prestare attenzione).

Successivamente, due scavi sono realizzati alle estremità dei tratti di condotta da sostituire.

In uno degli scavi (camera di lancio) è collocata una slitta a pistoncini oleodinamici sulle cui guide scorre il dispositivo di spinta ed estrazione delle aste.

Le aste sono inizialmente introdotte all'interno del tratto di condotta da sostituire, per tutta la sua lunghezza, sino a raggiungere l'altro scavo (camera di arrivo) posto all'altro capo.

Una volta completata l'inserzione, alla prima asta giunta alla camera di arrivo, si collega il dispositivo destinato a frantumare o tagliare al suo passaggio la vecchia condotta durante la successiva fase di estrazione delle aste.

Il dispositivo di frantumazione e taglio è costituito da un utensile dotato di una lama (nel caso di materiali fragili) e di un tagliente a coltelli rotativi (materiali duttili) e di una ogiva configurante un diametro crescente, atto a determinare la frantumazione e la relativa costipazione dei frammenti prodotti a seguito del suo traino a forza con azione continua e senza ricorso a percussione.

Nel caso di Pipe Bursting statico su materiali duttili, la linea di taglio longitudinale deve essere posizionata nella porzione inferiore della circonferenza, generalmente a ore 6, comunque non oltre ore 5 e ore 7, in modo da evitare che porzioni di inerti del sottosuolo si insinuino tra l'interno della condotta divaricata e il liner, oltre a costituire essa stessa una efficace protezione meccanica.

Il dispositivo di taglio e divaricazione è costituito da un utensile dotato di taglienti a coltelli rotativi e di una ogiva configurante un diametro crescente, atto a determinare il taglio e la divaricazione a seguito del suo traino a forza con azione continua e senza ricorso a percussione.

Immediatamente a seguito dell'utensile è collegata un'ogiva conica che ha il compito di divaricare ulteriormente i frammenti della condotta esistente e di costiparli nel suolo, predisponendo quindi la sede idonea al passaggio della nuova tubazione in plastica.

Man mano che le aste sono estratte si crea il foro nel terreno di diametro maggiorato (generalmente dal 10 al 30 % rispetto al diametro esterno del nuovo tubo) che costituisce la sede di posa per la nuova tubazione. Questa è agganciata al treno di aste direttamente a valle del dispositivo di taglio e dell'ogiva conica, ed è trascinata all'interno del nuovo foro contestualmente alla fase di estrazione delle aste. Eventuali incrementi di diametro superiori al 30% sono di per sé praticabili, se la potenza della macchina li consente, ma devono essere valutati attentamente dal progettista in funzione dell'effetto che il conseguente spiazzamento di materiale potrebbe avere sulla superficie stradale sovrastante e i sottoservizi più prossimi in genere.

In relazione alla tipologia del frammento residuo, allo spessore/diametro della nuova condotta, e dal tipo di fluido trasportato, deve essere valutato dal progettista l'opportunità di utilizzo di tubi multistrato. Occorre individuare in precedenza, con discreta approssimazione, la posizione dei sottoservizi esistenti (per esempio fognature, cavidotti elettriche, ecc.), che comunque, data l'assenza di vibrazioni impresse, non sono generalmente danneggiati dal processo.

A relining eseguito, previo collaudo, si procede alla riconnessione delle estremità del segmento rinnovato tra il nuovo tubo e la condotta esistente, nonché alle riconnessioni delle eventuali derivazioni laterali della condotta.

Qualora siano presenti derivazioni lungo il tratto da sostituire, dato il fatto che le stesse dovranno essere generalmente ricostruite e/o ricollegate, è opportuno effettuare lo smontaggio/demolizione degli organi di presa preventivamente alle operazioni di sostituzione con Pipe Bursting, così da agevolare le operazioni di tiro.

I tratti sostituibili in un'unica soluzione sono generalmente di circa 80-150 m, intesi come intervallo tra due scavi delimitanti di un tratto rettilineo di condotta, variabili in funzione del diametro della condotta, della linearità del tracciato, della potenza della macchina tira-aste utilizzata.

Curve, variazioni angolari multiple o singole superiori a 3°- 5° (da verificare a seconda dell'attrezzatura utilizzata), pezzi speciali, giunti meccanici, valvole, fasce metalliche di riparazione, accoppiamenti flangiati, ecc. costituiscono punti di interruzione del relining in corrispondenza dei quali è opportuno prevedere gli scavi di inserzione o di traino, Nel caso ciò non avvenga detti pezzi speciali vanno tolti tramite sezionamento ed asportazione.

Le moderne macchine da Pipe Bursting sono in grado di posare condotte da DN 50 mm a DN 1.200 mm.

Nel caso di impiego di tubazioni plastiche quale liner, è opportuno prevedere l'utilizzo di tubi aventi almeno una classe di spessore superiore a quella necessaria, generalmente, nel caso di tubazioni in PE, a partire dall'SDR 11 come valore minimo.

11.2 Controllo delle forze di trazione sulle tubazioni

Per poter garantire un costante controllo delle forze di trazione a cui è sottoposta la tubazione, durante la fase di tiro è inserita tra il divaricatore/allargatore e la tubazione un sistema di rilevamento delle forze di trazione.

Questo dispositivo di controllo permette di registrare e di trasmettere direttamente agli operatori la forza a cui è sottoposta la tubazione.

Questo fa sì che in caso di superamento dei carichi minimi definiti col costruttore della tubazione si possa intervenire prima di danneggiare la nuova condotta.

11.3 Materiali utilizzabili per Pipe Bursting

I materiali utilizzabili come nuova condotta (liner) da inserire all'interno delle condotte ospitanti (host) sono i seguenti:

- PE (inteso come polietilene ad alta densità, generalmente PE100);
- PE multistrato (inteso come tubo in PE come sopra, dotato di strati esterni di protezione/barriera adatta allo sfregamento, generalmente in polipropilene additivato);
- PEX (inteso come PE reticolato);
- PP (polipropilene) e PPR (polipropilene reticolato);
- Ghisa con giunti anti-sfilamento;
- Acciaio in barre;
- PRFV;
- cemento;
- cemento polimerico;
- gres ceramico.

Nel prospetto 1 seguente è riportata la scelta (consigliata) della tecnologia più appropriata in base al materiale tubazione esistente.

Prospetto 1 – Scelta della tecnologia più appropriata in base al materiale della tubazione

Materiale della vecchia tubazione	Pipe Bursting statico	Pipe Bursting dinamico
Gres ceramico	X	X
Calcestruzzo non rinforzato	X	X
Calcestruzzo rinforzato	X	X
Cemento armato	--	--
Acciaio	X	--
Ghisa grigia	X	X
Ghisa duttile	X	--

Polietilene (PE) / polipropilene (PP)	X	--
Polivinilcloruro (PVC)	X	X
Plastica rinforzata con fibra di vetro (PRFV)	X	--
Fibrocemento - Amianto di cemento	X	X
Canali già rinnovati con materie plastiche	X	--

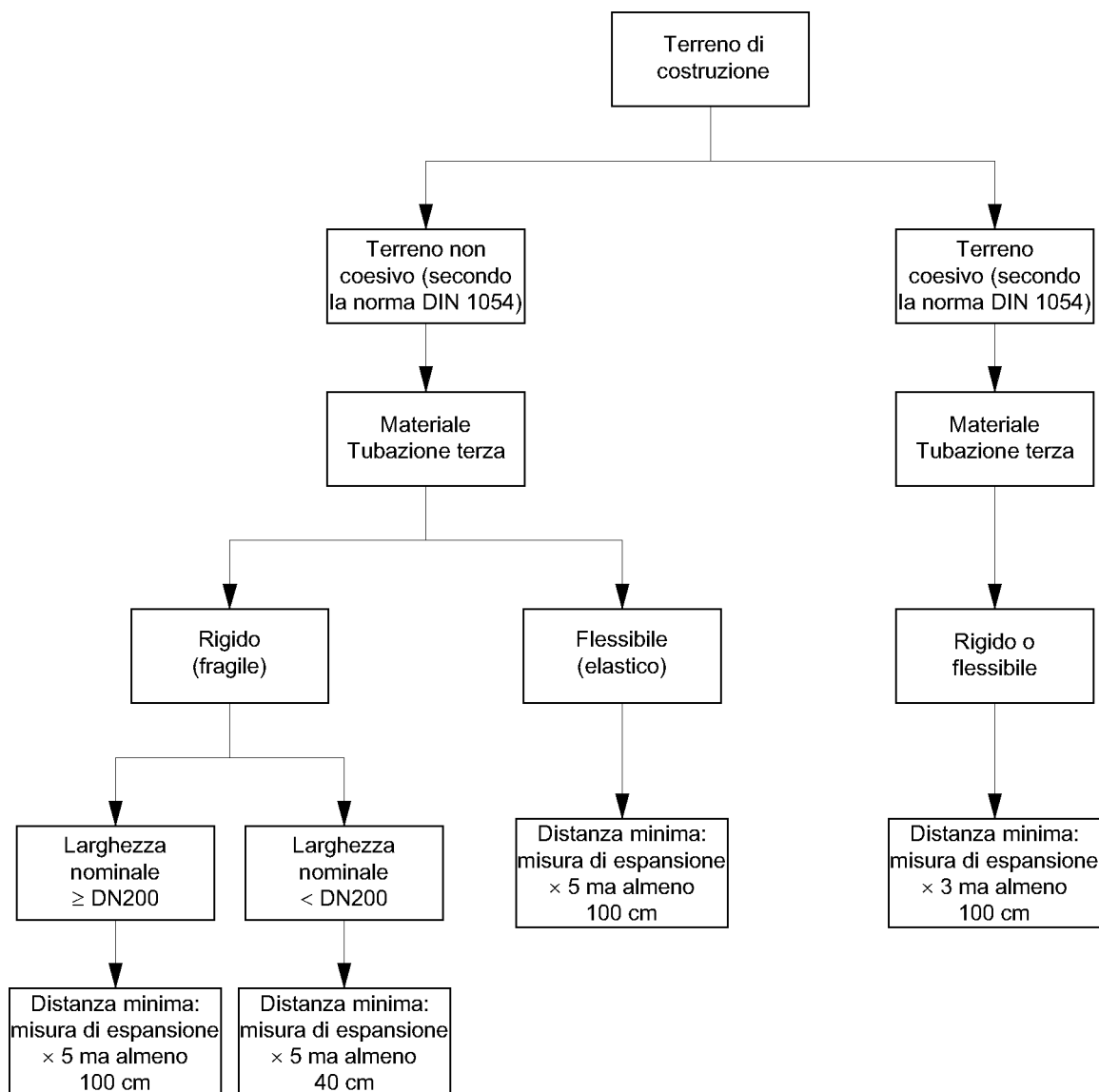
11.4 Verifiche progettuali preventive alle attività di Pipe Bursting

Al fine di accertare l'applicabilità della tecnologia di cui al presente punto, si devono valutare compiutamente i seguenti fattori potenzialmente incidenti sul successo del progetto, tenuto conto che attraverso la tecnologia del Pipe Bursting possono essere eseguiti esclusivamente Liner di Classe A (totalmente strutturale) secondo UNI EN ISO 11295:2022:

- verifica della reale necessità/capacità di trasporto del fluido convogliato da parte del liner, in relazione alla scelta del diametro utile del liner stesso, che nel caso di tale tecnologia può essere anche maggiore rispetto al preesistente;
- verifica della compatibilità del materiale utilizzato come liner in relazione al tipo di fluido da convogliare;
- verifica della compatibilità del materiale utilizzato come liner con le condizioni di stress in fase di relining;
- verifica dei punti di curvatura plano-altimetrica, della presenza di pezzi speciali, flange, tee, derivazioni di utenza e diramazioni di condotta, ecc., che possono costituire impedimento alla realizzazione del relining;
- verifica dell'assenza di fonti di calore $\geq 30^{\circ}\text{C}$ insistenti lungo il tracciato (nel caso che il liner sia in polietilene);
- verifica della compatibilità degli scavi necessari al relining, (buche di lancio, di arrivo e buche necessarie alla realizzazione di derivazioni o per l'eliminazione di pezzi speciali);
- verifica delle caratteristiche e del rapporto tra profondità d'interramento della condotta preesistente e l'eventuale incremento di diametro esistente \geq del 25%, in modo da scongiurare possibili danneggiamenti delle pavimentazioni e della superficie del suolo sovrastante il tracciato della condotta (profondità minima di ricoprimento almeno 10 volte la misura di espansione);
- individuazione della posizione e stima delle dimensioni indicative degli scavi di intercettazione lungo la condotta esistente per l'inserzione ed eventuale derivazione dal liner che è inserito;
- verifica della possibilità di abbandonare nel sottosuolo i frammenti della vecchia condotta, con eventuale classificazione e attribuzione della proprietà del rifiuto derivante;
- verifica della possibilità e delle modalità di mappatura e rintracciamento del liner posato con tale tecnica di relining;
- verifica di danneggiamenti e del tipo subito dalla tubazione da sostituire (per esempio collassamenti, intagli profondi, ecc.);

- verifica del materiale della tubazione esistente da sostituire, della data di posa, e della modalità di posa (sabbia, tipo di compattazione, ecc.);
- verifica della distanza con altri sottoservizi posti sia in parallelismo che in attraversamento, tale distanza deve essere sempre maggiore di 3 volte la misura di espansione del tubo nuovo da posare (vedere Figura 7).

Figura 7 – Diagramma verifiche progettuali preventive



11.5 Sequenze delle lavorazioni relative alla tecnologia di Pipe Bursting

Si riporta di seguito la sequenza delle operazioni osservata durante un'applicazione complessa di Pipe Bursting, intendendo come applicazione complessa un intervento di sostituzione di una condotta precedentemente in esercizio, con previsione di installazione di un eventuale impianto di by-pass e conseguente disinstallazione dello stesso, comprensiva delle operazioni di messa fuori esercizio della condotta da sostituire e rimessa in esercizio del liner a fine operazioni:

- 1) Ottenimento dei permessi e autorizzazioni necessari;
- 2) Installazione del cantiere;

- 3) Realizzazione degli scavi in corrispondenza dei punti alle estremità del tratto da mettere fuori servizio e rinnovare;
- 4) Eventuale realizzazione del by-pass necessario a mantenere in esercizio le derivazioni di utenza insistenti lungo il tratto;
- 5) Eventuale collegamento del by-pass alle estremità della condotta e messa in esercizio dello stesso;
- 6) Individuazione e realizzazione degli scavi in corrispondenza punti di colloco delle derivazioni;
- 7) Eventuale connessione delle derivazioni preesistenti al by-pass, sanificazione e messa in esercizio delle stesse;
- 8) Messa fuori esercizio e bonifica della condotta da risanare;
- 9) Sezionamento della condotta da risanare in corrispondenza dei punti stabiliti per l'inserzione e il traino del liner;
- 10) Saldatura dei tratti di tubazione da impiegare per il rinnovamento (se non fornita in rotoli nel caso del polietilene), nel caso delle tubazioni di ghisa tale operazione (non di saldatura ma di collegamento) va eseguita ad ogni concio da posare;
- 11) Posizionamento della macchina tira-aste;
- 12) Passaggio delle aste di traino;
- 13) Operazioni di frantumazione, costipazione e sostituzione (Pipe Bursting dinamico) o operazioni di taglio, divaricazione e sostituzione (Pipe Bursting statico);
- 14) Scollegamento tramite taglio di un tratto di tubazione sostituita della testa di traino ed estrazione della macchina tira-aste dallo scavo;
- 15) Connessione eventuali tratti di liner intermedi;
- 16) Collaudo delle condotte sostituite;
- 17) Realizzazione del collegamento del liner alle derivazioni
- 18) Collegamento del liner ai terminali dei tratti di condotta a monte e a valle del relining;
- 19) Messa in esercizio della condotta rinnovata;
- 20) Chiusura scavi e smobilitazione cantiere.

Nei punti seguenti si riportano le varie fasi/sequenze (riferite alla sostituzione di una condotta d'acqua).

11.6 Parametri di messa in opera relative alla tecnologia di Pie Bersting

11.6.1 Procedimenti per il controllo della condotta esistente (host) pre-inserzione

Si consiglia una video ispezione della condotta esistente, in modo da valutare la presenza di ostacoli che impediscano l'avanzamento delle aste (sebbene sia generalmente possibile, in caso di ostacoli, intervenire eseguendo uno scavo e liberare la condotta dall'ostacolo nel caso le aste non riescano ad effettuare il passaggio).

11.6.2 Requisiti sulla nuova tubazione

Nel prospetto 2 seguente sono indicate le tipologie di materiali utilizzabili per la tecnologia di Pipe Bursting con l'indicazione delle tipologie di giunzioni e rispettiva tecnologia di inserimento.

Prospetto 2 - Indicazioni riguardanti i liner (giunti e rivestimenti)

Raccordi per tubi				
Tubazione nuova	Tipo	Resistente		Nota
		Tiro	Spinta assiale posteriore	
Tubazioni PP	in Saldatura ad elementi termici per contatto testa a testa	X		Osservare le schede di sicurezza del costruttore.
Tubazioni PP	in Giunto (esterno liscio)		X	Osservare le schede di sicurezza del costruttore.
Tubazioni PE	in Saldatura ad elementi termici per contatto testa a testa	X		Rimuovere cordoni di saldatura esterni Valutare scelta tubazioni con rivestimento protettivo (PAS 1075 tipo 3)
Tubazioni PVC	in Giunto (esterno liscio)		X	
Tubazioni PRFV	in Giunto (esterno liscio)		X	
Tubo in ghisa duttile	Giunto antisfilamento	X		protezione esterna (rivestimenti in malta cementizia)
Tubo in ghisa duttile	Giunto bicchiere		X	protezione esterna (rivestimenti in malta cementizia)
Tubazione acciaio		X	X	protezione esterna (rivestimenti in Polietilene estruso)
Tubo in gres ceramico	Giunto (esterno liscio)		X	Manicotto in acciaio inox con profilo di tenuta
Tubo cemento polimerico	in Giunto (esterno liscio)		X	Manicotto in acciaio inox con profilo di tenuta
Tubo cemento armato	in Giunto (esterno liscio)		X	Manicotto in acciaio inox con profilo di tenuta

11.7 Metodologie di manutenzione post installazione

Le tubazioni sostituite risultano identiche alle tubazioni commerciali e normalizzate dalle norme internazionali sia per le tubazioni in PE che per le tubazioni in ghisa e acciaio; pertanto, le future connessioni e/o allacciamenti avvengono come per qualsiasi altra tubazione del medesimo materiale. Solamente per le tubazioni in PE dotate di mantello protettivo (PAS tipo 3) prima del collegamento con i raccordi elettrosaldabili va previsto lo scortecciamento del rivestimento protettivo.

Procedimenti per la realizzazione delle derivazioni di utenza:

Nel caso di Pipe Bursting statico su materiali duttili (tipo acciaio o ghisa sferoidale) è opportuno preparare preventivamente una opportuna finestra per l'inserimento del futuro collare di presa (diversamente si corre il rischio di danneggiare successivamente la tubazione appena inserita).

Le tubazioni sostituite risultano identiche alle tubazioni commerciali e normalizzate dalle normative internazionali sia per le tubazioni in PE che per le tubazioni in ghisa e acciaio; pertanto, le future connessioni e/o allacciamenti avvengono come per qualsiasi altra tubazione del medesimo materiale. Solamente per le tubazioni in PE dotate di mantello protettivo prima del collegamento con i raccordi elettrosaldabili va previsto lo scortecciamento.

11.8 Sequenza delle operazioni relative alla sostituzione condotta con tecnologia Pipe Bursting

11.8.1 Verifiche preinstallazione:

- ottenimento dei permessi e autorizzazioni necessari;
- verifica della sicurezza di cantiere;
- cartellonistica;
- eventuali dispositivi antifranto da porre in buche profonde;
- presenza di cavi elettrici in tensione all'interno del cantiere;
- verificare se i dati di progetto corrispondono con quanto presente in cantiere;
- materiale tubazione esistente;
- diametro tubazione esistente;
- distanza da altri sottoservizi;
- profondità di posa;
- rettilineità della tubazione;
- verifica della necessità di eliminare eventuali collari di riparazione;
- presenza o meno di allacciamenti e numero;
- necessità di predisporre by-pass provvisori;
- tipologia del terreno;
- presenza di possibili vincoli, (tubazioni inglobate in murature di CLS, tratti in roccia);
- verifica della potenza di tiro prevista;
- verificare se necessario eseguire una video ispezione (nel caso venga eseguita);
- verificare la presenza di ostacoli che impediscano l'avanzamento delle aste;
- verifica di curve con raggio di curvatura che impedisca l'inserimento delle aste.

Durante le attività, tenuto anche conto della profondità dello scavo e delle caratteristiche del terreno, devono essere adottate le misure di prevenzione e protezione così come definite a seguito della valutazione dei rischi, ovvero interventi/disposizioni/procedure volte a salvaguardare la sicurezza e la salute dei lavoratori.

11.8.2 Verifica delle dimensioni delle buche:

- sufficienti per l'inserimento attrezzatura per Pipe Bursting;
- sufficienti per l'inserimento tubazione.

11.8.3 Verifica delle attrezzature Pipe Bursting:

- marca e modello;
- data ultima revisione;
- potenza massima di tiro;
- verifica del personale addetto al Pipe Bursting;
- verifica dell'attestato di effettuazione corso di addestramento.

11.8.4 Verifica del materiale da inserire:

- verifica della corrispondenza del materiale da inserire con quanto indicato in progetto (materiale, SDR, spessori, lotto di costruzione, fabbricante, ecc.);
- verifica dell'integrità della nuova tubazione in cantiere prima del varo, graffi, ovalizzazione, schiacciamenti, ecc.;
- verifica che il personale addetto alla saldatura risulti conforme alle specifiche di progetto (patentino e grado di saldatura, ente che ha rilasciato il patentino, ecc.).

11.8.5 Verifiche in corso d'opera:

- durante l'inserimento delle aste verificare l'assenza di ostacoli;
- verifica del raggio di curvatura della nuova tubazione durante l'inserimento;
- verifica della forza massima di tiro durante il varo;
- se presenti delle buche lungo il percorso di sostituzione, ispezione visiva dello stato della tubazione;
- controllo delle forze di trazione con apposito strumento;
- verifica della lunghezza indicata sulla tubazione con la lunghezza effettivamente sostituita;
- verifica di rigonfiamenti superficiali.

11.8.6 Verifiche a varo concluso dei seguenti parametri:

- verifica del danneggiamento manto superficiale tubazione;
- verifica del livello di incisione nel caso di tubazioni in materiale plastico, ed eventualmente sostituzione del tratto compromesso;
- verifica dell'integrità del manto protettivo nel caso di tubazioni in acciaio;
- verifica dello spessore della tubazione nel tratto finale;
- rilievo del percorso della tubazione (as-built);
- rilievo di curve, tee, allacciamenti, e profondità di posa, indicazione dove ricadono le saldature;

- eventuale verifica con videocamera;
- verifica di ovalizzazione;
- collaudo finale;
- verbali di collaudo secondo le specifiche di progetto;
- collegamento della nuova tubazione alla tubazione esistente.

12 Tecnologie di hose lining con impiego di tubolari monostrato e multistrato (Lining with inserted hoses)

12.1 Tubolari Monostrato o Multistrato e senza impiego di resine da impregnazione

Le tecnologie raccolte sotto la denominazione generica di Hose Lining che possono essere suddivise in liner close fit (aderenti) e loose fit (non aderenti), si basano sull'inserzione, all'interno di una condotta esistente, di un tubolare flessibile, che può essere costituito da un monostrato plastico (generalmente polietilene) o da una serie di due o più strati di materiale plastico che racchiudono uno o più strati di trama e ordito in fibra di diversa natura (compositi multistrato).

Tale fibra può essere tessuta in forma cilindrica e continua in modo da aumentare la rigidità del complesso, incrementando così la resistenza alla tensione circonferenziale dei fluidi che scorreranno all'interno del liner", conferendo così diversi livelli di resistenza (PN) al tubolare armato.

I liners disponibili sul mercato possono essere realizzati per riabilitare condotte in pressione dal diametro 80 mm al diametro 1400 mm e sono realizzati per tessitura e spalmatura o estrusioni o coestrusioni continue (cioè senza saldature o giunzioni) plastica-fibra-plastica e successivamente confezionati in bobine o in casse, di lunghezza variabile in funzione del tipo di prodotto, del diametro e del PN.

La posa in opera avviene per inserzione del tubolare all'interno della condotta esistente, usualmente mediante traino controllato.

Il tubolare, data la sua flessibilità e l'esiguo spessore, può essere inserito tal quale, come svolto dalla bobina, ovvero previa deformazione temporanea (a forma di U), così da occupare il minor spazio possibile, tanto in fase di trasporto che in fase di inserzione.

In caso di forma ripiegata, questa può essere conferita direttamente in stabilimento o in cantiere, con l'ausilio di un'apposita macchina deformatrice, che opera una ripiegatura a freddo verso l'interno del tubolare, conseguendo così una riduzione di sezione temporanea.

In questo caso, il tubolare è mantenuto in stato di deformazione temporanea mediante l'applicazione di nastri adesivi destinati solamente a contrastare la tendenza all'immediato ritorno alla forma circolare. Con tale sezione ridotta, il tubolare può essere inserito agevolmente all'interno della condotta esistente per lunghezze anche considerevoli (fino a oltre 1.000 metri anche in presenza di significative variazioni plano-altimetriche).

Ad inserzione terminata, il tubolare a sezione ridotta è riportato alla sezione originale per semplice pressurizzazione, alla pressione di circa 1 bar, che determina la rottura del nastro adesivo e il conseguente ripristino dell'originale forma circolare, con o senza appoggio del liner alle pareti interne della condotta da rinnovare.

NOTA I tubolari per "Hose Lining" sono concepiti e prodotti per operare in qualità di liner all'interno di condotte ospitanti (host) che sono ancora in grado di sopportare totalmente i carichi statici esterni e le sollecitazioni meccaniche derivate dalla conduzione dei fluidi da trasportare/distribuire.

L'impiego di tubolari per Hose Lining tal quali, sia interrati che fuori terra, non è da escludere a priori, specie nel caso di realizzazione di collegamenti provvisori, by-pass, ecc., ma tale eventualità deve essere attentamente valutata, tenendo in debito conto che essa non può in ogni caso essere intesa come installazione definitiva.

Le perdite di sezione utile di trasporto della condotta da risanare sono minime se il tubolare è progettato esattamente sul diametro del tubo ospite.

La resistenza alla tensione circonferenziale è garantita dalle proprietà meccaniche del tessuto in fibra. Lo strato interno in materia plastica ha quindi esclusivo ruolo di contenimento idraulico.

Lo strato plastico esterno ha invece funzioni di protezione meccanica.

I collegamenti dei tubolari alle estremità metalliche delle condotte a monte e a valle del tratto rinnovato possono essere realizzati con speciali giunti meccanici antisfilamento, con anello interno anti-collassamento, da collocare in prossimità dell'estremità sezionata del tubo esistente, così da rendere disponibile la necessaria estremità flangiata, senza che il tubolare fuoriesca dall'esistente.

NOTA Le denominazioni in uso a livello internazionale identificano come "Hose Lining" le tecnologie che utilizzano solo i tubolari di tipo multistrato, con la seguente descrizione:

HOSE LINING: "Lining system for pressure applications where a woven flat fiber reinforced polyethylene hose is pulled into the host pipe and secured by special end fittings. Once inserted, the woven hose liner is inflated to the service pressure expanding the liner until it contacts the wall of the host pipe".

12.1.1 Materiali generalmente utilizzati per la costruzione Hose Lining:

- PE ad alta densità, generalmente PE100 (inteso come strato interno del tubolare);
- PEBD ovvero polietilene bassa densità;
- Rinforzo in fibra aramidica;
- PU, poliuretano;
- Rinforzo in poliestere e altro filamento anelastico.

12.1.2 Adempimenti progettuali preventivi alle attività di Hose Lining

Al fine di accertare l'applicabilità della tecnologia di cui al presente paragrafo, occorre valutare i seguenti fattori, tenuto conto che la tecnologia del Hose Lining deve ancora essere determinata secondo UNI EN ISO 11295:2022. Il Liner non possiede una resistenza ai carichi esterni ma una completa resistenza alla pressione interna.

Tali fattori sono:

- identificazione caratteristiche tubazioni (diametro, spessore, materiale, profondità di posa, ecc.);
- verifica della probabilità ed eventuale frequenza di depressioni che, traducendosi in deformazioni del liner, possono comportare stress allo stesso ovvero intrusione di materiali estranei all'interno della condotta esistente qualora quest'ultima presenti fori di dimensioni significative;
- verifica della vita e del PN residuo della condotta esistente che costituisce la futura protezione del tubolare;
- verifica della compatibilità del tubolare utilizzato come liner in relazione al tipo di fluido da convogliare;
- verifica della compatibilità della struttura del tubolare utilizzato come liner in relazione al PN richiesto, alla potabilità (H₂O);
- verifica della possibile abrasione ad opera delle scabrezze interne residue della condotta da risanare;

- verifica della compatibilità del materiale utilizzato come liner con le condizioni di stress in fase di relining (trazione);
- verifica dell'estensione massima/di riferimento delle bobine/confezioni di tubolare con le lunghezze dei tratti da risanare;
- verifica dei punti di curvatura plano-altimetrica, eventuali variazioni di diametro, della presenza di pezzi speciali, flange, tee, derivazioni di utenza e diramazioni di condotta, ecc., che possono costituire impedimento alla realizzazione del relining;
- verifica della compatibilità degli scavi necessari al relining con i sottoservizi presenti lungo i tracciati e/o i punti di accesso alla condotta esistente;
- individuazione della posizione e stima delle dimensioni indicative degli scavi di intercettazione lungo la condotta esistente e di inserzione, recapito ed eventuale derivazione dal liner che è inserito;
- verifica della tipologia e della disponibilità di raccordi di transizione hose liner/tubi di riferimento, siano essi in materiali ferrosi (acciaio/ghisa) o plastici (PE, PVC, PP, ecc.);
- verifica della possibilità e delle modalità di mappatura e rintracciamento del liner posato con tale tecnica di relining.

NOTA La vita utile minima garantita in esercizio dei liners per Hose Lining è usualmente dichiarata dai rispettivi produttori. Al momento della pubblicazione della presente PdR, non è definita da alcuna norma di settore.

12.1.3 Sequenza delle operazioni relative alle attività di Hose Lining

Si riporta di seguito la sequenza delle operazioni osservata durante un'applicazione di Hose Lining, in assenza derivazioni di utenza, con previsione di installazione di un eventuale impianto di by-pass e conseguente disinstallazione dello stesso e comprensiva delle operazioni di messa fuori esercizio della condotta da riabilitare e rimessa in esercizio del liner a fine operazioni:

- 1) Ottenimento dei permessi e autorizzazioni necessari;

NOTA Nel caso in cui la tubazione ospitante sia in MCA, è necessario predisporre la documentazione prevista della legislazione vigente¹⁴.
- 2) Installazione del cantiere;
- 3) Realizzazione degli scavi in corrispondenza dei punti alle estremità del tratto da mettere fuori esercizio e riabilitare;
- 4) Eventuale realizzazione del by-pass necessario ad assicurare la continuità del servizio durante le operazioni di riabilitazione;
- 5) Eventuale collegamento del by-pass alle estremità della condotta, sanificazione e messa in esercizio dello stesso;
- 6) Messa fuori esercizio della condotta da riabilitare;
- 7) Sezionamento della condotta da riabilitare in corrispondenza dei punti stabiliti per l'inserzione e il traino del liner;
- 8) Ispezione televisiva/visiva dell'interno della condotta esistente;

¹⁴ Vedere Bibliografia.

- 9) Qualora sussistano depositi interni in entità tale da compromettere l'intervento di inserzione, pulizia dell'interno della condotta esistente;

NOTA L'entità del deposito, sia esso in forma solida o di concrezione, ovvero semisolido, deve essere attentamente valutata ai fini della tecnica di asportazione da applicare, in quanto queste possono costituire un significativo elemento di abrasione del liner in fase di inserzione, così come in esercizio. In caso di presenza di concrezioni solide difficilmente amovibili, è consigliata l'adozione di tecniche di pulizia radicale (acqua ad alta pressione o idrosabbatura).

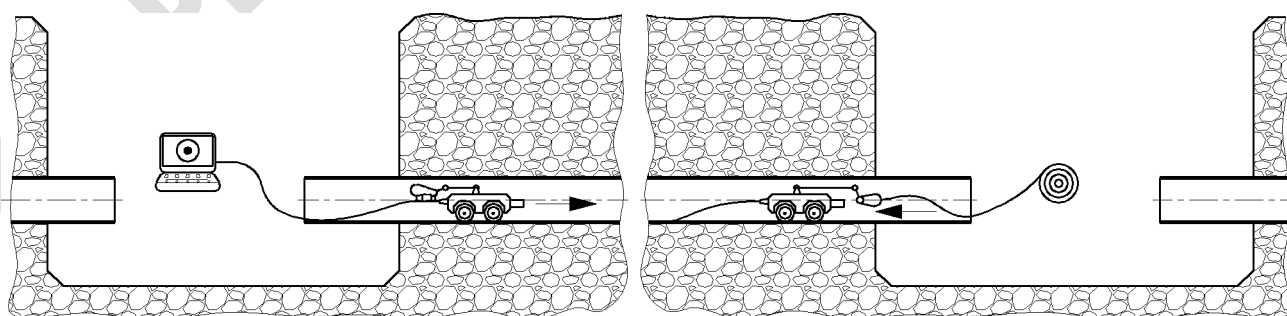
- 10) Ripiegatura (se non già eseguita in stabilimento) del liner Hose Lining;
11) Posizionamento dell'argano tiracavi per il traino del liner;
12) Opere di inserzione;
13) Riformatura con aria o acqua in pressione del tubolare Hose Lining;
14) Installazioni connettori di estremità;
15) Connessione eventuali tratti di liner intermedi;
16) Collaudo della condotta riabilitata;
17) Collegamento del liner ai tratti di condotta a monte e a valle;
18) Messa in esercizio della condotta;
19) Chiusura scavi e smobilitazione cantiere.

12.1.4 Controllo e preparazione della condotta esistente (host) prima dell'inserzione del tubolare

Come prima attività si dovranno effettuare i sezionamenti delle condotte in corrispondenza di pozzetti, curve piano altimetriche e comunque in zone idonee all'istallazione dei macchinari necessari all'inserimento.

Sezionata la tubazione si procede nella ispezione televisiva del tratto di condotta da riabilitare per verificare, oltre allo stato di conservazione della stessa, la presenza di eventuali ostacoli che potrebbero impedirne una pulizia integrale ed uniforme nonché ostacolare la procedura di inserimento del tubolare di rivestimento o interferire con il regolare esercizio una volta rimessa in funzione (vedere Figura 8).

Figura 8 – Schema ispezione televisiva



La telecamera deve essere in grado di effettuare le riprese longitudinali e circonferenziali; il sistema di illuminazione dovrebbe essere tale da fornire un risultato chiaro, a fuoco ed accurato delle condizioni interne della condotta, oltre a consentire di ottenere una profondità di campo adeguata alle dimensioni della tubazione indagata.

La rilevazione effettuata deve essere registrata a colori su supporto informatico, riportando:

- la denominazione della condotta ispezionata;
- il tratto in esame, con riferimento ai punti di ingresso e di uscita;
- la forma della sezione e le dimensioni della stessa.

La rilevazione deve essere documentata anche tramite fotografie dei particolari significativi.

Tutte le fotografie saranno catalogate in sequenza ed accompagnate dai relativi supporti informatici; in particolare, le fotografie documenteranno ogni tipo di anomalia esistente, quali: rotture, fessurazioni, deformazioni, giunti difettosi, ecc.

Durante questa prima fase verranno acquisiti i dati necessari per le successive operazioni di realizzazione del tubolare di riabilitazione. Vanno pertanto individuati e localizzati eventuali ostacoli o depositi di materiale.

La pulizia della tubazione deve essere effettuata per eliminare incrostazioni e depositi dalle pareti della tubazione. È possibile procedere all'esecuzione di pulizia mediante l'impiego di raschiatori metallici trainati da argani in combinazione o con autospurghi, di capacità e potenza adeguate, dotati di utensili di vario genere in funzione delle necessità (vedere Figura 9). Comunque, al termine di tali interventi di pulizia le tubazioni dovranno essere idonei all'applicazione del tubolare di riabilitazione.

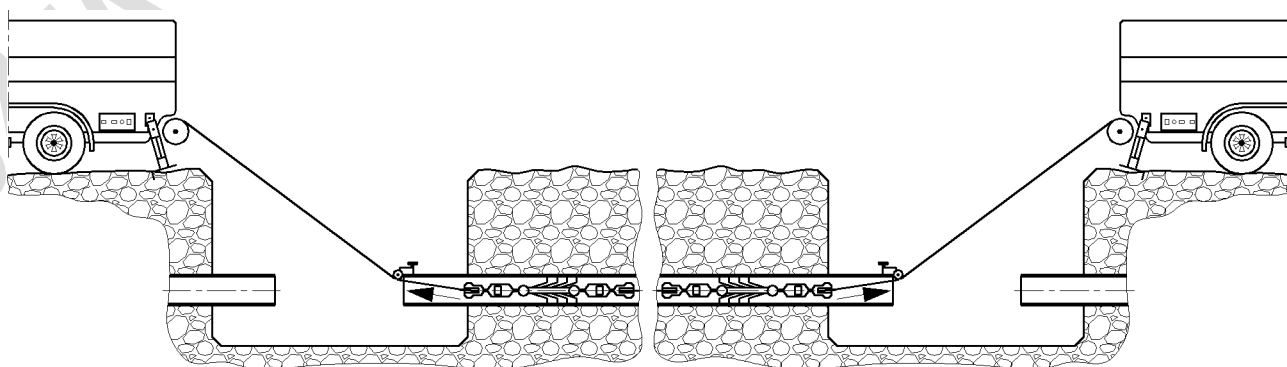
La pulizia della condotta esistente deve essere progettata ed eseguita in modo da:

- ripristinare la sezione libera minima (diametro interno) del tubo;
- liberare la superficie interna del tubo per eliminare accessori, oggetti o corpi estranei alla rete che potrebbero intralciare il percorso del carrello con la telecamera.

La pulizia con apparecchiature meccaniche di traino comprende invece le seguenti fasi:

- montaggio dei rulli di protezione della fune all'interno tubo esistente;
- inserimento di una fune di servizio (pilota);
- posizionamento degli argani sulle fosse di ingresso e uscita;
- inserimento di un argano e passaggio fino alla fossa di uscita per mezzo della fune di servizio;
- inserimento del secondo argano;
- fissaggio degli utensili per la pulizia in direzione del senso di trazione utilizzando un giunto antitorsione su ambedue le funi;
- avanzamento per trazione degli organi di pulizia attraverso il tubo;
- rotazione e quindi ritiro degli organi di pulizia.

Figura 9 – Schema pulizia della tubazione con raschiatori metallici



Tutti i lavori di pulizia vanno eseguiti nel rispetto delle disposizioni di legge in vigore in materia di sicurezza, ambiente, prevenzione, infortunistica e smaltimento rifiuti.

NOTA Nel caso la condotta ospitante sia in cemento amianto, nell'ambito di tutte le operazioni che prevedono l'inserimento di attrezzature/materiali all'interno della condotta stessa (videoispezione, pulizia meccanica o non, posa cordino, posa fune argano, recupero fune argano e posa nuova tubazione), bisogna valutare il possibile sfregamento contro le pareti e la conseguente necessità della bonifica da eventuali fibre di amianto delle attrezzature/materiali utilizzati e raccolta, stoccaggio e smaltimento presso discarica autorizzata del materiale di risulta.

Durante le attività, tenuto anche conto della profondità dello scavo e delle caratteristiche del terreno, devono essere adottate le misure di prevenzione e protezione così come definite a seguito della valutazione dei rischi, ovvero interventi/disposizioni/procedure volte a salvaguardare la sicurezza e la salute dei lavoratori.

12.1.5 Inserimento del tubolare all'interno della condotta da riabilire ed installazione terminali di estremità

Affinché il tubolare non subisca danni nel passaggio attraverso la sezione di partenza e la bocca di entrata nel tubo, si utilizzeranno a seconda delle condizioni di cantiere, o dei rulli di guida o un sottofondo di appoggio.

In ogni caso, prima di tirare il tubolare dal punto di partenza si provvede al montaggio della apposita testa di traino generalmente raccomandata dai produttori del tubolare (vedere Figura 10 e Figura 11).

Figura 10 – Esempio di schema preparazione testa di traino

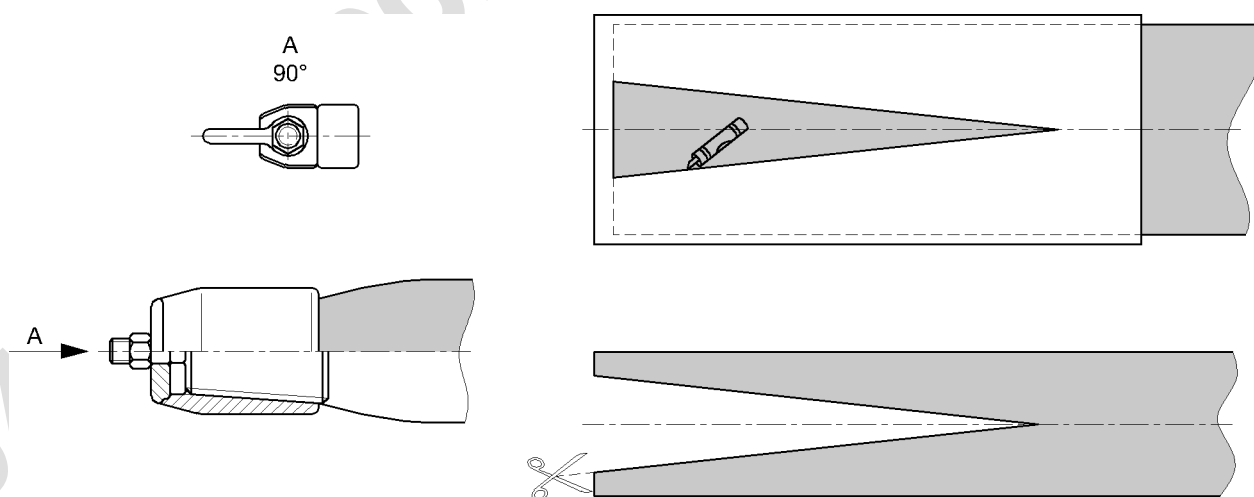
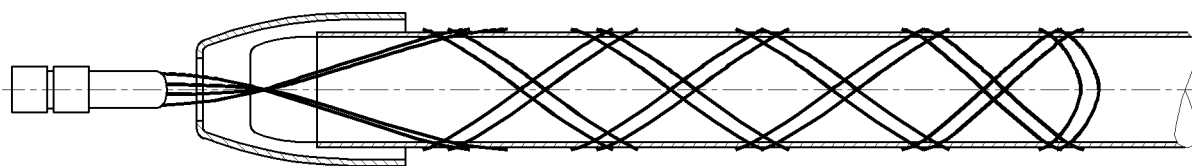


Figura 11 – Esempio di schema del fissaggio della testa di traino



Ogni procedura di montaggio del tubolare alla testa di tiro deve essere effettuata in aderenza alle disposizioni del Manuale di Sistema che ogni impresa deve avere disponibile alla consultazione da parte della DL.

La testa di tiro del tubolare, insieme a tutti gli accessori ad essa collegati, devono essere progettati con un adeguato coefficiente di sicurezza rispetto alla massima forza di tiro calcolata per il progetto. La forza di tiro massima ammissibile deve essere indicata dal fornitore del liner in funzione del carico minimo di rottura (MBL) e del carico di lavoro in sicurezza (SWL) del liner specifico.

Indipendentemente, quindi, dal tipo di tubolare o di testa di tiro, si dovranno rispettare alcuni parametri minimi di procedura:

- rispetto delle disposizioni tecniche riportate sul Manuale di sistema e sulle prescrizioni del fornitore.
- verifica della corrispondenza tra tiro massimo del tubolare e taratura della limitazione di tiro dell'organo (in questo caso se la cella di lettura si trova sulla testa di tiro).
- presenza di adeguati giunti girevoli e snodi cardanici per il corretto aggancio Fune-Tubolare. Possono essere derogati i giunti girevoli se la fune di tiro è di tipo quadro antitorsione.

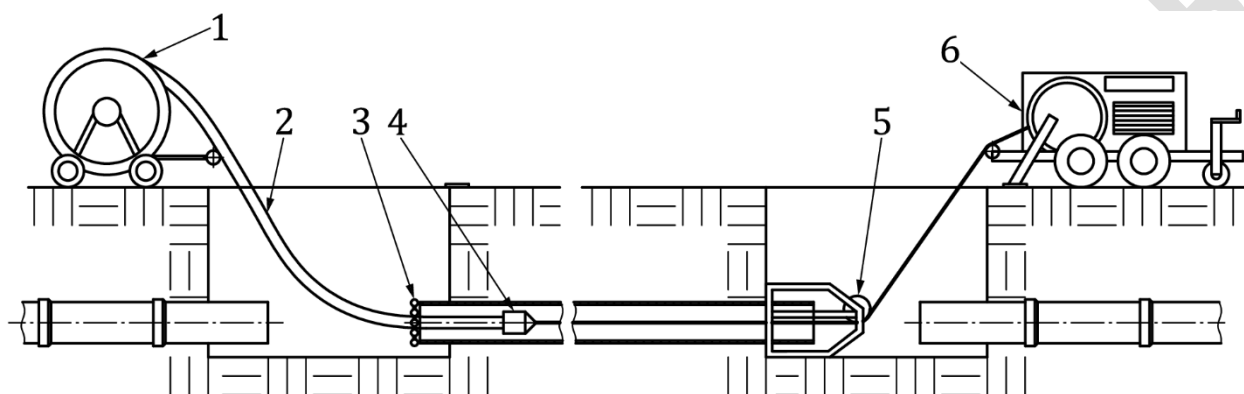
Il tubolare di rivestimento è inserito nel tubo esistente avendo cura di non danneggiarlo e mantenendo una forza di attrito il più contenuta possibile (vedere Figura 12). Per questo è necessario montare sulla sezione di partenza uno speciale dispositivo munito di rulli di scorrimento in materiale plastico. Il tubolare è poi tirato all'interno della condotta esistente ad una velocità costante e con una forza traente conforme alle indicazioni del costruttore del tubolare.

La forza traente misurata è registrata su un apposito "Protocollo di Inserimento".

Figura 12 – Rappresentazione schematica inserimento del liner

Legenda

1. Rullo di avvolgimento tubolare e unità di inserimento
2. Tubolare flessibile da inserire
3. Rullo di inserimento
4. Testa di tiro
5. Rullo di guida
6. Argano



Il tubolare risulta completamente inserito quando la testa di traino fuoriesce completamente dal tubo esistente per una lunghezza tale da consentire le operazioni di installazione dei terminali e verifica dello stato di abrasione del liner.

NOTA Nel caso la condotta ospitante sia in cemento amianto, il cavo e la testa di traino oltre al primo tratto di tubazione dovranno essere bonificati e il materiale risultante dall'attività dovrebbe essere raccolto, stoccato e smaltito presso discarica autorizzata del materiale di risulta. Lo stesso dicasi per i tratti terminali della nuova tubazione che, una volta transitati all'interno della tubazione ospite, saranno tagliati.

12.2 Tubolari a pareti stratificate disgiunte

Alcuni tipi di tubolare possono essere composti (stratificati) direttamente all'interno della condotta. Tali prodotti sono analoghi per destinazione d'uso agli hose-liners sopradescritti, ma presentano una diversa modalità di installazione che descriviamo di seguito:

- Dopo la posa e preparazione del tubolare esterno come già descritto, si procede alla miscelazione di una quantità determinata (in base a diametro e lunghezza del tubolare da posare) di resina epossidica “elastica” o poliuretanica elastomerica.
- Detto quantitativo di resina è colato all'interno del tubolare già definito “interno”.
- Mentre si carica il tubolare sul tamburo di raccolta, è laminato il quantitativo di fluido elastico o elastomerico al suo interno in quantità sufficiente a impregnare il tessile e a lasciare una quantità sufficiente ad impregnare il tessile del tubolare esterno durante la prossima fase di inversione (inserzione del tubolare interno in quello esterno mediante inversione ad aria).
- Inversione del tubolare interno all'interno di quello esterno mediante inversione ad aria a pressione elevata (minimo 1 Bar fino a diametro 500 mm poi si riduce proporzionalmente al diametro, fino a 0,5 Bar per il diametro 1000 mm). L'inversione deve essere frenata al fine di non abbassare mai la pressione di inversione sotto la soglia di minima definita.

- Attraversamento di tutta la linea fino ad oltrepassare il terminale opposto della condotta (e del tubolare esterno) di almeno 3 m.
- Stabilizzazione della pressione di pressurizzazione.
- A questo punto vi sono due possibili procedure:
 - Avviamento del riscaldamento dei due tubolari mediante flusso di vapore e aria miscelati opportunamente. La procedura di riscaldamento (tempo e temperatura), deve essere indicata dal fornitore del sistema.
 - Polimerizzazione a freddo, assistita mediante termocoppie di lettura della temperatura, confrontata con la tabella di catalisi del costruttore.

L'accoppiamento dei tessuti tra loro mediante incollaggio, ha la sola funzione di migliorare la rigidità allo schiacciamento del tubolare, ma non impedisce lo scorrimento sotto tensione di pressione di esercizio dei fili tessili al fine di ottimizzare le prestazioni anche nelle piccole deformazioni localizzate quali curve, vaiolature e ovalizzazioni. L'operazione di incollaggio dei tessuti del composito non ha funzioni strutturali, quindi, è un processo che non necessita di particolari controlli.

12.2.1 Montaggio del raccordo di collegamento per tubolari hose liners

I tubolari hose-liners non possono essere collegati alle altre condotte di qualsiasi tipologia se non mediante appositi raccordi dedicati.

Tale operazione deve essere realizzata esclusivamente con componenti e procedure approvate dal costruttore del tubolare e riportate sul Manuale di Sistema. Il Manuale deve essere sempre disponibile alla DL per lettura e controllo della procedura.

Ogni sistema deve avere il suo processo di installazione dei raccordi terminali.

Ogni tipo di connessione terminale del tubolare deve avere alcuni requisiti minimi generici:

- Capacità antisfilamento: Il connettore di estremità, si definisce antisfilamento se durante la prova distruttiva del liner (prova di scoppio) rimane nella sua posizione fino alla pressione di scoppio del liner (la prova deve terminare con il liner scoppiato ed il connettore ancora nella sua posizione)
- Minimo ingombro interno (riduzione luce utile)
- Tenuta idraulica compatibile con la pressione nominale e di collaudo richiesti
- Capacità di rinforzo anti collassamento per effetto del vuoto accidentale
- Capacità di essere rimosso e rimontato.

12.2.2 VERIFICHE e collaudi finali

Il tubolare risulta completamente inserito quando la testa di traino fuoriesce completamente dal tubo esistente per una lunghezza tale da consentire le operazioni di installazione dei terminali e verifica dello stato di abrasione del liner.

Una volta che il processo di inserimento è terminato, si procede alle verifiche ed ai collaudi del tubolare come segue: Precollaudo per verificare eventuali perdite nel sistema. Infatti, con il gonfiaggio ad aria a 1 bar, si può immediatamente notare se il tubolare è a tenuta oppure ci sono dei problemi con il rivestimento interno.

Durante la fase di pressurizzazione è assolutamente indispensabile adottare una procedura di contenimento dei palloni all'interno del tubolare al fine di impedire agli stessi di sfilarsi per effetto della spinta sulle teste.

Una procedura (che non esclude altre) è quella di ripiegare il tubolare residuo a valle del pallone di tura lasciandolo ancora al tubolare stesso a monte del pallone posizionato. Un opportuno foro praticato nel tubolare ripiegato permette di accedere al pallone per innestare il tubo di carico e regolazione dell'aria.

Terminate le operazioni di installazione e di finitura dell'Hose Lining, qualora sussistano sull'avvenuto ritorno alla circolarità del tubolare, si può effettuare una videoispezione dell'intero tratto posato mediante telecamera a colori, illuminazione adeguata alla perfetta visione della superficie del liner interno, e dotata di contametri decimale.

L'azzeramento dei contametri dovrebbe essere riferito all'allineamento del campo visivo della telecamera al punto di inizio del tubolare, comprensivo dei raccordi di terminazione.

Qualora il tubolare sia destinato al trasporto di acqua potabile, è indispensabile verificare l'igienicità del sistema di ispezione televisiva.

Successivamente alla videoispezione è possibile eseguire il collaudo in pressione, che è effettuato in conformità alla legislazione vigente in materia e in conformità alle indicazioni della Direzione Lavori, che dovrebbe considerare i seguenti fattori:

- PN del tubolare dichiarato dal costruttore;
- Tipologia e PN residuo della condotta ospitante.

Condizioni di coerenza (close-fit) o di non coerenza (lose-fit) del tubolare rispetto alla condotta ospitante.

12.2.3 Procedimenti per la realizzazione delle derivazioni di utenza e riparazioni

Il sistema Hose Lining nasce per lining continui e privi di derivazioni, ma in caso di necessità o di emergenza, è possibile adottare delle procedure di interruzione e ripristino del liner.

Il processo per la realizzazione delle derivazioni di utenza, o di installazione di valvole/saracinesche, sfiati, scarichi di fondo, ecc. nonché di riparazione di emergenza, è riconducibile alla realizzazione di un terminale flangiato.

Le operazioni di sezionamento prevedono il taglio del tubolare e l'installazione di due raccordi di estremità con interposto un tronchetto (metallo o plastico), mentre le operazioni di diramazione o derivazione di utenza prevedono anch'esse il taglio del tubolare, l'installazione di due raccordi di estremità con interposto un tronchetto a Tee o un tronchetto di derivazione di opportuno diametro e materiale.

Qualora tali attività siano svolte in ambienti identificabili come sospetti di inquinamento o confinati ai fini della legislazione vigente, esse possono essere eseguite solo da imprese in possesso di specifici requisiti di qualificazione e durante le attività devono essere adottate le misure di prevenzione e protezione così come definite a seguito della valutazione dei rischi, ovvero interventi/disposizioni/procedure volte a salvaguardare la sicurezza e la salute dei lavoratori, così come previsto dalla legislazione vigente¹⁵.

¹⁵ Alla data di pubblicazione della presente PdR sono in vigore il D.Lgs. 81/08 e il DPR 177/2011.

13 SLIP LINING (LINING WITH DISCRETE PIPES)

13.1 Permesse

Con il lining a tubo singolo, i profili prefabbricati sono inseriti in un condotto da risanare. Per formare un filo continuo, i singoli tubi di lining sono uniti insieme. Uno spazio anulare tra la superficie interna del vecchio tubo e la superficie esterna del tubo di lining è necessario per l'inserimento di quest'ultimo. La produzione del filo continuo di liner avviene di solito tratto per tratto.

Si applicano le definizioni secondo le UNI EN 752:2017, UNI EN 15885:2018, UNI EN 13508-2.

La tecnologia si applica a tubazioni in diverse tipologie di materiali (acciai, ghisa grigia, ghisa sferoidale, cemento, gres ceramico, materiali plastici, CAP, ecc.), si basa sull'impiego di una macchina idraulica, in spinta o in traino, un sistema di aste ad aggancio rapido, carrelli trasportatori a movimentazione manuale o motorizzata.

13.2 Campo di applicazione

Il lining a tubo singolo è utilizzato per ripristinare la stabilità, la tenuta e la sicurezza operativa.

Un altro campo di applicazione è la modifica mirata del profilo o la riduzione della sezione trasversale del vecchio tubo.

A seconda del processo, il lining a tubo singolo può essere utilizzato in condotte accessibili per l'operatore e in tutte le forme della sezione trasversale, come profili circolari, ovoidali, a bocca, rettangolari, romboidali o ovali, e indipendentemente dal materiale esistente.

L'uso del lining a tubo singolo richiede un'attenta indagine delle condizioni effettive del vecchio sistema di tubo. Il condotto da ristrutturare deve essere stabile nella sua forma per garantire l'inserimento dei rivestimenti in profili monotubo. Il lining a tubo singolo può essere impiegato per qualsiasi vecchio tubo indipendentemente dal suo stato. Deve essere eseguita una verifica statica in fase progettuale.

13.3 Materiali utilizzabili per lo slip lining in pressione:

- PRFV – produzione centrifugata o ad avvolgimento;
- PP, PVC;
- Tubi in acciaio;
- Tubi in ghisa sferoidale.

13.4 Adempimenti progettuali preventivi alle attività di slip lining

Al fine di accertare l'applicabilità della tecnologia di cui al presente paragrafo, occorre valutare i seguenti fattori, tenuto conto che attraverso la tecnologia del SLIP LINING (Lining with discrete pipes) possono essere eseguiti Liner di Classe A (totalmente strutturale) o B (parzialmente strutturale) secondo UNI EN ISO 11295:2022.

Tali fattori sono:

- identificazione caratteristiche tubazioni (diametro, spessore, materiale, profondità di posa, ecc.)
- verifica della probabilità ed eventuale frequenza di depressioni che, traducendosi in deformazioni del liner, possono comportare sollecitazioni allo stesso;
- verifica della vita e del PN residuo della condotta esistente che costituisce la futura protezione del tubolare;
- verifica della compatibilità del tubolare utilizzato come liner in relazione al tipo di fluido da convogliare;

- verifica della compatibilità della struttura del tubolare utilizzato come liner in relazione al PN richiesto e alla potabilità (H₂O);
- verifica della compatibilità del materiale utilizzato come liner con le condizioni di sollecitazioni in fase di relining (trazione);
- verifica dei punti di curvatura piano-altimetrica, eventuali variazioni di diametro, della presenza di pezzi speciali, flange, tee, derivazioni di utenza e diramazioni di condotta, ecc., che possono costituire impedimento alla realizzazione del relining;
- verifica della compatibilità degli scavi necessari al relining con i sottoservizi presenti lungo i tracciati e/o i punti di accesso alla condotta esistente;
- individuazione della posizione e stima delle dimensioni indicative degli scavi di intercettazione lungo la condotta esistente e di inserzione, recapito ed eventuale derivazione dal liner che è inserito;
- verifica della tipologia e della disponibilità di raccordi, siano essi in materiali ferrosi (acciaio/ghisa) o plastici (PE, PVC, PP, ecc.).

13.5 Sequenza delle operazioni relative alle attività di SLIP LINIG con tubi singoli

La tecnica consiste nell'inserzione di tubazioni all'interno di una tubazione esistente di diametro maggiore. Tale soluzione è condizionata alla possibilità che la condotta preesistente consenta la riduzione della sezione netta di passaggio del fluido di una certa percentuale, determinata dalla differenza tra il diametro interno della vecchia tubazione ed il diametro interno del nuovo liner.

Nella maggioranza dei casi, la diminuzione della sezione netta di deflusso è totalmente o in gran parte compensata dalla drastica riduzione delle perdite di carico, ottenuta per effetto dell'impiego di nuove tubazioni con superficie minimamente scabra, nonché dal fatto che la condotta originale si presenta usualmente con depositi interni di vario genere estensivi o localizzati, mentre la nuova tubazione in materiale plastico rimarrà in futuro perfettamente efficiente proprio per la sua natura di materiale scarsamente biodegradabile.

Le tubazioni possono essere collegate mediante diverse metodologie:

- giunto a manicotto a incasso;
- giunto a manicotto di riferimento;
- laminazioni su tubi in PRFV;
- saldatura (escluso PRFV, PVC).

L'operazione di inserzione può avvenire secondo tre distinte modalità:

- inserzione a spinta – con accoppiamento della tubazione nello scavo di inserimento;
- inserzione a tiro – con accoppiamento della tubazione nello scavo di inserimento;
- inserzione mediante carrello trasportatore – con accoppiamento della tubazione all'interno della condotta da rinnovare.

La scelta della modalità di inserimento è funzione della lunghezza della tratta da riabilitare, del diametro della tubazione, del percorso piano-altimetrico e delle difformità interne alla condotta da riabilitare.

In conformità alla UNI EN 15885:2018, si distingue tra le seguenti varianti di procedura:

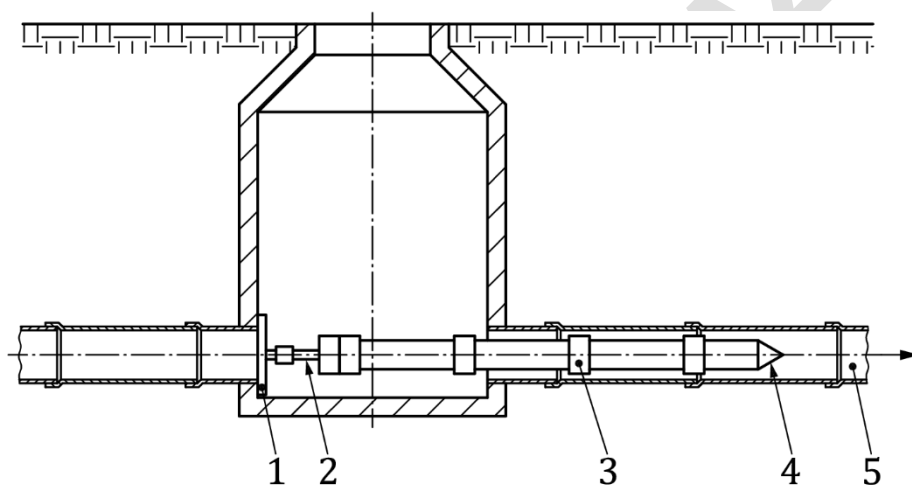
A. Inserzione a spinta:

Infilare i tubi di lining da un pozzo/scavo di partenza esistente nel tratto successivo fino a raggiungere il punto di destinazione previsto. I singoli tubi di lining sono collegati all'interno del pozzo/scavo di partenza per formare una stringa di liner continua. Nell'inserzione a spinta i tubi sono calati uno per uno nel pozzo di spinta, per poi essere accoppiati e solo successivamente spinti all'interno della tubazione ospitante. La spinta può avvenire mediante martinetti idraulici con apposita piastra di compensazione (vedere Figura 13) per garantire una spinta uniforme (è sconsigliata la spinta attraverso escavatore). Le tubazioni devono essere provviste di anelli distanziatori per evitare che lo scivolamento della tubazione durante l'inserimento possa abradere e danneggiare il manicotto/tubo e/o il rivestimento esterno della tubazione. Il sistema si presta solo nel caso di tratti rettilinei e senza discostamenti nei giunti. Le forze di spinta applicabili non devono superare le indicazioni del produttore dei tubi e i distanziatori devono essere appositamente dimensionati.

Figura 13 – Rappresentazione schematica tecnologia Slip Lining con tubi singoli – Inserimento a spinta

Legenda:

- | | | | |
|---|-------------------------------------|---|---------------------|
| 1 | Piastra di spinta | 4 | Guida di spinta |
| 2 | Dispositivo di spinta | 5 | Tubazione esistente |
| 3 | Tubazioni di rivestimento collegate | | |



B. Inserzione a tiro:

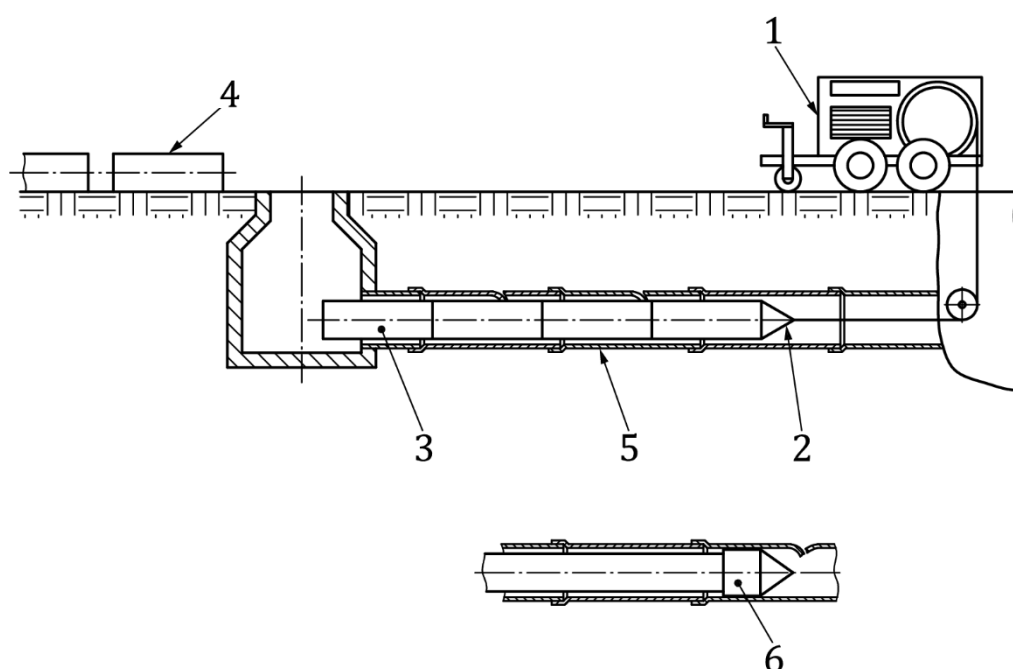
Spingere i tubi di lining da un pozzo/scavo di partenza esistente nel tratto successivo fino a raggiungere il punto di destinazione previsto. I singoli tubi di lining sono collegati all'interno del pozzo/scavo di partenza per formare una stringa di liner continua. Nell'inserzione a tiro i tubi sono calati uno per uno nel pozzo di tiro, per poi essere accoppiati e solo successivamente tirati all'interno della tubazione ospitante. Il tiro può avvenire mediante attrezzatura a tiro idraulico attraverso aste in acciaio (vedere Figura 14). Le tubazioni devono avere dei giunti antisfilamento o essere posati attraverso apposita attrezzatura di accoppiamento che collega tutto il liner. Inoltre, il liner deve essere provvisto di anelli distanziatori per evitare che lo scivolamento della tubazione durante l'inserimento possa abradere e danneggiare il manicotto/tubo e/o il rivestimento esterno della tubazione. Il sistema si presta solo nel caso di tratti rettilinei e senza discostamenti nei giunti. Le forze di tiro applicabili non

devono superare le indicazioni del produttore dei tubi e i distanziatori devono essere appositamente dimensionati.

Figura 14 – Rappresentazione schematica tecnologia Slip Lining con tubi singoli – Inserimento a tiro

Legenda:

1	Argano di tiro	4	Deposito singoli tubi da inserire
2	Testa di tiro	5	Tubazione esistente
3	Tubo di rivestimento con giunti portanti	6	Arrotondamento e tiraggio testa



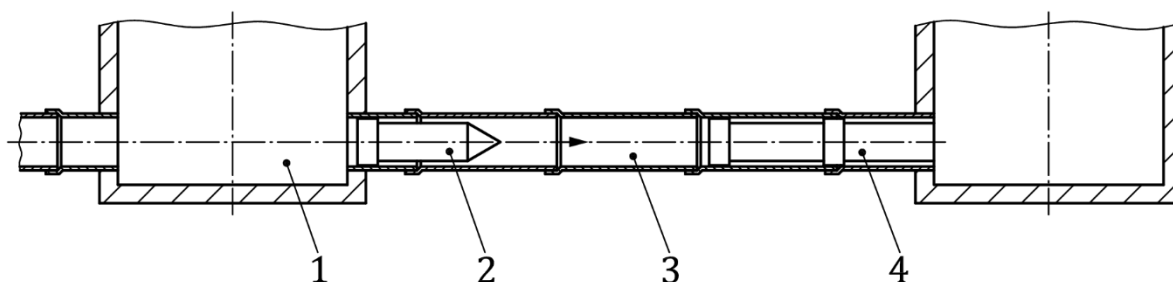
C. Inserimento mediante carrello trasportatore:

Inserimento dei tubi di lining da un pozzo/scavo di partenza nel tratto successivo fino al raggiungimento del punto di destinazione previsto. I singoli tubi di liner sono collegati all'interno del tratto da rinnovare per formare un filo di liner continuo (vedere Figura 15). Nell'inserzione mediante carrello trasportatore la prima tubazione è inserita all'interno della tubazione esistente e posizionata/bloccata attraverso dei distanziatori. Successivamente si inserisce tubo per tubo attraverso il carrello di trasporto eseguendo la connessione tra i singoli tubi mediante l'utilizzo di Tirfort o Argani manuali. L'accoppiamento avviene sempre all'interno della condotta fino al raggiungimento del pozzo/scavo di inserimento. Ogni tubazione posata deve essere opportunamente bloccata mediante cunei o distanziatori in modo che ad ogni innesto si eviti lo spostamento della tubazione precedentemente posata.

Figura 15 – Rappresentazione schematica tecnologia Slip Lining con tubi singoli – Inserimento mediante carrello trasportatore

Legenda:

- | | | | |
|---|---|---|----------------------------|
| 1 | Pozzetto | 3 | Tubazione esistente |
| 2 | Singolo tubo tirato o spinto in posizione | 4 | Tubazioni già in posizione |



In condotte non accessibili (DN <800 mm), sono utilizzate solo le metodologie di posa A e B.

NOTA Nel caso la condotta ospitante sia in cemento amianto, nell'ambito di tutte le operazioni che prevedono l'inserimento di attrezzature/materiali all'interno della condotta stessa (spinta/traino tubi di lining, videoispezione, pulizia meccanica o non, posa fune argano, recupero fune argano, movimento carrello, sistemi di scorrimento a rulli e posa nuova tubazione), bisogna valutare il possibile sfregamento contro le pareti e la conseguente necessità della bonifica da eventuali fibre di amianto delle attrezzature/materiali utilizzati e raccolta, stoccaggio e smaltimento presso discarica autorizzata del materiale di risulta.

Durante le attività, tenuto anche conto della profondità dello scavo e delle caratteristiche del terreno, devono essere adottate le misure di prevenzione e protezione così come definite a seguito della valutazione dei rischi, ovvero interventi/disposizioni/procedure volte a salvaguardare la sicurezza e la salute dei lavoratori.

13.5.1 Limiti di applicazione

Nel caso del lining a tubo singolo, i tubi sono introdotti attraverso le modalità di posa sopra descritte. Il prospetto 3 seguente mostra una panoramica delle lunghezze di installazione comuni, delle dimensioni e dei materiali per ogni tipo di installazione. È possibile anche l'impiego di altri materiali. Le lunghezze massime di installazione dipendono dalle condizioni locali e sono puramente indicative. Può essere previsto, se necessario, l'uso di sistemi a scorrimento o a rulli come ausili per l'installazione. Lo stesso vale anche per l'installazione di un blocco della posizione per il tubo di lining, che può essere predisposto a seconda delle dimensioni del vecchio tubo.

Prospetto 3 - Panoramica della procedura

Modalità di posa	A	B	C
Tipo di installazione	Spinta	Tiro	Inserimento
Tubo esistente non accessibile all'operatore	Sì	Sì	No
Tubo esistente accessibile all'operatore	Sì	Sì	Sì

Dimensione vecchio tubo [mm]	≥ 250	≥ 250	≥ 1.000
Dimensione tubo di lining [mm]	≥ 250-1.600	≥ 250-1.600	≥ 250-4.000
	più piccolo del vecchio tubo (tenendo conto dello spazio anulare richiesto)		
Materiale del liner	PRFV, PE, PP, ACCIAIO, GHISA	PRFV, PE, PP, ACCIAIO, GHISA	PRFV, PE, PP, PVC-U, ACCIAIO, GHISA
Lunghezza dell'installazione (dipende da lunghezza/peso/collocazione)	fino a 250m	fino a 250m	illimitata
Dispositivi per l'installazione	Stazione idraulica, cilindro di inserimento, adattatore di pressione, piastra di arresto	Argano a fune, girello/grillo, stazione idraulica, aste, testa di traino, slitta o traversa/piastra di traino; accoppiatore;	Carrello / sistema a binario
Ausili per l'installazione (se necessario)	Pattini, pellicola scorrevole, sistema a binario	Pattini, pellicola scorrevole, sistema a binario	
Blocco della posizione	Pattini / distanziatori premontati sul tubo di lining	Pattini / distanziatori premontati sul tubo di lining	distanziatori da installare in loco nel vecchio tubo
Controllo del galleggiamento durante il riempimento (intasamento) dell'intercapedine	Zavorra, distanziatori premontati sul tubo di lining	Zavorra, distanziatori premontati sul tubo di lining	Zavorra, distanziatori da installare in loco nel vecchio tubo

13.5.2 Riempimento dell'intercapedine

La riabilitazione delle tubazioni in pressione prevede che l'intercapedine tra parete esterna del liner e parete interna della condotta esistente debba essere riempita con una malta fluida tale da riempire completamente l'intercapedine.

In caso di infiltrazione di acqua freatica nella condotta esistente, si deve verificare se la tecnologia può essere applicata. Se non è possibile impedire (temporaneamente) o deviare (temporaneamente) l'ingresso di acqua freatica, devono essere presi accorgimenti idonei a garantire il riempimento a regola d'arte dello spazio anulare.

Il riempimento/iniezione deve avvenire a fasi per evitare il galleggiamento della nuova tubazione, le altezze degli strati di riempimento/iniezione devono essere verificate attraverso apposito calcolo statico tenendo conto del battente idrostatico complessivo del riempimento (= diametro condotta esistente).

Il riempimento dell'intercapedine può avvenire sia dall'esterno che dall'interno della condotta nuova attraverso apposite valvole di iniezione.

La modalità di riempimento dall'esterno avviene realizzando dei fori sulla tubazione ospitante. Il diametro del foro è di $\geq 150\text{mm}$. I fori sono predisposti ad interasse conforme alle specifiche della malta, allo spazio tra una tubazione e l'altra e all'andamento del profilo longitudinale della condotta da risanare.

La modalità di riempimento dall'interno può avvenire sia tramite opportune valvole di cui può essere dotato il nuovo tubo (possibile solo per tubi il cui diametro interno consenta l'accesso dell'operatore)

o predisponendo una serie di tubazioni, solidali alla nuova tubazione o al cielo della tubazione ospitante, tramite le quali è iniettata la miscela, fino ad ottenere il completo riempimento dell'intercapedine. È necessario quindi calcolare, il volume di malta da iniettare per una verifica del completo riempimento.

13.5.3 Materiale di riempimento dello spazio anulare

Il riempimento dello spazio anulare serve a trasferire la pressione radiale tra il vecchio tubo e il tubo di lining, poiché generalmente nelle verifiche di stabilità si presume che il liner sia collocato rigidamente durante l'esercizio. Il materiale di riempimento non deve avere un'elevata resistenza alla compressione ma assicurare un letto di posa del liner omogeneo.

In linea di principio, il materiale di riempimento non aumenta la capacità portante del sistema. In questo caso, il materiale di riempimento deve presentare i valori utilizzati nella verifica statica.

Oltre a creare un letto definito, il riempimento serve di solito ad impedire l'ingresso del terreno dovuto ai difetti del vecchio tubo e l'accumulo di gas o il trasporto di acqua nello spazio anulare.

Generalmente, per il riempimento si usano malte altamente scorrevoli, ma si possono usare anche altri materiali a seconda delle condizioni specifiche dell'intervento, purché soddisfino i requisiti di cui sopra.

È fatta una distinzione normativa tra malte da riempimento pesanti (densità di massa maggiore di 1,3 kg/dm³) e leggere (densità di massa compresa tra 0,7 kg/dm³ e 1,3 kg/dm³).

A relining eseguito, la sequenza operativa prevede la riconnessione alle estremità del segmento rinnovato tra il nuovo tubo e l'esistente mediante accoppiamento con raccordi conformi alle specifiche tecniche di progetto.

13.5.4 Giunzioni di tubi in PRFV mediante laminazioni in situ

Quando si usano i laminati in situ, bisogna tenere conto dei requisiti indicati nel prospetto 4 seguente.

Prospetto 4 Composizione degli elementi del laminato

Tipi di resina	Resina poliestere insatura (resina UP) secondo DIN EN 13.121-1, tabella 2 Gruppo di resina 4 Resina di estere vinilico (resina VE) secondo DIN EN 13121-1 Tab. 2 Gruppo di resina 7 o 8 (esclusi i sistemi di resina alogenata), proprietà di stampaggio secondo DIN 16946-2, Tab. 4, tipo 1310
Filler	Si possono usare solo riempitivi che sono inerti di per sé (no carbonato di calcio)
Fibre ottiche	Vetro di silicato di alluminio e calce (vetro E-CR-secondo DIN EN 14020, DIN EN ISO 2078 e DIN 61850 fino a 61854) Stuoie di fibra 450-600 g/(m ² e strato) Solo tappeti di vetro legati a polvere
Sigillatura della superficie	Resina poliestere, spessore ≥ 0,4 mm (circa 350 g/m ²)

13.6 Sequenza delle operazioni relative alle attività di slip lining

Si riporta di seguito la sequenza delle operazioni osservata durante un'applicazione di Slip Lining (Lining with discrete pipes), intendendo come applicazione un intervento di rinnovamento di una condotta precedentemente in esercizio:

- 1) Ottenimento dei permessi e autorizzazioni necessari;
NOTA Nel caso in cui la tubazione ospitante sia in MCA, è necessario predisporre la documentazione prevista dalla legislazione vigente¹⁶.
- 2) Realizzazione del by-pass per deviare il flusso a valle dell'intervento;
- 3) Rilievo della tubazione esistente, mediante ispezione televisiva/visiva dell'interno della condotta esistente;
- 4) Qualora sussistano depositi interni in entità tale da compromettere l'intervento di inserzione, pulizia dell'interno della condotta esistente;
- 5) Installazione del cantiere;
- 6) Realizzazione degli scavi in corrispondenza dei punti alle estremità del tratto da mettere fuori servizio e rinnovare;
- 7) Posizionamento delle attrezzature di spinta o di tiro o del carrello semovente per il trasporto del liner all'interno del tubo ospitante;
- 8) Connessione delle tubazioni nel pozzo di spinta, in caso di metodologia a spinta e inserzione ovvero inserzione della tubazione all'interno del tubo esistente fino al punto di arrivo e connessione mediante argano a fune passante o sistema a tiro idraulico attraverso aste;
- 9) Completamento di inserzione della tratta da riabilitare;
- 10) Collaudo delle condotte rinnovate;
- 11) Realizzazione del collegamento del liner alle derivazioni;
- 12) Collegamento del liner ai terminali della condotta esistente a monte e a valle del relining;
- 13) Messa in esercizio della condotta rinnovata;
- 14) Chiusura scavi e smobilitazione cantiere.

13.7 Verifiche e collaudi finali

13.7.1 Verifiche preinstallazione

È facoltà del progettista individuare diametro e serie (spessore) della tubazione da inserire con funzione di liner, tenendo in debito conto almeno i seguenti fattori:

- portata,
- pressione di esercizio,
- colpi d'ariete e sovrappressioni in genere,
- pulizia interna della condotta esistente;
- sollecitazioni meccaniche dovute alla forza di trazione applicabile (in relazione al carico di snervamento del liner plastico);

¹⁶ Vedere Bibliografia.

- altre sollecitazioni meccaniche in fase di inserzione (attriti, abrasioni, ecc.) e di esercizio;
- effetti termici durante e successivi all'installazione;
- necessità manutentive successive all'installazione;
- disponibilità di raccorderia (in relazione all'adozione di diametri poco commerciali e/o non conformi agli standard aziendali);
- conformità normativa dei fluidi trasportati con il materiale impiegato.

La ditta appaltatrice deve consegnare al Direttore dei Lavori:

- certificati di idoneità tecnico professionale dei laminatori e delle macchine;
- il protocollo/report e il video dell'ispezione eseguita dopo la pulizia e preparazione della condotta esistente;
- il protocollo della calibratura eseguita sulla condotta esistente;
- rispettivi protocolli di laboratorio abilitato che dimostrano la corrispondenza della tubazione utilizzata ai dettami della UNI EN ISO 11297-3 (Fognatura a pressione) e UNI EN ISO 11298-3 (acquedotto);
- i calcoli statici nello stato di posa della condotta (fase di iniezione dell'intercapedine) e nello stato finale.

13.7.2 Verifiche in corso d'opera

La ditta appaltatrice deve consegnare al Direttore dei Lavori:

- il protocollo delle forze di traino o di spinta applicate;
- le campionature richieste su tubazione, laminatura e malte di iniezione.

13.7.3 Verifiche post installazione

La ditta appaltatrice deve consegnare al Direttore dei Lavori:

- campionamenti secondo quanto previsto della UNI EN ISO 11297-3 (Fognatura a pressione) e UNI EN ISO 11298-3 (acquedotto);
- il protocollo/report e il video dell'ispezione eseguita al termine dell'inserimento;
- prova di tenuta secondo UNI EN ISO 805.

I raccordi tra Liner e tubazioni esistenti di tipo di riferimento o di altri materiali, avviene mediante speciali raccordi.

BIBLIOGRAFIA

UNI EN ISO 9001 Sistemi di gestione per la qualità - Requisiti

UNI EN ISO 19011 Linee guida per audit di sistemi di gestione

UNI ISO 31000 Gestione del rischio - Linee guida

DIRETTIVA (UE) 2020/2184 del Parlamento europeo e del Consiglio del 16 dicembre 2020 concernente la qualità delle acque destinate al consumo umano (rifusione)

REGOLAMENTO (CE) N. 1935/2004 DEL PARLAMENTO EUROPEO E DEL CONSIGLIO del 27 ottobre 2004 riguardante i materiali e gli oggetti destinati a venire a contatto con i prodotti alimentari e che abroga le direttive 80/590/CEE e 89/109/CEE

DECRETO 20 agosto 1999 Ampliamento delle normative e delle metodologie tecniche per gli interventi di bonifica, ivi compresi quelli per rendere innocuo l'amianto, previsti dall'art. 5, comma 1, lettera f) , della legge 27 marzo 1992, n. 257, recante norme relative alla cessazione dell'impiego dell'amianto

DECRETO 6 aprile 2004, n. 174 Regolamento concernente i materiali e gli oggetti che possono essere utilizzati negli impianti fissi di captazione, trattamento, adduzione e distribuzione delle acque destinate al consumo umano
DECRETO 3 giugno 2014, n. 120 Regolamento per la definizione delle attribuzioni e delle modalità di organizzazione dell'Albo nazionale dei gestori ambientali, dei requisiti tecnici e finanziari delle imprese e dei responsabili tecnici, dei termini e delle modalità di iscrizione e dei relativi diritti annuali

DECRETO DEL PRESIDENTE DELLA REPUBBLICA 8 agosto 1994 Atto di indirizzo e coordinamento alle regioni ed alle province autonome di Trento e di Bolzano per l'adozione di piani di protezione, di decontaminazione, di smaltimento e di bonifica dell'ambiente, ai fini della difesa dai pericoli derivanti dall'amianto
DECRETO DEL PRESIDENTE DELLA REPUBBLICA 14 settembre 2011, n. 177 Regolamento recante norme per la qualificazione delle imprese e dei lavoratori autonomi operanti in ambienti sospetti di inquinamento o confinanti, a norma dell'articolo 6, comma 8, lettera g), del decreto legislativo 9 aprile 2008, n. 81

DECRETO LEGISLATIVO 3 aprile 2006, n. 152 Norme in materia ambientale

DECRETO LEGISLATIVO 9 aprile 2008 , n. 81 Attuazione dell'articolo 1 della legge 3 agosto 2007, n. 123, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro
DECRETO LEGISLATIVO 3 dicembre 2010, n. 205 Disposizioni di attuazione della direttiva 2008/98/CE del Parlamento europeo e del Consiglio del 19 novembre 2008 relativa ai rifiuti e che abroga alcune direttive

DECRETO LEGISLATIVO 23 febbraio 2023, n. 18 Attuazione della direttiva (UE) 2020/2184 del Parlamento europeo e del Consiglio, del 16 dicembre 2020, concernente la qualità delle acque destinate al consumo umano

DECRETO MINISTERIALE 6 settembre 1994 Normative e metodologie tecniche di applicazione dell'art. 6, comma 3, e dell'art. 12, comma 2, della legge 27 marzo 1992, n. 257, relativa alla cessazione dell'impiego dell'amianto
LEGGE 27 marzo 1992, n. 257 Norme relative alla cessazione dell'impiego dell'amianto.

LEGGE 4 agosto 1993, n. 271 Conversione in legge, con modificazioni, del decreto-legge 5 giugno 1993, n. 169, recante disposizioni urgenti per i lavoratori del settore dell'amianto.

BOZZA PER CONSULTAZIONE PUBBLICA