

TECNOLOGIE NO-DIG: CONDOTTE FOGNARIE A GRAVITÀ INSTALLAZIONE MEDIANTE PILOT TUBING E RIABILITAZIONE MEDIANTE UV-CIPP

RENZO CHIRULLI *

SOMMARIO

L'eliminazione o la limitazione del ricorso agli scavi a cielo aperto, nelle nuove installazioni e nelle riabilitazioni di condotte fognarie, specie in ambito urbano, permette di ridurre molti degli impatti ambientali e dei costi indiretti che si legano tradizionalmente alla realizzazione di tali opere. In questa lezione vengono illustrate rispettivamente una tecnologia di installazione a spinta denominata Pilot Tubing o microtunneling leggero ed una di riabilitazione denominata UV-CIPP. Il testo e le immagini che seguono sono tratte dal nuovo libro “Manuale di Tecnologie No-Dig” pubblicato dall'autore nel mese di maggio 2011.

1. L'INSTALLAZIONE DI CONDOTTE FOGNARIE A GRAVITÀ MEDIANTE TECNOLOGIA PILOT TUBING.

Il ***pilot tubing***, noto anche come *guided boring* (in Italia viene chiamato anche *microtunneling leggero*), è una tecnologia di installazione per spinta che si articola in tre fasi:

- perforazione pilota
- pre-alesatura in avanzamento
- installazione della tubazione con eventuale alesatura finale

L'intera installazione parte da un pozzetto/piazzola di spinta e termina in un pozzetto/piazzola di arrivo. Tutta l'attrezzatura, sia fuori terra che in pozzetto, è estremamente compatta.

La perforazione pilota viene eseguita utilizzando delle speciali aste di perforazione chiamate ***pilot tubes*** (da qui il nome della tecnologia) dotate di due distinti canali interni: uno più periferico, con funzioni idrauliche per il passaggio di fluidi di perforazione, ed uno centrato assialmente, otticamente libero per permettere, dal pozzetto di partenza, la visione di un target a *led* collocato a tergo della punta di perforazione.

* esperto in tecnologie trenchless – Amministratore Unico di nodig.it Srl – rchirulli@nodig.it

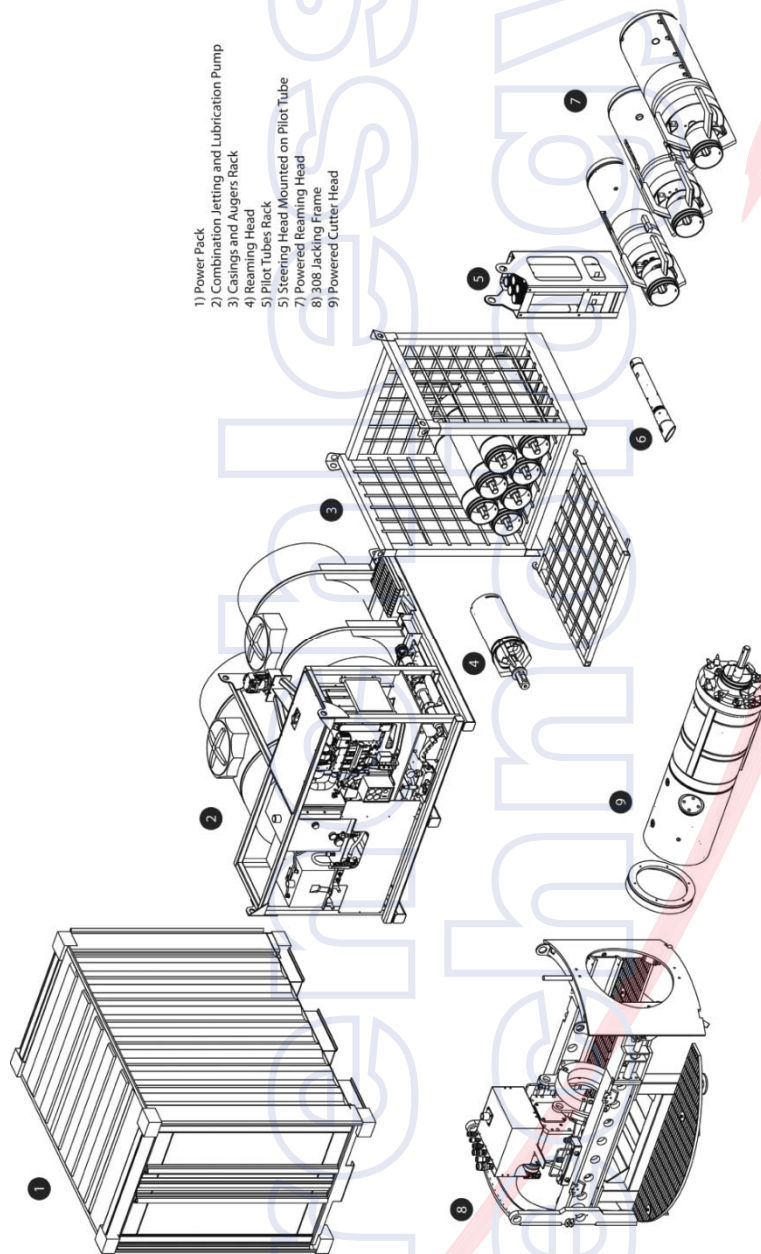


Figura 1 - schema di impianto per pilot tubing (per gentile concessione di Akkermann Inc.)

La punta è del tipo a cuneo, simile a quelle in uso nel *directional drilling*, anche se in questa tecnica la direzionabilità dell'utensile ha il solo scopo di mantenere la perforazione lungo una traiettoria perfettamente rettilinea.

La linea di perforazione può seguire con precisione una pendenza anche molto bassa (nell'ordine di 2÷4 punti per mille), caratteristica questa che rende il *pilot tubing* particolarmente indicato per l'installazione di tubazioni fognarie in area urbana.

Considerato che con sistemi di questo genere si possono installare tubazioni in materiale rigido (calcestruzzo, gres), acciaio e PRFV, con diametri variabili tra i 280 ed i 1.200 mm e con lunghezze comprese tra i 10 ed i 120 metri, è evidente che questa tecnica di installazione *no-dig* può rappresentare una valida opzione per l'installazione di tubazioni fognarie a gravità, specie in ambito urbano.

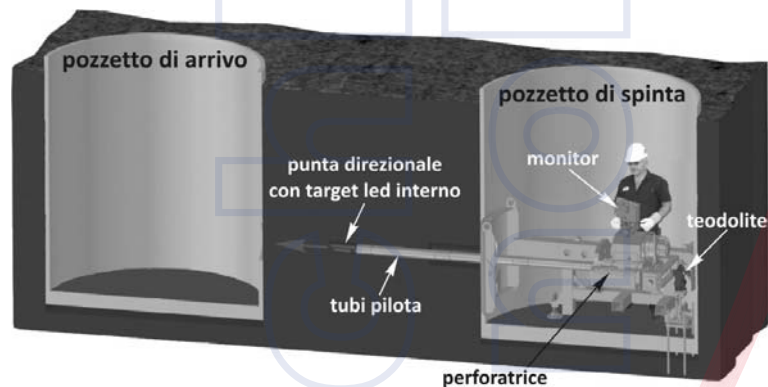


Figura 2 - pilot tubing: perforazione pilota (per gentile concessione di Akkerman Inc.).

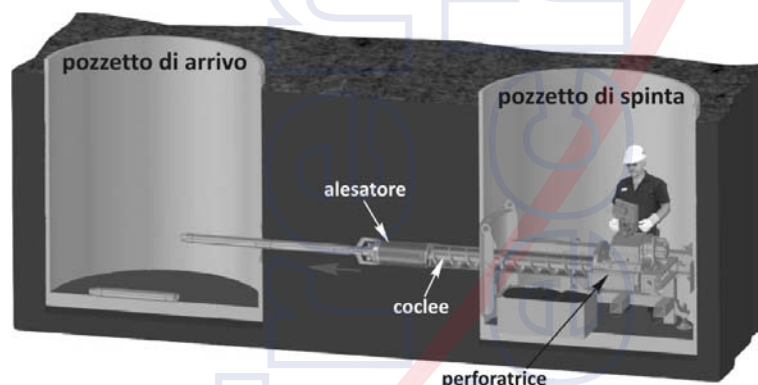


Figura 3 - pilot tubing: pre-alesatura (per gentile concessione di Akkerman Inc.).

La successiva **fase di pre-alesatura** si esegue in avanzamento agganciando alla coda della batteria di tubi pilota un alesatore, seguito da speciali camicie equipaggiate al loro interno con coclee.

Le coclee vengono poste in rotazione dalla perforatrice, ed a loro volta fanno ruotare l'alesatore mentre la perforatrice contemporaneamente spinge l'intera colonna in avanti.

In questa fase lo smarino avviene con le coclee verso il pozzetto di partenza. Al termine di questa fase, al posto della batteria pilota risulta installata una batteria di coclee incamiciate.

Le modalità con cui viene condotta la terza fase, che è quella di installazione della tubazione finale, cambiano in funzione del diametro della tubazione da installare.

Se la tubazione da installare ha un diametro compreso tra i **280 ed i 400 mm (11"-16")**, allora è sufficiente spingere la tubazione lungo il foro, recuperando le coclee incamiciate nel pozzetto di arrivo. In questo caso non c'è alcuno smarino da convogliare e raccogliere.

Se invece la tubazione da installare ha un diametro compreso tra i 350 ed i 500 mm (14"- 20"), allora si utilizza un alesatore potenziato (*Powered Reaming Head - PRH*) e lo smarino viene convogliato verso il pozzetto di arrivo.

Se infine la tubazione da installare ha un diametro compreso tra i 500 ed i 1.200 mm (20"-48"), allora si utilizza una fresa motorizzata (*Powered Cutter Head - PCH*) e lo smarino viene convogliato verso il pozzetto di arrivo.

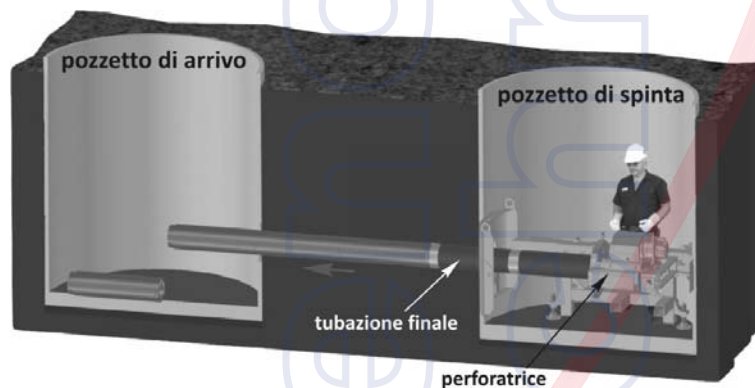


Figura 4 - pilot tubing: installazione di tubazioni con diametro compreso tra i 280 ed i 400 mm (per gentile concessione di Akkerman Inc.).

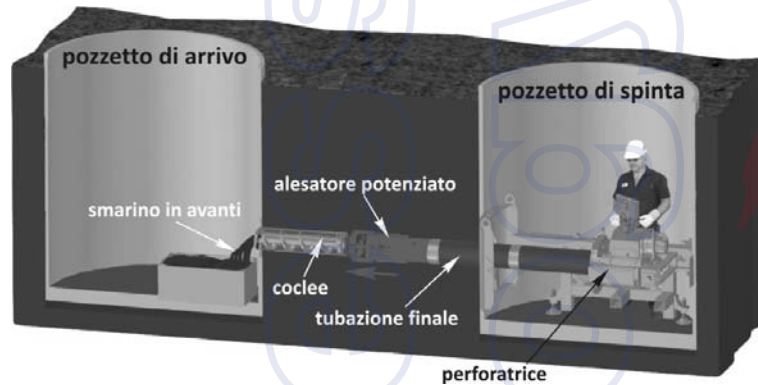


Figura 4 - pilot tubing: installazione di tubazioni con diametro compreso tra i 350 ed i 500 mm (per gentile concessione di Akkerman Inc.)

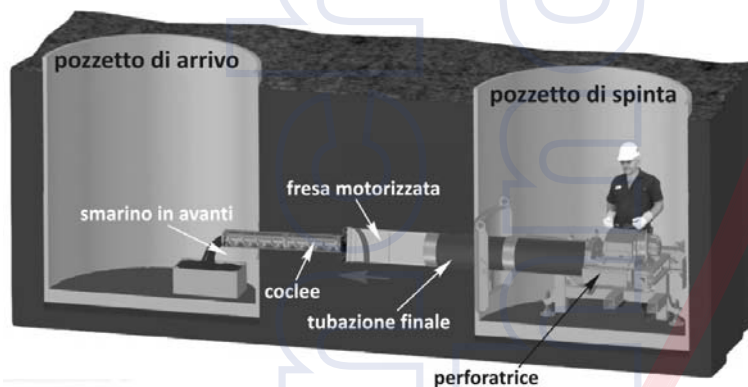


Figura 5 - pilot tubing: installazione di tubazioni con diametro compreso tra i 500 ed i 1.200 mm (per gentile concessione di Akkerman Inc.)

2. LA RIABILITAZIONE DI CONDOTTE FOGNARIE MEDIANTE TECNOLOGIA UV-CIPP.

Con il termine **riabilitazione** (*rehabilitation*) nel *no-dig* si indica quel complesso di tecnologie e di tecniche esecutive finalizzate al recupero funzionale di tubazioni danneggiate o che nel tempo

hanno gradualmente perso alcune o tutte le caratteristiche determinanti ai fini della funzionalità della tubazione stessa.

Riabilitare significa quindi risanare parte o tutta una tubazione che può presentare dissesti di vario genere; ecco perché nella pratica corrente si usa spesso l'espressione risanamento piuttosto che riabilitazione. Nella terminologia internazionale i termini più utilizzati sono *rehabilitation* e *renovation*. Le tecnologie no-dig destinate alla riabilitazione consentono di intervenire su tubazioni esistenti prolungando il periodo di vita utile, con un conseguente notevole risparmio di risorse e di sottosuolo. Di uso molto comune, per indicare le tecnologie *no-dig* di riabilitazione, è il termine *relining* che letteralmente significa rivestimento, rifoderamento o incamiciamento. Si tratta di un termine piuttosto generico che alla lettera non sarebbe corretto applicare a quelle tecnologie di riabilitazione che permettono di costruire un nuovo tubo all'interno di tubazioni esistenti e non un semplice rivestimento.

Con il termine **CIPP** – *Cured In Place Pipe* (tubi reticolati in sito), noto anche come CIPL – *Cured in Place Lining*, viene identificata internazionalmente (ISTT, 1997) una metodica di riabilitazione di condotte interrata ed aeree, che consiste nell'inserire, all'interno del tubo ospite, un tubolare flessibile impregnato di resina che viene quindi gonfiato per aderire alle pareti del tubo ospite, ed infine fatto indurire per reticolazione della resina.

L'espressione *riabilitazione mediante tubi reticolati in sito (o in loco)* è quella utilizzata nella normativa UNI EN 13566-4:2005¹, che stabilisce i criteri di accettabilità dei materiali impiegati in questa specifica tecnologia.

Le diverse tecniche di CIPP oggi disponibili vengono riunite in due grandi gruppi, tra loro distinti in funzione delle modalità con le quali viene somministrata alla resina l'energia necessaria al suo indurimento:

- metodi di indurimento a caldo, detti brevemente *thermal CIPP*; con *liner* in feltro poliestere impregnati con resina poliestere, vinilestere o epossidica ed inseriti per inversione o per tiro nella tubazione da risanare e quindi polimerizzati con acqua o aria calda e vapore surriscaldato;
- metodi di indurimento per irraggiamento in particolare con raggi ultravioletti², detti brevemente *UV CIPP*; con *liner* in tessuto multistrato di fibra di vetro impregnati con resine fotopolimerizzanti ed inseriti per trazione nella tubazione da risanare e quindi polimerizzati mediante irraggiamento con raggi UV.

Con UV CIPP si intende quindi un metodo di polimerizzazione della resina per irraggiamento mediante radiazione elettromagnetica in banda ultravioletta UVA. La radiazione ultravioletta è

¹ la norma EN 13566-4:2002 è stata recepita dall'UNI nel 2005, ma a parte il frontespizio in italiano, il testo resta identico alla norma originale pubblicata nel 2002 da CEN.

² sono in fase di sviluppo metodi di irraggiamento nei quali si fa uso di lampade a led o luce laser.

quella porzione dello spettro luminoso compresa tra i raggi X e la luce visibile. La banda UVA è la radiazione con lunghezza d'onda compresa tra i 320 e i 400 nm.

Nel UV CIPP il liner è costruito da tessuto in fibra di vetro multiassiale impregnato di resina *fotoindurente* o *fotopolimerizzante* che può essere di natura poliestere o vinilestere a seconda delle condizioni di utilizzo del *liner*.

Il liner viene inserito nel tubo ospite per trazione, e gonfiato con aria secca a temperatura ambiente.

Nelle configurazioni più avanzate il liner presenta sempre due strati protettivi esterni:

- il primo strato, a diretto contatto con il tessuto in fibra di vetro impregnato, è perfettamente impermeabile alla resina contenuta all'interno del *liner* ed è in grado di impedire il passaggio dello stirene;
- il secondo strato, più esterno, oltre a resistere all'abrasione, protegge la resina dai raggi UV presenti nello spettro solare.

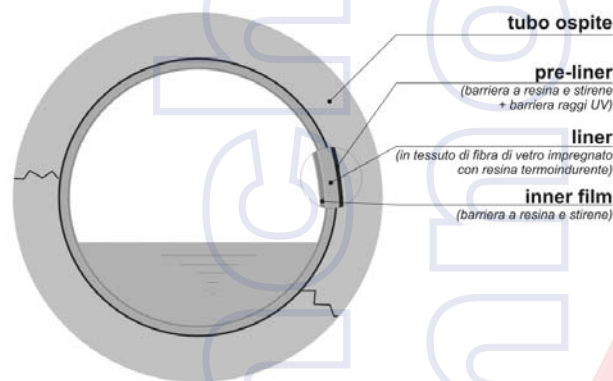


Figura 6 - tipica struttura a sandwich di un liner per UV CIPP

Questo pacchetto protettivo esterno prende ancora il nome di *pre-liner* e, oltre alle funzioni appena specificate, durante la fase di installazione come già spiegato serve anche per evitare il contatto diretto tra resina e pareti del condotto in presenza di umidità o acqua di infiltrazione.

Il liner presenta anche uno strato protettivo interno (*inner film*) che a differenza di quanto accade per il liner in feltro poliestere, viene rimosso al termine della polimerizzazione.

Nella tecnologia di UV CIPP la presenza di strati protettivi, esterni ed interni, impermeabili allo stirene, impedisce che questo monomero raggiunga, durante tutte le fasi di lavorazione, concentrazioni tali da creare gli effetti indesiderabili di cui si è discusso in precedenza.

Ne risulta una struttura a *sandwich* in cui il tessuto in fibra di vetro, impregnato di resina, racchiuso tra due strati flessibili ed impermeabili alla resina ed allo stirene, non viene mai in contatto con l'ambiente esterno, né durante la fase di installazione né durante la successiva fase di indurimento.

Nel UV CIPP l'impregnazione del *liner* avviene esclusivamente in stabilimento, in ambienti perfettamente controllati, utilizzando pompe a vuoto e calandratura meccanica che permettono, non solo di ottenere una perfetta ed uniforme impregnazione del tessuto in fibra di vetro in spessore controllato, ma anche di limitare il consumo di resina alla quantità strettamente necessaria alla completa impregnazione del *liner*, senza alcun rilascio di inquinanti nocivi nell'ambiente.

Per irradiare il *liner* si utilizza un apposito treno di lampade UV, la cui potenza (per singola lampada e per l'intero treno) è proporzionata alla dimensione (forma e grandezza) del tubo ospite. Il treno è autocentrante e la sua geometria viene adattata alla forma del tubo ospite, in maniera da rendere ottimale la distribuzione delle lampade e quindi dell'energia irradiata per unità di superficie.

Il treno lampade viaggia per trazione all'interno del *liner* gonfio d'aria, ed è equipaggiato con una serie di sensori che misurano sia la temperatura dell'atmosfera interna al tubo che quella della parete del *liner* in fase di irraggiamento.

I dati vengono inviati fuori terra via cavo ad un'apposita unità che registra ed elabora in tempo reale tutti i parametri, indicando le eventuali manovre correttive atte a mantenere ottimale l'irraggiamento delle pareti del *liner*. Inoltre una telecamera a bordo permette di eseguire il controllo visivo del processo in tempo reale. Tutti i dati acquisiti (temperatura ed immagini video) vengono registrati e costituiscono un log di processo che permette il controllo in continuo dei parametri atti a garantire un'ottimale indurimento del *liner*.

Quando il treno lampade raggiunge la sezione terminale del *liner*, il processo di indurimento ha termine. Si procede quindi alla riapertura dei terminali e degli eventuali allacci laterali, effettuando, se necessario, ulteriori lavorazioni di rifinitura come la sigillatura degli allacci laterali o il ripristino dei pozzetti.

I vantaggi legati all'utilizzo del processo di indurimento mediante raggi UV, nel confronto con il *thermal* CIPP, sono molteplici:

- **l'elevato grado di controllo attuabile sul processo di polimerizzazione** della resina e di conseguenza l'elevato controllo attuabile, sezione per sezione, sulle caratteristiche fisico-meccaniche finali del nuovo tubo; questo è possibile grazie alla misura in continuo, durante il processo, della temperatura raggiunta dal *liner* sezione per sezione, che permette una regolazione in tempo reale della quantità di energia irradiata;
- **l'estrema rapidità del processo**; l'indurimento del *liner* avviene in pochi secondi, e procede secondo il verso di avanzamento del treno lampade. L'avanzamento del treno lampade e di conseguenza l'indurimento del *liner*, può procedere con velocità sino a 2 metri al minuto;

- **le basse concentrazioni di stirene** che si registrano durante le fasi del processo grazie all'assenza di acqua o di miscele aria/vapore circolanti unita all'utilizzo degli strati impermeabili (esterno/interno) alla resina ed allo stirene.
- **migliore efficienza energetica:** a parità di dimensioni del tubo ospite ed a parità di capacità strutturale del liner indurito, nel UV CIPP l'energia necessaria alla completa polimerizzazione della resina è mediamente cento volte inferiore all'energia necessaria nel *thermal* CIPP. A titolo di esempio: nel risanamento di una tubazione avente diametro interno pari ad 800 mm e lunghezza pari a 60 metri, per la polimerizzazione del liner mentre con UV CIPP è sufficiente impiegare un treno lampade da 25 kW per circa 3,5 ore nel *thermal* CIPP è necessario l'impiego di una caldaia da 800.000 kcal/h (930,4 kW) per circa 10 ore. Il rapporto tra l'energia impiegata nel UV CIPP e nel *thermal* CIPP è in questo caso di 1 a 106, mentre il rapporto di potenza installata è di 1 a 37

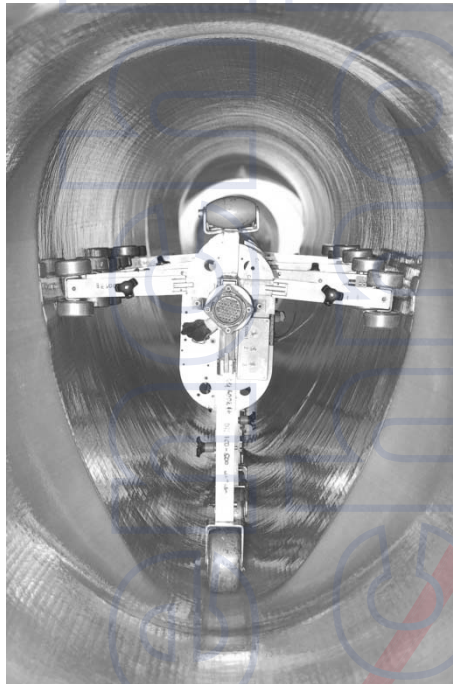


Figura 7 - treno lampade UV con distanziatori per il risanamento di un condotto ovoidale (per gentile concessione di Saertex GmbH e Geovision Srl)

Un altro indubbio vantaggio del UV CIPP rispetto ai metodi termici è nelle migliori caratteristiche meccaniche dei liner induriti, che raggiungono i valori massimi indicati in TAB. I per i liner in fibra di vetro.

TAB. I Modulo elastico del composito con matrice in resina poliester

Modulo elastico (MPa)	liner in fibra di vetro	liner in feltro poliester	
		semplice	con strato di rinforzo in fibra di vetro
E a breve termine	12.000	2.000	4.000
E _L a lungo termine	8.000	1.000	2.000

In particolare gli elevati valori del modulo elastico, della resistenza a flessione ed a trazione dei tubi e rivestimenti costruiti con UV CIPP spiegano il perché, a parità di condizioni, con questa specifica tecnica si possa ricorrere a spessori del *liner* inferiori rispetto a quelli normalmente impiegati nei metodi termici.

Lo spessore al finito di un liner per UV CIPP difficilmente supera i 12 millimetri. Questo ha un effetto positivo su vari fattori:

- minore costo delle lavorazioni;
- minore riduzione della sezione utile del tubo ospite;
- minori quantità di resina impiegata;
- minori risorse consumate, come materie prime ed energia;
- minore dimensione dei mezzi di cantiere, grazie alla notevole riduzione dei pesi in gioco;
- maggiore velocità delle fasi di lavorazione, grazie alla minore energia necessaria all'esecuzione ed al completamento dell'intero processo.

Mediante UV CIPP attualmente è possibile risanare tubazioni con diametro compreso tra 150 e 1.500 mm, anche di forma ovoidale, con lunghezze che non superano attualmente in 250 metri per tratta. Si tratta di limiti dimensionali che nel tempo hanno conosciuto una continua espansione; pertanto non è escluso che tra qualche anno con UV CIPP si potranno risanare condotte con diametro massimo anche di 2.500 mm, così come avviene attualmente con il metodo termico ad acqua.

3. RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

Il testo e le immagini della presente memoria sono tratte dal libro: "**Manuale di Tecnologie No-Dig**" di R. Chirulli, pubblicato da nodig.it nel maggio 2011. Il libro è in vendita on-line (www.nodig.it) e nelle maggiori librerie italiane.