

Realizzazione di condotte fognarie senza scavo con la tecnica del "Microtunnelling"

1. Introduzione

La tecnica "tradizionale" per la realizzazione di condotte fognarie prevede lo scavo di trincee di posa aperte che devono poi essere ritombate, tale pratica nel corso degli anni è rimasta sostanzialmente immutata se non per i progressi dovuta alla meccanizzazione dei cantieri.

Per condotte posate in aree non urbanizzate tale sistema può considerarsi ancora competitivo, anche se in talune situazioni (presenza di falda, profondità di posa elevata, terreno non idoneo per il ritombamento) i costi aggiuntivi per l'aggettamento delle acque di falda, per l'armatura delle pareti di scavo, e per l'impiego di inerti di cava, incidono sensibilmente sul costo finale ed è facilmente prevedibile che gli oneri "indiretti" aumenteranno in misura direttamente proporzionale alla sensibilità con la quale verranno valutati i problemi connessi con l'impatto socio-ambientale dei lavori pubblici.

È evidente altresì che in aree urbanizzate il sistema di posa tradizionale pur risultando oneroso causa gli innumerevoli oneri aggiuntivi (rotture del manto stradale, interruzione di sottoservizi, limitazioni del traffico, taglio di alberi, ecc.) continua ad essere usato più per la mancanza di valide alternative che per convenienza.

Sistemi alternativi vengono infatti utilizzati solo in alcuni attraversamenti ferroviari e stradali, in aree non urbanizzate, con tubi spinta o manufatti scatoari di grandi dimensioni ($\varnothing \geq 800$ mm) che vengono successivamente utilizzati come gusci all'interno dei quali far passare le condotte.

Da alcuni anni si sta diffondendo dal Giappone e dalla Germania una nuova tecnica per la costruzione di condotte fognarie senza scavo, denominata "Microtunnelling" che consiste nel far avanzare a spinta tubazioni anche di piccolo diametro entro una microgalleria realizzata con una particolare "testa di avanzamento" teleguidata.

Le caratteristiche principali di tale sistema possono così riassumersi:

- precisione nella posa delle tubazioni consentita dal sistema laser di guida e dal sistema computerizzato di controllo e monitoraggio continuo della testa di avanzamento;
- possibilità di utilizzo del sistema con diversi tipi di terreno anche in presenza di acqua di falda;
- ridotto ingombro delle attrezzature di cantiere;
- possibilità di realizzare lunghi tratti di tubazione con unica spinta;

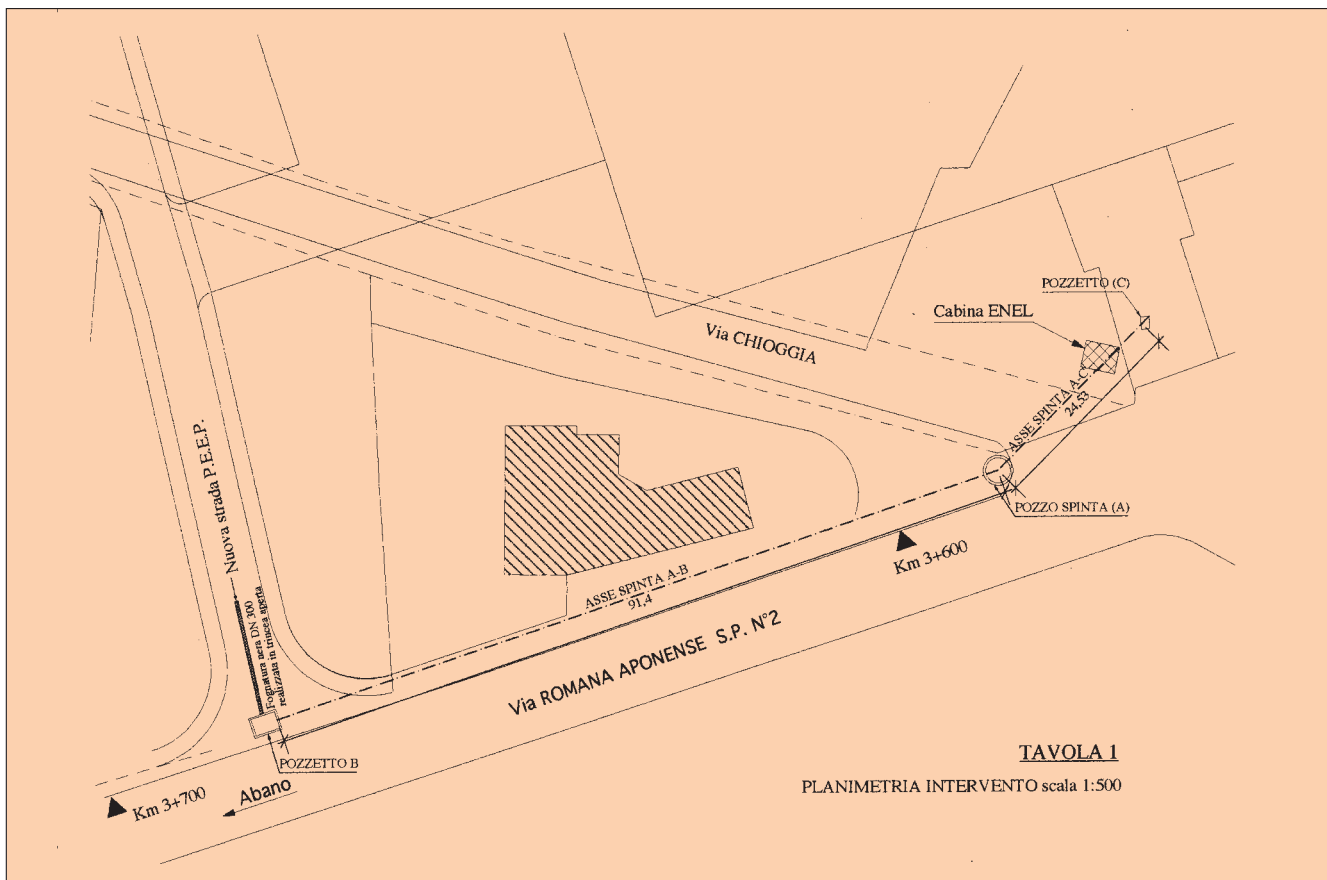
2. L'esperienza pilota del Comune di Padova

L'amministrazione del Comune di Padova nell'ambito della realizzazione di un insediamento PEEP di grande estensione a sud ovest della città, ha recentemente realizzato, con un intervento pilota, un tratto di fognatura nera di piccolo diametro (DN 300) con la tecnica del "Microtunnelling".

Si doveva realizzare il tratto terminale della fognatura nera dell'insediamento PEEP "Mandria" pendenza di circa 116 m con tubazioni DN 300, 1,9 ‰ e profondità media allo scorrimento di - 3,80 m dal p.c..

Il tracciato (tavola n°1) si sviluppa per 91 m circa in parallelismo con la S.P. n°2 interessando la banchina stradale con alberi di alto fusto marciapiedi e accessi di attività commerciali, e per i restanti 25 m trasversalmente ad una strada Comunale (Via Chioggia) sottopassando due condotte $\varnothing$ 300 e $\varnothing$ 800 in amianto cemento della rete idrica e una $\varnothing$ 160 in Pead della rete gas, il recapito è nel pozzetto esistente (C) in cemento armato che presidia la condotta di adduzione all'impianto di sollevamento, il terreno è di natura limo-sabbioso intercalato da lenti di argilla, la falda freatica è a ~ -1,50 m dal piano di campagna.

Sono state analizzate tre possibili mo-



• Tavola 1

dalità di esecuzione:

- Esecuzione in trincea aperta con l'ausilio di palancole metalliche "Larssen" e impianto di aggotamento Wellpoint;
- Presso trivellazione con tubazione in acciaio Ø 812 mm (guscio) e condotta DN 300 interna;
- Microtunnelling con DN 300.

Per ogni soluzione sono stati valutati i costi esattamente quantificabili in termini economici e strettamente connessi con le opere, tralasciando quindi la stima di eventuali imprevisti e danni indotti. I risultati di tale analisi, assumendo come costo di riferimento l'intervento a trincea aperta, possono così riassumersi:

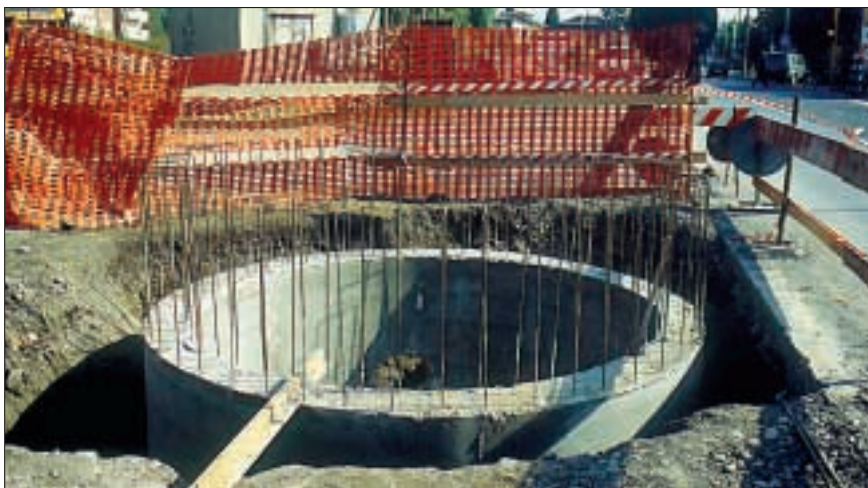
Ripartizione percentuale dei costi per l'esecuzione del tratto di fognatura nera DN 300	a Trincea aperta	b Presso trivellazione	c Microtunneling
accantieramento	1%	7%	7%
movimento terra (scavi, ritombamenti, palancole)	75%	14%	3%
ripristini	10%	3%	1%
pozzetti	4%	7%	5%
aggottamenti	4%	4%	1%
tubazioni (compresi oneri per trivellazione)	6%	81%	91%
	100%	116%	108%

Bisogna comunque osservare che la soluzione **b** (presso trivellazione) si prospettava con ampio margine di incertezza dovuto essenzialmente alla natura del terreno, alla esecuzione sotto falda e alla estensione della trivella-

zione, del resto ipotizzare due pozzi spinta per ridurne la lunghezza avrebbe comportato un sensibile aumento dei costi, inoltre sia l'esecuzione in trincea aperta che la presso trivellazione **a b** non garantiscono la stabilità del



• **Figura 1** - Tubazioni in gres DN 300 per posa con tecnica "microtunnelling".



• **Figura 2** - 1° concio del pozzo spinta auto affondante.



• **Figura 3** - Particolare impianto di cantiere con container da 20' e carro ponte.

terreno circostante considerato che entrambi i sistemi innescano una sensibile alterazione nell'equilibrio dei terreni incoerenti sotto falda. Da tale analisi comparativa pur considerando solo i costi esattamente quantificabili, il sistema "Microtunnelling" si prospettava nel caso specifico come la soluzione che a parità di costo garantiva la maggior precisione con il minor margine di imprevisti. È da sottolineare inoltre che la tecnica del microtunnelling avrebbe consentito di sottopassare la cabina ENEL per poter raggiungere e innestare la tubazione nel pozzetto esistente con unica spinta rettilinea, senza pozzetti di vertice e quindi senza scavi e disservizi.

3. Modalità di esecuzione

La decisione di operare con il microtunnelling è quindi scaturita dalla analisi comparativa tra le varie ipotesi di intervento dalla disponibilità dimostrata da tutti i settori interessati della amministrazione Comunale e della imprenditoria che si sono fatti carico degli oneri dovuti alla assoluta mancanza di esperienza diretta nell'utilizzo della tecnologia proposta.

L'apparecchiatura utilizzata è composta da un container da 20' che contiene il generatore diesel e tutte le apparecchiature di controllo della perforazione oltre al carro ponte per il varo delle tubazioni, da un "ponte" per la spinta adatto a DN 250 ÷ 400 e dalla "testa di scavo" per DN 300 corredata dalle colee per l'estrazione del terreno e dalle tubazioni di servizio.

Le tubazioni adottate, di tipo speciale per "microtunnelling", sono in gres DN 300 lunghezza 2 metri con giunti a manicotto in acciaio inox e guarnizioni in gomma (foto n° 1), le quali soddisfano ottimamente ai requisiti chimico fisici richiesti nelle fognature nere o per acque aggressive in genere e forniscono nel contempo prestazioni di resistenza, stabilità e tenute idraulica

adeguate alle sollecitazioni indotte dal microtunnelling e dalla posa sotto falda.

Il pozzo spinta (A) con diametro di 3 m, realizzato in cantiere a conci auto affondanti di 2 m non ha richiesto né impianti di aggotamento né palancole. Nel concio inferiore sono state predisposte le impronte dei fori per le spinte nelle due direzioni con una tolleranza di 5 cm circa (foto n° 2).

Il pozzetto (B) è stato realizzato con elementi scatolari prefabbricati in cls posati con la stessa tecnica di auto affondamento.

L'impianto di cantiere (foto n° 3) oltre al già citato container da 20' che non richiede allacciamenti a linee elettriche, è composto da una piccola area di servizio per lo stoccaggio delle tubazioni e delle coclee oltre che per la piccola cisterna d'acqua e per l'impianto dei fanghi bentonitici.

Tutte le indicazioni relative a tubazioni, cavidotti, manufatti interrati caratteristiche del terreno ecc., già acquisite in sede di progettazione, sono state accuratamente verificate in cantiere con gli operatori del "microtunnelling" ai quali è stata fornita tutta la documen-



• **Figura 5** - Infissione della testa di scavo.



• **Figura 4** - Apparecchiatura laser su pozzo spinta.



• **Figura 6** - Testa di scavo prima dell'assemblaggio con fresa in primo piano.



• **Figura 7** - Particolare del quadro di comando e controllo.

tazione relativa. Tali elementi sono fondamentali per il buon esito del lavoro in quanto consentono di configurare l'attrezzatura in modo ottimale e di operare con sicurezza anche in caso di imprevisti dovuti ad ostacoli o a guasti.

Eseguito il tracciamento con la consueta strumentazione (tacheometro o teodolite) si imposta la quota di partenza e la direzione della tubazione dal pozzo di spinta (A) ai pozzetti di arrivo (B-C) sull'apparecchio laser posto nel pozzo di spinta (foto n° 4).

Si posiziona quindi con precisione il ponte (foto n° 5) e si inizia la spinta con la sola testa di scavo, la quale nella parte anteriore contiene la fresa intercambiabile per ottenere massima resa in funzione delle caratteristiche del terreno. Durante la spinta, dalla testa di scavo, possono essere (foto n. 6) iniettati aria compressa acqua o fanghi bentonitici, il materiale di risulta è convogliato all'interno della testa e con la coclea intubata trasportato nel cassone sul fondo del pozzo.

Il governo dell'avanzamento è ottenuto dalla regolazione di quattro presse idrauliche contenute nella testa di scavo che agiscono rispettivamente sulla deviazione orizzontale, verticale e sulla rotazione rispetto alla direzione teorica impostata sul laser, dalla spinta esercitata dalle due presse sul ponte e dalla pressione che aziona il motore idraulico della coclea e della fresa, la progressione dell'avanzamento è ricavata dal telerilevamento delle letture fatte sulla mira laser posizionata all'interno della testa di scavo.

Governo, monitoraggio e telerilevamento computerizzati dell'avanzamento (foto n° 7) sono le peculiarità che permettono di ottenere la precisione millimetrica fornita dal sistema anche su tratti molto estesi e con terreni di caratteristiche variabili.

Completata la spinta della testa di scavo e vuotato il cassone del materiale di risulta, si posiziona la tubazione in gres all'interno della quale è già stata assemblata la coclea intubata con gli spezzoni di tubo e di cavo di comando



• **Figura 8** - Particolare del tubo con coclea intubata e tubazioni di controllo e comando già assemblate.



• **Figura 9** - Posizionamento della tubazione sul ponte di spinta.



• **Figura 10** - Arrivo della testa di scavo nel pozzetto esistente C.



• **Figura 11** - Recupero primo stadio della testa di scavo dal pozzetto C.



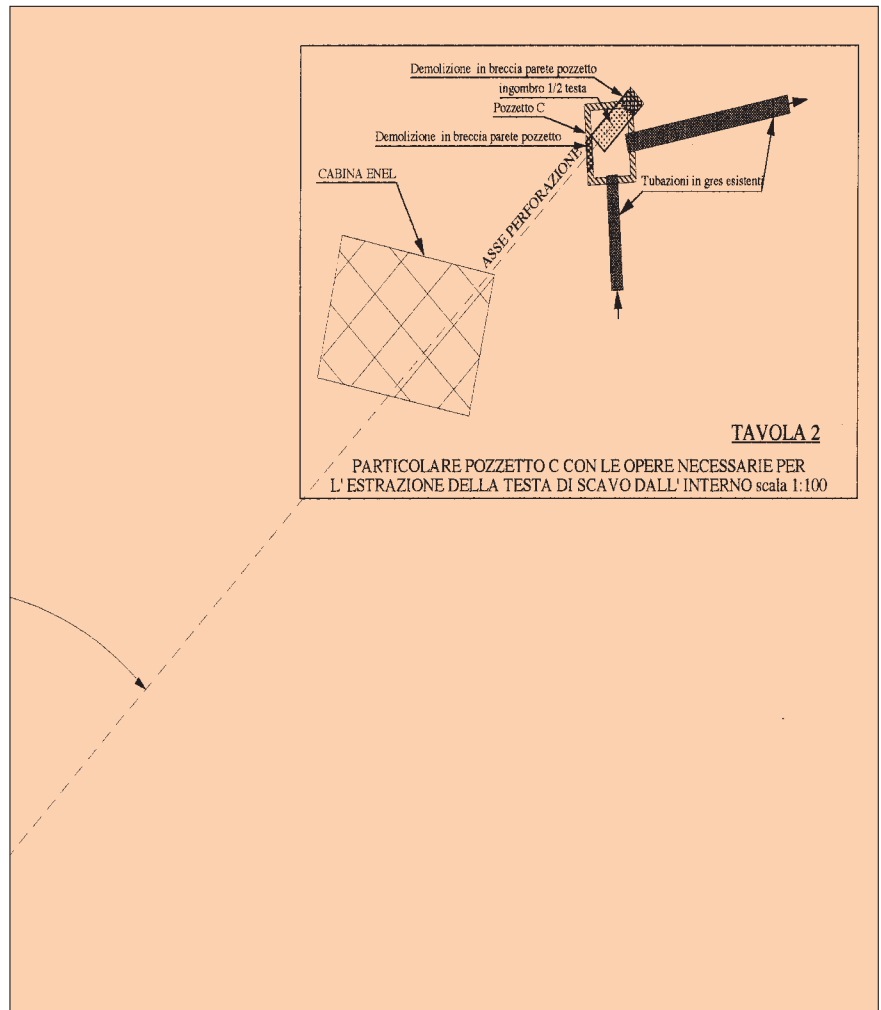
• **Figura 12** - Operazioni di collaudo secondo DIN 4033 dal pozzo B.

e rilevamento (foto n. 8, 9), si ripristina la continuità degli stessi e si inizia la spinta del “treno” così composto. Tale ciclo si ripete fino a quando si raggiunge il pozzetto di arrivo dal quale si recupera la testa di scavo.

Particolarmente significativo è il recupero della testa di scavo dal pozzetto (C) avvenuto in condizioni molto critiche (foto n. 10, 11 e tav. 2), che dimostra che nel caso di utilizzo del micro-tunnelling in centri urbani per integrare e/o completare reti fognarie esistenti, è possibile l’innesto e il recupero della testa di scavo da manufatti (pozzetti di ispezione, impianti di sollevamento, ecc.) non espressamente dimensionati per tale sistema.

La produzione media giornaliera è risultata di 11m/giorno di tubazione spinta con una squadra di 3 operai specializzati oltre all’operatore e turni di 8 ore/giorno.

La precisione riscontrata nella realizzazione dei due tratti di condotta realizzati è risultata superiore a quella normalmente ottenibile in trincea aperta, in particolare nel tratto A-B di 91 m circa che, per estensione caratteristiche del terreno e posa sotto falda, si può considerare ai limiti di applicabilità del sistema, si è riscontrata la perfetta linearità della condotta e la precisione millimetrica con la quale è stata rispettata la pendenza e la direzione.



• **Tavola 2**

Le condotte sono state collaudate secondo le modalità prescritte dalla norma DIN 4033 (pressione di prova di 0,5 bar) con riscontro ampiamente positivo (foto n° 12).

L'esecuzione delle condotte non ha causato nessun tipo di limitazione al transito veicolare e pedonale né ha causato disservizi e/o danni a strutture interrato e superficiali così come non si è arrecato nessun tipo di inquinamento dovuto a polveri, rumori molesti e vibrazioni.



• **Figura 13** - Area di intervento sulla S.P. n° 2 a lavori ultimati.



dr. ing. Giovanni Stigher
Libero Professionista - Padova