

# **Realizzazione rete fognaria con tecnologia no-dig**

## **Zona Astuti-Bivio San Michele- Alessandria**

**Ing. Giuseppe Ieracitano**  
*Ufficio tecnico - AMAG, Alessandria*

### **INTRODUZIONE**

Le opere che saranno illustrate di seguito riguardano la costruzione di una rete fognaria funzionante a gravità realizzata mediante la tecnica del Microtunnelling il cui progetto e direzione dei lavori sono stati effettuati direttamente dall'Azienda Multiutility Acqua e Gas di Alessandria che si occupa della distribuzione del gas e del ciclo idrico integrato delle acque.

Le motivazioni tecniche che hanno indirizzato le scelte progettuali verso una soluzione tecnologica di tipo No-Dig sono da ricercarsi nella necessità di sottopassare uno svincolo stradale soggetto a grande traffico veicolare ed un canale irriguo caratterizzato da un flusso idraulico costante in tutti i periodi dell'anno. I metodi convenzionali di realizzazione della rete fognaria avrebbero comportato l'esecuzione di scavi a cielo aperto in direzioni diagonale e perpendicolare all'asse della carreggiata imponendo pertanto la chiusura al traffico dell'importante snodo stradale che collega la zona industriale di Astuti all'autostrada Torino-Piacenza, sarebbe stato inoltre necessario effettuare un by-pass nel canale irriguo presso la zona interessata agli scavi.

Tra i vari sistemi appartenenti alla tipologia "senza scavo" presi in esame, considerato che il sottoservizio da realizzare era una condotta fognaria funzionante a gravità, è stato scelto quello che utilizza la tecnica del Microtunnelling poiché i valori di tolleranza che si ottengono sono ampiamente rispondenti a quelli richiesti per questo tipo di realizzazione.

La decisione prescelta è stata confor-

tata da accurate valutazioni tecnico-economiche effettuate sulla base di informazioni tratte dalla letteratura specializzata, dalle imprese operanti nel settore ed a seguito delle opinioni espresse in merito da alcune Aziende che avevano maturato esperienze analoghe. Allo scopo di potere valutare meglio le peculiarità di diverse soluzioni di tipo No-dig sono state effettuate alcune visite presso i cantieri ove erano in corso realizzazioni di reti fognarie mediante tecniche "senza scavo".

### **DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO**

Le opere in argomento riguardano la realizzazione di due rami di fognatura funzionanti a gravità introdotti con il sistema Microtunnelling e facenti capo ad un unico pozzo di spinta ai quali è stato aggiunto, come variante ai lavori, un terzo ramo funzionante anch'esso a gravità in sostituzione di un tratto fognario in pressione.

Le due condotte che convogliano le acque reflue nella stazione di sollevamento ricavata nel pozzo di spinta sono state realizzate con tubi in gres per Microtunnelling aventi lo stesso piano di scorrimento, diametro nominale 300 mm e direzioni tra loro quasi perpendicolari. La profondità di posa di dette tubazioni rispetto al piano di campagna è di circa 6,00 m, tale valore permette di sottopassare il canale di irrigazione mantenendo un adeguato ricoprimento dalla tubazione e consente di effettuare un futuro estendimento della condotta fognaria senza dovere ricorrere ad ulteriori stazioni di sollevamento.

La tubazione in uscita dalla stazione di sollevamento (pozzo di spinta) è stata realizzata anch'essa in gres per Microtunnelling ma con diametro nominale 500 mm ed è stata posizionata ad una quota più elevata per consentire il deflusso a gravità delle acque reflue sino alla fognatura esistente.

Come già accennato, l'ipotesi progettuale prevedeva che la suddetta condotta in uscita avrebbe dovuto funzionare in pressione e sarebbe stata collocata lungo un percorso tortuoso mediante scavo a cielo aperto. Tuttavia nel periodo intercorrente tra la realizzazione del progetto e l'assegnazione dei lavori, lo spazio previsto per la posa della condotta fognaria venne occupato da altri sottoservizi, quali fibre ottiche e cavi telefonici. Per raggiungere il collettore fognario esistente si decise pertanto di seguire un tracciato rettilineo molto ardito che sottopassava di circa 30 cm le fondazioni dei muri di controripa dello svincolo stradale, anche in questo caso fu necessario utilizzare la tecnica del Microtun-

nelling. Questa soluzione avrebbe consentito di ridurre le perdite di carico e di conseguenza i consumi di energia elettrica ed i costi di ammortamento e di manutenzione dell'impianto di sollevamento.

## DESCRIZIONE DEL CANTIERE

Le caratteristiche peculiari del cantiere sono le seguenti:

- dimensioni molto contenute ed interventi limitati in zone precise;
- minimo impatto ambientale per l'assenza di emissione di polveri e bassissima rumorosità delle apparecchiature, attività di movimento terra ridotta ai soli volumi lordi delle condotte e dei pozzi;
- nessuna interferenza con la viabilità;
- nessun pericolo di franamento degli scavi.

Il cantiere si compone essenzialmente di un pozzo di spinta, di uno o più pozzi di ricevimento della testa fresante e delle apparecchiature di perforazione.

### *Pozzo di spinta:*

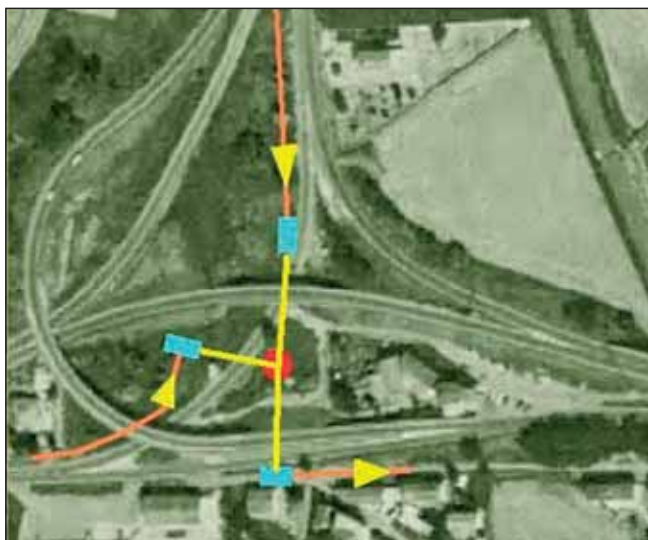
Il pozzo di spinta è costituito da elementi prefabbricati in calcestruzzo armato e vibrato che sono introdotti nel terreno mediante scavo di sottofondazione. Per effettuare più spinte in direzioni non ortogonali tra loro occorre scegliere la forma circolare, in questo caso, avendo necessità di utilizzare condotte in gres ceramico aventi DN sino a 500 mm, il diametro interno era di 3,20 m mentre il diametro esterno era di 3,70 m.

### *Pozzo di ricevimento:*

Prima o dopo la costruzione del pozzo di spinta viene realizzato il pozzo di ricevimento. Per la sua costruzione si adotta la medesima tecnica utilizzata per il pozzo di spinta impiegando tuttavia elementi prefabbricati di forma rettangolare perfettamente allineati con la direzione della condotta. In questo caso sono stati introdotti 3 pozzi in direzione radiale rispetto al pozzo di spinta.

### *Apparecchiature di perforazione:*

Le apparecchiature necessarie per





eseguire la perforazione sono costituite dai macchinari di spinta e dalla testa fresante, dall'impianto destinato alla depurazione dell'acqua di smarino (allontanamento dalla camera di perforazione dei detriti trasformati in fango) e dal sistema di conduzione e controllo della testa fresante.

L'impianto di depurazione dell'acqua di smarino è costituito generalmente da una vasca di decantazione nella quale vengono aggiunti appositi flocculanti la cui composizione e quantità è funzione principalmente del tipo di terreno incontrato durante la perforazione, vi sono inoltre le pompe installate sulla manda-

ta e quelle posizionate sul ritorno e le tubazioni di collegamento rigide e flessibili comprese quelle introdotte all'interno di ogni singolo tubo della fognatura. Deve essere prestata particolare cura nell'installazione dei manicotti di giunzione in quanto un'eventuale perdita di acqua nel condotto fognario già inserito potrebbe provocare seri inconvenienti ai cavi elettrici.

Il macchinario di spinta è costituito da una slitta movimentata da pistoni idraulici azionati da apposita centralina oleodinamica; il posizionamento iniziale della slitta deve essere effettuato con estrema cura per quanto attiene la profondità e l'allineamento con il punto di arrivo della tubazione. A tale proposito è utile notare che spesso non è possibile individuare direttamente la corretta direzione con il puntatore laser poiché, così come è avvenuto in questo caso, vi possono essere frapposti ostacoli quali rilevati stradali, dossi, ecc., in tale caso è necessario eseguire il posizionamento tramite stazione totale.

La perforazione viene effettuata mediante una testa fresante teleguidata ossia munita di snodo comandato da pistoni idraulici con il quale è possibile correggere la direzione di avanzamento. I taglienti sono di solito costituiti da inserti di carburo di tungsteno sinterizzato la cui perfetta manutenzione è essenziale per consentire un'adeguata velocità di avanzamento. Prima di ogni singolo intervento viene sempre effettuata un'accurata ispezione degli stessi ed all'occorrenza si procede alla loro sostituzione. La testa portautensili è dotata di moto rotatorio



ma talvolta può avere anche movimento eccentrico per agevolare la frantumazione del terreno. In generale si utilizza un'apposita testa fresante per ciascun tipo di terreno, rispettivamente: sabbia, argilla, tufo, roccia e calcestruzzo non armato, allo scopo di ottenere il massimo valore della velocità di avanzamento con il minimo sforzo di taglio. Tuttavia, qualora la prove geologiche non abbiano dato sufficiente certezza circa la natura del terreno, oppure quando vi sia il pericolo di operare in terreni rimaneggiati nei quali potrebbero esservi fondazioni in calcestruzzo, è prudente impiegare, come avvenuto in questo caso, particolari teste fresanti che sono in grado di perforare tutti i materiali sopra citati limitando tuttavia la velocità di avanzamento.

Il sistema di conduzione e controllo della macchina riguarda l'avanzamento della testa fresante e l'allineamento con la direzione stabilita. Nella cabina di comando vari strumenti di misura indicano le grandezze rilevate ed è possibile impostare di conseguenza i parametri di

funzionamento dell'impianto fra i quali la velocità di avanzamento, la velocità di rotazione, la pressione del fluido di smarino nei condotti di andata e di ritorno ed altre entità in modo da garantire il razionale utilizzo della macchina e minimizzare il tempo di perforazione. Un monitor inoltre evidenzia la posizione della testa fresante ed il percorso da seguire indicato dal puntatore laser, all'occorrenza è possibile introdurre leggere deviazioni azionando i pistoni direzionali ubicati nella testa medesima.

### ANALISI DELLE SINGOLE FASI DI LAVORAZIONE

Come già accennato la realizzazione di una rete fognaria con la tecnologia Microtunnelling prevede operazioni non convenzionali che è interessante descrivere dettagliatamente evitando tuttavia di soffermarsi su quelle particolari soluzioni impiantistiche che sono il patrimonio tecnico delle singole imprese acquisito con molti anni di esperienza.

Completata la dislocazione delle installazioni logistiche di cantiere e l'approvvigionamento dei materiali inizia l'attività vera e propria di costruzione della fognatura.

Realizzazione del pozzo di spinta:

1. La prima fase consiste nell'assemblaggio degli elementi prefabbricati monolitici di forma semicircolare in cemento armato precompresso che costituiscono il pozzo di spinta fra i quali viene interposta una guarnizione water-stop.
2. La seconda fase riguarda l'introduzione nel terreno degli anelli assemblati che costituiscono la parete del pozzo. Viene collocato il primo elemento nel punto prestabilito ove è stato precedentemente eseguito uno scavo guida profondo circa 1 metro ed all'interno viene effettuato uno scavo di sottofondazione utilizzando una benna molto simile a quella impiegata per la costruzione dei diaframmi. La camicia del pozzo avanza così nel terreno sotto la spinta del proprio peso. Si aggiungono successivamente i vari anelli, fra i quali viene interposta una guarnizione water-stop atta ad evitare even-

tuali infiltrazioni di acqua di falda, sino a raggiungere la profondità desiderata. (In questo caso il diametro interno del pozzo è di 3,20 m, il diametro esterno è di 3,70 m e la profondità di 7,70 m., la falda è stata trovata a 3,50 m). Con questo procedimento di scavo il materiale asportato corrisponde soltanto al volume esterno del pozzo ed inoltre non viene in alcun modo alterato lo stato del terreno circostante, si riduce pertanto al minimo l'impatto con l'ambiente. Occorre ricordare inoltre che i singoli anelli formano un cassero autoportante che impedisce il franamento dello scavo, ciò costituisce un notevole vantaggio per la sicurezza.

3. La terza fase è inerente la realizzazione del tappo di fondo e viene eseguita iniettando il calcestruzzo mediante autobetoniera e autopompa direttamente sotto la falda analogamente a quanto avviene per la costruzione dei diaframmi (in questo caso non si utilizza la bentonite durante lo scavo poiché le pareti sono già sorrette dalla camicia del pozzo).

## **Realizzazione dei pozzi di ricevimento della testa fresante:**

Immediatamente dopo la collocazione del pozzo di spinta viene rea-

lizzato il primo pozzo di ricevimento. Le fasi di lavorazione sono fondamentalmente identiche a quelle sopra descritte, tuttavia gli elementi sono di forma rettangolare e sono collocati, per quanto possibile, con il lato più lungo nella direzione della spinta, ciò per permettere di estrarre agevolmente la testa fresante. (Le dimensioni esterne dei tre pozzi in questo caso sono: pozzo Rio Fossalone: lunghezza 3,50 m, larghezza 1,50 m, profondità 4,00 m; pozzo Strada Statale n. 10: lunghezza 3,50 m, larghezza 1,50 m, profondità 6,00 m; pozzo Via Bivio San Michele: lunghezza 2,00 m, larghezza 3,00 m, profondità 3,00 m.). Solitamente per ottimizzare i tempi di intervento si realizza il secondo o il terzo pozzo di ricevimento contemporaneamente all'introduzione della prima condotta fognaria, questo è possibile senza interferenze poiché le zone di intervento sono distanti ed indipendenti tra loro.

## **Installazione e controllo delle apparecchiature di perforazione:**

Subito dopo la realizzazione del pozzo di spinta vengono installate la slitta e le apparecchiature di spinta, la centralina idraulica per l'azionamento dei pistoni, l'im-

pianto di depurazione dell'acqua di smarino, le tubazioni, le pompe di ricircolo e la cabina di comando. Ogni apparecchio è già stato revisionato e provato in officina ma prima della messa in esercizio viene ulteriormente controllato in cantiere. Particolare attenzione viene posta nell'ulteriore collaudo della testa fresante per essere certi del perfetto funzionamento di tutti i suoi componenti. Tutte queste operazioni sono sistematicamente eseguite da personale altamente specializzato che è in grado di interpretare i risultati delle prove effettuate sugli impianti idraulici, oloedinamici, elettrici ed elettronici ed effettuare all'occorrenza interventi di manutenzione straordinaria direttamente in cantiere. L'accurata preparazione degli impianti e la corretta conduzione delle macchine sono fondamentali per la buona esecuzione dell'intervento nel rispetto dei tempi e delle tolleranze di lavorazione previsti.

## **Perforazione:**

Al termine delle operazioni di controllo ed installazione delle varie apparecchiature si effettua l'allineamento del raggio laser con il punto di arrivo previsto che farà da guida alla testa fresante. L'ultima operazione preliminare consiste nel praticare il foro nella parete del pozzo di spinta attraverso il quale saranno inserite le tubazioni. Questo intervento, abbastanza agevole nel caso di terreno asciutto e compatto, risulta essere alquanto laborioso e complesso qualora si operi in terreni sciolti e/o sotto falda, in questi ultimi casi ogni impresa specializzata nel settore adotta particolari soluzioni tecniche svilup-

| Tipo di terreno        | Velocità [mm/min] |
|------------------------|-------------------|
| roccia dura            | 2÷5               |
| calcestruzzo - roccia  | 5÷6               |
| tufo - argilla pastosa | 9÷12              |
| limo - argilla         | 25÷35             |
| argilla sabbiosa       | 40÷50             |
| ghiaia grossa          | 15÷25             |
| ghiaia media           | 25÷40             |
| ghiaia piccola         | 40÷80             |
| sabbia                 | 90÷120            |

• Tabella 1

pate sulla base alla propria esperienza che consentono di evitare l'allagamento del pozzo.

Completate tutte le precedenti operazioni ha inizio la perforazione vera e propria. Si colloca la testa fresante sulla slitta posta sul fondo del pozzo di spinta, si eseguono i collegamenti elettrici ed idraulici, e si introduce la stessa nel terreno attraverso il foro già predisposto. Si attiva la spinta con i martinetti oleodinamici e si avvia la rotazione del piatto portautensili.

Dopo avere inserito la testa fresante nel terreno le seguenti operazioni si ripeteranno sistematicamente sino all'arrivo nel pozzo di ricevimento:

- si arrestano la rotazione, la spinta e la circolazione dell'acqua di smarino;
- si arretra la slitta;
- si scollegano le tubazioni ed i cavi elettrici;
- si introduce il tubo, in questo caso di gres per microtunneling, all'interno del pozzo e lo si adagia sulle guide della slitta;
- si ripristinano con estrema accuratezza i collegamenti idraulici ed elettrici all'interno della tubazione facendo attenzione a non ostacolare la traiettoria del raggio laser;
- si attivano le pompe di circolazione dell'acqua di smarino, si avvia la rotazione e si aziona la spinta.

Le operazioni precedenti, a titolo indicativo, necessitano di una squadra di 3 operatori, oltre al conduttore che rimane nella cabina di comando, e comportano un tempo minimo di 35 min. per tubazioni aventi diametro interno sino a 500 mm e lunghezza 2 m.

A questo punto in base al tipo di terreno, che può essere controllato mediante prelievo nella vasca di



sedimentazione, al valore del momento torcente ed alla spinta esercitata sulla testa fresante, occorre ottimizzare i seguenti parametri di perforazione: velocità di avanzamento, velocità di rotazione e portata dell'acqua di smarino. È estremamente difficile individuare delle relazioni di validità generale che possano legare tra loro i suddetti parametri tuttavia occorre ricordare che una corretta conduzione della macchina deve conseguire il giusto compromesso tra il minimo tempo di perforazione e la durata ottimale dei taglienti per evitare un prematuro deterioramento delle capacità di taglio degli utensili che richiede una drastica diminuzione della velocità di avanzamento. Vi sono inoltre ulteriori considerazioni che incidono sulla scelta dei suddetti parametri come la capacità di allontanamento dei fanghi mediante il circuito dell'acqua di smarino, il contenimento delle sollecitazioni meccaniche sulle tubazioni fognarie che trasmettono la

spinta dalla slitta alla testa fresante, ecc.

A titolo puramente indicativo, nella tabella 1 (pag. 8) si riportano i valori medi della velocità di avanzamento per alcuni tipi di terreno.

Per quanto attiene la linearità della traiettoria, il controllo viene effettuato dall'operatore mediante un monitor alloggiato nella cabina di comando ove è visualizzato lo schermo graduato collocato nella testa fresante sul quale il raggio laser indica la corretta direzione da seguire. Le eventuali correzioni della traiettoria vengono effettuate agendo sui pistoni idraulici posizionati presso lo snodo centrale della testa fresante.

#### **Operazioni finali:**

Quando la testa fresante tocca la struttura in calcestruzzo del pozzo di ricevimento si esegue il foro nella parete laterale e si estrae la testa dopo avere scollegato i condotti ed i cavi elettrici. Si completa la spinta della tubazione, si esegue

il tamponamento della muratura attorno all'imbocco della condotta presso il pozzo di spinta ed il pozzo di ricevimento quindi si estraggono dalla condotta fognaria i cavi elettrici e le tubazioni utilizzate per l'acqua di smarino. Si rimuovono la slitta e tutte le apparecchiature alloggiate nel pozzo di spinta.

In questo caso sono state effettuate due ulteriori spinte in direzioni ortogonali tra loro e pertanto si è dovuto estrarre ed introdurre altre due volte la slitta, altrimenti si procede direttamente al collaudo delle tubazioni.

Si posizionano infine le solette provviste di passo d'uomo ed i chiusini presso i singoli pozzi e si smobilita il cantiere.

### **Conclusioni:**

La tecnica del microtunnelling è quella, tra le tecnologie di tipo No-dig, che meglio si presta alla realizzazione di reti fognarie funzionanti a gravità in particolare per quanto riguarda la tolleranza relativa alla direzione dell'asse della condotta sia sul piano orizzontale che sul piano verticale (pendenza). Il ricorso a questo tipo di opere deve essere giustificato da reali difficoltà che si possono manifestare nella realizzazione di reti fognarie mediante scavo a cielo aperto poiché il costo di questi interventi risulta essere circa 4 volte quello delle lavorazioni convenzionali. Tuttavia si conseguono notevoli risparmi quando è possibile utilizzare lo stesso pozzo di spinta per due o addirittura tre spinte, ed inoltre i pozzi possono essere riutilizzati come stazioni di sollevamento conseguendo un ulteriore risparmio. Con questa tecnica No-dig non esi-

ste alcun problema nell'esecuzione di interventi sia sotto falda che in terreno di qualsiasi natura, sono soltanto da evitare le strutture in cemento armato che tuttavia, essendo state realizzate dall'uomo, sono generalmente conosciute e sono inoltre facilmente individuabili con opportune indagini geologiche.

Poiché la velocità di avanzamento della testa fresante varia notevolmente in funzione del tipo di terreno, per potere valutare preventivamente il costo dell'intervento è necessario conoscere la composizione del sottosuolo lungo tutto il percorso.

A livello progettuale è sicuramente opportuno avvalersi della consulenza preventiva di imprese specializzate nel settore di comprovata

esperienza, a tale proposito è molto utile chiedere informazioni circa le opere già realizzate e verificarne la corretta esecuzione direttamente presso i committenti.

Sarebbe bene evitare di inserire le opere di microtunnelling all'interno di interventi più ampi costringendo l'impresa appaltatrice a ricorrere al subappalto.

A titolo orientativo le opere sopra descritte hanno avuto un costo complessivo di circa € 180.000,00 (escluso il costo della tubazione) di cui € 100.000,00 per la costruzione dei 4 pozzi ed € 80.000,00 per l'esecuzione delle 3 spinte la cui lunghezza complessiva è di 138 m.

