

## Metodologie di scavo di microgallerie.

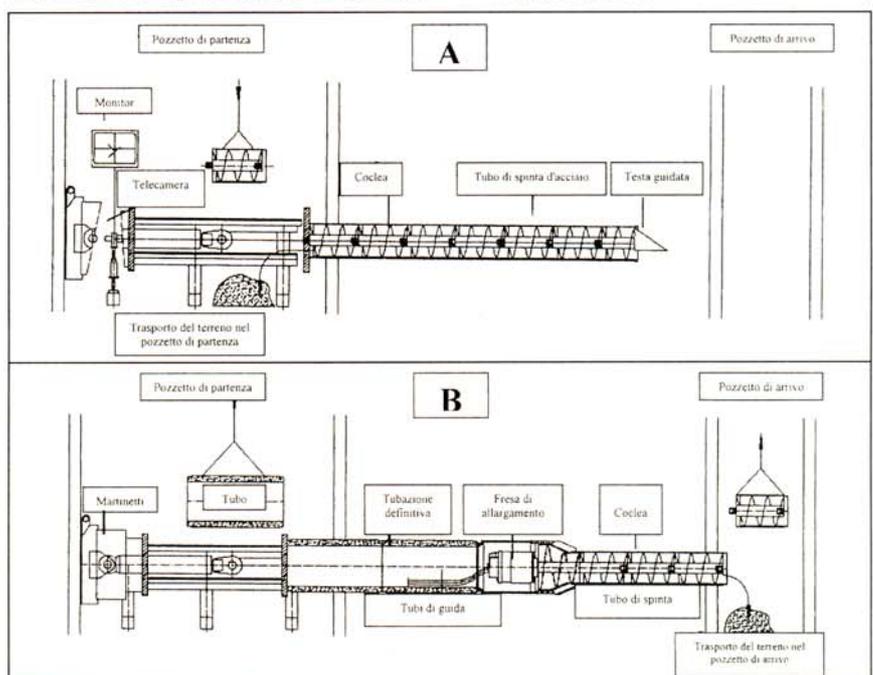
Le microgallerie in roccia a scopo fognario eseguite nelle aree di Trento e Bolzano

### 1. Generalità

La progettazione e la realizzazione di gallerie a piccolo diametro, da circa 10 cm a poco più di 1 metro, è già una realtà e diventerà sempre più di attualità per realizzare opere sotterranee senza scavi superficiali nei centri abitati esistenti, per sostituire negli stessi vecchie tubazioni, nonché per agire dove gli scavi a cielo aperto sono morfologicamente difficili e/o con elevato impatto ambientale. In tali scavi, che in italiano chiameremo microgallerie, viene poi posta la tubazione che può trasportare fluidi fognari, acque per il consumo umano, gas, nonché per contenere cavi di vario tipo, dai telefonici agli elettrici. Il legame fra microgalleria ed assenza di scavi superficiali è ricorrente se evidenziamo che il diciassettesimo congresso sull'argomento si tiene a Budapest nell'ottobre 1999 con il titolo: *NO-DIG '99*. La più diffusa rivista mensile specializzata si chiama

*NO-DIG International*. Lo scopo di questo documento è di ricordare al lettore i tre principali metodi con cui si può scavare una microgalleria nella quale poi porre le tubazioni relative, ma soprattutto di riportare le esperienze personali, sia progettuali che esecutive, di cinque microgallerie in roccia eseguite nei territori delle province di Trento e di Bolzano. Secondo la letteratura e l'esperienza le microgallerie sono suddivisibili in tre grandi famiglie.

- Microgallerie scavate con fresa, generalmente teleguidata, e successiva spinta del tubo nello scavo usando martinetti posti in appositi pozzi di controspinta (Fig. 1).
- Microgallerie scavate con perforatori a forma di siluro avanzanti ad aria compressa, tipo "martello fondo foro" già usato nelle terebrazioni verticali.
- Microgallerie scavate con foro pilota orientabile, successivo allargamento a ritroso e trascinamento finale del tubo (Fig. 2). È il sistema più recente.



• Figura 1 - Microgalleria scavata con fresa orientabile e successiva spinta del tubo con martinetti fra il pozzetto di partenza ed il pozzetto di arrivo. Lo schizzo A rappresenta un sistema più semplice dello schizzo B.

Andrea Fuganti

Prof. geol. Andrea Fuganti

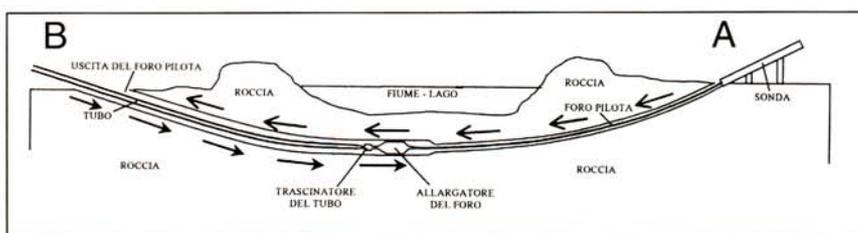
Ordinario di Geologia  
Facoltà di Ingegneria  
Università di Trento

## 2. Il progetto

Se un progetto prevede la messa in opera di tubi nel sottosuolo è opportuno considerare la possibilità di agire senza eseguire scavi che partono dalla superficie oppure senza scavare gallerie tradizionali quando il tubo previsto ha diametri modesti. La scelta del sistema più opportuno dipende da vari fattori fra cui ricordiamo il diametro dei tubi, la lunghezza e la profondità degli scavi, le infrastrutture esistenti, la morfologia e la situazione geologica e geotecnica del sottosuolo inclusa la circolazione idrica sotterranea. Tutto questo influenza la scelta tecnica a cui ovviamente è legato il costo delle realizzazioni.

## 3. Il controllo della situazione geologica e geotecnica del sottosuolo

È importante non trovare durante i lavori imprevisti geologici ed idrologici. Per tali motivi è indispensabile eseguire una dettagliata campagna di indagine che comprenda il rilevamento geologico, i sondaggi geognostici, i piezometri, la geofisica. Fondamentale è pure la conoscenza della circolazione idrica nel sottosuolo. Delle rocce tipo calcari, dolomie, graniti, gneiss, basalti, etc., è importante conoscere la composizione mineralogica e le dimensioni dei cristalli, da cui dipende la pressione di rottura da controllare su campioni orientati in funzione dei rapporti spaziali fra direzione dello scavo e principali piani di anisotropia, quali piani di stratificazione e di scistosità. Sulle rocce non coesive o pseudocoesive, quali alluvioni ghiaiose, sabbiose, limoso-argillose, sono da eseguire le tradiziona-



• Figura 2 - Schema generale di microgalleria inclinata scavata con foro pilota orientabile, successivo allargamento a ritroso e trascinamento del tubo.

li prove geotecniche, dalla granulometria alla determinazione della coesione e dell'angolo di attrito interno.

## 4. Il rilevamento topografico

L'accuratezza del rilevamento topografico è molto importante, in particolare per le microgallerie con elevata copertura e lunga estensione, dove è necessario conoscere con continuità la posizione spaziale della testa avanzante ed eventualmente intervenire per modificarla. I dati del rilevamento topografico, in cui sono inserite le posizioni degli imbocchi delle microgallerie, vengono fornite alla memoria dell'elaboratore che poi confronta, con opportuni programmi di calcolo, la posizione spaziale dell'avanzamento reale con la posizione spaziale dell'avanzamento progettuale.

## 5. Microgallerie scavate con fresa e successiva spinta del tubo usando martinetti

Il metodo è particolarmente adatto dove sono da porre in opera tubi di elevato diametro (attorno al metro) in terreni sciolti di tipo alluvionale. Il sistema è

chiamato dalla letteratura internazionale *microtunnel construction*, probabilmente perché derivato dai sistemi di scavo di *tunnel* stradali e ferroviari che usano le frese. A tal riguardo il quarto simposio internazionale riguardante *microtunnel construction* è stato tenuto a Monaco di Baviera all'inizio di aprile del 1998 in occasione della fiera BAUMA '98, mentre il terzo simposio è stato tenuto nel 1995. Gli atti di tali congressi contengono numerosi articoli sull'argomento, in particolare sulle realizzazioni centro e nord europee (Mess München International, 1995, 1998). Famose da tempo sono le realizzazioni eseguite a Berlino per l'ampliamento della rete fognaria (Möhring, 1991). Il sistema è noto anche in Italia sia per l'esperienza eseguita a Padova (Stigher, 1994) che per la descrizione metodologica (Bloonfield & Penazzi, 1996).

I tubi più usati sono di gres; essi hanno elevata resistenza alla compressione, alla trazione, alla flessione ed all'usura, nonché non attaccabili da acqua e gas aggressivi.

Le immagini della Fig. 1 evidenziano la metodologia di messa in opera dei tubi fra due pozzi, uno di partenza ed uno di arrivo. Questi due pozzi possono essere posti ai bordi di una strada se la dobbiamo attraversare o ad un lato della stessa se la dobbiamo percorrere longitudinalmente.

Nella immagine A della Fig. 1 si esegue lo scavo con fresa guidata seguita da un tubo di spinta di acciaio.

Nel pozzo di partenza sono calati singoli tratti della fresa che, essendo del

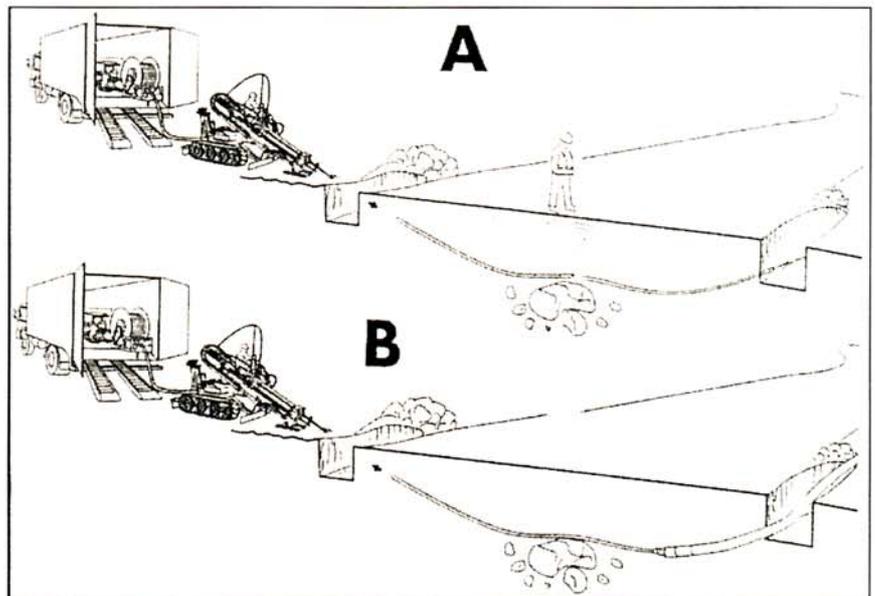
tipo a coclea, è adatta per terreni sciolti. La fresa è poi recuperata nel pozzo di arrivo. Il controllo della posizione spaziale è attuato con laser e bussola giroscopica.

La eventuale variazione della testa di avanzamento può essere fatta agendo su presse idrauliche contenute nella testa, attraverso la spinta esercitata dalle presse nel pozzo di partenza, nonché variando la pressione esercitata dal fluido se viene usata acqua e bentonite come mezzo per evacuare i frammenti rocciosi. Il tutto viene gestito dal computer di bordo. Nell'immagine B della Fig. 1 è rappresentata una combinazione di scavo e messa in opera dei tubi più complessa. La fresa a coclea apre un foro di un certo diametro nel terreno poi rivestito da un tubo di acciaio.

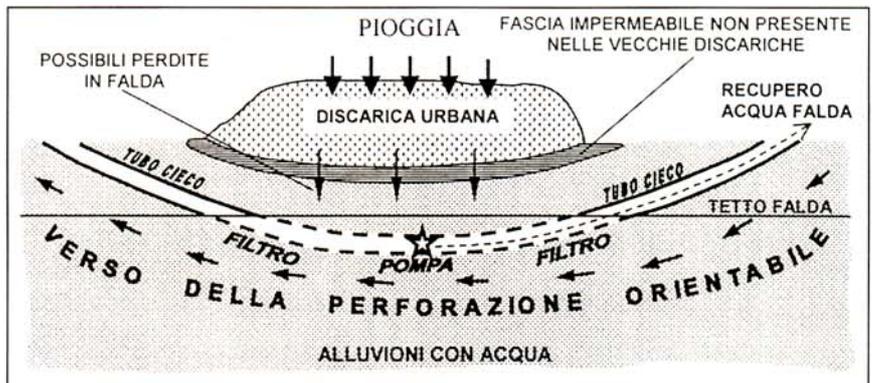
Dietro agisce una testa allargante a cui segue immediatamente un tubo che in pezzi viene spinto dai martinetti dopo esser stato calato nel pozzo. La distanza ottimale fra i due pozzi non supera 80-120 m. Per lunghezze maggiori devono essere fatti più pozzi di spinta.

Le immagini rappresentate nella Fig. 1 sono esempi, pur rappresentativi, delle numerose varianti del metodo che si differenziano principalmente dalla tecnica usata per sostenere il fronte di scavo. Altra differenziazione è basata sul metodo di allontanamento del materiale scavato; si può usare la sola coclea come nella Fig. 1, oppure un fluido (acqua e bentonite) in cui i frammenti rocciosi devono essere poi separati, mediante desabbiatori, dal fluido stesso fuori dal pozzo. Il sistema può operare al di sotto del tetto della falda. Gli scavi possono essere realizzati anche in rocce a granulometria inomogenea con grossi massi immersi in una matrice sabbiosa, come anche in rocce coesive, come calcari, graniti, etc.

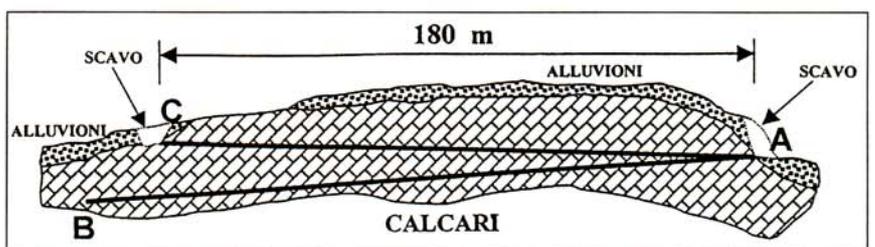
In questi ultimi casi si ritorna alla fresa tradizionale e ci si allontana dalle condizioni ideali per cui il metodo è stato sviluppato, come a Berlino dove i terreni sono sabbioso-limosi.



• Figura 3 - Microgalleria inclinata scavata con foro pilota orientabile, successivo allargamento a ritroso con trascinamento del tubo. Schema per passare da un lato all'altro di una strada. Lo schizzo A mostra il controllo magnetico dell'avanzamento dalla superficie. Lo schizzo B mostra il percorso inverso con allargamento del foro e trascinamento del tubo.



• Figura 4 - Microgalleria inclinata con foro pilota orientabile, successivo allargamento a ritroso con trascinamento del filtro contenente una pompa. Schema adatto per controllare eventuali percolamenti di sostanze inquinanti.



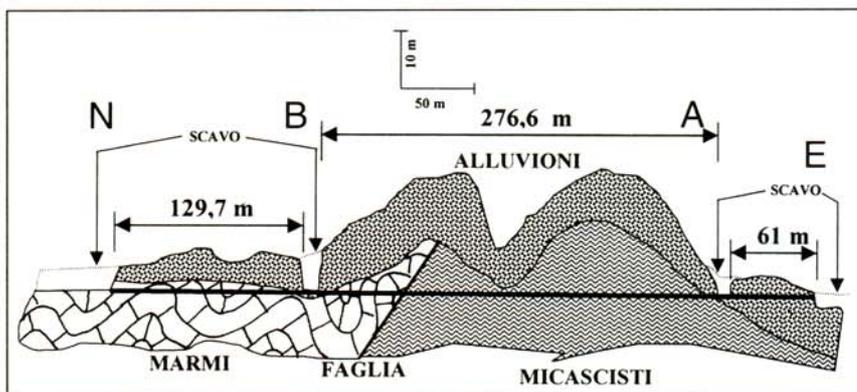
• Figura 5 - Mori (Trento). Microgalleria fognaria. Inizialmente è stata eseguita una perforazione tradizionale senza controllo dell'avanzamento. Si doveva andare dal punto A al punto C, ma si è giunti al punto B con spostamenti verso il basso di circa 20 m e laterale di circa 10 m circa. Successivamente si adottò il sistema di foro pilota orientabile, allargamento a ritroso, trascinamento del tubo. Si andò dal punto A al punto C con uno scostamento di 20 cm.

## 6. Microgallerie scavate con perforatori a forma di siluro azionati ad aria compressa

Il siluro avanzante ad aria compressa in un terreno sciolto è noto fin dalla prima guerra mondiale, quando veniva usato per passare da una trincea all'altra, ma solo negli ultimi decenni è stato usato per tirare, spingere o sostituire tubazioni (Flaxman, 1999). Nella letteratura internazionale il sistema si chiama *percussive mole* o *hammerhead mole*. Esso è adatto per perforazioni a piccolo diametro (inferiori a 40 cm), di limitata lunghezza e profondità ed in terreni sciolti, come il passare da un lato all'altro della strada o sotto il rilevato della ferrovia. Esso permette di tirare un tubo di diametro inferiore a quello del siluro, di spingere un tubo di diametro anche superiore al siluro, nonché di rompere un tubo esistente trascinando un nuovo tubo di diametro inferiore al siluro. Per facilitare l'avanzamento ed il mantenimento del percorso, il siluro può essere collegato mediante un filo con la stazione di arrivo.

## 7. Microgallerie scavate con foro pilota orientabile, successivo allargamento a ritroso e trascinamento del tubo. Gli esempi delle aree di Trento e Bolzano

Questo tipo di perforazione e di messa in opera del tubo è relativamente recente, ma già con letteratura, fra cui ricordiamo Masella (1998), Clarke (1998), Hayward (1999). In inglese il metodo è chiamato *directional drilling*.



• Figura 6 - Racines (Bolzano). Tre microgallerie fognarie scavate con foro pilota orientabile, successivo allargamento a ritroso e trascinamento del tubo. La macchina perforatrice, allargatrice e di trascinamento è stata inizialmente posta nel pozzo A per eseguire la galleria da A a B con uno scostamento di 20 cm. Successivamente essa è girata per eseguire la perforazione da A ad E in alluvioni sciolte cementate. Infine essa è portata nel pozzo B per eseguire la microgalleria da B ad N. Il tubo di polietilene ha un diametro interno di 30 cm, mentre le microgallerie hanno un diametro di 45 cm.



• Figura 7 - Racines (Bolzano). Macchina perforatrice (P) che serve anche per l'allargamento del foro ed il trascinamento del tubo; essa è in grado di operare fino a lunghezze di 500 m circa.



• Figura 8 - Mori (Trento). Cantiere per la perforazione. Visibile la macchina perforatrice (P) che serve anche per allargare il foro e trascinare il tubo, la vasca di perforazione dei fanghi (F) ed il vibrovaglio (V) che viene usato per separare i frammenti rocciosi dal fango di perforazione. Il fango viene poi passato nella vasca F.



• *Figura 9 - Mori (Trento). Avanti le aste. Il tratto azzurro appena dietro lo scalpello contiene il motore a fango ed il rilevatore magnetico.*

I criteri di orientamento e di guida della perforazione sono influenzati da quelli usati nell'industria petrolifera e si differenziano nettamente da quelli prima descritti.

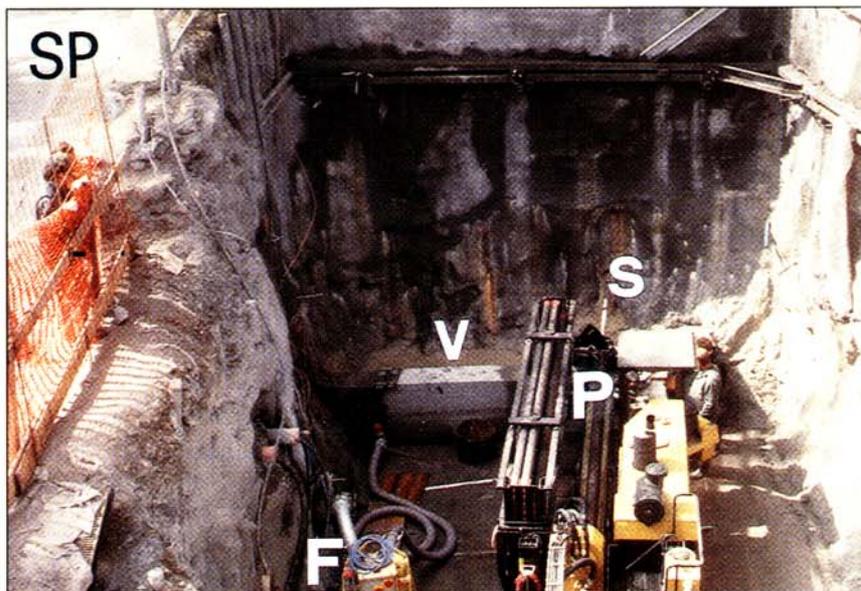
È possibile modificare con facilità una perforazione sia in senso direzionale che in senso verticale usando una sola stazione di perforazione, di allargamento a ritroso e di trascinamento del tubo, che di norma è di polietilene ad alta densità.

È possibile eseguire microgallerie estese fino a 500 m circa usando un solo cantiere.

La trattazione generale viene qui aiutata dalla descrizione dei progetti realizzati nelle aree di Trento e Bolzano, dove l'Autore ha scelto questo metodo come il più adatto per microgallerie in roccia a scopo fognario.

La microgalleria di Mori (Trento) è lunga 180 m, quella maggiore di Racines (Bolzano) è di 276 m.

Il sistema può essere applicato a qualsiasi tipo di roccia, sia sciolta, tipo alluvioni che compatta e dura, come cal-



• *Figura 10 - Racines (Bolzano). Scavo armato A della Figura 6 a fianco della strada provinciale (SP). Riconoscibile la macchina perforatrice (P) con lo scalpello (S) avanzante, la vasca (V) di raccolta del fango con detriti ed il sistema di pompaggio dei fanghi (F) sia verso la macchina perforatrice che verso il vibrovaglio per separare i detriti dal fango di perforazione.*

cari, graniti, basalti, quarziti, etc. Se la roccia è priva di coesione la perforazione può essere preceduta da iniezioni di lieve consolidamento.

La macchina perforatrice deve avere la possibilità di scavare sia fori inclinati, come nelle figure 2, 3, 4, oppure orizzontali o quasi, come nelle figure 5 e 6. L'inclinazione dipende dagli scopi progettuali da raggiungere.

La Fig. 2 mostra come va fatta la messa in opera di un tubo sotto un fiume o un lago delimitati da un rilievo montuoso.

Si esegue il foro pilota da A verso B, poi da B verso A vi è l'allargamento ed il trascinamento del tubo.

La Fig. 3 mostra come porre delle tubazioni da un lato all'altro della strada. La Fig. 4 illustra come è possibile emungere l'acqua di falda sotto una discarica di rifiuti per controllare se vi è dispersione di inquinanti eseguendo una perforazione inclinata orientabile con messa in opera di filtri in polietilene e pompa aspirante.

Vi sono al riguardo già varie esperien-

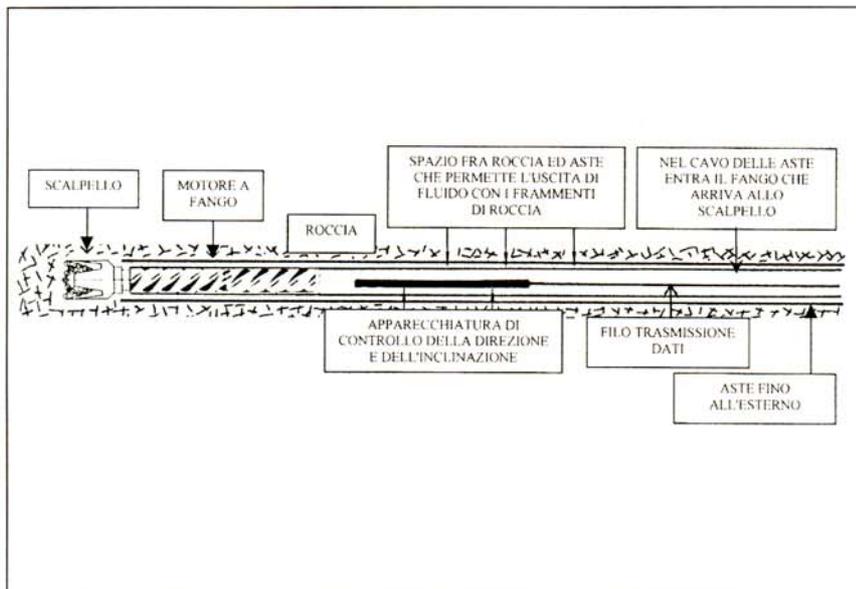
ze fra cui ricordiamo Albert (1995). Le Figg. 5 e 6 mostrano perforazioni inclinate attorno allo 0,5% da valle verso monte dove il tubo di polietilene serve per portare fluidi fognari.

Esse sono state realizzate a Mori (Trento) ed a Racines (Bolzano). Più la lunghezza della perforazione è elevata e più la roccia è resistente, più la macchina perforatrice, che serve anche per allargare a ritroso il foro pilota e per trascinare il tubo, deve avere elevata capacità di torsione e di tiro (Fig. 7).

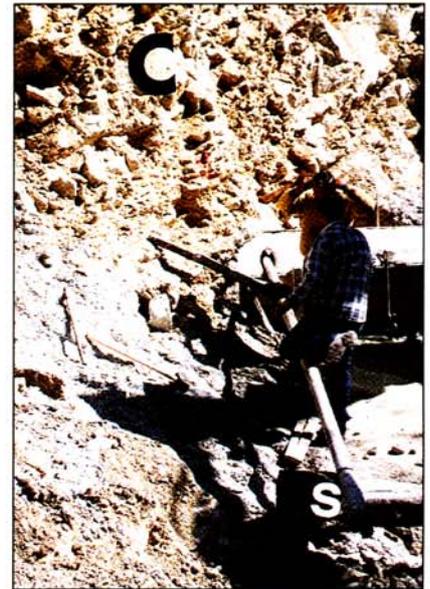
Il cantiere che serve per la perforazione, l'allargamento ed il trascinamento del tubo occupa poco spazio ed è posto ad una delle estremità della perforazione, generalmente quella a quota inferiore (Fig. 8).

Dalla macchina perforatrice viene spinto lo scalpello tricono del foro pilota che per i luoghi citati ha un diametro di 10 cm.

Lo scalpello è alla testa delle aste che sono cave e che hanno un diametro leggermente minore dello scalpello stesso (Figg. 9 e 10).



• **Figura 11 - Sistema di controllo della direzione e della inclinazione e motore a fango che permette di modificare l'avanzamento. Il sistema è usato nelle microgallerie in roccia con elevata copertura. All'esterno vi è la raccolta dati inviati via cavo e la macchina perforatrice che aziona il motore a fango.**



• **Figura 12 - Mori (Trento). Uscita dello scalpello (S) del foro pilota dopo aver attraversato 180 m di calcari (C).**

All'interno delle aste viene pompato il fango (acqua e bentonite) o altri prodotti specifici che sono confezionati nel cantiere esterno.

Particolare cura deve essere posta nella scelta e nel confezionamento del fango a seconda della sua funzione rispetto alla roccia che risulta da scavare e/o da sostenere.

Tale fango raggiunge il tricono avendo su di esso azione lubrificante, di raffreddamento e di asportazione dei frammenti rocciosi, in quanto essi escono verso l'esterno nello spazio fra la roccia e le aste (Fig. 11).

Il fango con i frammenti rocciosi sono all'esterno raccolti in una vasca da dove vengono pompati in un vibrovaglio che li separa (Fig. 8). Il fango, privo dei frammenti rocciosi, viene poi rimesso in circolo con un processo continuo, senza dispersione nell'ambiente. Le perforazioni lunghe e con elevata copertura hanno appena a ridosso dello scalpello pilota il sistema di rilevamento della posizione spaziale ed il sistema che permette di modificare la stessa

posizione spaziale (Fig. 11). La perforazione si considera conclusa con successo quando la testa esce dalla parte opposta nel punto stabilito topograficamente (Figg. 12 e 13).

Successivamente vengono smontati i sistemi di rilevazione e di modifica della posizione spaziale. Al posto del tricono viene posto uno scalpello rovescio per allargare il foro a piacimento (Figg. 14 e 15).

Il sistema di allargamento è chiamato anche *raise boring*.

Lo scalpello rovescio viene tirato e fatto ruotare dalle aste nel cui cavo vi è sempre pompato il fango. La macchina perforatrice recupera le aste una dopo l'altra mentre l'allargamento si avvicina al punto di partenza. Durante l'ultima fase di allargamento viene tirato il tubo (Fig. 16).

Il controllo della posizione spaziale della testa del foro pilota viene fatto con sistemi basati sul magnetismo. Sono da distinguere un sistema magnetico per perforazioni di limitata profondità (inferiore a 10 m circa) ed un sistema

magnetico per profondità più elevate. Ai sistemi magnetici di controllo della posizione spaziale sono associate le possibilità di variare, sia in direzione che in inclinazione, l'avanzamento del foro pilota se questo, per anisotropie geologiche, è deviato dal tracciato pre-stabilito.

Per controllare la testa avanzante, quando essa non è più profonda di circa 10 m, si mette in essa un sensore magnetico la cui posizione spaziale è fornita ad una strumentazione portatile facilmente trasportabile e gestibile da un solo operatore che percorre superficialmente il terreno lungo l'asse della perforazione (Fig. 3); tale strumentazione superficiale indica direzione e spostamenti a destra ed a sinistra rispetto all'asse, profondità in metri ed inclinazione in percentuale. Se la testa ha deviato, si manovra opportunamente la macchina perforatrice e le aste per modificare la posizione spaziale dell'avanzamento.

L'individuazione della testa di avanzamento può essere fatta anche con il



• **Figura 13 - Racines (Bolzano).** Uscita dello scalpello tricono del foro pilota da alluvioni interglaciali dopo aver attraversato micascisti, marmi e pochi metri di ghiaie.



• **Figura 14 - Racines (Bolzano).** Scalpello rovescio adatto per allargare il foro a ritroso (raise boring).



• **Figura 15 - Racines (Bolzano).** Foro pilota allargato dallo scalpello tirato a ritroso.

georadar se la profondità di perforazione non supera alcuni metri di profondità; il grado di risoluzione dipende dalle condizioni stratigrafiche del sottosuolo. Il georadar è particolarmente adatto per individuare le eventuali tubazioni preesistenti poco profonde sotto le quali è da porre la nuova condotta.

Se la perforazione è più profonda di 10 m circa rispetto alla superficie, se la precisione richiesta è molto elevata, se la lunghezza del foro è superiore a 100 m circa, se la roccia è ricca di anisotropie, è necessario adottare un sistema di controllo magnetico più complesso utilizzando per le modifiche della posizione spaziale dell'avanzamento una apparecchiatura mutuata dalle perforazioni petrolifere guidate, chiamata motore a fango (*mud motor*), come illustrato nella Fig. 11.

I dati topografici della superficie e della posizione spaziale della perforazione sono forniti ad un elaboratore che li accoglie in uno specifico programma di gestione.

Dietro lo scalpello della perforazione viene posto un motore a fango e un'apparecchiatura di controllo della direzione e della inclinazione su base magnetica (Magnetic Guidance System - MGS).

La Fig. 11 illustra la disposizione sul fronte di avanzamento.

Il sistema MGS agisce a qualsiasi profondità e con qualsiasi tipo di roccia.

Esso permette all'operatore di conoscere all'esterno su un quadro fatto come un orologio la direzione e l'inclinazione (Figg. 17 e 18).

Ad esempio se la lancetta è sulla posizione delle 2, la testa è spostata a destra ed in alto; se la lancetta è sulla posizione 7 la testa è spostata a sinistra ed in basso.

Questi dati sono forniti, attraverso un cavo posto all'interno delle aste, dall'apparecchiatura di controllo posta alla testa.

Il cavo permette anche di collegarsi con l'elaboratore portatile del cantiere che fornisce ulteriori informazioni sul-

la perforazione, quali la profondità, la lunghezza e la distanza dal punto di partenza (Fig. 19).

Con situazioni geologiche difficili e per non avere eventuali interferenze magnetiche il sistema di rilevamento interno MGS può essere aiutato dalla presenza di un campo magnetico locale generato da opportune configurazioni di cavi elettrici, alimentati da correnti continue, disposti in superficie a cavallo del tracciato.

Se la posizione spaziale della testa di perforazione ad un certo avanzamento non corrisponde ai dati spaziali presenti nell'elaboratore, si agisce sul motore a fango per riportare la testa stessa nella posizione voluta.

I modelli del motore a fango si differenziano a seconda del numero dei lobi costituenti il rotore e lo statore; in funzione del numero dei lobi è possibile ottenere diverse velocità di rotazione e diversi movimenti torcenti.

I modelli hanno inoltre curvature fisse o modificabili per ottenere differenti gradi di orientamento.

Il motore a fango opera sulla base del principio che consente di immettere, mediante la pompa esterna, fango a pressioni variabili nelle cavità formate dal rotore elicoidale girante all'interno dello statore del motore a fango.

Quando il fluido fluisce attraverso le cavità sopra citate vi è la conversione della pressione e del flusso in rotazione e torsione dello scalpello che può essere orientato fino a 3° rispetto all'asse del motore.

La testa della perforazione può avere così diverse configurazioni spaziali a seconda della pressione esercitata dal fango.

Volendo attuare una perforazione rettilinea vengono fatte ruotare le aste, il motore a fango e lo scalpello che penetra spinto dalla perforatrice attraverso le aste stesse.

Volendo cambiare la posizione spaziale della perforazione, le aste ed il motore a fango non vengono ruotati.

Agendo con diverse pressioni del fluido sul motore a fango si ottiene lo spostamento dello scalpello.

Vogliamo ora fornire ulteriori informazioni circa le microgallerie di Mori (Fig. 5) e di Racines (Fig. 6).

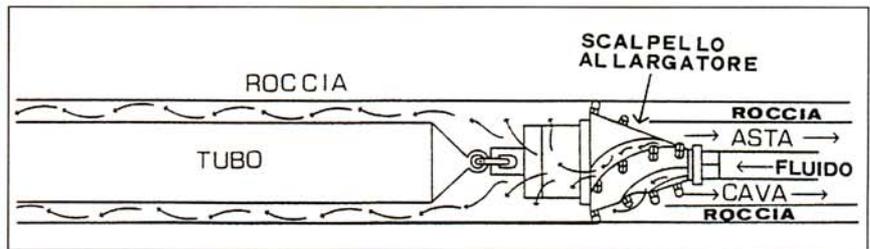
A Mori (Trento) fu realizzata una microgalleria a scopi fognari con all'interno un tubo di polietilene avente diametro utile di 20 cm.

La roccia da perforare era costituita da calcari del Giurassico inclinati verso monte, come nello schizzo di Fig. 5; la direzione degli strati è normale all'avanzamento.

I calcari hanno mostrato differente resistenza alla perforazione a seconda delle dimensioni dei granuli di calcite (Fig. 12). Furono a tal proposito trovati valori di pressione di rottura compresi fra 400 e 1000 Kg/cm<sup>2</sup>.

È stata eseguita una prima perforazione tradizionale usando un sistema con martello fondo foro, con diametro di 30 cm, senza controllo spaziale dell'avanzamento.

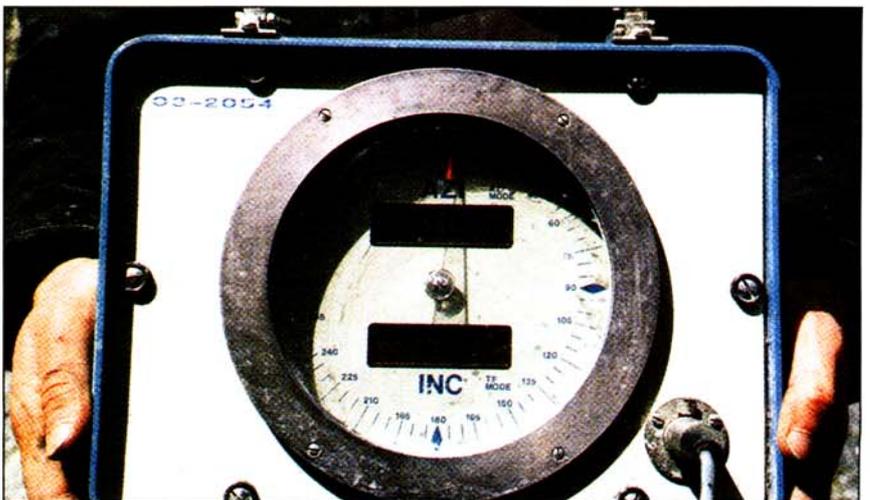
Si doveva andare dal punto A al punto



• Figura 16 - Schema della fase finale dell'allargamento del foro in roccia e del trascinamento del tubo mediante scalpello allargatore.



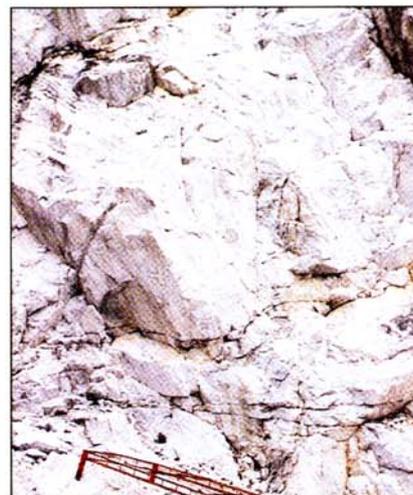
• Figura 17 - Racines (Bolzano). Scavo A di Figura 6 dove è posta ed opera la macchina perforatrice. Dal foro esce fango con frammenti rocciosi. Sulla destra visibile il quadro (R), collegato con la testa di avanzamento, con il quale è possibile controllare la posizione spaziale dello scalpello.



• Figura 18 - Racines (Bolzano). Primo piano del quadro di controllo di cui alla Figura 17.



• *Figura 19 - Racines (Bolzano). Elaboratore dei dati circa la profondità, la lunghezza e la distanza dal punto di partenza dello scalpello; il tutto a completamento delle informazioni fornite dalla apparecchiatura della Figura 18.*



• *Figura 20 - Racines (Bolzano). Affioramento di marmi sovrastanti il percorso delle microgallerie.*

C, ma si è giunti al punto B con uno spostamento verso il basso di circa 20 m ed uno spostamento nella direzione di circa 10 m.

Successivamente si adottò, su suggerimento dell'autore, il sistema di scavo con foro pilota, successivo allargamento a ritroso e trascinamento del tubo.

Il foro pilota ebbe un diametro di 10 cm con il controllo dell'avanzamento come illustrato nella Fig. 11.

Si andò dal punto A al punto C (180 m) con uno scostamento di circa 20 cm. Dal punto C si allargò il foro e successivamente fu tirato il tubo.

Le Figg. 9 e 12 mostrano l'entrata e l'uscita dello scalpello del foro pilota, mentre la Fig. 8 mostra il cantiere costituito dalla macchina perforatrice, dalla vasca di preparazione dei fanghi usati nella perforazione e dal desabbiatore che permette la separazione dei frammenti rocciosi dal fango poi rimesso in circolo.

Nel comune di Racines presso Vipiteno (Bolzano) fu progettato un sistema fognario che include tre microgallerie, dove va posto un tubo di polietilene con diametro interno di 30 cm (Fig. 6). L'autore suggerì di eseguire gli scavi con il sistema del foro pilota, successi-

vo allargamento a ritroso e trascinamento del tubo. La roccia da scavare è costituita da marmi (Fig. 20), micascisti e da alluvioni ghiaiose fluvioglaciali (Fig. 13), già individuati dallo studio geologico allegato al progetto.

I micascisti hanno mostrato pressioni di rottura attorno a 1000 kg/cm<sup>2</sup>, mentre si è attorno 400 Kg/cm<sup>2</sup> per i marmi.

Le alluvioni interglaciali perforate nella galleria di 61 m hanno subito una cementazione mediante iniezioni di acqua e cemento ritenendo che esse sono prive di coesione.

Una sufficiente coesione è invece risultata presente nelle alluvioni interglaciali attraversate dalla perforazione di 276 m presso il pozzo B; ciò ha permesso l'allargamento del foro pilota in alluvioni senza problemi (Fig. 15).

Il foro pilota di 276 m fu scavato da A verso B con uno scarto di circa 20 cm rispetto all'uscita topografica.

Esso fu attuato con un diametro di 10 cm ed ha avuto un controllo magnetico dell'avanzamento con il sistema illustrato nelle Figg. 11, 17, 18 e 19 per l'elevata copertura sopra lo scavo.

I restanti tratti di 61 m e di 129 m hanno avuto un controllo dell'avanzamen-

to con un sistema magnetico più semplice come illustrato nella Fig. 3; ciò è possibile perché la copertura è molto limitata.

La prima fase di realizzazione è avvenuta ponendo la macchina perforatrice, allargatrice e trascinatrice nel pozzo A (Figg. 10 e 17) giungendo nel pozzo B. Vi è stato poi l'allargamento fino a 45 cm ed il trascinamento del tubo da B verso A.

La macchina perforatrice è stata poi girata per scavare la galleria di 61 m da A verso E con successivo allargamento e trascinamento del tubo.

Successivamente la macchina perforatrice è stata spostata nel pozzo B per scavare la galleria di 129 m in marmi da B verso N con lo stesso sistema.

Sempre nell'area di Bolzano (Colle Isarco) è stata progettata ed eseguita nel 1999 una microgalleria fognaria in calcescisti, lunga 250 m, con diametro di 700 mm, che deve contenere un tubo di polietilene con diametro di 500 mm.

La metodologia scelta prevede un foro pilota (Ø 10 cm) orientabile, successivo allargamento a ritroso fino a 700 mm di diametro e trascinamento del tubo di polietilene, saldato a tratti esternamente.



## Bibliografia

Albert R. (1995) - *Landfill drainage in Denmark*. No-Dig International, January 1995, pp. 3-7, London.

Bloonfield T., Penazzi R. (1996) - *Trenchless Microtunneling Technology; un'idea che sta attraversando il mondo*. Gres Econews, aprile-maggio 1996, pp. 17-21, Bergamo.

Clarke J. (1998) - *Directional drilling in hard rock*. No-Dig International, November 1998, pp. 18-24, London.

Flaxmann T. (1999) - *The development of the percussive mole*. No-Dig International, March 1999, pp. 23-25, London.

Hayward P. (1999) - *Directional drilling accessories*. No-Dig International, January 1999, pp. 20-30, London.

Masella N. (1998) - *Directional drilling completes gravity sewer system in rock*. No-Dig International, November 1998, pp. 15-17, London.

Messe München International ed. (1995) - *Microtunnel Construction*. Proceeding 3RD International Symposium on Microtunnel Construction, April 1995, pp. 156, Balkema.

Messe München International ed. (1998) - *Microtunnel Construction*. Proceeding 4RD International Symposium on Microtunnel Construction, April 1998, pp. 86, Balkema.

Möhring K. (1991) - *La costruzione di microtunnel o posa a spinta di tubazioni: un'alternativa ecologica ed economica per la realizzazione di condotte fognarie*. Gres Econews, ottobre 1991, pp. 2-25, Bergamo.

Stigher G. (1994) - *Realizzazione di condotte fognarie senza scavo con la tecnica del "Microtunneling"*. Gres Econews, ottobre 1994, pp. 12-18, Bergamo.