

TECNOLOGIA

TDDT

Trevi Directional Drilling Technology



Il sistema **TDDT** deriva dalle tecnologie HDD (*Horizontal Directional Drilling*) utilizzate per posare servizi (*in genere cavi e tubazioni*) al di sotto di ostacoli superficiali (*corsi d'acqua, strade, ferrovie, strutture, palazzi, ecc.*).

Molti apparati tecnologici di questo settore sono stati a loro volta mutuati dal campo petrolifero.

Trevi ha introdotto queste tecnologie in ambito geotecnico, sfruttandone le potenzialità produttive e l'accuratezza di posizionamento. Il sistema così sviluppato è stato chiamato **TDDT** (*Trevi Directional Drilling Technology*), e comprende una serie di dispositivi che consentono l'esecuzione di perforazioni di piccolo diametro (*50-200 mm*) e di elevata lunghezza (*in genere a partire da 25-30 ml, fino ad alcune centinaia di metri*).

Le perforazioni TDDT possono essere eseguite sia sopra sia sotto falda, eventualmente abbinate all'uso di BOP (*blow-out preventer*), e possono essere eseguite in tutte le direzioni (*incluso verticale ed orizzontale*).

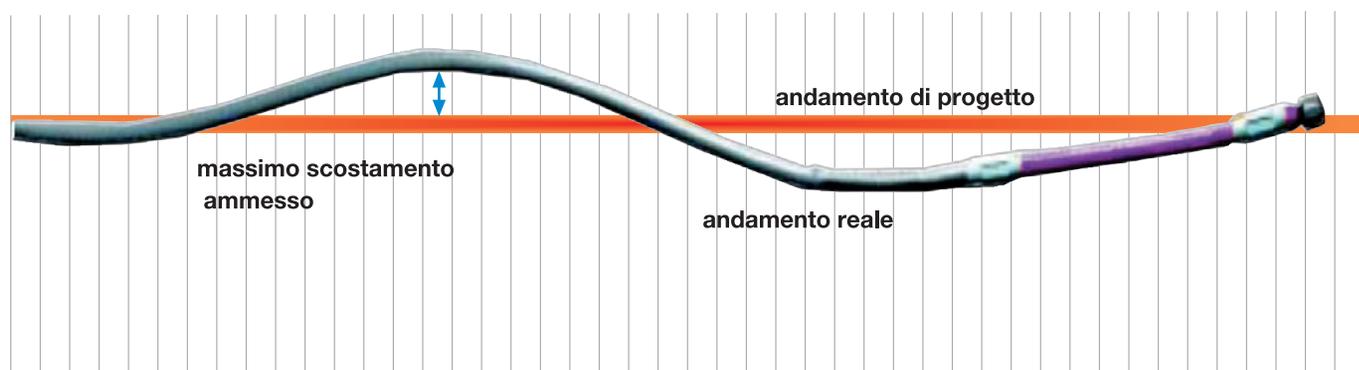
Il TDDT è stato utilizzato recentemente con successo in alcuni importanti cantieri Trevi per il consolidamento e l'impermeabilizzazione dei terreni.

Le perforazioni possono essere rettilinee o curve, compatibilmente con i diametri e gli spessori delle aste e dei rivestimenti utilizzati.

Le perforazioni possono essere eseguite in tutti i tipi di terreno (*coesivi od incoerenti*) comprese le rocce. Per eseguire questo tipo di perforazioni si usano, nella maggior parte dei casi, attrezzature convenzionali (*perforatrici, pompe, aste*), mentre nei progetti più impegnativi è necessario impiegare attrezzature specifiche.

Il direzionamento di un foro consta di 3 momenti principali:

- **progettazione del tracciato**
- **rilevamento in tempo reale dei dati di perforazione**
- **confronto con i dati teorici ed eventuale esecuzione della correzione della perforazione**





TREVI utilizza una serie di sistemi di guida al fine di poter affrontare le diverse esigenze progettuali.

I sistemi più comunemente usati sono:

Sistema walk over

in cui la posizione della punta viene rilevata dalla superficie.

Viene utilizzato per perforazioni non più profonde di 10-15 m.

La sua accuratezza è generalmente pari al 5% della profondità.

Sistema a guida magnetica

(rispetto al campo magnetico terrestre oppure rispetto ad un campo magnetico artificiale), in cui la posizione della punta viene rilevata da un sensore posto sulla batteria di perforazione.

Viene utilizzata quando la precisione richiesta è molto elevata. Generalmente la sua precisione è compreso tra 5 e 20 cm circa, in funzione della distanza tra la punta e campo elettrico di riferimento.

Bussola + Inclinometro

adatto alle perforazioni verticali, con accuratezze dell'ordine dello 0.1% sulla profondità.

Sistema a guida ottica

adatto a fori rettilinei, in cui la rettilineità del foro viene rilevato mediante uno strumento ottico. Questo sistema consente di ottenere errori contenuti (1-3 cm).

Per la necessità di dover collimare otticamente un bersaglio dentro la batteria di perforazione, esso non è applicabile a fori curvilinei e comunque più lunghi di 40 m.

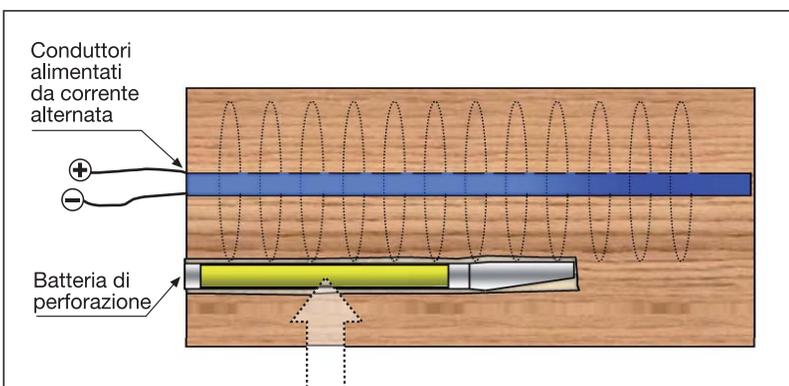
A seconda delle condizioni logistiche è possibile applicare l'uno o l'altro sistema di guida.

Da notare che la produttività (e quindi il costo) è proporzionale alla precisione richiesta.

L'accuratezza del posizionamento non è funzione soltanto degli strumenti, ma anche della capacità di correggere degli utensili. Per questo occorre notare che la precisione può variare anche a seconda dei terreni perforati.

In genere è possibile garantire posizionamenti con una tolleranza di 15 cm, solitamente sufficiente per fini geotecnici.

Ognuno dei sistemi sopra elencati viene adottato a seconda delle condizioni ambientali di intervento, della geometria del foro e dell'accuratezza richiesta.



Applicazione	Tecnologia di guida	WALK OVER	GUIDA MAGNETICA	BUSSOLA e INCLINOMETRO	GUIDA OTTICA
Perforazioni orizzontali >40 m		●	●		
Perforazioni verticali			●	●	
Perforazioni orizzontali <40 m		●	●		●



Utensili

La tecnica di controllo delle perforazioni si basa fondamentalmente su due tipi di utensili di scavo:

- **Punte asimmetriche o a becco di flauto**
- **Gomito fisso o Bent Sub**

Entrambe le tipologie possono essere applicate a terreni incoerenti e teneri, oppure a terreni lapidei e roccia.

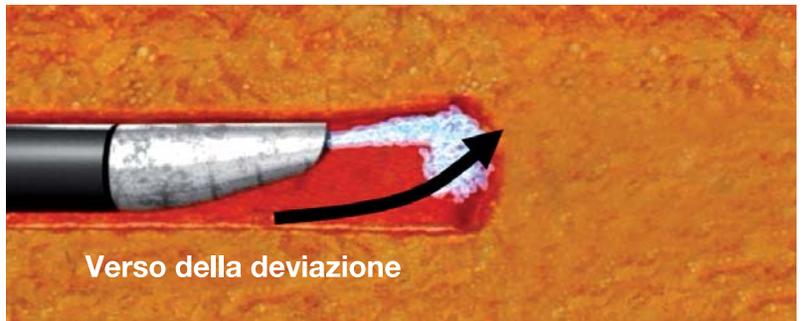
Le punte asimmetriche basano il loro funzionamento sulla spinta esercitata dal terreno sulla faccia piatta delle medesime quando l'avanzamento si effettua per infissione, cioè senza rotazione.

Questo tipo di punta può essere equipaggiata con denti da roccia quando sia necessario attraversare terreni particolarmente duri. In presenza di roccia, la punta può essere attivata da un **martello fondo foro**.

Le punte precedute da un gomito o bent sub, riescono a deviare per l'azione stessa del gomito che, a rotazione ferma e opportunamente orientato, consente alla batteria di seguire un avanzamento non rettilineo.

In presenza di roccia, a valle del gomito, può essere montato un martello fondo foro

Qualora non sia consentito l'utilizzo di un sistema percussivo, a valle del gomito può essere presente una turbina azionata dagli stessi fanghi di perforazione, che consente la rotazione del bit anche quando la batteria, e quindi il gomito, non siano posti in rotazione. Per l'attivazione di questo utensile sono necessarie pompe in grado di erogare notevoli portate (400 -700 l/min), e conseguentemente elevati costi di esercizio.



Dente da roccia



Martello Fondo Foro



SONDE HOUSING

INTERFACE SUB

PERCUSSIVE DEVICE

DRILL BIT



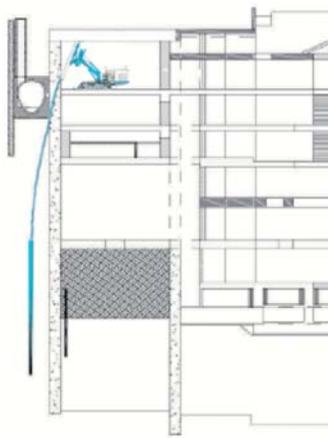
Turbina

Gomito

Tricono

Applicazioni

RIPARAZIONE PARATIE



RIPARAZIONE DIGHE



TREVI ha impiegato la tecnologia TDDT nei seguenti settori:

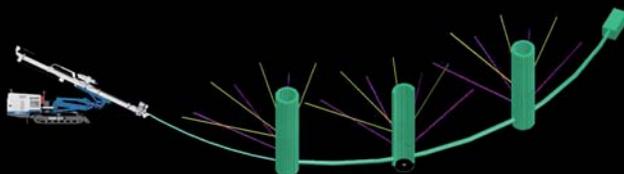
RECUPERO AMBIENTALE
RIPARAZIONE DIGHE
TUNNELLING
RIPARAZIONE PARATIE
COMUNICAZIONE TRA POZZI DRENANTI
MITIGAZIONE RISCHIO SISMICO

Nella fattispecie sono stati eseguite perforazioni finalizzate a:

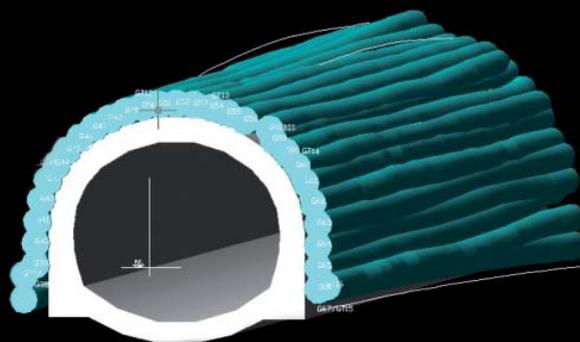
- iniezioni per impermeabilizzazione compensation grouting e consolidamento antiliquefazione terreni
- posa di dreni
- fori verticali guida pali secanti
- fori verticali di alleggerimento
- infilaggi per galleria
- posa di canne congelatrici
- connessioni di fondo per pozzi drenanti
- fori verticali per la riparazione di paratie
- sondaggi direzionati

Per questi interventi occorre uno studio preventivo di fattibilità. A questo scopo Trevi mette a disposizione il proprio Servizio Tecnico per verifiche e valutazioni di dettaglio.

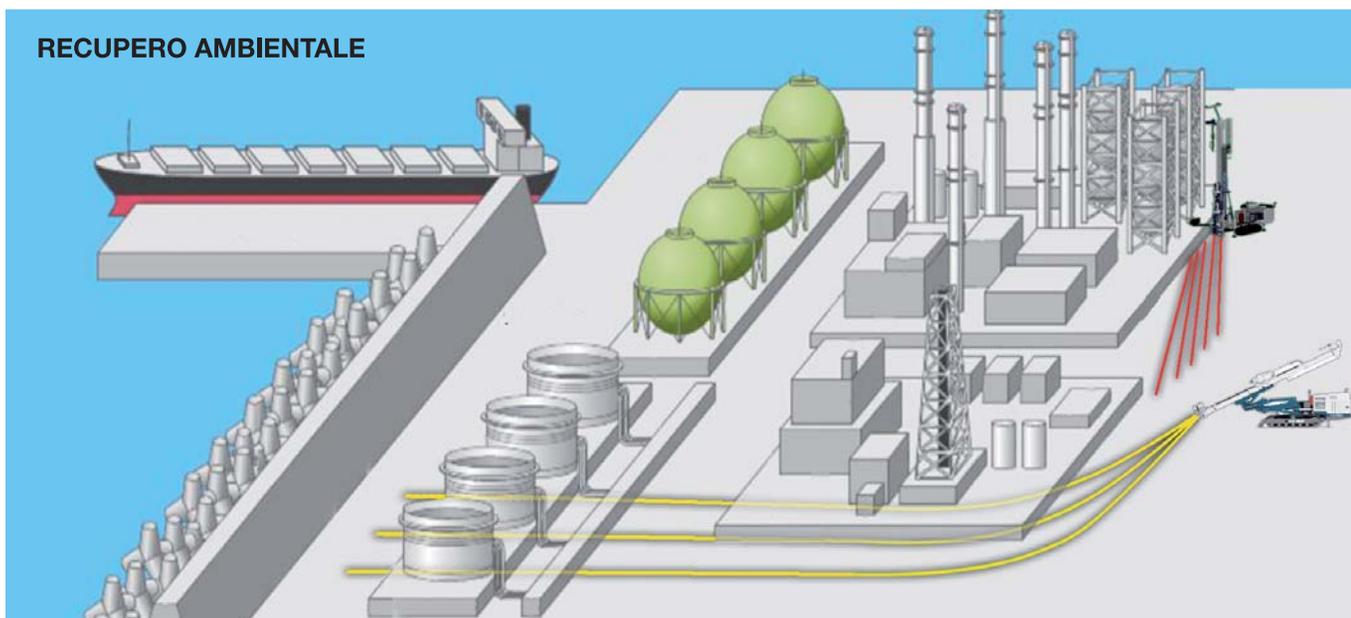
COMUNICAZIONE TRA POZZI DRENANTI



TUNNELLING



RECUPERO AMBIENTALE



Vantaggi

Grazie alla tecnica TDDT le perforazioni possono seguire traiettorie predeterminate raggiungendo con precisione l'area di interesse. Tipiche applicazioni sono il compensation grouting e le iniezioni al di sotto di zone da bonificare, consolidare o impermeabilizzare,

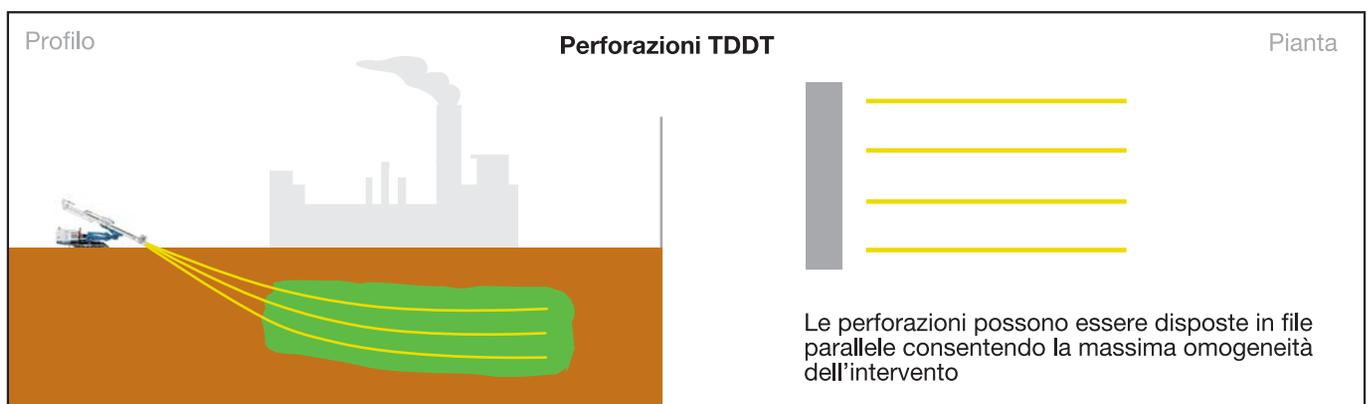
- riduzione dei costi grazie all'eliminazione del pozzo
- maggiore flessibilità, grazie alla possibilità di utilizzare più aree di lancio in funzione della disponibilità di superficie
- possibilità di ottimizzare la posizione dei tratti valvolati delle canne a manchette
- possibilità di accedere al di sotto di aree occupate da manufatti o ostacoli non rimovibili.

In genere vengono utilizzate per eseguire consolidamenti finalizzati allo scavo di tunnel ed abbinate alla posa di canne congelatrici, di armature

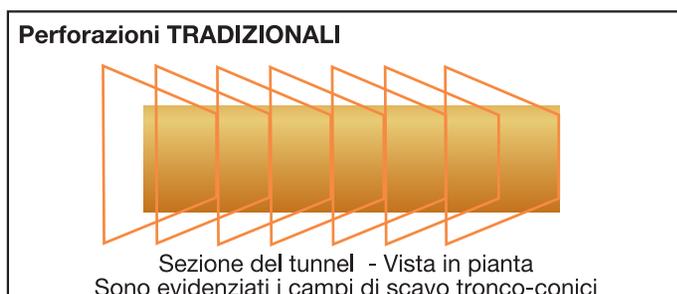
tubolari, di canne di iniezioni.

- **Il tunnel può essere scavato in tratte lunghe, riducendo il numero di fasi di scavo e consolidamento;**
- **il numero di posizionamenti viene drasticamente ridotto, riducendo i costi;**
- **le sovrapposizioni dei campi vengono ridotte, con conseguente riduzione dei volumi di sovrascavo;**
- **la sezione è costante per tutta la lunghezza del tratto scavato, risultando in una semplificazione del progetto;**
- **la separazione fra le fasi di consolidamento e di scavo consente l'ottimizzazione dei tempi;**
- **possibilità di applicare tecnologie quali il congelamento che risulterebbe difficile applicare mediante configurazione di scavo troncoconica.**

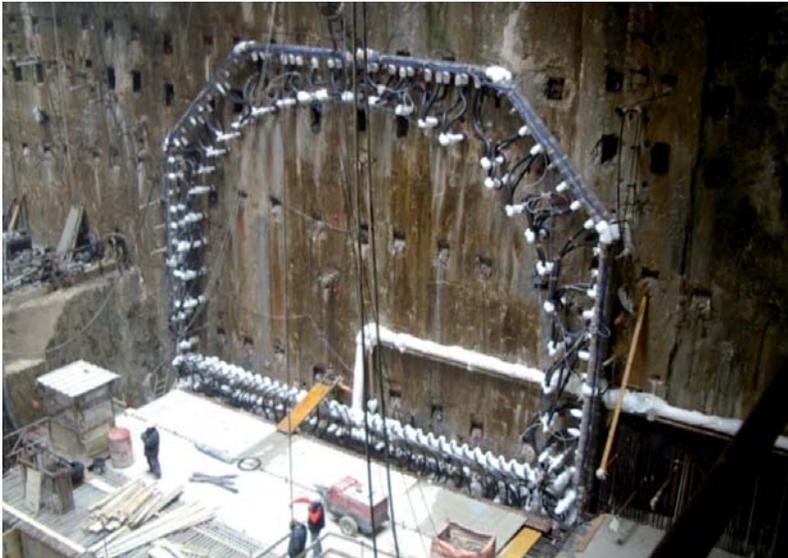
BONIFICA DI SUOLI INQUINATI E IMPERMEABILIZZAZIONI



SCAVO DI TUNNEL



Referenze



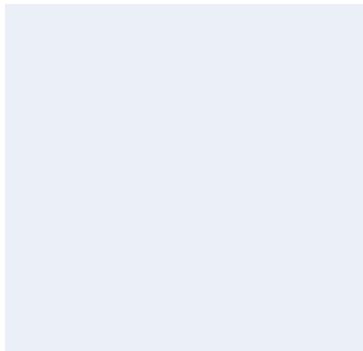
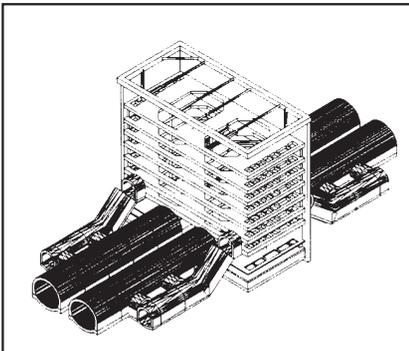
Metropolitana NAPOLI (Italia) Stazione di metropolitana

- Stazione P.zza Garibaldi
- Stazione Toledo
- Stazione Università

Per la costruzione delle gallerie di stazione di Piazza Garibaldi, per la nuova Metropolitana di Napoli, il progetto prevedeva il congelamento di un tratto di circa 50 metri di lunghezza, da eseguirsi in unica tratta.

Affinché il congelamento del terreno possa avvenire in maniera omogenea, risulta essenziale che le canne congelatrici vengano posate mantenendo gli interassi per tutta la loro lunghezza, ovvero che le stesse non divergano oltre le tolleranze imposte dal progetto (*in questo caso circa 0.5% di deviazione ammessa*).

Considerata l'aleatorietà o l'impossibilità delle tecniche di perforazione convenzionali di garantire la precisione richiesta, TREVI ha deciso di utilizzare la tecnica di perforazione direzionata, adattandola ad una situazione esecutiva che prevedeva perforazioni a foro cieco, eseguite da pozzo e con elevato battente idraulico. Le perforazioni hanno permesso di installare le canne con la precisione desiderata, e il progetto è stato portato a termine senza problemi.



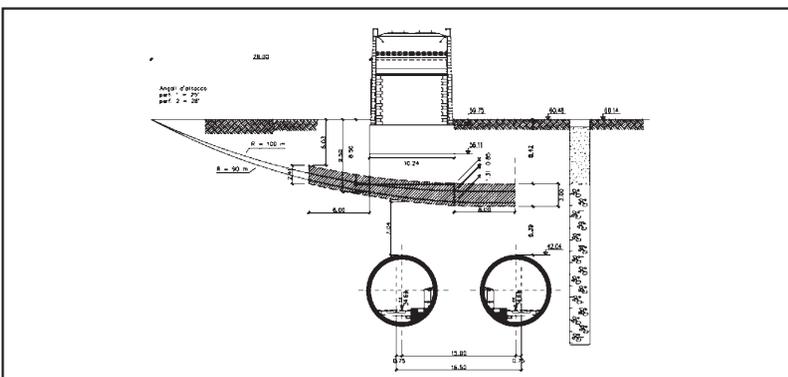
Linea Ferroviaria Alta Velocità BOLOGNA (Italia)

Nel progetto per la penetrazione urbana nella città di Bologna della linea Alta Capacità, nelle zone in cui le gallerie eseguite con TBM entrano in interferenza con alcuni manufatti esistenti, è stato previsto l'utilizzo della tecnica del "Compensation Grouting", al fine di controllare e compensare i cedimenti del terreno indotti dal procedere dello scavo.

L'intervento era stato originariamente progettato a partire da tre pozzi adiacenti al manufatto, ma l'esecuzione dei pozzi è stata impedita dall'esiguità degli spazi a disposizione e da problemi di messa a disposizione delle aree.

Per risolvere l'impasse, TREVI ha proposto di realizzare le perforazioni partendo dalla superficie, usando la tecnologia delle perforazioni guidate curvilinee. Questa soluzione ha imposto una distanza minima di circa 25-30 metri dal manufatto per rispettare il raggio di curvatura minimo consentito dalle batterie di perforazione utilizzate, partendo con 30° di inclinazione dalla superficie, e raggiungendo l'orizzontale a circa 11 m di profondità.

Sono state posate circa 150 canne valvolate da 50 mm, al di sotto della zona di fondazione delle pile del Ponte Vecchio, e 46 canne al di sotto del ponte di via Rimesse per un totale di 7530 metri lineari. La lunghezza massima delle perforazioni è stata di 68 metri, con una media di 52 metri.

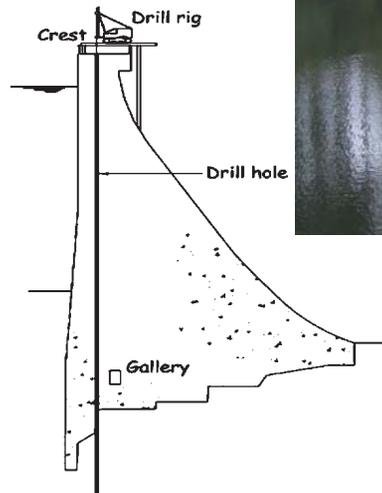


Referenze

Diga di ARAPUNI (Nuova Zelanda)

Per la riparazione della diga di Arapuni, in Nuova Zelanda, è stato necessario costruire una cortina impermeabile realizzata mediante pali secanti, fino alla profondità di circa 95 metri. I circa 200 pali sono stati realizzati con una tecnica innovativa, che prevedeva l'esecuzione di fori pilota, seguiti poi da una fase di allargamento al diametro finale. La lunghezza delle perforazioni e la presenza di un cunicolo alla base del corpo diga ha reso indispensabile il controllo direzionale delle perforazioni.

Le perforazioni pilota sono state eseguite perforando per circa 60 m il corpo diga e penetrando per ulteriori 40 – 50 m nelle sottostanti ignimbriti fratturate. La successiva alesatura a 400 mm ha dato permesso di realizzare i fori secanti, riempiti in un secondo momento di calcestruzzo, a formare la cortina impermeabile.



Discariche Conte di Troia e Pariti 1 MANFREDONIA (Italia)

Le due discariche di Conte di Troia e Pariti, collocate in corrispondenza di vecchie cave di calcarenite, dovevano essere poste in sicurezza, per impedire la permeazione di percolato nei terreni sottostanti. Il progetto ha comportato la realizzazione di un tampone di fondo e di una cinturazione idraulica perimetrale, mediante iniezioni cementizie e silicatiche.

Per la realizzazione del solo tampone di fondo, sono state effettuate circa 700 perforazioni curvilinee sub-orizzontali, con lunghezza massima di 140 m. Tutte le perforazioni sono state eseguite esternamente all'area di discarica, ed il massimo scostamento dal tracciato previsto dal progetto era di 0.25 m.

La lunghezza complessiva perforata è stata di circa 60.000 m.



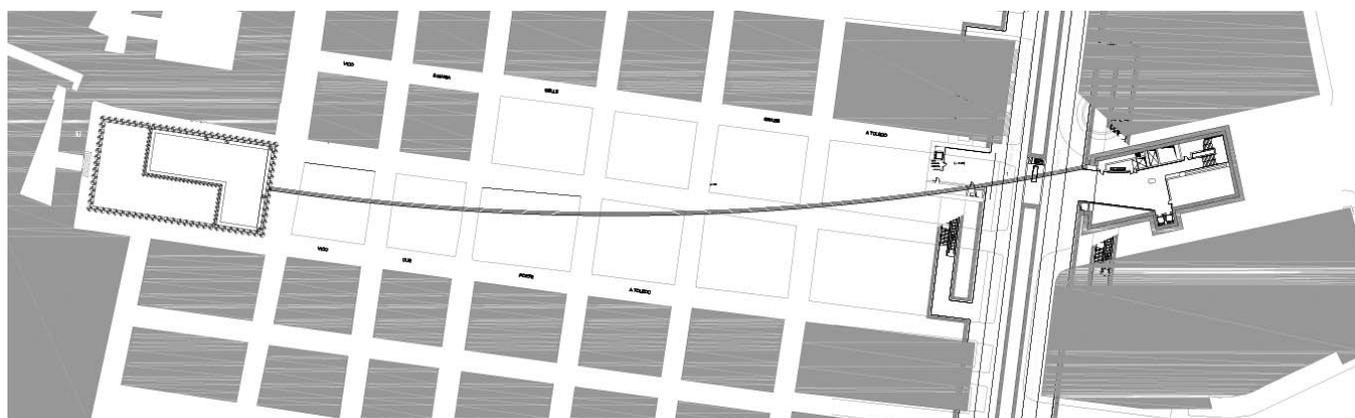
Referenze



Collegamento tra Pozzi Bovio e Montecalvario Metropolitana NAPOLI (Italia)

Per ovviare alla mancanza di spazio per le installazioni di cantiere, i due pozzi Bovio e Montecalvario utilizzavano un unico impianto per la preparazione delle miscele di iniezione. Per il trasferimento delle miscele di iniezione e di acqua, si è realizzato un foro in grado di alloggiare le tubazioni necessarie.

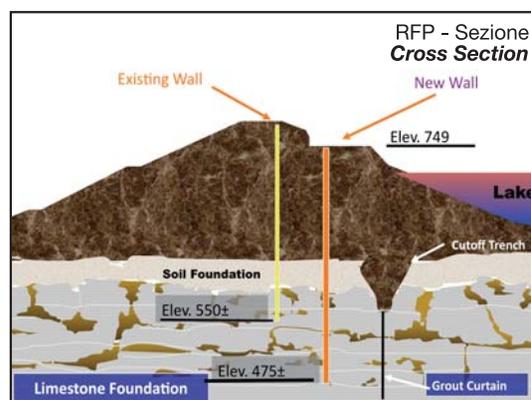
Il foro (*indicato in rosso nella figura*) presenta una curvatura sia sul piano orizzontale che su quello verticale, misura 194 m di lunghezza, con un diametro di 160 mm.



Diga di WOLF CREEK KY (USA)

Allo scopo di fermare la filtrazione sotto la diga di Wolf Creek, in Kentucky, lo USACE (US Army Corp of Engineers) ha previsto l'esecuzione di un cut-off wall in calcari molto duri (fino a 200 MPa). Il lavoro doveva essere eseguito mediante la combinazione di pali secanti e pannelli scavati con idrofresa, per la costruzione di un muro continuo in calcestruzzo plastico spesso almeno 60 cm, fino alla profondità di 84 m, per una superficie totale di circa 100.000 mq.

La considerevole profondità e le tolleranze imposte dal progetto (± 10 cm) hanno reso necessaria la realizzazione di fori-pilota direzionati. I fori pilota sono stati successivamente allargati mediante attrezzatura a circolazione inversa, ad un diametro finale di 1270 mm.



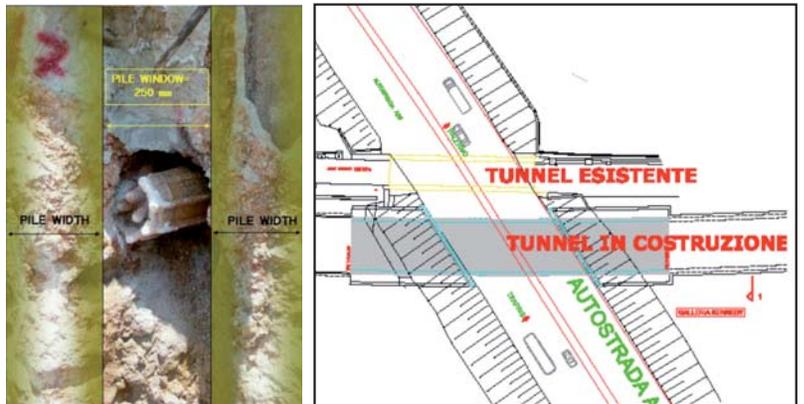
Referenze

Metropolitana di PALERMO (Italia)

Per lo scavo di un tunnel destinato al raddoppio della linea Palermo C.le/Brancaccio - Carini in corrispondenza dell'intersezione con l'autostrada A29, è stato previsto il consolidamento del volume di rilevato autostradale da attraversare, mediante installazione di infilaggi tubolari (tubi in acciaio raccordati D. 160 mm). Parimenti è stata richiesta l'infissione di elementi di collegamento (barre Dywidag) delle due berlinesi già eseguite.

Al fine di poter condurre la perforazione ad uscire tra i pali accostati delle berlinesi, il direzionamento doveva garantire una precisione di posizionamento di ± 5 cm.

Le perforazioni orizzontali della lunghezza di 30 m, sono state direzionate mediante sistema ad orientamento magnetico e sistema a collimazione ottica.

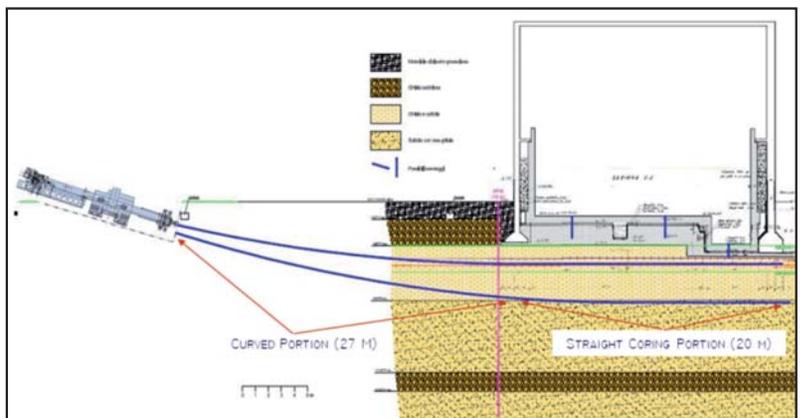


Impianto ENEA Saluggia (Italia)

L'impianto EUREX di ricondizionamento del combustibile nucleare, è situato a Saluggia, circa 45 km da Torino sulla riva sinistra della Dora Baltea. Il sospetto di una perdita di acqua da una vasca di stoccaggio, e il conseguente timore di contaminazione dei terreni sottostanti ha reso necessario il campionamento al di sotto della vasca stessa.

L'Enea ha perciò richiesto l'esecuzione di n. 4 sondaggi orizzontali nella fascia di terreno al di sotto della piscina, e il prelievo di campioni al di sopra ed al di sotto della piezometrica. La richiesta era il mantenimento di una distanza di rispetto dall'impianto di almeno 20 m, con massimo scostamento dalle quote di progetto di 30 cm.

I prelievi di campioni sono stati eseguiti usando perforazioni curvilinee, direzionate mediante sistema magnetico, per una lunghezza massima di 50 metri.



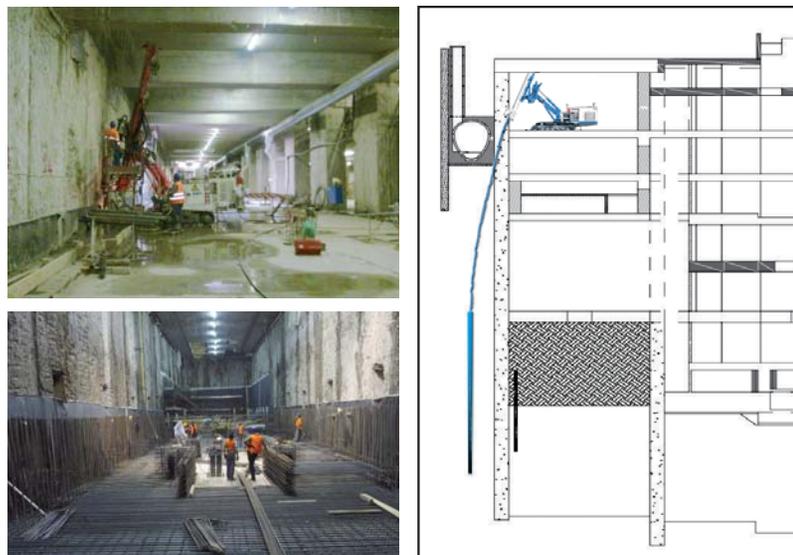
Referenze

Stazione di metropolitana (Italia)

Per la realizzazione di un pozzo di stazione della metropolitana, sono stati scavati pannelli fino ad una profondità di 56 m circa. Durante lo scavo del pozzo, realizzato con la tecnica top-down, si è constatato che alcuni pannelli presentavano cospicui disallineamenti che, nel prosieguo dello scavo, avrebbero potuto generare problemi di tenuta idraulica.

E' stato deciso un intervento cautelativo di impermeabilizzazione dell'area adiacente alcuni giunti di paratia tramite grouting. Non essendo accessibile l'installazione dalla superficie delle canne a manchettes, si è deciso di metterle in opera entro perforazioni operate dall'interno della stazione da un piano intermedio sotto la superficie stradale.

Le perforazioni guidate curvilinee avevano lunghezza media di 36 metri e 70 metri di raggio di curvatura.



Galleria Cassia Roma (Italia)

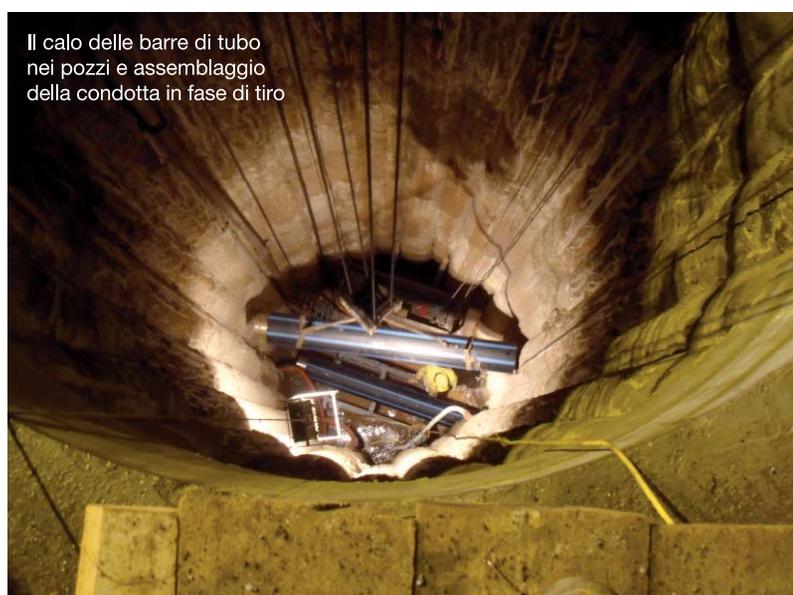
Nell'ambito dei lavori di adeguamento a tre corsie del Grande Raccordo Anulare di Roma, è stato progettato e completato un sistema di controllo, mantenibile nel tempo, del livello di falda del versante prospiciente la nuova galleria Cassia.

La stessa tecnica di seguito illustrata, ha consentito di evitare la realizzazione di pozzi drenanti di piccolo diametro e di conseguenza tutte le lavorazioni all'interno di essi, con notevoli benefici in termini logistici e di sicurezza.

Quanto sopra, unitamente alla ristrettezza delle aeree di cantiere, e all'ubicazione obbligata dei pozzi di drenaggio, ha spinto i progettisti a ricorrere alla tecnica dei pali secanti (CSP) per la realizzazione di tre pozzi di grosso diametro (3,5 m), dall'interno dei quali eseguire più ordini di drenaggi orizzontali di piccolo diametro. La distanza tra i pozzi e quella dell'ultimo pozzo rispetto alla vasca di recapito, ha richiesto un sistema di perforazione direzionale per i collegamenti necessari. La macchina perforatrice designata per le operazioni di perforazione e di tiro della condotta D 400 è stata una Soilmec SM-21, particolarmente flessibile dal punto di vista del posizionamento e munita dei valori di tiro/spinta e coppia necessari.

L'accuratezza richiesta nel rispettare le pendenze è stata stimata essere di +/- 0,1° mentre quella necessaria affinché l'ingresso nel pozzo garantisse l'agevole montaggio delle barre da 3 m, è stata valutata essere di +/- 0,2 m nel posizionamento e di +/- 1° nella direzione di entrata. Il sistema di direzionamento scelto, per entrambe le tratte, è stato il Paratrack®, referenziato ad un campo magnetico artificiale posto in superficie.

Grazie all'accuratezza del progetto e alla validità delle soluzioni tecniche adottate, è stata confermata l'affidabilità di una tecnologia innovativa per il drenaggio profondo di pendii ed aree soggette a rischio di frana. Le lavorazioni sono state oggetto di verifica ispettiva da parte dell'ICIC che ha rilasciato a Trevi spa la certificazione integrata per "Lavori in Spazio Confinato" per realizzazione opere di presa e di drenaggio nei pozzi in conformità alle norme ISO 9001, ISO 14001, OHSAS 18001.



Il calo delle barre di tubo nei pozzi e assemblaggio della condotta in fase di tiro



La piazzola di superficie e la panoramica del cantiere



Protagonista mondiale nel settore dell'ingegneria nel sottosuolo, Trevi ha consolidato, in oltre 50 anni di attività in ogni angolo del mondo, la propria capacità di risolvere qualsiasi problema d'ingegneria nel sottosuolo.

Trevi opera nel settore delle fondazioni speciali, nel consolidamento di terreni, nel ripristino delle dighe, nella costruzione e consolidamento delle gallerie, nei lavori marittimi, nella messa in sicurezza dei siti inquinati, nella costruzione di parcheggi interrati e automatizzati.

Trevi è votata all'innovazione continua e alla costante ricerca di soluzioni per le complesse problematiche che l'ingegneria civile deve affrontare in tutto il mondo. Sperimentazione della tecnologia più avanzata, tradizione imprenditoriale e volontà di investire in ricerca e nelle risorse umane sono i punti di forza di una realtà radicata in oltre 30 paesi.



www.trevispa.com