



DEDALO

gica ← ingegneria → forma

# Realizzazioni di paratie con tecnologie di jet-grouting, idrofresa, CAP-CSP

paratie

Maurizio Siepi, Alessandro Bertero\*

\* Trevi Group  
Servizio Progettazione Ricerca & Sviluppo

A destra:  
sequenza esecutiva della realizzazione di un TREVIPARCK: realizzazioni di pali e scavo, posizionamento dei box prefabbricati, posizionamento dell'ascensore, finitura e arredo urbano

La costruzione di strutture di contenimento strutturali o impermeabili risponde alle necessità più varie nella moderna geotecnica. Nel presente articolo vengono descritte differenti tecnologie per la realizzazione di paratie, unitamente ad alcuni esempi applicativi dove sono state adottate le suddette tecnologie quali: la realizzazione della barriera impermeabile nella miniera di Diavik creata per lo sfruttamento di un giacimento di diamantifero e la costruzione di muri di contenimento; la realizzazione di diaframmi strutturali per la costruzione della stazione della metropolitana di Napoli - Piazza Garibaldi; la realizzazione di diaframmi strutturali per la costruzione di parcheggi interrati automatizzati.

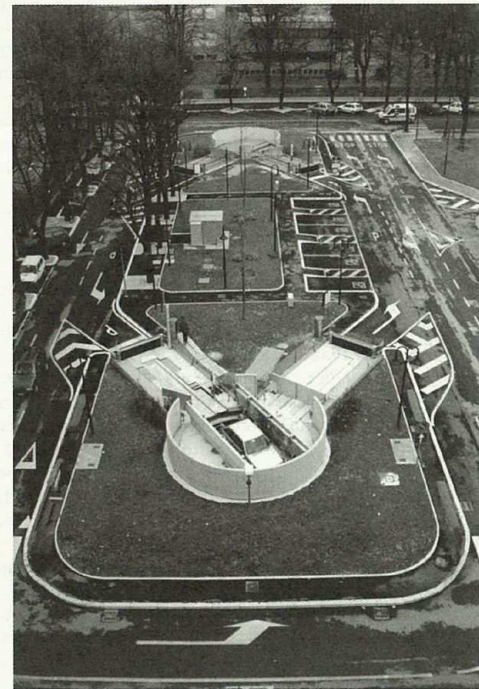
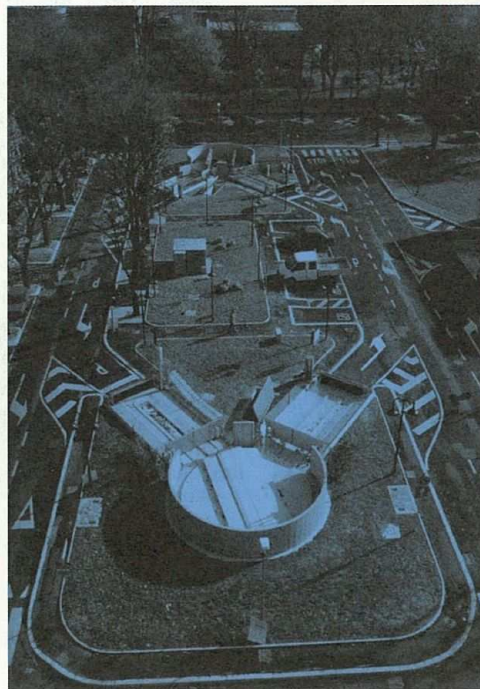
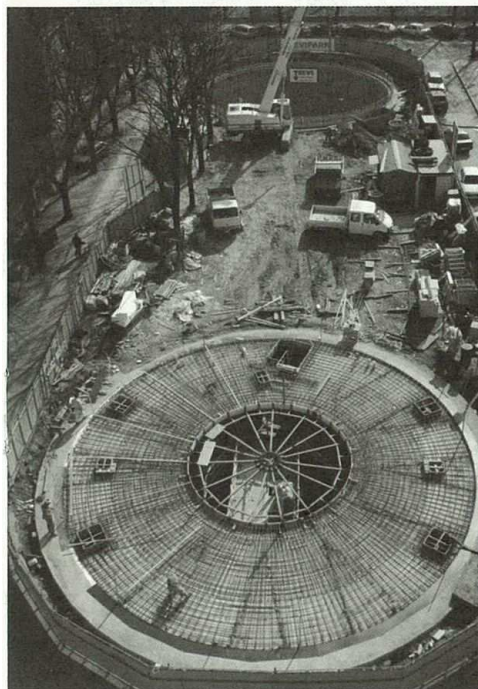
## Paratie realizzate mediante tecnologia jet-grouting.

### Miniera di Diavik (Canada)

Recentemente in Canada sono stati scoperti numerosi giacimenti di diamantiferi. In molti casi il giacimento si trova in condizioni ambientali difficili o addirittura proibitive, come è il caso della miniera di Diavik, in cui il giacimento, costituito da 4 camini kimberlitici (le strutture geologiche in cui si formano i diamanti) si trovano nel mezzo di un lago. Per complicare ulteriormente la già difficile situazione logistica, il lago si trova in un'area remota, a circa 300 km a sud del circolo polare artico, che durante i lunghi inverni viene coperta dai ghiacci. Il campo della miniera può essere rifornito soltanto per via aerea durante la maggior parte dell'anno, e solo per una breve finestra temporale di poco meno di due mesi è possibile sfruttare una strada di ghiaccio per il trasporto delle attrezzature e dei materiali più pesanti. La tecnica scelta per estrarre i diamanti del giacimento è quella dello scavo a cielo aperto. Questa scelta ha comportato in primo luogo la necessità di portare all'asciutto i camini kimberlitici

mediante la creazione di dighe artificiali e il successivo pompaggio dell'acqua. Nel caso specifico il progetto prevede di creare tre dighe distinte, per consentire lo sfruttamento dei 4 camini kimberlitici del giacimento. Il delicato lavoro di sigillatura della barriera con la roccia sottostante per la costruzione della diga denominata Dike A-4128 ha visto all'opera l'azienda italiana Trevi. L'esecuzione del lavoro prevedeva il dragaggio preliminare dei sedimenti lacustri, la posa di aggregati per la realizzazione del corpo diga. Il nucleo impermeabile veniva creato successivamente, mediante tre tecnologie distinte, ovvero la costruzione di diaframmi in calcestruzzo plastico, l'iniezione della roccia sottostante e infine l'esecuzione di una barriera in jet grouting per la sigillatura tra diaframma plastico e roccia. La barriera in jet grouting del dike A-418, aveva uno sviluppo di 826 m, profondità fino a 41 m (circa 60% dei fori oltre i 30 metri di profondità), incluso l'incastro di circa 2 metri nella roccia di base. La profondità del trattamento e la necessità di mantenere un'elevata produttività ha orientato la scelta dell'attrezzatura verso una perforatrice a corsa lunga come la SOILMEC R-312 MP, che consente la perforazione fino a 30 metri senza giunzione di aste. In totale sono state eseguite 1100 colonne jet grouting diametro 1.5 metri, disposte su una unica fila, con spaziatura 0.75 m per formare un muro di 0.80 m di spessore. In totale si sono eseguiti oltre 28,000 metri lineari di perforazione e oltre 6,000 metri lineari di jet grouting. La necessità di garantire la continuità della barriera comportava l'obbligo di mantenere un'elevata rettilineità dei fori, e la necessità di controllare la verticalità di ogni singolo foro prima di cominciare l'iniezione. I parametri di esecuzione del trattamento

Project description and details, including technical specifications and construction notes.



jet grouting potevano così essere adattati per formare una colonna di diametro adeguato alla formazione della barriera progettata. La posizione planimetrica di ogni colonna veniva riportata su un disegno "as-built" per la verifica della corretta sovrapposizione e spessore della barriera. È stato necessario realizzare alcune colonne addizionali per compensare deviazioni eccessive o difetti rilevati dalle registrazioni dei parametri. A causa di un'accelerazione richiesta dal cliente, l'azienda ha cominciato l'attività durante il periodo invernale, iniziando in febbraio 2006 con una sola macchina attiva all'interno di tendoni riscaldati. La fase principale, cominciata in aprile e terminata a fine agosto, ha comportato l'impiego di 3 macchine su doppio turno per 7 giorni alla settimana. I carotaggi hanno confermato la bontà del trattamento. I lavori affidati a Trevi sono stati completati a fine agosto, e il progettista ha dato il via libera per procedere alle operazioni di pompaggio all'interno del bacino creato dalla diga. La filtrazione attraverso la barriera formata sono risultati ampiamente all'interno dei parametri progettuali, con piena soddisfazione del cliente, e hanno consentito di completare le operazioni di pompaggio in anticipo sui tempi stabiliti.

**Diaframmi con idrofresa. Metropolitana di Napoli, stazione Piazza Garibaldi**

Anche nella realizzazione di grandi infrastrutture pubbliche si sta registrando una sempre maggiore richiesta di tecnologie ed attrezzature in grado di realizzare diaframmi a grandi profondità e con elevate precisioni. I diaframmi sono in generale opere esposte per la maggior parte della loro lunghezza, quindi la corretta scelta della tecnologia e dell'attrezzatura, una buona esecuzione e controllo QA/QC

sono indispensabili per evitare danni e costosi lavori di riparazione. In quest'ottica il controllo e la correzione di errori di verticalità risultano di fondamentale importanza viste le severe tolleranze dettate dalla costruzione delle strutture interne, nonché la necessità della continuità del diaframma stesso per fini strutturali e per la tenuta idraulica dei giunti fra pannelli. L'innovazione tecnologica si è quindi orientata allo sviluppo e messa a punto di tecnologie ed attrezzature che consentono di realizzare lo scavo, rilevandone l'andamento delle deviazioni in tempo reale, ed operare le opportune correzioni, tramite particolari dispositivi, al superamento di limiti predeterminati. Questa modalità di scavo è consentita unicamente dalla tecnologia denominata Idrofresa. Il principio di funzionamento della tecnologia Idrofresa si basa su un sistema di perforazione mediante circolazione di fanghi inversa in cui i detriti vengono aspirati e pompati in superficie. Il fango viene quindi vagliato e separato dalla porzione granulare. La stazione della metropolitana di Napoli di Piazza Garibaldi è stata scavata mediante la realizzazione di un grosso pozzo rettangolare (di dimensioni in pianta pari a circa 20x50 metri); le paratie sono state realizzate mediante diaframmi con idrofresa di profondità pari a 50 metri e con uno spessore pari ad 1 m. Per consentire lo scavo delle gallerie di stazione e delle discenderie, sono stati eseguiti anche tiranti sotto falda con sistema "preventer", iniezioni cementizie e chimiche e perforazioni guidate finalizzate al successivo intervento di congelamento artificiale del terreno.

**Diaframmi con tecnologia (Cased Secant Piles)**

**Parcheggi interrati automatizzati**  
La logistica e la complessa gestione delle lavorazioni (spazi ristretti, vicinanza ad edifici,

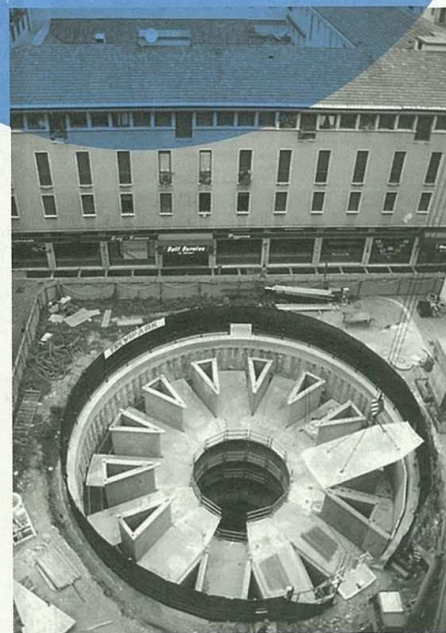
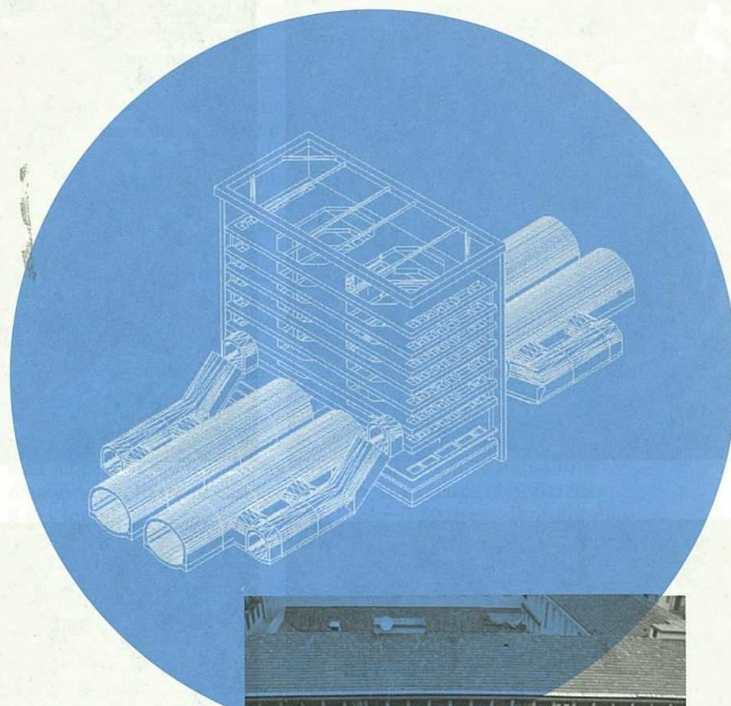


A sinistra: attrezzature Soilmec per l'esecuzione di paratie di pali CSP

In basso: TREVIPARCK in contesto urbano storico

A destra in sequenza: due immagini dei lavori per la metropolitana di Napoli, stazione Piazza Garibaldi

miniera di Diavik (Canada), attrezzature di perforazione utilizzate Soilmec R312/200



rumori, vibrazioni, restrizioni ambientali, tempistiche ristrette, etc) impongono l'utilizzo di tecnologie ed attrezzature innovative in termini di produzioni, garanzia del prodotto e di ridotto impatto ambientale. Implementando la ben nota tecnologia dei pali ad elica continua (CFA), è stata sviluppata la tecnologia CAP (pali ad elica continua rivestiti) e CSP (pali ad elica continua rivestiti secanti). Ne è derivata una famiglia di prodotti che si caratterizza per la velocità ed economicità di esecuzione ed il minimo disturbo. Il sistema CAP-CSP viene particolarmente utilizzato per realizzare pali secanti atti a formare paratie continue strutturali e/o "a tenuta idraulica", indipendentemente dalla geometria dello scavo. Le fasi esecutive prevedono lo scavo del palo infiggendo simultaneamente "casing" ed eliche nel terreno. Una volta che il "casing" è completamente infisso, è possibile continuare lo scavo del palo solo con le eliche. Al termine delle fasi di scavo eliche e rivestimento vengono estratti e contemporaneamente il calcestruzzo viene gettato attraverso il passaggio interno ricavato nell'anima delle eliche. A getto ultimato la gabbia viene inserita nel calcestruzzo ancora fresco tramite il peso proprio o con l'aiuto di un piccolo vibratore. Il diaframma continuo viene realizzato mediante pali secanti, primari e secondari, con opportuna sovrapposizione; in questa applicazione risulta necessaria la realizzazione di murette di guida per garantire il corretto posizionamento planimetrico dei pali e la guida del tubo di rivestimento in superficie. Le attrezzature sono dotate di una strumentazione in grado di registrare e monitorare i parametri esecutivi del palo stesso. Il sistema mostra all'operatore tutti i parametri in real time, semplificando l'esecuzione e garantendo un adeguato controllo qualità. Le attrezzature ad oggi disponibili

consentono di realizzare diametri variabili fra 600 e 1200 mm, con profondità massima tubata di circa 20 m.

*I principali vantaggi della tecnologia CSP sono:* la realizzazione di pali con perforazione a secco (senza l'utilizzo di fanghi bentonitici). I materiali di risulta vengono pertanto estratti allo stato naturale, minimizzando problemi e costi connessi con lo smaltimento degli stessi; alto grado di verticalità e rettilineità di perforazione, derivante dall'utilizzo del rivestimento. La deviazione dalla verticale risulta minore dell' 0,5% - 0,7%; capacità di perforazione praticamente in tutti i tipi di terreno (comprese le rocce medio dure) e di attraversamento di ostacoli quali solette in cls debolmente armato, murature, etc. minimizzazione dell'area e velocizzazione dei tempi di impianto cantiere con possibilità quindi di operare in spazi ristretti (aree urbane); assenza di vibrazioni, percussioni, picchi acustici; possibilità di operare in aderenza a fondazioni esistenti data la presenza del "casing" e di fasi esecutive che evitano la decompressione del terreno. La realizzazione di paratie di pali secanti è stata applicata per la costruzione di pozzi all'interno dei quali vengono poi realizzati i Trevipark, parcheggi sotterranei, meccanizzati, automatici. Il ridotto ingombro della piattaforma di ingresso e di uscita (non ci sono rampe) rende trascurabile l'impatto ambientale, mantenendo l'area limitrofa nella condizione originale senza comprometterne la fruibilità degli spazi. Diversi parcheggi in tutto il mondo sono stati realizzati con questo sistema innovativo.

