

# Efficienza fondamentale

**La sfida: creare il tampono in jet-grouting più profondo d'Europa muovendosi nei ristretti spazi di un contesto urbano di Roma. Lo sfidante: Trevi, lo specialista delle fondazioni in condizioni estreme. Il risultato: la nuova stazione metropolitana "Gondar"**



Piazza Gondar, l'area che ospiterà l'omonima stazione

**S**i dice che l'epitaffio sulla lapide di monsieur Lapalisse recitasse: *"Poco prima di morire, era vivo"*. Con un tale exploit letterario post-mortem non c'è da meravigliarsi se il nome del nobiluomo francese sia rimasto a imperituro sinonimo di quanto di più banale e scontato la mente umana possa immaginare. Dire che Roma ha bisogno di una metropolitana adeguata alla realtà cittadina è, per l'appunto, assolutamente e introvertibilmente lapalissiano. Dopo decenni di difficile gestazione, alla fine del 2005 sono finalmente partiti i lavori di ampliamento della rete metropolitana romana, con la cantierizzazione della nuova Linea "C" e della "B1".

## La Linea "B1"

La costruenda Linea 'B1' è una diramazione della già esistente linea 'B' e collegherà piazza Bologna al G.R.A., per

una tratta di circa 5 km di lunghezza con quattro stazioni e un investimento totale di 475 milioni di euro. Una volta completata, la B1 avrà una capacità di trasporto di 24.000 persone l'ora per senso di marcia e servirà il bacino d'utenza del quadrante nord-est di Roma, nel territorio dei Municipi II, III e IV, popolato da mezzo milione di abitanti che vivono nei quartieri Bologna-Nomentano, Trieste-"Africano", Montesacro e nel cosiddetto "oltre Aniene". Complessivamente stiamo parlando di un'area grande come la città di Bologna, il cui traffico di collegamento con il resto della città si canalizza attualmente su soli due ponti: Ponte delle Valli e Ponte Nomentano. Il tracciato già cantierizzato della nuova B1 è interamente in sotterraneo, per una lunghezza di 3,8 km e comprende tre stazioni: Annibaliano, Gondar e Conca d'Oro. La costruzione delle fondazioni della stazione Gondar è stata affidata

a Trevi Spa. Noi abbiamo visitato il cantiere della Stazione Gondar che, per posizione e caratteristiche progettuali, è stato indiscutibilmente uno dei più "problematici".

## L'intervento richiesto

Il compito di Trevi era porre in essere le fondazioni della stazione. L'intervento ha visto la creazione del perimetro della stazione con circa 210 diaframmi in calcestruzzo armato di 120x280 cm e profondi 54 m. Contemporaneamente si provvedeva a creare un tampono di 12 m di spessore sul "fondo" della futura stazione e, precisamente, tra i 40 e i 52 m al di sotto del livello della strada. La realizzazione del tampono a queste profondità - si tratta del tampono in jet-grouting "più profondo" d'Europa - si lega alla necessità di far correre le gallerie dei treni al di sotto del vicino fiume Aniene e, dopo una lieve risalita, farle giungere alla



Da sx a dx: Giuseppe Damiano, direttore del cantiere; Achille Martella, direttore tecnico di commessa, e Andrea Gunnella, responsabile Progetto e Qualità

banchina della stazione sovrapposte (a causa del limitato spazio laterale disponibile) a una quota di -30 m dal piano campagna. Poiché tutta la struttura si trova al di sotto del livello di falda, una delle principali caratteristiche richieste al tampone è la capacità di in-

crementare l'impermeabilità dell'area stazione. La realizzazione dell'opera ha visto l'allestimento di un cantiere di oltre 3.800 m<sup>2</sup>, diviso in due segmenti diversi per poter mantenere la viabilità sulla strada e in cui hanno lavorato circa 44 persone divise in due turni. Di sup-

porto alle macchine utilizzate per il tampone, il parco mezzi presente sul cantiere ha visto la presenza di un'ampia porzione della gamma prodotti Soilmec, tra cui: un'idrofresa per gli scavi dei diaframmi, quattro motocompressori ad alta pressione 7T 450, due motopompe da 24.000 l/min, due impianti automatici di miscelazione boiaccia GM25 e un agitatore da 12 m<sup>3</sup>. A questi si aggiungono due escavatori a braccio rovescio, silos per stoccaggio cemento e acqua, diverse pompe di complemento utilizzate per il lavaggio e la gestione dei reflui e tutta quella serie di attrezzature medio-piccole indispensabili per il funzionamento di un cantiere, come gruppi elettrogeni, compressori, eccetera.

### Il tampone

"Il tampone - ha spiegato Andrea Gunnella, responsabile progetto e qualità di



Il controllo della fuoriuscita e la costante rimozione dei reflui è stato uno dei principali problemi da risolvere



Le contenute dimensioni della CM 40 hanno consentito di utilizzare contemporaneamente quattro macchine

razione e iniezione sono state utilizzate cinque Soilmec CM-40, macchine nate essenzialmente per l'esecuzione di jet-grouting e micropali ad elevate profondità, che ci hanno consentito di limitare i tempi medi per ogni colonna a circa 100 min per la perforazione e 90 min per la risalita. Parliamo di tempi medi perché abbiamo trovato una composizione del sottosuolo molto eterogenea, con ghiaia su più strati e argilla compatta, che in alcuni casi ha richiesto dei pretrattamenti e creato qualche rallentamento. Per raggiungere la quota necessaria di -52 m dal piano campagna siamo ricorsi all'apposito caricatore, posto al fianco dell'antenna, che innestava automaticamente sull'asta principale tre "prolunghe" da 8 m ciascuna. Per effettuare le operazioni di jet-grouting, inoltre, la macchina è stata attrezzata con una "rotary" passante attraverso la quale scorre l'asta che, in tal modo, riesce a raggiungere profondità maggiori. Terminata la perforazione si è proceduto con l'iniezione della boiaccia di cemento utilizzando la tecnologia jet grouting

Trevi - è stato iniziato nel marzo del 2007 con colonne di terreno trattate realizzate mediante jet grouting da 1.500 mm, sostituiti poi da diametri da 1.800 mm per ridurre consumi e tempi di lavorazione. Il risultato finale è uno strato uniforme spesso 12 m e di circa 3.250 m<sup>2</sup> costitui-

to da 657 colonne da 1.500 mm e 2.685 da 1.800 mm. I lavori si sono conclusi nel gennaio 2009. Il dover limitare i tempi di lavoro ci ha portato a procedere alla progressiva realizzazione del tampone man mano che si procedeva con quella dei diaframmi. Per le operazioni di perfo-



Una delle fasi della posa dei diaframmi



Nonostante le dimensioni e la tipologia di cantiere, doveva essere assicurata la corretta viabilità

bifluido a pressioni tra le 400 e le 500 atmosfere, provvedendo contemporaneamente a controllare e rimuovere il refluo in risalita. Nella posa delle colonne, onde evitare possibili deviazioni e la creazione di porzioni di terreno liquefatto troppo estese, è stato scartato il sistema 'fresh to fresh' e si è proceduto creando colonne primarie, secondarie e terziarie".

### Problemi e soluzioni

Le soluzioni adottate da Trevi per far fronte ai diversi problemi operativi ci sono state esposte da Giuseppe Damiano, direttore del cantiere. "Per poter assicurare sempre la viabilità a mezzi privati e pubblici abbiamo dovuto dividere l'area cantiere in due zone distinte e operarvi alternativamente invece che contemporaneamente, spostando di volta in volta il traffico.

Il problema degli spazi ristretti è stato risolto approntando macchine (nello specifico si è trattato di CM-40 Soilmec) fornite di antenne per poter raggiungere le profondità richieste senza aumentare l'ingombro dei mezzi. Questo sistema ci ha permesso di tenere in funzione contemporaneamente quattro mezzi, con un notevole risparmio di tempo nell'esecuzione dei lavori. Una volta impostati tutti i parametri operativi (la CM-40 è comunque in grado di gestire automaticamente tutto il lavoro) è stato lasciato all'operatore solo l'incombenza del controllo da eseguirsi tramite un apposito display. Altro problema è stato quello legato alla necessità di mantenere l'area dei lavori costantemente libera dai materiali di risulta e boiaccia di cemento del jet grouting, nonché l'assoluta necessità di evitare sovrappressioni che avrebbero danneggiato le costruzioni adiacenti. Se il primo problema richiedeva una soluzione di ottimizzazione logistica, il secondo ci ha visto mettere in campo tutta una serie di tecnologie di monitoraggio alle quali fare riferimento costantemente, con rilevamento dei dati ogni sei minuti circa. Attualmente la fase operativa è conclusa e, prima della consegna dei lavori, stiamo procedendo alle consuete verifiche attraverso carotaggi di controllo e rilevamenti con sonde termometriche. Finora

### CM-40JM – Caratteristiche principali

#### Argano

Tiro massimo (1° strato)	kN	24
Velocità massima (3° strato)	m/min	92
Diametro fune	mm	22
Lunghezza fune	M	69

#### Morsa di bloccaggio

Dimensioni nominali	mm	60-315
Forza chiusura massima	kN	192
Coppia di svitamento	daN.m	4.380

#### Motore diesel

Potenza erogata	kW	Cummins 6BTA 5,9 132 a 2.500 giri/min
-----------------	----	--

#### Carro cingolato

Lunghezza	mm	4.650
Larghezza	mm	2.500-3.800
Larghezza pattino	mm	600
Velocità	km/h	2
Pressione al suolo	MPa	0,079
Forza trazione massima	kN	297

#### Testa di rotazione

Coppia massima	daN/m	2.400
Giri massimi	giri/min	191

#### Antenna

Corsa utile	mm	18.500
Forza spinta	kN	100
Tiro max. argano	kN	100
Velocità massima	m/min	20





La dotazione del cantiere ha visto la presenza di un'ampia porzione della gamma prodotti Soilmec, ma anche quella di numerose attrezzature e mezzi di supporto.

non sono stati rilevati problemi e si sta cominciando a costruire il primo solaio”.

### Le sfide future

“La difficoltà tecnica della creazione di un tampone a queste profondità – ha concluso Achille Martella, direttore tecnico di commessa di Trevi – è stata amplificata dalle particolari condizioni ambientali. Innanzitutto abbiamo dovuto muoverci in piena città, in una zona a forte vocazione commerciale. Ciò ha significato il dover garantire comunque la viabilità. Altro problema è stato quel-

lo degli spazi ristretti in cui ci siamo dovuti muovere sia sopra che sottoterra. Non è una novità che, dove la creazione di una fondazione richieda un lavoro ad alta espressione tecnica e tecnologica e imponga condizioni operative particolarmente difficili, il lavoro venga affidato a Trevi. Anche in questo caso, nonostante tutti i limiti e le difficoltà con cui ci siamo misurati, siamo riusciti a ottenere il massimo risultato nei tempi previsti. Con il lavoro della stazione di piazza Gondar ci siamo dovuti misurare con una serie di difficoltà di carattere logistico,

ma dal punto di vista tecnico abbiamo concluso con successo un lavoro come nessun'altro in Europa. Data la profondità in cui il tampone andava posizionato, le macchine sono state sfruttate ai massimi limiti delle loro possibilità tecniche senza per questo dare alcun problema, ma sono già in fase di sperimentazione attrezzature in grado di superare abbondantemente i limiti stabiliti in questo lavoro. È il caso di un'idrofresa in grado di perforare fino a 90 m di profondità”.

5

SERBATOIO MONTABILE  
PER IL RECUPERO DI FIANCHI  
DI FONDAZIONE E STABILIMENTO BASSA



## Serbatoio Tipo "T"

- Rimovibile e totalmente montabile in spazi ristretti
- Facile di montaggio e smontaggio
- Massimo risparmio durante il trasporto
- Semplice d'uso
- Resistente
- Inossidabile
- Capacità da 1 a 90 MC.



**SO.CAP.**

SO.CAP. S.p.A. - Via S. Felice, 10 - 00144 Roma (RM)  
Tel. 06/478011 - Fax 06/47801211  
E-mail: info@so.cap.it