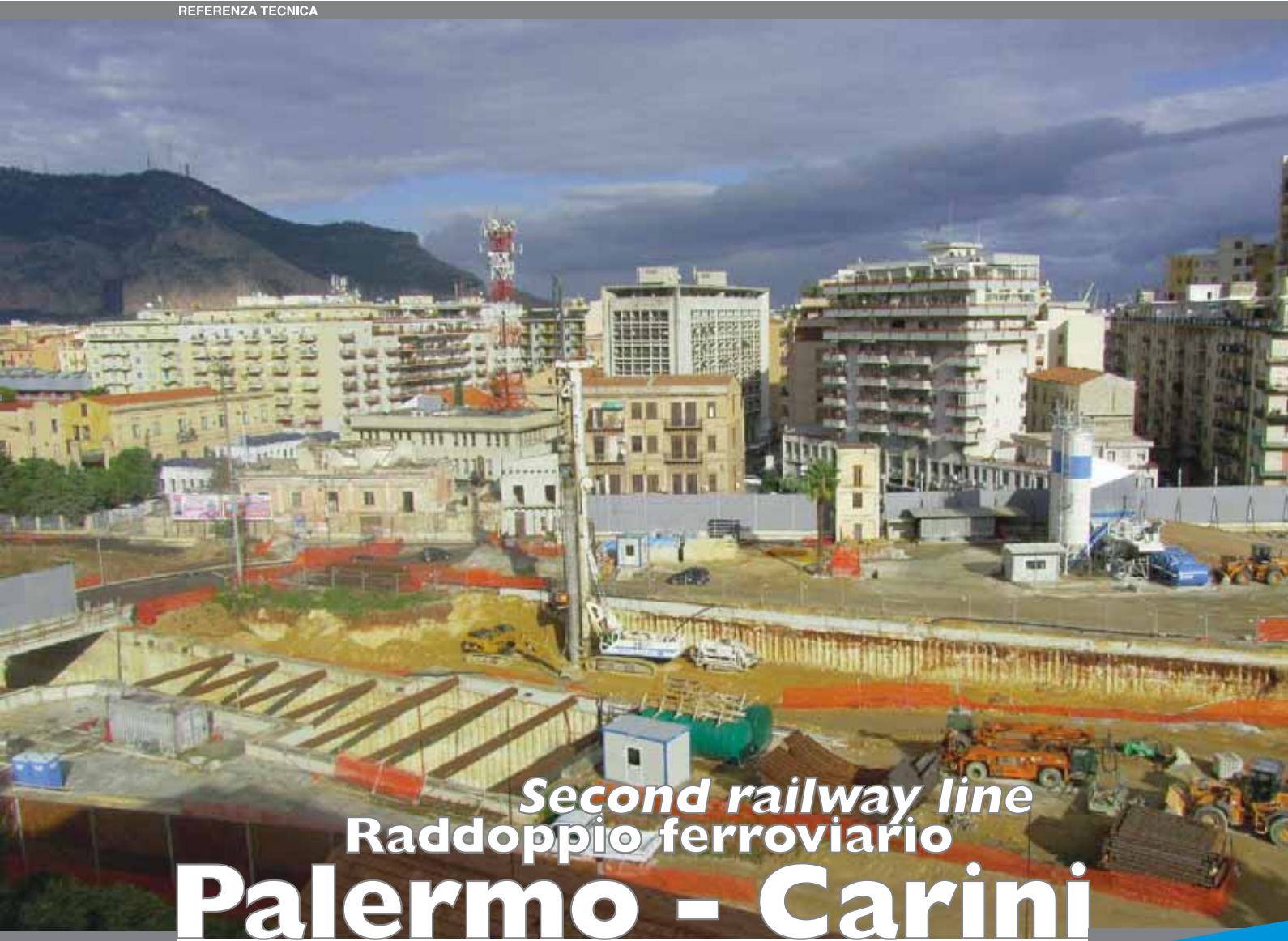


worldwide leader in the foundation engineering field



REFERENZA TECNICA



*Second railway line*  
Raddoppio ferroviario  
**Palermo - Carini**



Italia

**Pali Secanti**  
Secant Piles

Cliente : Owner :	Consorzio Stabile SIS S.C.P.A. - Torino
Contrattista principale : Main Contractor :	RFI
Durata dei lavori : Duration of work :	2008 - 2012 (previsto/estimated)

## Introduzione

RFI, la società che gestisce le infrastrutture ferroviarie italiane, ha dato inizio ad una serie di interventi mirati all'ammodernamento della rete ferroviaria urbana ed extraurbana nell'area di Palermo. **Il progetto copre una vasta linea ferroviaria estendendosi per oltre 30 km, di cui 20 km nell'area urbana del capoluogo siciliano e prevede, inoltre, la costruzione di 22 stazioni.** Con l'obiettivo di snellire il caotico traffico palermitano, verranno realizzati 7 km di galleria artificiale metropolitana.

Il cantiere si sviluppa dalla zona di Brancaccio, all'estrema periferia orientale della città, fino a Carini, dove si raccorda alla linea che porta all'aeroporto internazionale "Falcone-Borsellino".

La geologia del sito è caratterizzata dalla presenza di banchi e strati di calcarenite quaternaria, con resistenze a compressione semplice

## Introduction

RFI is the company managing the Italian railway infrastructure. They started a number of interventions for the modernization of the urban and suburban railway lines in the area of Palermo. The project involves an important railway line covering over 30 km – 20 km of which run through the urban area of the capital city of Sicily - and also includes the construction of 22 railway stations. In order to streamline the chaotic traffic in Palermo, an urban 7-km artificial tunnel will be built. The jobsite stretches from the Brancaccio area, in the farthest eastern suburbs of the city, to Carini where it joins the line leading to the international airport "Falcone-Borsellino".

The site geology is characterized by the presence of quaternary calcarenite banks and layers with simple compression resistance (UCS) of 15-20 MPa. Considered as a whole, the Palermo project



(UCS) fino a 15-20 MPa.

Nella sua interezza, questo di Palermo, è forse il più grande lavoro in corso di pali secanti per la formazione di diaframmi, con un totale di circa 300.000 m di pali da eseguire.

I cantieri dovevano essere ubicati, per la maggior parte del tempo, nell'area urbana. Era quindi necessario poter eseguire il lavoro mantenendo, per il maggior tempo possibile, attiva la linea ferroviaria esistente e minimizzando lo spazio delle aree di cantiere, le emissioni

## Lavori eseguiti

Il pali CSP/CAP sono pali ad elica tubati, accostati (CAP) o secanti (CSP). Una tecnologia ideale per i cantieri dislocati all'interno dei centri urbani, in quanto elimina vibrazioni e disturbi alle strutture adiacenti, riduce le emissioni acustiche ed evita l'utilizzo dei fanghi bentonitici di perforazione. Ciò comporta una notevole semplificazione nello smaltimento del materiale di risulta. Con la tecnologia CSP è possibile operare in aderenza a fondazioni esistenti evitando la decompressione del terreno e garantendo una precisione assoluta: l'utilizzo di una doppia

is likely the largest intervention of secant piles for the creation of a diaphragm wall currently underway: roughly 300,000 piles will be drilled.

As the jobsites had to be placed in the urban area most of the time, it was necessary to keep the existing railway line running as much as possible, while carrying out the works, and minimize the size of the jobsites, noise emissions, vibrations and pollution from debris. To meet the said needs, the CSP technology was adopted to build the excavation retaining diaphragms.

## Works carried out

The CSP/CAP are cased augered piles, either lined (CAP) or secant (CSP). It is an ideal technology for jobsites in urban centres, in that it eliminates vibration and disturbances to adjacent structures, reduces noise emissions and avoids the use of bentonite mud for drilling. This greatly simplifies disposal of debris. With the CSP technology it is possible to work in adherence with existing foundations by avoiding soil decompression and ensuring absolute accuracy: the use of two

rotary ( una sul rivestimento e l'altra sull'elica continua) assicura un alto grado di verticalità di perforazione, con deviazione dalla verticale anche inferiore allo 0,5%

Le fasi esecutive prevedono lo scavo del palo con infissione simultanea nel terreno del tubo di rivestimento e delle eliche. Quando il rivestimento è completamente infisso lo scavo del palo può continuare solo con le eliche. terminate le fasi di scavo si procede all'estrazione delle eliche e del rivestimento; in contemporanea il calcestruzzo viene gettato attraverso il passaggio interno ricavato nell'anima delle eliche. A getto ultimato, la gabbia è inserita nel calcestruzzo ancora fresco. Il diaframma continuo è assicurato mediante l'opportuna sovrapposizione di pali secanti, primari e secondari.

Per l'esecuzione dei pali CSP, Trevi ha scelto le perforatrici idrauliche multifunzionali Soilmec: la **R-825**, **CM-120** e la **SR-90**. Le macchine hanno perforato sino ad una profondità di 25 m con un diametro di 920

*rotary heads (one for the casing and one for the continuous flight auger) ensures a high level of drilling verticality, with less than 0.5% deviation from the vertical position.*

*In the operating phases piles are drilled with simultaneous driving of the casing and auger into the soil. When the casing is fully driven in the soil, pile drilling can continue with the auger only. Once drilling is completed, the auger and casing are extracted; at the same time concrete is injected through the hollow stem of the auger. Once concreting has been completed, the cage is placed into the still wet concrete. The continuous diaphragm is constructed with secant primary and secondary piles, properly overlapped.*

*For the construction of the CSP, Trevi used Soilmec multipurpose hydraulic drilling rigs **R-825**, **CM-120** and **SR-90**. Drilling was carried out at a depth of 25 m; pile diameter was 920 mm and an 80 mm-overlapping between primary and secondary piles was maintained.*



mm, tenendo, tra i pali primari e secondari, una sovrapposizione di 80 mm.

Dove possibile la costruzione del tunnel per la metropolitana e di sottopassaggi stradali sono stati eseguiti in fasi differenti cercando di assicurare la continuità della rete ferroviaria e stradale esistenti e del traffico urbano cittadino. Si riporta come esempio il **tunnel WBS GA17** per il quale si è reso necessario l'interramento sia dell'attuale linea che del secondo binario. La composizione del terreno è principalmente formata da calcareniti dense fino a circa 10 m, seguite da argilla e limi.

Le principali **fasi di lavorazione** sono così composte:

- La costruzione di una prima parete laterale, attraverso la tecnologia CSP, senza interruzione dell'attuale tracciato ferroviario
- Esecuzione di una parete intermedia, tramite l'utilizzo di una sonda per micropali
- Costruzione del mezzo piano di copertura
- Deviazione del traffico all'interno della mezza galleria costruita o sopra al mezzo piano di copertura
- Costruzione della seconda parete laterale attraverso la tecnologia CSP

*Whether possible, the tunnel and road underpasses were built in different phases, in order not to interrupt the existing railway line and roads, as well as the road circulation in the urban area. The **WBS GA17 tunnel** is mentioned as an example: in this case, both the existing line and the second track had to be placed underground. The soil mainly consists of dense calcarenite formations up to 10 m, followed by clay and silt.*

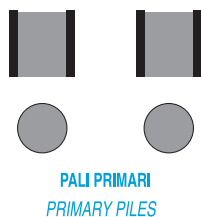
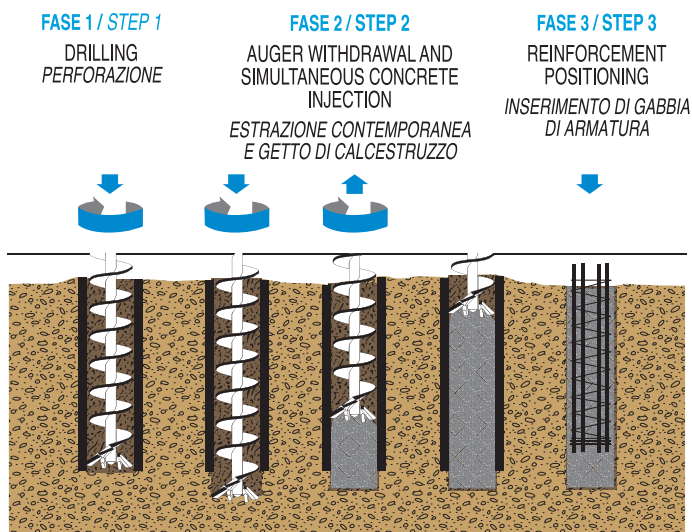
*The main working phases are the following:*

- Construction of a first lateral wall by CSP technology, with no interruption of the current railway route
- Construction of an intermediate wall by using a probe for micropiles
- Construction of half of the coverage level
- Deviation of the circulation inside half of the tunnel built or above the half coverage level
- Construction of the second lateral wall by CSP
- Completion of the coverage level
- Construction of the two final lines inside the artificial tunnels

*Given the needs to be satisfied in terms of low environmental impact*

- Completamento del piano di copertura
- Costruzione delle due linee definitive all'interno della galleria artificiale

– works carried out in the centre of the populous city of Palermo – and high productivity with limited costs, the use of the CSP technology



Alla luce di quanto richiesto per un'opera che tenesse conto sia del basso impatto ambientale richiesto, lavorando nel centro urbano di una città popolosa come Palermo, sia della necessità di poter comunque sostenere una produzione elevata e contenere i costi, la scelta della tecnologia CSP mediante le potenti perforatrici Soilmec R-825, CM-120 e SR-90 si è rivelata vincente. Infatti, malgrado la necessità di effettuare frequenti spostamenti all'interno del perimetro cittadino - durante i primi due anni di lavoro le macchine hanno percorso più di 30 km - si è raggiunta una **media giornaliera di 78 m di pali secanti** per macchina.

and the powerful Soilmec drilling rigs R-825, CM-120 and SR-90 was very successful.

Indeed, despite the frequent movements inside the city - during the first two years the rigs travelled more than 30 km - a **daily average of 78 secant piles** per machine was achieved.



5819, via Dismano - 47522 Cesena (FC) - Italy  
Tel. +39.0547.319311 - Fax +39.0547.318542  
e-mail: [segreteriaitalia@trevispa.com](mailto:segreteriaitalia@trevispa.com)  
[www.trevispa.com](http://www.trevispa.com)