



nihil difficile volenti



nihil difficile volenti



Presentazione Introduction	5
Elettrodotto terna Electric power line "terna"	7
Gallerie stradali sulla SS106 "Jonica" Road tunnels on national road SS106 "Jonica"	13
Risanamento strutturale ed adeguamento funzionale dei silos verticali per cereali sul molo di levante del porto di Torre Annunziata (Napoli) Structural rehabilitation and functional adjustment of the vertical silos for the cereals on the east pier of Torre Annunziata (Naples) harbour	17
Metropolitana di Napoli – Linea 1 Naples Underground – Line 1	21
Parcheggio Morelli a Napoli Morelli Car Park in Naples	31
Prolungamento Linea A Metro Roma Extension of Rome Underground Line A	35
Lavori per la realizzazione della Metropolitana di Roma – Linea C Excavation works for the Rome Underground – Line C	41
Variante di Valico The "Variante di Valico"	47
Alta Velocità High-Speed Railway Lines	51
Metropolitana di Genova tratta De Ferrari – Brignole Genoa Underground: De Ferrari - Brignole section	59
Park San Giusto – Trieste San Giusto Car Park – Trieste	67
Metropolitana automatica di Torino Automatic Turin Underground	73
Metropolitana di Varsavia -II linea Warsaw Underground - Line II	77



## L'azienda

## The Company

La CIPA S.p.A. fondata nel 1986 con un patrimonio centenario di cultura dell'ingegneria civile alle spalle, rappresenta oggi un punto di riferimento nel mercato delle opere di ingegneria nel sottosuolo in Italia e in Europa.

La sua attività comincia realizzando gallerie di piccolo e medio diametro e pozzi per poi passare, nel corso degli anni, al mercato dei grandi diametri e dei consolidamenti. Oggi realizza anche opere di ingegneria come parcheggi interrati e demolizioni controllate.

Grazie alla qualità del proprio personale ed alla continua evoluzione delle tecnologie e delle attrezzature aziendali CIPA S.p.A. continua a meritare la fiducia dei propri committenti.

Il suo punto di forza sono la passione e la dedizione che la accompagnano da oltre vent'anni e fanno di CIPA una grande famiglia. Per questo la CIPA S.p.A. , pur estremamente attrezzata, considera il proprio più grande capitale quello umano.

*CIPA S.p.A. was founded in 1986. With its centenary cultural heritage in the field of civil engineering, CIPA is a benchmark in the market of underground engineering works not only in Italy but also in Europe. It began its activity with galleries and wells of small and medium diameter and then in the course of time, it moved towards large diameter galleries and consolidation works.*

*It also operates in the fields of controlled demolitions and building of underground parkings.*

*Thanks to its skilled personnel and to the continuous development of technologies and tools, CIPA is a really trusted company.*

*Its strong points, after more than 20 years, are the passion and commitment to work that make it like a great family. For this reason CIPA S.p.A. while highly equipped with tools and technologies, considers its personnel to be its most important capital.*



# Elettrodotto terna

## Electric power line "terna"

### Nuovo elettrodotto in doppia terna a 380 kV Sorgente-Rizziconi

Il "Collegamento in sotterraneo tra la località di approdo di Favazzina dei cavi marini e la verticale della Stazione Elettrica di Scilla" è un'opera che è parte integrante del nuovo elettrodotto a 380 kV c.a. in doppia terna Sorgente-Rizziconi di collegamento tra la Sicilia e la Calabria.

Le opere in progetto consistono principalmente in una galleria sub-

### New double-circuit transmission line, 380 kv Sorgente-Rizziconi

The "underground link between the Favazzina arrival locations of the submarine cables and the vertical of the Scilla electric power station" is a work that is an integral part of the new double-circuit transmission line, 380 kV, AC, Sorgente-Rizziconi, to link Sicily and Calabria.

The designed works consist mainly of a sub-horizontal tunnel, 2,842 metres in length, excavated by blind hole, and a vertical shaft more than 300 metres deep, which will make it possible to bring the cables from the sea arrival in Favazzina to the Scilla electric power station, located at an elevation of approximately 630 metres above sea level.

The first section of tunnel, 100 metres in length, was excavated by traditional method to allow a part of the TBM to be inserted, and the railway and road underpass and the first, more superficial section of lost and altered rock to be overcome.

In this work, CIPA took part by building the first 100 metres of the Favazzina tunnel by traditional excavation, the vertical shaft (pre-lining and final lining) and connection with the tunnel.

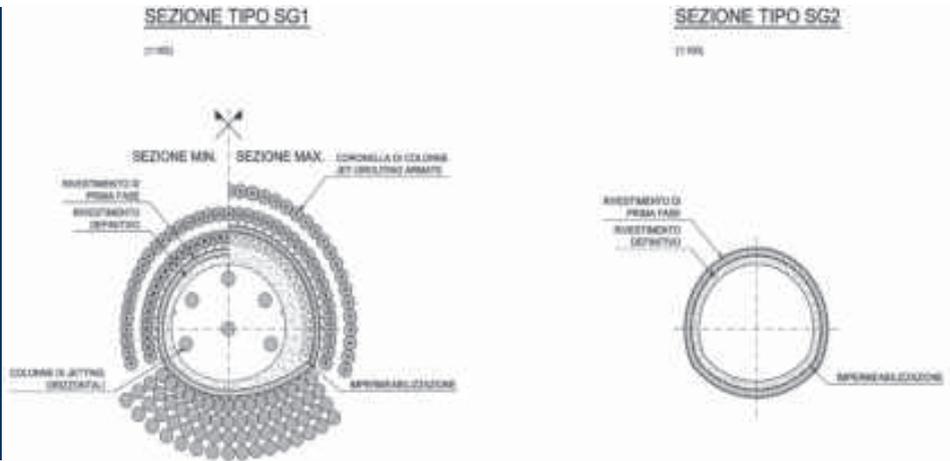
### Sub-horizontal tunnel - Favazzina

The sub-horizontal tunnel starts near the Favazzina beach. In its layout, the route develops with an initial, straight section of ap-



Inquadramento delle opere    
 Setting of the works

- Sezione tipo SG1
- Section type SG1
  
- Sezione tipo SG2
- Section type SG2



orizzontale di lunghezza pari a 2842 m scavata a foro cieco ed in un pozzo verticale di oltre 300 m di profondità, che consentiranno di portare i cavi dall'approdo marino a Favazzina fino alla Stazione Elettrica di Scilla, posta alla quota di ca. 630 m sul livello del mare.

Il primo tratto di galleria di lunghezza pari a 100 m è scavato in tradizionale per consentire l'inserimento di una parte della TBM, nonché il superamento del sottopassaggio ferroviario e stradale e del primo tratto più superficiale di roccia allentata ed alterata. In quest'opera la CIPA è partecipe con la realizzazione dei primi 100 metri della Galleria Favazzina con scavo in tradizionale, il pozzo verticale (pre-rivestimento e rivestimento definitivo) e il raccordo con la galleria.

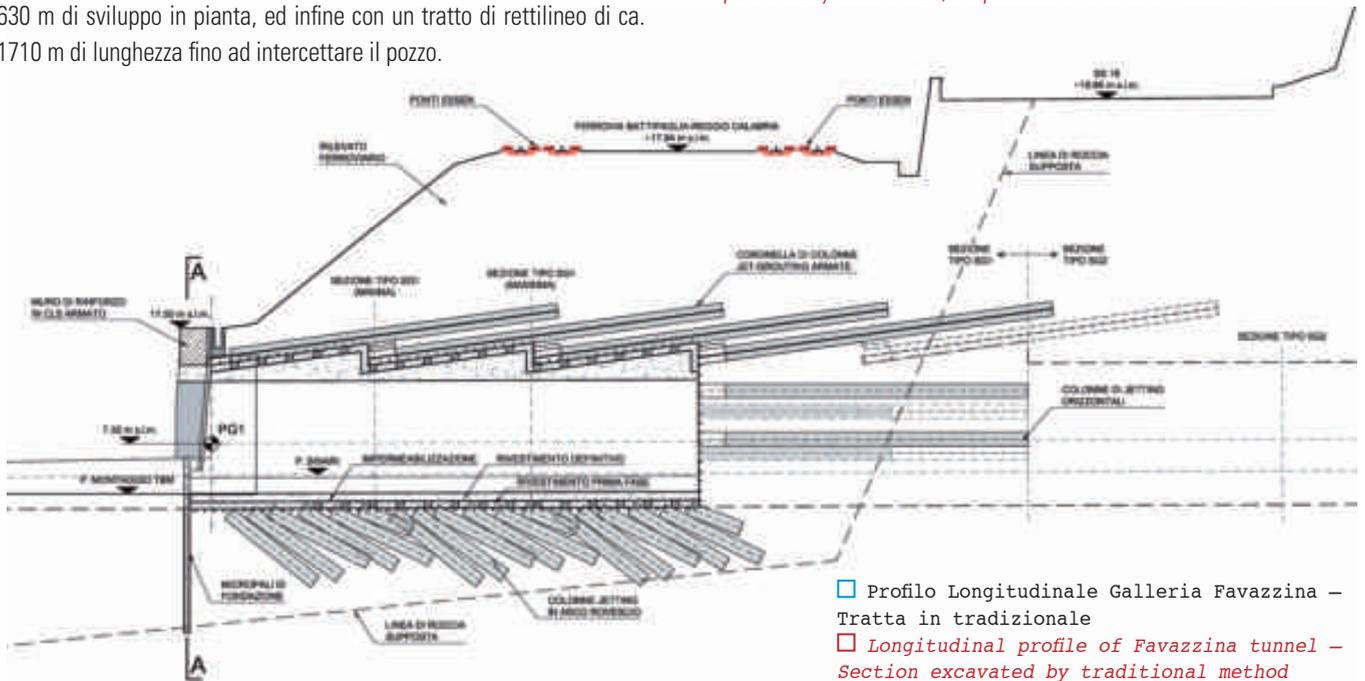
### Galleria sub-orizzontale- Favazzina

La galleria sub-orizzontale imbocca nei pressi della spiaggia di Favazzina. In planimetria il tracciato si sviluppa con un primo tratto in rettilineo di ca. 500 m di lunghezza, all'incirca perpendicolare alla linea di costa, poi con un'ampia curva destrorsa (R=500 m) che percorre ca. 630 m di sviluppo in pianta, ed infine con un tratto di rettilineo di ca. 1710 m di lunghezza fino ad intercettare il pozzo.

*proximately 500 metres in length, roughly perpendicular to the coast-line, then with a large curve to the right (R=500 m) which runs for about 630 metres in length on plan, and lastly with a straight section for about 1,710 metres in length until crossing the shaft.*

*The tunnel crosses, for almost its entire length, the crystalline/meta-morphic base of the Calabrian arch. Only in approximately the first 30-40 metres starting from the entrance on the Favazzina coastline the tunnel is excavated in the loose ground that constitutes the railway embankment of the Battipaglia-Reggio Calabria line and the embankment of national road S.S.18.*

*For the first 30-40 metres, the excavation of the railway and road underpass was by truncated cone section (section type SG1) with pre-consolidation at the edge of the cavity consisting of a ring of jet-grouting reinforced with steel forepoling, and consolidation of the face and in invert with jet grouting alone. The excavation is full section, by mechanical equipment using no explosives. The feed will be approximately 1.00 metre, to permit the immediate installation of the*





Sezione SG1   
 Section SG1

La galleria attraversa per la quasi totalità della sua lunghezza il basamento cristallino-metamorfico dell'Arco Calabro. Solo nei primi 30-40 m ca. a partire dall'imbocco sul litorale di Favazzina la galleria è scavata nei terreni sciolti che costituiscono il rilevato ferroviario della linea Battipaglia-Reggio Calabria ed il rilevato stradale della S.S.18.

Per i primi 30-40 metri lo scavo del sottopasso ferroviario e stradale è a sezione troncoconica (sezione tipo SG1) con preconsolidamento al contorno del cavo costituito da una coronella di jet-grouting armati con infilaggi metallici, e consolidamento del fronte ed in arco rovescio con solo jet grouting. Lo scavo è a piena sezione e con l'utilizzo di mezzi meccanici senza l'impiego di esplosivi. Gli sfondi saranno di ca. 1.00 m, per consentire l'immediata posa in opera del prerivestimento costituito da centine metalliche e spritz-beton.

Per il tratto rimanente ovvero 60-70 metri (sezione tipo SG2), la galleria è a sezione corrente, priva di consolidamenti, da scavare con l'esplosivo fermo restando il pre-rivestimento con centine e spritz beton. Il rivestimento definitivo, previa posa dell'impermeabilizzazione, è eseguito in due fasi principali, la prima nei primi 30-40 metri a completamento della sezione SG1 e il rimanente al raggiungimento dei 100 m di scavo corrispondente al completamento della sezione SG2.

*pre-lining consisting of steel ribs and shotcrete.*

*For the remaining section, which is to say 60-70 metres (section type SG2), the tunnel is by current section, without consolidation, to be excavated by explosive, without prejudice to the pre-lining with ribs and shotcrete.*

*The final lining, after the waterproofing was put in place, was done in two main phases, the first in the first 30-40 metres completing section SG1 and the rest upon reaching 100 metres of excavation, corresponding to the completion of section SG2.*

### Vertical shaft

*The vertical shaft starts inside the Melia electric power station, owned by TERNA, and joins the tunnel described above.*

*The vertical shaft is excavated by traditional method from top to bottom, with maximum feeds equal to approximately 2.00 metres, enable the immediate installation of the pre-lining and the draining system, which is characterized by a height of more than 300 metres and an excavation diameter equal to about 7 metres.*

*The water bailing system is sized to handle inrush in volumes of up to 40 litres/second and consists of dual pumps in series, housed in the*





- Installazione di cantiere Melia- Carroponte
- Installation of Melia work site - Crane

*niches made for this purpose in the shaft about every 50 metres. A crane is used to pull up and down the equipment to be employed in the excavation (Jumbo drill – Excavator with bucket and/or hydraulic rock breaker – shotcrete pump – etc.), the materials to be used in the various working phases (ribs – steel sections – etc.), and the metal service platform.*

*The shaft entrance is reinforced with a concrete collar with mixed steel/VTR reinforcement. The shaft's excavation, corresponding with the initial section in sand includes the execution of section type SP1, which calls for pre-consolidation of the edge of the excavation using two jet-grouting rings partially reinforced with steel forepoling. This intervention allows the excavation to advance safely.*

*Since the initial section affects soil consisting of weakly cemented sands, it was possible to conduct the excavation without using explosives, while adopting this section type to a depth of approximately 60 metres.*

*The shaft's excavation continues after 60 metres with the use of explosives (SP2), with the drill and blast method by a Jumbo with two hydraulic drifters.*

*Section type SP2 calls for a permanent drainage system and the use of inter-tie elements embedded within the final lining.*

*The final lining is in fibre-reinforced concrete, executed in the lift starting from the bottom.*

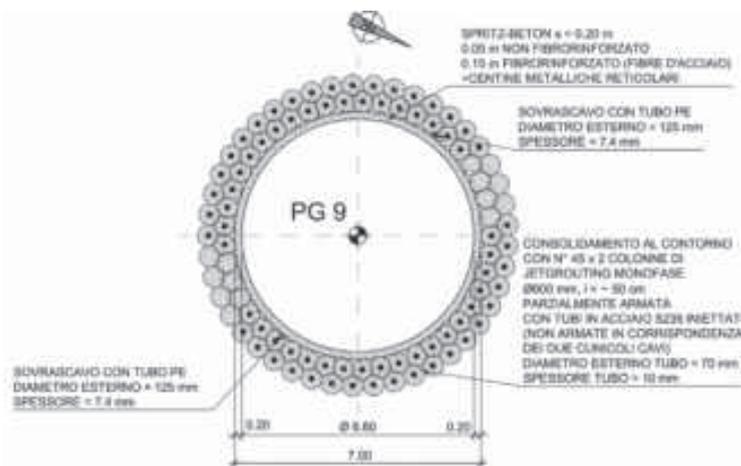
## Pozzo verticale

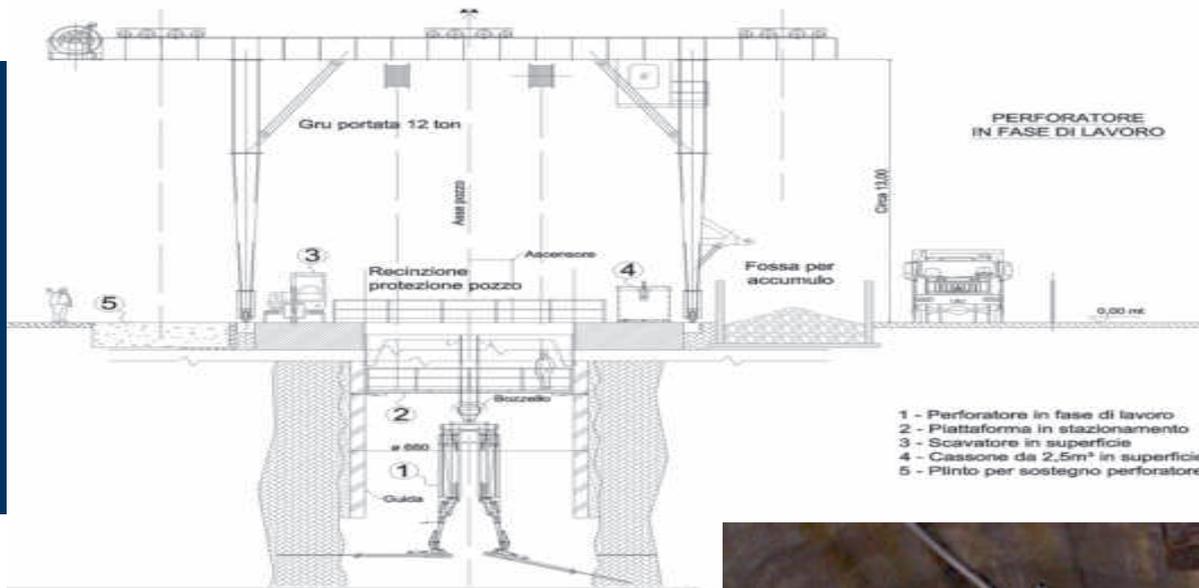
Il pozzo verticale parte all'interno della Stazione Elettrica di Melia, di proprietà TERNA, per congiungersi alla galleria sopra descritta.

Il pozzo verticale è scavato in tradizionale dall'alto verso il basso con sfondi massimi pari a ca. 2.00 m, per consentire l'immediata posa in opera del prerivestimento ed il sistema di drenaggio, ed è caratterizzato da un'altezza di oltre 300 metri e un diametro di scavo pari a circa 7 m. Il sistema di aggotamento delle acque è dimensionato per far fronte a venute con portata sino a 40 litri/secondo ed è costituito da pompe duplici in serie alloggiate nelle nicchie appositamente realizzate nel pozzo ogni ca. 50 metri.

- Sezione tipo SP1
- Section type SP1

- Sezione tipo SP1 in fase di realizzazione
- Section type SP1 in the construction phase





Fase di scavo sezione tipo SP2   
 Phase of excavation of section type SP2

Un carroponete consente il tiro in alto ed in basso delle attrezzature da utilizzare per l'esecuzione dello scavo (Jumbo perforatore – Escavatore dotato di benna e/o martellone idraulico – pompa per spritz-beton – etc.), dei materiali da impiegare nelle varie fasi lavorative (centine – profilati metallici – etc.) e della piattaforma metallica di servizio.

L'imbocco del pozzo è rinforzato con un collare in calcestruzzo con armatura mista acciaio/VTR. Lo scavo del pozzo, in corrispondenza della prima tratta in sabbia, vede la realizzazione della sezione tipo SP1, che prevede il preconsolidamento del contorno dello scavo per mezzo di due coronelle di jet-grouting parzialmente armate con infilaggi metallici. Tale intervento consente l'avanzamento in sicurezza dello scavo. Poiché la tratta iniziale interessa i terreni costituiti da sabbie debolmente cementate, è stato possibile condurre lo scavo senza l'utilizzo dell'esplosivo adottando tale sezione tipo fino alla profondità di circa 60m.

Lo scavo del pozzo prosegue dopo i 60m con l'utilizzo di esplosivo (SP2), con le volate di sparo eseguite in fori realizzati da un Jumbo dotato di due perforatrici idrauliche.

La sezione tipo SP2 prevede un sistema di drenaggio permanente e l'utilizzo di elementi rompitratta annegati all'interno del rivestimento definitivo.

Il rivestimento definitivo è in calcestruzzo fibrorinforzato ed è eseguito in risalita a partire dal fondo.

### Raccordo galleria-pozzo

Queste le fasi esecutive di realizzazione della camera di raccordo tra la galleria con TBM ed il pozzo in tradizionale:

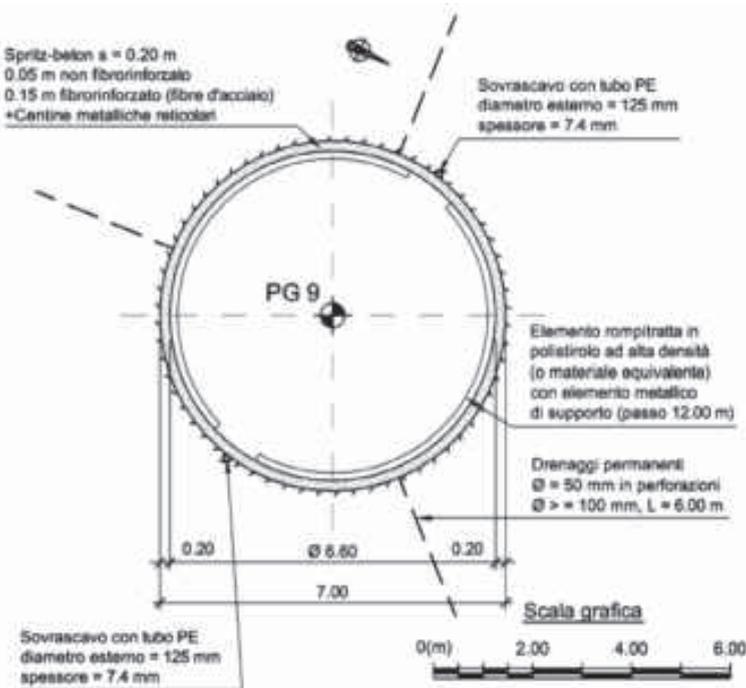
- Iniezioni cementizie nell'ammasso interessato dalle operazioni di scavo della camera di raccordo durante le operazioni di scavo del pozzo;
- Anello di rinforzo in calcestruzzo armato tra le quote 282.85 e 281.85



### Tunnel-shaft connection

*These are the executive phases for building the chamber connecting the tunnel with the TBM and the shaft by traditional method:*

- *Jet-grouting in the mass affected by the operations to excavate the connection chamber during the shaft excavation operations;*
- *Reinforced concrete reinforcement ring between elevations 282.85 and 281.85 metres a.s.l. during the shaft excavation;*
- *Continuation of the shaft excavation and securing of the excavation walls;*



- Sezione tipo SP2
- Section type SP2

m s.l.m. durante lo scavo del pozzo;

- Continuazione dello scavo del pozzo e messa in sicurezza delle pareti di scavo;
- Scavo e consolidamento delle due gallerie (SG3 e SG4) costituenti la camera di raccordo;
- Getto di base in c.a. dove avverrà la traslazione della TBM;
- Costruzione di due pilastri in c.a. (curvilinei) al di sotto dell'anello di rinforzo;
- Realizzazione di una trave in c.a. di rinforzo in corrispondenza della sezione di arrivo della TBM;
- Realizzazione di un diaframma in calcestruzzo armato con VTR contro la quale la TBM termina il lavoro di scavo;
- Realizzazione di due pozzetti di raccolta delle acque di drenaggio dopo la rimozione della TBM;
- Posa in opera del rivestimento definitivo in calcestruzzo armato con fibre non metalliche;
- Getto finale platea in calcestruzzo. ■

- Excavation and consolidation of the two tunnels (SG3 and SG4) constituting the connection chamber;
- Basic casting of reinforced concrete where the TBM will be transported;
- Construction of two piers in reinforced concrete (curved) beneath the reinforcement ring;
- Building of a reinforced concrete beam, to provide reinforcement in correspondence with the TBM's arrival section;
- Building of a diaphragm in reinforced concrete with VTR, against which the TBM completes the excavation work;
- Building of two small shafts to collect the drainage water after the TBM is removed;
- Installation of the final lining in concrete reinforced with non-metal fibres;
- Final grout ground with concrete. ■



- Camera di raccordo
- Connection chamber

# Gallerie stradali sulla SS106 "Jonica"

## Road tunnels on national road SS106 "Jonica"



Il fronte   
 The face

Imbocchi della galleria Sellara   
 Sellara tunnel entrances

Nel 2007 abbiamo cominciato i lavori per la costruzione delle gallerie Girella e Sellara, compreso il viadotto Varrea presente all'imbocco nord della Girella. Ambedue le gallerie stradali sono a doppio fornice. La galleria naturale Sellara misura 704,89 metri di lunghezza per la carreggiata nord e 712,66 metri per la sud, con due by-pass pedonali di sezione di scavo di 18,61 m<sup>2</sup>. La galleria naturale Girella misura 386,80 metri di lunghezza per la carreggiata nord e 393,43 metri per la sud, con un by-pass pedonale di





- Posa di calcestruzzo proiettato a presa rapida (spritz-beton) con macchinario robotizzato
- Shotcrete using robotic equipment



- Fase di scavo con escavatore munito di ripper
- Excavation phase by ripper

*In 2007, we started work for the construction of the Girella and Sellara tunnels, including the Varrea viaduct at the north entrance of the Girella tunnel. Both tunnels are double-tubed.*

*The Sellara bored tunnel measures 704.89 metres in length for the north track, and 712.66 metres for the south track, with two pedestrian bypasses with an excavation cross-section of 18.61 m<sup>2</sup>.*

*The Girella bored tunnel measures 386.80 metres in length for the north track and 393.43 metres for the south track, with a pedestrian bypass with the same excavation cross-section as the Sellara tunnel.*

- Celebrazione di S. Barbara in galleria
- Celebration of St. Barbara in the tunnel



- Pile del viadotto Varrea
- Varrea viaduct piers





□ Fase di getto della cassaforma  
 □ Casting the formwork



□ Allargo nella galleria Girella  
 □ Widening in Girella tunnel



sezione pari a quelli della Sellara.  
 Il viadotto Varrea è lungo ca. 320 metri, con due carreggiate separate. L'avanzamento è prevalentemente a sezione corrente, con campi di infilaggi agli imbocchi. Successivamente abbiamo iniziato le lavorazioni anche sulle gallerie; "Fiasco" a doppio fornice di lunghezze rispettivamente di 521 e 483 metri, compreso il by-pass pedonale; "Limbia" a doppio fornice di lunghezze 385 e 403 metri e "Trigoni", di queste ultime due stiamo realizzando solamente mezza tratta di ambedue i fornici, che in totale misurano circa 840 metri di lunghezza ciascuno, compreso il by-pass pedonale presente. ■

*The Varrea viaduct is about 320 metres long, with two separate carriageways. Heading is prevalently by common excavation cross subsection, using forepoling at the entrances.*

*We then began work on the tunnels; the "Fiasco" tunnel with double tubes, respectively 521 and 483 metres in length, including the pedestrian bypass; the "Limbia" tunnel, with double tubes, respectively 385 and 403 metres in length, and the "Trigoni" tunnel. Of the last two, we are only building the half section of both tubes, which measure a total of about 840 metres in length each, including the extant pedestrian bypass. ■*

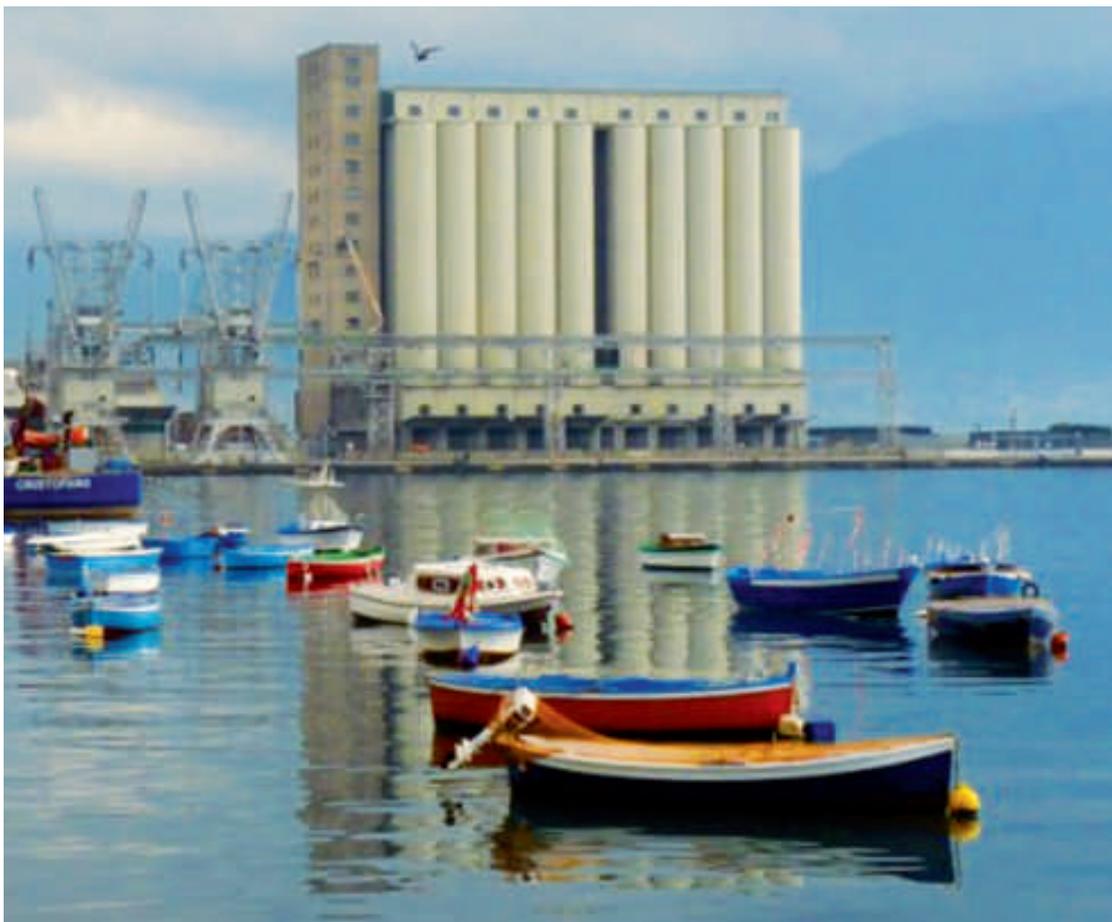


## Risanamento strutturale ed adeguamento funzionale dei silos verticali per cereali sul molo di levante del porto di Torre Annunziata (Napoli)

### *Structural rehabilitation and functional adjustment of the vertical silos for the cereals on the east pier of Torre Annunziata (Naples) harbour*

L'intervento in oggetto riguarda il risanamento strutturale ed adeguamento funzionale di un complesso edilizio che si trova sul molo di levante di Torre Annunziata costruito alla fine degli anni '60. Esso è destinato allo stoccaggio di cereali, ed è costituito da 50 silos di diametro pari a circa 6,00 metri ed altezza di 38,00 metri; gli stessi poggiano su una struttura in calcestruzzo che accogliendo le tramogge, consente per il carico sui camion ad un'altezza dal suolo di circa 12,90. Il tutto per un totale di 50,95 metri, al di sopra di tale quota insiste un ulteriore piano di altezza pari a circa 5,50 metri destinato alla traslazione orizzontale dei cereali ed allo stivaggio degli stessi.

*The work in question regards the structural rehabilitation and functional adjustment of a building complex on the east pier of Torre Annunziata, built in the late 1960s. Used for the storage of cereals, it consists of 50 silos about 6.00 metres in diameter and 38.00 metres in height; they rest upon a concrete structure that, by housing the hoppers, make it possible to load onto trucks at a height of approximately 12.90 metres above the ground, all for a total of 50.95 metres; above this elevation, there is another level of a height equal to about 5.50 metres, used for the horizontal movement of cereals and for their storage.*



Veduta dei silos □  
View of the silos □



- Alcune celle dei silos in fase di demolizione in quota accanto affiancati a silos ancora da demolire sul lato corto della costruzione
- *Some cells of the silos during demolition in elevation, next to silos still to be demolished on the short side of the building*

L'altezza massima di tale edificio è pari ad oltre 56,00, ciò al netto della torre scale che si erge per ulteriori 6 metri.

Lo sviluppo in pianta è pari a 31,60 metri per 61,60 metri.

La vicinanza del mare ed il tempo hanno deteriorato la struttura rendendo necessario un intervento di risanamento strutturale della stessa. I lavori hanno avuto inizio con la realizzazione di opere di sostegno

- In alto il sostegno provvisorio per le travi superiori rimaste a sbalzo per la demolizione delle pareti delle celle su cui poggiavano

□ *At top, the provisional support for the upper beams left overhanging for the demolition of the walls of the cells on which they were resting*



*This building's maximum height exceeds 56.00 metres, before the stair-way tower that rises 6 metres more.*

*The length in plan is equal to 31.60 metres by 61.60 metres.*

*Weather and proximity to the sea have deteriorated the structure, ne-*

- Schema del sostegno provvisorio con barre filettate e profilati di contrasto fissati mediante bullonatura alle travi superiori

□ *Diagram of the provisional support with threaded rods and structural shapes anchored by bolting to the upper beams*





Ferri di ripresa scoperti con demolizione a mano in quota   
*Rebars uncovered with hand demolition in elevation*

prima della demolizione di strutture portanti, in particolare con il posizionamento e il fissaggio di travi di sostegno supplementari in acciaio a ridosso delle travi esistenti, congiuntamente all'inserimento di barre filettate e profilati di contrasto fissati mediante bullonatura alle travi superiori.

La successiva demolizione controllata in quota ha interessato le pareti delle celle e le porzioni soprastanti dei solai, con l'ausilio di ponteggi

Casseri rampanti in opera per la ricostruzione delle   
 pareti delle celle dei silos   
*Climbing formwork on site for the reconstruction*   
*of the walls of the silos' cells*



Dettaglio ferri di ripresa salvaguardati con   
 demolizione a mano in quota e travi a sbalzo sostenute   
 con opere provvisorie   
*Detail of rebars protected by hand demolition*   
*in elevation and overhanging beams supported by*   
*provisional works*

*cessitating an intervention for its structural rehabilitation.*  
*Works began with the construction of the retaining walls prior to demolition of bearing structures, in particular with the positioning and anchoring of supplementary steel support beams behind the existing beams, along with the insertion of threaded rods and support structural shapes anchored by bolting to the upper beams.*

Assemblaggio della controfodera dei casseri rampanti   
*Assembly of the climbing formwork's interlining*



e gru. Le pareti, nella loro parte centrale, sono state tagliate con sega diamantata su binario di scorrimento e con comando a distanza. I conci sono stati calati a terra con le gru per la successiva frantumazione. Nelle zone di collegamento tra le vecchie e nuove strutture realizzate le attività di demolizione sono state eseguite a mano, ciò al fine di salvaguardare le armature esistenti da collegarsi a quella posta in opera ex novo. Particolare attenzione è stata posta per la realizzazione dei giunti di collegamento verticale, ove sono state inghisate barre e piastre di acciaio inox austenitico M24, per il serraggio e garantire il giusto precarico di collegamento tra le parti.

Completata la fase di demolizione è iniziata quella di ricostruzione delle celle e dei solai di copertura dei silos.

Le pareti delle celle di spessore 16 cm sono state ricostruite con caseri rampanti, ciò a seguito della realizzazione del collegamento della nuova armatura a quella preesistente, effettuata con giunti a manicotto meccanico. Per la ricostruzione dei solai a quota 50,95 è stato ripristinato il graticcio di travi loro sottostante, che nel contempo è stato anche adeguato dimensionalmente alle normative vigenti, e su di esso sono state collocate delle predalle sagomate e prefabbricate a disegno con un frontino di contenimento perimetrale atto a trattenere il successivo getto di calcestruzzo di completamento. ■



*The subsequent controlled demolition in elevation involved the walls of the cells and the parts over the slabs, using scaffolds and cranes.*

*The walls, in their central part, were cut by diamond saw on a sliding track and by remote control. The segments were lowered into the ground by cranes, to then be crushed. In the connection areas between the old and new structures that were built the demolition activities were carried out by hand, in order to safeguard the existing reinforcement, to be connected to that installed ex novo.*

*Particular attention was given to making the vertical connection joints, where M24 threaded bars and austenitic stainless steel plates were cast, for locking and to guarantee the proper connecting preload between the parts.*

*Once the demolition phase was completed, that of the reconstruction of the cells and of the covering floors of the silos began.*

*The cells' walls, 16 cm thick, were reconstructed with climbing formwork, after making the connection of the new reinforcement to the existing one, which was done with mechanical coupling joints.*

*For the reconstruction of slabs at an elevation of 50.95 metres, the trusses of beams below them was restored, and at the same time adjusted in size to the current regulations. On it were placed the shaped and pre-cast designed predalles with a peak of perimeter containment suited for retaining the subsequent casting of completion concrete. ■*

□ Predalle per la ricostruzione dei solai a quota 50,95 metri

□ Predalles for the reconstruction of the slabs at an elevation of 50.95 metres

# Metropolitana di Napoli – Linea 1

## Naples Underground – Line 1

Sin dal 2002 partecipiamo alla realizzazione della linea 1 della metropolitana di Napoli, impegnandoci nello scavo di gallerie e pozzi con metodologia tradizionale, affrontando e incentivando nel contempo lo sviluppo di nuove tecnologie e metodologie.

In particolare abbiamo lavorato alla realizzazione di tre stazioni (piazza Garibaldi, Università e Toledo) e alle opere complementari di alcuni tratti significativi della linea.

### Stazione piazza Garibaldi

Abbiamo realizzato lo scavo del corpo della stazione di piazza Garibaldi disegnata da Dominique Perrault, lunga 46 metri, larga 21 metri e pro-

*Since 2002, we have been involved in building line 1 of the Naples Underground, working on the excavation of tunnels and shafts using traditional methods, while dealing with and at the same time developing new technologies and methodologies.*

*In particular, we worked for the construction of three stations (Piazza Garibaldi, Università, and Toledo) and on the ancillary works for some significant sections of the line.*

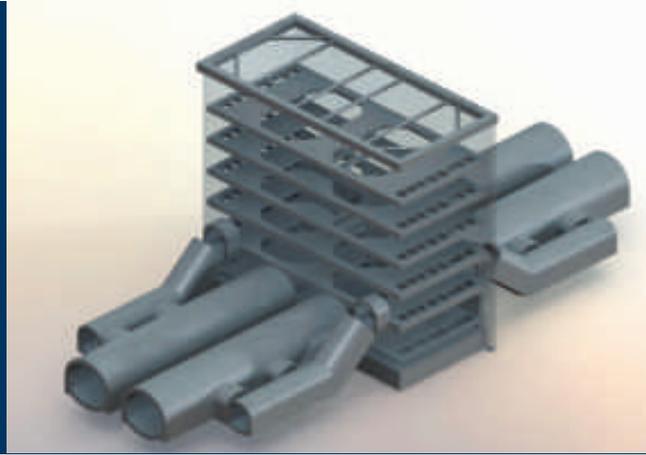
### Piazza Garibaldi station

*We excavated the cavity for the Piazza Garibaldi station, designed by Dominique Perrault, 46 metres in length, 21 metres in width, and 45 metres deep. The remarkable excavation depth, far below the ground-water level, forced us to work with considerable and copious water inrush. For the excavation, use was made of excavators of various sizes, and of shovel loaders, lowered to the excavation level by cranes; they were also used to pull up the remote-controlled hydraulic self-unloading bins built by us specially for the work.*

*We built the four station tunnels, each about 46 m long, and with an excavation cross-section of 87 m<sup>2</sup>, where the containment of the water inrush was carried out by a process to freeze the ground by inserting liquid nitrogen probes around the line of the excavated area. The excavation was carried out using excavators equipped with cutterhead, operating on four faces at the same time. For the final concrete lining, which followed the building of the invert, precast curved slabs in reinforced concrete were used, put in place by an excavator carrying equipment designed and built specially by us; behind, the concrete constituting the tunnels' final lining, which completely included the slabs, was cast.*

*For the station tunnels, we also produced the regulation slab, platforms, masonry, and plaster. For the passage of one of the TBMs, we made a transfer slab in reinforced concrete, about 120 metres in length, with a concrete pumping system that called for using two pumps in a series, of which the last one, at the bottom of the shaft, was the return pump. The excavation and pre-consolidation of the two station descending tunnels also required us to work by freezing the ground, with the aid of hydraulic cutters and mini crawler shovel*





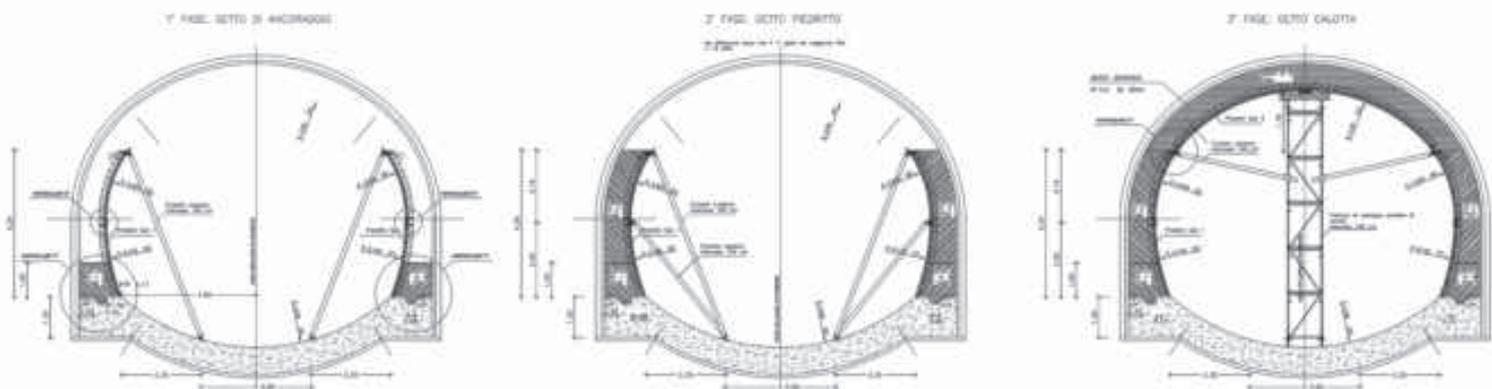
fonda 45 metri. La notevole profondità di scavo, ben sotto il livello di falda, ci ha costretto ad operare con notevoli e copiose venute di acqua. Per lo scavo sono stati utilizzati escavatori di varie taglie e pale caricatrici, calate al piano di scavo tramite autogrù; sono stati usati anche per il tiro in alto di bidoni autoscaricanti idraulici telecomandati, da noi realizzati appositamente per la lavorazione.

Abbiamo costruito le quattro gallerie di stazione, lunghe ca. 46 m ciascuna e con sezione di scavo di 87 m<sup>2</sup>, dove il contenimento delle venute d'acqua era affidato al congelamento del terreno con l'inserimento di sonde ad azoto liquido nel contorno di scavo. Scavo eseguito con escavatori attrezzati di testa fresante, operanti contemporaneamente sui quattro fronti. Per il rivestimento definitivo in calcestruzzo, seguito alla realizzazione dell'arco rovescio, sono state adottate lastre curve prefabbricate in calcestruzzo armato, posizionate in opera da escavatore munito di attrezzatura appositamente da noi progettata e realizzata, a tergo è stato gettato il calcestruzzo che costituisce il rivestimento definitivo delle gallerie e che ha inglobato in se le lastre.

Delle gallerie di stazione abbiamo realizzato anche il solettone di regolamento, le banchine, murature ed intonaci. Per il transito di una delle TBM, abbiamo realizzato una sella di traslazione in calcestruzzo armato lunga ca. 120 metri, con impianto di pompaggio del calcestruzzo che ha visto l'adozione di due pompe in serie, di cui l'ultima, a fondo pozzo, di

□ Stazione Garibaldi disegnata da Dominique Perrault  
 □ *Garibaldi station designed by Dominique Perrault*

□ Fasi del rivestimento definitivo gallerie di stazione con lastre curve prefabbricate  
 □ *Final lining phases of the station tunnels with precast curved slabs*





Scavo galleria di stazione   
*Excavation of station tunnel*



Fondo scavo stazione e imbocco di una galleria   
 di linea sotto congelamento   
*Excavation bottom, station and entrance to a line*   
*tunnel, in freezing condition*

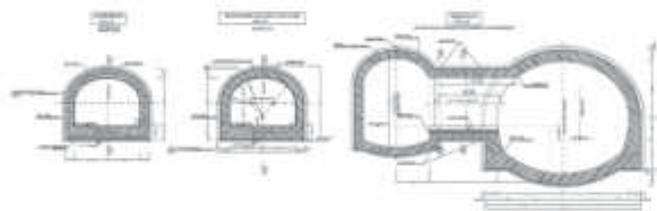
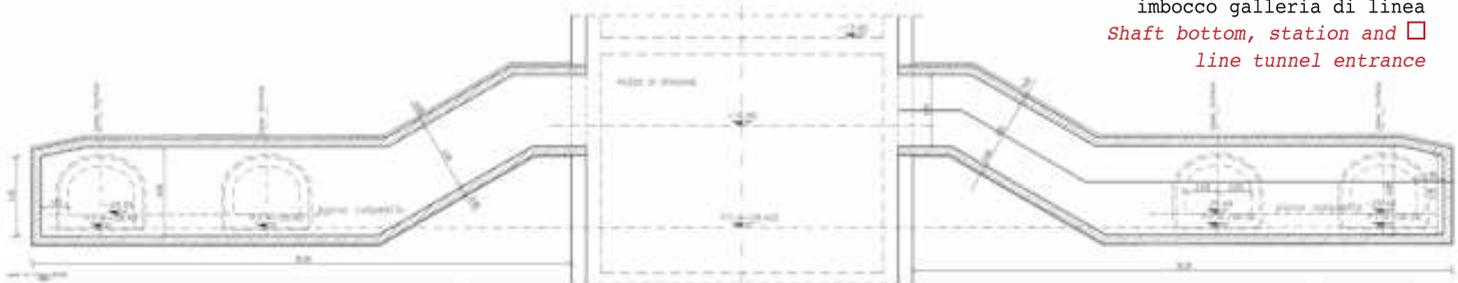
rilancio. Anche lo scavo ed il preconsolidamento di due discenderie di stazione ci ha visto operare in presenza di congelamento del terreno, con l'ausilio di frese idrauliche e minipale cingolate idonee a superare i tratti a forte pendenza presenti. Le discenderie hanno una sezione di scavo di 41 m<sup>2</sup> e sono lunghe 39 metri ciascuna, di cui 11 metri con pendenza del 57%.

### Stazione Università

La stazione Università è stata disegnata da Karim Rashid. Anche in essa abbiamo realizzato le quattro gallerie di stazione, lavorando sempre sotto congelamento del terreno e con identiche modalità applicate a piazza Garibaldi. Le dimensioni sono identiche alle precedenti: sono lunghe ca. 46 m ciascuna e con sezione di scavo di 87 m<sup>2</sup>, rivestite anch'esse con getto di calcestruzzo armato contenuto da pannelli curvi prefabbricati inglobati nello stesso. Anche le quattro discenderie, identiche per dimensioni e geometrie a quelle di piazza Garibaldi, sono state da noi realizzate, con stesse modalità e difficoltà dovute al lavoro sotto congelamento e alle forti pendenze.



Fondo pozzo stazione e   
 imbocco galleria di linea   
*Shaft bottom, station and*   
*line tunnel entrance*



Schema discenderie   
 di stazione   
*Layout of station descending*   
*tunnels*

- La Stazione Università disegnata da Karim Rashid
- Università station designed by Karim Rashid



loaders capable of overcoming the sections with great inclinations. The descending tunnels have an excavation cross-section of 41 m<sup>2</sup> and are each 39 metres in length, 11 metres of which with a 57% inclination.

### Università station

The Università station was designed by Karim Rashid. Here as well, we made the four station tunnels, working always with freezing of the ground and with the same procedures applied at Piazza Garibaldi. The tunnels' dimensions were identical to the previous ones: each approximately 46 metres in length, with an excavation cross-section of 87 m<sup>2</sup>, also lined with a casting of reinforced concrete grout contained by pre-cast curved panels included in it. The four descending tunnels, identical in size and geometries to those at Piazza Garibaldi, were also built by us, following the same procedures and with the same difficulties due to working by freezing the ground, and to the large inclinations.

### Toledo station

At the Toledo station, designed by Oscar Tousquets, we made an adit with ramifications, the purpose of which was to allow the insertion of the freezing probes necessary for the subsequent works for building the overpass chamber. The adit, with an average cross-section of 22 m<sup>2</sup> and about 44 metres in length, was pre-consolidated with graded steel ribs and forepoling, excavated using small equipment and pre-lined with welded wire mesh and quick-setting shotcrete. Subsequently, the overpass chamber with a section of 202 m<sup>2</sup> and 39 metres in length, given the considerable height of 17 metres, was excavated by us, pre-lined, and lined in several stages in partialized sections, making first the crown, followed by a central bench, abutments, and lastly the bottom slab.

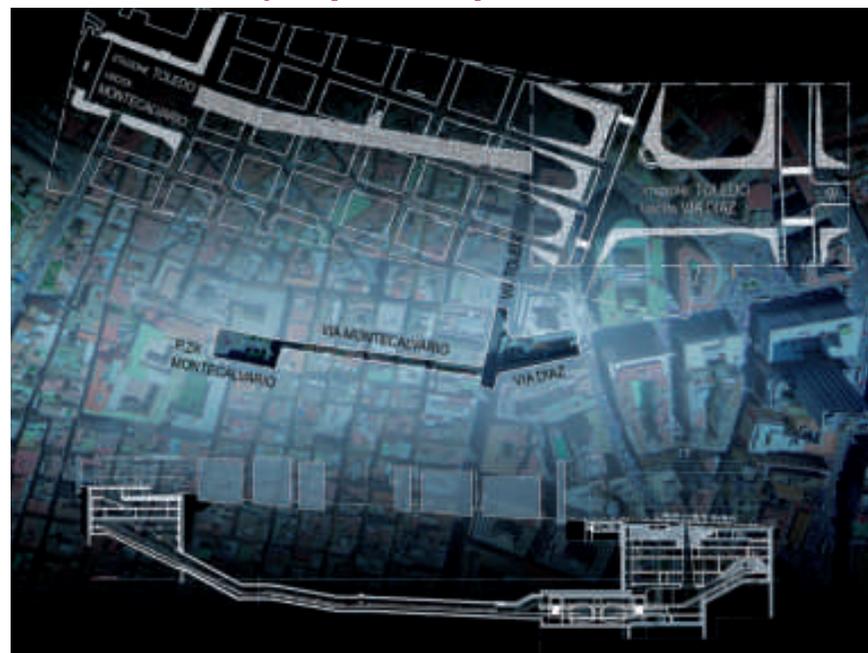
As in the previous stations, here as well we made the four station tunnels, using the same methods described above, although for two of them it was a matter of widening existing tunnels, with the demolition of the segments placed by the TBM's transit.

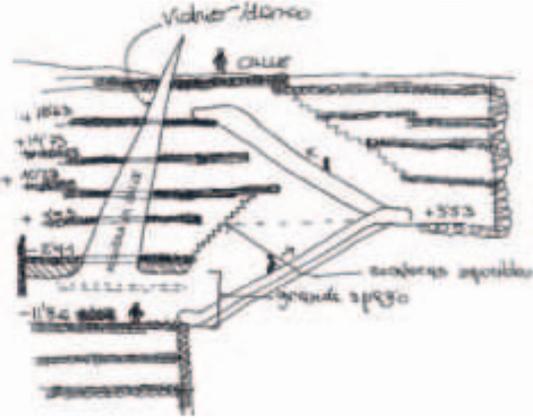
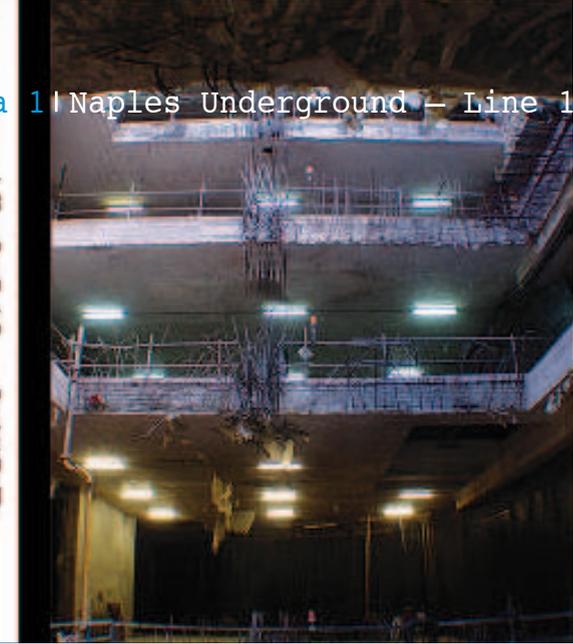
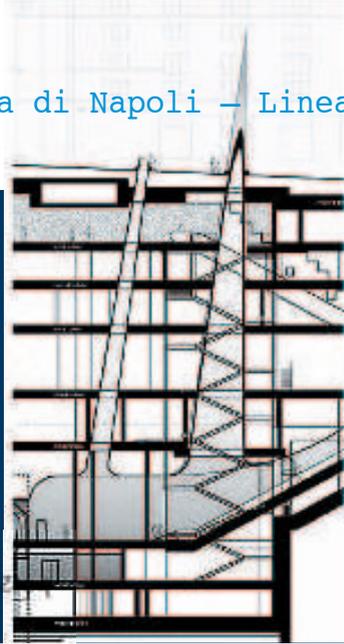
In addition to the four descending tunnels identical to the previous ones, we also made the descending tunnel referred to as "Montecalvario", with an excavation cross-section of 59 m<sup>2</sup> and a length of approximately

- Scavo galleria di stazione sotto congelamento
- Excavation of station tunnel with ground freezing



- Stazione Toledo disegnata da Oscar Tousquets
- Toledo station designed by Oscar Tousquets



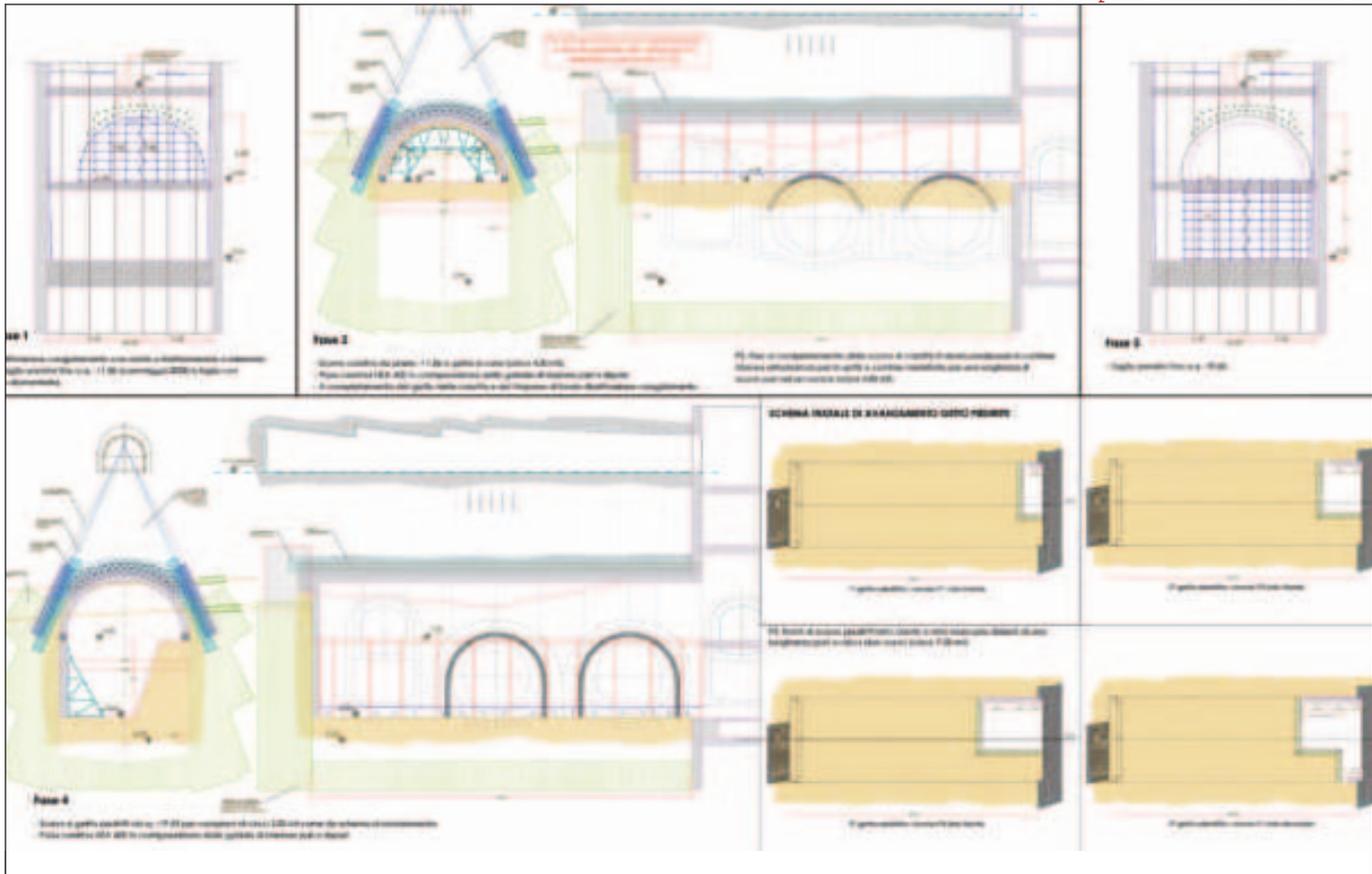


Stazione Toledo   
Toledo station

### Stazione Toledo

Nella stazione Toledo, disegnata da Oscar Tousquets, abbiamo realizzato un cunicolo con diramazioni, il cui scopo è stato quello di permettere l'inserimento delle sonde di congelamento necessarie alle successive lavorazioni per la realizzazione del Camerone di Scavalco. Il cunicolo, di sezione media di 22 m<sup>2</sup> e lungo circa 44 metri, è stato preconsolidato con centine metalliche a gradazione e ombrelli di infilaggi, scavato con piccoli mezzi e priverivesto con rete elettrosaldata e calcestruzzo

Camerone di scavalco e cunicolo   
Overpass chamber and adit





- Camerone di scavalco e cunicolo
- Overpass chamber and adit

131 metres, 37 metres of which with a 57% inclination and the remaining 94 metres with a 2.4% inclination.

### Line works

In the two line sections between the Via Brin shaft and Dante station, we made about 4 km of regulation slab and line platforms, respecting down to the millimetre the variations in the design elevations, due to the various transversal inclinations of the upper surface of the rails needed to ensure the suitable dynamic guidance of trains transiting in the curve. For the concrete grouting of the platforms, in order to follow the variations of the contours and elevations along the tunnel sections, a formwork with variable geometry, and a water circuit for heating the concrete grout, were used to accelerate hardening and to allow the formwork to be quickly removed.

For the line sections, we also built eighteen connection adits linking to the ventilation shafts, with the excavation and final lining, upon making the contrasting layers of reinforced concrete at the bottom of the shafts, to reinforce the areas under demolition. The excavation was carried out in the presence of cement and chemical consolidations under the water table. ■



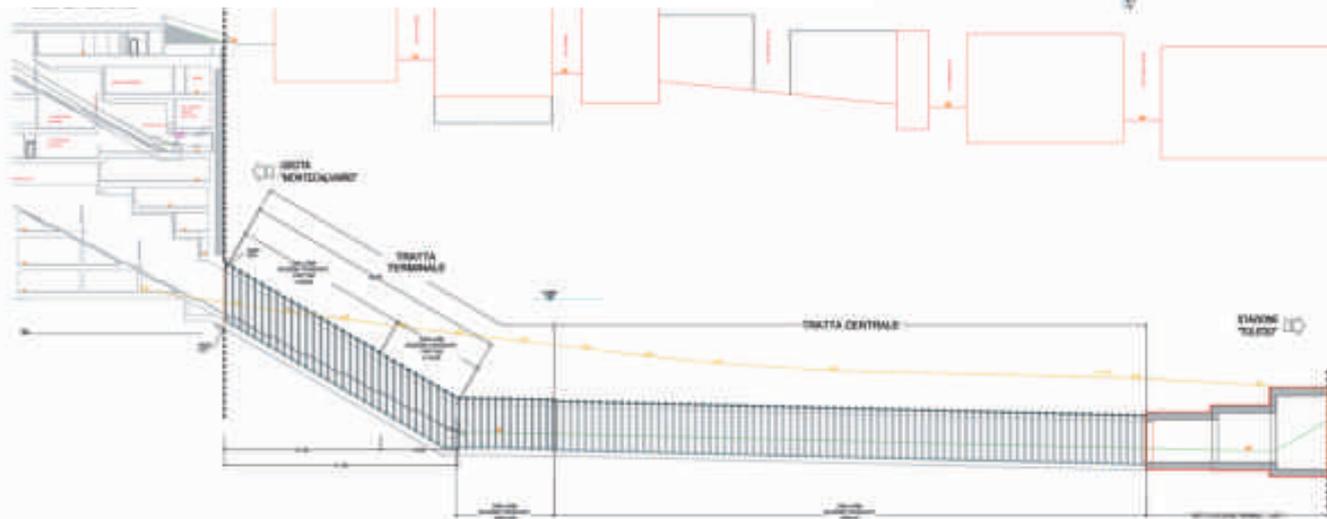
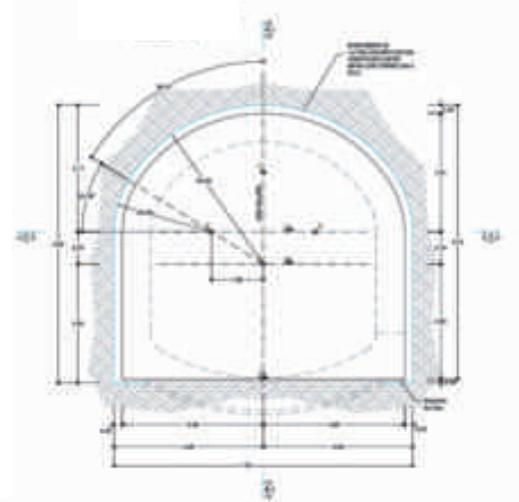
- Scavo di allargamento galleria di stazione e discenderie
- Widening excavation of station tunnel and descending tunnels





Discenderia Montecalvario   
 Montecalvario descending tunnel

proiettato a presa rapida (spritz-beton). Successivamente il camerone di scavalco, di sezione 202 m<sup>2</sup> e lunghezza 39 metri, stante la considerevole altezza di 17 metri, è stato da noi scavato, prerivestito e rivestito in più fasi a sezioni parzializzate, realizzando prima la calotta, a seguire un ribasso centrale, i piedritti ed infine il solettone di fondo.





Come nelle precedenti stazioni, anche qui abbiamo realizzato le quattro gallerie di stazione, con le stesse modalità già elencate, anche se per due di esse si è trattato di uno scavo in allargato, con demolizione dei conci posati dall'avvenuto transito della TBM.

Oltre alle quattro discenderie identiche alle precedenti, abbiamo realizzato anche la discenderia detta "Montecalvario", con sezione di scavo di 59 m<sup>2</sup> e lunghezza di ca. 131 metri, di cui 37 metri con pendenza del 57% ed i rimanenti 94 metri con pendenza del 2,4%.

### Opere in linea

Nelle due tratte di linea tra il pozzo in via Brin e la stazione Dante, abbiamo realizzato circa 4 km di soletta di regolamento e banchine di linea, con rispetto millimetrico della variabilità delle quote di progetto, dovute alla diverse pendenze trasversali del piano del ferro necessarie ad assicurare l'ideale guida dinamica dei convogli transitanti in curva. Per la realizzazione del getto di calcestruzzo delle banchinette, al fine di seguire la variabilità delle sagome e delle quote lungo le tratte, è stata appositamente realizzata ed utilizzata una cassaforma a geometria variabile, con circuito ad acqua per il termoriscaldamento del getto, al fine di accelerarne la maturazione e permettere il disarmo in tempi brevi.

- Soletta di regolamento gettata
- Cast regulation slab*



- Armatura della soletta di regolamento
- Reinforcement of regulation slab*



- Cassaforma a geometria variabile per banchinette di linea
- Formwork with variable geometries for line platforms*

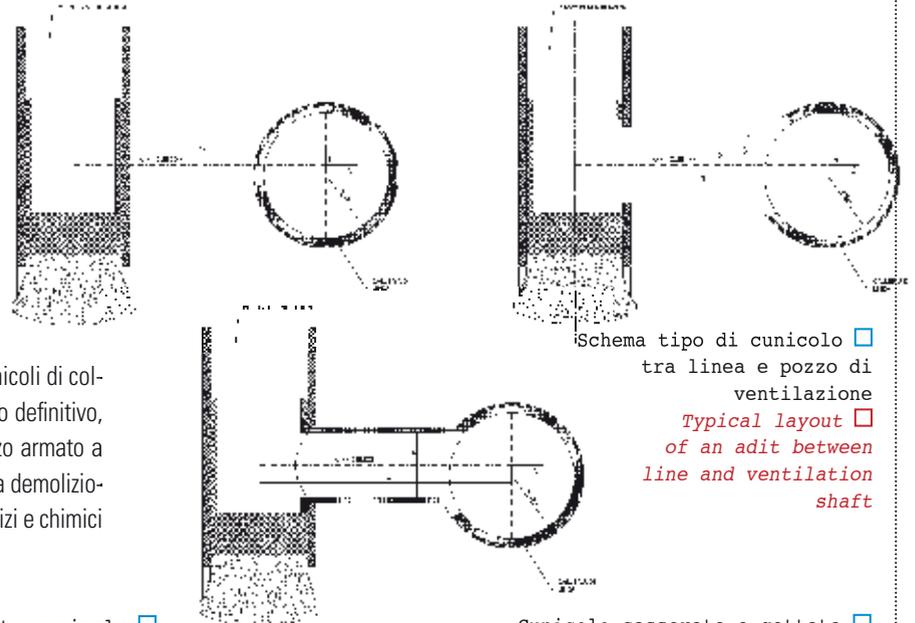
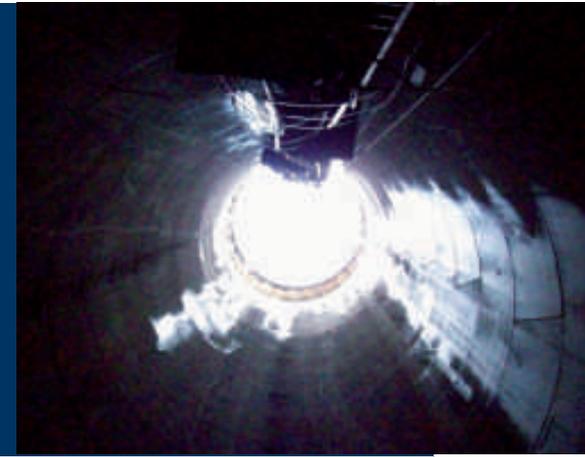




Armatura cunicolo   
Reinforcement of adit



Realizzazione camicia di contrasto fondo pozzo e pozzo di ventilazione   
Making contrasting layer at shaft bottom and ventilation shaft

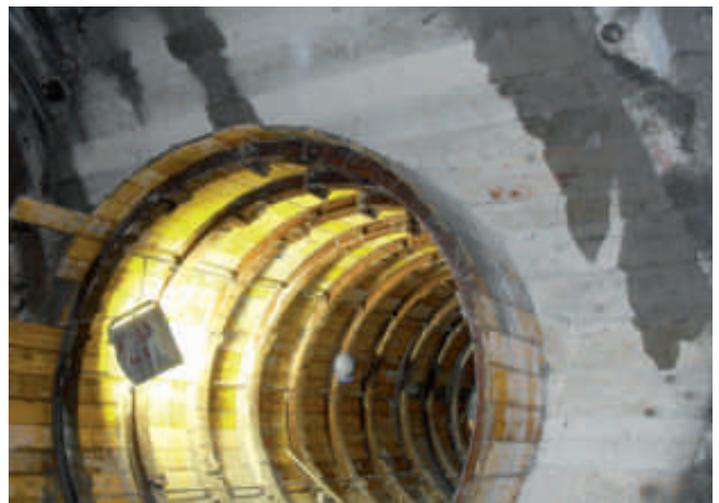


Schema tipo di cunicolo   
tra linea e pozzo di  
ventilazione  
Typical layout   
of an adit between  
line and ventilation  
shaft

Le tratte di linea ci hanno visto anche realizzare diciotto cunicoli di collegamento ai pozzi di ventilazione, con scavo e rivestimento definitivo, previa realizzazione delle camicie di contrasto in calcestruzzo armato a fondo dei pozzi, per il rafforzamento delle zone interessate da demolizione. Lo scavo effettuato in presenza di consolidamenti cementizi e chimici sotto falda. ■

Armature e centine di getto cunicolo   
Reinforcement and ribs while casting the adit

Cunicolo cassero e gettato   
Adit with formwork and cast concrete



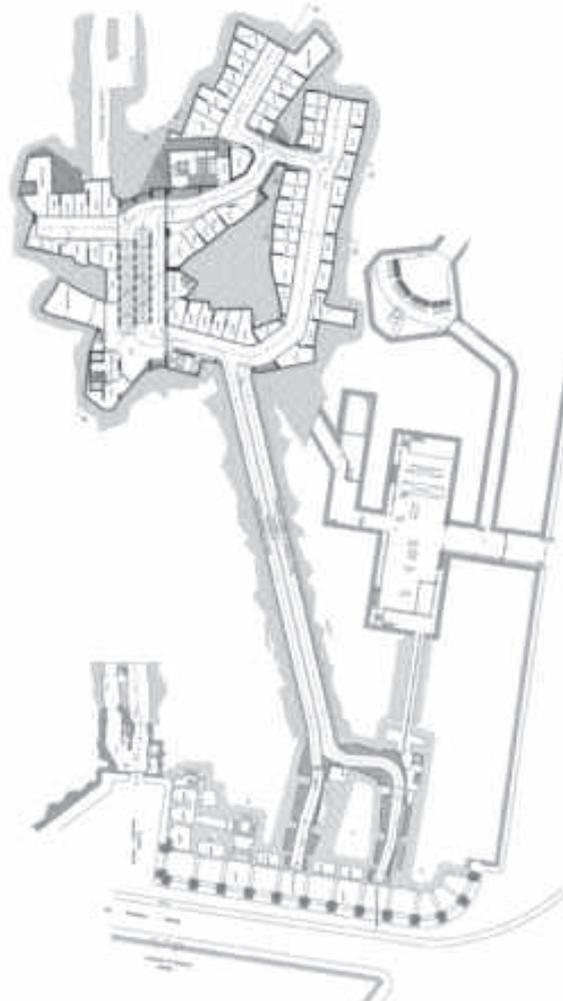


# Parcheggio Morelli a Napoli

## Morelli Car Park in Naples

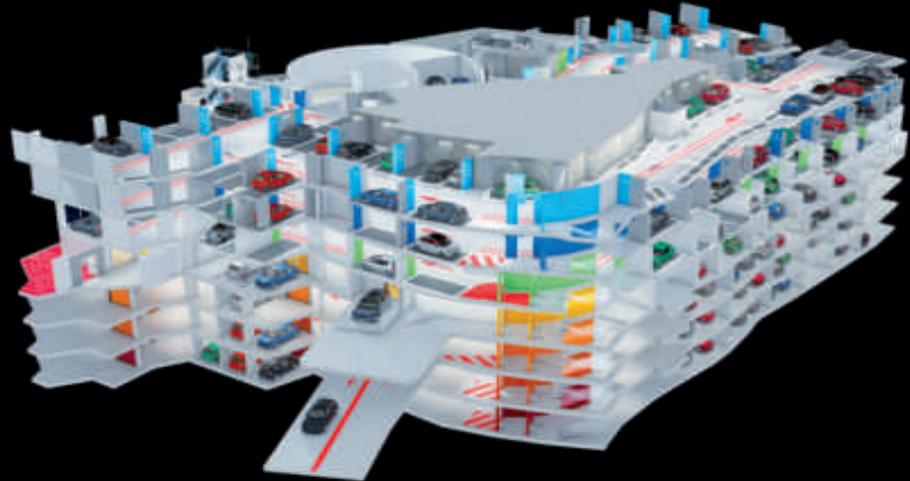


Nel 2004 sono iniziate le lavorazioni per l'ormai realizzato, funzionante e pluripremiato, anche a livello internazionale, parcheggio automatizzato di sette piani, capace di 480 posti auto, all'interno della "grotta Morelli", ubicata in una delle zone più strategiche della città di Napoli, a poche centinaia di metri dalla centralissima piazza Dei Martiri, dalla Villa Comunale, dalla via Caracciolo; da essa si diparte un "cunicolo Borbonico" che collega con la piazza del Plebiscito e la zona di via





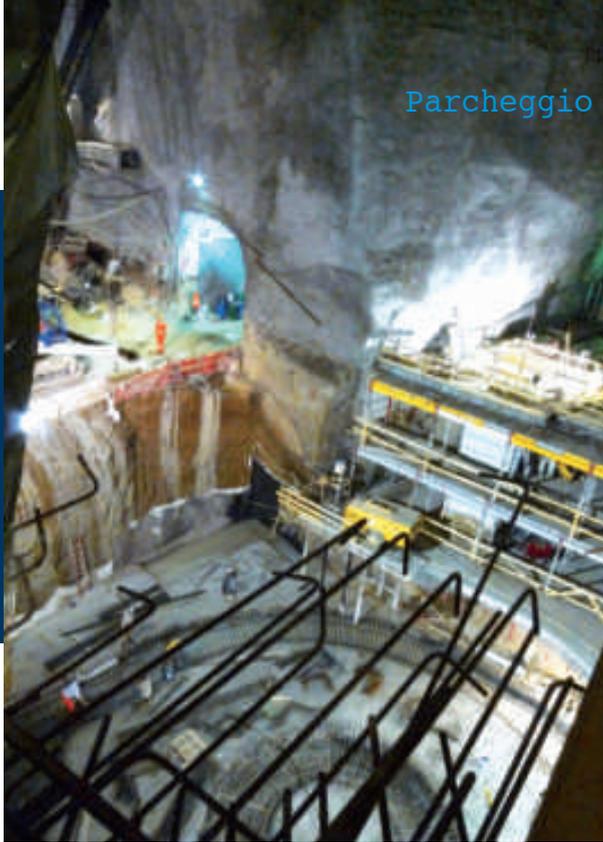
- Rendering 3D delle strutture del parcheggio all'interno della grotta
- 3D rendering of the car park's structures inside the cave



*In 2004, works began for the now completed operative seven-level automated car park, award winning in Italy and abroad, accommodating 480 parking spaces inside the "Morelli cave," located in one of the most strategic areas in Naples just a few hundred metres from the centrally located Piazza Dei Martiri, from Villa Comunale, and from Via Caracciolo. It is the starting point for a Bourbon-era tunnel that connects Piazza del Plebiscito with the area of Via Toledo.*

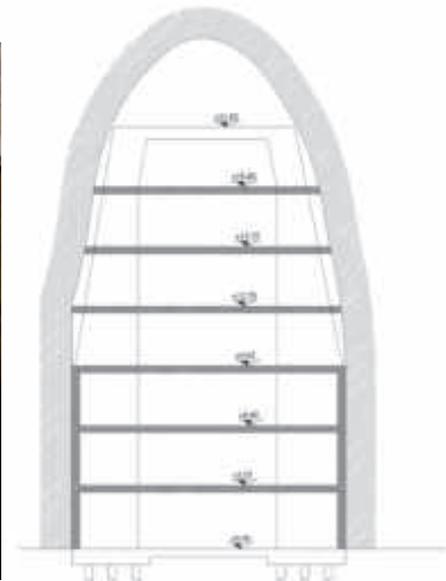
*The works began with the excavation of the bench and the consolidation of the walls and of the cavity crown. This consolidation was carried out by inserting structural elements, threaded rods and Ct-Bolts, to improve the geomechanical properties. Another work was done at the cavity crowns, which, in some sections, were reinforced by lattice ribs, constituting a kind of lining. To install these ribs, in addition to the consolidation proper, multi-*

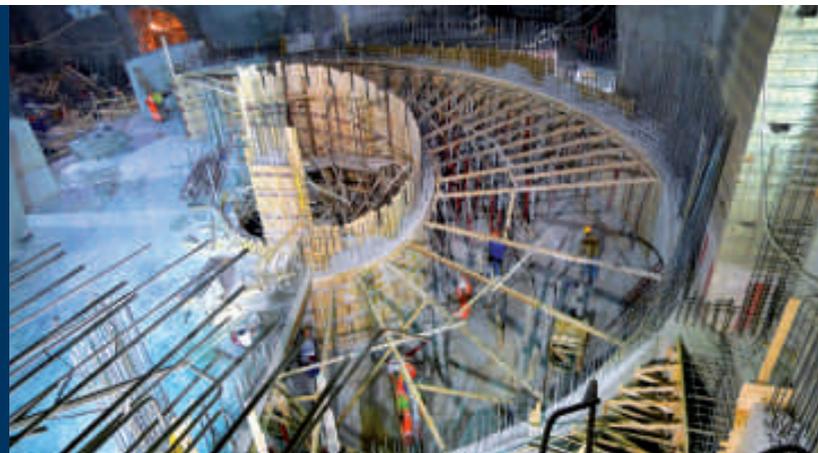




*directional scaffolding was erected ad hoc, with irregular geometries adapted to the cavity's morphology, making it possible to reach these heights. The operations were completed with the laying of welded wire mesh and shotcrete.*

Toledo. Le lavorazioni sono iniziate con lo scavo di ribasso e il consolidamento delle pareti e della volta della cavità. Tale consolidamento è stato effettuato mediante l'inserimento di elementi strutturali, barre filettate e Ct-Bolt, atti a migliorare le caratteristiche geomeccaniche. Un ulteriore intervento è stato effettuato in corrispondenza delle volte della cavità, queste ultime, in alcune sezioni, sono state rinforzate con centine reticolari, a costituire una sorta di rivestimento. Per la posa di tali centine, oltre che per il consolidamento di per se, sono stati allestiti ponteggi multidirezionali ad hoc con geometrie non regolari adattate alla morfologia della cavità che consentissero di raggiungere tali altezze. Le operazioni sono state completate con la posa di rete elettrosaldata e spritz-beton. Lo scavo della galleria di accesso al parcheggio da via Domenico Morelli è stato effettuato in un primo momento a piena sezione, consolidando la sezione di scavo con chiodi e posa di rete.





Successivamente nel settembre del 2005, essendo stata intercettata una cavità piena di detriti sciolti, si è dovuto procedere ad un cambio nelle modalità di scavo; difatti dopo aver provveduto all'iniezione di cls magro che consentisse di riempire detta cavità e dopo aver stabilizzato il fronte di scavo con spritz-beton, si è deciso di procedere con una sezione troncoconica con un doppio ombrello di infilaggi in calotta, tubi di armatura 139,7 sp. 8 mm a interasse di circa 25 cm, che consentissero di superare tale problematica. Successivamente è stato realizzato il rivestimento di prima fase (centine e spritz), impermeabilizzazione, armatura cassetta e getto del rivestimento definitivo completato poi nel giugno 2006 con il getto di un solettone intermedio che rende la parte superiore della galleria in oggetto pedonabile.

La Cipa, oltre alle opere di consolidamenti e scavi siano essi di ribasso che della galleria di accesso, ha eseguito altresì tutti i cementi armati del parcheggio affrontando e risolvendo le non poche difficoltà dovute e alle lavorazioni in caverna e all'accesso unico e particolarmente angusto. ■

*The excavation of the entrance tunnel to the Via Domenico Morelli car park was done first in full face, consolidating the excavation cross-section with bolts and the installation of welded wire mesh. Then, in September 2005, intercepting a cavity filled with loose debris required changing the mode of excavation; in fact, after having grouted with lean concrete to allow the cavity to be filled and after stabilizing the excavation face with shotcrete, the decision was made to excavate a truncated conical cross-section with double forepoling on the crown, reinforcement pipes, diam. 139.7, 8 mm thick, with an interaxis of about 25 cm, to allow this problem to be overcome. Subsequently, the first-phase lining was made (ribs and shotcrete), as well as waterproofing, reinforcement, formwork, and the casting of the final lining which was then completed in June 2006 with the grouting of an intermediate slab allowing the upper portion of this tunnel to be used by pedestrians.*

*Cipa, in addition to the consolidation and excavation works, both of bench and of the entrance tunnel, also made all the reinforced concrete for the car park, grappling with and resolving the many difficulties due to the works in the cave and to the single and particularly narrow entrance. ■*



# Prolungamento Linea A Metro Roma

## Extension of Rome Underground Line A

Piccoli diametri per una piccola Cipa, nel 1992 iniziammo ad operare nei lavori di prolungamento della linea A della metropolitana di Roma, con la realizzazione di due tratti fognari della lunghezza complessiva di ca. 100 metri, con sezione di scavo di soli 4,5 m<sup>2</sup> eseguita a mano, e opere accessorie.

Seguirono tre pozzi di ventilazione, uno in via Pio IX, uno in piazza Irnerio e l'altro in via Moricca. Il pozzo di ventilazione, in via Pio IX, realizzato in sottomurazione, ha comportato uno scavo di diametro 6 metri e profondità 26 metri. Dal pozzo dipartono due cunicoli verso le gallerie di linea, realizzati con macchine di piccola taglia. Un cunicolo è di collegamento al tunnel a doppio binario, di lunghezza 6 metri e con sezione di scavo di 24 m<sup>2</sup>, l'altro collega al tunnel monobinario, con sezione di scavo di 11 m<sup>2</sup> e lungo 56 metri, di cui 10 metri con pendenza del 57%. Il pozzo di ventilazione in piazza Irnerio, anch'esso realizzato in sottomurazione, è profondo 42 metri e ha un diametro di scavo 4,7 metri. Vale segnalare che lo scavo, prima volta in Italia, è stato eseguito in presenza di congelamento analogamente ai cunicoli di collegamento alla linea. I cunicoli di collegamento alle gallerie di linea, lunghi rispettivamente 5 e 13 metri, hanno presentato una sezione di scavo di 11 m<sup>2</sup>.

Il pozzo di ventilazione di via Moricca ha un diametro di scavo di 4,7 metri ed una profondità di 20 metri. Il collegamento alla camera di ventilazione, non collocabile in testa al pozzo per la presenza dei fabbricati circostanti, ha presentato una sezione di scavo di 15 m<sup>2</sup> per una lunghezza di 30 metri, di cui 6 metri con pendenza del 25% per permettere il sottoattraversamento di un condotto fognario. La realizzazione ha comportato 4 campi di infilaggi.

Sezione fognatura   
Sewer section

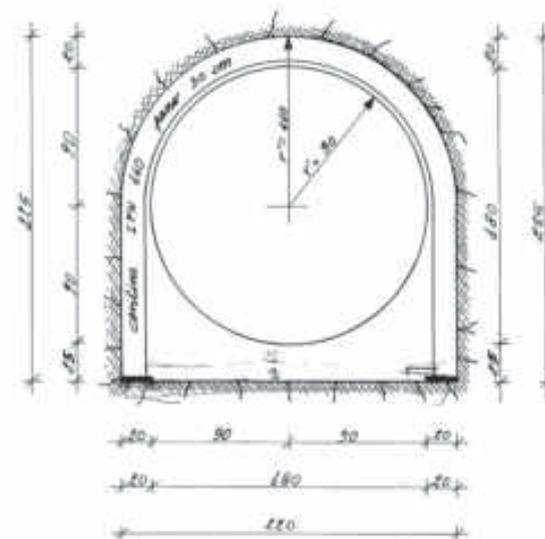
Proposta progettuale per la realizzazione della fognatura   
Design proposal for building the sewer



Operai Cipa al lavoro   
Cipa workers in action



NOVA METRO S.V.L.  
cipa s.r.l.  
*Ipotesi di scavo a foro  
cavo attraversamento  
fabbrile in via Monti di  
Bumavalle. Sezione cap. 1:20*





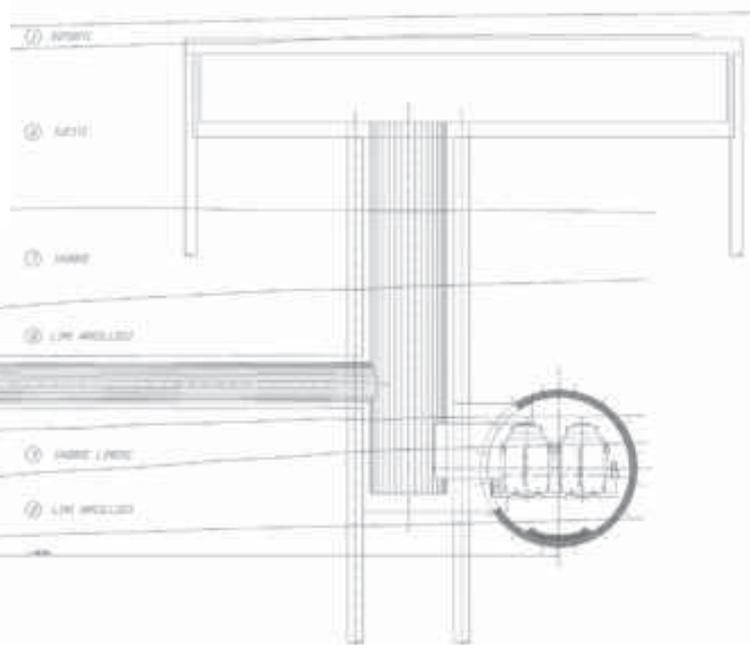
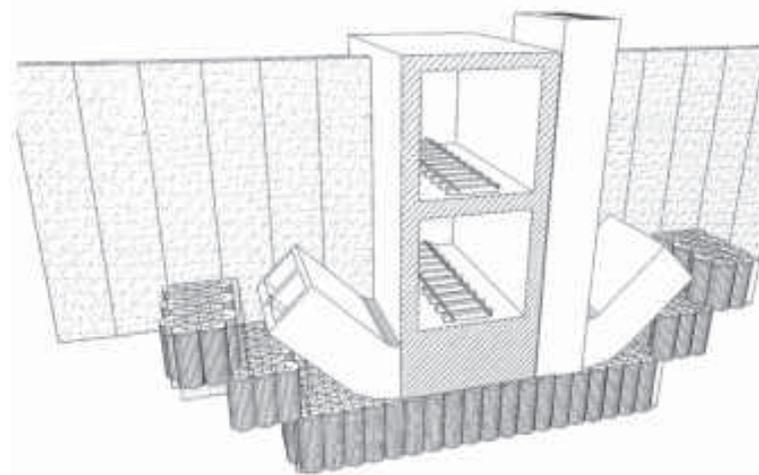
*Small diameters for a small Cipa. In 1992, we started working on the extension of line A of the Rome Underground, building two sewer lines for a total length of about 100 metres, with an excavation cross-section of only 4.5 m<sup>2</sup>, hand-made, and ancillary works.*

*This was followed by three ventilation shafts, one on Via Pio IX, one at Piazza Imerio, and the other on Via Moricca. The ventilation shaft on Via Pio IX, excavated in underpinning, entailed excavating a diameter of 6 metres, and a depth of 26 metres.*

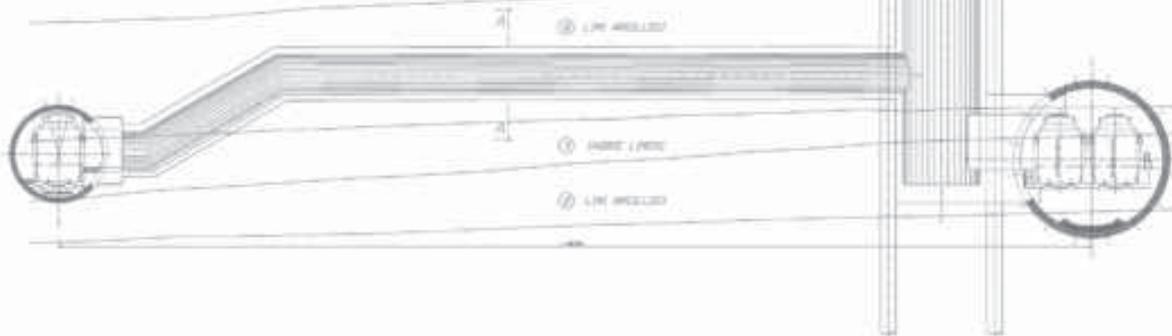
*Starting from the shaft are two adits towards the line tunnels, made with small-sized machines. One adit is for connection to the double-track tunnel, 6 metres in length and with an excavation cross-section of 24 m<sup>2</sup>, and the other links to the single-track tunnel, with an excavation cross-section of 11 m<sup>2</sup> and 56 metres in length, 10 metres of which with a 57% inclination.*

*The ventilation shaft at Piazza Imerio, also done in underpinning, is 42 metres deep and has an excavation diameter of 4.7 metres. It bears emphasizing that the excavation, for the*

- Sottoattraversamento fognario - Sifone di S. Maria delle Grazie
- Sewer undercrossing – Santa Maria delle Grazie siphon



- Pozzo via Pio IX
- Via Pio IX shaft



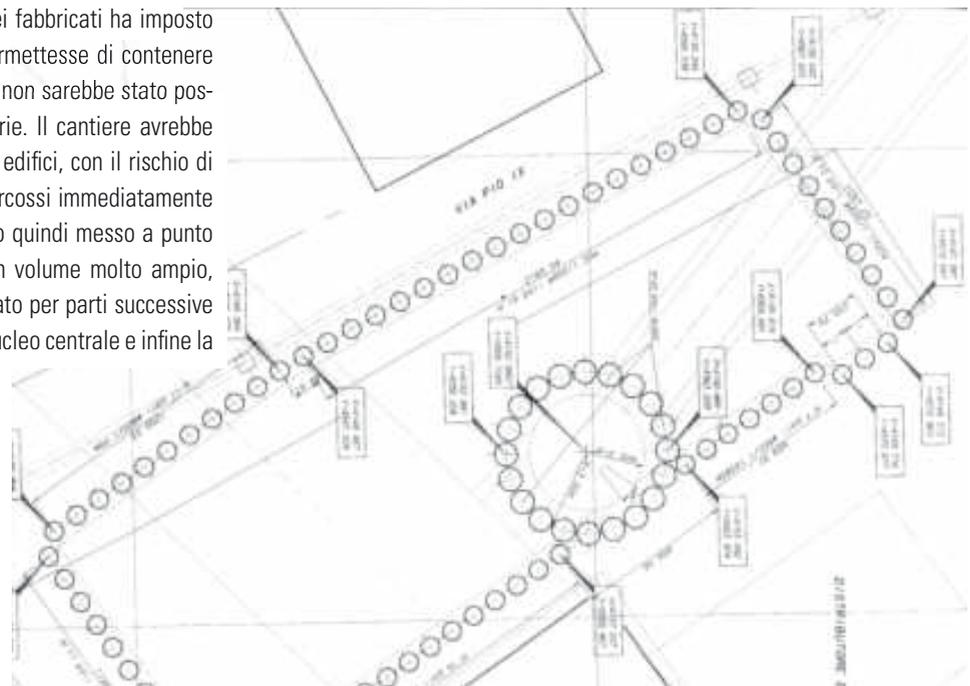
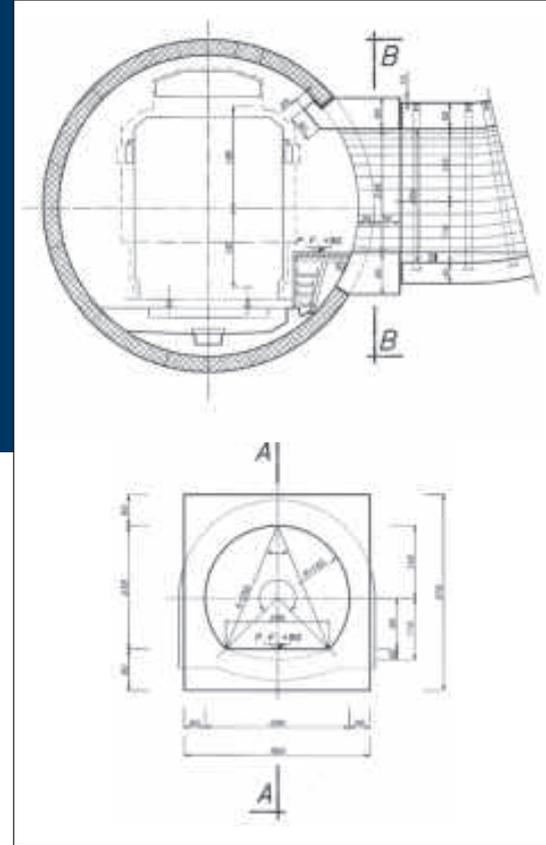


Scavo pozzo via Pio IX e particolari esecutivi del cunicolo □  
 Excavation of Via Pio IX shaft and details of the adit □

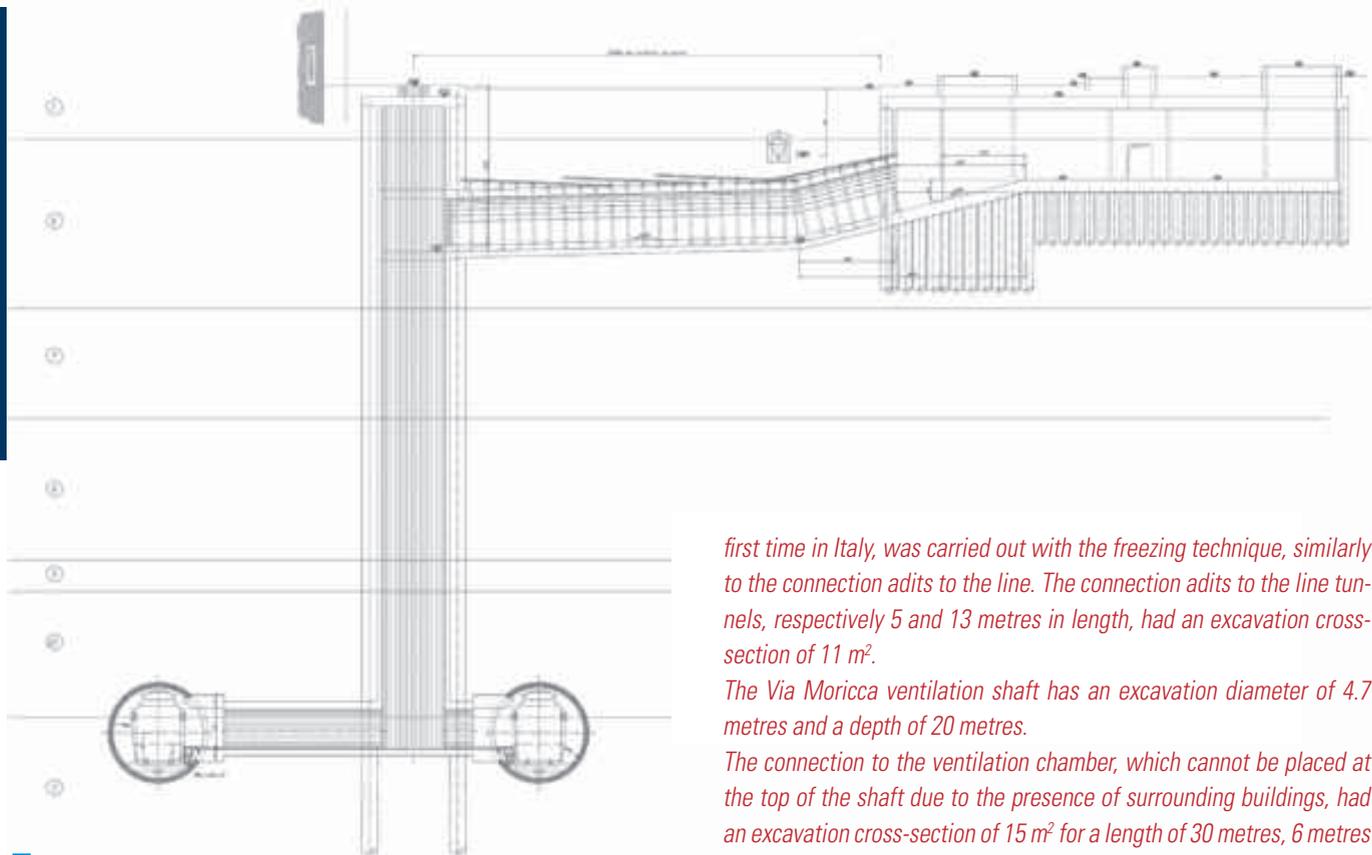
Dei pozzi abbiamo realizzato anche i setti divisori interni, mentre della camera di ventilazione del pozzo in piazza Inverio abbiamo realizzato i solai. Abbiamo partecipato anche alla realizzazione della stazione Baldo degli Ubaldi, dove si è concretizzata una metodologia di scavo tecnologicamente innovativa e all'avanguardia.

La stazione è un unico grande spazio lungo 130 metri e largo 16, realizzato completamente in galleria, a circa 35 metri di profondità, coperto da una volta in conci di cemento prefabbricati, per la costruzione della quale si sono utilizzate due soluzioni tecnologiche particolari: il "pre-taglio" e la cosiddetta "volta attiva". Le sue peculiarità sono diretta conseguenza dei vincoli delle aree, legati principalmente dal tipo di terreni da scavare, dal calibro ridotto della via omonima (24 metri) e dalla sua importanza come asse viario che generò un obbligo contrattuale di costruire la stazione senza interruzione del traffico.

L'impossibilità di portarsi oltre le fondazioni dei fabbricati ha imposto una soluzione costruttiva a volta unica che permettesse di contenere la stazione all'interno di questo spazio, mentre non sarebbe stato possibile con la soluzione tradizionale a tre gallerie. Il cantiere avrebbe operato comunque a filo delle fondazioni degli edifici, con il rischio di assestamenti del terreno che si sarebbero ripercossi immediatamente sulla stabilità dei fabbricati. I progettisti hanno quindi messo a punto un tipo di intervento che, pur lavorando su un volume molto ampio, coperto da un'unica grande volta, è stato scavato per parti successive (prima due piedritti, poi la parte superiore del nucleo centrale e infine la



Estratto di un elaborato □  
 grafico inerente il pozzo in  
 via Pio IX  
 Extract of a drawing □  
 of the Via Pio IX shaft



□ Pozzo piazza Irnerio  
 □ Shaft in Piazza Irnerio



first time in Italy, was carried out with the freezing technique, similarly to the connection adits to the line. The connection adits to the line tunnels, respectively 5 and 13 metres in length, had an excavation cross-section of 11 m<sup>2</sup>.

The Via Moricca ventilation shaft has an excavation diameter of 4.7 metres and a depth of 20 metres.

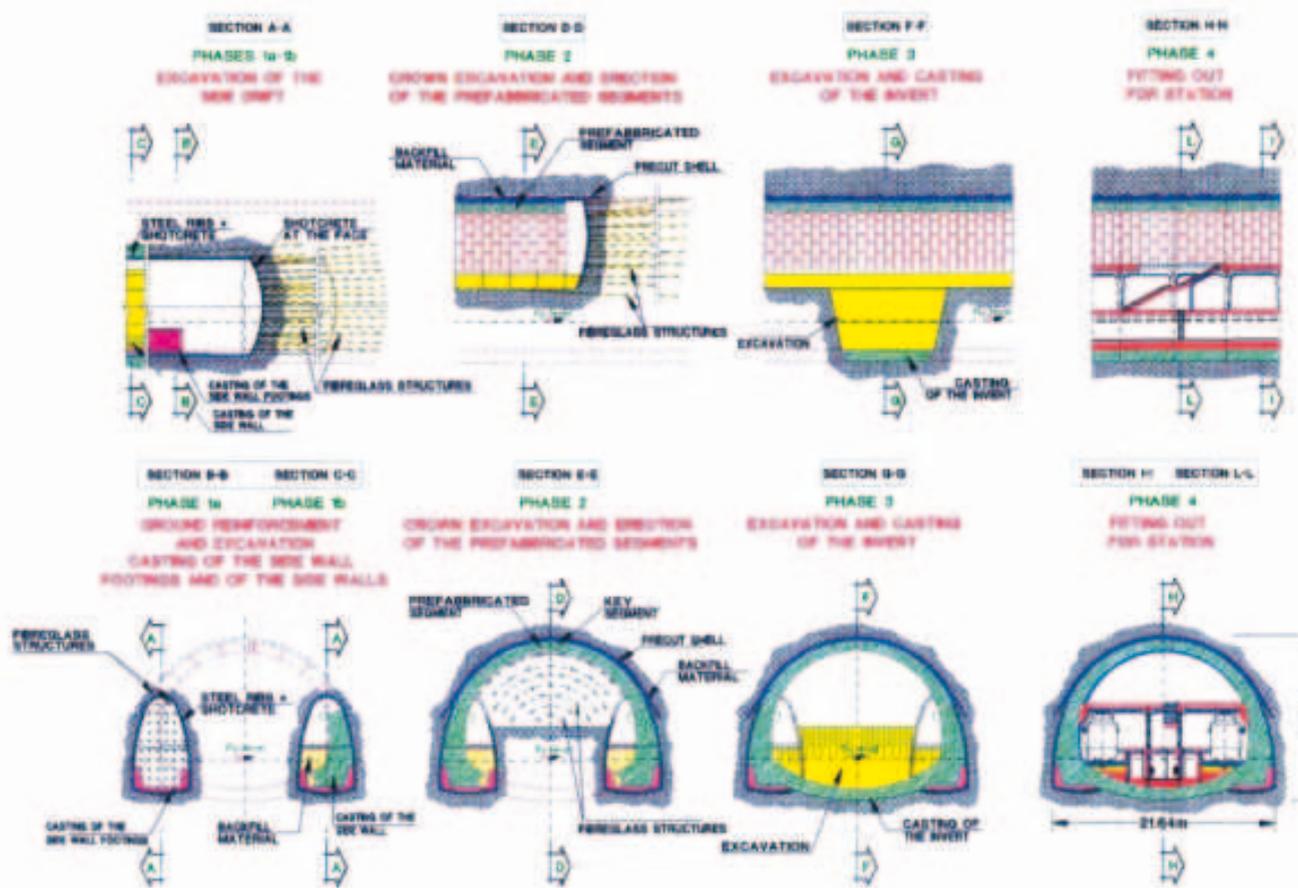
The connection to the ventilation chamber, which cannot be placed at the top of the shaft due to the presence of surrounding buildings, had an excavation cross-section of 15 m<sup>2</sup> for a length of 30 metres, 6 metres of which with a 25% inclination to permit the underpass of a sewer line. The work required 4 fields of forepoling.

For the shafts, we also built the interior dividers, while for the Piazza Irnerio ventilation chamber we built the floor slabs.

We were also involved in building the Baldo degli Ubaldi station, where a technologically cutting-edge and innovative excavation methodology was used.

The station is a single, large space, 130 metres long and 16 metres wide, built completely in the tunnel, at a depth of about 35 metres, covered with a vault of precast concrete segments. Two special technological solutions were used to build the vault: the "pre-cut" and the so-called "active vault." Its special features are the direct consequence of the areas' constraints, connected mainly with the type of ground to be excavated, the narrowness of Via Baldo degli Ubaldi (24 metres), and its importance as a road axis, which generated a contractual obligation to build the station without interrupting traffic.

The impossibility of going beyond the buildings' foundations required a construction solution with a single vault, which made it possible to contain the station inside this space, while it would not have been possible with the traditional three-tunnel solution. The work site, however, would have operated at the edge of the buildings' foundations, with the risk of ground settling which would have immediately impacted the buildings' stability. The designers thus developed a type of intervention which, although working on a very large volume, covered by a single large vault, was excavated by successive parts (first the two abutments, then the upper portion of the central core, and lastly the



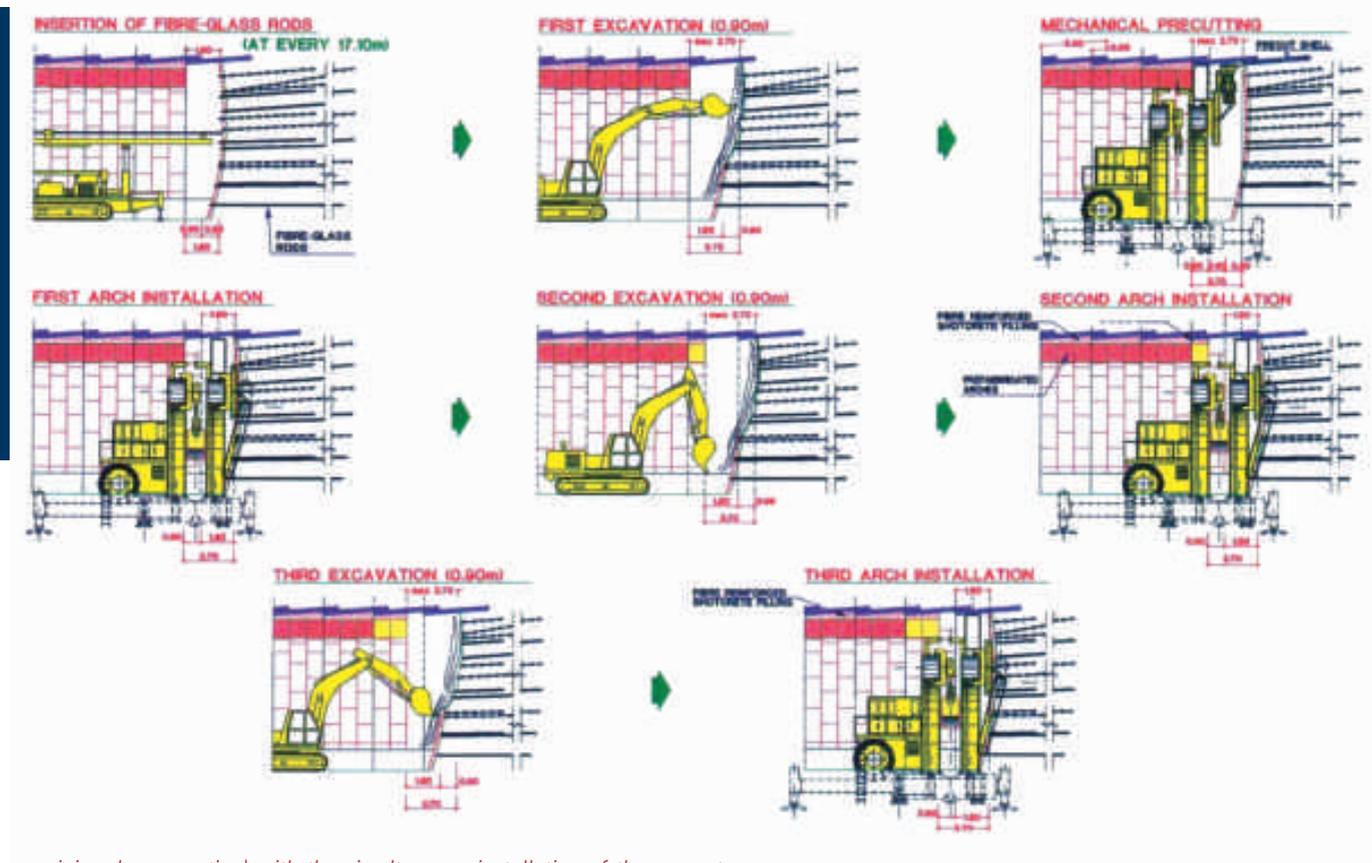
Sequenza di costruzione della stazione Baldo degli Ubaldi   
 Construction sequence of the Baldo degli Ubaldi station



Piedritto di appoggio alla volta attiva   
 della stazione Baldo degli Ubaldi   
 Abutment supporting the active vault in the   
 Baldo degli Ubaldi station

restante parte inferiore) con la contemporanea messa in opera della struttura di sostegno, realizzata anch'essa per tappe successive, a partire dai piedritti, con un costante e sistematico consolidamento del terreno mediante elementi in vetroresina. La volta vera e propria della stazione è costituita da 12 conci prefabbricati in calcestruzzo: due sono in appoggio sui piedritti, nove sono standard e uno, speciale, è il concio di chiave della "volta attiva", contenente al suo interno due martinetti piatti da 360 tonnellate (corsa massima di 3,5 centimetri) che hanno permesso di mettere in tensione l'intera volta: all'ultimazione di un arco, lo spazio rimanente tra il suo estradosso e il guscio di pretaglio veniva riempito di conglomerato cementizio additivato e proiettato. Agendo sui due martinetti del concio di chiave, l'intero arco veniva messo in precompressione, rendendolo così immediatamente attivo e autoportante, in modo da annullare qualsiasi fenomeno di deformazione o recuperare le deformazioni elastiche già subite dal guscio di pretaglio. In questa opera la Cipa ha realizzato: i piedritti in calcestruzzo armato per tutta la lunghezza della galleria e le mensole di appoggio sui piedritti del solaio del mezzanino di stazione; lo scavo parziale del pozzo di valle e del solettone di fondo; il solettone di fondo e le controfondere in calcestruzzo; tutti i tagli con filo diamantato. Abbiamo inoltre realizzato il sottofondo di appoggio all'armamento ferroviario nella tratta Ottaviano – Valle Aurelia per circa 1,6 km e nella tratta Valle Aurelia – Battistini per ca. 2,5 km su ambedue le canne. Sono state altresì eseguite opere nel sottosuolo in piazza della Salle per una cabina elettrica dell'Acea direttamente per conto del Concessionario del Comune di Roma, con il quale ancora alla data Cipa sta eseguendo opere relative al programma di AMLA 3 ed AMLA 4 (ammodernamento Linea A), di nuovi pozzi di intertratta e relative camere di ventilazione ed accesso VVFF. ■

- Fasi di scavo della stazione Baldo degli Ubaldi
- Excavation phases of the Baldo degli Ubaldi station



remaining, lower portion) with the simultaneous installation of the support structure, also built in successive stages, starting from the abutments, with a constant and systematic consolidation of the ground by fibreglass elements. The station's vault proper consists of 12 precast concrete segments: two resting upon the abutments, nine standard, and then a special one, the key segment of the "active vault," containing within it two flat 360 ton jacks (maximum extension: 3.5 centimetres) which made it possible to tension the entire vault: upon completion of an arch, the space remaining between the extrados and the pre-cutting shell was filled with additive and projected concrete. By acting upon the two jacks of the key segment, the whole arch was prestressed, thus making it immediately active and self-supporting, so as to cancel out any deformation phenomenon or to recover the elastic deformations already suffered by the pre-cutting shell.

In this work, Cipa: built the reinforced concrete abutments for the entire length of the tunnel, and the supporting brackets of the abutments of the station mezzanine's floor slab; carried out the partial excavation of the downstream shaft and of the bottom slab; built the bottom slab and the concrete interlinings; made all the cuts with diamond wire.

We also made the subgrade for the railway superstructure in the Ottaviano - Valle Aurelia section of about 1.6 km and in the Valle Aurelia - Battistini section for approximately 2.5 km on both tubes. Moreover, works were performed underground at Piazza della Salle for an ACEA electrical substation, directly on behalf of the concessionaire of the municipality of Rome, with which at present Cipa is carrying out works for the AMLA 3 and AMLA 4 programme (upgrading Line A), new shafts between the sections, and the relative ventilation chambers and fire department access. ■

- Scavo del piedritto
- Abutment excavation



# Lavori per la realizzazione della Metropolitana di Roma – Linea C

## Excavation works for the Rome Underground - Line C



Le gallerie realizzate nell'ambito della Linea "C" della Metropolitana di Roma ricadono nella tratta T5 e T6. In particolare per la Tratta Alessandrino –Torrespaccata Tratta T5 sono state realizzate:

- allargò della galleria di linea "Tronchino Alessandrino";
- Interconnessione;
- Connessione di Valle;
- cunicolo dal pozzo 5.6 al binario dispari;
- cunicolo di fuga a valle del Tronchino Alessandrino;
- realizzazione del solettone di regolamento nelle tratte realizzate dalla TBM.

L'accesso è avvenuto attraverso il pozzo di aerazione Pozzo 5.6 che costituisce il tratto terminale della connessione di valle della stazione Alessandrino e l'inizio del tronchino di sosta.

Il manufatto di forma pressoché rettangolare ha uno sviluppo di circa 30 metri ed una larghezza interna di 13.5 metri.

Tale pozzo presenta dimensioni ben superiori a quelle strettamente necessarie per svolgere la funzione di aerazione, per un duplice motivo

*The excavated tunnels for Line "C" of the Rome Underground are in section T5 and T6.*

*In particular, for the Alessandrino-Torrespaccata T5 section, the following were done:*

- widening of the "Tronchino Alessandrino" line tunnel;
- interconnection;
- downstream connection;
- adit from shaft 5.6 to odd track;
- escape adit downstream of the Tronchino Alessandrino;
- construction of regulation slab in the sections excavated by TBM.

*Access took place through ventilation shaft 5.6, which is the terminal section of the downstream connection of the Alessandrino station and the start of the staging point.*

*Almost rectangular in shape, the excavation extends for about 30 metres, with an internal width of 13.5 metres.*

*This shaft has dimensions far greater than those strictly needed to perform the function of ventilation, for two reasons: to allow, on the Alessandrino side, the entrance of the even track and of the connection, while, on the Torrespaccata side, a double-track tunnel for the insertion of the even track and the change track. The shaft is then connected to the odd-track tunnel by an adit.*

### *Tronchino Alessandrino tunnel*

*What is called the Tronchino Alessandrino tunnel was excavated with subsequent widening of the cavity produced by the passage of the TBM, after the demolition of the lining segments for an excavation cross-section of 98 m<sup>2</sup> and a length of 226 metres.*

*Once the stretch of the TBM line tunnel to be demolished was filled, the excavation developed from the diaphragms of Shaft 5.6 in the direction of Torre Spaccata by half-section excavation, upon consolidation in crown by steel forepoling for a length of 14 metres. The heading proceeded with excavation 9.60 metres in length, with the positioning of a pair of ribs in IPE180 steel at an interaxis of 1.20 metres, and shotcrete. The half-section, with an elevation of the working plane in correspondence with the water table at about +28.00 metres above sea level, permitted the execution of a series of cement injections in order to reduce*

consentire lato Alessandrino l'imbocco del binario pari e della connessione, mentre lato Torrespaccata una galleria a doppio binario per l'inserimento del binario pari e quello di scambio. Il pozzo è poi collegato alla galleria del binario dispari tramite un cunicolo.

### Tronchino Alessandrino

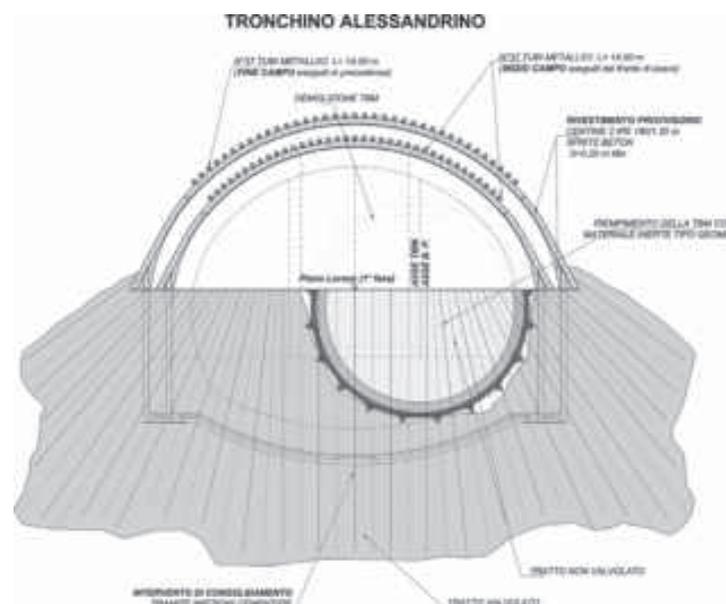
L'esecuzione della galleria denominata Tronchino Alessandrino è avvenuta con successivo allargo del cavo prodotto dal passaggio della TBM, successivamente alla demolizione dei conci di rivestimento per una sezione di scavo di 98 m<sup>2</sup> ed una lunghezza di 226 metri.

Una volta riempito il tratto della galleria di linea TBM da demolire, lo scavo si è sviluppato dai diaframmi del Pozzo 5.6 in direzione di Torre Spaccata a mezza sezione, previo consolidamento in calotta mediante infilaggi metallici di lunghezza pari a 14 metri. L'avanzamento è proceduto con campi di scavo di 9.60 metri di lunghezza, con posizionamento di una coppia di centine in acciaio IPE180 ad interasse di 1.20 m e spritz-beton. La mezza sezione, con quota piano lavoro in corrispondenza del piano di falda a circa +28.00 m s.l.m., ha permesso l'esecuzione di una serie di iniezioni cementizie al fine di ridurre la permeabilità dei materiali oggetto del secondo ribasso, fino alla sezione definitiva.

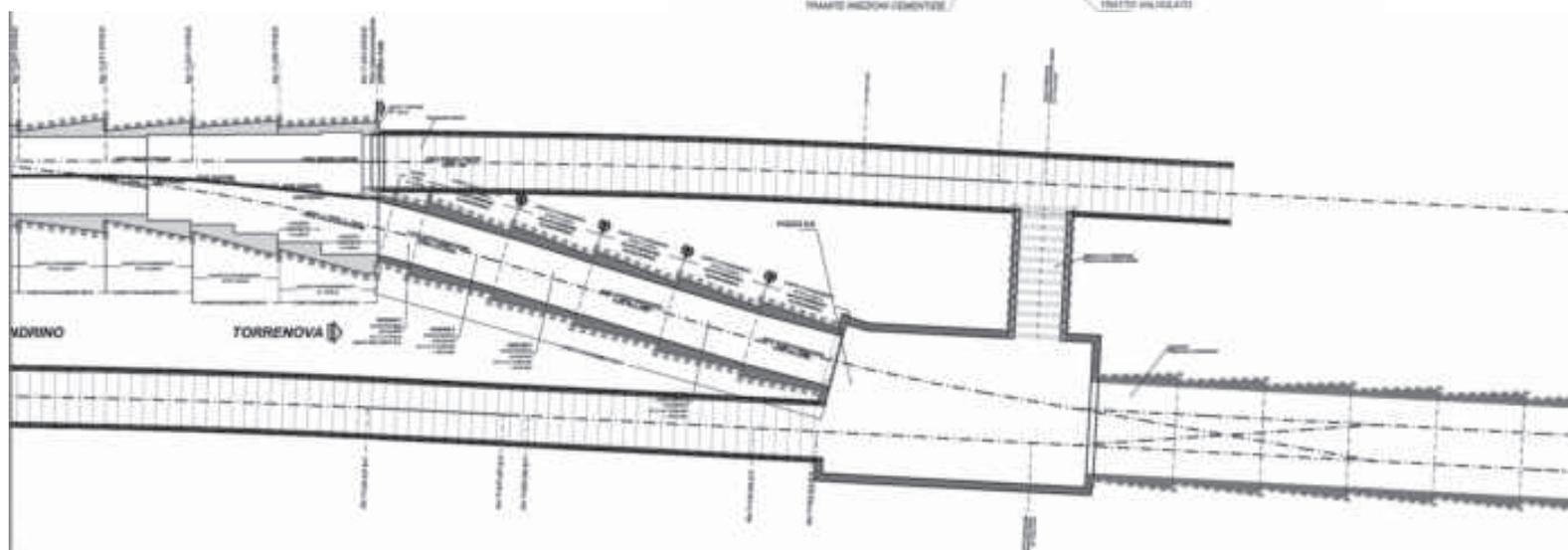
Anche per la fase di ribasso il rivestimento provvisorio è stato realizzato con una coppia di di centine IPE180 ad interasse di 1.20 m, bullonate alla piastra di base di prima fase. Il rivestimento definitivo con spessore variabile compreso tra 60 e 130 cm è stato realizzato tramite l'utilizzo di un cassero di L=6.00 m, previo posizionamento del pacchetto di impermeabilizzazione (TNT+guaina in PVC), e di armatura costituita da elementi tralicciati. A valle del Tronchino è stato realizzato il Cunicolo di fuga scavato a tutta sezione di 9 m<sup>2</sup> e lungo 15 metri, mentre in corrispondenza del Pozzo 5.6 è stato realizzato, scavo e rivestimento,



□ Fase di consolidamento  
□ Consolidation phase



□ Tronchino Alessandrino - Inquadramento opere  
□ Tronchino Alessandrino - Grading work





Interconnessione, impermeabilizzazione e armatura   
 seconda fase  
 Interconnection, waterproofing, and reinforcement,   
 second phase

*the permeability of the materials that were the objects of the second bench, up to the final section.*

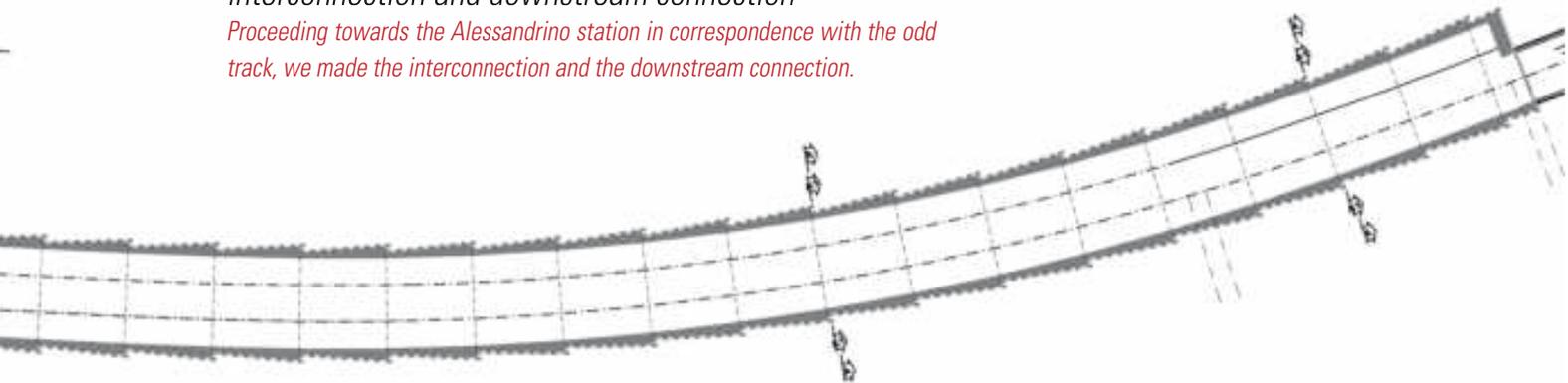
*For the bench phase as well, the temporary lining was done with a pair of IPE180 ribs at an interaxis of 1.20 metres, bolted to the first-phase base plate. The final lining, with a variable thickness between 60 and 130 cm, was made through the use of a L=6.00 m formwork, after positioning the waterproofing package (TNT+ PVC sheath) and reinforcement consisting of lattice elements. Downstream of Tronchino, the escape tunnel was excavated in whole section of 9 m<sup>2</sup> and 15 metres in length, while in correspondence with Shaft 5.6 excavation and lining was done, again proceeding by half-section and then lowering the connection tunnel, for an excavation cross-section of 40 m<sup>2</sup> and a length of 18 metres.*

### *Interconnection and downstream connection*

*Proceeding towards the Alessandrino station in correspondence with the odd track, we made the interconnection and the downstream connection.*



Fase spritz-beton - Galleria Giglioli   
 Shotcrete phase - Giglioli tunnel



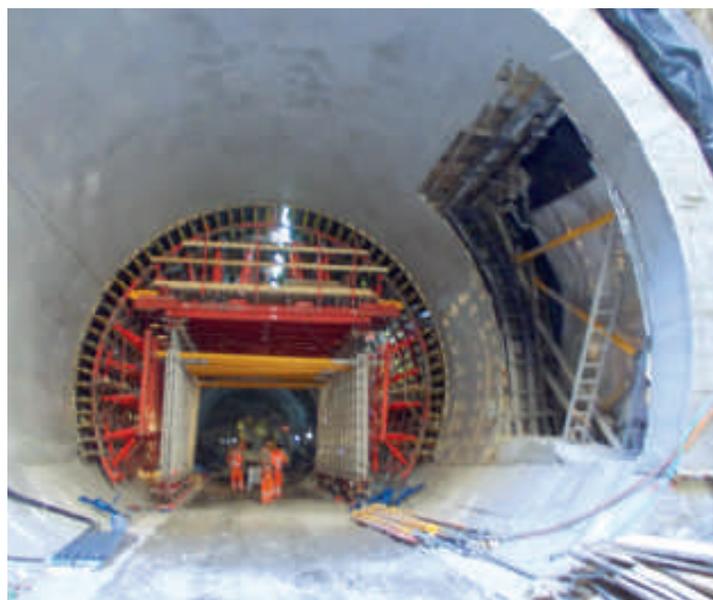


□ Connessione di Valle - Tampone  
□ *Downstream connection - Sealing*

sempre procedendo a mezza sezione e poi ribassando il cunicolo di collegamento, per una sezione di scavo di 40 m<sup>2</sup> e una lunghezza di 18 metri.

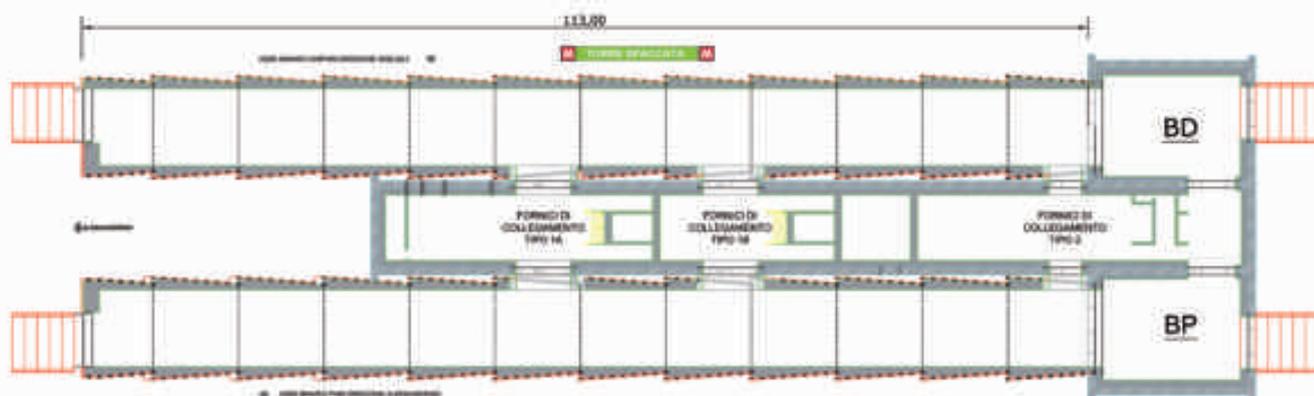
### Interconnessione e Connessione di Valle

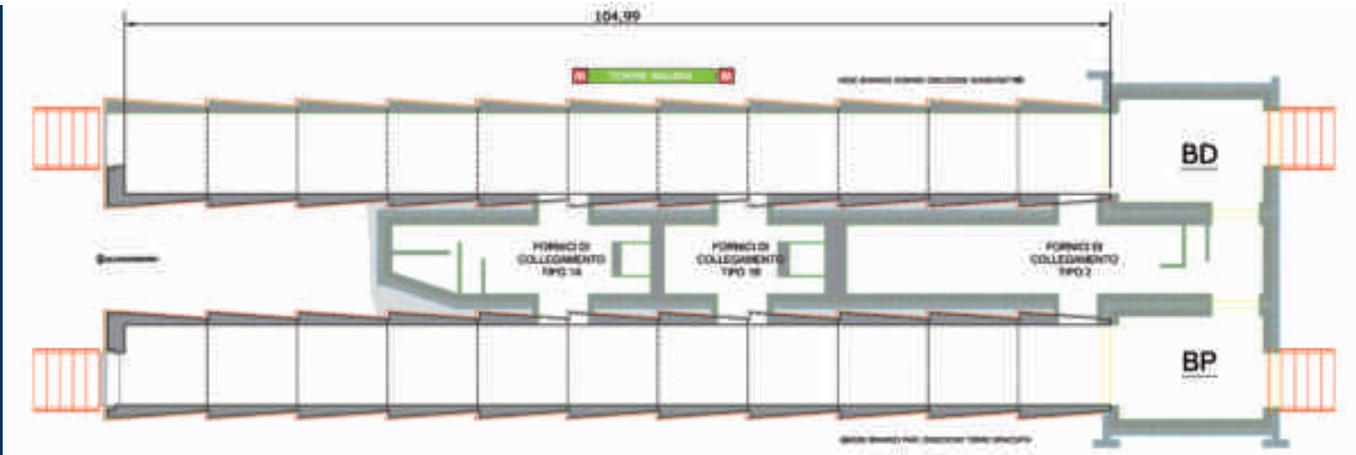
Procedendo verso la stazione Alessandrino in corrispondenza del binario dispari, abbiamo realizzato l'Interconnessione e la Connessione di Valle. L'Interconnessione è stata realizzata sempre in due fasi di scavo previa realizzazione del consolidamento in calotta e delle iniezioni, per una sezione di scavo di 69 m<sup>2</sup> ed una lunghezza di 50 metri e rivestita per l'intera lunghezza. Per la Connessione abbiamo realizzato il rivestimento definitivo della prima fase e il ribasso. Il rivestimento della prima fase è stato completato prima di eseguire il ribasso, per consentire ciò la mezza sezione è stata supportata da due travi di sostegno fortemente armate, solo successivamente ai getti delle calotte è stato completato lo scavo



□ Rivestimento Torrespaccata - fornici  
□ *Torrespaccata lining - Adits*

□ Inquadramento TS  
□ *TS grading*





Scavo gallerie di linea - Stazione Torre Maura   
 Line tunnel excavation - Torre Maura station

Inquadramento TM   
 TM grading

di ribasso e rivestimento definitivo a chiusura dell'arco eseguiti a fasi alterne, lasciando alle spalle dello scavo sempre una sezione interamente rivestita.

Per la tratta T6 invece è stato realizzato quanto segue.

### Stazione Torrespaccata

Due gallerie di banchina in allargato con demolizione dei conci della TBM e scavo a mezza sezione con campi di infilaggi e successivo ribasso previa esecuzione di iniezioni di consolidamento verso il basso. Rivestimento definitivo calotta con apposito cassero previo getto dell'ar. Sezione media di 92 m<sup>2</sup> e lunghezza di circa 110 metri per ciascuna galleria. Realizzazione fornici di collegamento BP/BD.

### Stazione Torre Maura

Due gallerie di banchina in allargato con demolizione dei conci della TBM e scavo sezione intera con campi di infilaggi. Rivestimento definitivo calotta con apposito cassero previo getto dell'ar. Sezione media di 92 m<sup>2</sup> e lunghezza di 106 metri circa per ciascuna galleria.

Realizzazione fornici di collegamento BP/BD. ■

*The interconnection was done in two excavation phases, upon consolidation in crown and injections, for an excavation cross-section of 69 m<sup>2</sup> and a length of 50 metres, and lined for the entire length.*

*For the connection, we made the final lining of the first phase and the bench. The first-phase lining was completed prior to making the bench; to allow this, the half-section was supported by two heavily reinforced supporting beams. Only after the casting of the crowns was the excavation of the bench, and the final lining at the closure of the arch carried out in alternate phases, completed, thus always leaving a fully lined section behind the excavation.*

*The T6 section was done as follows.*

### Torrespaccata station

*Two platform tunnels in widening with demolition of the lining segments of the TBM and excavation by half-section with fields of forepoling and subsequent bench, upon the performance of downward consolidation injections. Final lining of the crowns with formwork for this purpose, after air jet. Average section of 92 m<sup>2</sup> and length of about 110 metres for each tunnel.*

*Construction of connection adits, even track/odd track.*

### Torre Maura station

*Two platform tunnels in widening with demolition of the lining segments of the TBM and excavation in whole section with forepoling fields. Final lining of crown with formwork for this purpose, after air jet. Average section of 92 m<sup>2</sup> and length of about 106 metres for each tunnel.*

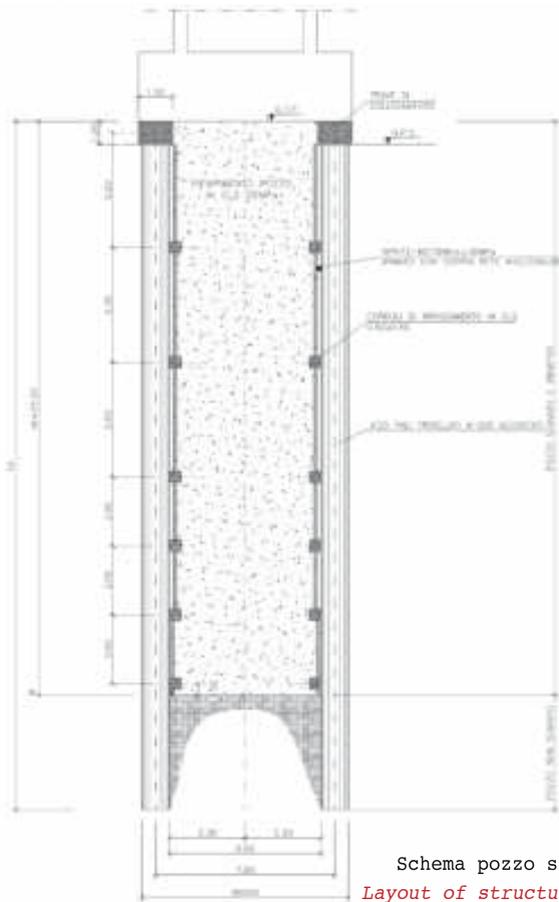
*Construction of connection adits, even track/odd track. ■*



# Variante di Valico

Sin dal 2006 la Cipa partecipa alla realizzazione della "Variante di Valico", per il potenziamento dell'autostrada A1 tra Sasso Marconi e Barberino, dove abbiamo realizzato un numero notevole di n° 34 tra pozzi strutturali e drenanti, oltre al rivestimento definitivo di parte della galleria di base.

I pozzi strutturali sono stati realizzati nell'ambito della costruzione dei viadotti, eseguendo lo scavo con benna e martello demolitore, realizzando cordoli di irrigidimento e rivestimento con rete elettrosaldata e calcestruzzo proiettato a presa rapida (spritz-beton). Al termine delle operazioni di scavo, i pozzi sono stati riempiti di calcestruzzo. Questi i pozzi strutturali realizzati e i relativi viadotti di afferenza.

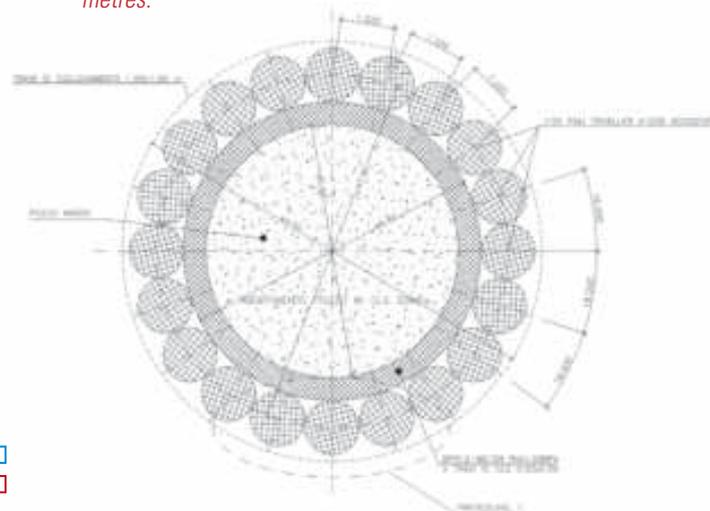


*Since 2006, Cipa has taken part in the construction of the "Variante di Valico," in order to strengthen the A1 motorway between Sasso Marconi and Barberino, where we have built structural and drainage shafts in considerable number - 34 of them - as well as the final lining of part of the main tunnel.*

*The structural shafts were built as part of the construction of the viaducts, excavating by bucket and concrete breaker, and making stiffening and lining with welded wire mesh and quick setting shotcrete. At the end of the excavation operations, the shafts were filled with concrete. These are the structural shafts that were made, and their afferent viaducts.*

## Casaglia Viaduct

- 10 shafts with an excavation diameter of 8.30 metres and an average depth of 24 metres.
- 2 shafts with an excavation diameter of 12.60 and a depth of 42 metres.





□ Cassaforma modulare  
 □ *Modular formwork*



□ Rivestimento pozzi strutturali Variante di Valico  
 □ *Lining of structural shafts, Variante di Valico*

### Viadotto Casaglia

- n°10 pozzi con diametro di scavo di 8,30 metri e profondità media di 24 metri.
- n°2 pozzi con diametro di scavo di 12,60 e profondità di 42 metri.

### Viadotto Stura

- n°4 pozzi con diametro di scavo di 11,00 metri e profondità media di 16 metri.

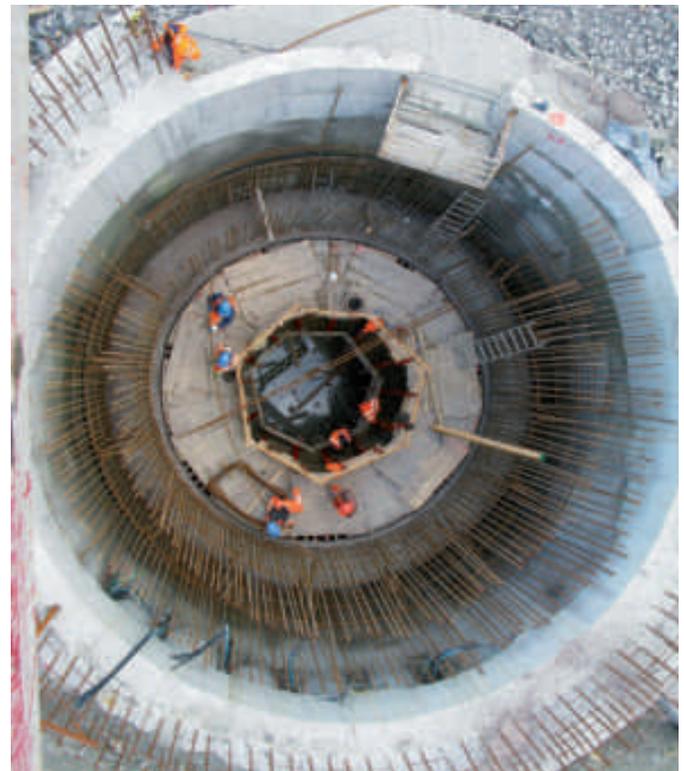
### Viadotto Montecarelli

- n°2 pozzi con diametro di scavo di 7,50 metri e profondità di 17 metri.
- n°2 pozzi con diametro di scavo di 9 metri e profondità di 17 metri.

### Viadotto Le Bandite

- n°2 pozzi con diametro di scavo di 11,00 metri e profondità di 15 metri.
- n°2 pozzi con diametro di scavo di 9,00 metri e profondità di 17 metri.
- n°2 pozzi con diametro di scavo di 7,50 metri e profondità di 17 metri.

□ Viadotto Casaglia  
 □ *Casaglia viaduct*



□ Lavorazioni all'interno di un pozzo  
 □ *Working operations inside a shaft*

### Stura Viaduct

- 4 shafts with an excavation diameter of 11.00 metres and an average depth of 16 metres.

### Montecarelli Viaduct

- 2 shafts with an excavation diameter of 7.50 metres and a depth of 17 metres.
- 2 shafts with an excavation diameter of 9 metres and a depth of 17 metres.

Gru cingolata a servizio delle lavorazioni dei pozzi   
*Track crane for working in the shafts*

Rivestimento con lastre curve prefabbricate   
*Lining with precast curved slabs*



I pozzi strutturali drenanti sono stati realizzati nell'ambito della realizzazione della stazione Poggiolino, eseguendo lo scavo con benna e martello demolitore, rivestimento con rete elettrosaldata e centine metalliche, calcestruzzo proiettato a presa rapida (spritz-beton), armatura e getto calcestruzzo in risalita con casseri rampanti. Con la realizzazione delle perforazioni per i collegamenti idraulici di drenaggio tra i pozzi si sono concluse le nostre lavorazioni.

### Stazione Poggiolino

- Realizzazione di n°8 pozzi con diametro di scavo di 9,00 metri e profondità di 22 metri.

Nell'ambito delle lavorazioni della Galleria di base, abbiamo realizzato il rivestimento definitivo di circa 1.800 metri della galleria con cassaforma metallica idraulica, di n° 18 by passes di collegamento fra le due canne e di n°14 allarghi con piazzola di sosta tramite lastre curve prefabbricate in calcestruzzo armato, posizionate in opera da macchine munite di attrezzature appositamente progettate, dietro le quali è stato gettato il calcestruzzo che costituisce il rivestimento definitivo delle gallerie e che ha inglobato in se le lastre. ■

### Le Bandite Viaduct

- 2 shafts with an excavation diameter of 11.00 metres and a depth of 15 metres.
- 2 shafts with an excavation diameter of 9.00 metres and a depth of 17 metres.
- 2 shafts with an excavation diameter of 7.50 metres and a depth of 17 metres.

*The structural drainage shafts were made as part of the construction of the Poggiolino station, excavating by bucket and concrete breaker, lining with welded wire mesh and steel ribs, quick setting shotcrete, reinforcement and concrete casting in lift with climbing formwork. When the drilling was performed for the hydraulic drainage connections between the shafts, our working operations were concluded.*

### Poggiolino Station

- Construction of 8 shafts with an excavation diameter of 9.00 metres and a depth of 22 metres.

*As part of the working operations for the main tunnel, we carried out the final lining of about 1,800 metres of the tunnel by hydraulic steel formwork, of 18 linking bypasses between the two tubes, and 14 widenings with lay-by, using curved precast reinforced concrete slabs, positioned on site by machines with specially designed equipment, behind which the concrete was cast that constitutes the final lining of the tunnels, which completely incorporated the slabs. ■*

Un pozzo finito   
*A finished shaft*





# Alta Velocità

## High-Speed Railway Lines

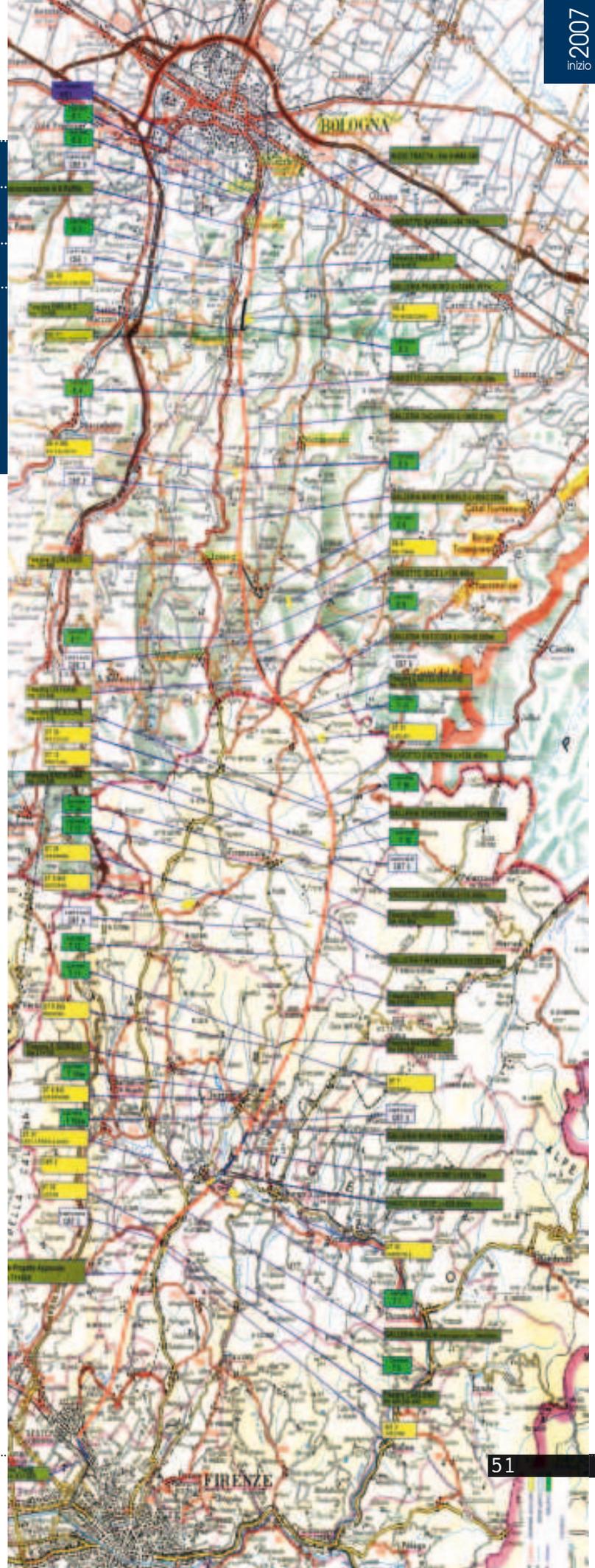
Dal 2000 la Cipa partecipa alle opere civili per la realizzazione delle linee ferroviarie ad alta velocità, dove abbiamo realizzato molteplici pozzi di diversa tipologia funzionale e lavorazioni in galleria.

### Viadotto Idice

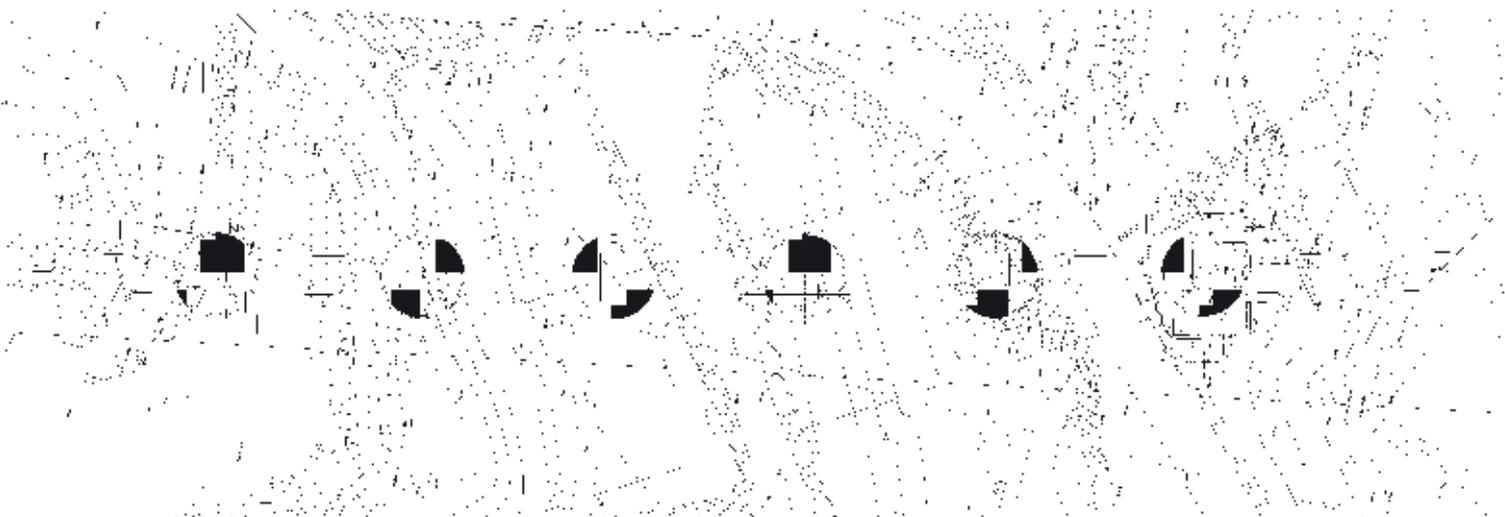
Per il viadotto Idice, situato all'imbocco della galleria Raticosa lato Bologna, abbiamo realizzato sei pozzi strutturali circolari di diametro 11 m e profondi da 9 a 24 metri. Lo scavo è stato realizzato con benna e martello demolitore, il priverivestimento con centine metalliche e calcestruzzo proiettato a presa rapida (spritz-beton). Due dei sei pozzi sono stati realizzati nelle adiacenze dell'alveo del fiume Idice ad una quota estradosso di 380 metri s.l.m. ovvero 4,56 metri sotto la quota di massima piena secolare valutata in 384,56 metri s.l.m.

La realizzazione di trincee drenanti ha garantito un ambiente di lavoro asciutto. Al termine della fase di scavo, i pozzi sono stati interamente riempiti con calcestruzzo, tranne la spalla SP2, per la quale è stato previsto un alleggerimento del nucleo con predisposizione di un cassero circolare di 4 metri di diametro.

- Viadotto Idice attraversato dalla Frecciarossa
- *Frecciarossa high-speed train transiting on the Idice viaduct*



- Pozzi strutturali del viadotto Idice
- *Structural shafts of the Idice viaduct*



- Fase di getto di ritombamento dei pozzi strutturali drenanti del versante Diaterna
- *Concrete backfilling of structural drainage shafts, Diaterna side*



*Since 2000, Cipa has been executing civil works for the construction of high-speed railway lines, for which our company excavated shafts having different purposes, and executed various tunnel excavation works.*

### *Idice Viaduct*

*As to the Idice viaduct located at the entrance to the Raticosa tunnel, on the Bologna side, we excavated six round structural shafts having a diameter of 11 metres, and with depths ranging from 9 to 24 metres. The excavation was carried out using buckets and rock breakers, pre-lining by steel ribs, and quick-hardening shotcrete. Two of the six shafts were excavated near the bed of Idice river at an extrados level of 380 metres a.s.l., i.e. 4.56 metres below the maximum flood level for a return period of 100 years, estimated at 384.56 metres a.s.l. The excavation of drainage trenches guaranteed a dry working environment.*

*At the end of the excavation phase, the shafts were completely back-filled with concrete, apart from abutment SP2, the central core of which was made lighter by using round formwork with a diameter of 4 metres.*

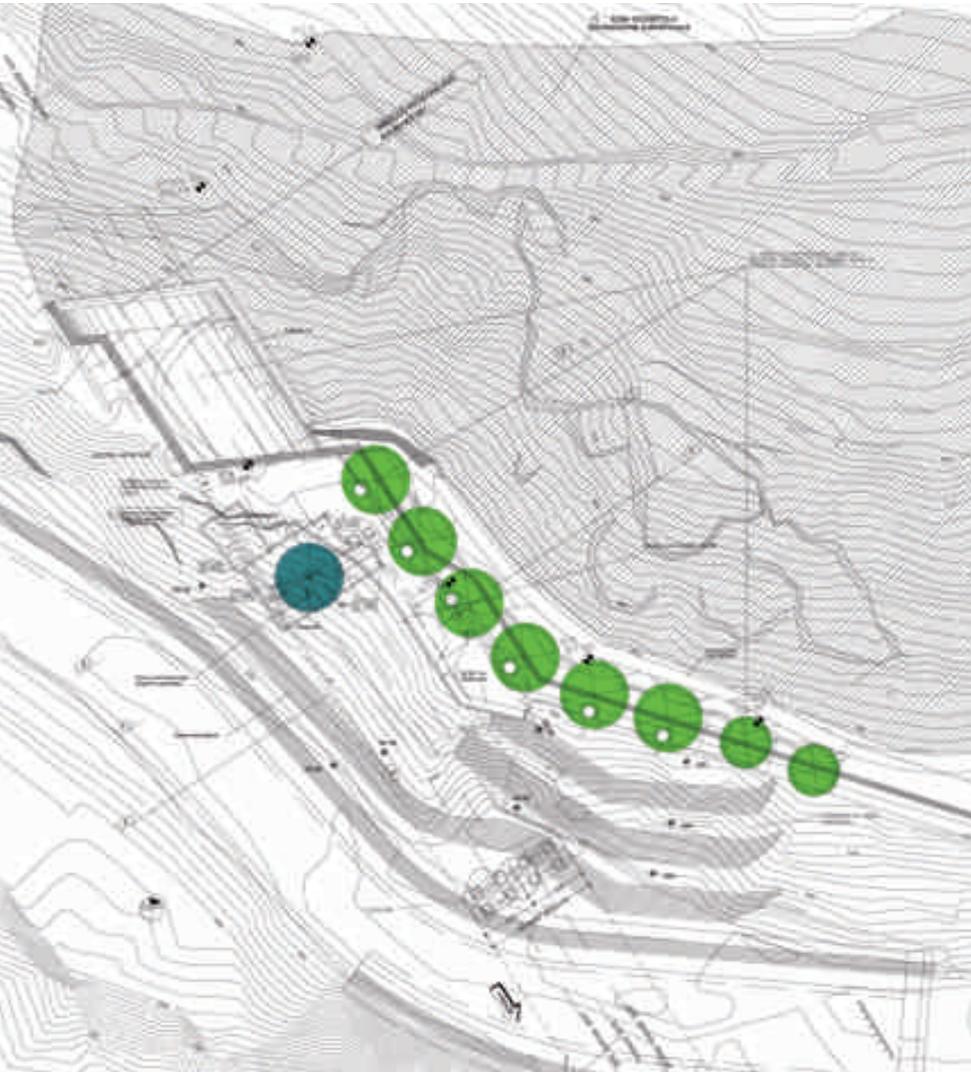
### *Diaterna Viaduct*

*Our company took part in the construction of this viaduct, located at the*

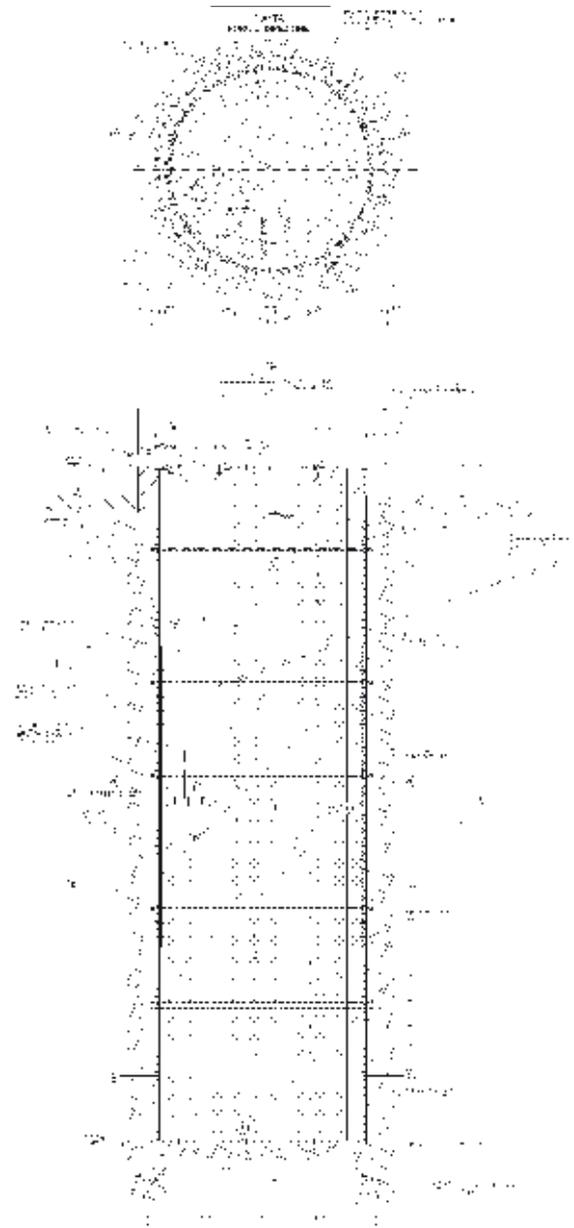


Realizzazione dei pozzi strutturali drenanti del viadotto Diaterna  
 Excavation of structural drainage shafts, Diaterna viaduct

Viadotto Diaterna realizzato   
Diaterna viaduct



Pianta e schema tipo dei pozzi strutturali drenanti   
del viadotto Diaterna  
Plan view and schematic layout of the structural   
drainage shafts of Diaterna viaduct



- Fase di scavo con esplosivo dei pozzi per il viadotto Diaterna
- *Phase of excavation of Diaterna viaduct shafts using explosives*



## Viadotto Diaterna

Sito all'imbocco lato Firenze della galleria Raticosa, per la sua costruzione abbiamo partecipato realizzando otto pozzi circolari di fondazione strutturali e drenanti per il consolidamento del versante sinistro del torrente Diaterna, di diametro 7,40 metri e profondi 22,50 metri ed un pozzo strutturale per la spalla del viadotto di pari diametro e profondo 11 metri. Lo scavo, oltre che con benna e martello demolitore, è stato realizzato utilizzando anche esplosivo. Il prerivestimento è costituito da centine metalliche, rete elettrosaldata e calcestruzzo proiettato a presa rapida (spritz-beton). Al termine della fase di scavo, i pozzi sono stati ritombati con calcestruzzo armato, lasciando libero, nei pozzi drenanti, un pozzetto del diametro di due metri e profondo 11 metri.

## Galleria Raticosa

Questa galleria ci ha visto protagonisti di una realizzazione unica nel suo genere: la costruzione, all'interno della galleria stessa, di sei pozzi strutturali eseguiti in modo da ricavare una "chiave immersata" nella

- Realizzazione di pozzi strutturali all'interno della galleria Raticosa
- *Building of structural shafts inside Raticosa tunnel*



- Panoramica della costruzione dei pozzi del versante Diaterna
- *Wide shot of the shaft building, Diaterna side*

*entrance of the Raticosa tunnel, on the Florence side, by excavating eight round structural drainage foundation shafts of a diameter of 7.40 metres and a depth of 22.50 metres for the consolidation of the left shore of Diaterna stream, and a structural shaft for the viaduct abutment, having the same diameter and depth of 11 metres.*

*The excavation works were carried out using not only buckets and rock breakers, but explosives as well. The pre-lining was made of steel ribs, welded wire mesh and quick-hardening shotcrete. At the end of the excavation phase, the shafts were backfilled by reinforced concrete, while preserving, within the drainage shafts, a hollow volume of a diameter of 2 metres and a depth of 11 metres.*

## Raticosa Tunnel

*For the construction of this tunnel, our company carried out unprecedented work: the excavation, from within the tunnel, of six structural shafts aimed at making the tunnel crown integral with the surrounding rock and connected to the invert in order to prevent tunnel bore deformation due to the considerable load exerted by the Diaterna slope because of its long-lasting instability. Such deformations occurred several times, affecting the works of the various companies involved from time to time. We can proudly state that the successful outcome of our works allowed the excavation of the remaining section of the tunnel – which had been at a standstill since the works on the Diaterna slope side began in 1998 – to be continued, and the last 100 metres of tunnel still to be excavated throughout the entire railway section from Florence to Bologna to be finally completed.*



Scavo pozzo e realizzazione di nicchie all'interno della galleria Raticosa   
 Shaft excavation and construction of niches inside Raticosa tunnel

roccia e collegata all'arco rovescio, per far sì che il cavo non si "avviti" sotto l'enorme spinta generata dal versante Diaterna, in frana da anni. Tale avvitemento è avvenuto più volte con le diverse imprese che si sono succedute nelle lavorazioni. Non senza orgoglio evidenziamo che il successo di tale lavorazione ci ha permesso di sbloccare l'ultimo tratto di galleria rimasto praticamente fermo dal 1998 quando vennero iniziati i lavori sul versante Diaterna, permettendo il completamento degli ultimi 100 metri di galleria rimasti incompiuti su tutta la tratta da Firenze a Bologna.

I sei pozzi sono di diametro 6,50 metri, di cui due profondi 8,28 metri e quattro profondi 12,18 metri, scavati con benna, martello demolitore ed esplosivo, priverestiti con centine metalliche, rete elettrosaldata e calcestruzzo proiettato a presa rapida (spritz-beton). Al termine della fase di scavo, i pozzi sono stati armati e ritombati con calcestruzzo. Oltre ai pozzi, abbiamo anche realizzato l'arco rovescio con murette per 155 metri di galleria, realizzato il rivestimento definitivo in calcestruzzo armato dei cameroni di manovra, di lunghezza 12 m e sezione 34 m<sup>2</sup> e le nicchie tecnologiche.

### Galleria finestra Osteto (diramazione della galleria Firenzuola)

Rivestimento definitivo in calcestruzzo armato di ca. 700 metri di galleria. Realizzazione delle nicchie tecnologiche.

### Galleria finestra Castelvecchio (diramazione della galleria Raticosa)

Rivestimento definitivo in calcestruzzo armato di ca. 1.135 metri di galleria. Realizzazione delle nicchie tecnologiche. Ritombamento di due cameroni di manovra.

### Galleria finestra Rovigo (diramazione della galleria Firenzuola)

Rivestimento definitivo in calcestruzzo armato di ca. 510 metri di galleria. Realizzazione delle nicchie tecnologiche.

*The six shafts of a diameter of 6.50 metres, two of which 8.28 metres deep and the other four of 12.18 metres deep, were excavated using buckets, rock breakers and explosives, and pre-lined with steel ribs, welded wire mesh and quick-hardening shotcrete. At the end of the excavation phase, the shafts were reinforced and backfilled with concrete. In addition to the shafts, our company executed the invert and the elements in concrete for 155 metres of the tunnel length, and saw to the final lining in reinforced concrete of the underground structure intended for train shunting, for a length of 12 metres and a cross-section of 34 m<sup>2</sup>, and the recesses housing the technological systems.*

### Osteto tunnel access (branch of Firenzuola tunnel)

*Final lining in reinforced concrete for approximately 700 metres of the tunnel length. Execution of the recesses housing the technological systems.*

Galleria Raticosa versante Diaterna   
 Raticosa tunnel, Diaterna side



- Cassaforma per la realizzazione del portale della galleria finestra Rovigo
- Formwork for the construction of the portal of the Rovigo tunnel access



### Galleria finestra Emilia 2 (diramazione della galleria Pianoro)

Rivestimento definitivo in calcestruzzo armato di ca. 279 metri di galleria. Realizzazione della strombatura di innesto alla galleria principale.

### Galleria Pianoro

Rivestimento definitivo dei by-pass di collegamento con interconnessioni pari e dispari.

### Cunicolo di prospezione geologica e di servizio (Sesto Fiorentino)

Ripristino delle parti ammalorate del rivestimento per circa 540 metri di galleria. Realizzazione calotte e portale d'imbocco Nord lungo circa 25 metri.

### Interconnessione S. Ruffillo (Bologna)

Per l'interconnessione S. Ruffillo abbiamo realizzato la Galleria Policentrica, di sezione media pari a 130 m<sup>2</sup> e lunghezza ca. 115 m, sca-

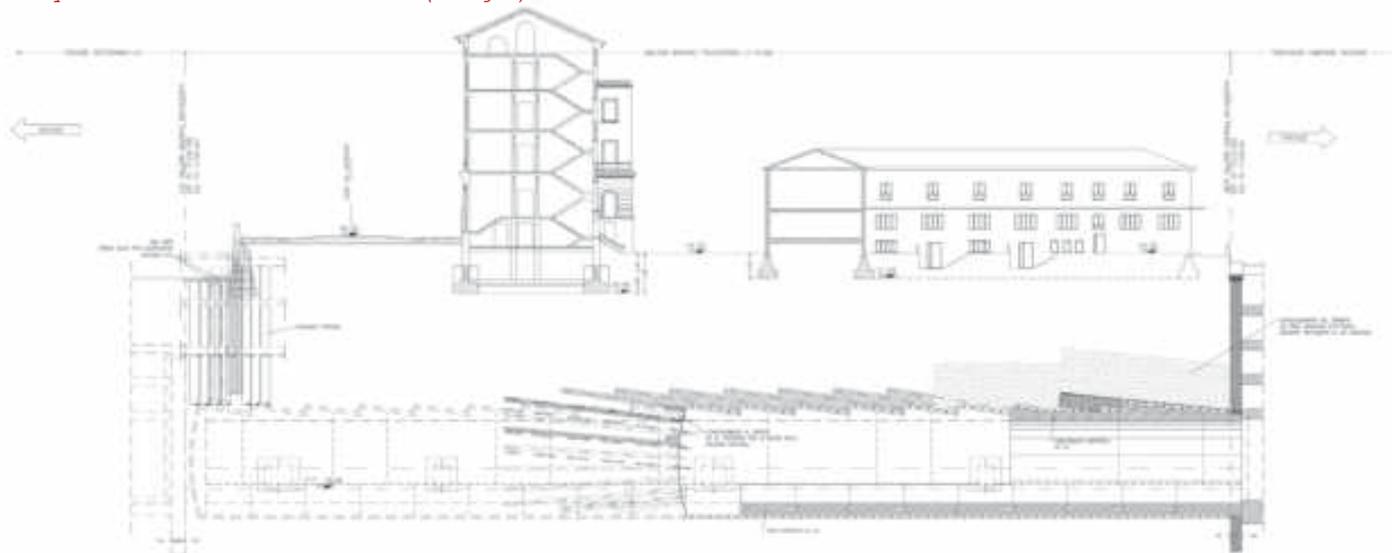
- Galleria policentrica per l'interconnessione S. Ruffillo (Bologna)
- Polycentric tunnel for San Ruffillo (Bologna) interconnection

### Castelvechio tunnel access (branch of Raticosa tunnel)

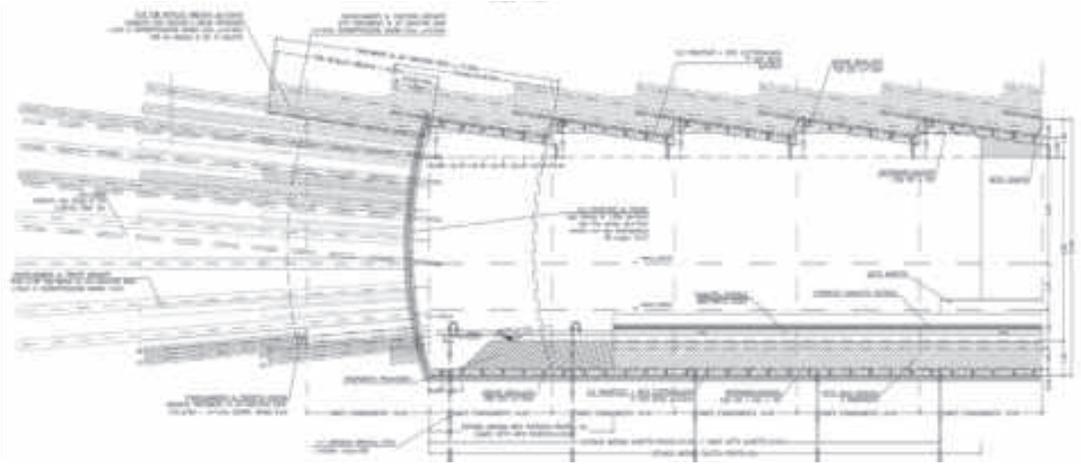
Final lining in reinforced concrete for approximately 1,135 metres of the tunnel length. Execution of the recesses housing the technological systems. Backfilling of the two box-shaped structures intended for train shunting.

### Rovigo tunnel access (branch of Firenzuola tunnel)

Final lining in reinforced concrete for approximately 510 metres of tunnel length. Execution of the recesses housing the technological systems.



Profilo longitudinale □  
e sezioni della galleria  
policentrica per  
l'interconnessione S. Ruffillo  
Longitudinal profile □  
and sections of the polycentric  
tunnel for San Ruffillo  
interconnection



vando a campi di avanzamento tronco-conici di 6 metri, con preconsolidamento tramite iniezioni jet grouting al contorno ed al fronte, infilaggi di micropali ad ombrello, centine, rete elettrosaldata e spritz-beton. L'impermeabilizzazione è stata realizzata con strati di tessuto TNT+PVC e, dopo l'armatura, il getto del rivestimento definitivo con è stato eseguito con cassero. Abbiamo anche costruito due pozzi di ventilazione di diametro 5,6 metri e profondi circa 26 metri, compresi i cunicoli di collegamento alla linea. Per la realizzazione dei pozzi abbiamo adottato il metodo della sottomurazione, preconsolidamento eseguito con centine, rete elettrosaldata e spritz-beton. Impermeabilizzazione con TNT+PVC. Scavo dei cunicoli, previa realizzazione di strutture metalliche di rafforzamento delle zone delle gallerie di linea intercettate, con piccoli mezzi e realizzazione del prerivestimento con centine, rete elettrosaldata e spritz-beton. Impermeabilizzazione con strato di TNT+PVC. Rivestimento definitivo in calcestruzzo armato. ■

Sesto Fiorentino - Intervento di ripristino □  
nel cunicolo di prospezione geologica e di servizio  
Sesto Fiorentino - Rehabilitation of service □  
and geological investigation tunnel



### Emilia 2 tunnel access (branch of Pianoro tunnel)

*Final lining in reinforced concrete for approximately 279 metres of the tunnel length. Widening the tunnel cross-section for connection with the main tunnel.*

### Pianoro Tunnel

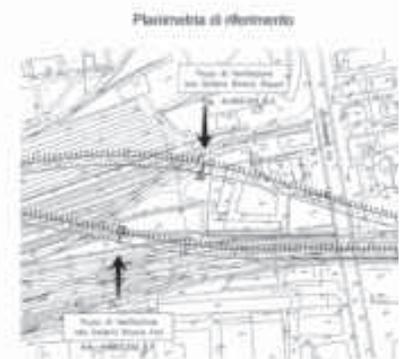
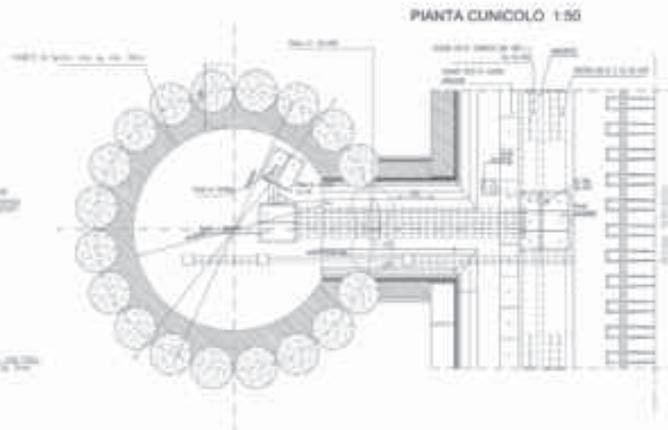
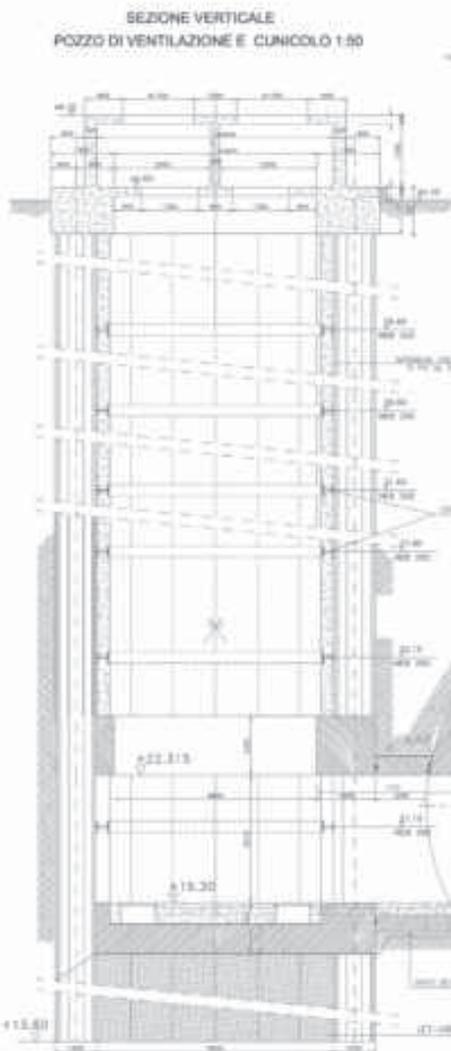
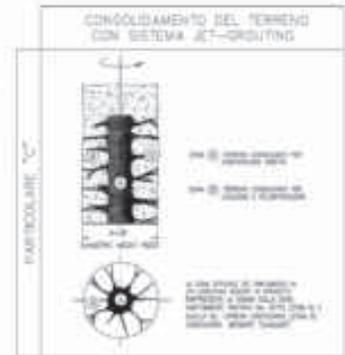
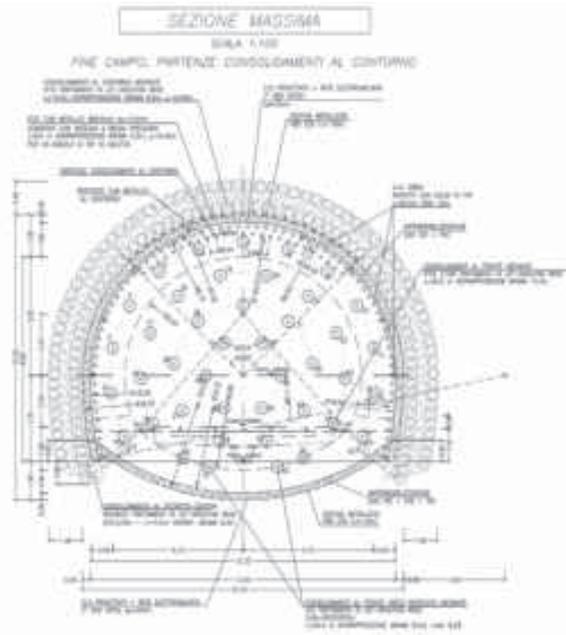
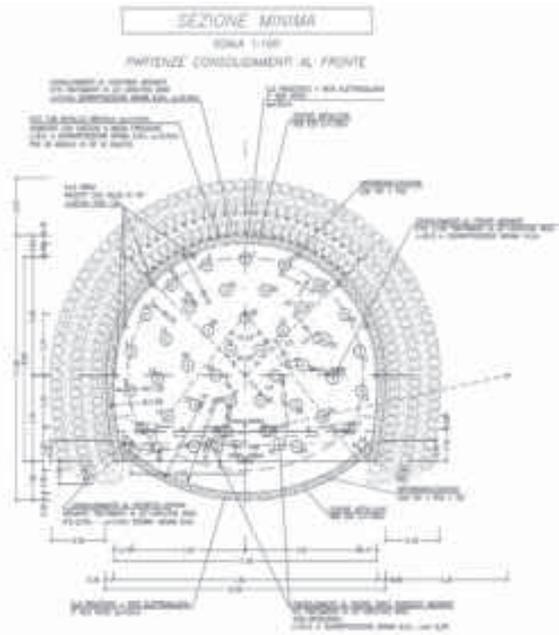
*Final lining of the by-passes providing a link with odd- and even-numbered tracks.*

### Geological investigation and service tunnel (Sesto Fiorentino)

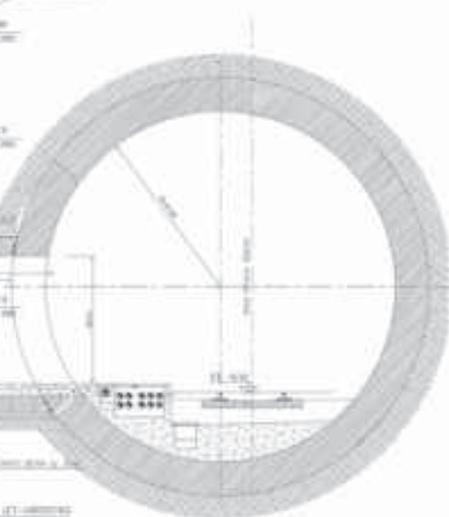
*Restoration of lining for a length of approximately 540 metres. Construction of crowns and North tunnel portal for a length of approximately 25 metres.*

### San Ruffillo (Bologna) Interconnection

*As to the San Ruffillo interconnection, we excavated the polycentric tunnel, having an average cross-section area of 130 m<sup>2</sup> and length of approximately 115 metres, tunnel-face excavation progressing by truncated-cone-shaped sections of a length of 6 metres, with soil pre-consolidation by jet-grouting along the tunnel contour and the excavation face, forepoling, ribs, welded wire mesh and shotcrete. The waterproofing was executed by TNT+PVC layers and, after reinforcement, the final lining was executed by concrete cast in-situ using formwork. Our company also excavated two ventilation shafts having a diameter of 5.6 metres and a depth of about 26 metres, including the cross-link tunnels to the main line. For the excavation of the shafts we adopted the underpinning method, with pre-consolidation by means of steel ribs, welded wire mesh and shotcrete. The waterproofing was executed by TNT+PVC layers. The cross-link tunnels were excavated by previous erection of steel structures for the purpose of reinforcing the areas of interconnection with the railway line tunnel, using small-size equipment and machinery; the pre-lining was executed by steel ribs, welded wire mesh and shotcrete. TNT+PVC layers were used for waterproofing. The tunnel was lastly lined with reinforced concrete. ■*



□ Pozzi di ventilazione dell'interconnessione S. Ruffillo  
 □ Ventilation shafts of the San Ruffillo interconnection







Tutta la tratta presenta le caratteristiche di uno scavo urbano a basso ricoprimento, prevalentemente centrato sotto viabilità, fabbricati storici e monumenti di notevole importanza per la città di Genova.

L'avanzamento della galleria è stato possibile garantendo lo scavo a piena sezione mediante il sistema A.DE.CO. utilizzando sezioni trasversali differenti in funzione delle convergenze rilevate in corso d'opera ed al comportamento deformativo dei terreni attraversati.

Ogni sezione tipo della galleria è definita da consolidamenti in calotta, al fronte ed al piede centina con differente intensità.

## Stazione Corvetto

Tra le progr. 6636.94 e 6716.94 si trova la stazione Corvetto, costituita da un pozzo di discesa profondo 36 metri da cui parte quello che è chiamato il Camerone di Attacco che porta alle gallerie di stazione.

Il Camerone di Attacco è stato realizzato con uno scavo in tre fasi di ribasso. È alto in totale 21 metri, con sezione media di 170 m<sup>2</sup> e lungo 32 metri. È stato effettuato un consolidamento dello scavo con VTR cementati al fronte, al contorno suborizzontali e subverticali dal piano di scavo. Lo scavo è proceduto a sezione corrente, rivestendo in calcestruzzo armato la sezione parziale prima dell'inizio delle fasi successive di ribasso. Le gallerie di stazione sono a doppio binario e partono dal Camerone di Attacco, per una lunghezza di 80 metri ciascuna e una sezione di scavo di 152 m<sup>2</sup>. Per il rivestimento definitivo sono state utilizzate lastre curve prefabbricate in calcestruzzo, a contenimento del getto di calcestruzzo che le ingloba. Le lastre, note come "Predalle curve", hanno l'armatura di progetto già collocata sul loro dorso e per la movimentazione ed il loro posizionamento è stata realizzata una apposita attrezzatura studiata ad hoc.

*ones, equal to about 8 metres.*

*The entire section has the characteristics of an urban excavation with low covering, mainly centred under the road network, historic buildings, and monuments of considerable importance to the city of Genova.*

*The advance of the tunnel was made possible by guaranteeing a full-section excavation by A.DE.CO. system, using different cross-sections according to the convergences observed during work in progress and to the strain behaviour of the soils that were crossed.*

*Each typical cross-section of the tunnel is defined by consolidations at the crown, at the face, and at the foot of the rib with different intensities.*

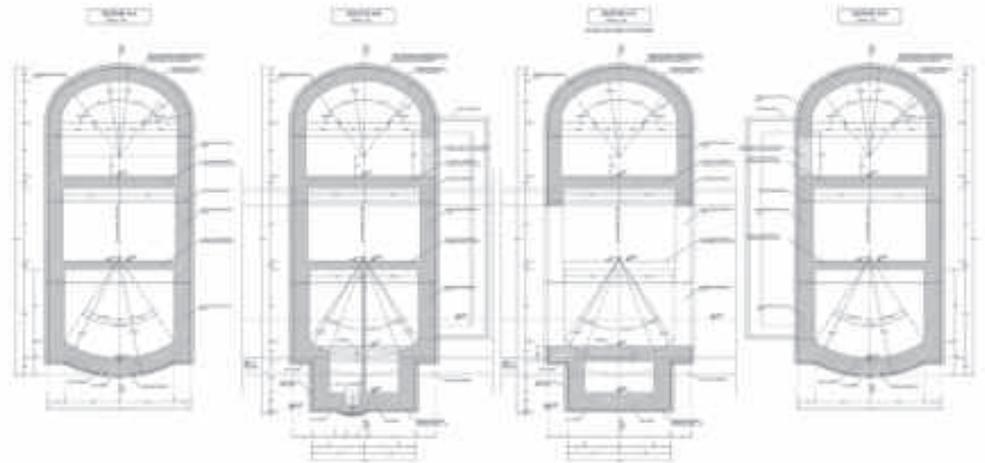
## Corvetto station

*Between points 6636.94 and 6716.94 is the Corvetto station, consisting of a dropshaft 36 metres deep, from which the cavern called "Camerone di Attacco," which leads to the station tunnels, begins.*

*Camerone di Attacco was built with an excavation in three phases of bench. It is 21 metres high in total, with an average cross-section of 170 m<sup>2</sup>, and is 32 metres in length. A consolidation of the excavation with cemented VTR at the face, on the subhorizontal and subvertical boundaries from the excavation level, was made.*

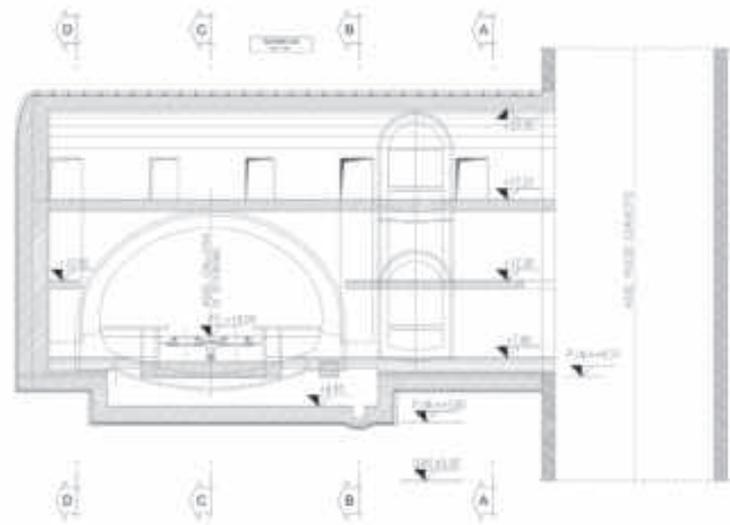


Pozzo di accesso alla stazione Corvetto   
 Entrance shaft to Corvetto station

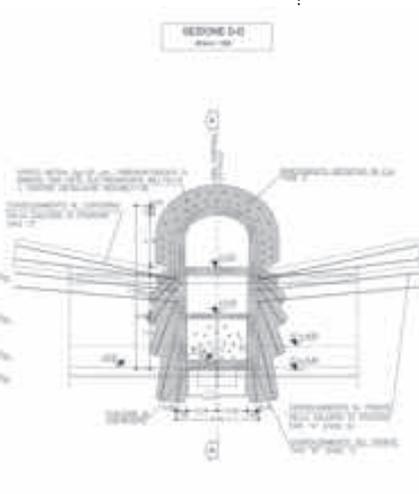
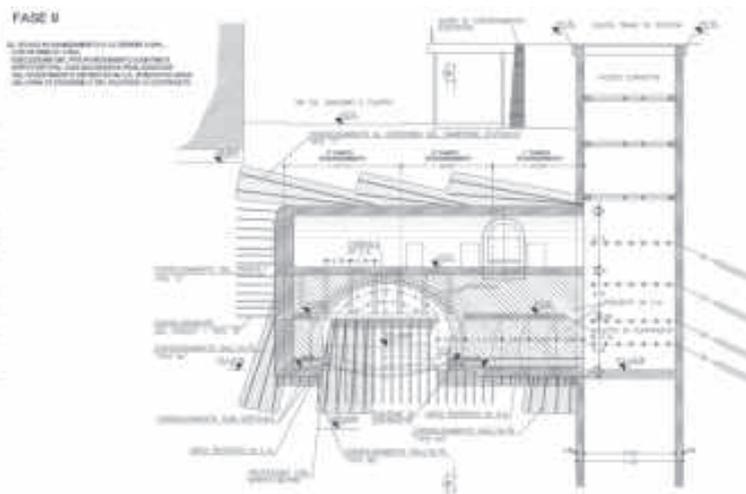
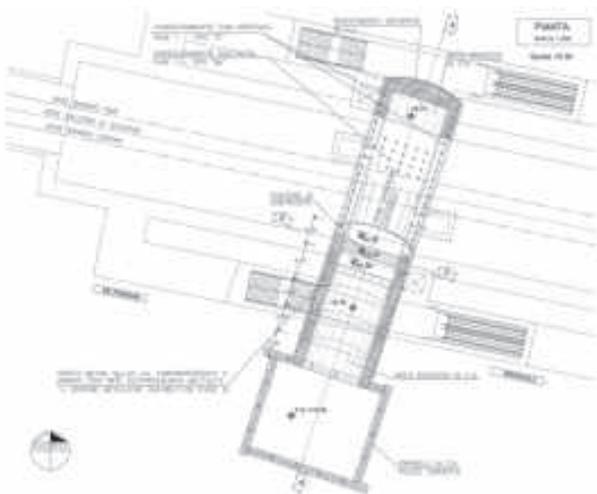


### Tratta stazione Corvetto – De Ferrari

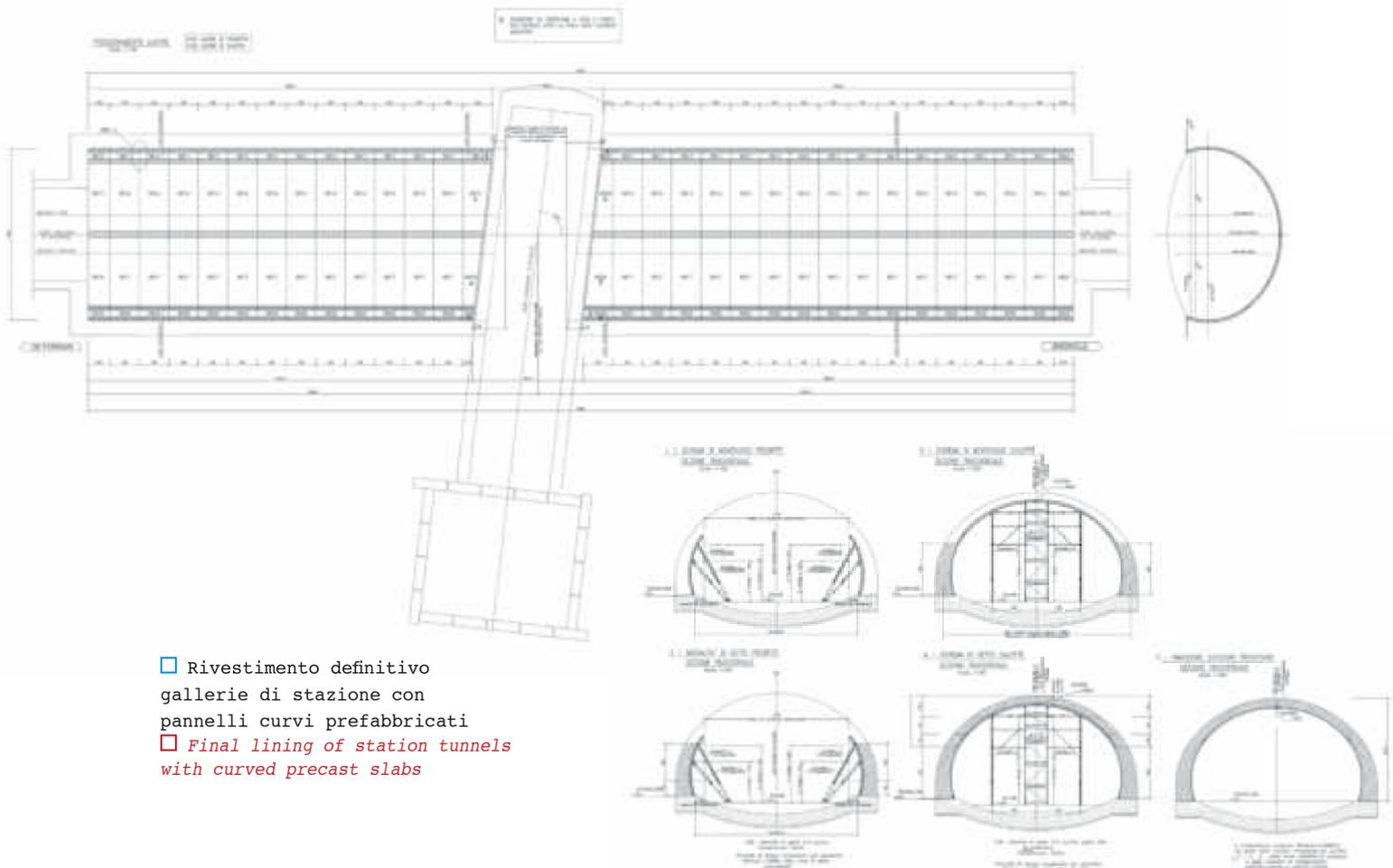
Dalla galleria di stazione Corvetto verso De Ferrari abbiamo realizzato la sequenza di gallerie che così si succedono: la galleria di linea tratta 2 di lunghezza pari a 167 metri con sezione di scavo di 66 m<sup>2</sup>, il camerone di raccordo tipo 2 di lunghezza pari a 70 metri e sezione di scavo di 99 m<sup>2</sup>, il camerone tipo 1 di lunghezza pari a 50 metri sezione di scavo di 145 m<sup>2</sup>. All'interno di quest'ultimo si configura il riallineamento delle due gallerie esistenti "Le Grazie", da noi ripristinate per un totale di 180 metri, che congiungeranno, tramite un percorso di 300 metri, il tracciato in costruzione con quello in esercizio che ad oggi fa capolinea a stazione De Ferrari. Ambedue i camerone sono stati rivestiti con lastre curve prefabbricate in calcestruzzo armato a contenimento del getto di calcestruzzo dal quale sono poi state inglobate. Si sono rilevate situazioni delicate durante



Fasi realizzative del Camerone di Attacco   
 Camerone di Attacco, working sequence



- Camere di Attacco stazione Corvetto
- Camere di Attacco, Corvetto station



- Rivestimento definitivo gallerie di stazione con pannelli curvi prefabbricati
- Final lining of station tunnels with curved precast slabs





Sequenza montaggio predalle galleria di stazione   
 Station tunnel: predalles assembly sequence

le attività di scavo per il camerone tipo 1, in primo luogo perché la curvatura del tracciato ha portato la galleria al di sotto degli edifici di via Roma e in secondo luogo perché fin dai primi metri di scavo di questo secondo allargamento sono state intercettate le due gallerie esistenti Le Grazie, determinando durante l'avanzamento un impatto ambientale di tipo acustico e vibrazionale che ci ha costretto ad interdire lo scavo durante l'orario notturno.

I due fornici della galleria Le Grazie   
 The two adits of the Le Grazie tunnel



*The excavation proceeded in current section, covering the partial section with reinforced concrete before the start of the subsequent bench phases.*

*The station tunnels are double-tracked, and start from Camerone di Attacco for a length of 80 metres each and an excavation cross-section of 152 m<sup>2</sup>. For the final lining, curved precast concrete slabs were used, containing the casting of concrete that includes them. The slabs, known as "curved predalles," have the design reinforcement already placed on their back, and specially design equipment has been made to move and position them.*

### Corvetto station - De Ferrari section

*From the Corvetto station tunnel towards De Ferrari, we made the sequence of tunnels that follow one after the other as follows: line tunnel section 2, of a length equal to 167 metres, with an excavation cross-section of 66 m<sup>2</sup>, connection cavern type 2 of a length equal to 70 metres and excavation cross-section of 99 m<sup>2</sup>, and cavern type 1 of a length equal to 50 metres and an excavation cross-section of 145 m<sup>2</sup>. Inside the latter is the realignment of the two existing "Le Grazie" tunnels, restored by us for a total of 180 metres, which, through a 300 metre path, will join the layout under construction with the one in operation that at present ends at the De Ferrari station. Both caverns were covered with curved precast reinforced concrete slabs containing the casting of concrete that includes them. Delicate situations were encountered during the excavation activity for the cavern type 1, first of all because the curvature of the layout brought the tunnel beneath the buildings in Via*

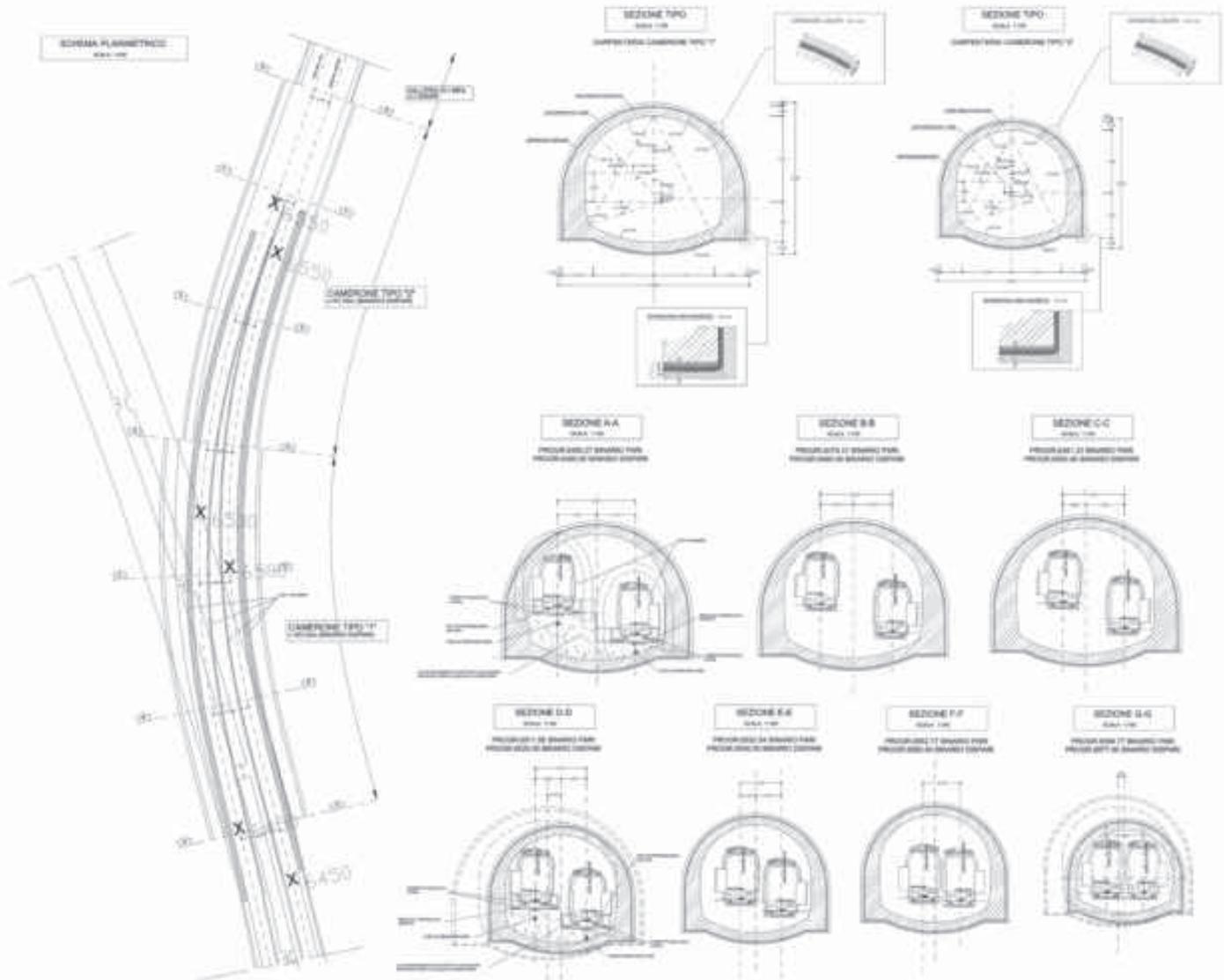


- Raccordo galleria di linea con gallerie delle Grazie
- Connection line tunnel with the Le Grazie tunnels

### Tratta pozzo Corvetto – Pozzo di ventilazione in piazza Brignole

Dalla galleria di stazione Corvetto il tracciato prosegue con la galleria di linea tratta 4 per una lunghezza totale pari a 334 metri, sottopassa via

*Roma, and secondly because from the first metres of excavation of this second widening, the two existing Le Grazie tunnels were intercepted, thus causing, during advancement, an environmental impact in terms of noise and vibrations, forcing us to suspend excavation at night.*



Cassaforma per rivestimento galleria di linea □  
Formwork for line tunnel lining □



Serra sino a raggiungere la camera di ventilazione di piazza Brignole. Questa tratta è stata scavata da due fronti di avanzamento accedendo dai due pozzi quello di Corvetto e quello di Brignole.

L'incontro dei due fronti è avvenuto nel mese dicembre 2008 mentre i rivestimenti definitivi sono stati completati nel mese di gennaio 2009.

### Tratta stazione Brignole – Pozzo di ventilazione in piazza Brignole

L'unica galleria di linea del tracciato avente l'accesso a raso è la tratta 5, quella da stazione Brignole verso pozzo Brignole avente una lunghezza di 377 metri, questa procede in pendenza oltrepassando l'ammasso di calcare di corso Monte Grappa posizionandosi perpendicolarmente al fascio di binari del parco ferroviario di stazione Brignole per poi sottoattraversarli ed infine raggiungere la camera di ventilazione di piazza Brignole. Sicuramente la fase esecutiva più critica di tutto il tracciato è stata proprio su questa tratta in corrispondenza del sottoattraver-

Imbocco galleria di linea lato stazione Brignole □  
Line tunnel entrance, Brignole station side □



### Corvetto shaft - Piazza Brignole ventilation shaft section

*From the Corvetto station tunnel, the layout continues with the section 4 line tunnel for a total length equal to 334 metres, and passes beneath Via Serra until reaching the ventilation chamber at Piazza Brignole. This section was excavated from two heading faces, entering from the two shafts: Corvetto and Brignole.*

*The two faces met in December 2008, while the final linings were completed in the month of January 2009.*

### Brignole station - Piazza Brignole ventilation shaft section

*The only line tunnel in the layout with grade-level access is section 5, from the Brignole station to the Brignole shaft, having a length of 377 metres. It proceeds in slope, passing the cluster of limestone at Corso Monte Grappa, taking a position perpendicular to the group of rails of the Brignole station railway yard and then crossing beneath them and finally reaching the Piazza Brignole ventilation chamber.*

*Surely the most critical working phase of the entire layout was this sec-*





□ Pozzo di ventilazione L.go Lanfranco  
□ Largo Lanfranco ventilation shaft

samento del fascio di binari di stazione Brignole, che doveva essere realizzata senza interruzione e limitazione dell'esercizio ferroviario. Le ragioni della criticità del sottoattraversamento in condizioni di esercizio sono state molteplici, fra le tante ricordiamo le basse coperture, variabili dai 4 ai 7 metri e il materiale inconsistente, principalmente costituito da materiale di riporto. Il progettista dopo aver identificato una fascia di circa 65 metri sottostante il fascio completo di binari, ha prescritto di utilizzare una serie di sezioni geomeccaniche molto conservative, in cui le attività di consolidamento erano di primaria importanza per la buona riuscita del sottoattraversamento.

I primi consolidamenti del sottoattraversamento sono iniziati alla progressiva 280 metri ad aprile 2008 e sono terminati alla progressiva 345 metri ad ottobre 2008.

Altrettanto importante è stata la predisposizione di un monitoraggio continuo e in tempo reale che consentisse la determinazione delle deformazioni indotte sul binario da parte delle attività realizzative in sotterraneo. Il continuo e tempestivo controllo di tali deformazioni ha consentito la verifica puntuale della bontà delle già restrittive prescrizioni progettuali, la modulazione della frequenza e della intensità delle lavorazioni. L'arrivo al pozzo Brignole è avvenuto nel mese di novembre 2008. Una volta raggiunta la camera di ventilazione tutti i macchinari hanno oltrepassato il pozzo e hanno proseguito l'avanzamento sulla tratta 4 sino all'incontro con il fronte di avanzamento da Corvetto avvenuto nel mese di dicembre 2008.

### Innesto pozzo L.go Lanfranco con galleria di linea

Si è trattato di un piccolo scavo e rivestimento del cunicolo di collegamento. ■

*tion, in correspondence with the undercrossing of the group of rails at the Brignole station, which had to be done without interrupting or limiting railway operation. There were many reasons for the criticalities of the undercrossing in operating conditions, including the low coverings, ranging from 4 to 7 metres, and the inconsistent material, consisting mainly of filling material.*

*After identifying a section of about 65 metres beneath the complete group of rails, the designer prescribed using a series of highly conservative geomechanical sections, in which the consolidation activities were of primary importance for the success of the undercrossing.*

*The undercrossing's first consolidations began at 280 metres in April 2008, and were completed at 345 metres in October 2008.*

*Just as important was the preparation of a continuous, real-time monitoring that made it possible to determine the deformations induced onto the rail by the underground construction activities.*

*The prompt and continuous monitoring of these deformations made it possible to accurately verify the soundness of the already restrictive design specifications, and to modulate the frequency and intensity of the working activities. The arrival at the Brignole shaft took place in the month of November 2008. Once the ventilation chamber was reached, all the machinery passed the shaft and continued the advance on section 4 until the meeting with the heading face from Corvetto, which took place in December 2008.*

### Connection of Largo Lanfranco shaft with the line tunnel

*This was a small excavation and covering of the connection adit. ■*

# Park San Giusto – Trieste

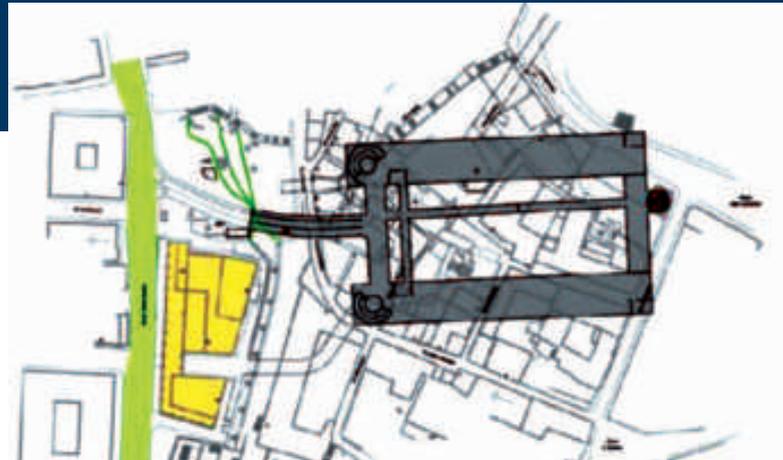
## San Giusto Car Park – Trieste

A Giugno 2012 sono iniziati i lavori per la realizzazione di una struttura di parcheggio completamente interrata, sotto il colle di San Giusto di Trieste, importante meta turistica per la città, costituita da due "caverne" con 5 livelli di parcheggio ognuna. L'idea di realizzare un parcheggio sotto il colle di San Giusto nasce nel 1996 e il progetto, da allora, subisce sostanziali modifiche fino ad arrivare alla versione finale del Progetto Esecutivo nel 2011.

La struttura di parcheggio è completamente interrata, ed è costituita da due "caverne" con 5 livelli di parcheggio ognuna.

Le "caverne" sono collegate tra loro da due transetti per la viabilità degli autoveicoli e da gallerie verso le due uscite/accessi poste una in via del Teatro Romano (per automezzi e pedoni) e una sul Colle di San Giusto (per i pedoni) servita da due ascensori.

All'interno delle due "caverne", la soluzione proposta prevede due rampe a senso unico collegate da un transetto a doppio senso di marcia che collega i cinque livelli necessari per arrivare ad una capienza di

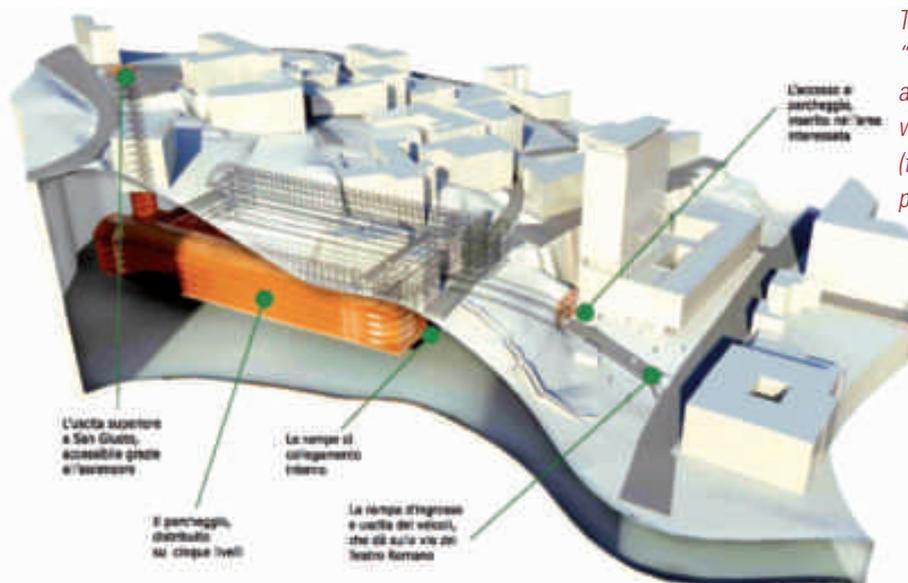


Planimetria del parcheggio   
Plan view of car park

*June 2012 saw the start of the works to build a car park structure entirely underground, beneath San Giusto hill in Trieste, a major tourism destination for the city, consisting of two "caves," each with 5 parking levels.*

*The idea for building a car park beneath San Giusto hill came about in 1996, and since then the design has seen substantial changes, until the final version of the Executive Design was arrived at in 2011.*

*The parking structure is entirely underground, and consists of two "caves," each with 5 parking levels. The "caves" are linked to one another by two transepts for motor vehicles to travel and tunnels towards the two exits/accesses, one located at Via del Teatro Romano (for motor vehicles and pedestrians) and another at San Giusto (for pedestrians), served by two lifts.*



Una veduta del nuovo parcheggio inserito nell'area prevista dal progetto, come appare in un'elaborazione digitale. Sono visibili i due accessi: quello veicolare in via del Teatro Romano e quello pedonale a San Giusto, raggiungibile in ascensore   
View of the new car park included in the project area, as shown by digital processing. The two accesses are visible: the one at Via del Teatro Romano and the pedestrian one at San Giusto, which can be reached by lift



- Cunicoli e strutture esistenti incontrate nelle operazioni di scavo della galleria
- *Adits and existing structures encountered in tunnel excavation operations*

718 posti con compartimenti tutti di area pari od inferiore a 1.500 m<sup>2</sup>. Lo spessore di copertura delle caverne varia da un minimo di circa i 14 m fino ad un massimo di circa 40 m.

Dei cinque piani, uno (livello 0) si colloca 3m più in alto rispetto alla quota di Via del Teatro Romano ed uno (livello +1) è posto alla quota di 9.4m. Gli altri tre livelli sono realizzati a scendere fino la quota -2,60 m. Concettualmente il progetto prevede un diffuso consolidamento della roccia con chiodatura e tiranti attivi legati ad un rivestimento armato in micro calcestruzzo proiettato. Per le volte delle caverne è prevista un'ulteriore struttura in calcestruzzo armato con funzione portante.

**L'opera prevede quanto di seguito indicato:**

- Riempimento delle strutture esistenti

Le strutture esistenti sono state in parte riempite con calcestruzzo magro e materiale da riporto.



- Ritrovamento di reperti di carattere archeologico nell'area di accesso al parcheggio
- *Archaeological finds in the car park access area*

*Inside the two "caves", the proposed solution consists of two one-way ramps connected by a two-way traffic transept that connects the five levels, as required to reach a capacity of 718 parking places with all compartments of area equal to or less than 1,500 m<sup>2</sup>.*

*The thickness of the cover of the caves varies from a minimum of about 14 metres up to a maximum of approximately 40 metres.*

*Of the five floors, one (level 0) is placed 3 metres higher than the elevation of Via del Teatro Romano and one (level +1) is placed at an elevation of 9.4 metres. The other three levels are made to descend down to -2.60 metres.*

*Conceptually, the project foresees a consolidation of rock with bolts and tiebacks connected to a reinforced lining in micro shotcrete. For the caves' vaults, there is an additional reinforced concrete structure with supporting function.*

**The work calls for the following:**

- Filling of existing structures

*The existing structures were partially filled with lean concrete and material from landfill.*

- Ventilation connections

*For the connections of the ventilation of the right and left caves, the existing tunnels will be used. The connections will be made and filled during the construction of the caves.*

- Piazzale del cantiere che sarà l'area di accesso al parcheggio da via del Teatro Romano
- *Work site that will be the area for accessing the car park from Via del Teatro Romano*

Vista di insieme □  
della galleria di ingresso  
Overview of entrance tunnel □

- Connessioni della ventilazione

Per le connessioni della ventilazione delle caverne destra e sinistra saranno utilizzate le gallerie esistenti. Le connessioni saranno realizzate e riempite nel corso della costruzione delle caverne.

- Tunnel di ingresso (Entrance Tunnel – ET)

Il tunnel di ingresso inizia dal portale in via del Teatro Romano ed arriva al transetto anteriore, ed è lungo circa 42 metri, con una sezione di scavo di 56,5 m<sup>2</sup>. Il tunnel verrà usato sia dai veicoli che dai pedoni, e sarà utilizzato anche per la ventilazione

- Transetto Anteriore (Front Transept – FT)

Il Transetto Anteriore collega tutti e cinque i livelli delle caverne destra e sinistra.

La parte superiore è utilizzata esclusivamente per la ventilazione.

È lungo circa 74 metri, per una sezione complessiva di circa 135 m<sup>2</sup>, da scavare in fasi successive.

- Caverne (CA)

In ognuna delle due caverne saranno realizzati cinque livelli di parcheggio. Le caverne sono lunghe circa 120 m per una sezione complessiva di circa 315 m<sup>2</sup>, da scavare in fasi successive.



- Entrance Tunnel – ET

*The entrance tunnel starts from Via del Teatro Romano, extends to the front transept, and is about 42 metres in length, with an excavation cross-section of 56.5 m<sup>2</sup>. The tunnel will be used by both vehicles and pedestrians, and will also be employed for ventilation.*

- Front Transept – FT

*The Front Transept links all five levels of the right and left caves. The upper part is used exclusively for ventilation. It is approximately 74 metres in length, for a total cross-section of about 135 m<sup>2</sup>, to be excavated in subsequent phases.*



□ Vista dall'interno del pozzo  
□ View from inside the shaft

- Transetto posteriore (Rear Transept – RT)

Il Transetto Posteriore collega i tre livelli più bassi delle caverne destra e sinistra. Verrà anche usato per la ventilazione e come via di fuga da entrambe le caverne.

È lungo circa 74 metri, per una sezione complessiva di circa 100 m<sup>2</sup>, da scavare in fasi successive.

- Galleria Pedonale (Pedestrian Tunnel – PT)

La galleria pedonale collega il transetto anteriore al livello "0" con il transetto posteriore al livello "-3". Inoltre un tunnel di passaggio trasversale darà la possibilità di accedere al livello "0" delle caverne destra e sinistra.

La galleria pedonale è lunga circa 100 metri e ha una sezione di scavo di 25 m<sup>2</sup>; mentre il tunnel di passaggio trasversale è lungo circa 42 metri e ha una sezione di scavo di circa 13 m<sup>2</sup>.



- Caves (CA)

*In each of the two caves, five parking levels will be built. The caves are about 120 metres in length, for a total cross-section of approximately 315 m<sup>2</sup>, to be excavated in subsequent phases.*

- Rear Transept – RT

*The Rear Transept links the three lowest levels of the left and right caves. It will also be used for ventilation and as an escape path from both caves. It is approximately 74 metres in length, for a total cross-section of about 100 m<sup>2</sup>, to be excavated in subsequent phases.*

- Pedestrian Tunnel – PT

*The pedestrian tunnel links the front transept at level "0" with the rear transept at level "-3". Moreover, a transversal transit tunnel will make it possible to access level "0" of the right and left caves. The pedestrian tunnel is about 100 metres in length, and has an excavation cross-section of 25 m<sup>2</sup>, while the transversal transit tunnel is approximately 42 metres long, and has an excavation cross-section of about 13 m<sup>2</sup>.*

□ Il pozzo visto dall'alto  
□ The shaft seen from above

- Pozzo di Ventilazione (Ventilation Shaft – VS)

Il Pozzo di Ventilazione collega il transetto posteriore con la superficie sul Colle di San Giusto, tra via del Castello e via Rota. Il pozzo conterrà molteplici servizi comprese le scale, due ascensori, i condotti di ventilazione e di estrazione dell'aria.

Il pozzo ha una profondità di circa 63 metri ed un diametro di scavo di 9,60 metri, ed è stato realizzato in sottomurazione, con campi di avanzamento di 2 metri. ■



Posa della cassaforma circolare del pozzo   
*Installing the shaft's circular formwork*

Posa dell'armatura per il concio del pozzo   
*Installation of reinforcement for the shaft segment*

- Ventilation Shaft – VS

*The ventilation shaft links the rear transept with the surface on San Giusto hill, between Via del Castello and Via Rota. The shaft will contain many services, including stairways, two lifts, the ventilation and air extraction ducts.*

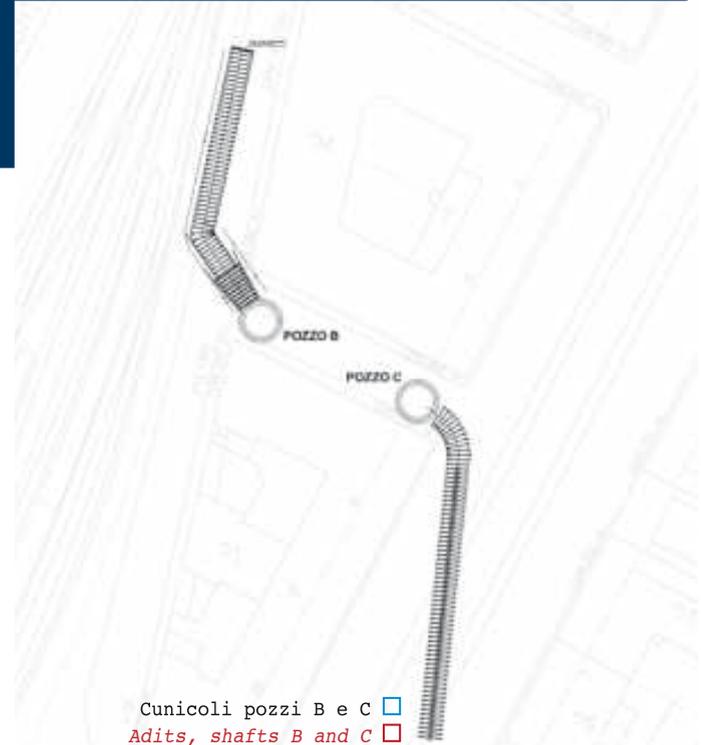
*The shaft is about 63 metres deep and has an excavation diameter of 9.60 metres. It was built in underpinning, with advancing fields of 2 metres.* ■





# Metropolitana automatica di Torino

## Automatic Turin Underground



Presenti a Torino, città per molti motivi cara alla Cipa, sin dal 2003, abbiamo partecipato alla realizzazione della prima metropolitana automatica in Italia, adoperandoci nella realizzazione di molti tra pozzi e cunicoli. Nonostante le opere da noi realizzate non godano del privilegio della visibilità e della considerazione da parte dell'ordinaria utenza, esse sono state e rimangono importanti nella riuscita del proposito di dotare Torino di una metropolitana. Alcuni pozzi e cunicoli "di servizio" hanno avuto l'unico scopo di permettere l'accesso dei macchinari utilizzati per iniezioni e consolidamenti a salvaguardia della stabilità delle costruzioni sovrastanti, rendendo più sicuro il successivo transito della TBM. Terminata la loro funzione, pozzi e cunicoli di servizio sono stati ritombati.

Tra questi abbiamo realizzato, con l'ausilio di mezzi di piccole dimensioni, i cunicoli dei pozzi "B" e "C", scavando e prerivestendo una sezione media 13,5 m<sup>2</sup>, che si sviluppava per ca. 45 metri nel cunicolo del pozzo B e per ca. 55 metri nel cunicolo del pozzo C.

Abbiamo costruito anche la galleria in tradizionale tra il pozzo di calaggio e la stazione Principi D'Acaja, all'epoca interessata da lavorazioni che impedivano il transito della TBM. Lo scopo della galleria è stato

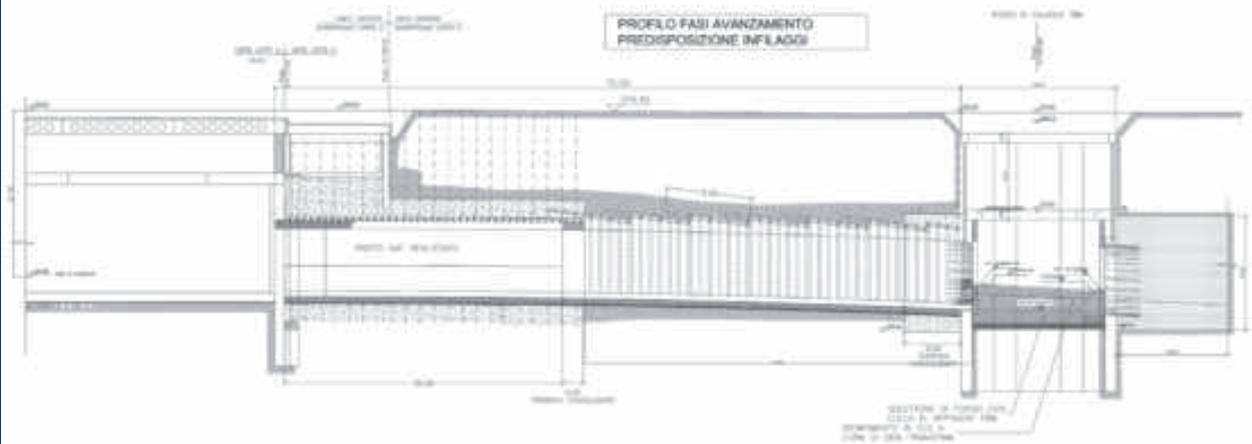
*Present since 2003 in Turin, a city dear to Cipa for many reasons, we took part in building Italy's first automatic underground, seeing to the construction of many shafts and adits.*

*Even though the works we did do not enjoy the privilege of visibility and of being taken into consideration by ordinary riders, they were and remain to this day important to the success of the proposition of providing Turin with an underground.*

*Some "service" adits and shafts had the sole purpose of permitting access by the machinery used for injections and consolidations to safeguard the stability of the constructions above, making the TBM's subsequent transit safer. Once they served their purpose, the service shafts and adits were sealed.*

*Of these, with the aid of small-sized equipment, we built the adits of shafts "B" and "C," excavating and pre-lining an average cross-section of 13.5 m<sup>2</sup>, extending for about 45 metres into the adit of shaft B, and for about 55 metres into the adit of shaft C.*

*We also built the tunnel using the traditional excavation method, between the service shaft and the Principi D'Acaja station, affected at the time by working operations that prevented the TBM's transit. The*



anche quello di alloggiare il backup della TBM, rimontata al fondo del pozzo di calaggio per proseguire la sua opera oltre la stazione. La sezione media della galleria è di 72,5 m<sup>2</sup> per una lunghezza di ca. 40 metri, con avanzamento a campi e presostegno con infilaggi di micro-pali ad ombrello, centine e spritz-beton. Tra i pozzi ci sono anche quelli di ventilazione ed accesso alla linea, tra cui i cinque numerati da "5" a

- Galleria tra il pozzo di calaggio e la stazione Principi di Acaja
- Tunnel between service shaft and the Principi di Acaja station

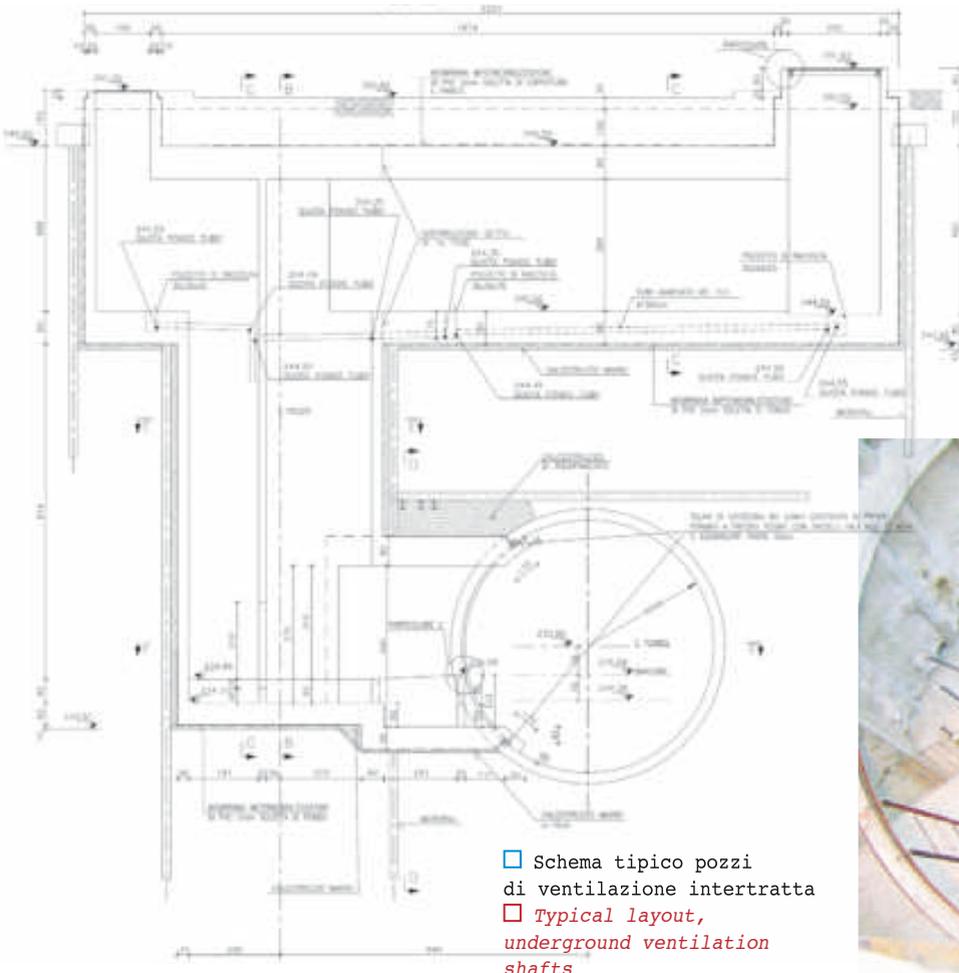
*tunnel's purpose was also to house the TBM's backup, reassembled at the bottom of the service shaft to continue its work beyond the station.*

*The average tunnel cross-section is 72.5 m<sup>2</sup> for a length of about 40 metres, with advance by heading rounds and pre-support using forepoling, ribs, and shotcrete.*

*The shafts also comprise those for ventilation and for access to the line, including the five ones numbered from "5" through "9," with an excavation diameter of 6 metres and a depth of 11.5 metres each, built in underpinning.*

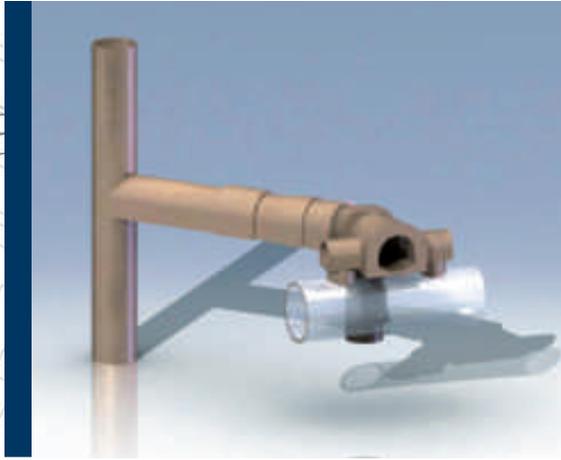
*Another shaft, number "12," has an excavation diameter of 6.5 metres and a depth of about 12 metres, made in underpinning and from which an adit 27 metres in*

- Scavo pozzo
- Shaft excavation



- Schema tipico pozzi di ventilazione intertratta
- Typical layout, underground ventilation shafts





Pozzi 12 e D   
Shafts 12 and D

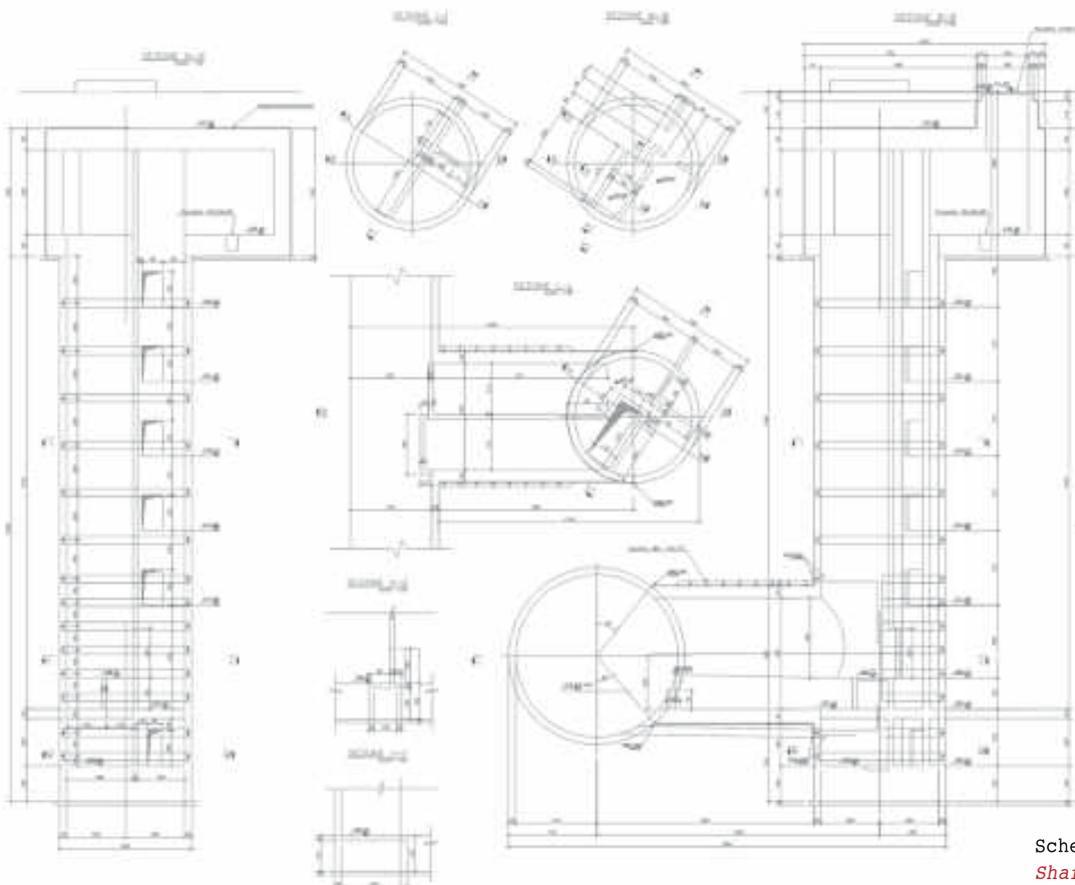
Pozzo 10 in 3D e vista interna   
Shaft 10 in 3D and interior view

"9", con diametro di scavo di 6 metri e profondità di 11,5 metri ciascuno, realizzati in sottomurazione

Altro pozzo è il "12", con diametro di scavo 6,5 metri e profondità ca. 12 metri, eseguito in sottomurazione e da cui diparte un cunicolo lungo 27 metri, mentre dal pozzo "D" ne partono due di lunghezza 11 metri e 28 metri. Una particolare attenzione merita la realizzazione della ramificazione di pozzi e cunicoli denominati pozzo "10". Dal pozzo "10", profondo ca. 40 metri, è stato creato un cunicolo ad una profondità di

*length begins, while two shafts, 11 and 28 metres in length, leave shaft "D."*

*Special mention should be made of the branching of shafts and adits, called shaft "10." From shaft "10," about 40 metres deep, an adit at a depth of approximately 22 metres was built, with considerable complexity and variability of execution, with current excavation cross-sec-*



Schema pozzo PL6   
Shaft PL6 layout



□ Scavo pozzo in presenza di acqua  
□ Shaft excavation in presence of water

ca. 22 metri, di notevole complessità e variabilità esecutiva, con sezioni di scavo correnti, sezioni in allargo e sezioni a campi di infilaggi nell'ultimo tratto in curva, da dove sono stati realizzati un pozzo che, con un piccolo portale si affaccia nel tunnel della TBM e due piccoli cunicoli contrapposti da dove sono stati realizzati due ulteriori pozzi che si intersecano sul tunnel della TBM.

Inutile dire che per tale realizzazione ci siamo misurati con difficoltà particolari, stante l'articolazione dell'opera e le ridotte aree di manovra e di lavoro a disposizione.

Recentemente abbiamo realizzato quattro pozzi di ventilazione e di accesso denominati PL3, PL4, PL5 e PL6, di diametro 5,60 metri e profondità variabili tra 14 e 19 metri, ciascuno con un cunicolo di accesso al tunnel della TBM di sezione 27 m<sup>2</sup> e lungo da 3,5 a 10 metri. Collateralmente alla esecuzione dei pozzi abbiamo anche realizzato tre nicchie nella galleria di linea, profonde 2,5 metri e di sezione 23 m<sup>2</sup>. ■



*tions, widening cross-sections, and cross-sections with forepoling in the final stretch in the curve, from which were constructed a shaft with a small portal facing the TBM's tunnel, and two small opposite adits from which two more shafts were excavated; these are connected to the TBM tunnel. It need hardly be mentioned that in order to do this, we had to grapple with particular difficulties, given the work's complexity and the highly reduced available areas for working and manoeuvring. We recently excavated four ventilation and access shafts named PL3, PL4, PL5 and PL6, with a diameter of 5.60 metres and depths varying between 14 and 19 metres, each with an access adit to the TBM tunnel, with a cross-section of 27 m<sup>2</sup> and from 3.5 to 10 metres in length. In parallel with the building of the shafts, we also constructed three niches in the line tunnel, 2.5 metres deep, and with a cross-section of 23 m<sup>2</sup>. ■*



# Metropolitana di Varsavia - II LINEA

## Warsaw Underground - LINE II

### Stazione C11, C13, C14

Nell'ambito dell'ampliamento della metropolitana, l'azienda ha operato nella realizzazione di tre stazioni, denominate C11, C13 e C14 della nuova linea. Le stazioni sono accumulate dalla stessa tecnica costruttiva salvo poi differenziarsi per particolarità e fasi. Innanzitutto, dopo uno scavo di sbancamento superficiale, sono stati realizzati i solettoni di copertura con finitura architettonica a faccia vista. Per ottenere delle superfici regolari e omogenee si è proceduto a posizionare dei pannelli sopra i magroni di imposta. Il margine di errore tollerato per questo tipo di solai è di solo  $\pm 5\text{mm}$ . Una volta realizzati i solettoni di copertura si è proseguito con gli scavi in sottocopertura fino al raggiungimento della quota dei piani intermedi e alla costruzione dei solai con identica metodologia. Gli scavi di svuotamento sono stati realizzati, a seconda della profondità, con escavatori tradizionali fino a  $-5\div-6\text{ m}$ , con escavatori dotati di bracci prolungati e benne mordenti fino alla profondità di  $-15\text{m}$  e con escavatori a corda con benna mor-

### Station C11, C13, C14

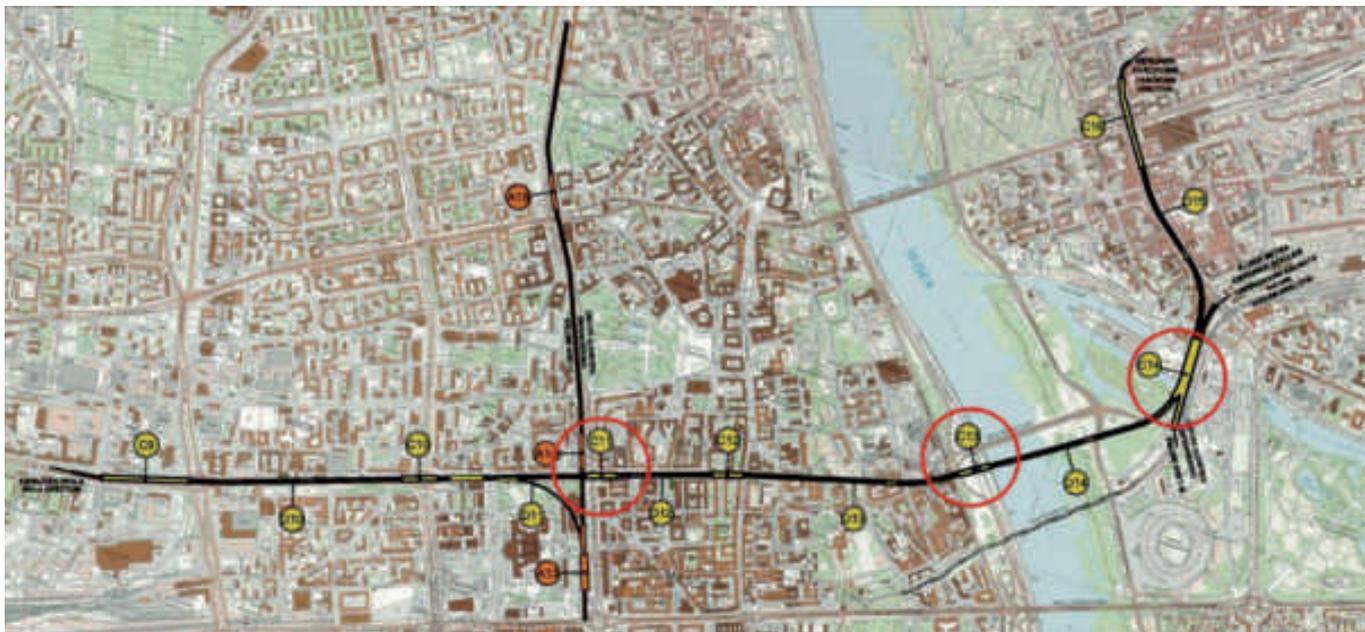
*During the underground's enlargement, Cipa worked to build three stations for the new line, named C11, C13, and C14.*

*The stations share the same construction technique, except for their different details and phases. First, after a surface excavation, the covering slabs were made, with fair-facing architectural finishing. To obtain even, uniform surfaces, panels were positioned above the initial casting of lean concrete.*

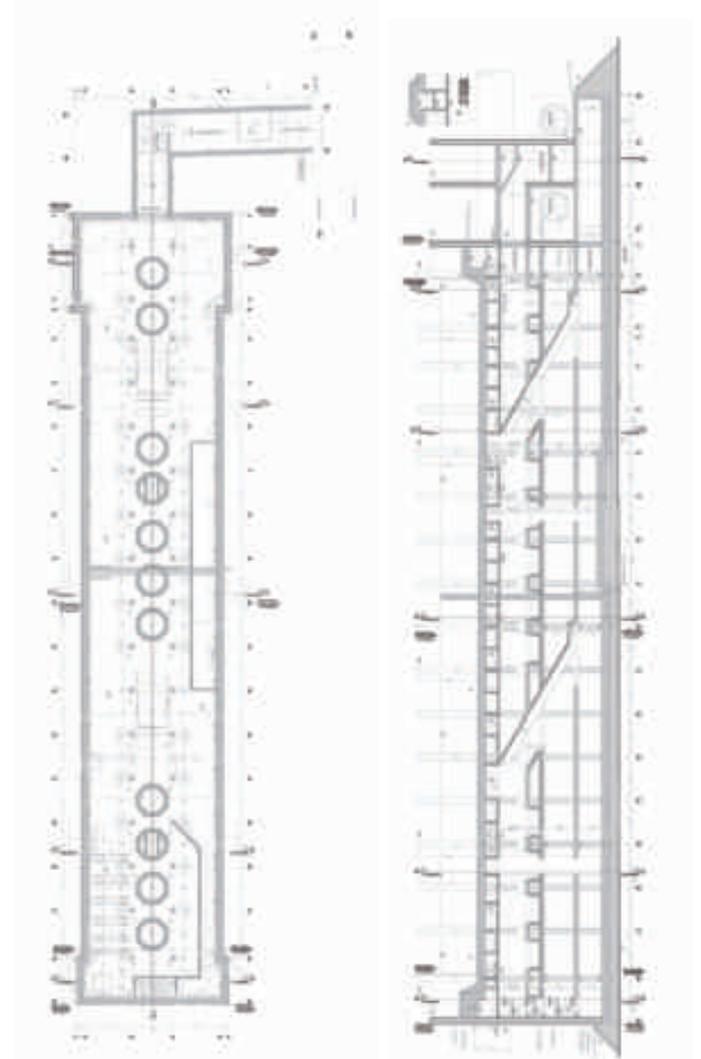
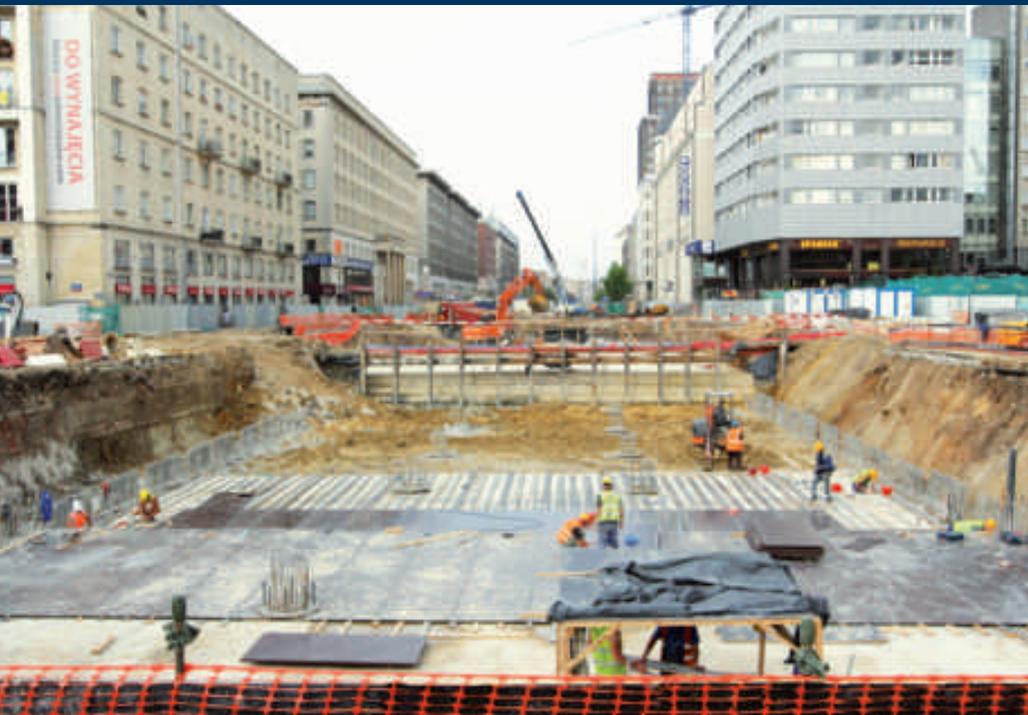
*The margin of error tolerated for slabs of this kind is only  $\pm 5\text{ mm}$ . Once the covering slabs were done, excavations in undercovering took place, until reaching the elevation of the intermediate levels, and the floors were built by the same method.*

*The mucking out excavations were carried out, depending on the depth, using traditional excavators down to  $-5\div-6\text{ metres}$ , excavators equipped with extended booms and grab buckets down to a depth of  $-15\text{ metres}$ , and cableway excavators with grab buckets for greater depths. With*

Planimetria della linea   
Plan view of the line



- Stazione C11: Solettone di copertura
- Station C11: Covering slab



- Stazione C11: Pianta
- Station C11: Plan

- Stazione C11: Sezione longitudinale
- Station C11: Longitudinal section

dente per profondità superiori. Con questa sequenza si è arrivati fino al fondo della stazione dove abbiamo realizzato i solettone di fondo con le predisposizioni, binari e selle, per il passaggio della TBM. Ogni stazione ha poi una sua particolare conformazione, con problematiche che la differenziano dalle altre:

#### Stazione C11

Volume di scavo: 89.500 m<sup>3</sup>  
 Calcestruzzo: 18.700 m<sup>3</sup>  
 Ferri di armatura: 2.350 ton

Questa stazione si trova in pieno centro città ricavata al di sotto della sede stradale di due arterie principali di Varsavia ed è la stazione di comunicazione tra la vecchia e la nuova linea (Swietokrzyska).

*this sequence, the station bottom was reached, where we made the bottom slabs with preparatory elements, tracks and cradles, to allow the TBM to pass through.*

*Each station has its own particular shape, with problems differentiating it from the others:*

#### Station C11

Excavation volume: 89,500 m<sup>3</sup>  
 Concrete: 18,700 m<sup>3</sup>  
 Reinforcing bars: 2,350 tons

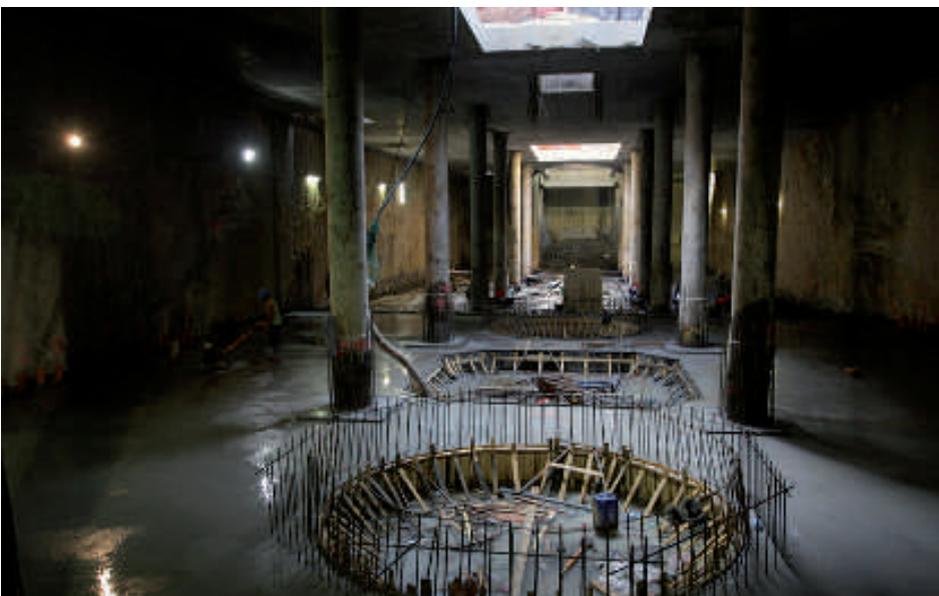
*This station is located right in the centre of the city, beneath the roadway of two main arteries in Warsaw; it is the station that links together the old and the new line (Swietokrzyska).*



□ Stazione C11: Primo solaio intermedio  
□ Station C11: First intermediate slab



□ Stazione C11: Secondo solaio intermedio □  
□ Station C11: Second intermediate slab □



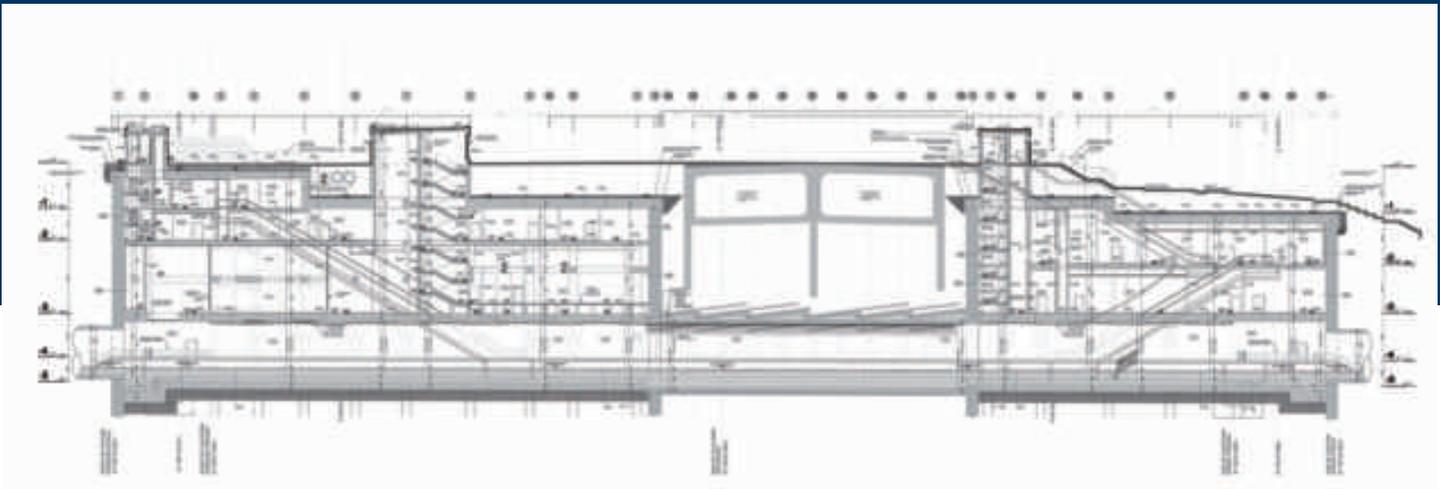
□ Stazione C11: Solettone di Fondo □  
□ Station C11: Bottom slab □



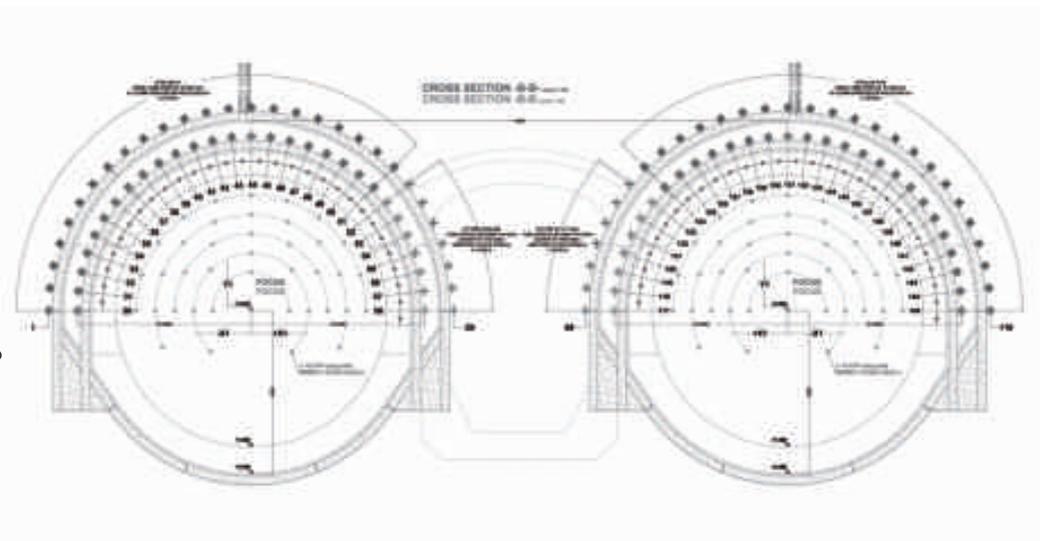
A causa del suo posizionamento e della importanza delle strade che la sovrastano si è dovuto procedere velocemente a realizzare una porzione del manufatt per riconsegnare alla città una delle sue strade principali, la ul. Marszalkwoska.

Questa struttura prevede inoltre un collegamento/scambio tramite due tunnel alla vecchia linea metropolitana.

*Given its location and the importance of the streets above, it was necessary to work to build a portion of the structure quickly in order to give back to the city one of its main streets, ul. Marszalkwoska. This structure also provides a connection/exchange via two tunnels to the old underground line.*



□ Stazione C13: Sezione longitudinale  
 □ *Station C13: Longitudinal section*



□ Stazione C13: Tunnel di collegamento tra i due corpi stazione  
 □ *Station C13: Connection tunnel between the two station bodies*

### C13.

Volume di scavo: 63.000 m<sup>3</sup>  
 Calcestruzzo: 13.500 m<sup>3</sup>  
 Ferri di armatura: 1.750 ton

La stazione si presenta suddivisa in due corpi distinti e separati da un tunnel stradale, il "Wislostrada" a quattro corsie sempre attivo. La estrema vicinanza del fiume Vistola ha comportato problemi non trascurabili durante le fasi realizzative, con massicce infiltrazioni di acqua durante le lavorazioni. I corpi stazioni sono stati realizzati con la tecnica sopra descritta e poi a livello fondazione uniti tramite tre gallerie che passano sotto il preesistente tunnel stradale. Le gallerie di collegamento sono realizzate con tecniche tradizionali di scavo mediante consolidamento del profilo e del fronte di scavo, posizionamento del rivestimento provvisorio e infine quello definitivo.

### C13.

*Excavation volume: 63,000 m<sup>3</sup>  
 Concrete: 13,500 m<sup>3</sup>  
 Reinforcing bars: 1,750 tons*

*The station is subdivided into two distinct bodies, separated by a four-lane, always active road tunnel, "Wislostrada." The extreme proximity to the Vistula caused significant problems during the construction phases, with massive infiltration of water during the work. The station bodies were built using the technique described above, and then at the foundation level joined by three tunnels passing beneath the existing road tunnel. The connection tunnels were built by traditional excavation methods by means of consolidation of the profile and of the excavation face, and positioning of the provisional lining and lastly of the final lining.*



□ Stazione C13: Solettone di copertura  
□ Station C13: Covering slab



□ Stazione C13: Secondo solaio intermedio  
□ Station C13: Second intermediate slab



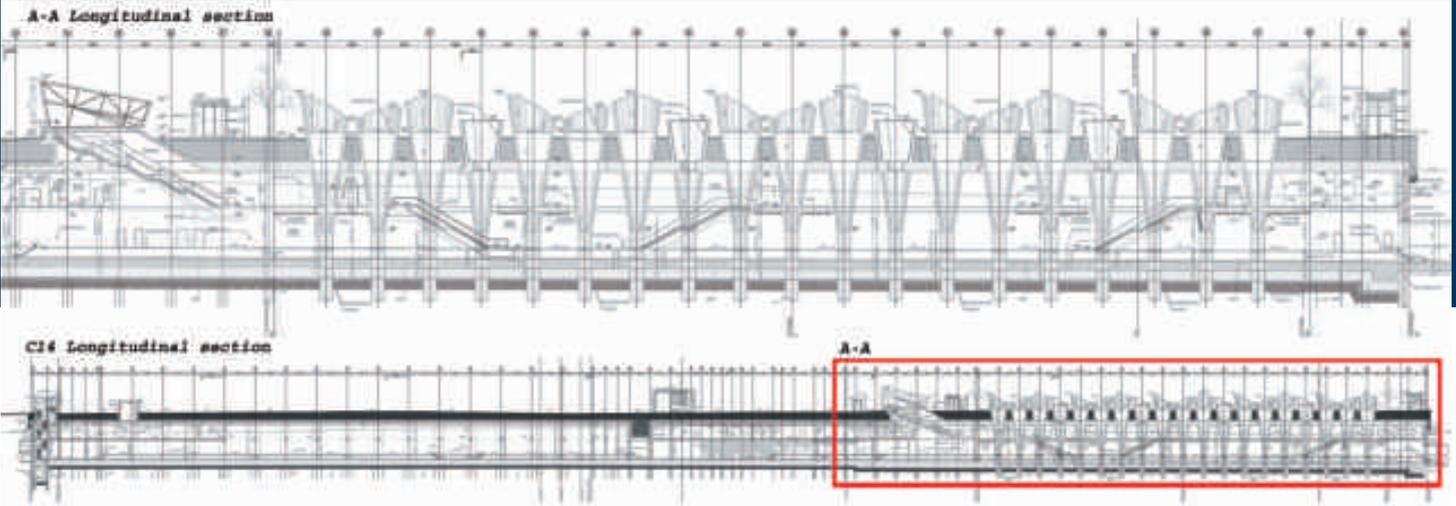
□ Stazione C13: Primo solaio intermedio  
□ Station C13: First intermediate slab



□ Stazione C13: Terzo solaio intermedio  
□ Station C13: Third intermediate slab



□ Stazione C13: Solettone di Fondo  
□ Station C13: Bottom slab



Stazione C14: Profilo longitudinale  
 *Station C14: Longitudinal section*

Stazione C14: Solettone di copertura   
*Station C14: Covering slab*



□ Stazione C14: Solaio intermedio  
□ Station C14: Intermediate slab

□ Stazione C14: Solettone di Fondo  
□ Station C14: Bottom slab



#### C14.

Volume di scavo: 164.000 m<sup>3</sup>

Calcestruzzo: 50.000 m<sup>3</sup>

Ferri di armatura: 6.300 ton

È la stazione più grande dell'intera linea.

Per la sua grandezza è stata suddivisa in 4 grandi settori. ■

#### C14.

Excavation volume: 164,000 m<sup>3</sup>

Concrete: 50,000 m<sup>3</sup>

Reinforcing bars: 6,300 tons

*This is the largest station in the entire line. Given its size, the station area was subdivided into 4 large sectors and the hold track into 3 sectors. In total, it reaches a length of approximately 450 metres. ■*





© 2013 CIPA Spa, Edizioni PEI Srl

I diritti di traduzione, di memorizzazione elettronica, di riproduzione e di adattamento totale o parziale con qualsiasi mezzo (compresi i microfilm e le copie fotostatiche) sono riservati per tutti i Paesi.  
*All rights reserved for all countries. Any partial or total translation, reproduction, representation, use, adaptation, modification by any process and on any media (paper, digital, etc.) is prohibited.*

Finito di stampare ottobre 2013  
*Printed in October 2013*

Progetto Editoriale: Felicia e Francesco Bellone  
*Editorial Project: Felicia and Francesco Bellone*

Progetto grafico: Edizioni Pei  
*Graphic Project: Edizioni Pei*

Stampa: Stamperia scrl Parma  
*Print: Stamperia scrl Parma*

Editore *Publisher*

edizioni  
**pei**

Strada Naviglio Alto, 46/1 43122 Parma Italy  
[www.edizionipei.it](http://www.edizionipei.it) [info@edizionipei.it](mailto:info@edizionipei.it)

---



*Sede legale e amministrativa*  
via Privata Rubinacci 10  
80067 Sorrento (NA) Italy  
tel. +39 081 3622135  
fax +39 081 3622112

*Direzione tecnica e gare*  
via Modesto Panetti 95  
00138 Roma Italy  
tel. +39 06 88588144  
fax +39 06 88588322

[www.cipaspa.it](http://www.cipaspa.it)  
[info@cipaspa.it](mailto:info@cipaspa.it)

<b>SOA: Cat.</b>	<b>Class.</b>
OG1	VIII
OG3	V
OG4	VIII
OG11	I
OS18-A	III
OS21	VI



