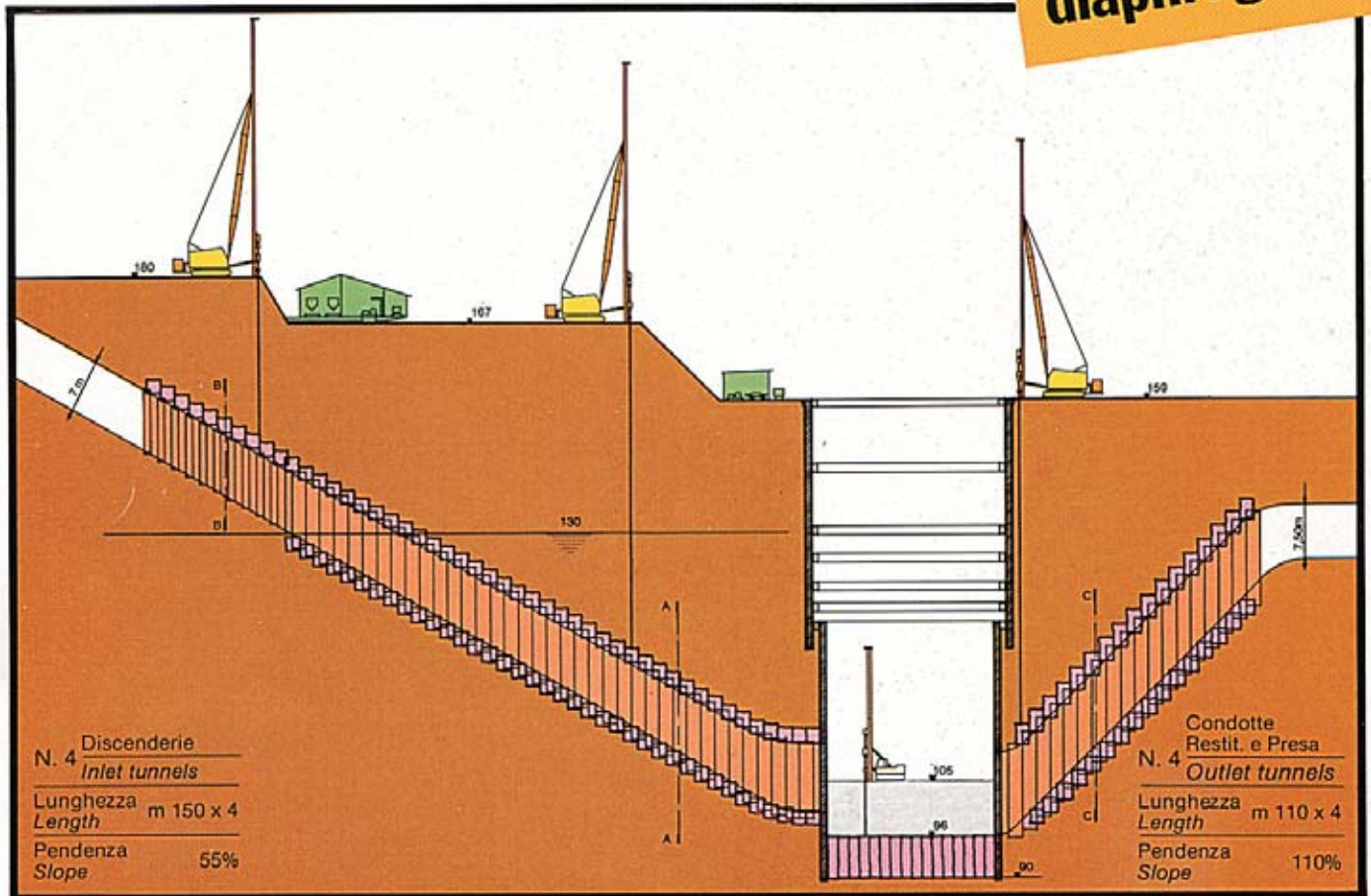


# CENTRALE ENEL PRESENZANO

jet grouting  
diaframmi  
diaphragm walls



## UBICAZIONE E CARATTERISTICHE

La centrale idroelettrica di Presenzano è ubicata nella vallata del Volturno fra le provincie di Caserta, Isernia e Frosinone.

È una tipica centrale a ciclo chiuso (1000 M.W. totali), ed è la più grossa centrale di questo tipo costruita in Italia ed una delle maggiori in Europa.

Essa è costituita da due bacini, della capacità di circa 6 milioni di m<sup>3</sup> cadauno con un dislivello di circa 500 m.

Il gruppo della centrale è costituito da 4 pozzi disposti ad interasse di 40 m, in ciascuno dei quali sarà installato un gruppo bianrio, formato da generatore/motore e turbina/pompa reversibile monostadio da 250 MW.

L'alimentazione dell'acqua, raccolta nel bacino a monte, avverrà attraverso condotte forzate realizzate con scavo in galleria; mentre lo scarico sarà effettuato in un bacino di raccolta a valle.

## LOCATION AND CHARACTERISTICS

The hydroelectric plant in Presenzano is located in the Volturno valley between the provinces of Caserta, Isernia and Frosinone.

It is a typical closed circuit plant with (for a total of 1000 MW) and it is the largest plant of this type built in Italy and one of the biggest in Europe.

It is made up of 2 reservoirs having a capacity of approximately 6 million m<sup>3</sup> each with a difference in altitude of about 500 m. between them.

The power plant is composed of 4 shafts placed at center to center distances of 40 m. In each a group consisting of a generator/motor and a turbine/reversible monophas 250 MW pump, will be installed.

The water, stored in an upstream reservoir, will be fed by means of conduits which will be executed by tunnel excavation, while discharging will be effected through similar tunnels into a downstream reservoir.



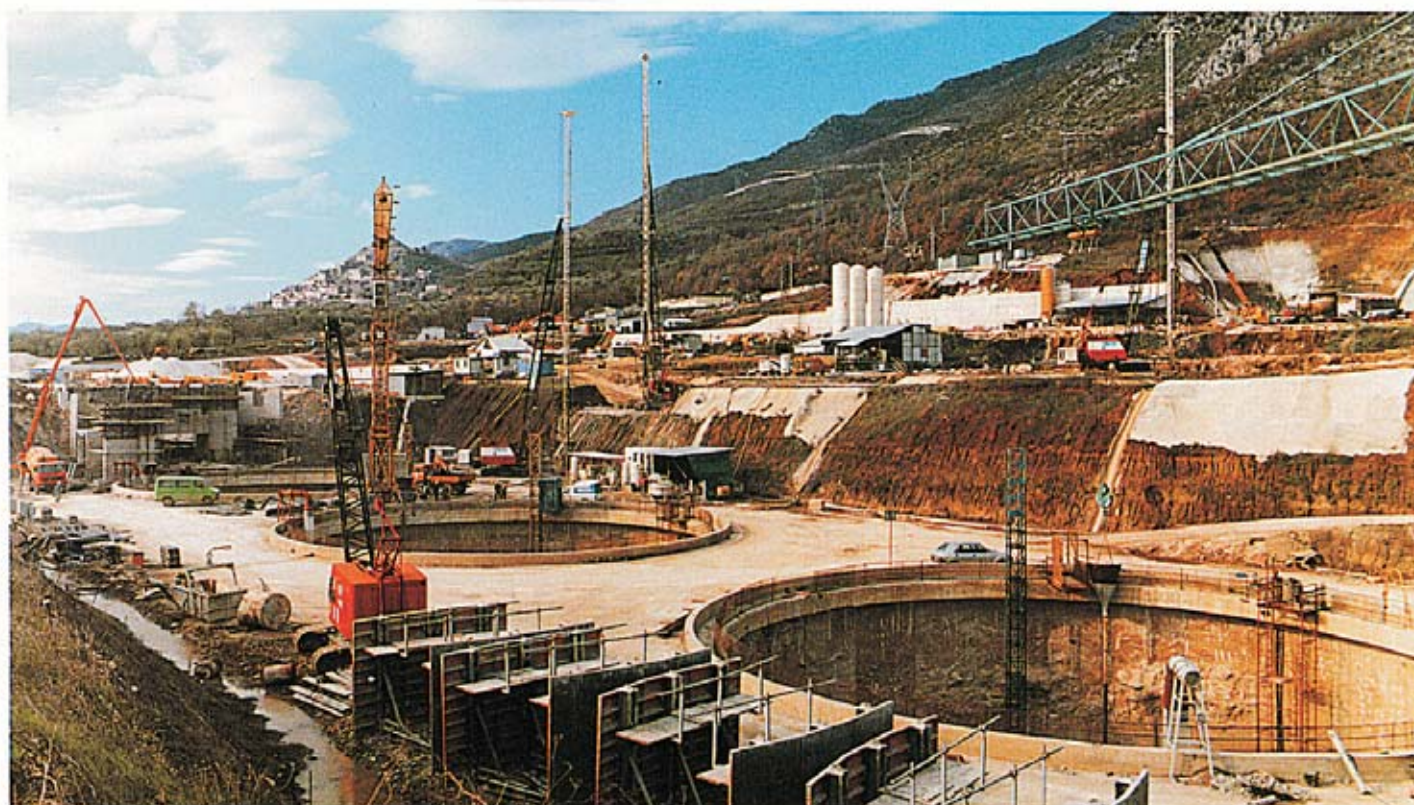
Ente Appaltante:	ENEL - ROMA		
Owner:			
Contrattista principale:	MAZZI - Verona		
Main contractor:			
Durata dei lavori:	Aprile	1985	Gennaio
Duration of work:	April		January
			1987

I lavori eseguiti dalla Trevi per la centrale idroelettrica di Presenano possono essere così riassunti:

Indagini geognostiche	m 1910
Diaframmi in c.a. ad andamento circolare per i 4 pozzi	m <sup>2</sup> 21000
Pozzi emungenti diam. 800 mm, prof. 70-80 m	n 25
Consolidamento dei terreni con colonne Trevijet T2 diam 1100 e 1700 mm	
Tampone di fondo	m 3200
Gallerie di adduzione a resa	m 19220
Perforazione a vuoto	m 111000

The work done by TREVI for the hydroelectric plant in Presenano, can be summarized as follows:

Geological investigations	m 1910
Diaphragm walls in circular arrangement for the 4 shafts	m <sup>2</sup> 21000
Relief wells diam. 800 mm, depth 70-80 m	n 25
Soil consolidation with T2 Trevijet columns diam 1100 and 1700 mm	
Plug consolidation	m 3200
Feed and discharge tunnels	m 19220
Drilling	m 111000



## DESCRIZIONE DEI TERRENI

I terreni interessati dalle opere della centrale sono fortemente eterogenei per natura, origine, composizione mineralogica e granulometria; i depositi, avvenuti in condizioni ambientali diverse, presentano successioni stratigrafiche disordinate.

Tuttavia si possono distinguere a grandi linee tre gruppi di terreni sciolti in prevalenza di natura piroclastica, granulometricamente variabili tra le sabbie e le argille e precisamente:

un gruppo a) formato da limi con argille e limi argillosi sovraconsolidati;

un gruppo b) formato da sabbie limose e limi sabbiosi sovraconsolidati con percentuali variabili di argilla;

un gruppo c) formato da sabbie fini e grosse che si trova in prevalenza alle profondità maggiori, con presenza di ghiaie e sabbie fluviali.

I terreni risultano interessati da una falda acquifera profonda avente superficie libera mediamente alla quota 130 m s.m., e pertanto durante l'esecuzione degli scavi e dei rivestimenti al di sotto di detta quota veniva mantenuto l'abbattimento della falda nella zona dei lavori mediante un complesso di 25 pozzi emungenti di diam 800 mm e profondi 70-80 m.

## SOIL DESCRIPTION

The soils present on the plant site are extremely heterogeneous due to their nature, origin, mineralogical and granulometric composition; the deposits, formed in different environmental conditions, have an irregular stratigraphy.

However, approximately 3 groups of soil can be defined, prevalently piroclastic, granulometrically variable between sand and clay, precisely:

a group a) made up of silt with clay and overconsolidated clayey silt;

a group b) formed by silty sand and overconsolidated sandy silt with variable percentages of clay;

a group c) made up of fine and coarse sand which is found prevalently at greater depths, along with gravel and river sands. A deep underground water table exists in this soil which surfaces, averagely, at an altitude of 130 m (above sea level) and therefore during drilling and grouting treatment below this altitude, the level of the water table in the work area was lowered by a series of relief wells, 800 mm in diameter and 70-80 m deep.

## CONSOLIDAMENTO DELLE GALLERIE

L'eterogeneità dei terreni da attraversare ha reso necessario il consolidamento del terreno circostante le gallerie, per consentirne lo scavo. Per l'esito incerto che le iniezioni tradizionali avrebbero consentito sia per la quantità della massa da trattare, sia per la possibilità effettiva di impregnazione dei terreni, è stato scelto dal progettista un sistema di consolidamento a colonne del tipo Jet grouting Trevijet T2.

Queste sono state eseguite da piano campagna sino ad una profondità variabile da 5 a 68 m seguendo l'andamento altimetrico delle gallerie interessate dal trattamento. Le particolari condizioni di terreno, a comportamento coesivo compatto e la profondità di esecuzione hanno imposto alcune variazioni, anche sostanziali, alla normale metodologia di esecuzione.

Anche le resistenze a compressione dei terreni consolidati sono state predeterminate e controllate secondo le esigenze del progetto a 20-25 Kg/mm<sup>2</sup>.

Il successivo scavo delle gallerie è stato eseguito in condizioni ottimali sia di sicurezza che di rendimento per l'avanzamento dello scavo. Sono state utilizzate per l'esecuzione del trattamento Trevijet T2, n° 3 attrezzature EC-30 montate su gru con antenna da 35 m. (Fig. 2).

## CONSOLIDATION OF TUNNELS

The heterogeneity of the soil masses rendered necessary the consolidation of the soil surrounding the tunnels, to permit their excavation.

Traditional injection processes would have guaranteed uncertain results, because of the quantity of the mass to be treated and the effective possibility of impregnating the soils sufficiently. Therefore, the chief engineer chose a columnar consolidation system of the Jet-grouting Trevijet T2 type.

This columnar treatment was executed from ground level to



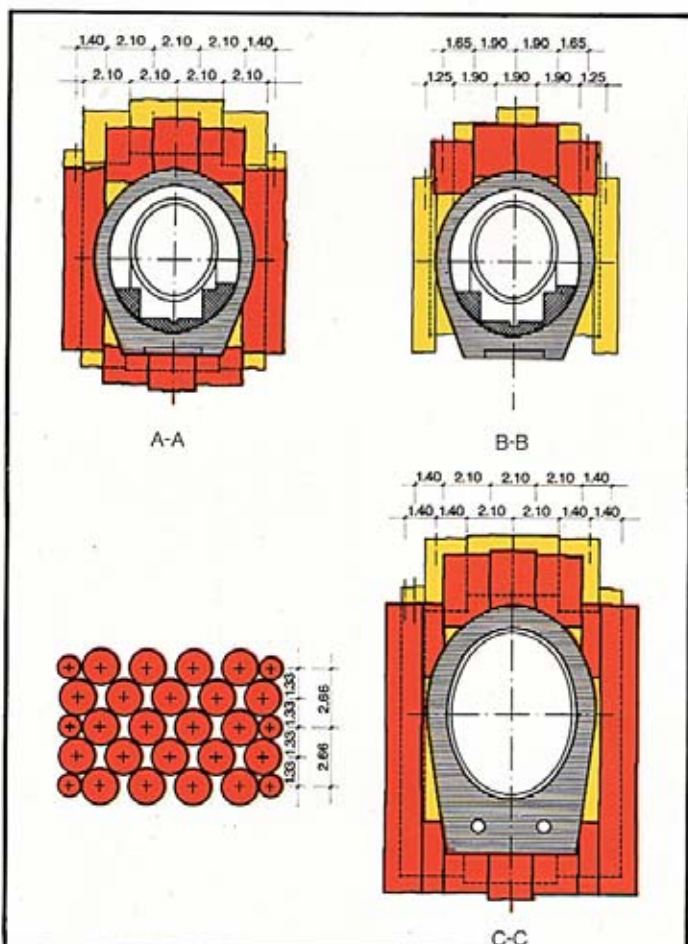
depths variable from 5 to 68 m parallel to the altimetric course of the tunnels to be treated.

The particular soil conditions (compact cohesive soils), and the depth at which the jet grouting was performed, entailed some variations, even substantial, to the normal execution technology.

Even the resistance to compressor of the consolidated soils was predetermined and controlled at 20-50 kg/cm<sup>2</sup> according to the project requirement.

The successive tunnel excavation was carried out under ideal conditions of safety and production.

Three Soilmec EC-30 crane mounted machines with 35 m masts were used for execution of T2 treatments. (Fig. 2).



## TAMPONE DI FONDO

È stato realizzato un consolidamento del fondo di ogni pozzo operando da una quota intermedia (+ 105 m) e realizzando una serie di colonne contigue di circa 6 m di profondità (da + 96 a + 90) utilizzando il sistema Trevijet T2.

Lo scopo del trattamento era quello di consolidare il fondo e di fornire un contrasto al piede dei diaframmi per migliorarne il funzionamento nella zona ove sono più elevate le sollecitazioni strutturali.

Il lavoro è stato eseguito con un'attrezzatura CM-35 opportunamente equipaggiata con due teste di rotazione per l'esecuzione contemporanea di due trattamenti Trevijet T2.

## PLUG CONSOLIDATION

Consolidation of the plug of each shaft was carried out by operation from an intermediate height (+ 105 m) erecting a series of 6 m deep columns from (+ 96 up to + 90) using the Trevijet T2 system.

The purpose of this treatment was to provide a reaction at the foot of the diaphragm walls to improve their performance in the area of greatest structural stresses.

This job was carried out with CM-35 equipment specially fitted with 2 rotary heads for the simultaneous execution of two Trevijet T2 treatments.

## CONTROLLI DELLA VERTICALITÀ DELLE PERFORAZIONI

Le colonne di terreno consolidato dovevano interessare sia la volta che i piedritti laterali delle gallerie provvisorie nonché l'arco rovescio alle profondità maggiori. Era importante quindi l'esatta dislocazione del trattamento colonnare. Sono state effettuate pertanto una serie di perforazioni preliminari rivestite per il controllo della deviazione dalla verticalità. Il controllo è stato condotto con un inclinometro biassiale ad orientamento costante che ha fornito i valori delle deviazioni angolari sul piano prefissato e su quello ortogonale.

L'apparecchiatura inclinometrica è corredata da un sistema di acquisizione dati che consente di conoscere, in tempo reale, la deviazione dalla verticalità con il progredire delle misure.

Nella figura 9 si presentano le proiezioni sul piano orizzontale della posizione dell'utensile di perforazione di 9 misurazioni effettuate su altrettanti fori.

La deviazione media della verticalità è risultata dell'ordine dello 0,8% sui 60 m di profondità.

## CHECKING VERTICAL ALIGNMENT OF HOLES

The consolidated earth columns had to form both the vault and the lateral walls of the temporary tunnels.

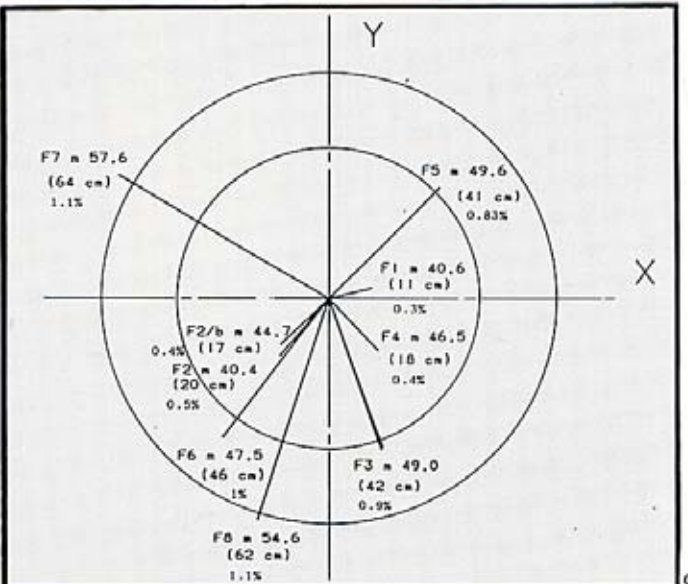
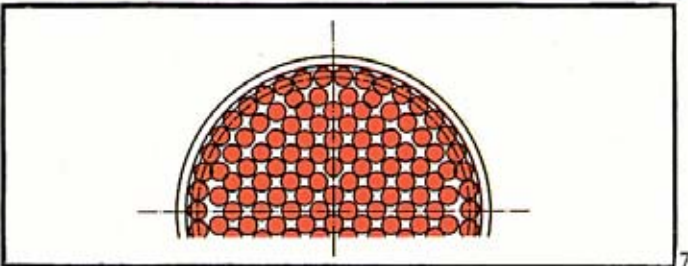
At greater depths they also had to form the inverted arch.

Consequently, the exact positioning of the columns was important and therefore a series of preliminary cased holes was drilled to check deviation from verticality. The check was conducted using a biaxial inclinometer which provided values of deviation on the predetermined plane and on an orthogonal one.

This inclinometer instrument is equipped with a data collection system which indicates, in real time, the deviation from verticality as measurements are taken.

Figure 9 illustrates projections, on the horizontal plane of the drilling tool position, of 9 measurements effected on a same quantity of holes.

To be noted that mean deviation from the verticality was in the range of 0,8% over a 60 m depth.

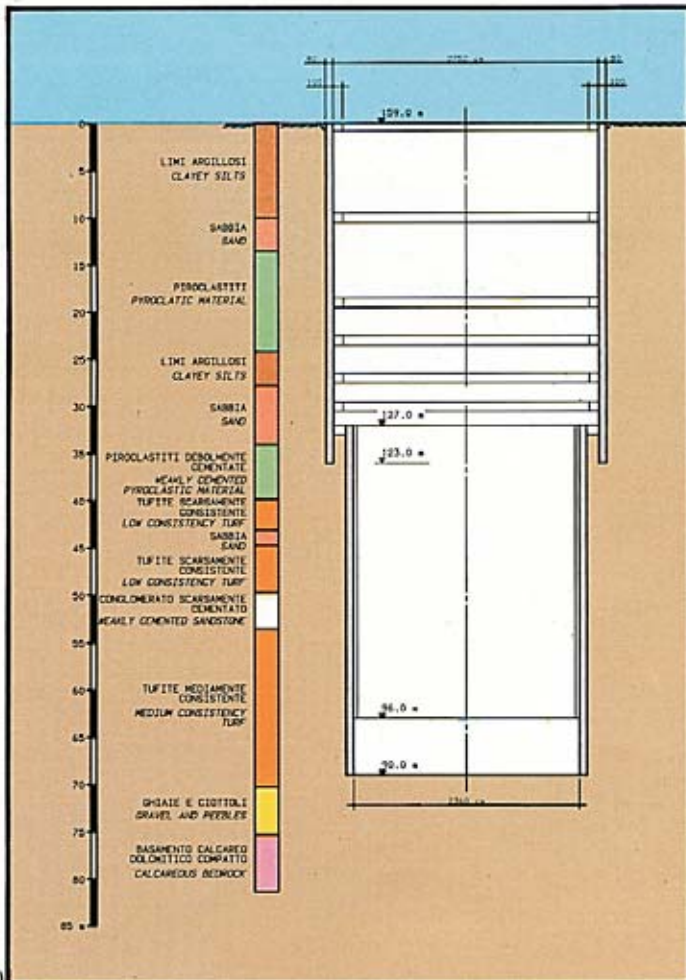


## DIAFRAMMI IN CALCESTRUZZO ARMATO

I 4 pozzi entro cui alloggiare le turbine sono stati eseguiti con diaframmi in c.a., disposti secondo un andamento circolare. Il pozzo consta in realtà di due pozzi coassiali, quello superiore con diametro interno di 27,5 m, eseguito da quota + 159 m sul l.m.m. a quota + 127 m e quello inferiore con diametro interno di 23,6 m, da quota + 127 m a quota + 96 m sul l.m.m. La profondità dei diaframmi è di 35 m per il pozzo superiore e di 37 m per il pozzo inferiore. La soluzione strutturale a diaframmi, di sperimentata tecnologia, ha tuttavia implicato considerevoli difficoltà sia per le dimensioni e profondità dei pannelli, per la necessità di ottenere una verticalità inferiore all'1% e per le difficoltà operative incontrate.

## REINFORCED CONCRETE DIAPHRAGM WALLS

The 4 shafts which house the turbines were executed with reinforced concrete diaphragm walls placed in a arrangement. The shaft actually consists of 2 cylindrical coaxial shafts, the upper one having an inner diameter of 27,5 m, executed from an elevation of + 159 meters above sea level to + 127 m, and the lower one, having an inner diameter of 23,6 m from an elevation of + 127 m to + 96 m above sea level. The depth of the diaphragm walls which form the upper shaft is 35 m and those forming the lower shaft are 37 m deep. The structural diaphragm wall solution, of experimented technology, nevertheless involved considerable difficulty because of the size and depth of the panels, the necessity of obtaining less than 1% vertical deviation and the operative difficulties encountered.



La idoneità della scelta progettuale del trattamento di consolidazione e l'elevata professionalità dimostrata nelle fasi esecutive del lavoro sono state messe in evidenza durante lo scavo delle gallerie.

Il rilievo delle colonne consolidate ha evidenziato una loro buona dislocazione sia in senso altimetrico che planimetrico dovuta alle notevoli dimensioni (diametro) che il trattamento prescelto consente di ottenere.

Prove effettuate sul materiale consolidato, prelevato durante lo scavo delle gallerie, ha fornito un campo di resistenza a compressione non confinata pari a circa 20 Kg/cm<sup>2</sup> in terreni coesivi e 90 Kg/cm<sup>2</sup> in sabbie grossolane.

Ulteriori controlli eseguiti dalla superficie mediante carotaggi hanno evidenziato un perfetto contatto fra la colonna consolidata ed il terreno, anche nella parte superiore, mettendo in evidenza l'assenza di fenomeni di sedimentazione.

The excellent choice of design for the consolidation treatment and the high quality workmanship demonstrated during the execution phases, were clearly evidenced during excavation of the tunnels.

In fact, a survey of the consolidated columns showed their satisfactory positioning on both vertical and horizontal planes, thanks to the considerable dimensions (diameter) obtained through by the treatment chosen.

Tests carried out on the consolidated material gathered during excavation of the tunnels, revealed an unconfined compressive strength range between 20 Kg/sq.cm in cohesive terrain and 90 Kg/sq.cm in coarse sand.

Further checks, carried out from ground level by means of coring, revealed perfect contact between the consolidated column and the soil, even in the upper section, confirming the absence of sedimentation.



**TREVI spa**

5819, Via Dismano - 47023 Cesena - Italy

Tel. 0547/319311 - Fax 319313 / 318542

[www.trevispa.com](http://www.trevispa.com)

e-mail: [trevi@trevispa.com](mailto:trevi@trevispa.com)