

STRUMENTI

CAMPO DI IMPIEGO

TIRANTI - CHIODATURE

Opere di sostegno

Incremento forze verticali

Stabilizzazione pendii e fronti di scavo

Stabilizzazione del cavo (gallerie, caverne)

TRATTAMENTI
D'INIEZIONE

Consolidamento

Impermeabilizzazione

JET-GROUTING E
MISCELAZIONE PROFONDA

Consolidamento

Impermeabilizzazione

CONGELAMENTO

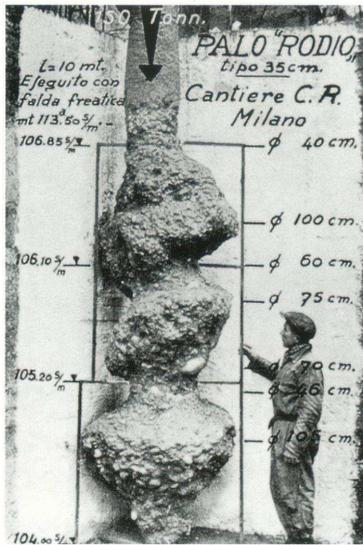
Consolidamento

Impermeabilizzazione

DRENAGGI

Stabilizzazione pendii e fronti di scavo

Drenaggio preventivo nello scavo di gallerie



PALI



STRUMENTI

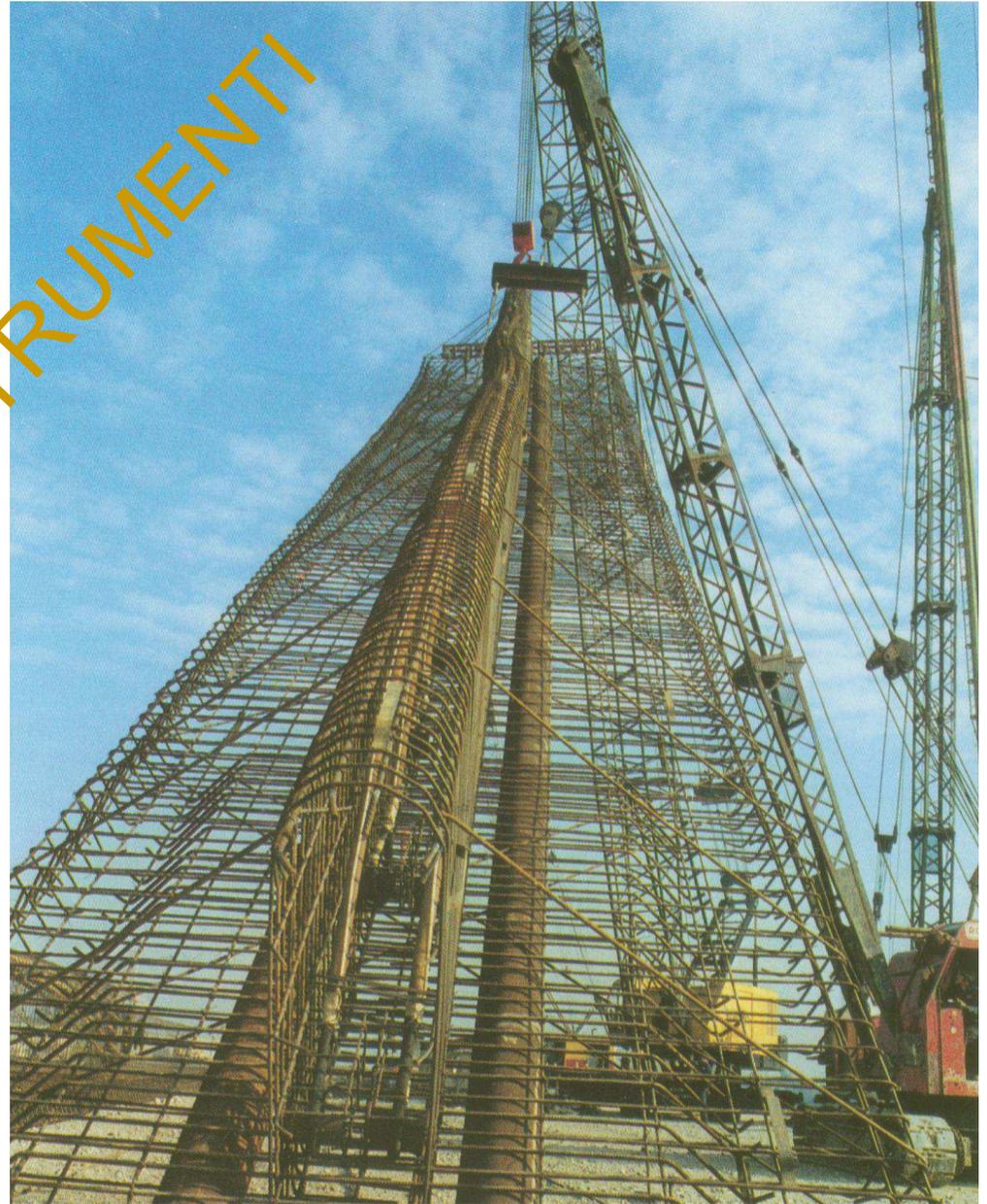
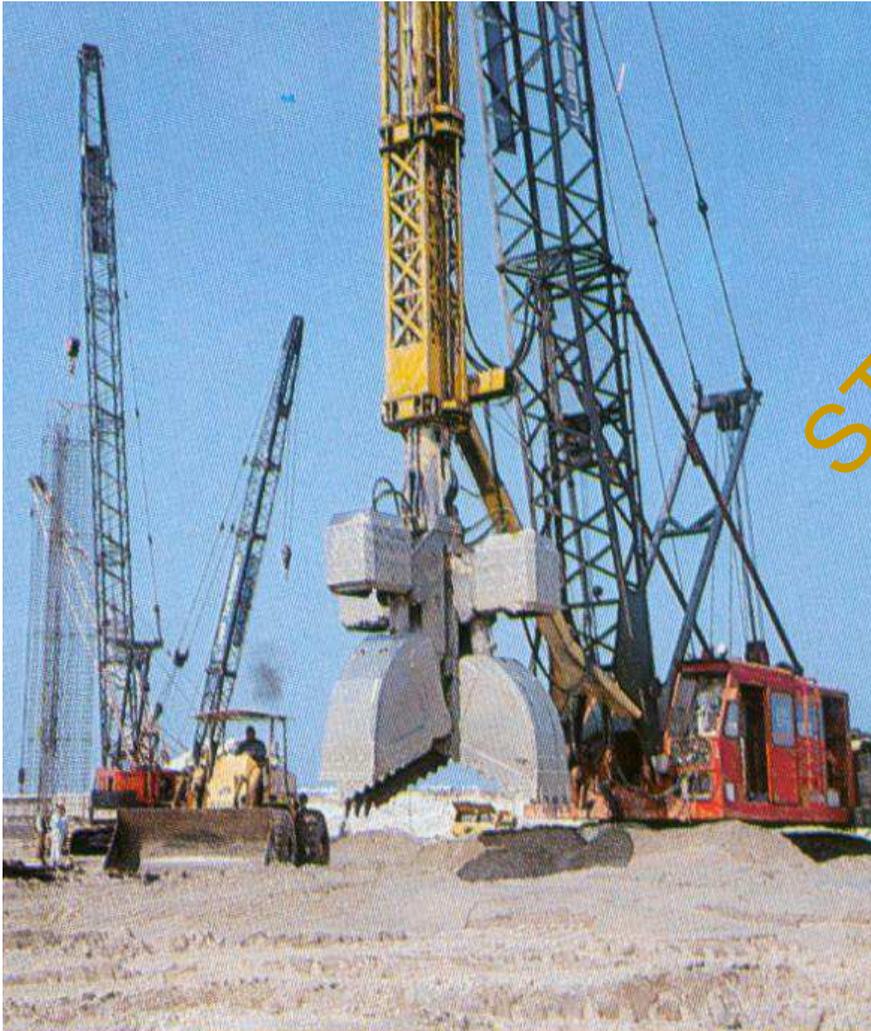




PARATIE/1

STRUMENTI





STRUMENTI

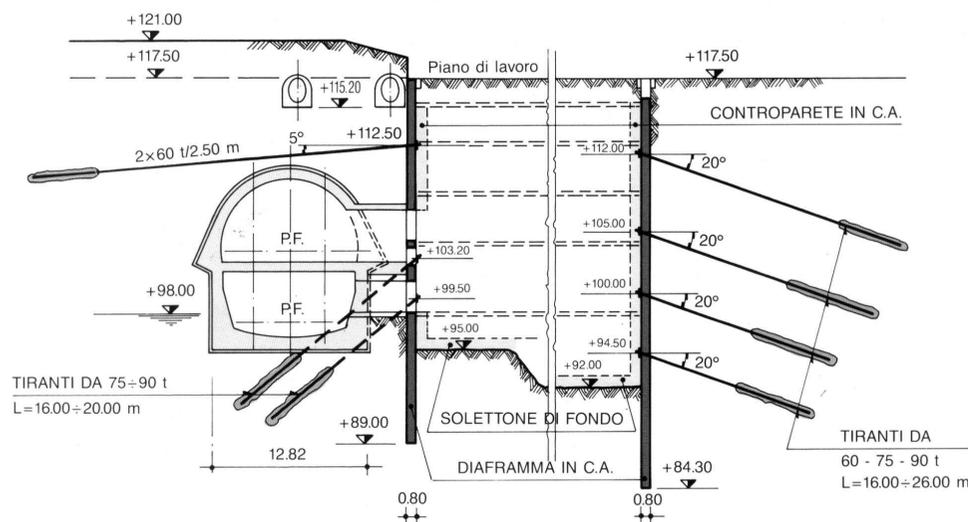
PARATIE /2

PARATIE MULTIANCORATE

Metropolitana di Milano – Stazione Duomo
Impresa ELSE - 1982



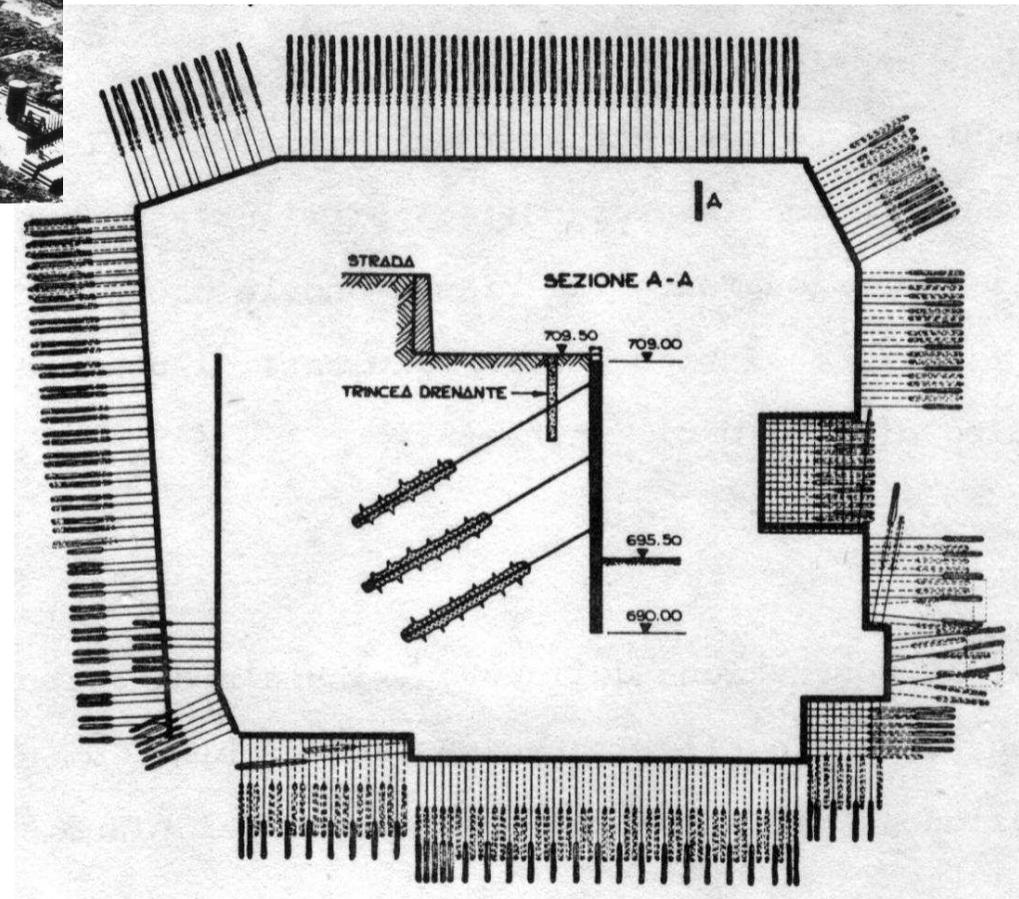
SEZIONE TIPO



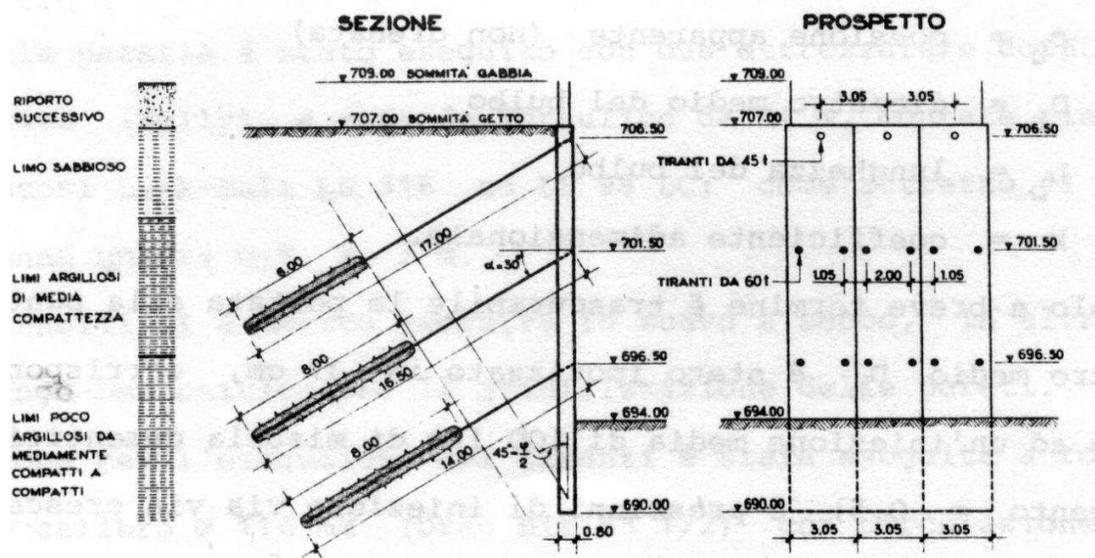
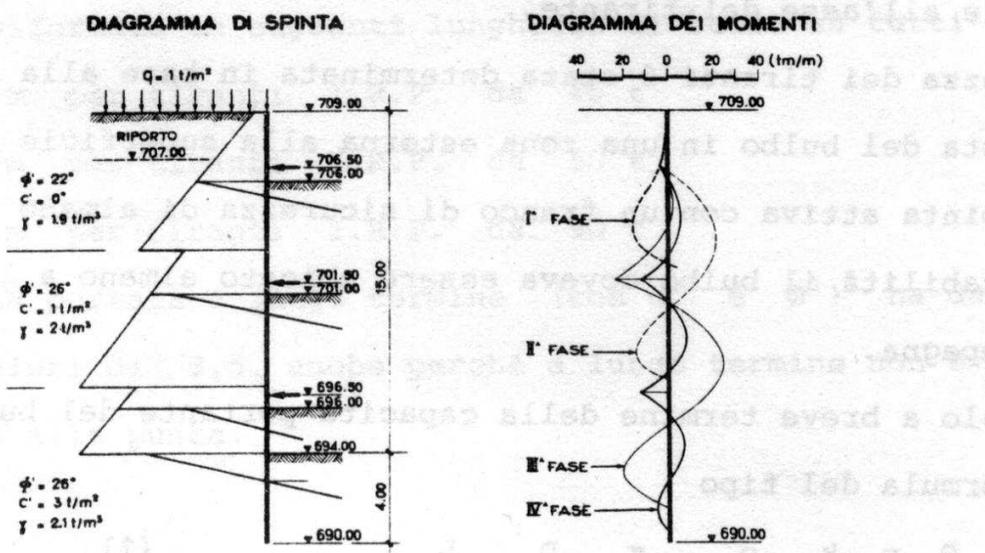
STRUMENTI



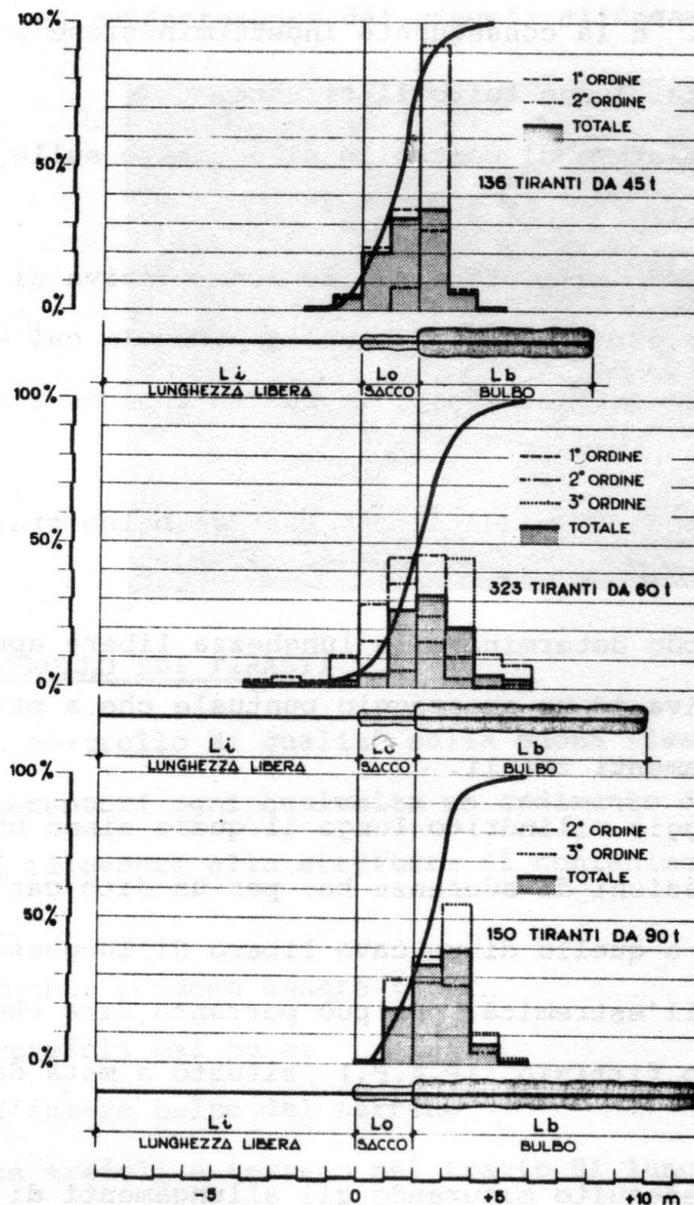
PARATIE MULTIANCORATE



*Nuovo Tribunale di Potenza
Impresa RODIO / Garrasi 1973-74*



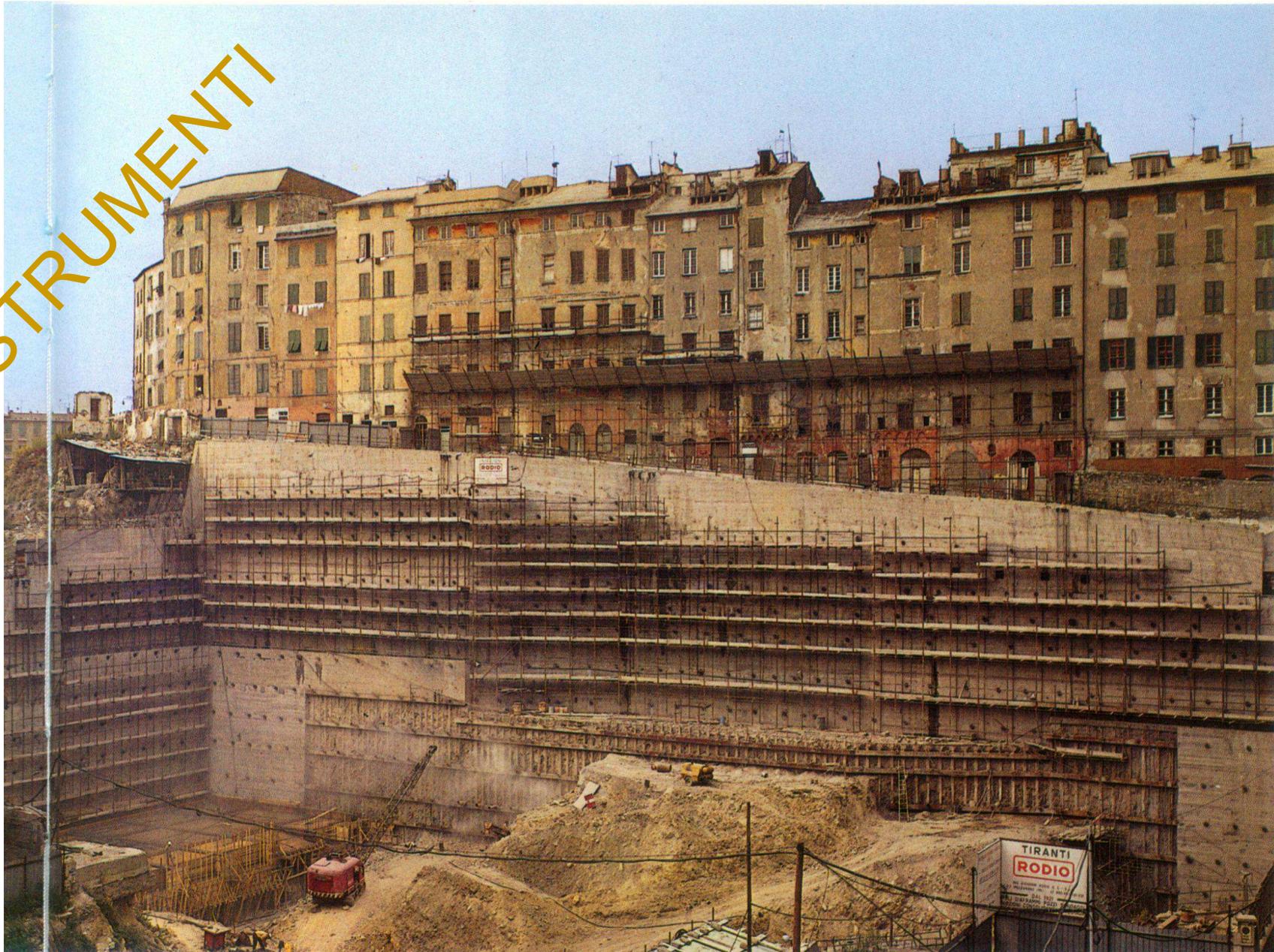
PARATIE MULTIANCORATE :
 un classico calcolo "agli stati limite" – anni '70
 (Tribunale di Potenza) Impresa RODIO / Garrasi 1973-74



Lunghezza libera al carico finale di tesatura.
 Istogramma e curva integrale delle frequenze.

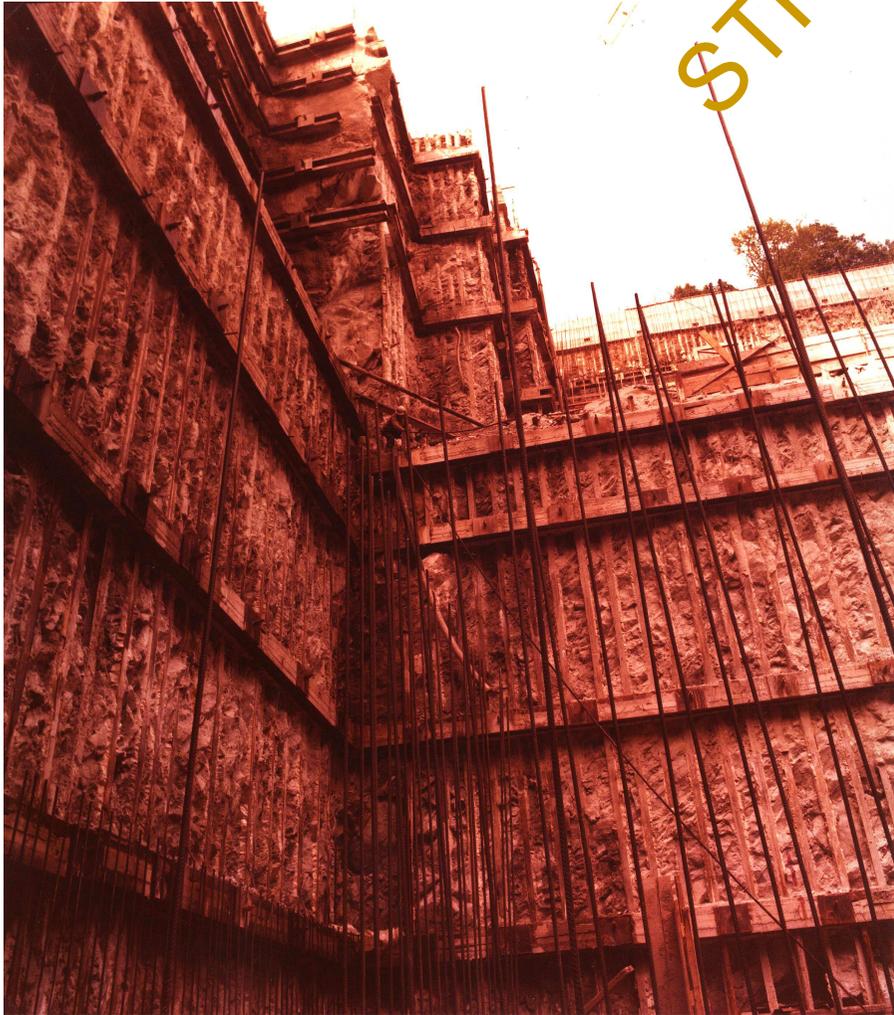
OPERE DI SOSTEGNO MULTIANCORATE:
BERLINESI DI MICROPALE TIRANTI

STRUMENTI



Genova Madre di Dio. Scavo di 34 m in argille, argilliti, calcare fratturato. Impresa RODIO - 1975

OPERE DI SOSTEGNO MULTIANCORATE:
BERLINESI DI MICROPALI E TIRANTI



ENEL - Nuova centrale idroelettrica di Orichella - Sila.
Scavo di 40 m per aumento del salto idraulico ed
alloggiamento turbine.
Impresa RODIO / Garrasi 1973 - 75

OPERE DI SOSTEGNO
MULTIANCORATE : BERLINESI
DI MICROPALI E TIRANTI

STRUMENTI

ENEL - Nuova centrale idroelettrica
di Orichella - Sila.
RODIO / Garrasi 1973 - 75

*..... se il progettista si fida, è
già un buon segno*



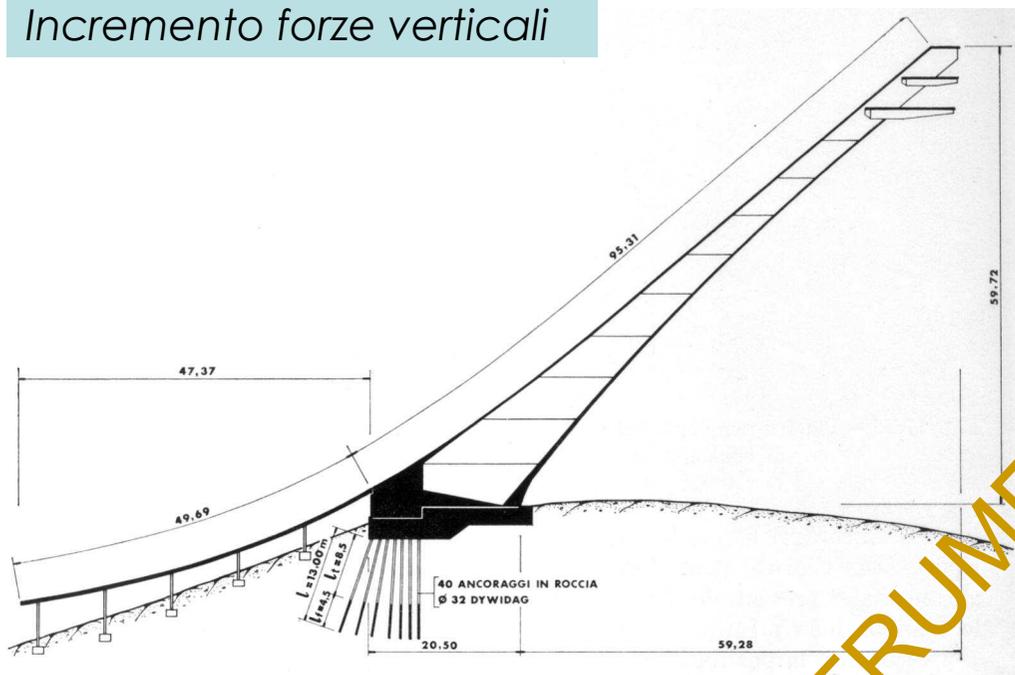
STRUMENTI



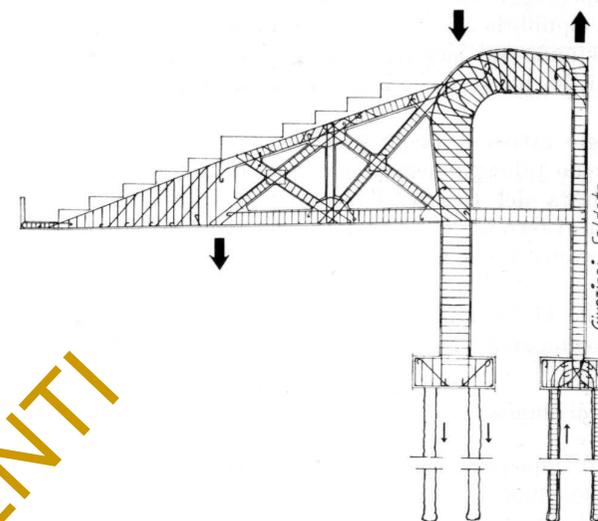
T
I
R
A
N
T
I



Incremento forze verticali



Trampolino di sci olimpico

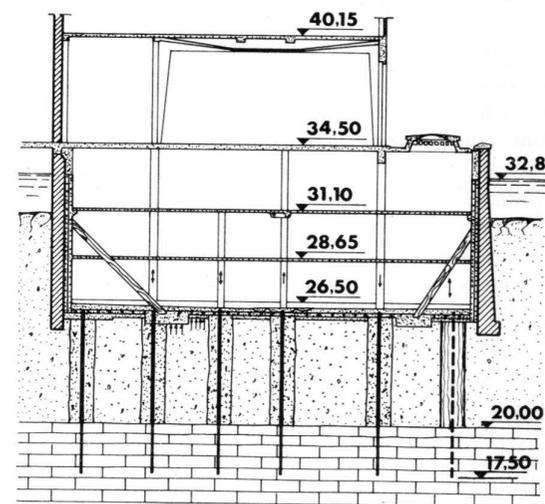


Ancoraggio con pali tesi della balconata del Cinema delle Vittorie in Roma (Cestelli Guidi 1938).

STRUMENTI

tiranti

- Opere di sostegno
- Incremento forze verticali
- Stabilizzazione pendii e fronti di scavo
- Stabilizzazione del cavo (gallerie, caverne)
- Altro



Edificio della CNRS in Parigi, immerso in falda in prossimità della Senna, fondato su pali tiranti (Brice 1957).



STRUMENTI

*Arsenale San Marco – Trieste. Nuovo bacino di carenaggio.
Tiranti provvisori di sostegno da 90 t e 150 t + tiranti verticali
definitivi da 100 t per ancoraggio platea di fondo.
Impresa RODIO – 1980*

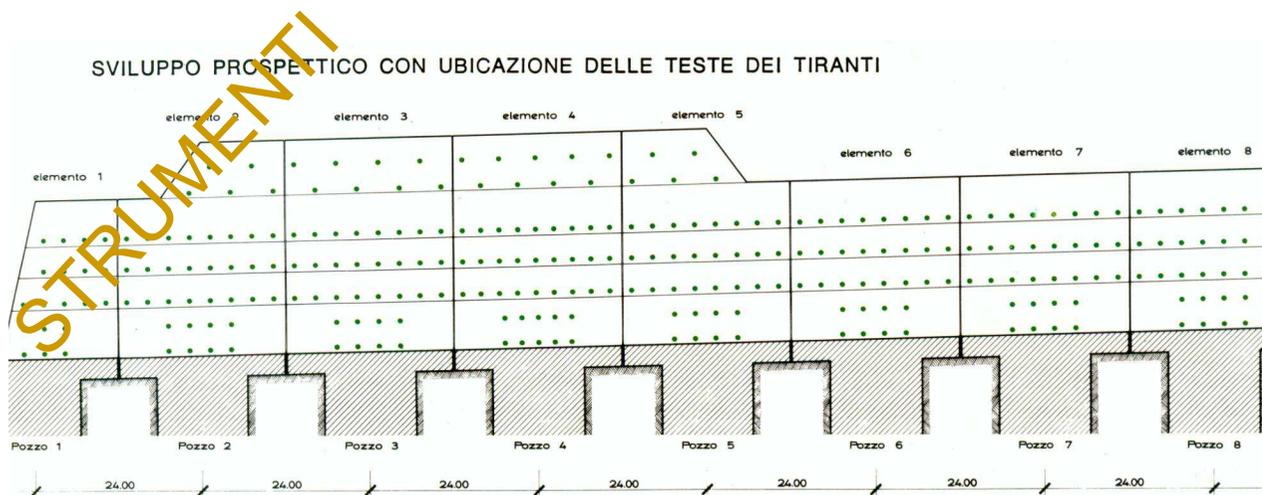
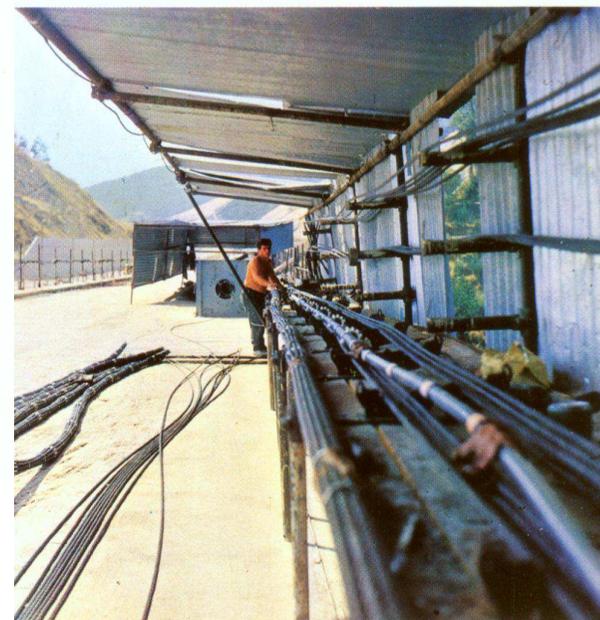
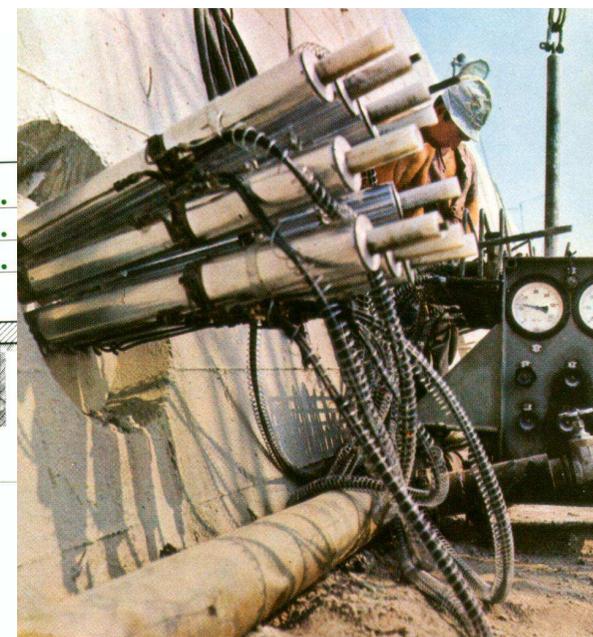
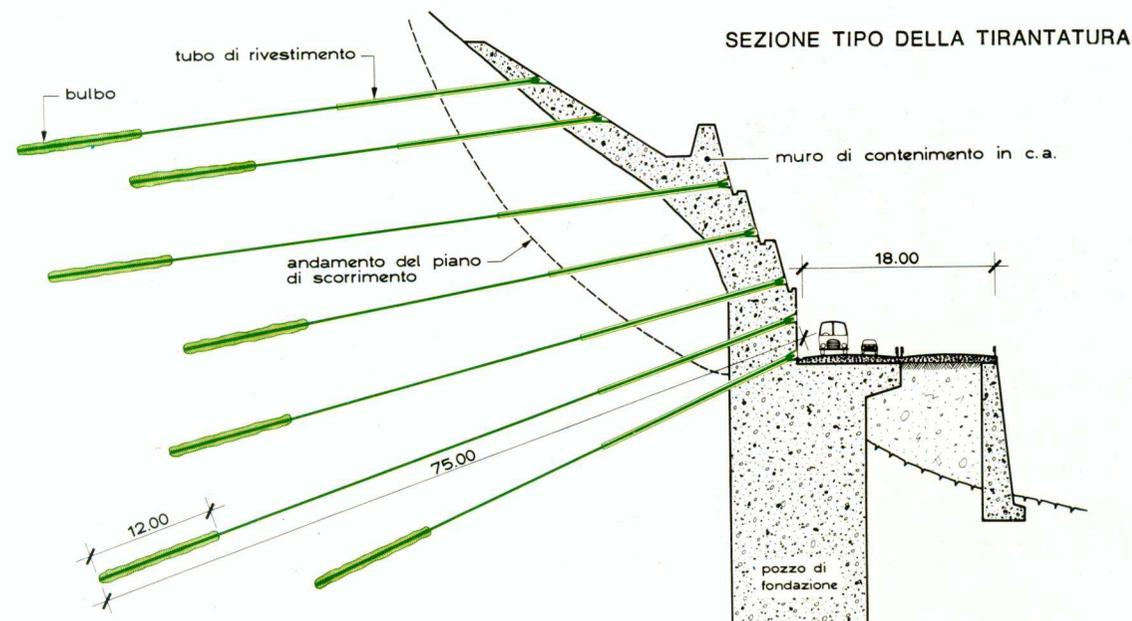


Figura 7



Autostrada dei Fiori – Tronco Bordighera-San Remo.
Consolidamento scarpata in frana con tiranti da 130 t
Impresa RODIO – 1971

UN CORRETTO APPROCCIO ALLA PROGETTAZIONE DEI TIRANTI SULLA BASE DALL'ESPERIENZA PERSONALE (1971-2012)

Tiranti progettati

numero :	7.735
lunghezza complessiva :	140.369 m
portata complessiva :	366.830 tonnellate

- tiranti tesati personalmente: ~ 80% di 7.735 ~ 6.188 tiranti
- n° di tiranti che si tesano in 1 giorno lavorativo: ~ 5 h x 3 tir/h ~ 15 tiranti/giorno

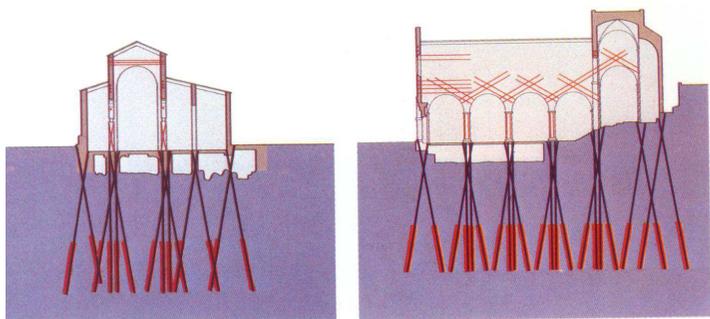


- 6.188 tiranti / (15 tiranti/giorno) ~ 413 giorni lavorativi
- per prove di carico preliminari ~ 30 giorni lavorativi
~ 443 giorni lavorativi (620 giorni solari)



**LA PROGETTAZIONE DI OPERE TIRANTATE
IMPONE UNA ASSIDUA PRESENZA IN CANTIERE**

Santa Maria della Piazza - Ancona
RODIO 1975 - TUBFIX



TIPI DI MICROPALI

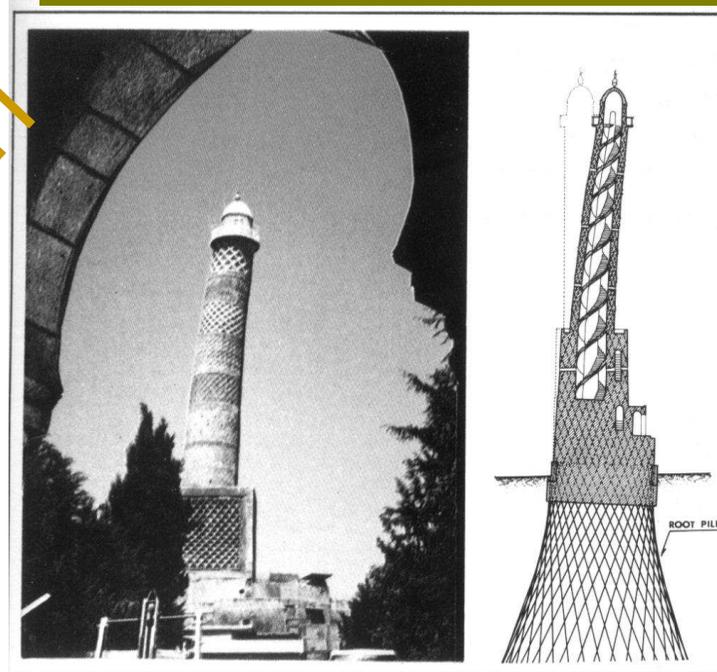
Tubfix : portate medio-alte
(sino ad oltre 1000 kN)

Pali radice : basse portate
(non oltre 200 kN)

MICROPALI NEGLI INTERVENTI DI RESTAURO DI MONUMENTI



"Leaning Minaret" - Mosul (IRAQ)
FONDEDILE 1981- PALI RADICE -



STRUMENTI

MICROPALI COME OPERE DI FONDAZIONE

YES, WE CAN !



Breda Fucine Meridionali – Bari. Fondazioni del bunker per raggi γ - RODIO / Garrasi 1978



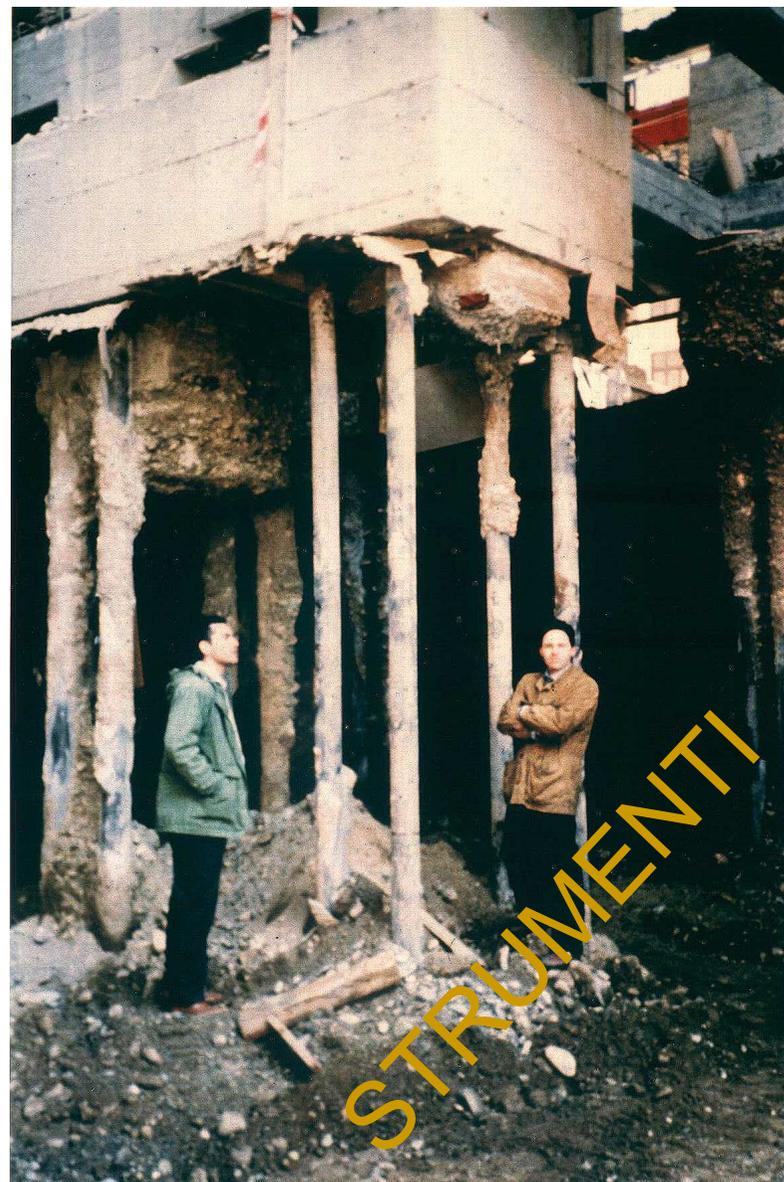
Breda Fucine Meridionali – Bari. Fondazioni del bunker per raggi γ - RODIO / Garrasi 1978



Centro Congressi Lingotto – Torino
Sottofondazioni per gli scavi della Main-Hall

Renzo Piano – Vitone & Associati – Garrasi 1991-92

MICROPALI COME OPERE DI
SOTTOFONDAZIONE



MICROPALI COME OPERE DI
SOTTOFONDAZIONE

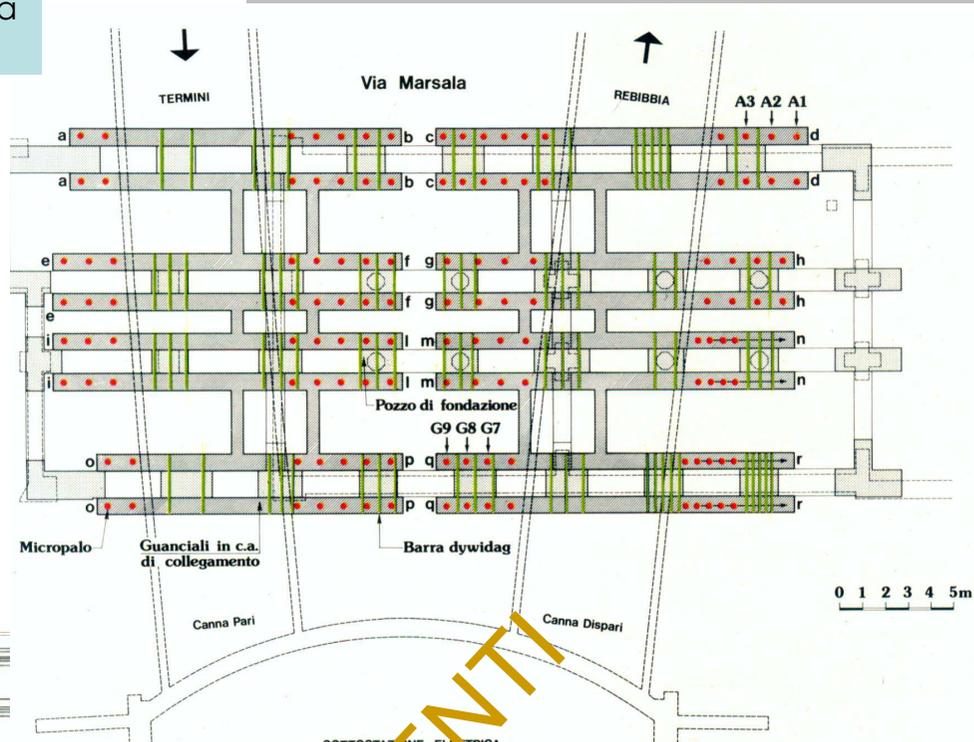
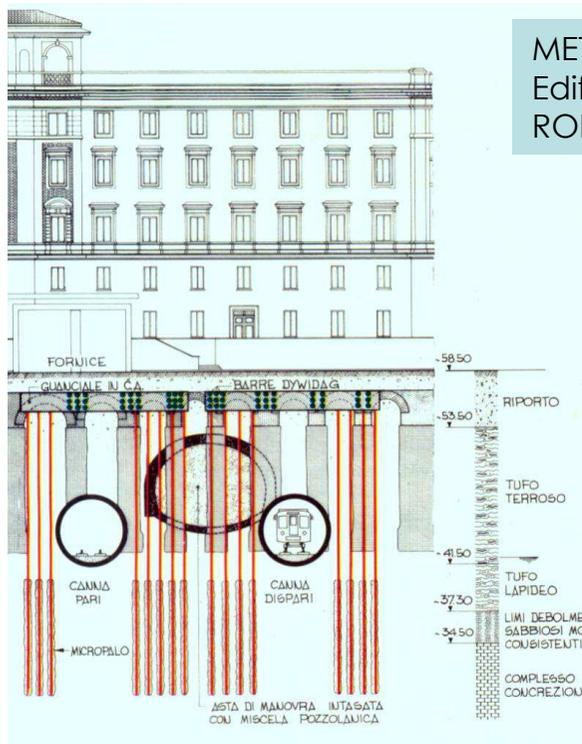


Centro Congressi Lingotto – Torino
Sottofondazioni per gli scavi della Main-Hall
Renzo Piano – Vitone & Associati – Garrasi 1991-92

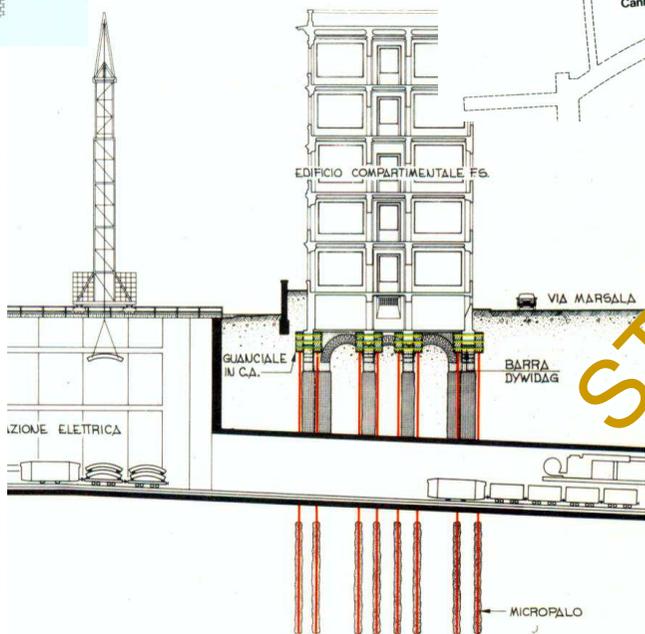
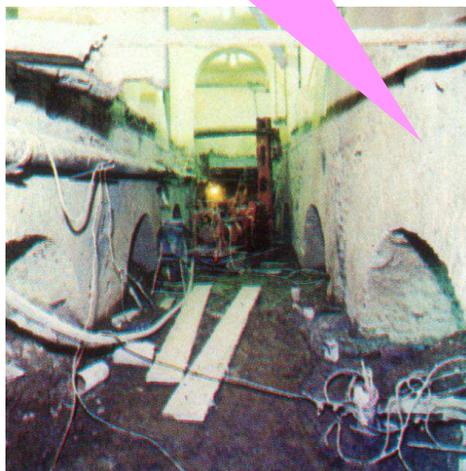
STRUMENTI

METROROMA
Edificio FFSS in Via Marsala
RODIO - 1985

SOTTOFONDAZIONE CON MICROPALI
PRECOMPRESSI



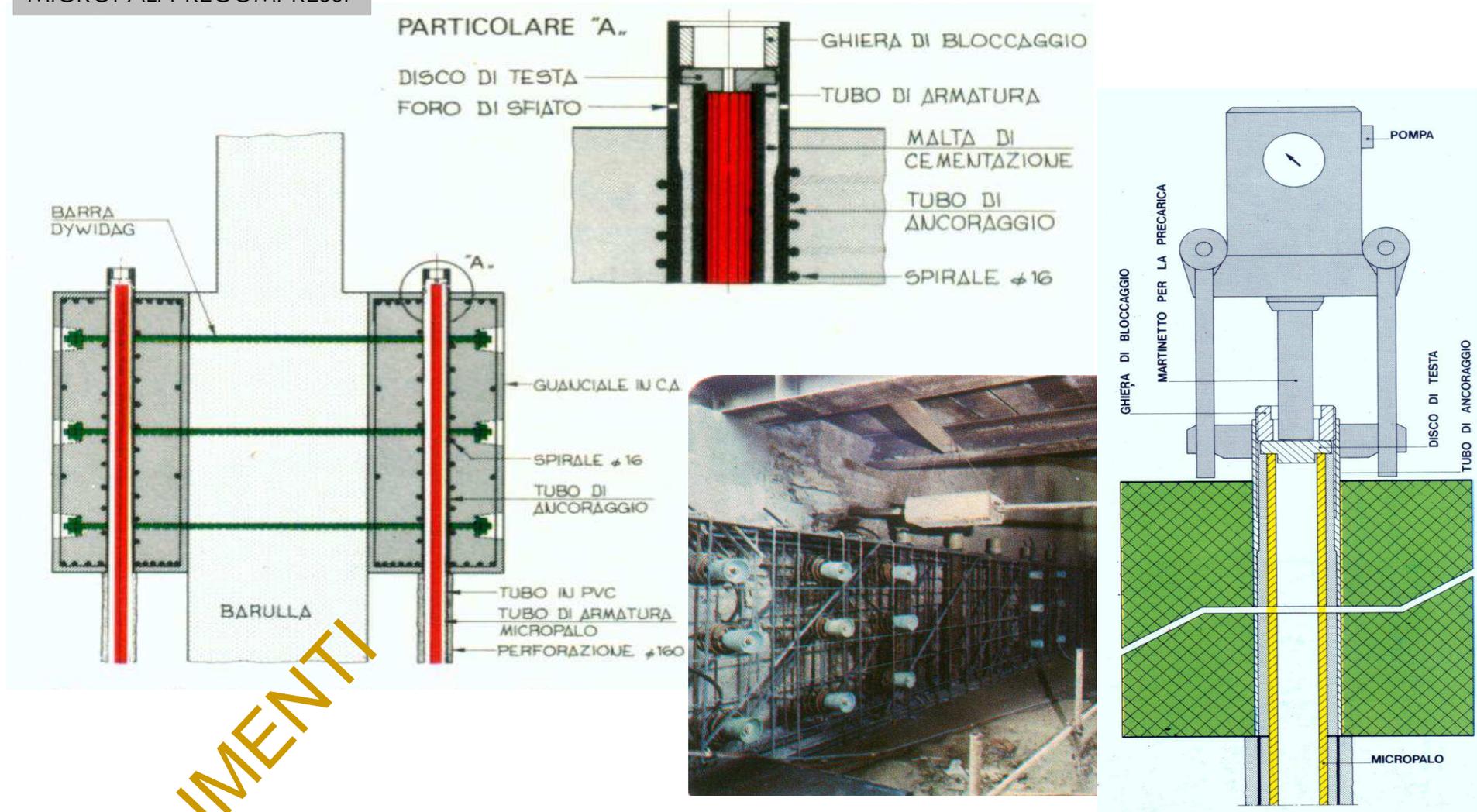
fondazione a "pozzi e barulle"



STRUMENTI



SOTTOFONDAZIONE CON MICROPALI PRECOMPRESSI



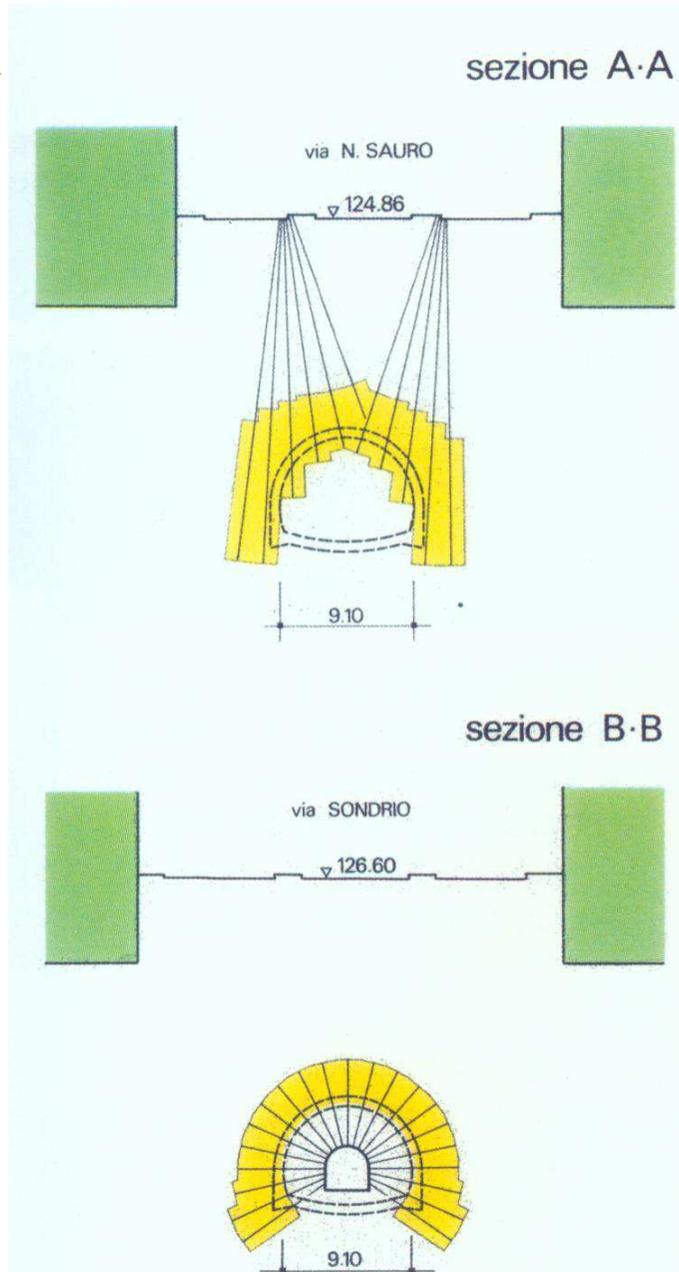
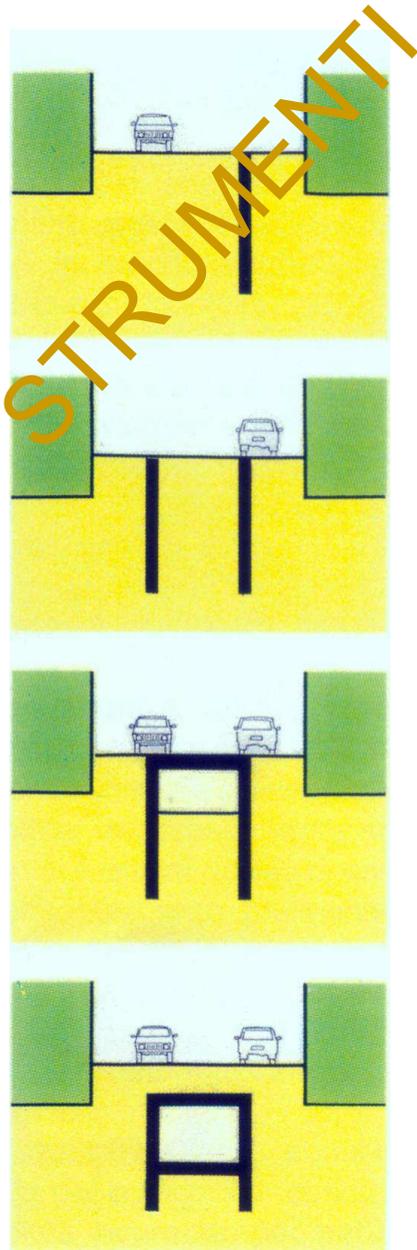
STRUMENTI

**CONSOLIDAMENTO DEI
TERRENI MEDIANTE
INIEZIONI**

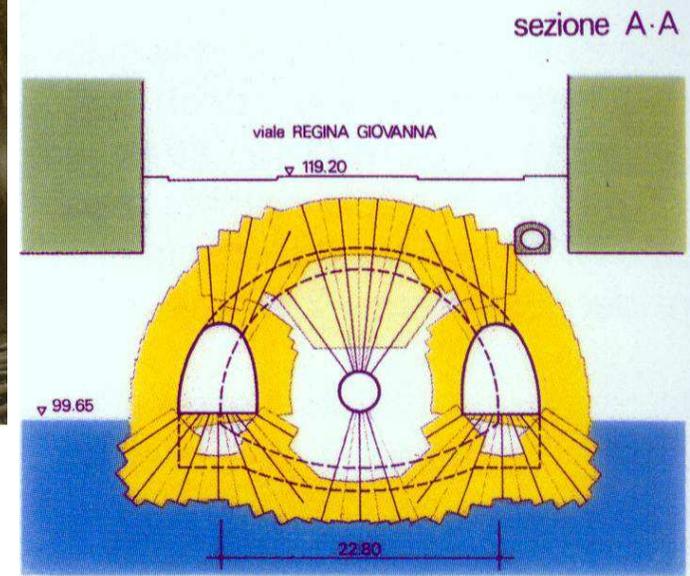
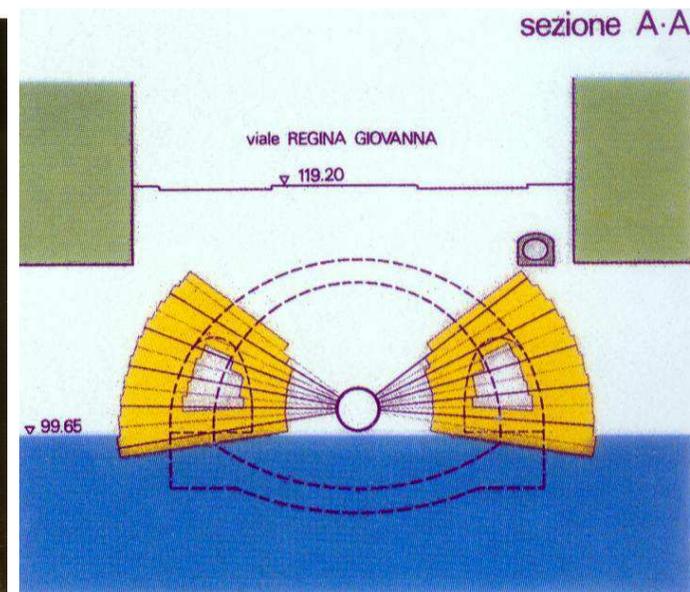
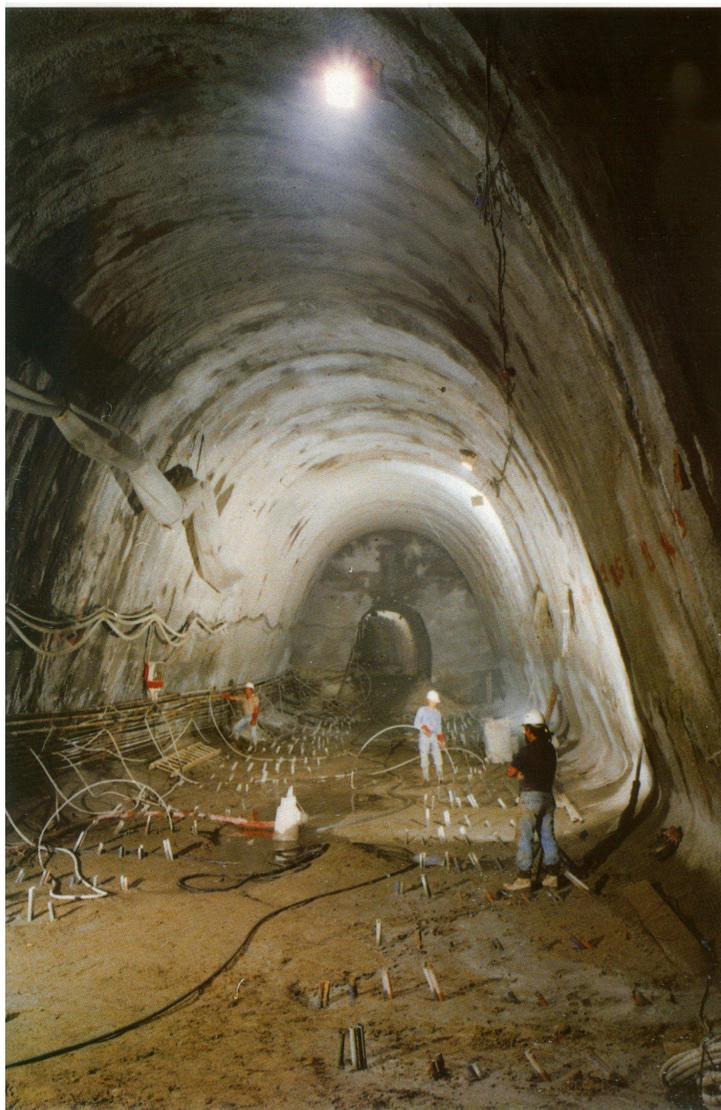


STRUMENTI

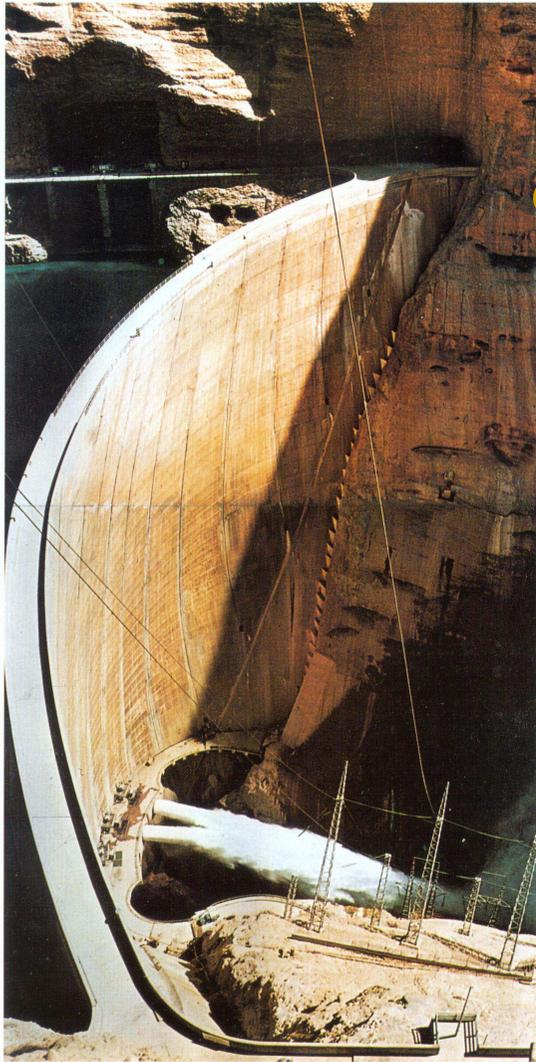
CONSOLIDAMENTO DEL TERRENO MEDIANTE INIEZIONI : METROPOLITANA DI MILANO



STRUMENTI

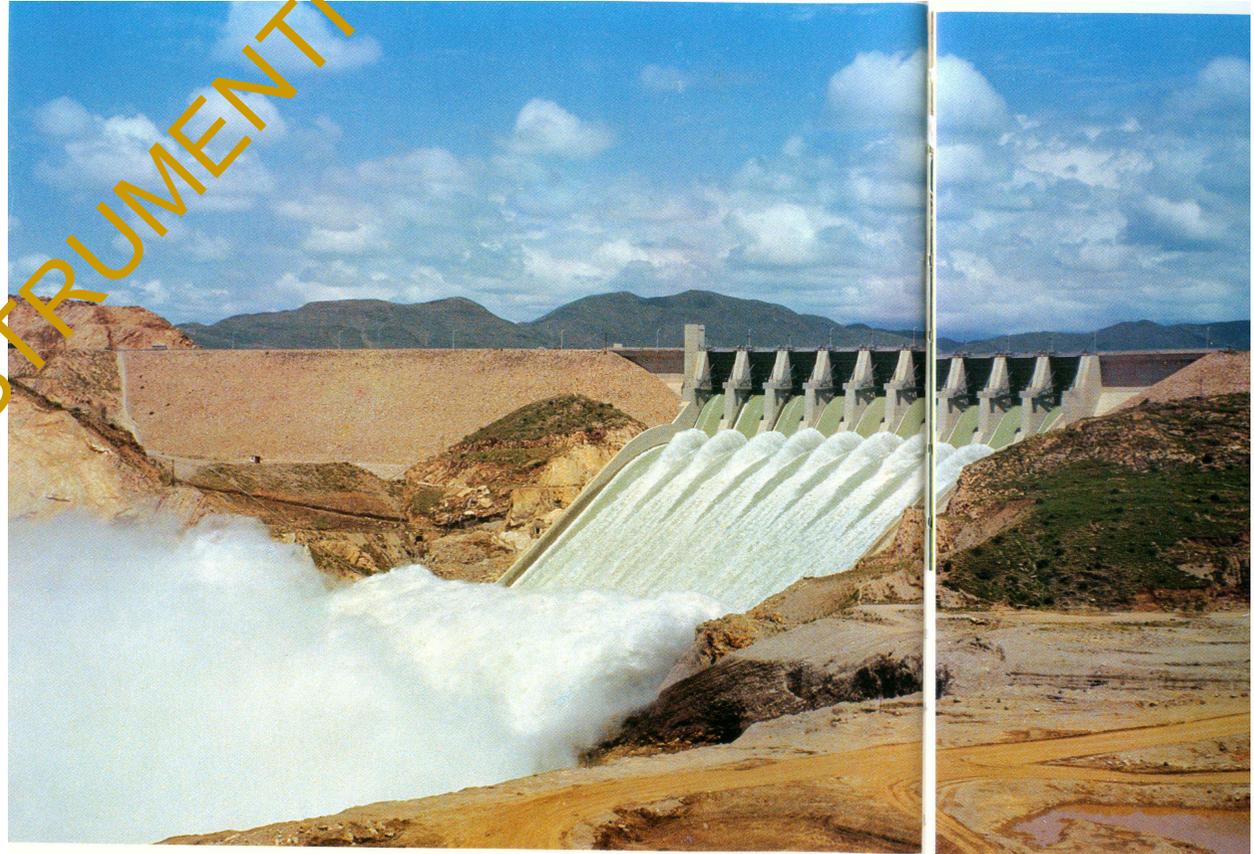


CONSOLIDAMENTO DEL TERRENO MEDIANTE INIEZIONI
METROPOLITANA DI MILANO



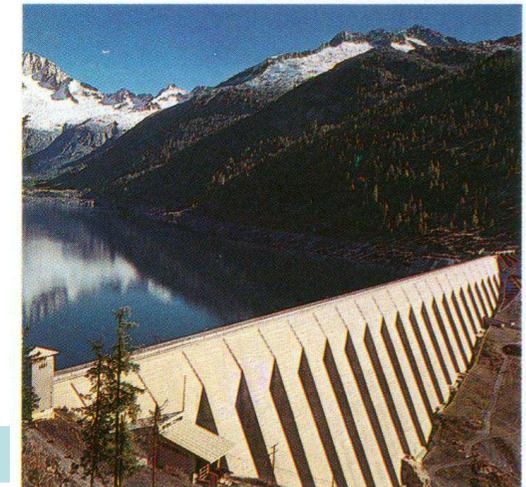
Dez- IRAN 1960/64

STRUMENTI

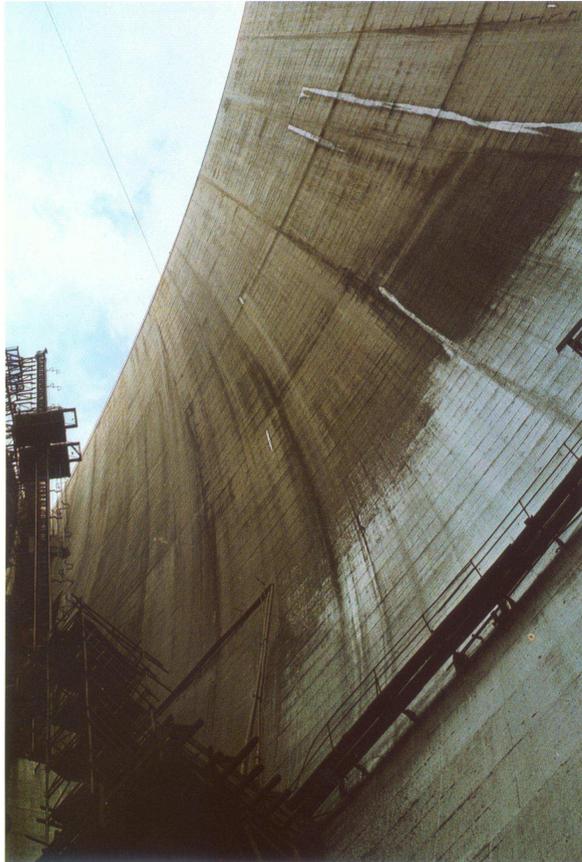


Tarbela - PAKISTAN 1974/82

**INIEZIONI IN
ROCCIA**

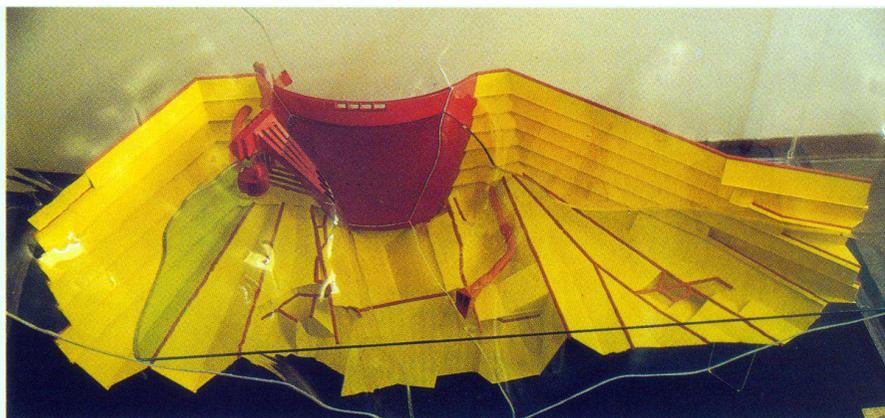


Malga Bissina - ITALIA 1956/59



© 1985, William L.B.J. Dekker

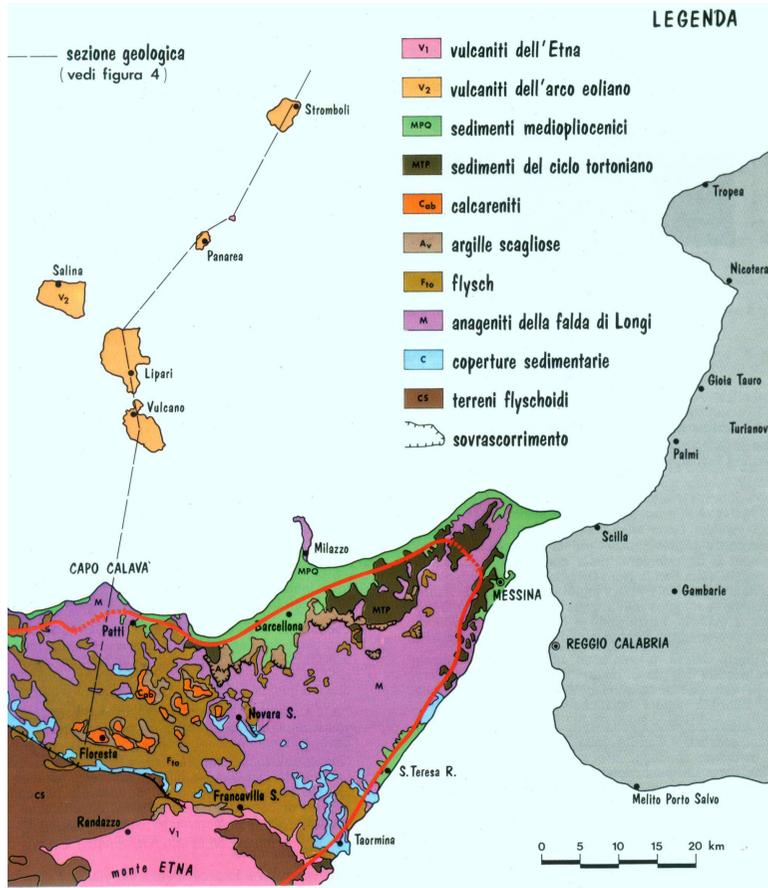
El Cajon - HONDURAS 1980/85



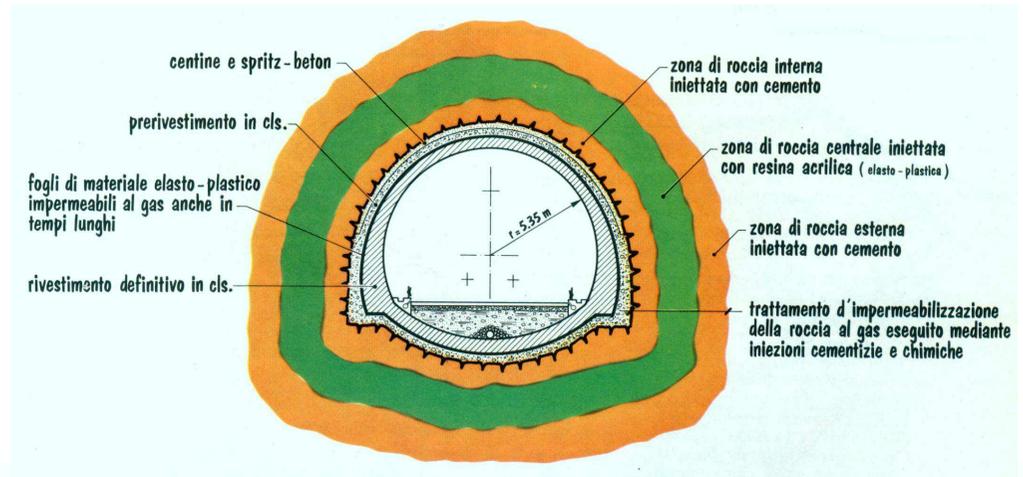
DIGA AD ARCO:

- ❑ altezza : 226 m
- ❑ larghezza in cresta : 382 m
- ❑ schermo d'iniezione profondo 250 m
 - 560.000 mq
 - 535.000 m di fori
 - 95.000 t di cemento
 - 12 km di cunicoli

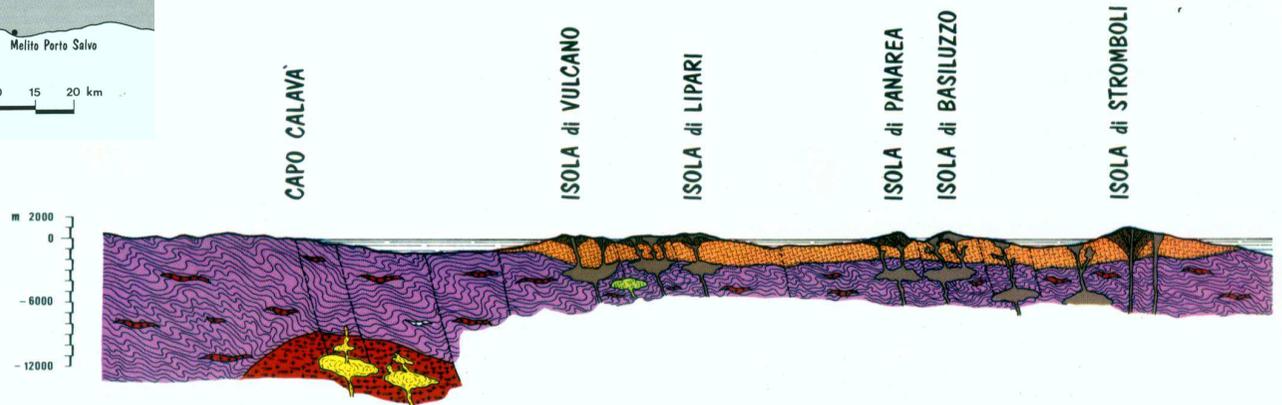
- ❑ massima produzione mensile RODIO:
 - 46.000 m di fori
 - 8.400 t di cemento



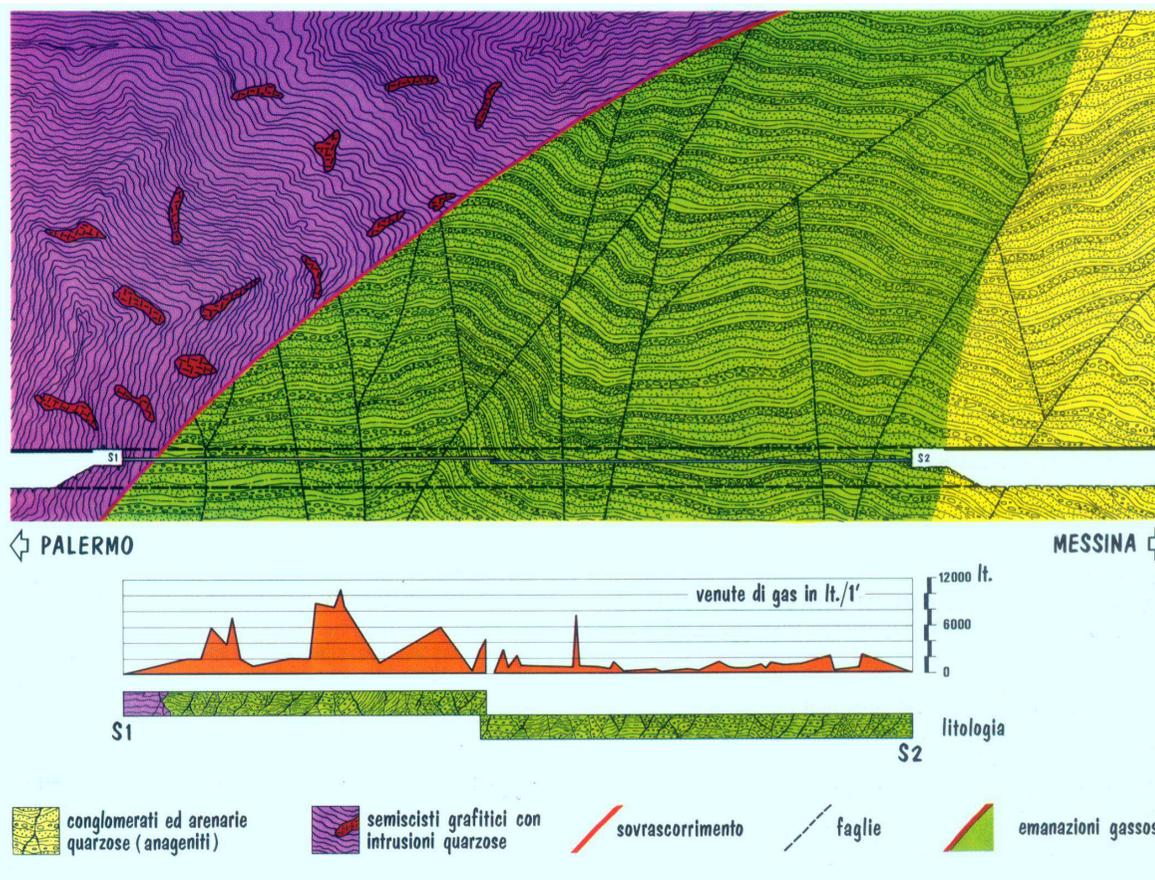
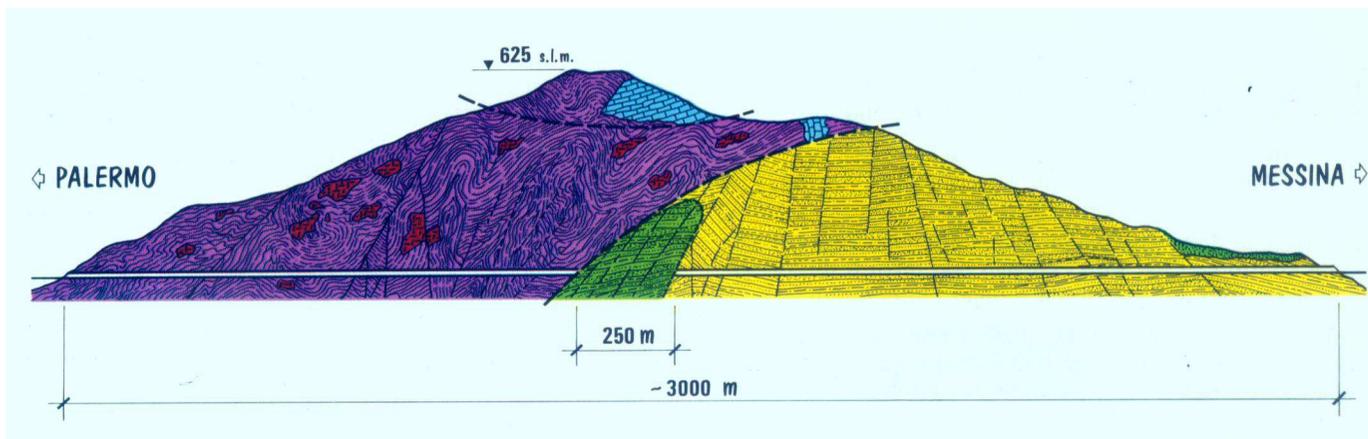
Autostrada ME-PA
Attraversamento della galleria CALAVA' in presenza di gas tossici in pressione.
Impresa RODIO - studi e sperimentazioni : 1973-76
- iniezioni e scavo: 1977-78



STRUMENTI



-  bacini magmatici attivi
-  vulcaniti antiche
-  intrusioni magmatiche consolidate
-  plutoniti
-  lave cupole e piroclastiti recenti
-  basamento cristallino
-  faglie



Galleria CALAVA' :
sezioni geologiche longitudinali.

STRUMENTI

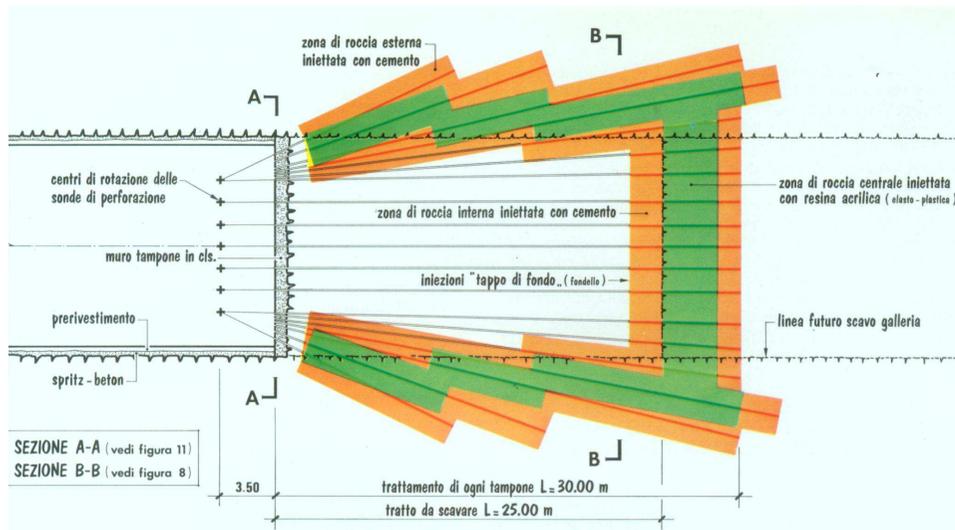
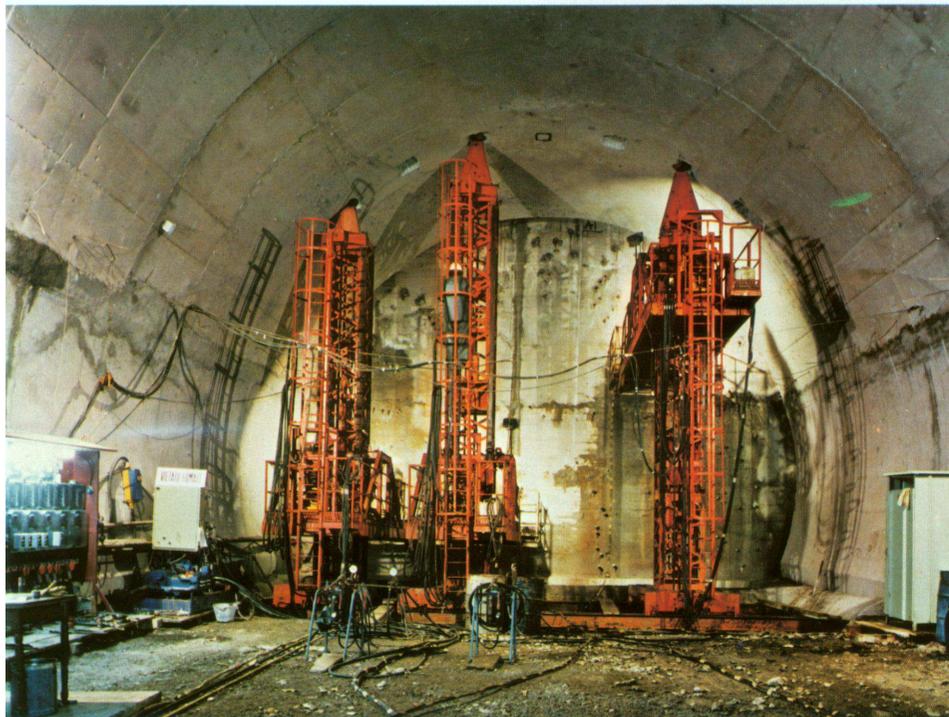
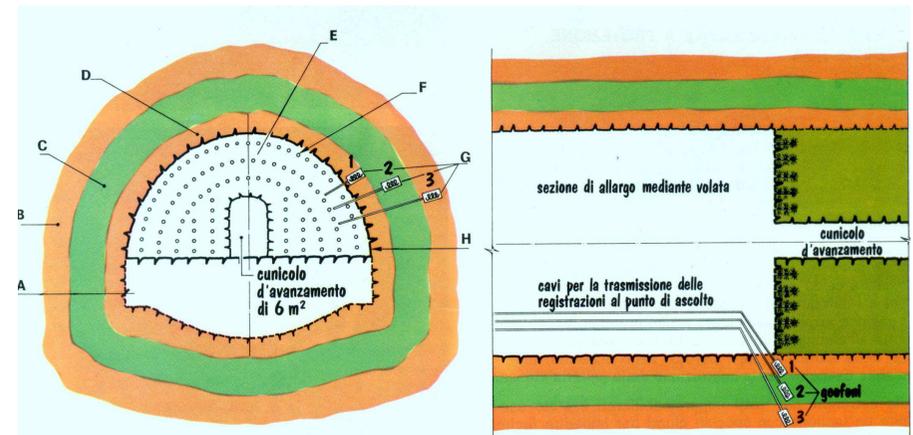


Fig. 11 - Il trattamento tipo di una tratta di 25 m di lunghezza, visto in pianta.
 Vue en plan du traitement standard d'un tronçon de 25 m de longueur.
 Plan view of standard treatment of tunnel portion 25 m long.

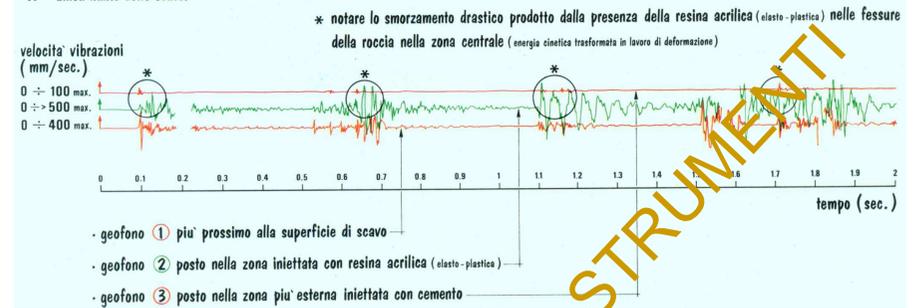


Galleria Calavà - Geometria del trattamento in pianta per una tratta standard da 30.00 m (25.00 m scavabili)

Geometria dei fori di volata con i geofoni



- A - Trattamento d'impermeabilizzazione della roccia al gas eseguito mediante iniezioni cementizie e chimiche.
- B - Zona di roccia esterna iniettata con cemento.
- C - Zona di roccia centrale iniettata con resina acrilica (elasto-plastica)
- D - Zona di roccia interna iniettata con cemento.
- E - Sezione di allargamento mediante volata.
- F - Traccia dei fori di ciascuna volata.
- G - Geofoni per il controllo della frequenza e della velocità delle sollecitazioni vibratorie provocate dalla volata.
- H - Linea limite dello scavo.

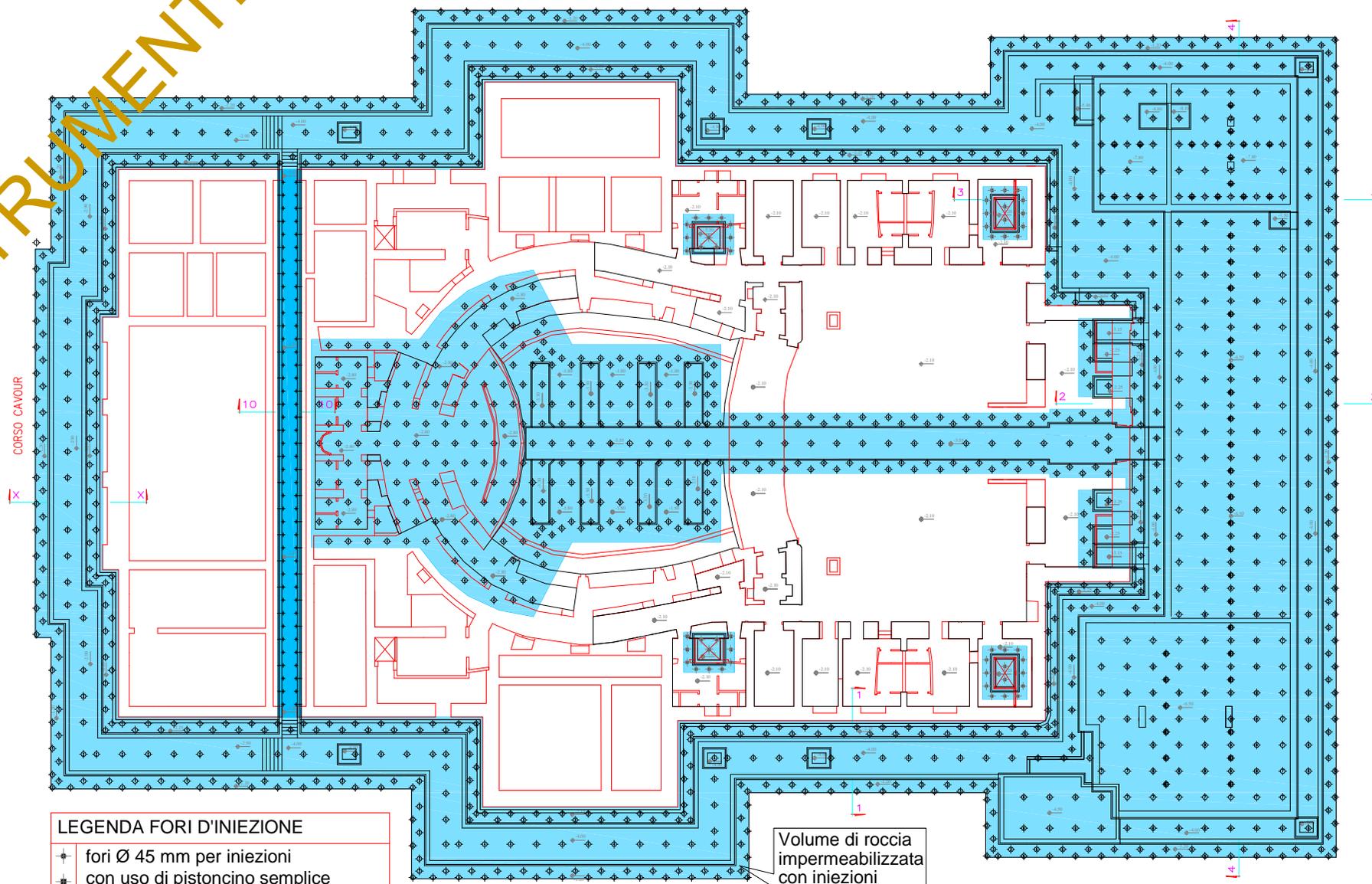


Le 3 "torri" di perforazione in opera al fronte.

TEATRO PETRUZZELLI – BARI
Progetto di restauro e recupero funzionale

PIANTA INTERVENTI DI IMPERMEABILIZZAZIONE
MEDIANTE INIEZIONI IN ROCCIA

STRUMENTI

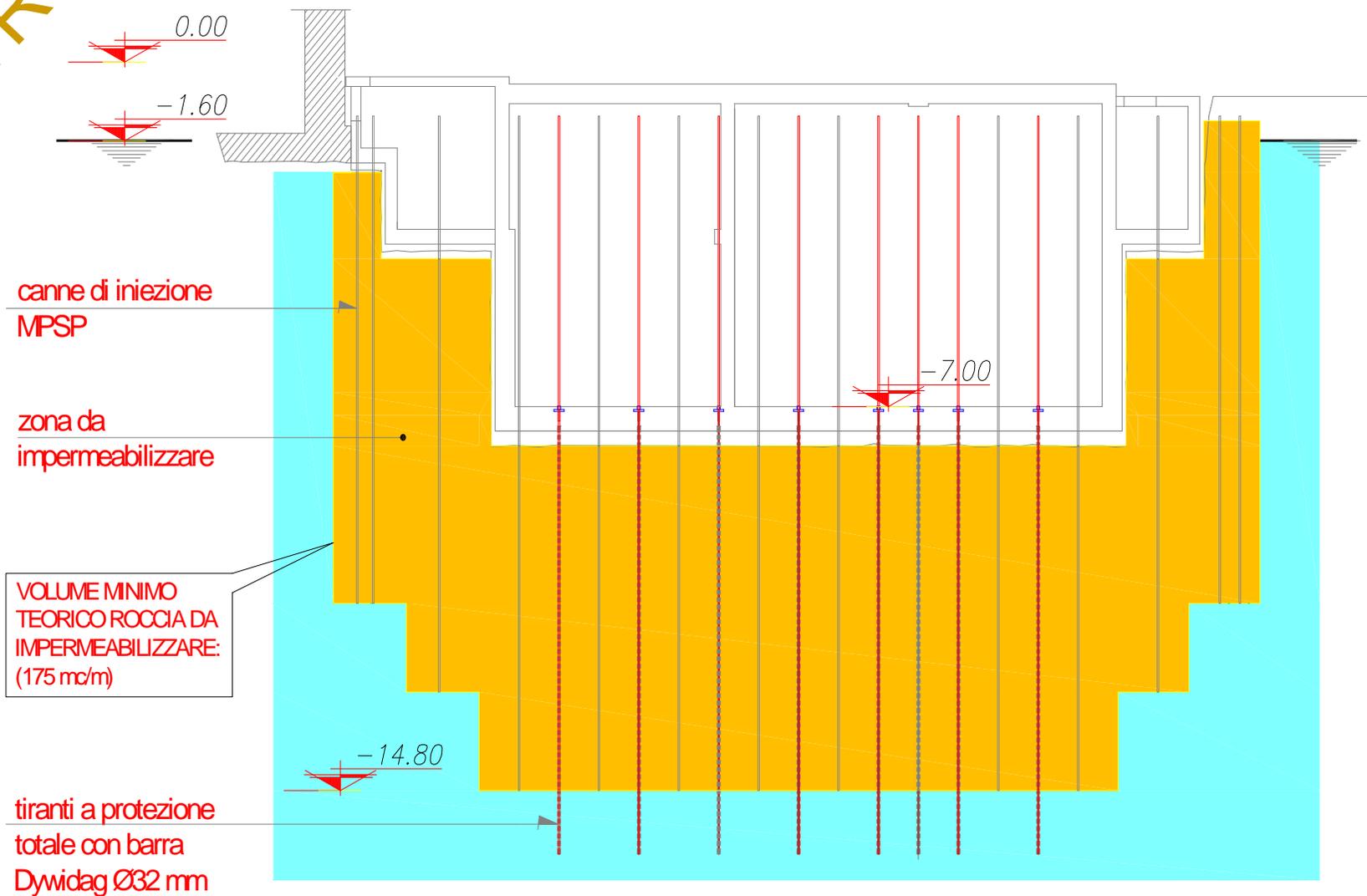


LEGENDA FORI D'INIEZIONE	
+	fori Ø 45 mm per iniezioni con uso di pistoncino semplice
⊕	canne in PVC Ø 1"1/2 per iniezioni con sistema MPSP

Volume di roccia impermeabilizzata con iniezioni

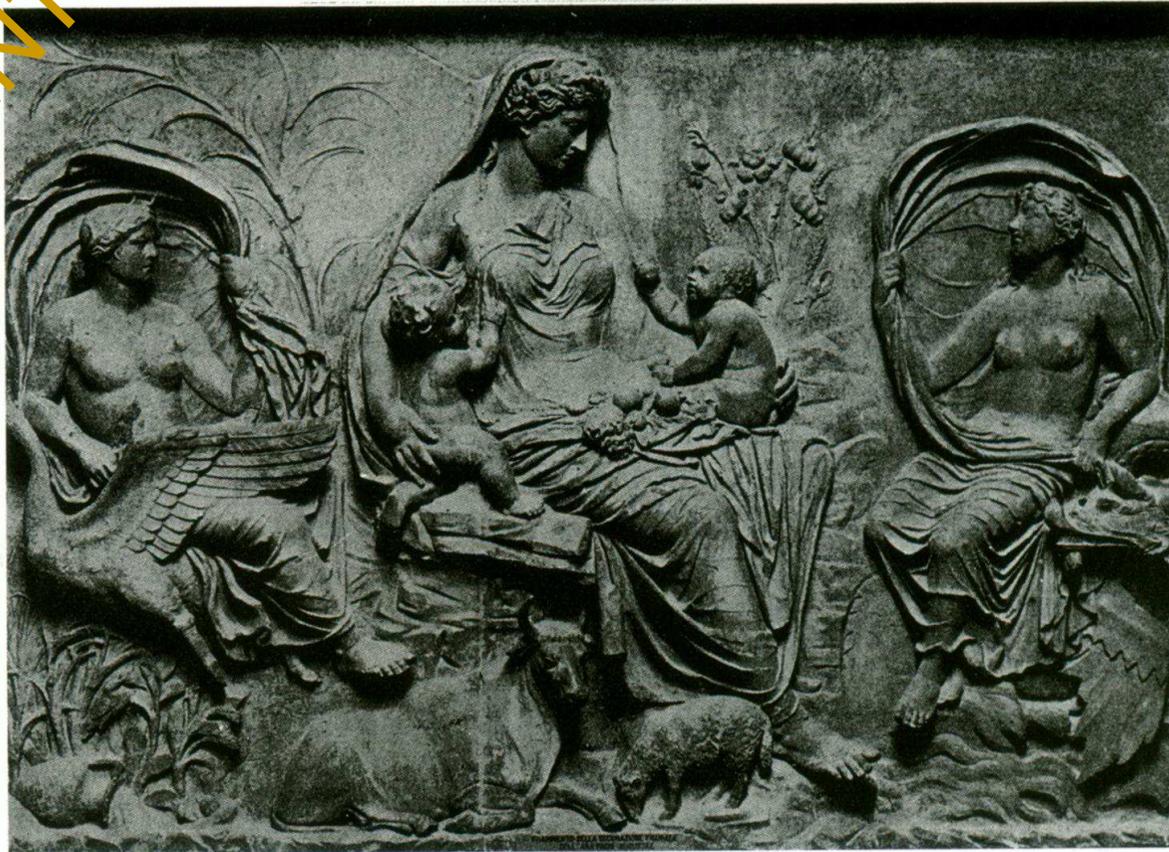
STRUMENTI

TEATRO PETRUZZELLI – BARI
Progetto di restauro e recupero funzionale



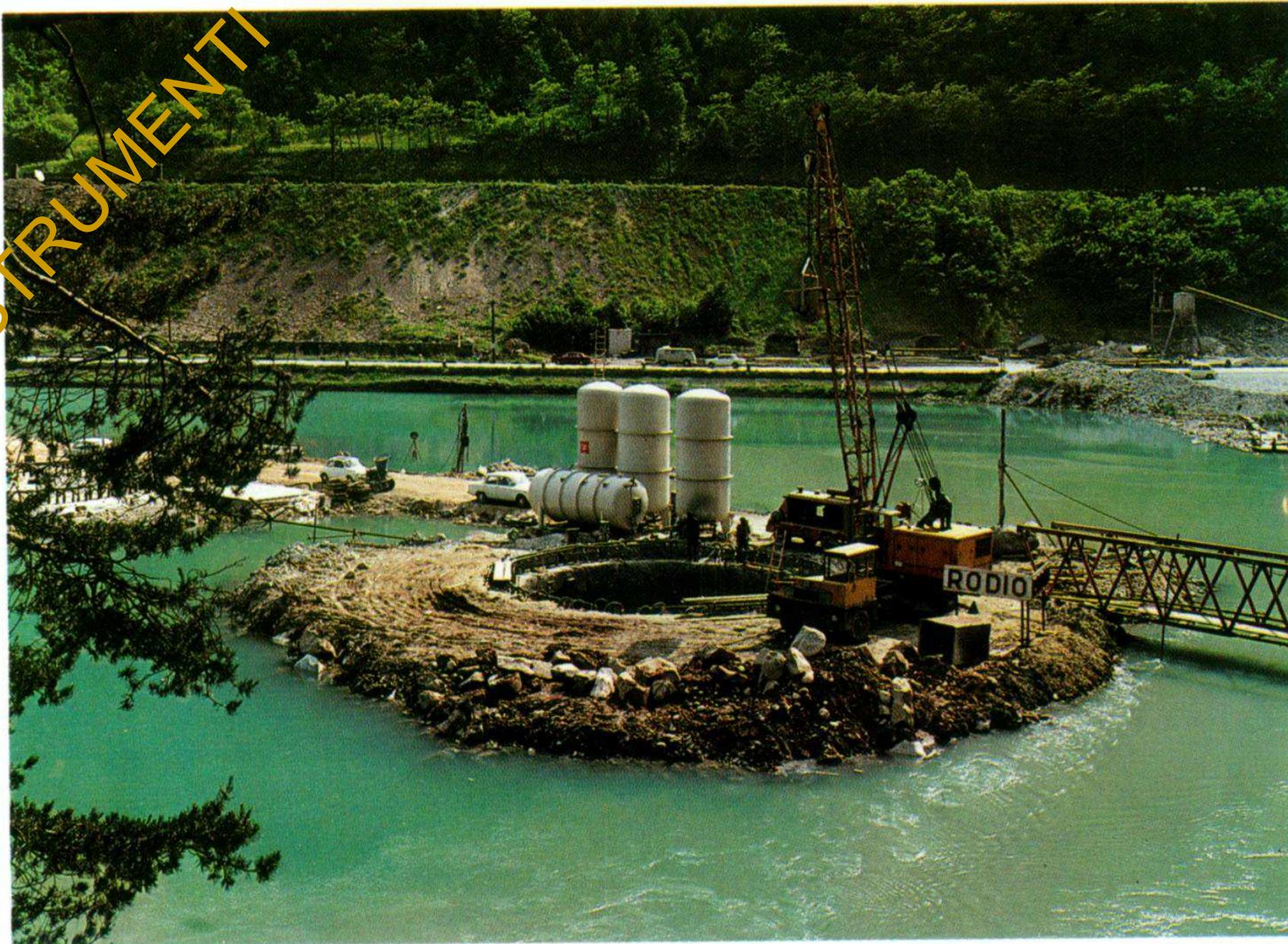
CONGELAMENTO DEL TERRENO

STRUMENTI



1938 – RINVENIMENTO E RECUPERO DELL'ARA PACIS AUGUSTAE
CONGELAMENTO CON CO₂ – IMPRESA RODIO

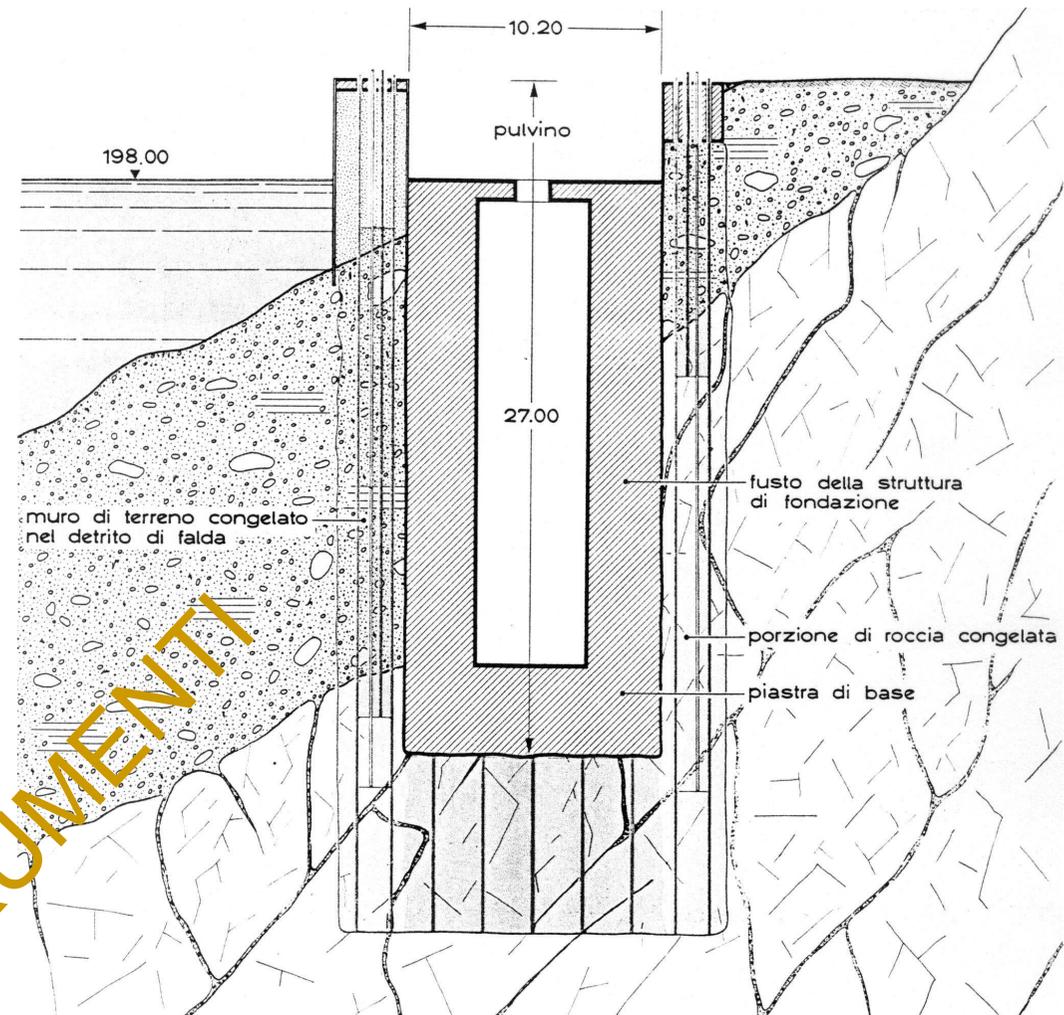
STRUMENTI



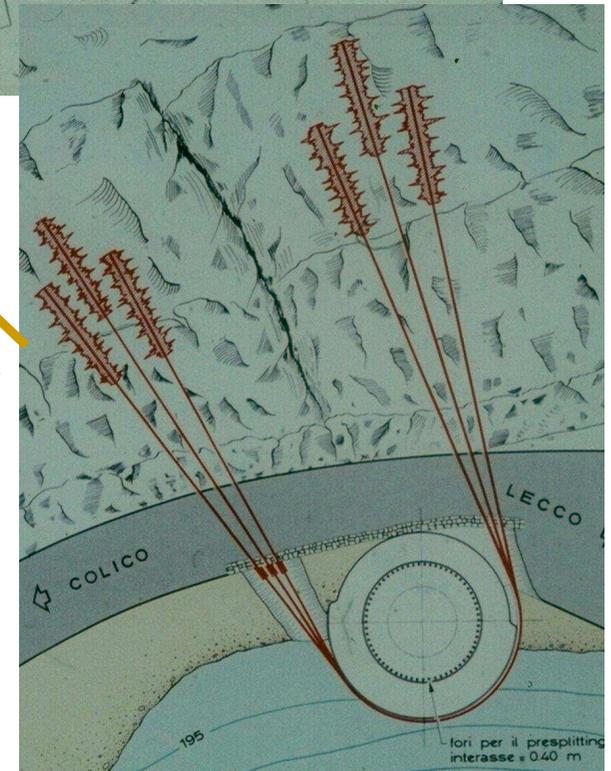
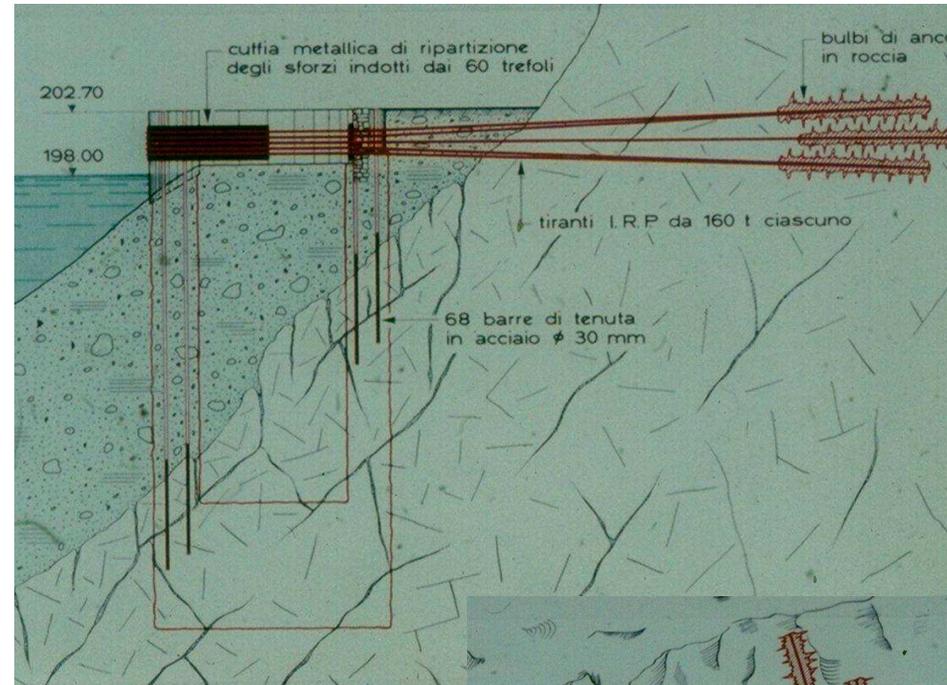
1970 – 71 Autostrada del Brennero Viadotto sul Lago di Fortezza Impresa RODIO

UN COMPLESSO ESEMPIO DI APPLICAZIONE COMBINATA DI INIEZIONI NEL TERRENO ED IN ROCCIA, CONGELAMENTO E TIRANTI DI ANCORAGGIO

1972 - S.S. 36 "Lecco - Colico". Ponte ad Abbadia Lariana sul Lago di Como - Impresa RODIO/Garrasi



1972 - S.S. 36 "Lecco - Colico".
Ponte ad Abbadia Lariana sul Lago di Como -
Impresa RODIO / Garrasi

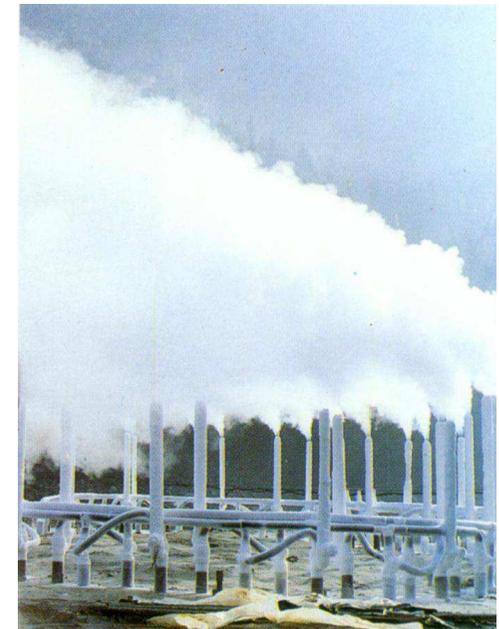


STRUMENTI

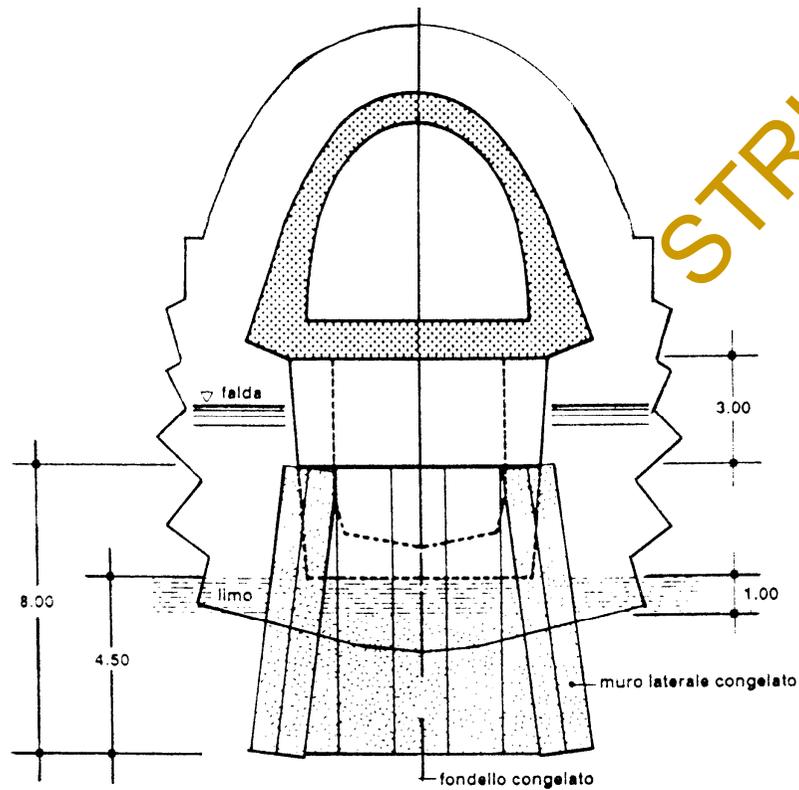
STRUMENTI



1972 S.S. 36 "Lecco – Colico".
Ponte ad Abbadia Lariana
sul Lago di Como
Impresa RODIO



STRUMENTI



1987 – 88
Metropolitana Milanese Lotto 2B
Impresa RODIO

“azoto liquido”

- procedimento diretto
- ciclo aperto
- semplice scambio



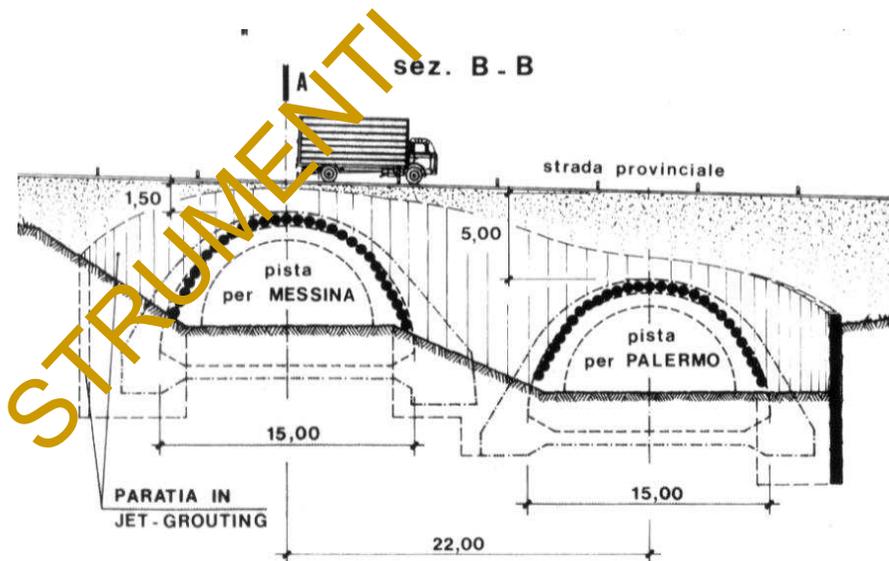
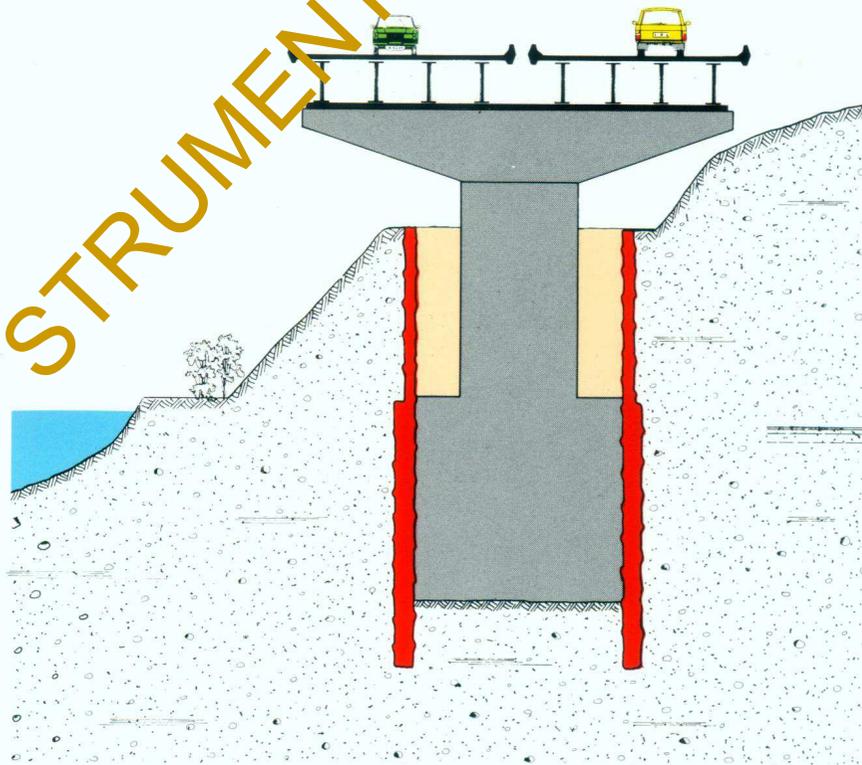


Foto 12 - Galleria S. Elia - Imbocco lato Messina.

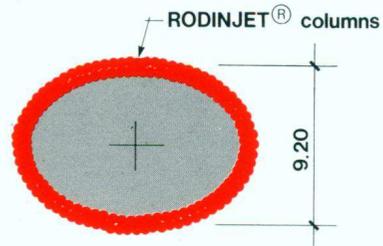
**CONSOLIDAMENTO e/o
IMPERMEABILIZZAZIONE DEL
TERRENO MEDIANTE JET-
GROUTING**



STRUMENTI



plan



UDINE · CARNIA · TARVISIO motorway

CHIUSAFORTE lot 5

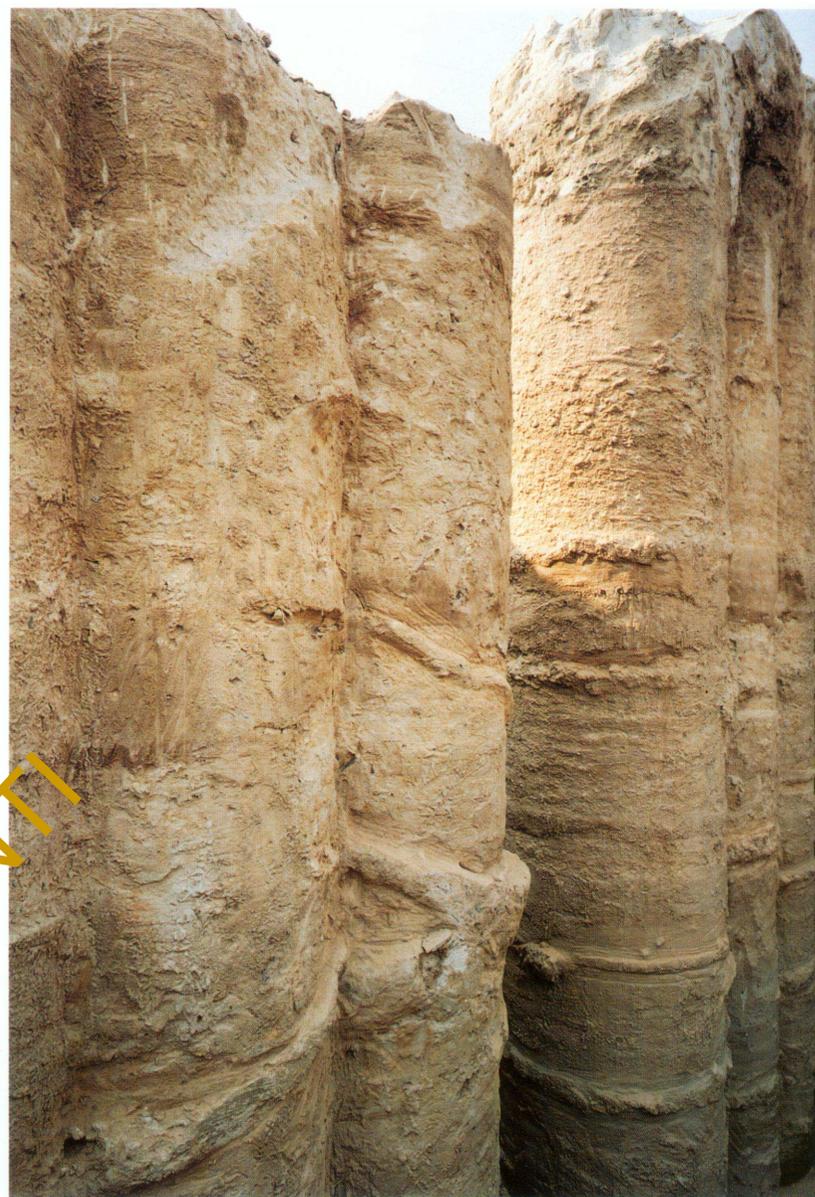
soil treatment to allow the excavation of the piers foundations

JET-GROUTING



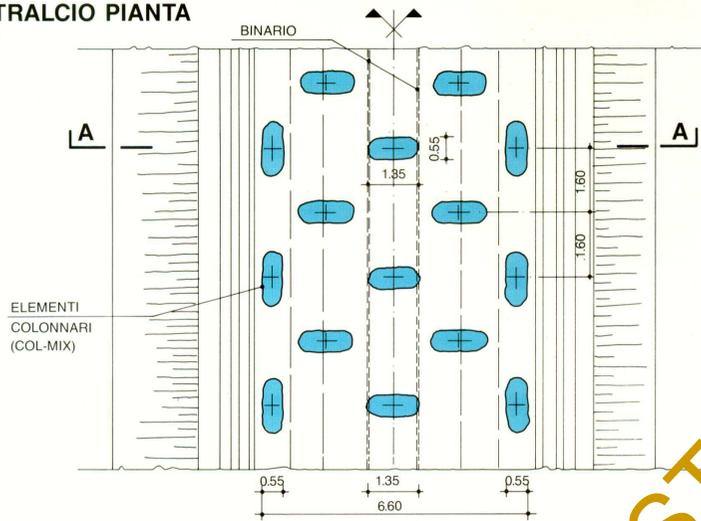


MISCELAZIONE PROFONDA
Sistema RODIO



STRUMENTI

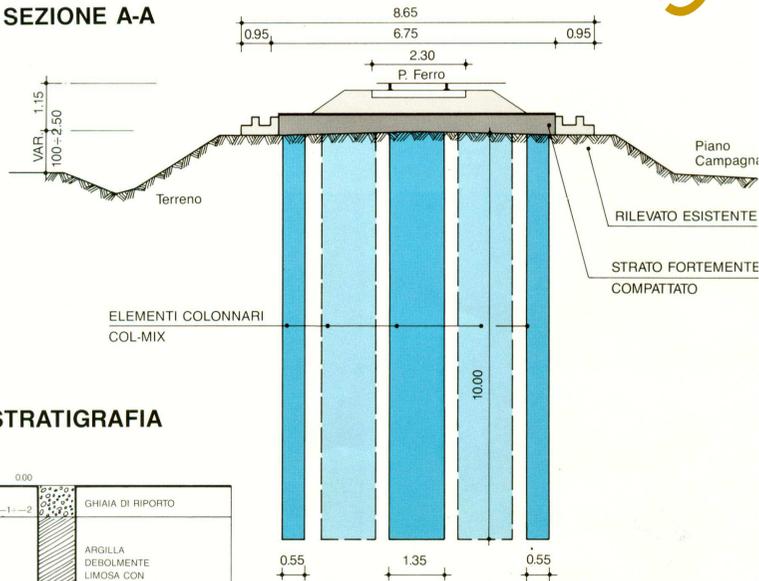
STRALCIO PIANTA



MISCELAZIONE PROFONDA
Sistema ELSE

STRUMENTI

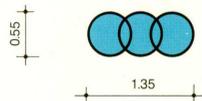
SEZIONE A-A



STRATIGRAFIA



SEZIONE TIPO



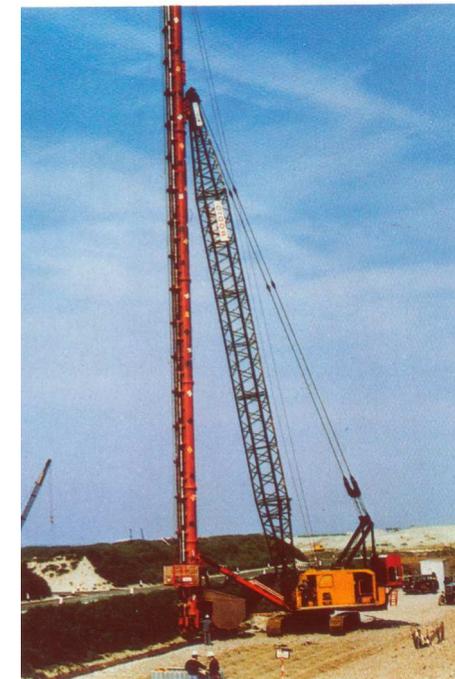


Strada Statale 36. Dervio (Como).
Galleria Dorio. 1984.
Infilaggi lunghi 19 metri, messi in opera
in terreno morenico a tratti instabile.

INFILAGGI



GEODRAIN



STRUMENTI

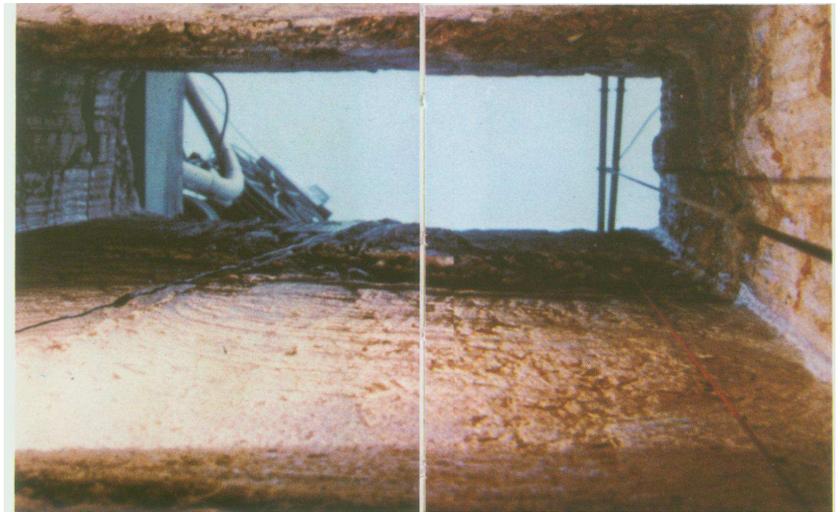
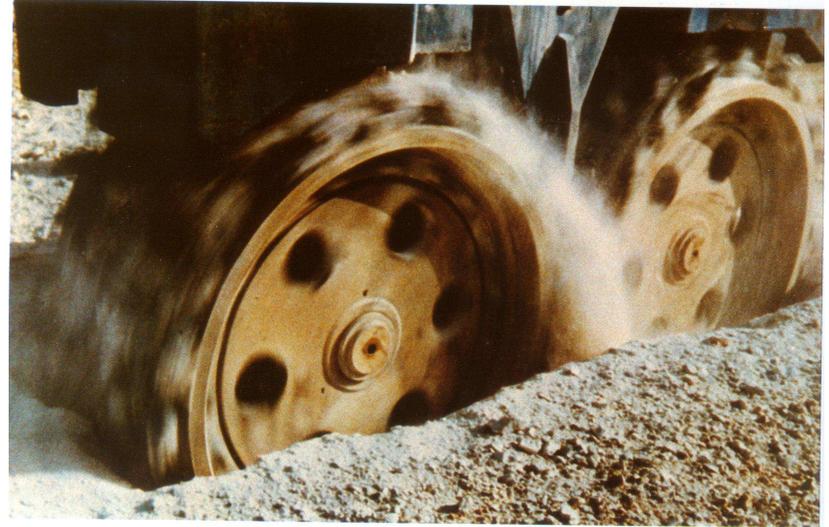


PREMILL (pretaglio)

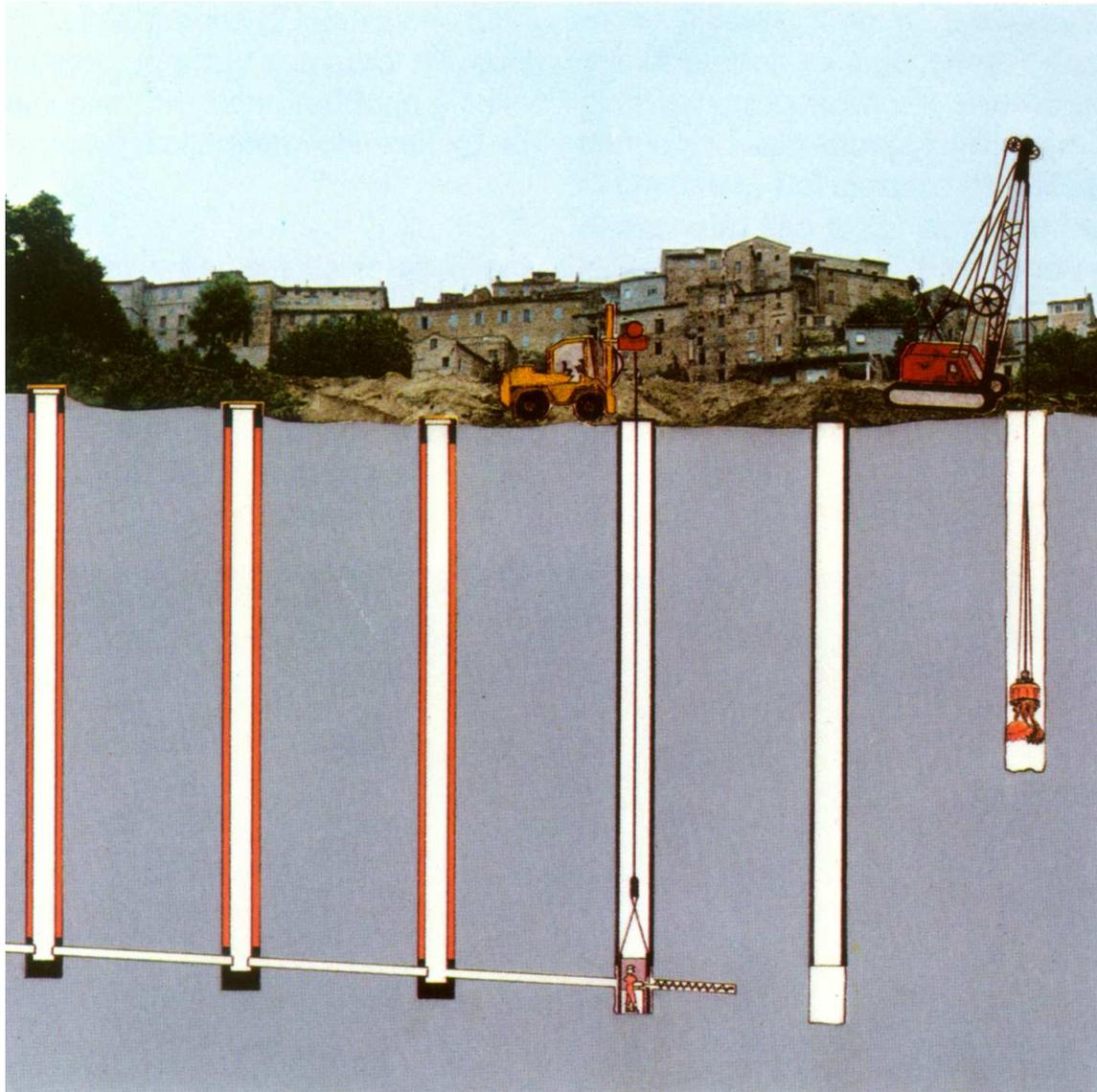
STRUMENTI

STRUMENTI

I
D
R
O
F
R
E
S
A

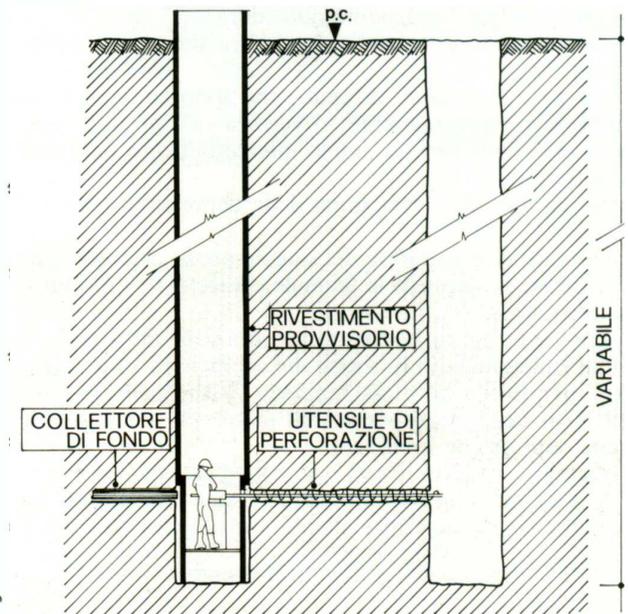
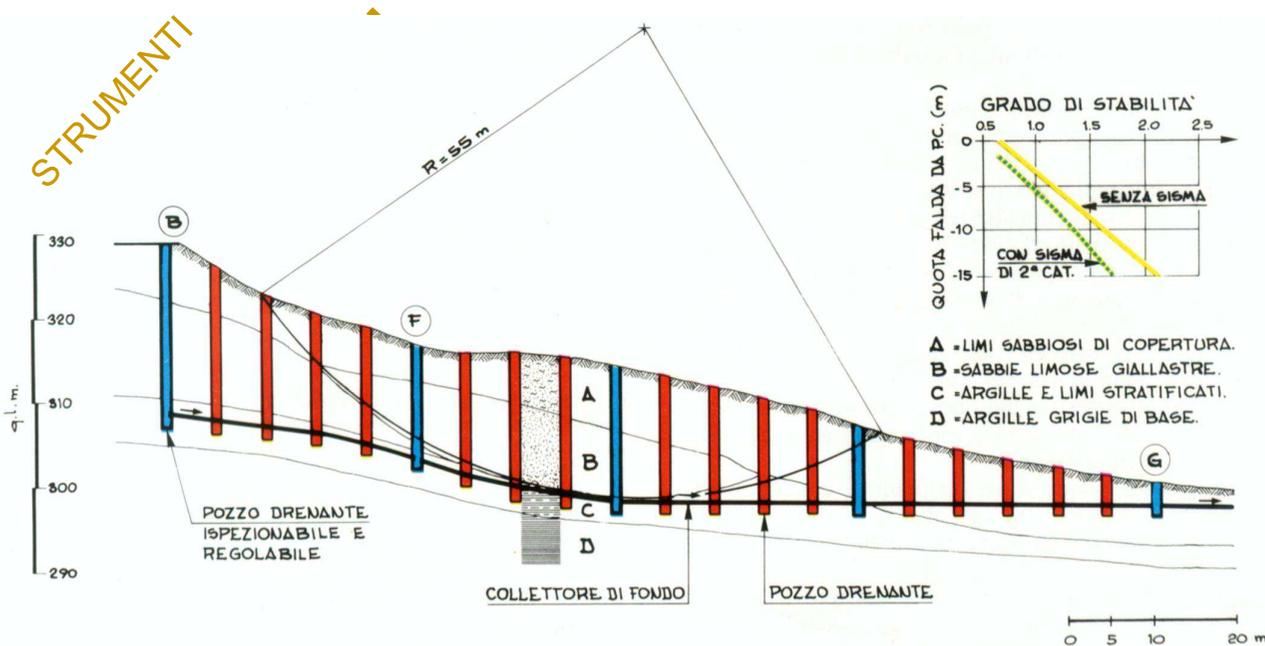


POZZI DRENANTI CON COLLETTORE DI FONDO

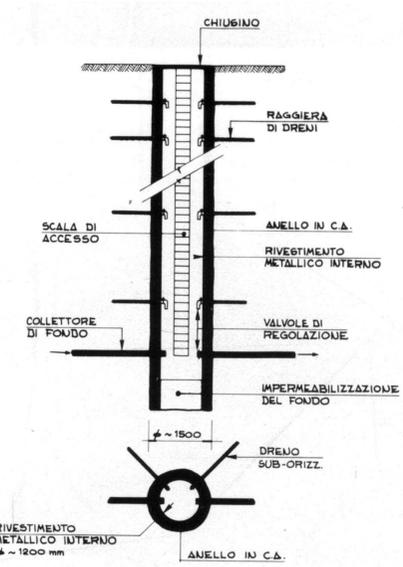
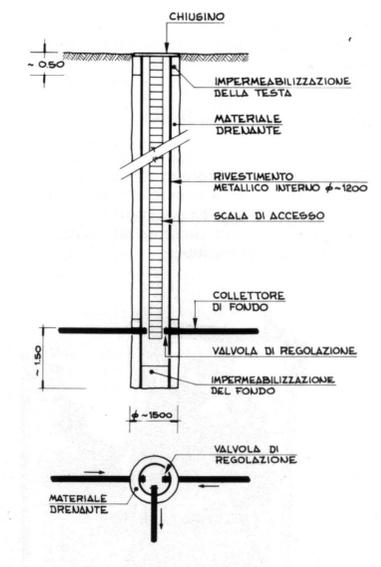
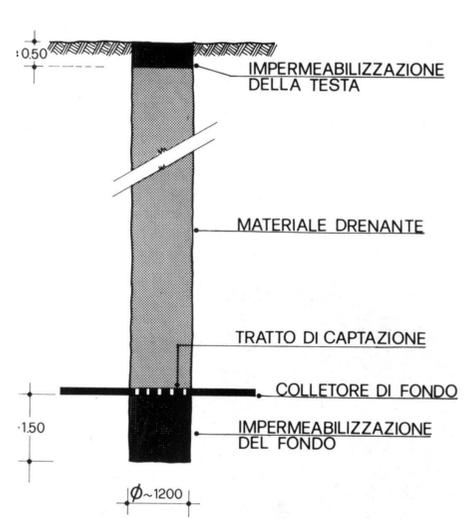


STRUMENTI

Regimazione permanente dei livelli di falda per la stabilizzazione di corpi di frana
Sistema RODIO



Regimazione permanente dei livelli di falda per la stabilizzazione di corpi di frana



UTILIZZO DEI CODICI DI CALCOLO NELLA PROGETTAZIONE GEOTECNICA

istruzioni per l'uso

modello di analisi



PROGETTO DI GALLERIE

ESEMPIO DI INTERAZIONE TRA:

- modello di calcolo/analisi geotecnica
- indagini
- modello geotecnico

SCELTA CHE DIPENDE DA:

- scala del problema
- spaziatura delle discontinuità in rapporto alle dimensioni dello scavo

Nei vari casi, il modello geotecnico dovrà fornire i parametri geotecnici richiesti dal modello di analisi

GALLERIE IN AMMASSI ROCCIOSI FRATTURATI: CONTINUO EQUIVALENTE O DISCONTINUO ?

SCELTA CHE DIPENDE DA:

- scala del problema
- spaziatura delle discontinuità in rapporto alle dimensioni dello scavo

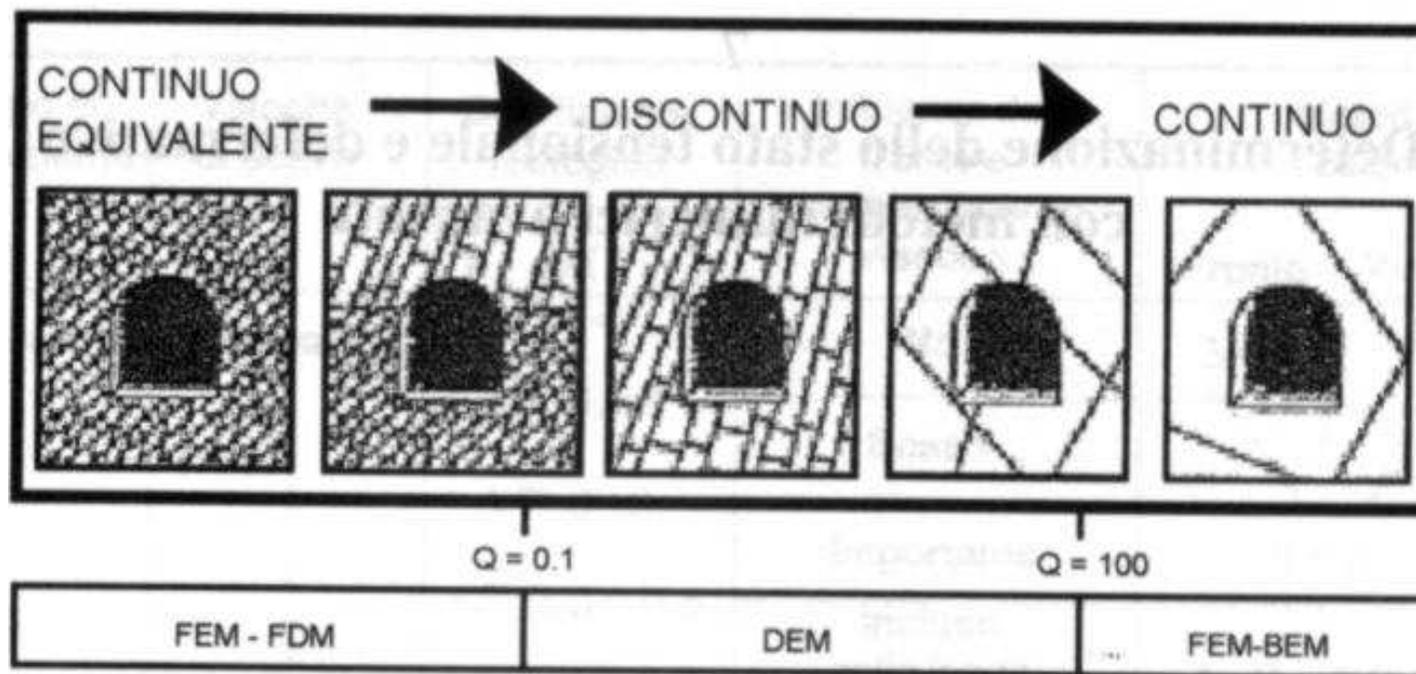


Figura 7.1. Metodi di calcolo consigliati in relazione al grado di fratturazione dell'ammasso roccioso (Barton, 1999)

FEM : metodo agli elementi finiti
FDM : metodo alle differenze finite

DEM : metodo agli elementi distinti
BEM : metodo agli elementi di contorno