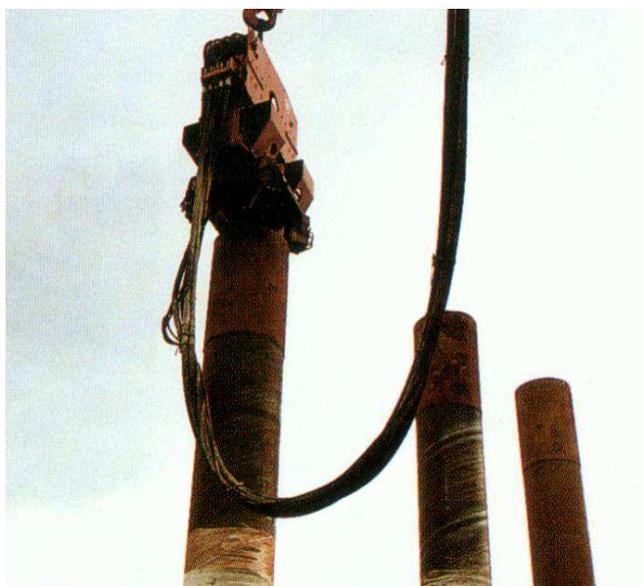
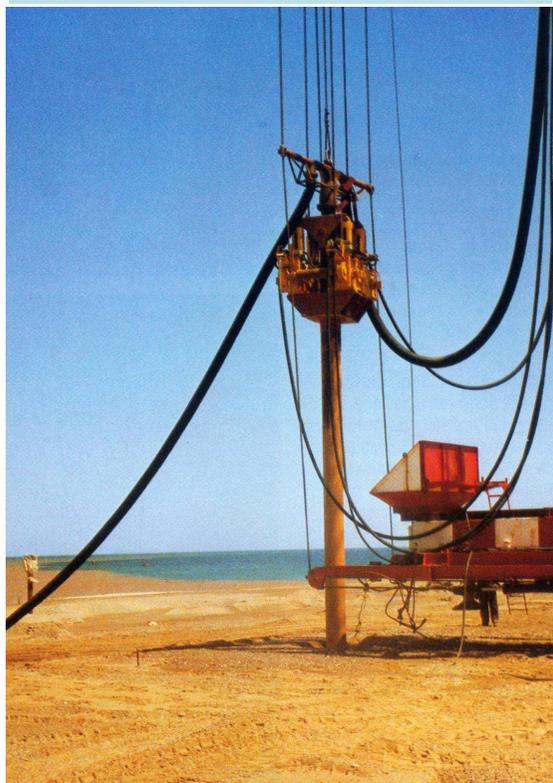




VIBROJETTING : INFISSIONE DEL RIVESTIMENTO CON VIBRATORE IDRAULICO + SCAVO ED EVACUAZIONE DETRITI CON GETTI D'ACQUA ED ARIA IN PRESSIONE.



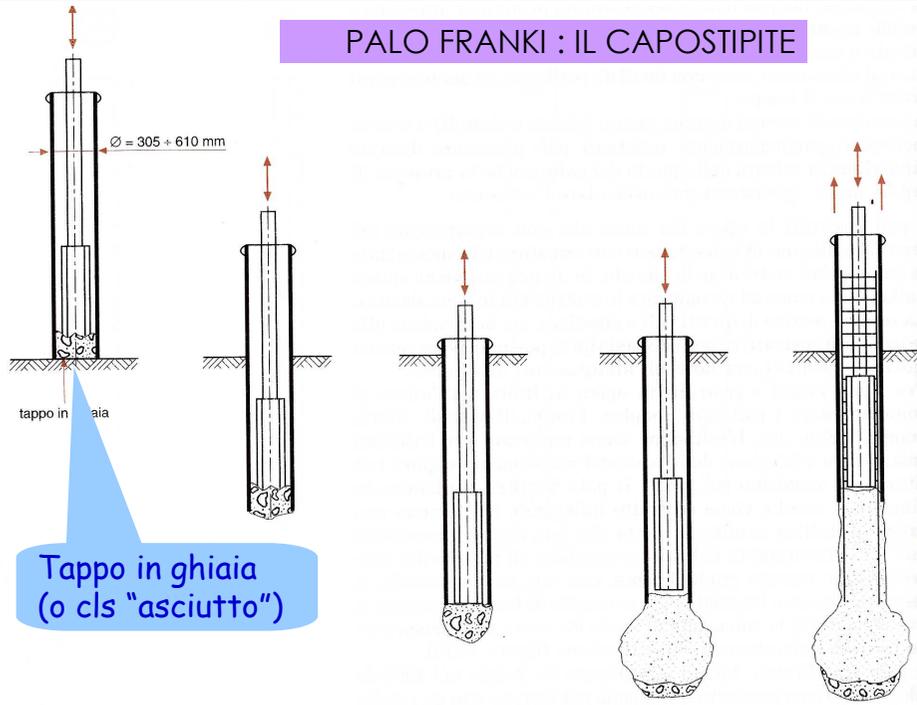
PALI TUBATI : INFISSIONE DEL RIVESTIMENTO CON VIBROMORSA E SCAVO CON BENNA



Diga in rockfill Khao Laem – Thailandia.
Pali D = 760 mm (L = 15 - 55 m) eseguiti con martello a fondo foro per lo schermo impermeabile. RODIO – 1981-84

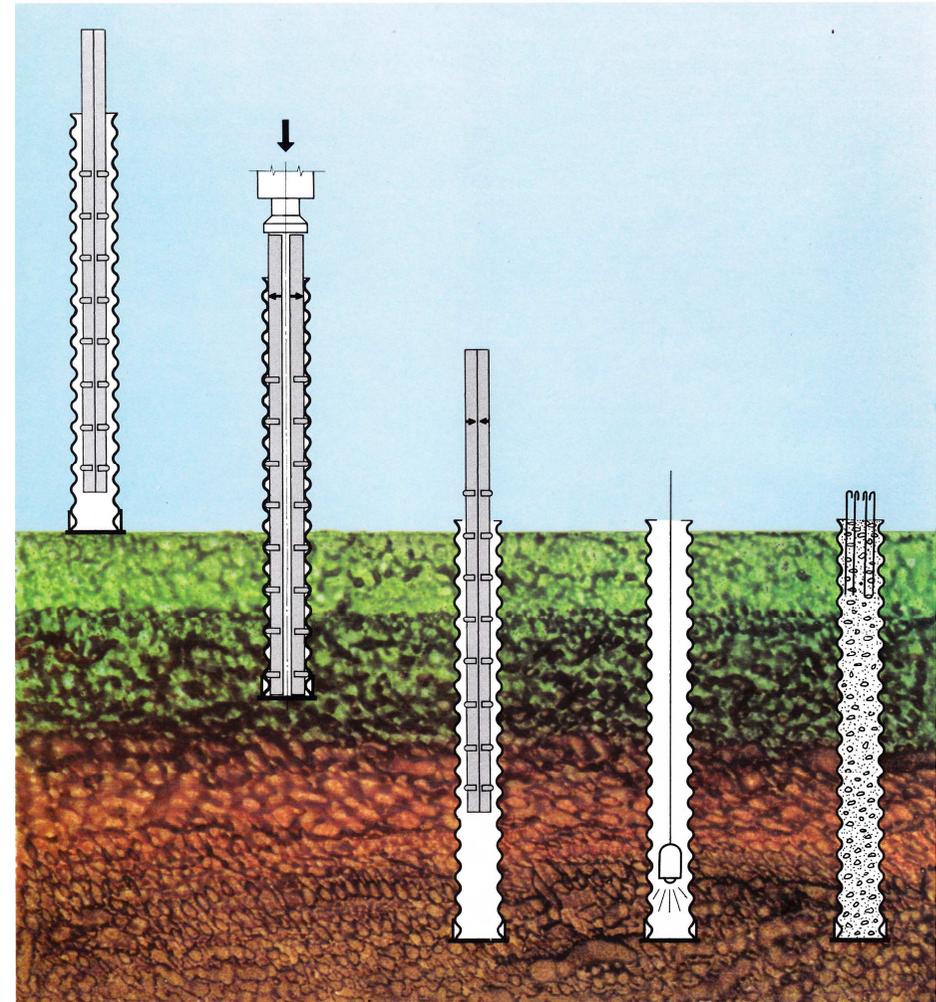


PALO FRANKI : IL CAPOSTIPITE



PALI : LE TECNOLOGIE
PALI BATTUTI GETTATI IN OPERA

PALO LACOR (CON LAMIERINO
CORRUGATO E MANDRINO ESPANDIBILE)



Insering the mandrel into the shell

Inserimento del mandrino nella guida

Driving with expanded mandrel

Infissione con mandrino espanso

Collapsed mandrel withdrawn

Ritiro del mandrino chiuso

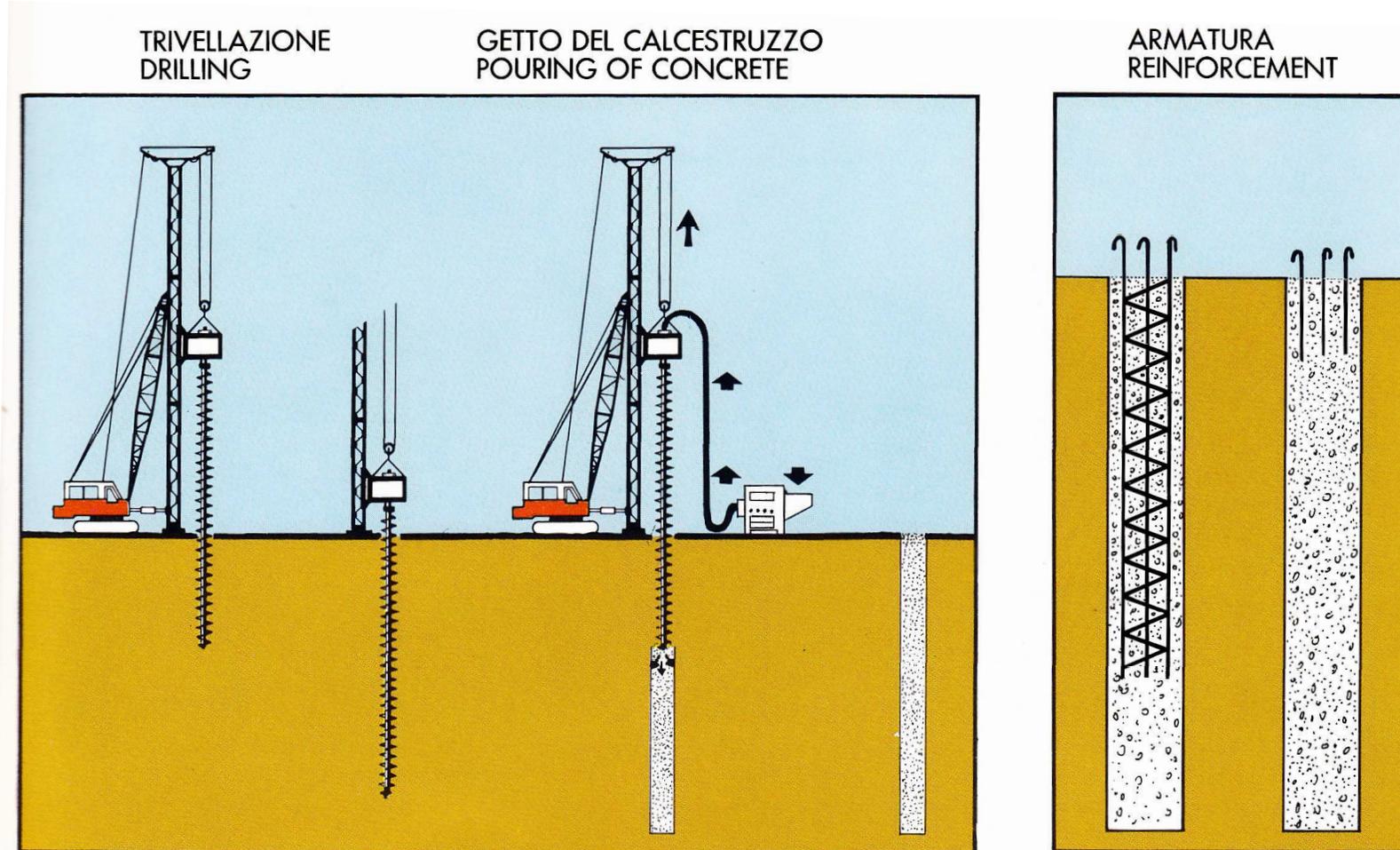
Internal inspection

Ispezione interna

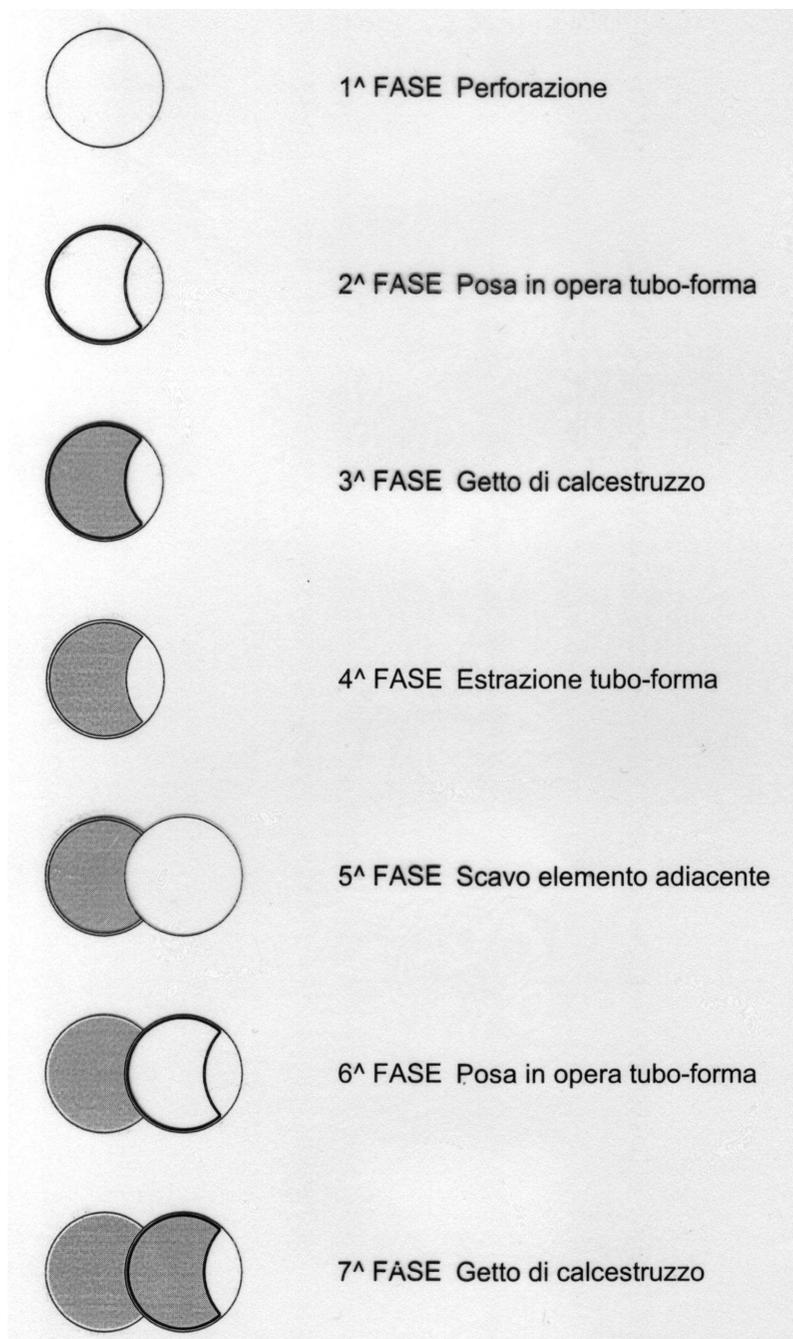
Concrete poured

Getto del calcestruzzo

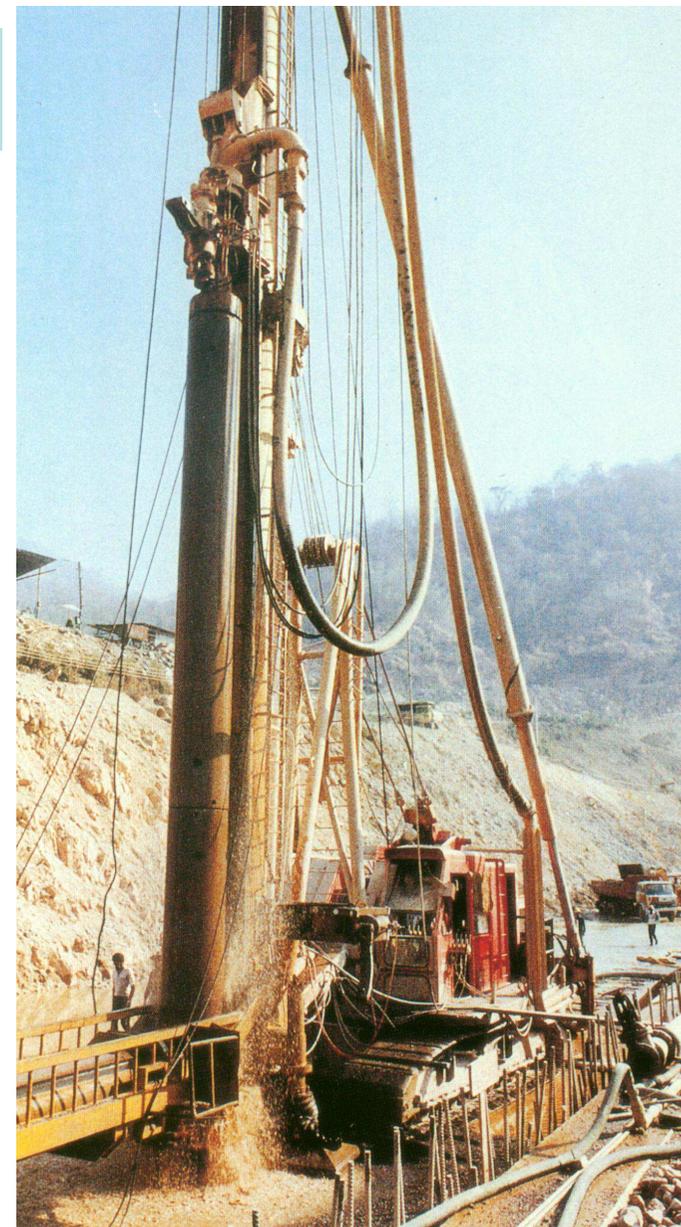
PALI : LE TECNOLOGIE
PALI BATTUTI GETTATI IN OPERA



PALO AUGER (con estrusione del terreno in fase di getto)



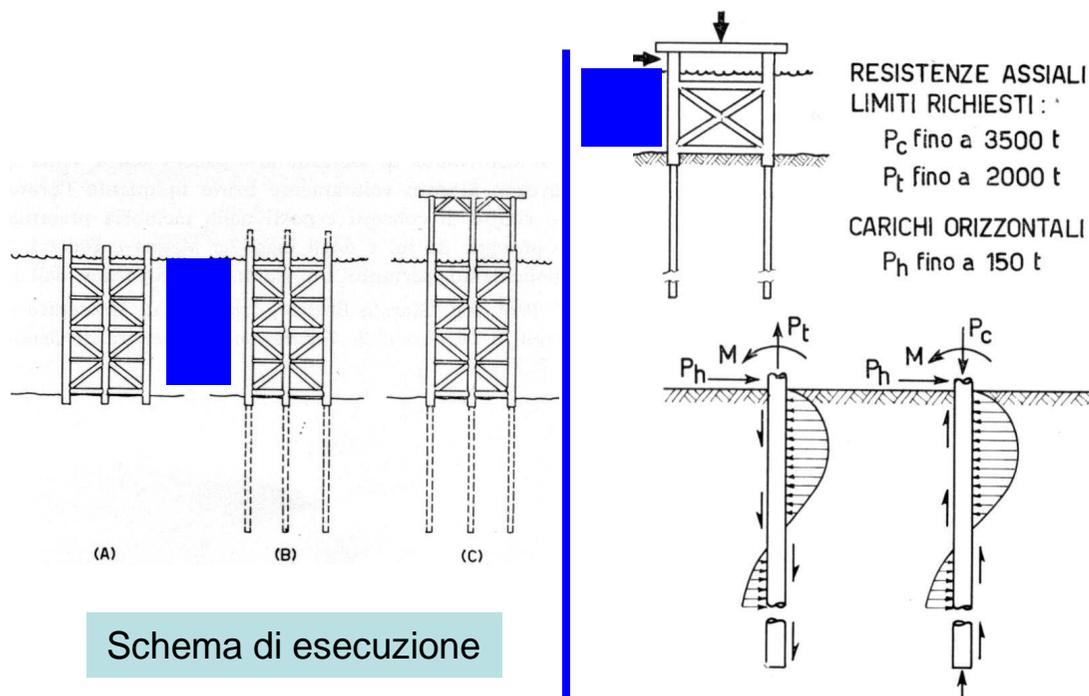
DIAFRAMMI DI PALI SECANTI



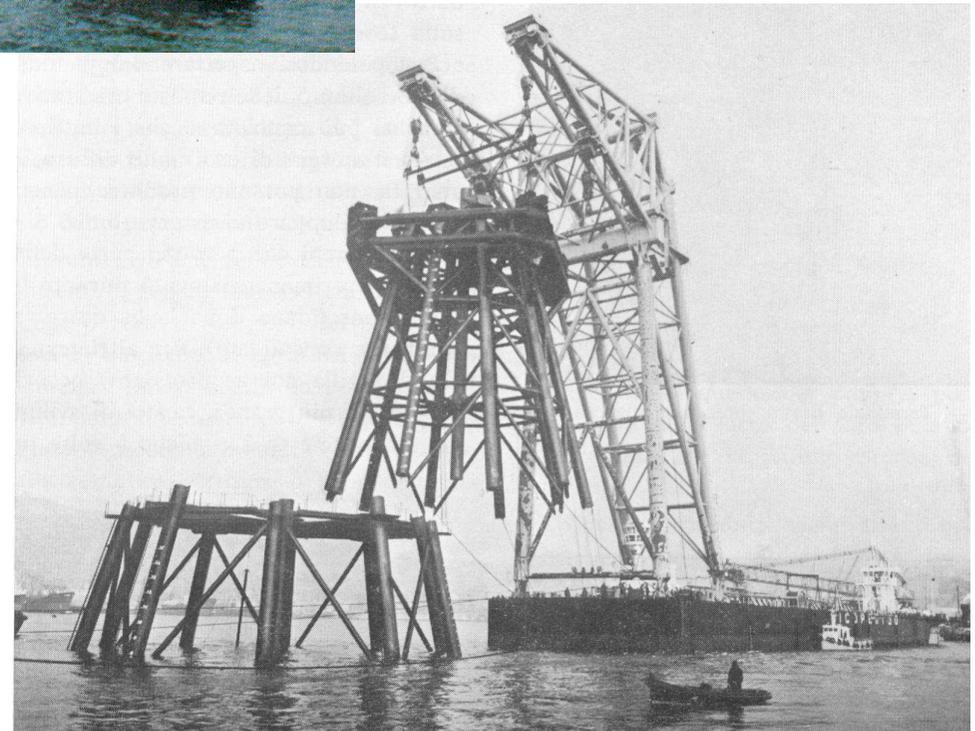
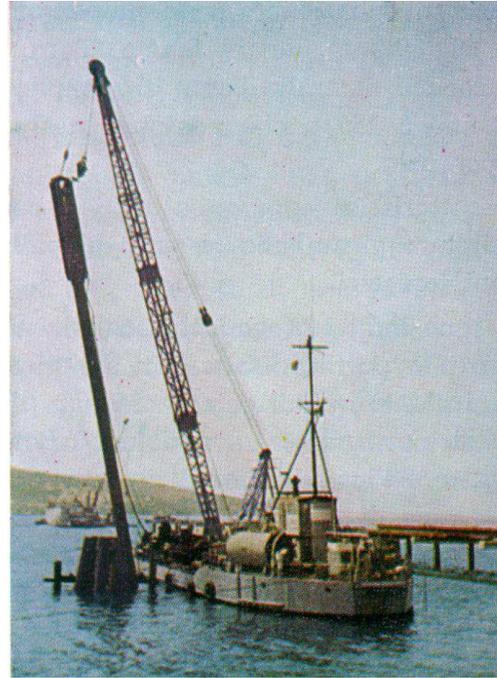
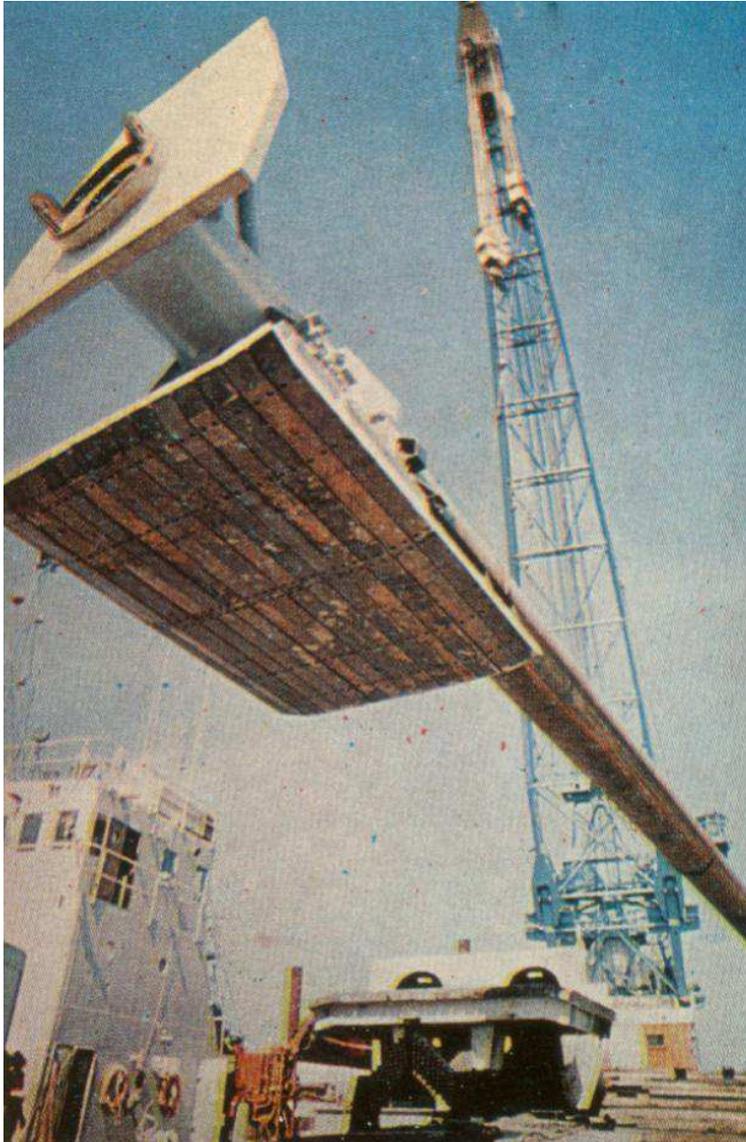
Diga in rockfill Khao Laem – Thailandia.
Schermo impermeabile a pali secanti. RODIO – 1981-84



STRUTTURE OFF-SHORE



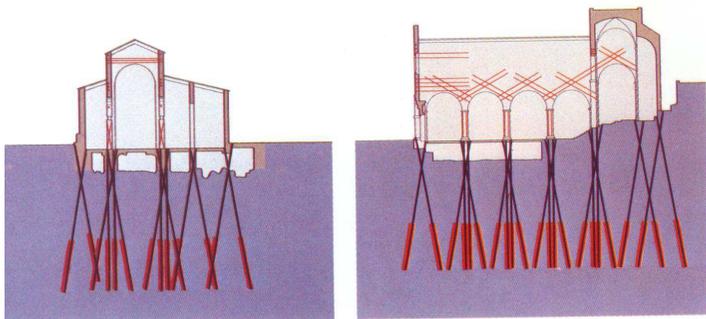
— Ordini di grandezza dei carichi sui pali di normali strutture offshore.



PALI PER STRUTTURE OFF-SHORE



Santa Maria della Piazza - Ancona
RODIO 1975 - TUBFIX



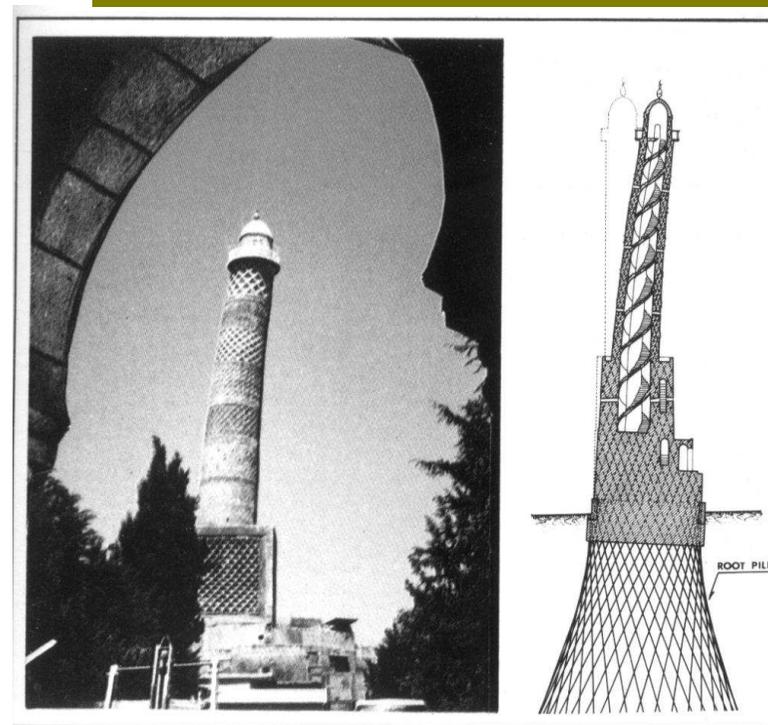
MICROPALI

Tubfix : portate medio-alte
(sino ad oltre 1000 kN)
iniezioni ad alta pressione
(ripetute)

Pali radice: basse portate
(non oltre 200 kN)
iniezioni a bassa pressione

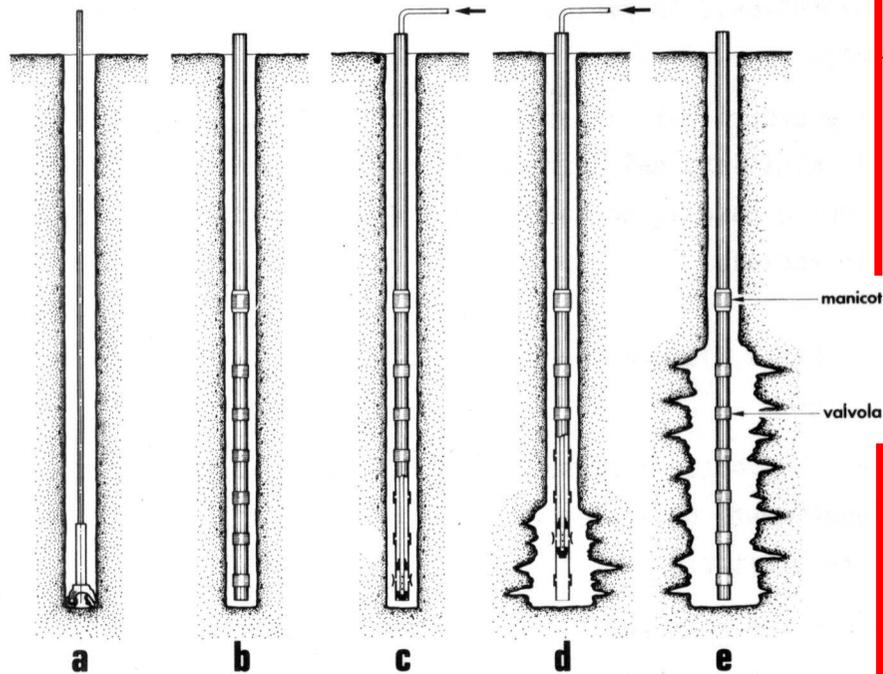


"Leaning Minaret" - Mosul (IRAQ)
FONDEDILE 1981- PALI RADICE -



MICROPALI NEGLI INTERVENTI DI RESTAURO DI MONUMENTI

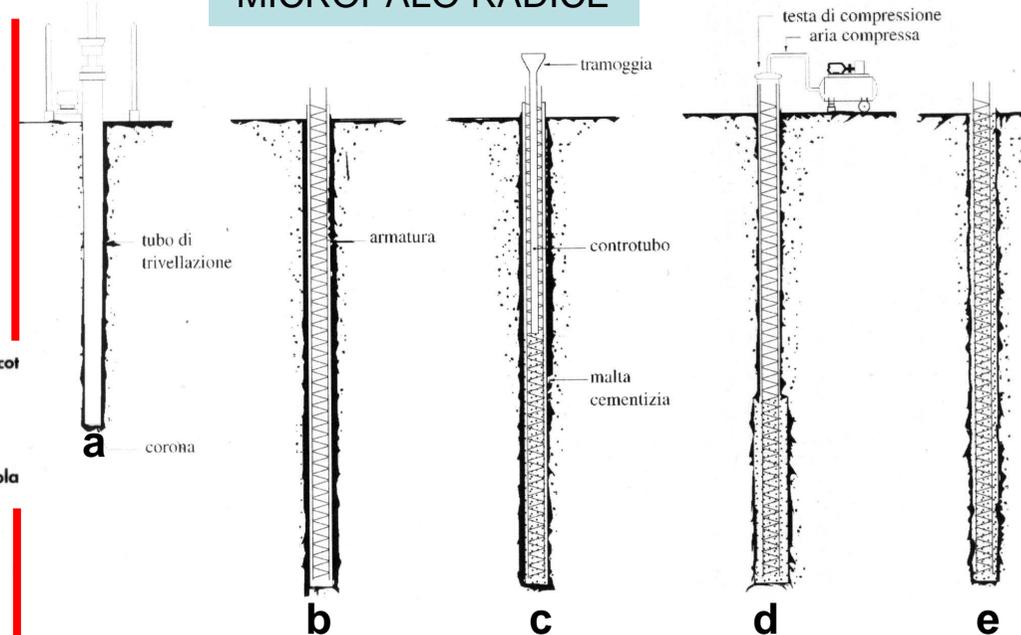
MICROPALO TUBFIX



FASI ESECUTIVE MICROPALO "TUBFIX"

- Perforazione
- Posa in opera del tubo-armatura/iniezione
- Iniezione di guaina dalla valvola di fondo (N.B. la miscela d'iniezione è boiacca)
- Iniezione in pressione del bulbo (eventualmente in più fasi), operando in risalita a partire dalla valvola di fondo.
- Riempimento finale del tubo.

MICROPALO RADICE



FASI ESECUTIVE MICROPALO "RADICE"

- Perforazione con uso di rivestimento
- Posa in opera della gabbia d' armatura
- Riempimento del foro con malta cementizia
- Graduale estrazione del rivestimento e costipamento del getto con aria in pressione (5 bar)
- Micropalo finito.

INIEZIONI NEI TERRENI : TIPOLOGIE ESECUTIVE E CAMPI DI APPLICAZIONE

a) iniezione per "permeazione" : la miscela riempie i vuoti intergranulari senza indurre significative variazioni volumetriche e nella struttura del terreno.

- alluvioni da grossolane a medio-fini
- tubi valvolati + doppio pistoncino

b) iniezione per "inglobamento" (claquage) : il terreno viene frammentato per idofratturazione, ottenendo un effetto di compattazione con la formazione di sottili lenti di miscela iniettata.

- limi ed argille
- tubi valvolati + doppio pistoncino

c) iniezione per "compattazione o spostamento" : una miscela molto densa viene iniettata in modo da agire come un martinetto idraulico radiale, spostando e compattando il terreno e creando una serie di bulbi.

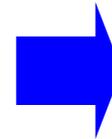
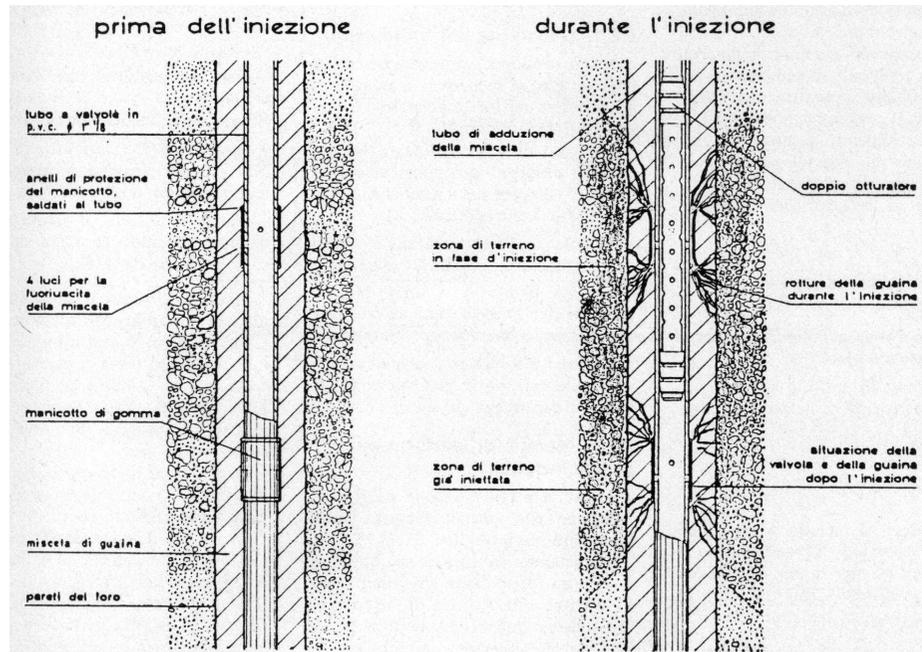
- tiranti e micropali in ogni tipo di terreno
- tubi valvolati + doppio pistoncino

d) jet grouting : il terreno viene miscelato in sito con miscele leganti iniettate ad altissima pressione (da 20 a 60 Mpa), facendo ruotare in estrazione (in risalita da fondo foro) appositi dispositivi d'iniezione (monitor) inseriti nelle aste di perforazione.

- dalle alluvioni grossolane alle sabbie limose – (talora limi sabbiosi)
- pompa ad altissima pressione + ugelli speciali

INIEZIONE NEI TERRENI

Bulbo di un micropalo Tubfix



Iniezione con canne valvolate e pistoncino doppio

➤ consolidamenti

➤ tiranti IRP e micropali "Tubfix"



Aspetto del bulbo di un micropalo tubfix eseguito a Wallisellen e successivamente estratto dal terreno. (documentazione Rodio - Swissboring)

YES, WE CAN!

MICROPALI COME OPERE DI FONDAZIONE



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

MICROPALI COME OPERE DI FONDAZIONE



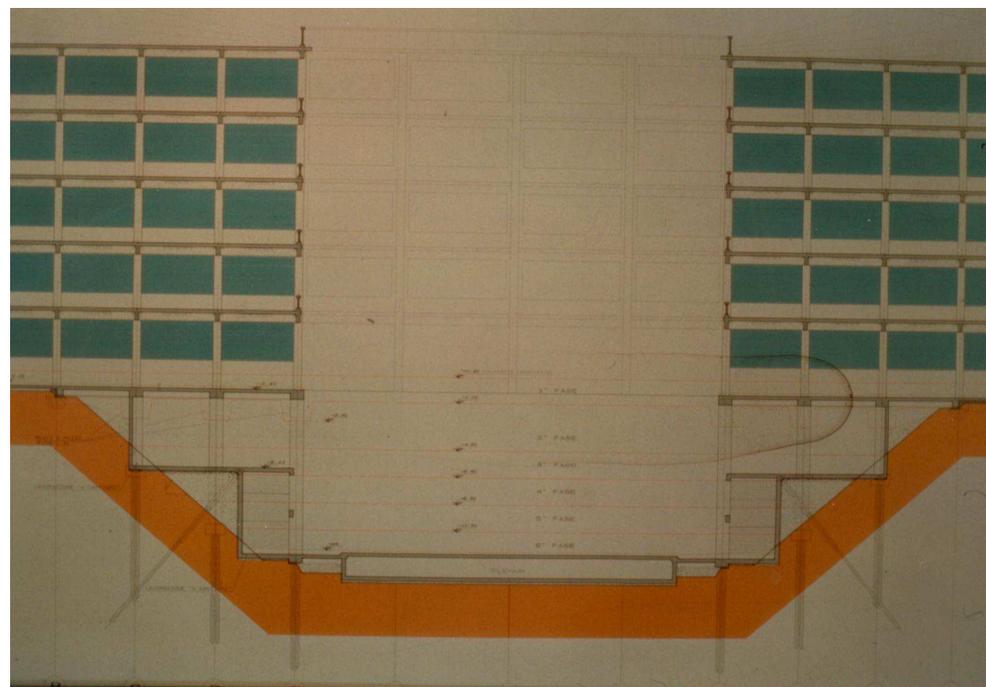
Breda Fucine Meridionali – Bari. Fondazioni del bunker per raggi γ - RODIO - 1978

MICROPALI COME OPERE DI FONDAZIONE

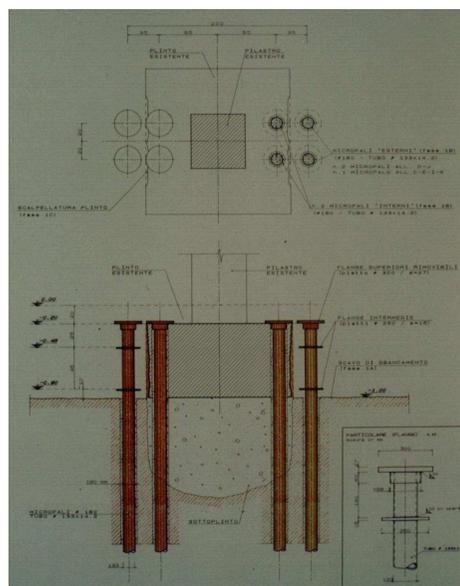
YES, WE CAN!



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

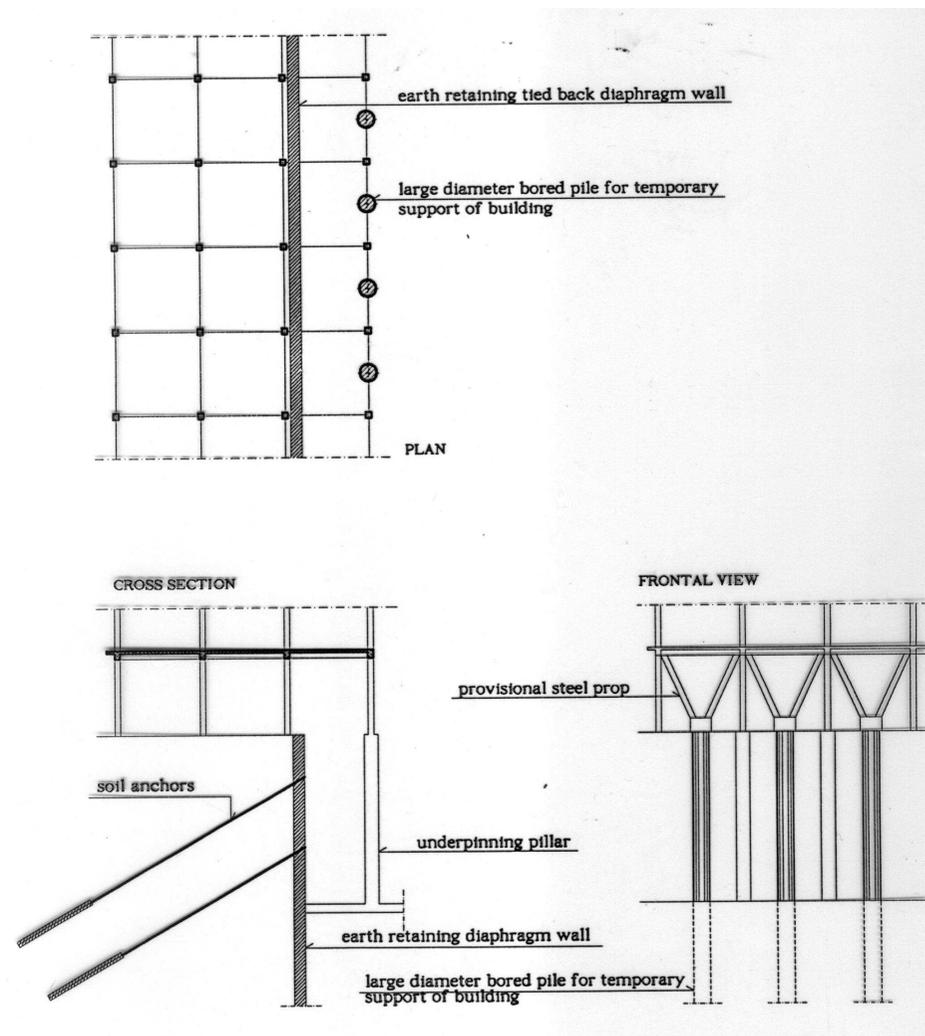
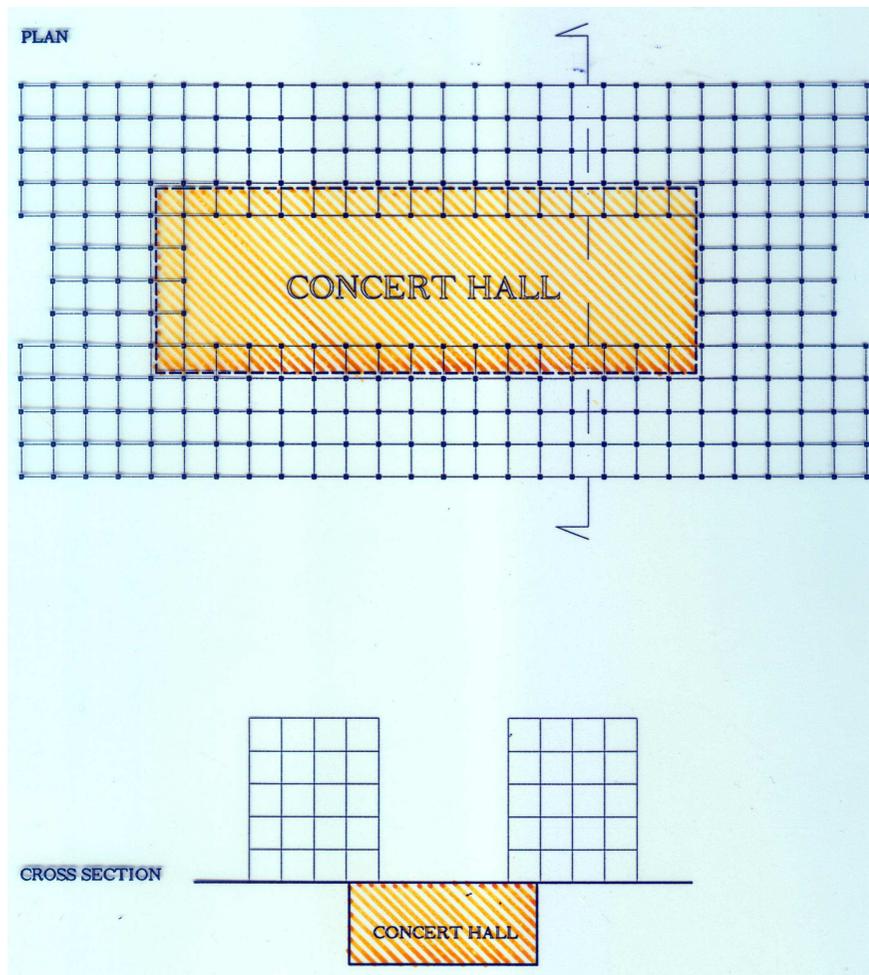


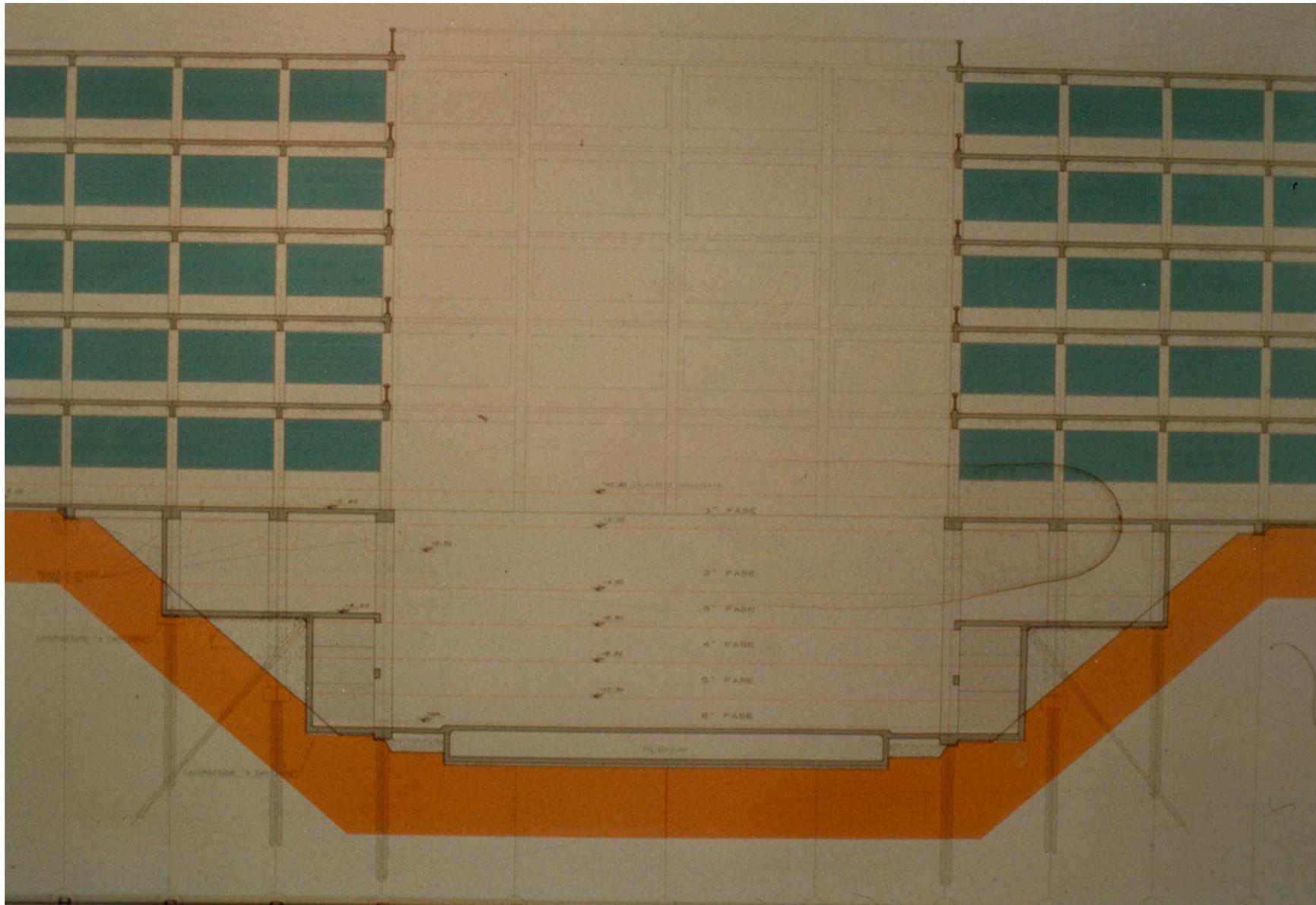
CENTRO CONGRESSI LINGOTTO – TORINO
SOTTOFONDAZIONI PER GLI SCAVI DELLA MAIN-HALL
Renzo Piano – Vitone & Associati – Garrasi 1991-92



UN SIGNIFICATIVO ESEMPIO DI
SOTTOFONDAZIONE CON
MICROPALI

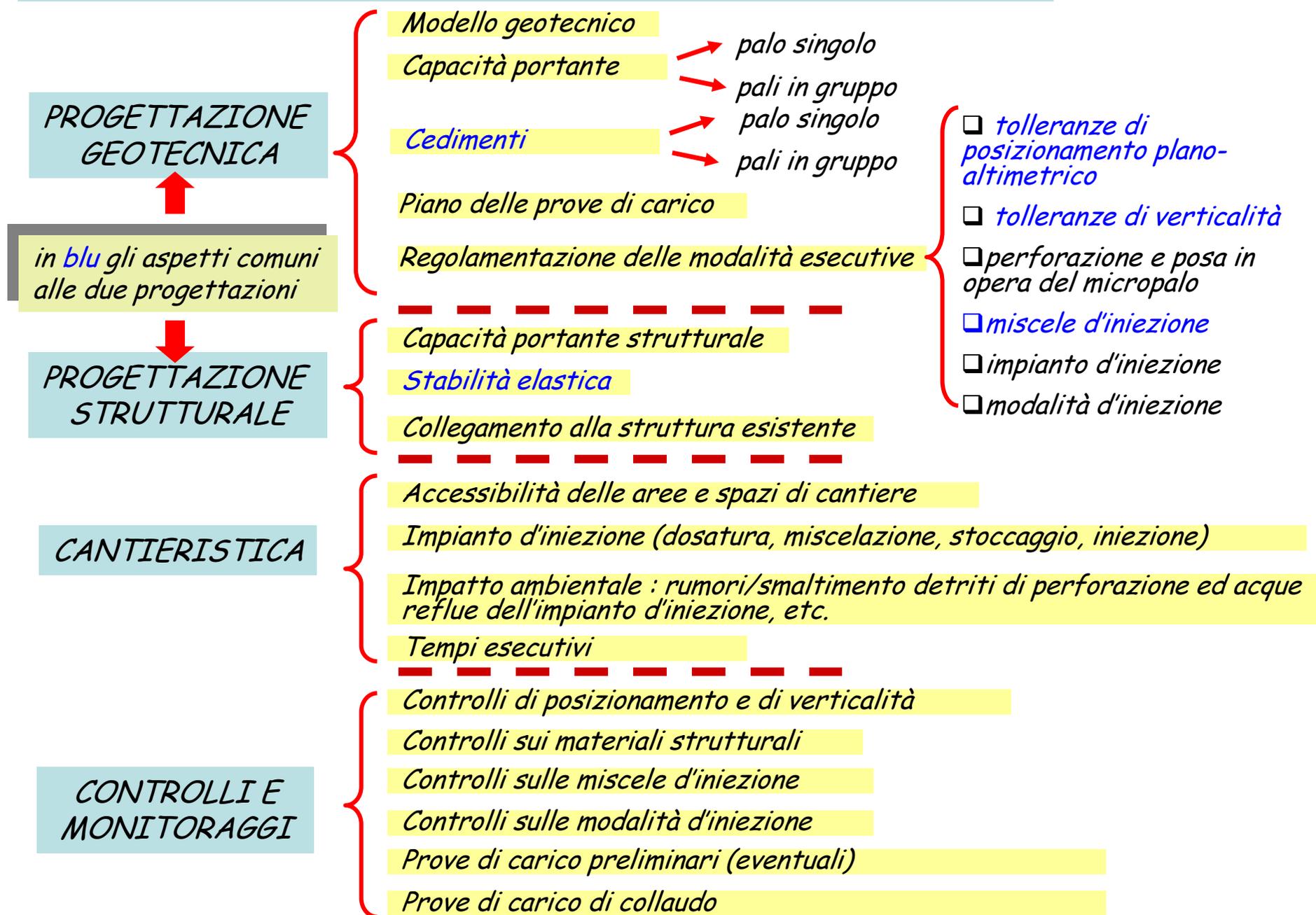
LA SOLUZIONE INIZIALE ELABORATA DA OVE & ARUP





CENTRO CONGRESSI LINGOTTO (TORINO) - SOTTOFONDAZIONI PER GLI SCAVI DELLA MAIN-HALL
Renzo Piano – Vitone & Associati – Garrasi 1991-92

IL PROCESSO DI PROGETTAZIONE DI UNA SOTTOFONDAZIONE CON MICROPALI



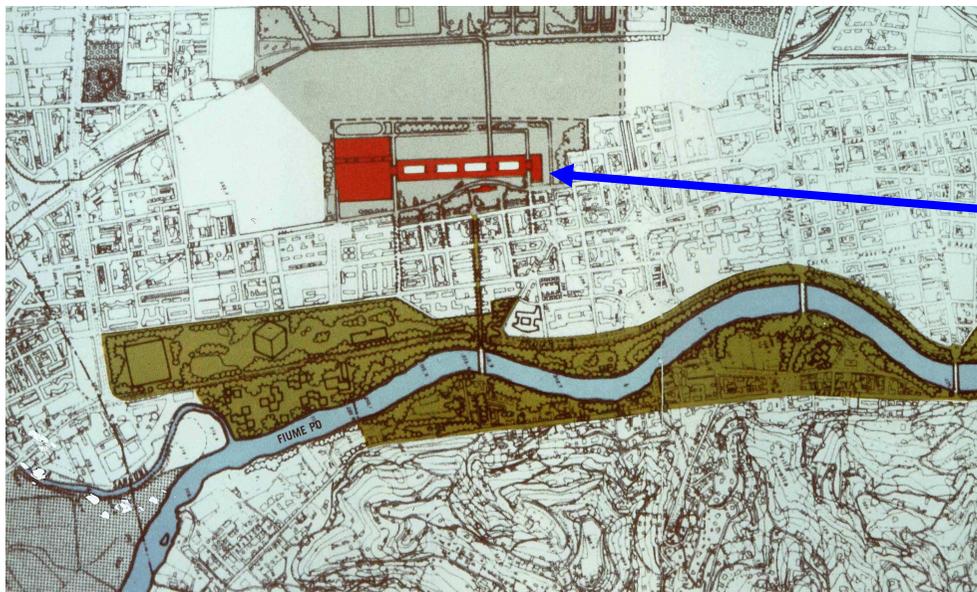
LINGOTTO :

ASPETTI CRITICI AFFRONTATI NEL PROGETTO DELLA SOTTOFONDAZIONE

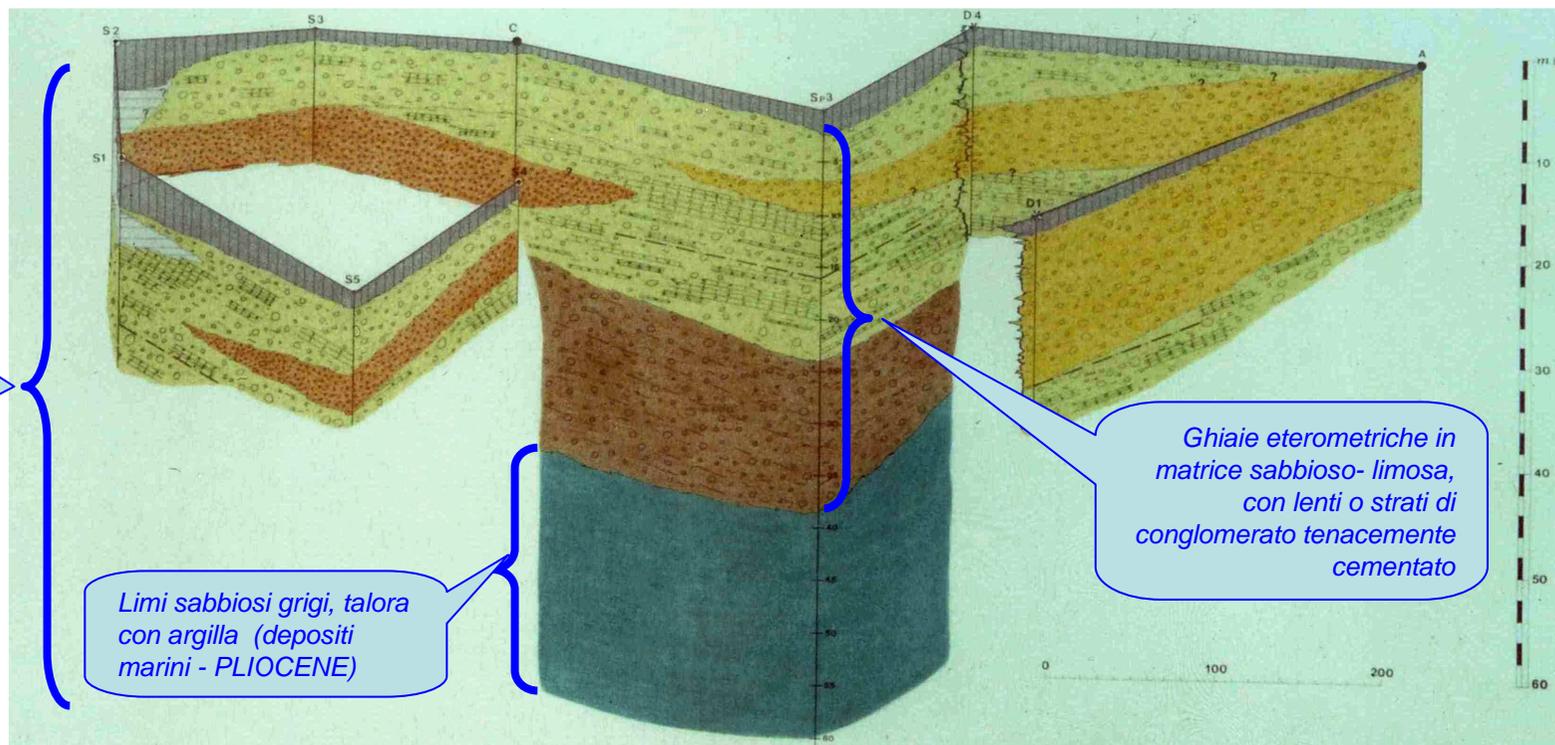
1. Sostegno temporaneo, in fase di scavo, dell'edificio esistente
2. Stabilità elastica dei micropali, in fase di scavo
3. Cedimenti e capacità portante dei micropali
4. Limitate aree di cantiere
5. Minime tolleranze nella posizione finale dei micropali, per le ridotte dimensioni dei pilastri di sottofondazione :
 - accuratezza nel tracciamento planimetrico
 - garantire uno scarto di verticalità inferiore a 1.2%
6. Tempi di esecuzione ridotti

DATI SALIENTI DELLA SOTTOFONDAZIONE

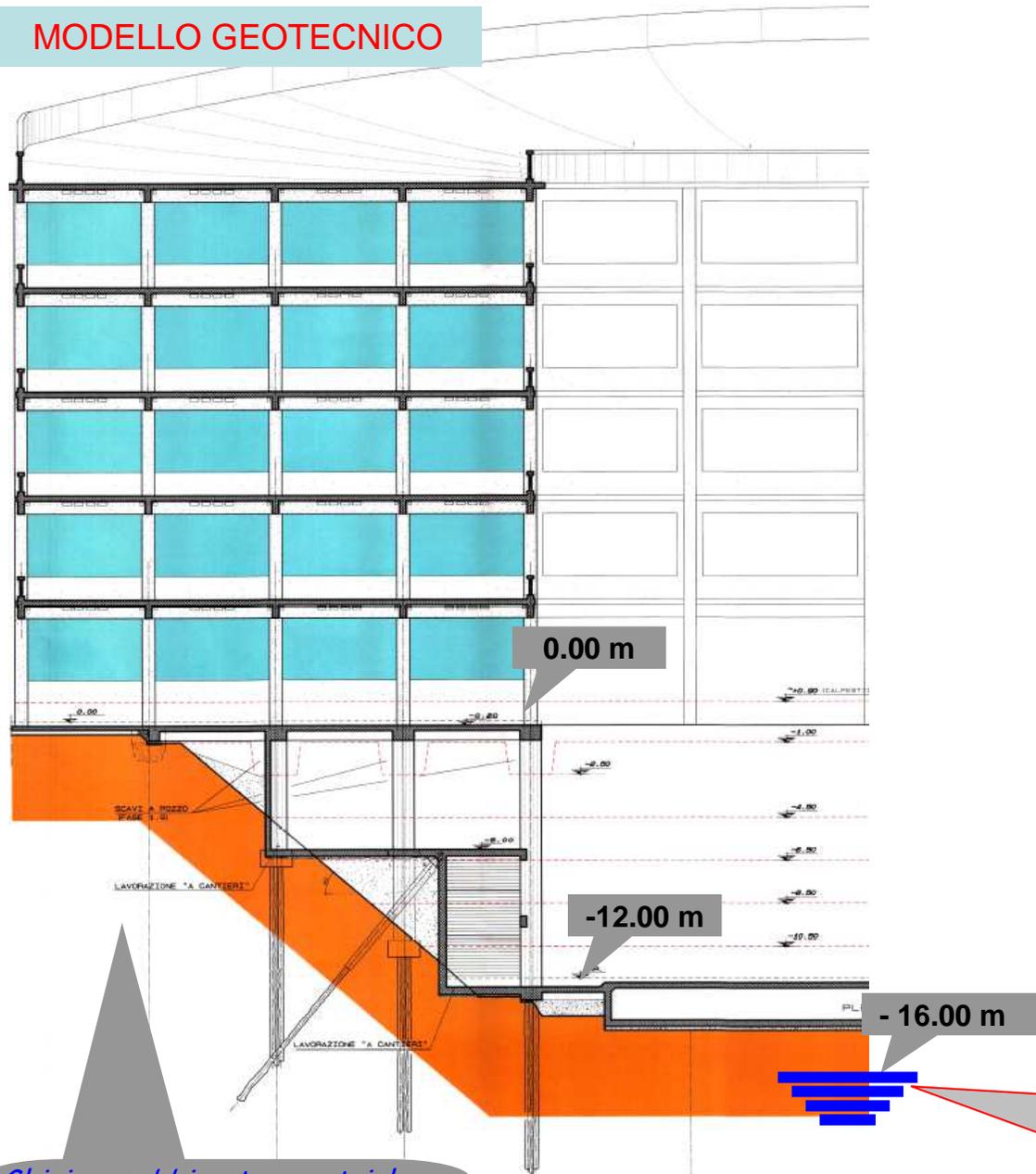
- Durata del lavoro : ~ 4 mesi (~ 90 giorni lavorativi) con 2 turni/g
- N° micropali : 1.030
- Lunghezza totale : 16.630 m
- Produzione media del cantiere di perforazione/posa in opera micropali (~ 80 gg): ~ 210 m/giorno
- Caratteristiche micropali : perforazione \varnothing 180 mm
 tubo armatura \varnothing 133x14,2 mm - acciaio Fe 510 (p = 0,418 kN/m)
- Peso totale tubi-armatura : 6.950 kN
- Miscela iniettata (a/c = 0.5 in peso): 201.230 qli ~ 17.000 mc
- Produzione media del cantiere d'iniezione (~ 90 gg): ~ 2.235 qli/giorno ~ 190 mc/giorno



IL CONTESTO GEOLOGICO
E GEOTECNICO



MODELLO GEOTECNICO



INDAGINI ESEGUITE (anni 1989 – 90 - 91)

- pozzi esplorativi (H ~ 16 m)
- sondaggi meccanici (L = 12 ÷ 60 m)
- prove SPT
- installazione di piezometri
- stendimenti sismici a rifrazione
- prove di carico su piastra
- sondaggi DACTEST (L ≤ 20 m)
- prove di laboratorio su campioni rimaneggiati
- prove di laboratorio su campioni indisturbati
- Georadar

CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

- $\gamma = 19 \text{ kN/m}^3$
- $\gamma_{\text{sat}} = 20 \text{ kN/m}^3$
- $\gamma' = 10 \text{ kN/m}^3$
- $E = 90000 \text{ kN/m}^2$ (~ 900 kg/cm²)

Stabilità temporanea dello scavo

- $\phi' = 40^\circ$ $c' = 0$

Capacità portante micropali

- $\phi' = 45^\circ$ $c' = 0$ per la portata laterale
- $\phi' = 35^\circ$ $c' = 0$ per la portata di base

*Ghiaie e sabbie eterometriche,
con livelli di conglomerato
tenacemente cementato*

Unico litotipo geotecnico

*L'escursione attesa della falda al fine di
determinarne la massima risalienza è stata
valutata con un'analisi storica abbinata ad un
monitoraggio su base annuale dei piezometri
disponibili nell'area.*

CAPACITÀ PORTANTE

Calcolo teorico { palo singolo : tensioni efficaci { Portata laterale : $\eta = 2.5$
Portata di base (B. Hansen-1970): $\eta = 3.0$
pali in gruppo : palo "ideale" come involuppo dei bulbi di 3 o 4 micropali

Verifiche sperimentali { prove di carico preliminari : n° 3 di cui una su due pali accoppiati
prove di carico di collaudo : n° 9

Il carico limite è stato determinato col metodo della "limitazione del cedimento" accoppiato al metodo di interpolazione / estrapolazione iperbolica di CHIN

CEDIMENTI

Calcolo teorico { palo singolo : nessuna determinazione (rinvio alla verifica sperimentale)
pali in gruppo : metodo dei coefficienti di interazione (6 - 8 pali)

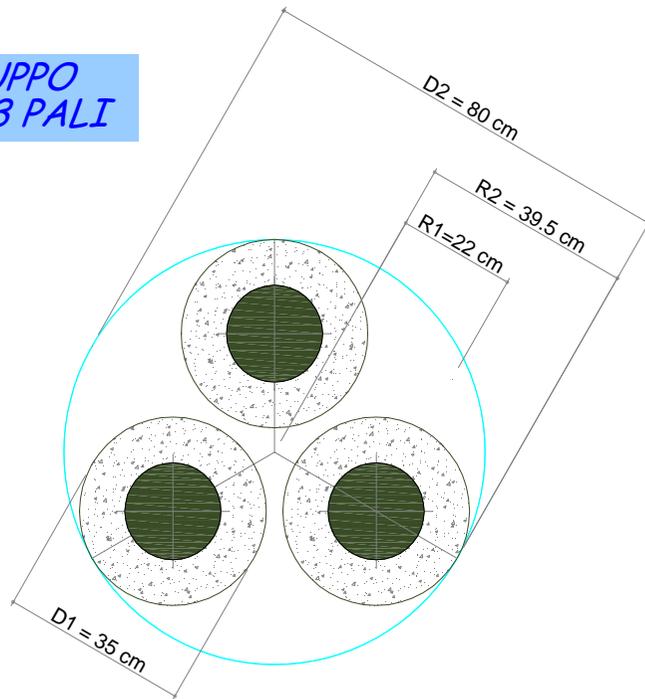
Verifiche sperimentali { prove di carico preliminari : n° 3, di cui una su due pali accoppiati
prove di carico di collaudo : n° 9

CAPACITÀ PORTANTE DI PALI IN GRUPPO

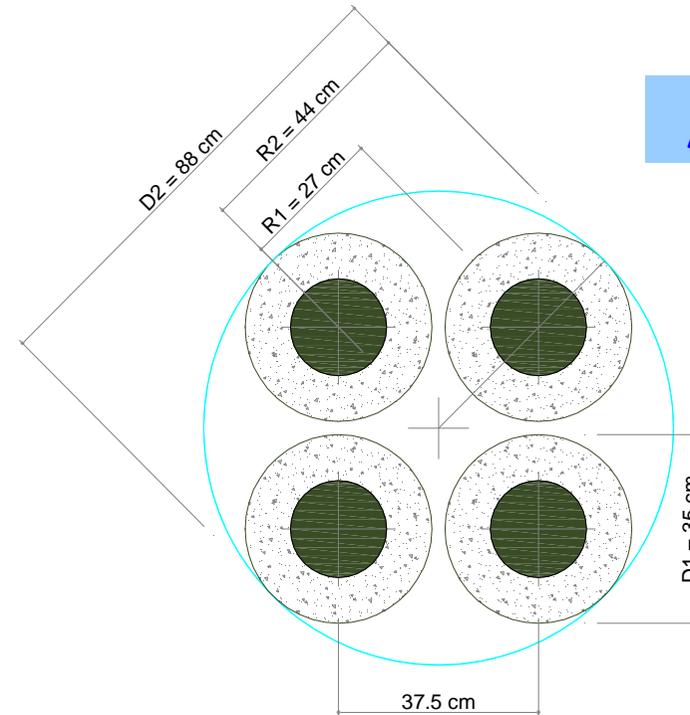
palo singolo - allineamento D:
(diametro bulbo = 35 cm)

$$\begin{cases} P_{lat} = 782 \text{ kN} & P_{base} = 1094 \text{ kN} \\ P_o = \frac{P_{lat}}{2.5} + \frac{P_{base}}{3} = 677 \text{ kN} \end{cases}$$

GRUPPO DI 3 PALI



GRUPPO DI 4 PALI



$$P_{latG} = P_{lat} \frac{80}{35} = 1787 \text{ kN} \quad P_{baseG} = P_{base} \frac{40^2}{17.5^2} = 5715 \text{ kN}$$

$$P_{oG} = \frac{P_{latG}}{2.5} + \frac{P_{baseG}}{3} = 2619 \text{ kN} > 3 P_o = 2031 \text{ kN}$$

$$P_{latG} = P_{lat} \frac{88}{35} = 1966 \text{ kN} \quad P_{baseG} = P_{base} \frac{44^2}{17.5^2} = 6916 \text{ kN}$$

$$P_{oG} = \frac{P_{latG}}{2.5} + \frac{P_{baseG}}{3} = 3091 \text{ kN} > 4 P_o = 2708 \text{ kN}$$

INTERPRETAZIONE DELLE PROVE DI CARICO SUI PALI

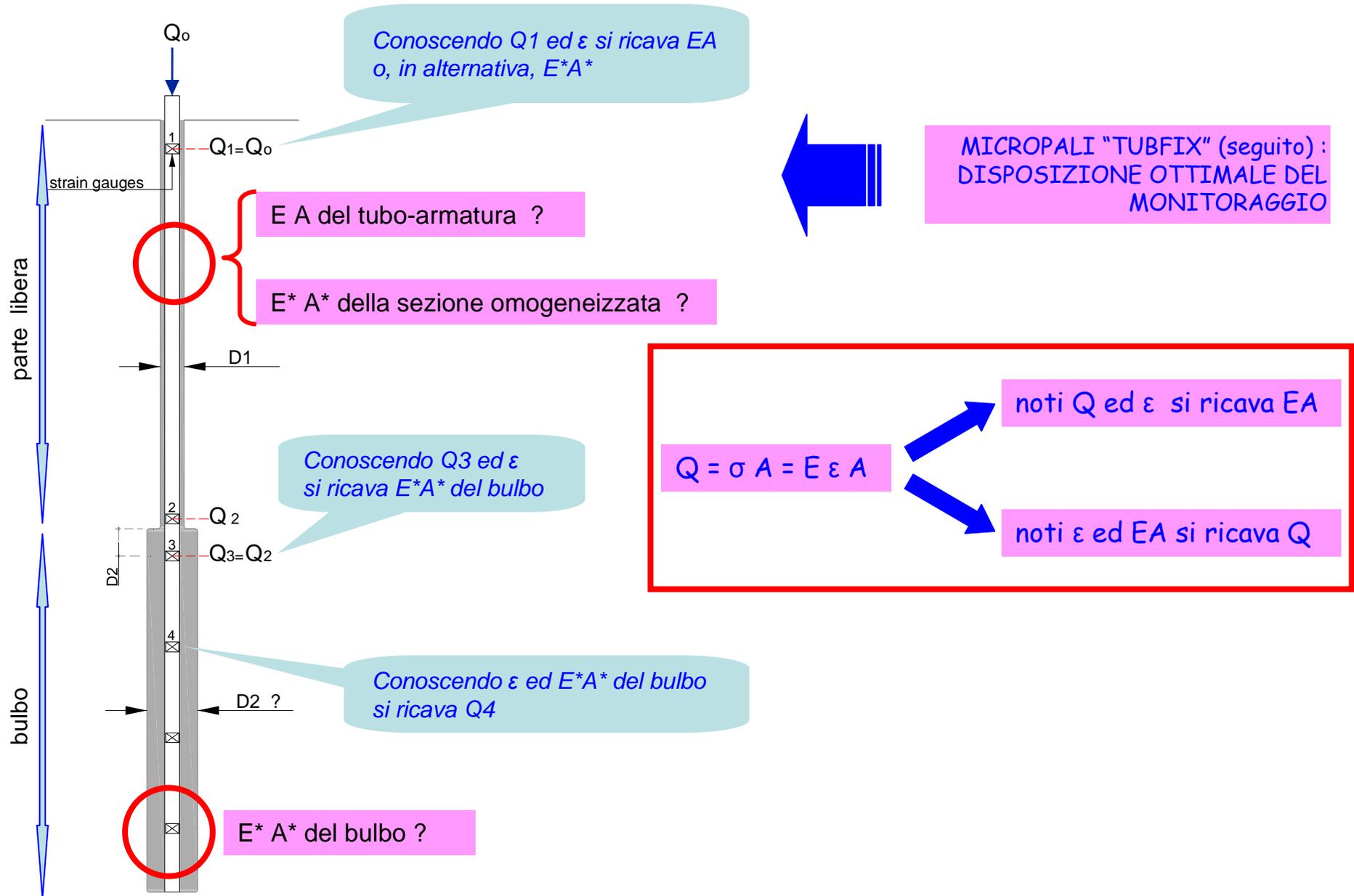
PALI DI GRANDE DIAMETRO

1. La resistenza strutturale del palo consente di raggiungere agevolmente carichi superiori di 3 volte i carichi di progetto.
Eventuali limitazioni sono date solo dalla onerosità dei sistemi di contrasto del carico.
2. Sono note con buona approssimazione le caratteristiche geometriche e meccaniche (EA) del palo, costanti sull'intera lunghezza.
3. L'accorciamento elastico del palo può essere trascurato.
4. Il cedimento w_{lim} da cui ottenere Q_{lim} è quello totale misurato (o eventualmente estrapolato).
5. Entro certi limiti non vi sono problemi di ingombro per equipaggiare il palo con una diffusa strumentazione.

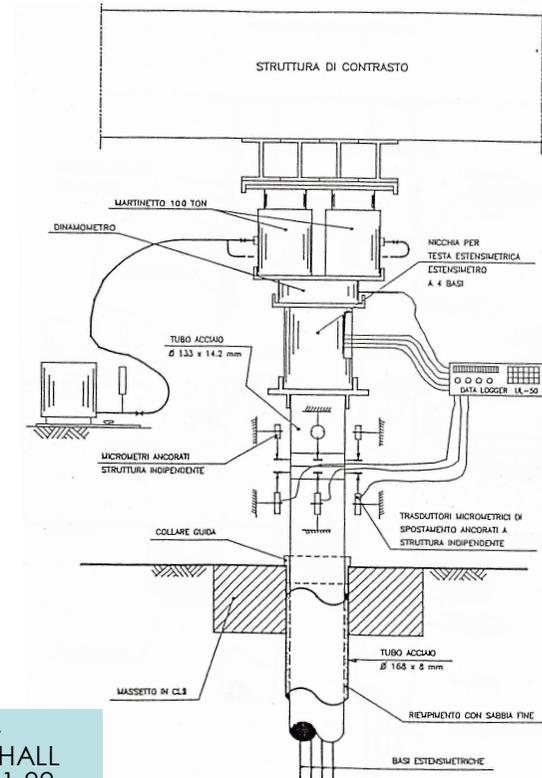
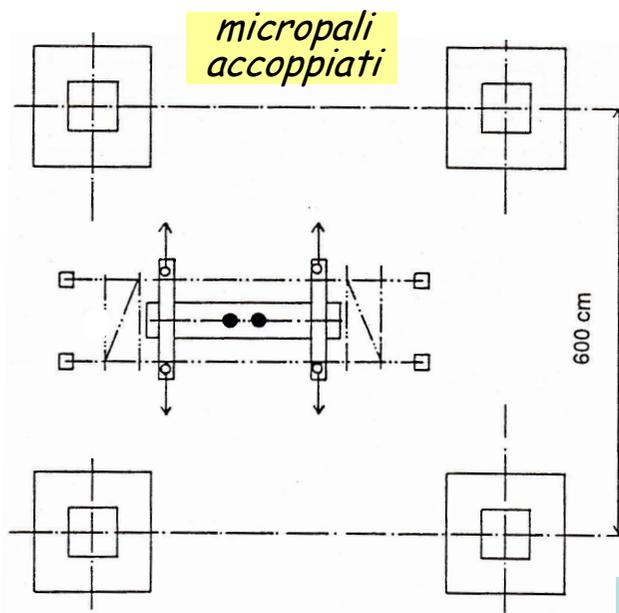
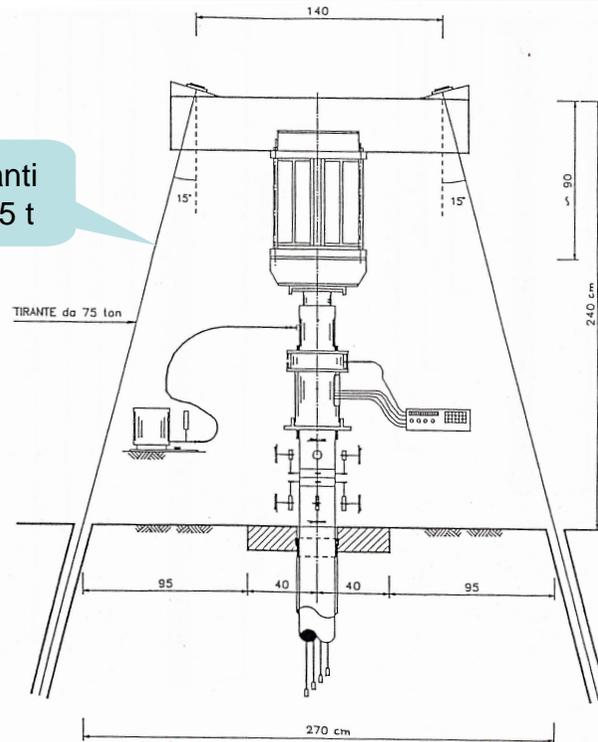
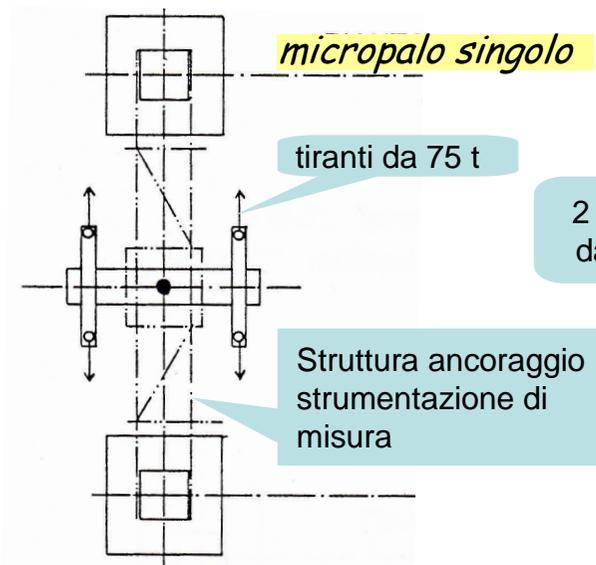
MICROPALI "TUBFIX"

1. La resistenza strutturale del palo non consente di raggiungere agevolmente carichi superiori di 2 volte i carichi di progetto
2. Le caratteristiche geometriche e meccaniche (EA) del palo sono note con buona approssimazione solo limitatamente alla parte libera, e non sono costanti sull'intera lunghezza.
3. L'accorciamento elastico del palo non può essere trascurato.
4. Il cedimento w_{lim} da cui ottenere Q_{lim} è concettualmente il cedimento del terreno, che deve essere ricavato da quello totale misurato depurandolo dell'accorciamento elastico del palo (parte libera + bulbo); se necessario si procederà poi all'estrapolazione delle misure.
5. Il ridotto diametro di perforazione pone dei limiti alla quantità di strumentazione con cui è possibile equipaggiare il palo.

INTERPRETAZIONE DELLE PROVE DI CARICO SUI MICROPALI



PROVE DI CARICO PRELIMINARI : SCHEMA DISPOSITIVO DI PROVA



CENTRO CONGRESSI LINGOTTO (TORINO) -
SOTTOFONDAZIONI PER GLI SCAVI DELLA MAIN-HALL
Renzo Piano - Vitone & Associati - Garrasi 1991-92



PROVA DI CARICO PRELIMINARE "B"
SU MICROPALI ACCOPPIATI - STRUMENTATI

Vista d'insieme del
dispositivo di prova

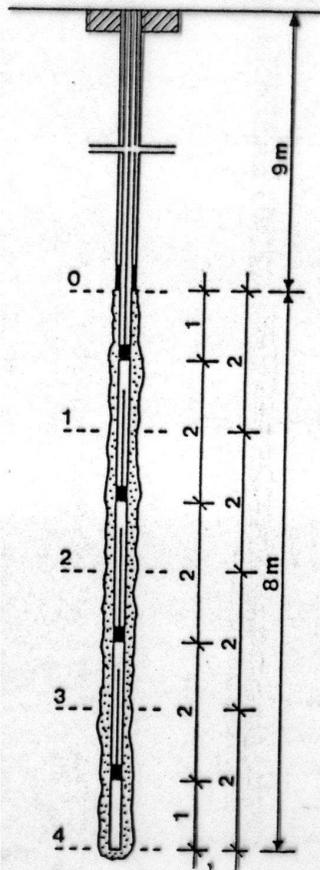
Messa in tiro dei tiranti di contrasto per
eliminare le "corde molli"



Dettaglio della strumentazione : i martinetti, le celle dinamometriche, i comparatori e le basi di riferimento degli estensimetri.

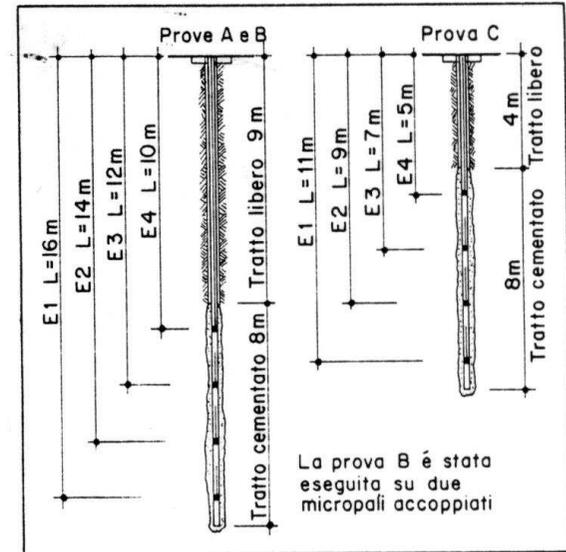
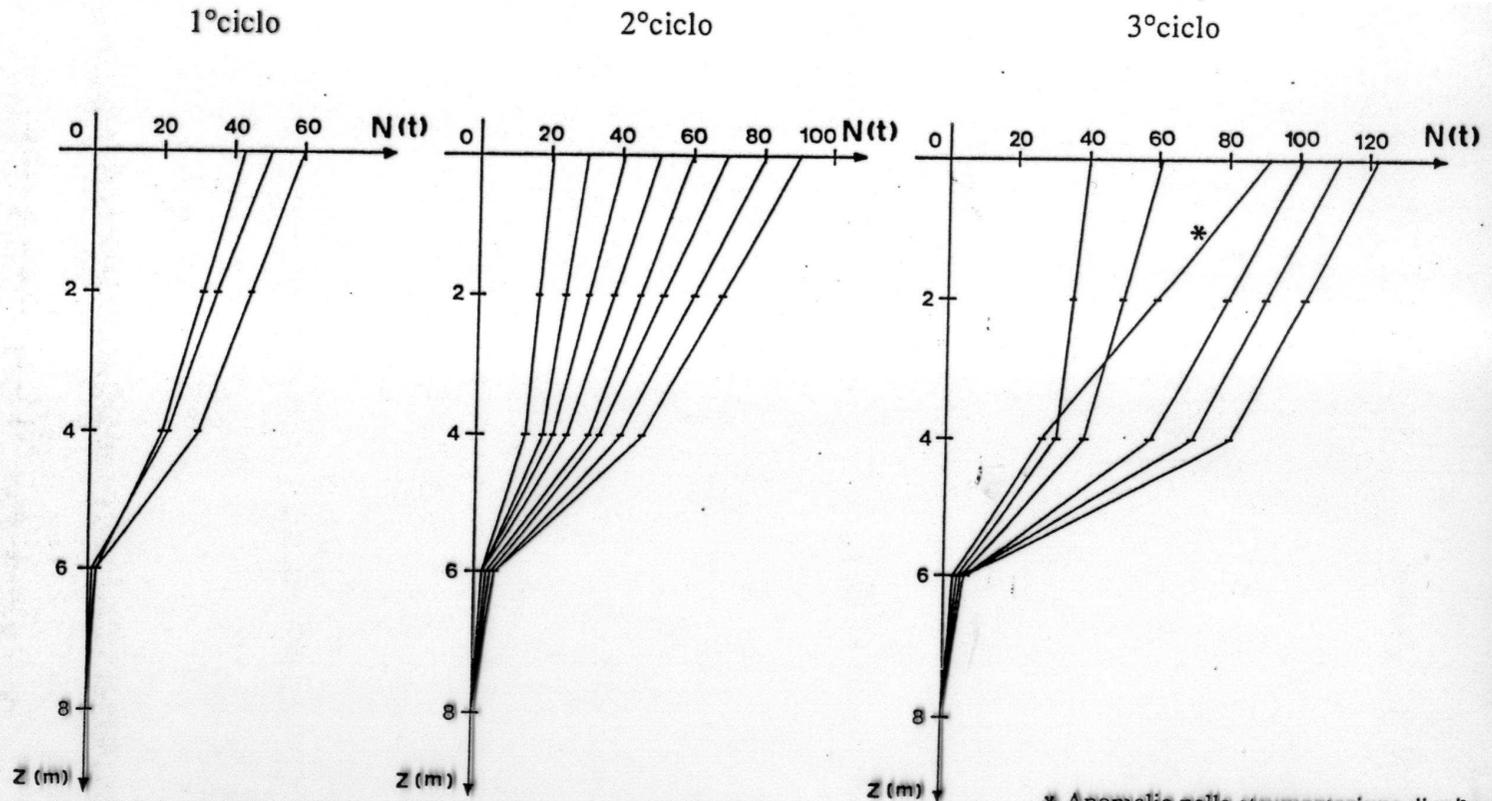
PROVE DI CARICO PRELIMINARI SU MICROPALI STRUMENTATI

Prova "A"



PROVA "A" : MICROPALO SINGOLO

Geometria del micropalo con strumentazione di misura
Curve di trasferimento del carico



La prova B è stata eseguita su due micropali accoppiati

* Anomalie nella strumentazione di misura

STABILITA' ELASTICA DEI MICROPALI

Micropali immersi nel terreno :
(concettualmente il problema si
presenta per tutti i micropali)



Uno studio teorico sviluppato a cura della fondazione RODIO-KOLBRUNNER nel 1970 (ing. Mascardi) ha dimostrato che sono sufficienti modesti valori del modulo di reazione orizzontale per garantire la stabilità elastica del micropalo nella sua parte libera.

Tale studio si è basato sulla espressione del carico critico per un solido caricato assialmente e vincolato lateralmente ad un mezzo elastico (Tomoshenko e Gere, 1961):

$$P_k = \frac{\pi^2 EJ}{L^2} \left(m^2 + \frac{\beta L^4}{m^2 \pi^4 EJ} \right)$$

Micropali fuori terra (in parte) :
(come nel caso in esame)



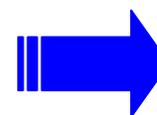
Fare ragionevoli ipotesi sul tipo di vincolo in testa ed al piede e quindi verificare che il carico critico per instabilità elastica sia maggiore di quello di progetto.

Il problema può essere governato intervenendo sulla luce libera e sull'inerzia del micropalo.

In caso di disposizioni in gruppo si può ridurre la luce libera vincolando reciprocamente i micropali.



TOLLERANZE
DI POSIZIONAMENTO



Le foto mostrano eloquentemente la precisione nel tracciamento planimetrico dei micropali

CONTROLLI DI VERTICALITA' DEI MICROPALI

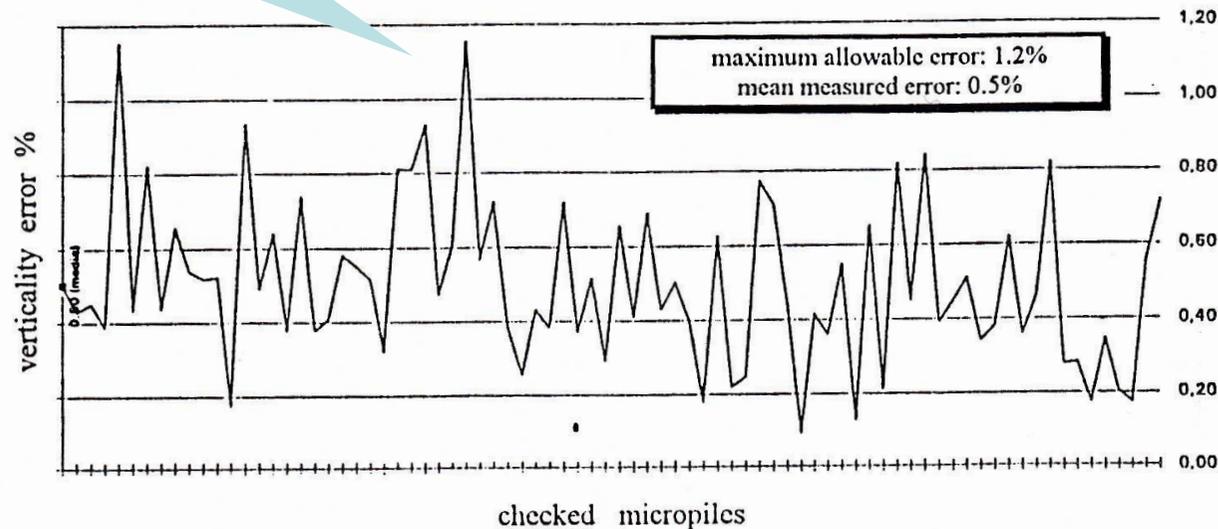
Massimo scarto consentito : 1.2%

3 livelli di controllo

1. *Controllo del posizionamento della sonda con livello a bolla (il mast di perforazione è ortogonale per costruzione, e quindi verticale). E' facoltativo (solo consigliato) il controllo dello scarto di verticalità in fase di perforazione*
2. *A fine perforazione e dopo la posa del tubo-armatura si esegue un controllo speditivo col filo a piombo munito di crociera di centramento*
3. *Sul 20% dei pali viene eseguito un controllo mediante teleclinometro*

Risultati dei controlli teleclinometrici

scarto medio misurato : 0.5 %

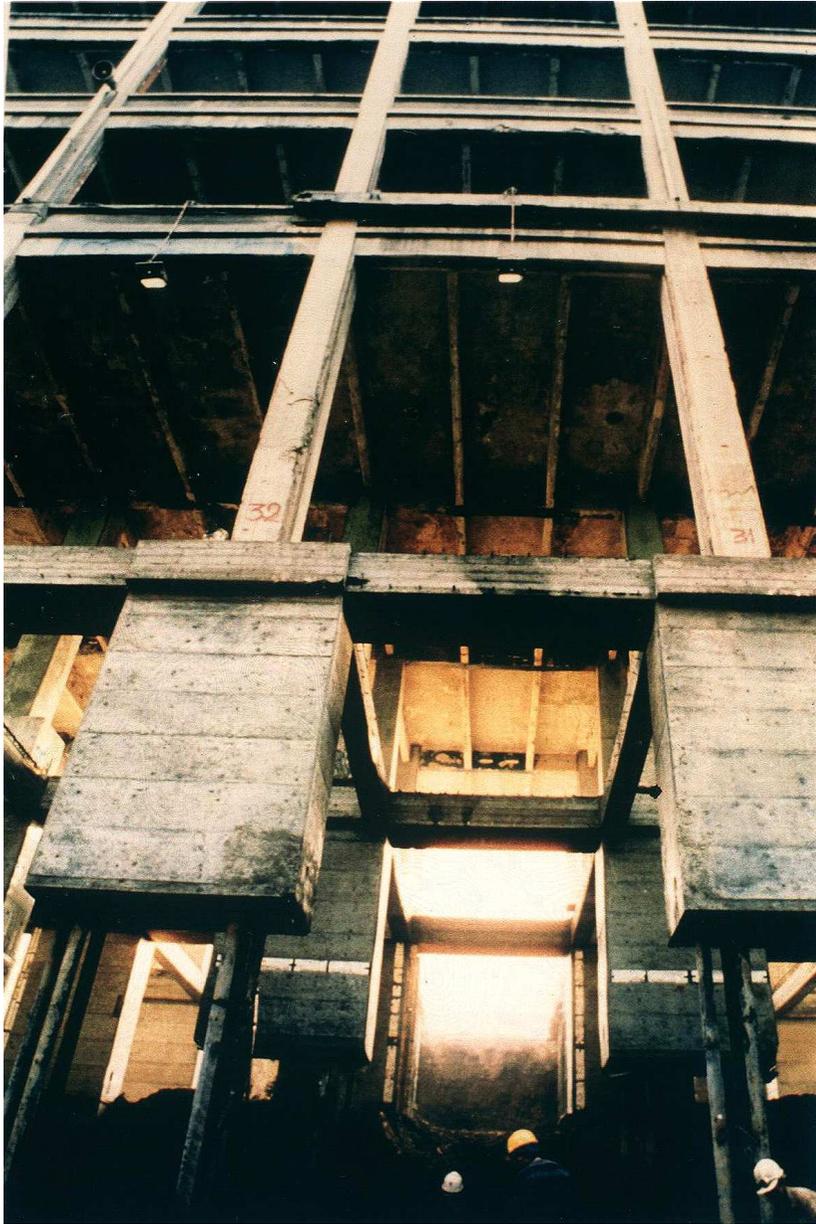


PROBLEMI OPERATIVI :
LIMITATE AREE DI CANTIERE

Si osservi come la sonda occupi l'intera luce tra i pilastri.

Di conseguenza l' Impresa ha dovuto programmare attentamente la successione dell'esecuzione dei micropali per evitare sia le interferenze tra le sonde che quelle tra i due sub-cantieri di perforazione e di iniezione.





Renzo Piano – Vitone & Associati – Garrasi 1991-92

IL CANTIERE A SCAVI IN CORSO





IL CANTIERE A SCAVI IN CORSO

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



IL PROBLEMA DEL CEDIMENTO ELASTICO DEI MICROPALI ALCUNE CONSIDERAZIONI GENERALI

Consideriamo un tubo-armatura in acciaio Fe510 (36/52) ed un approccio alle tensioni ammissibili.

Nella parte libera, assumendo come sezione resistente la sezione d'acciaio, risulta :

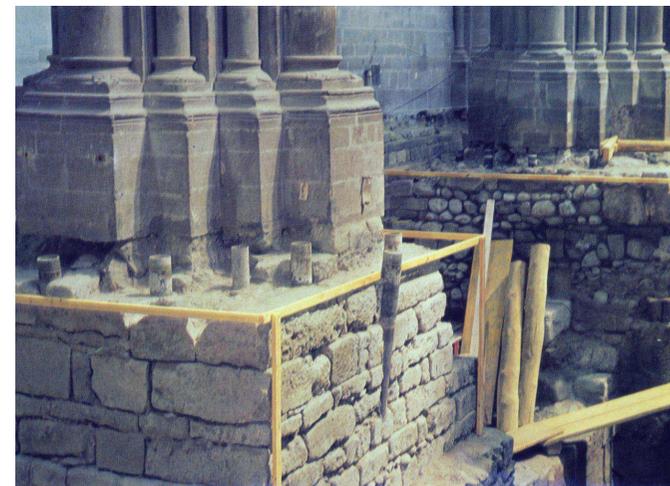
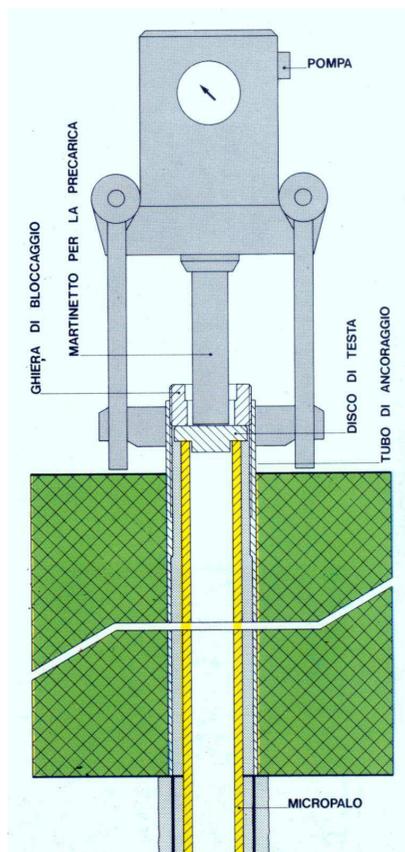
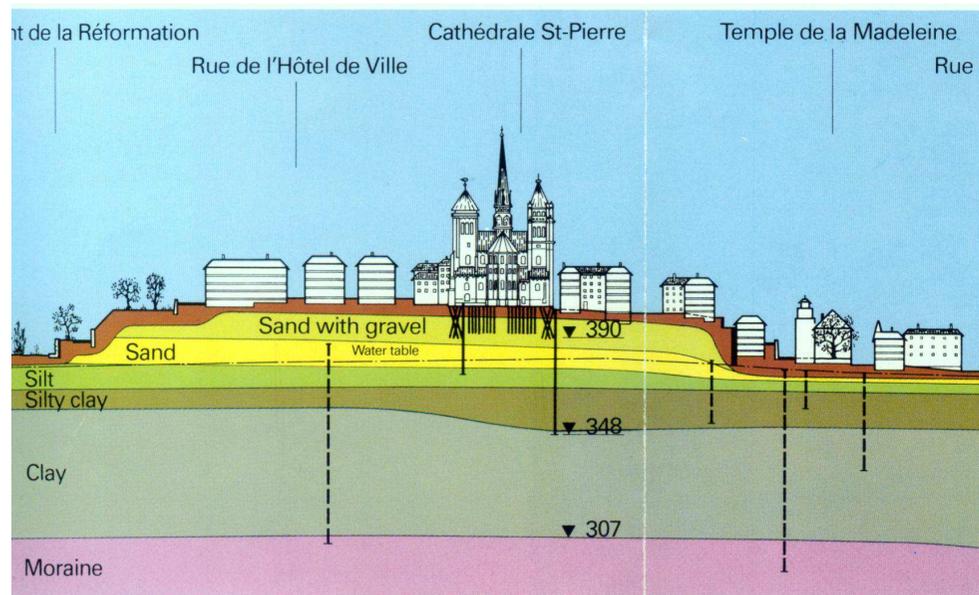
$$\square \text{ per } \sigma = 2400 \text{ kg/cm}^2 \Rightarrow \delta l \sim 1.14 \text{ mm/m}$$

In molti casi tali cedimenti elastici possono non essere compatibili con la struttura, specie se si tratta di un intervento di sottofondazione.

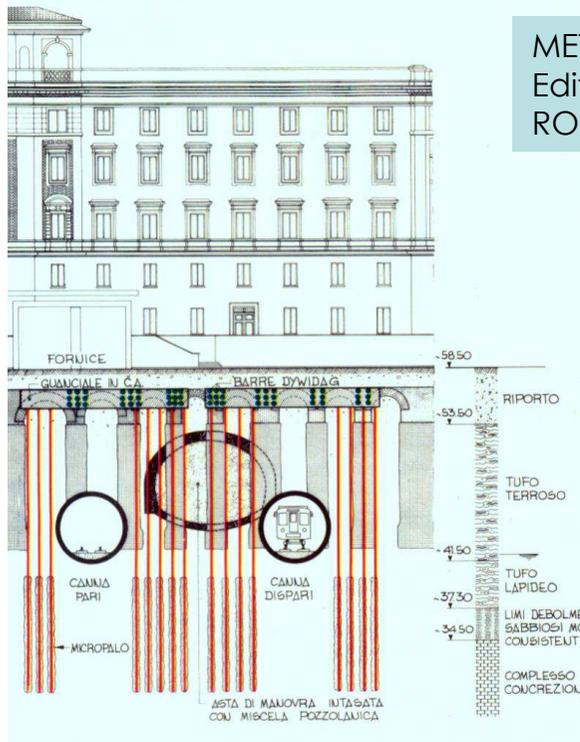


Saint-Pierre Cathedral – Geneve - Swissboring (RODIO Group)
399 Tubfix da 50 t precaricati

Esempi di precompressione

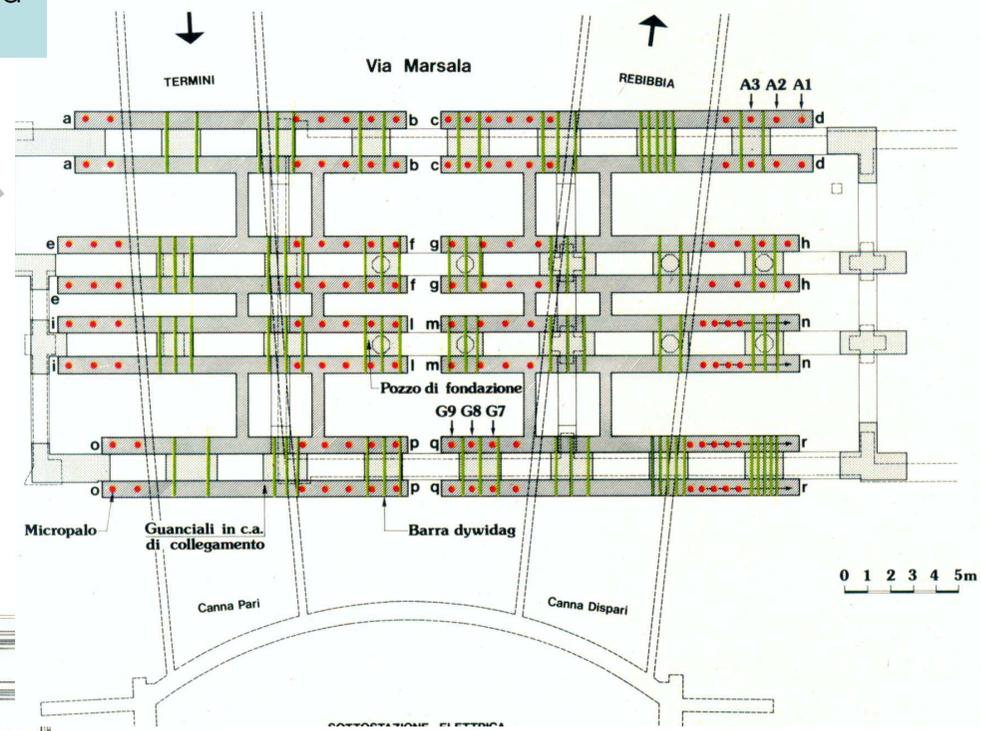


SOTTOFONDAZIONE CON MICROPALI PRECOMPRESSI

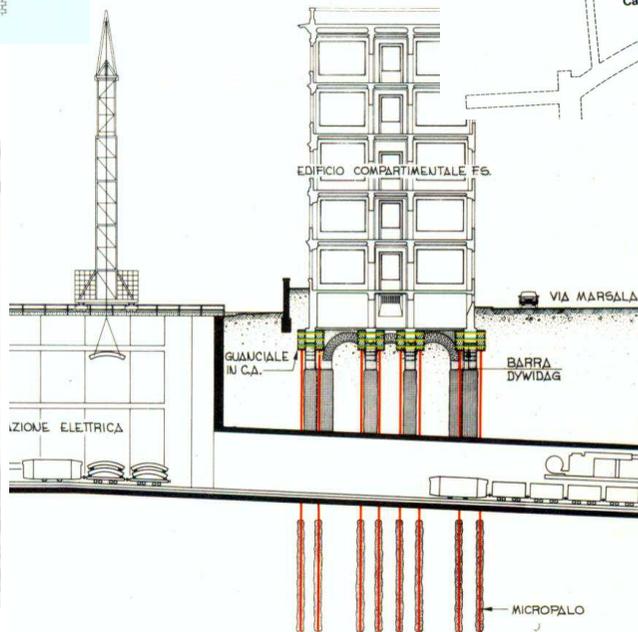
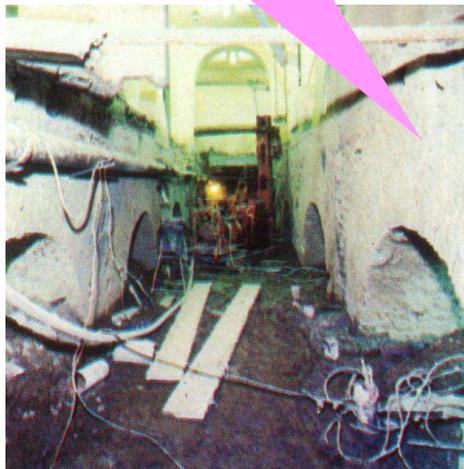


METROROMA
Edificio FFSS in Via Marsala
RODIO - 1985

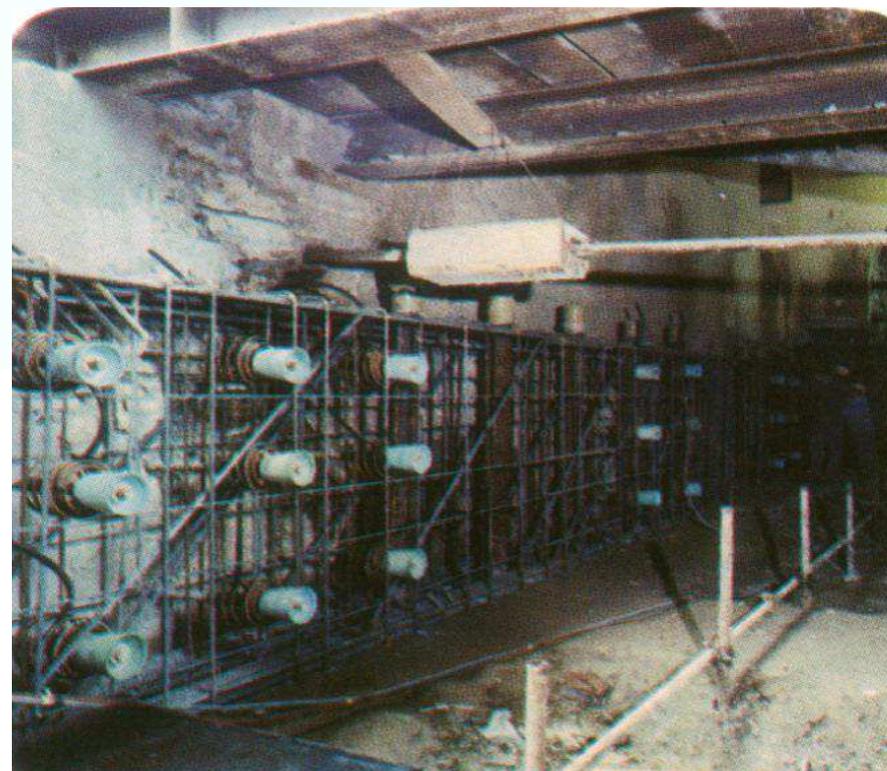
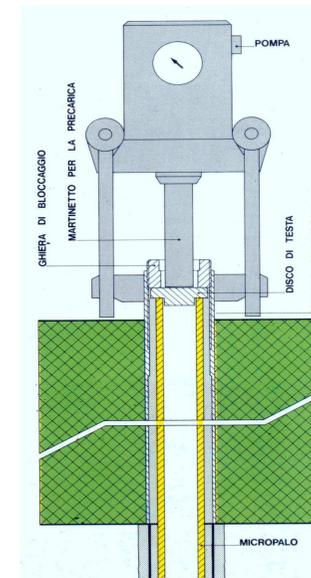
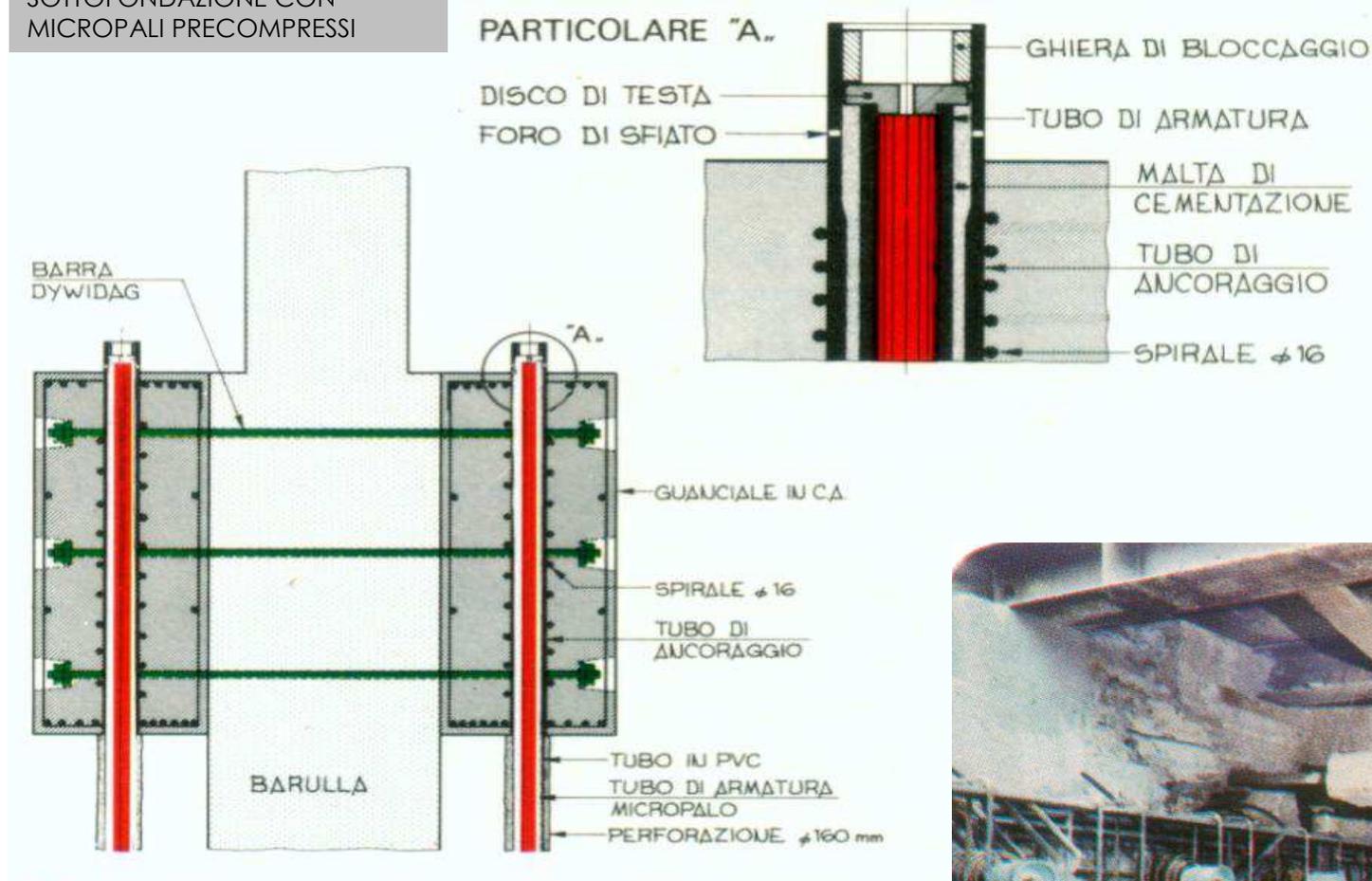
Esempi di precompressione



fondazione a "pozzi e barulle"

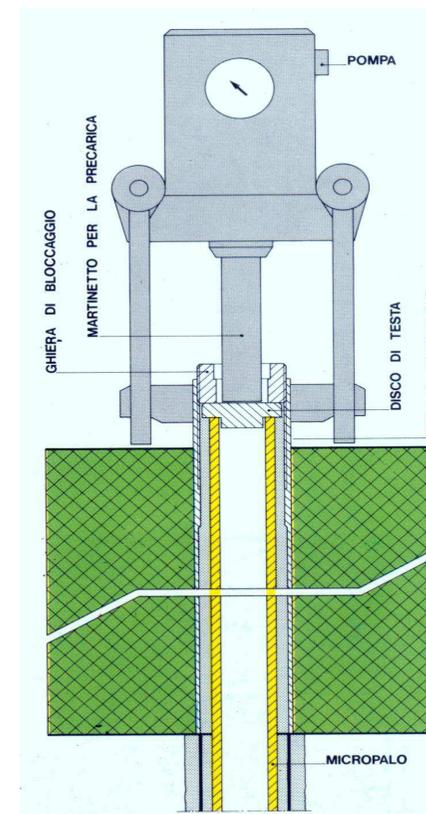
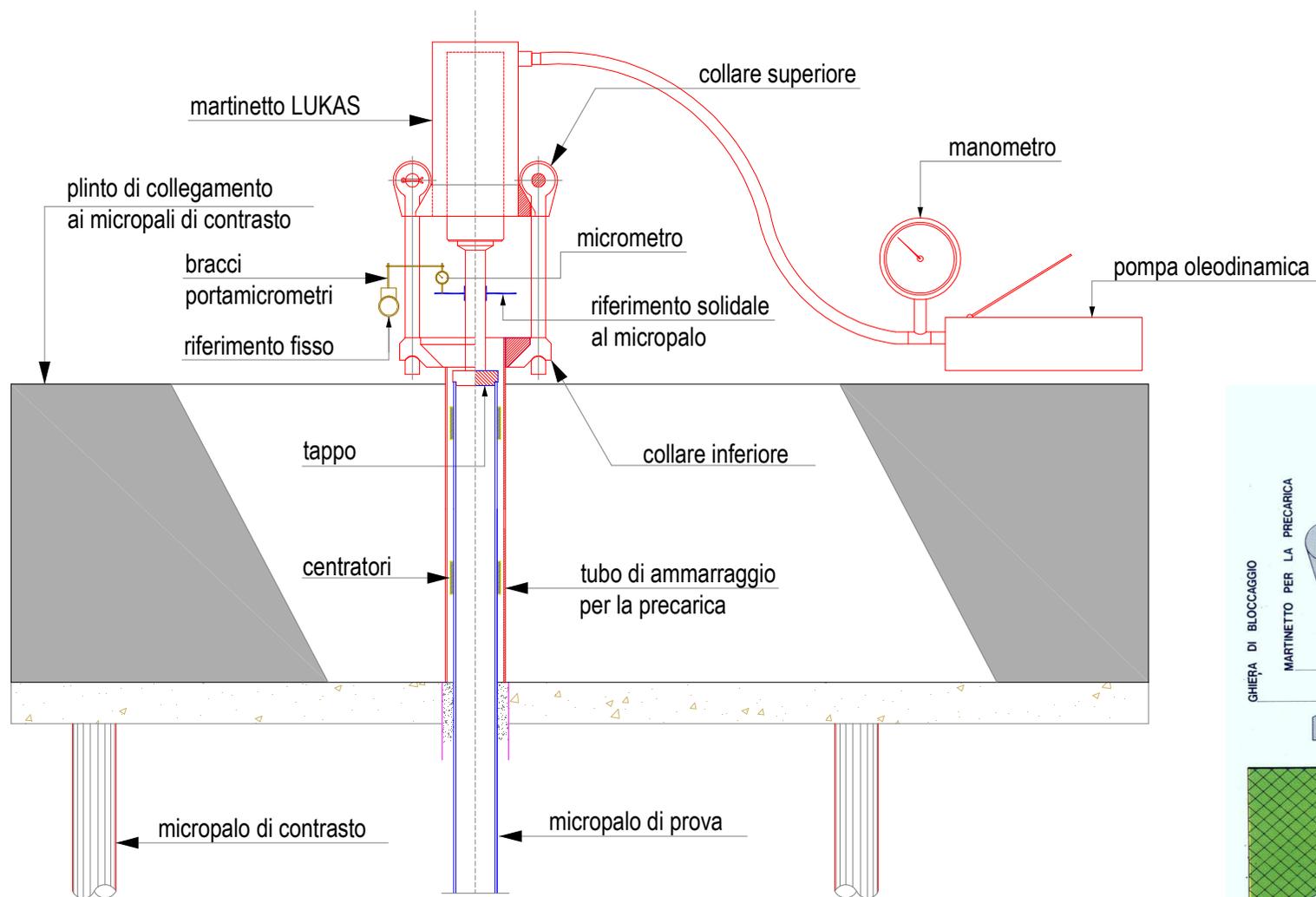


SOTTOFONDAZIONE CON MICROPALI PRECOMPRESSI

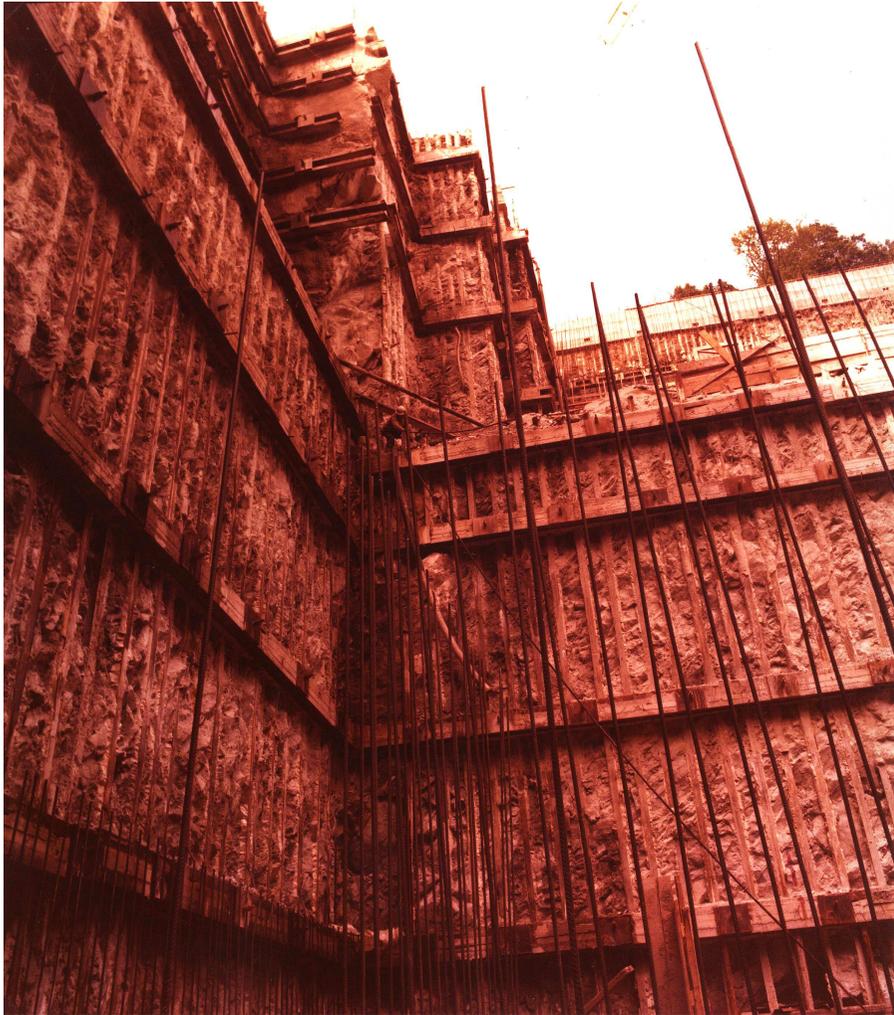


METROROMA - Edificio FFSS in Via Marsala
RODIO - 1985

APPLICAZIONE DELLA TECNOLOGIA DELLA PRECARICA ALLE PROVE DI CARICO DEI MICROPALI



MICROPALI COME OPERE DI
SOSTEGNO : BERLINESI



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

MICROPALI COME OPERE DI
SOSTEGNO : BERLINESI

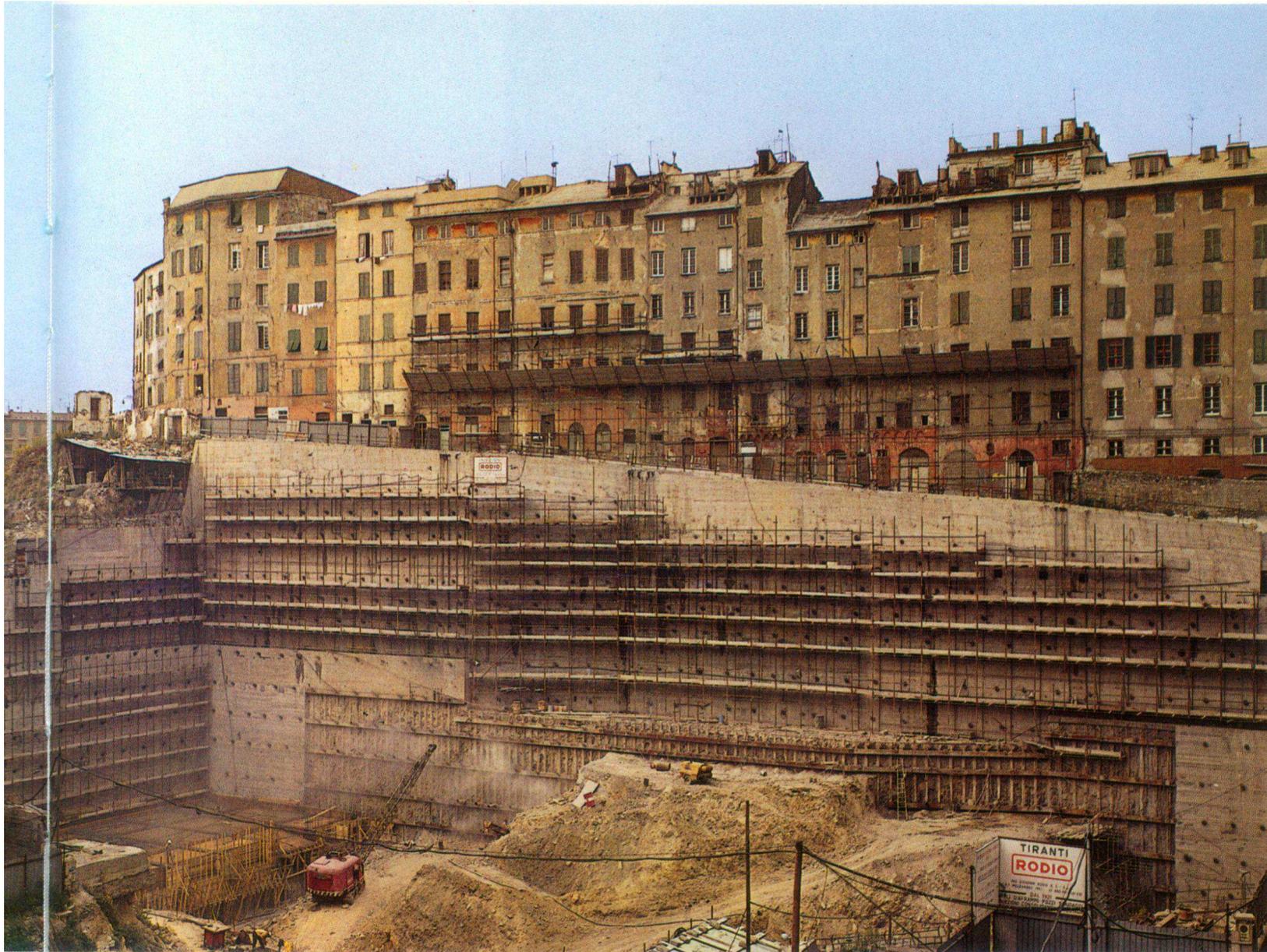
ENEL - Nuova centrale
idroelettrica di Orichella - Sila.
RODIO / Garrasi 1973 - 75

Scavo di 40 m di
profondità per aumento
del salto idraulico ed
alloggiamento turbine.

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



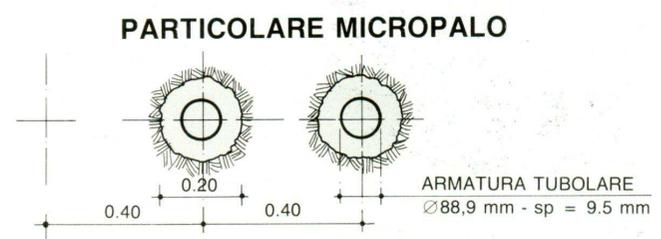
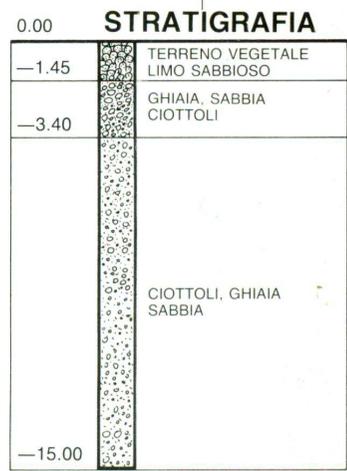
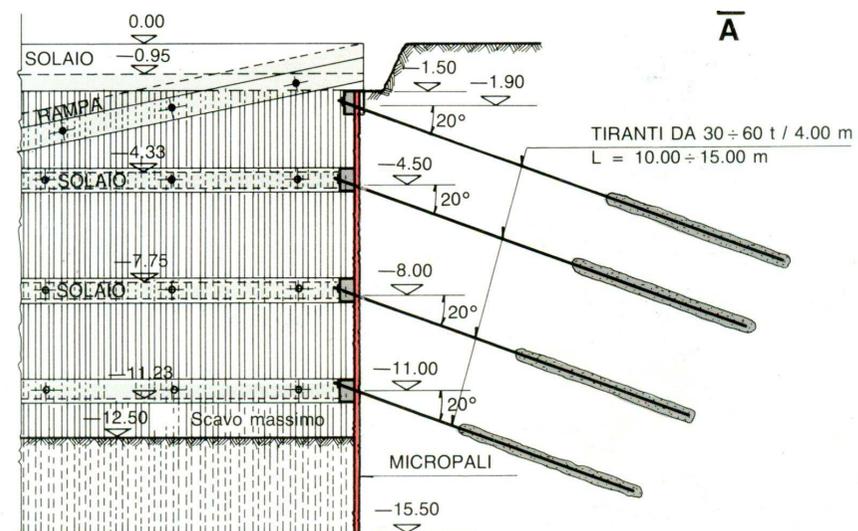
Micropali come opere di sostegno : berlinesi



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

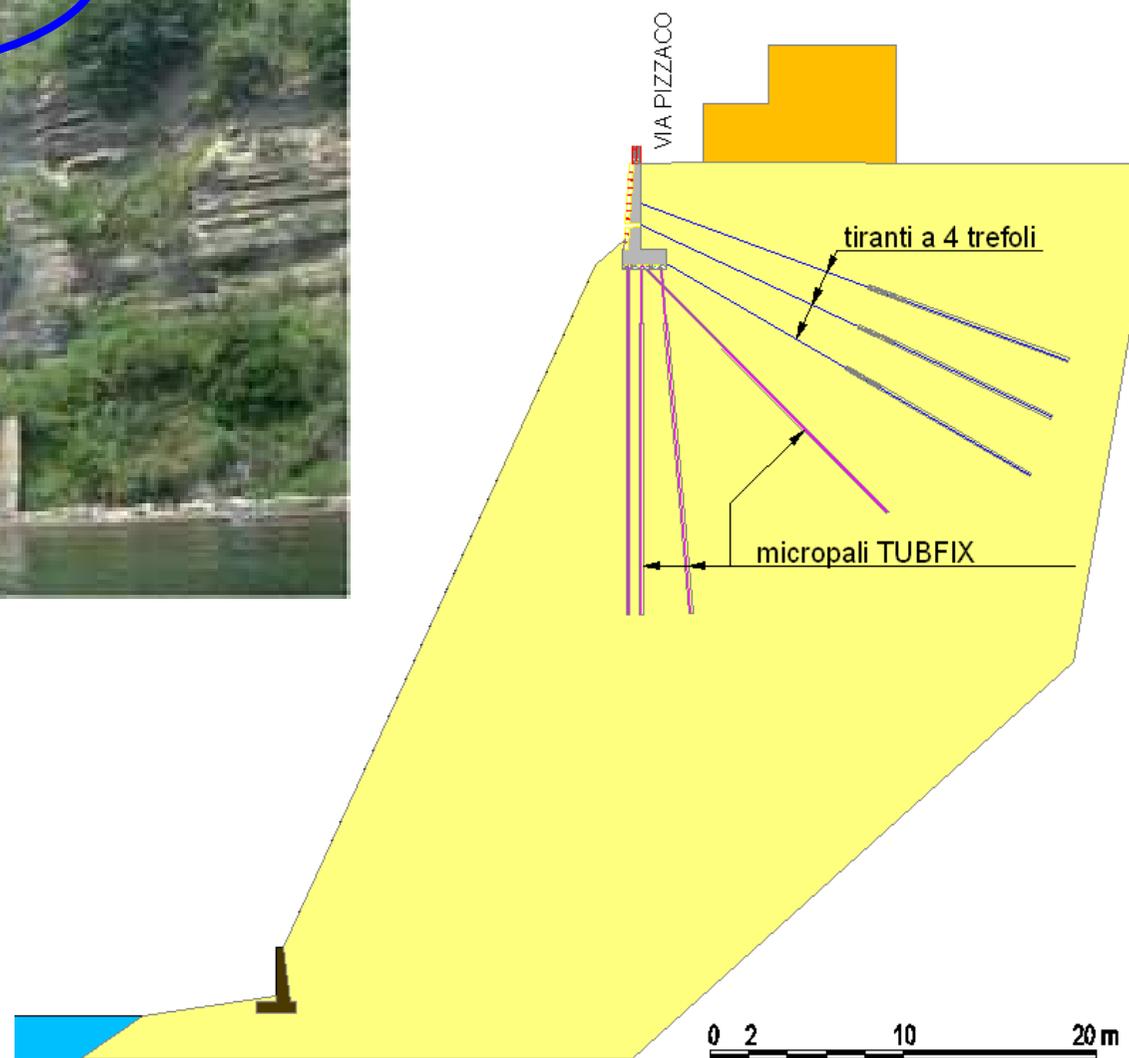


MICROPALI COME OPERE DI SOSTEGNO : BERLINESI



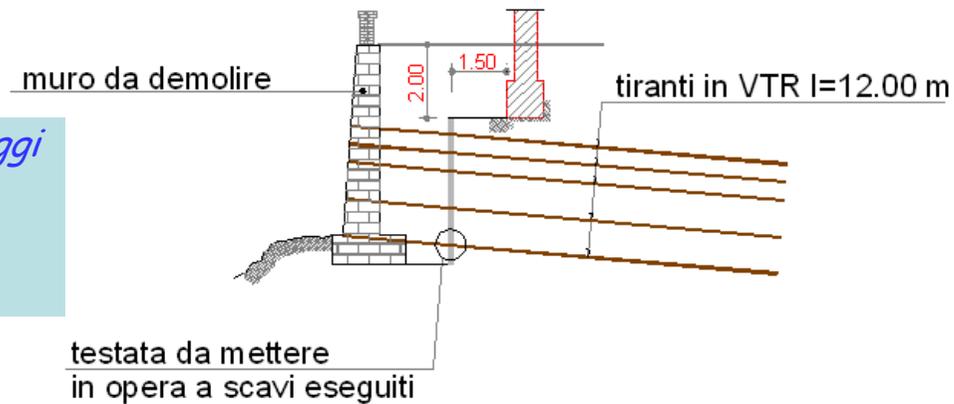
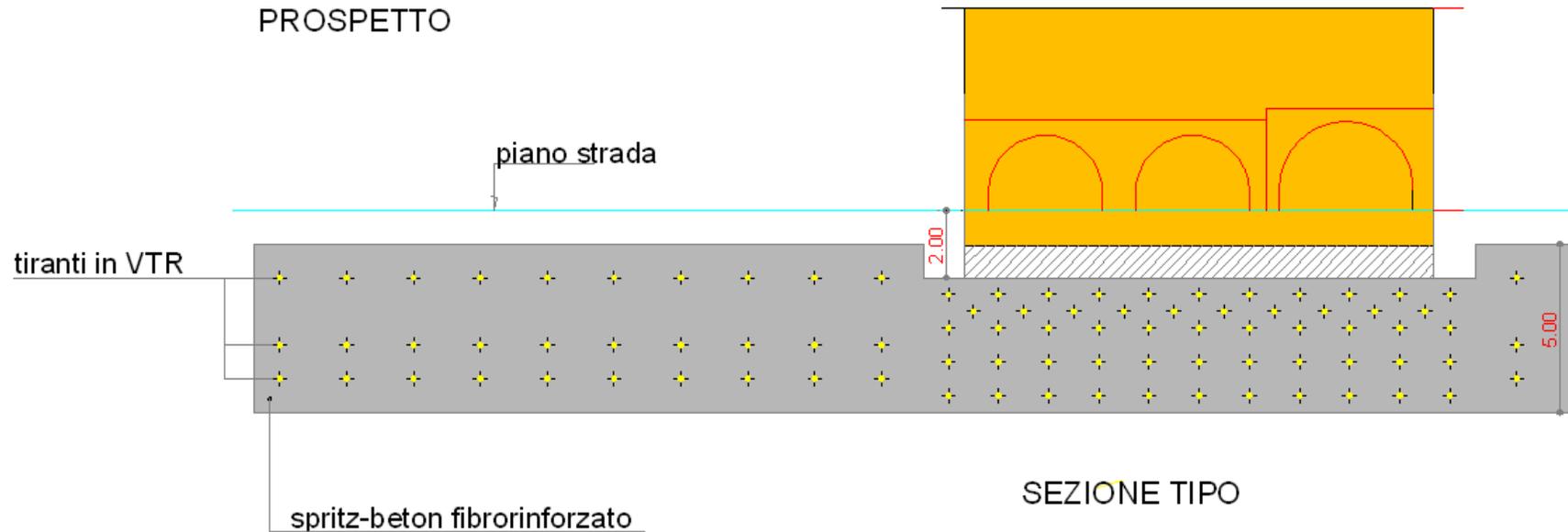
INTERVENTI CON TIRANTI E MICROPALI

Isola di Procida (NA) – Consolidamento
strada franata sul ciglio di una falesia con
tiranti e micropali.
Garrasi, Sforza et al. 2000-2001



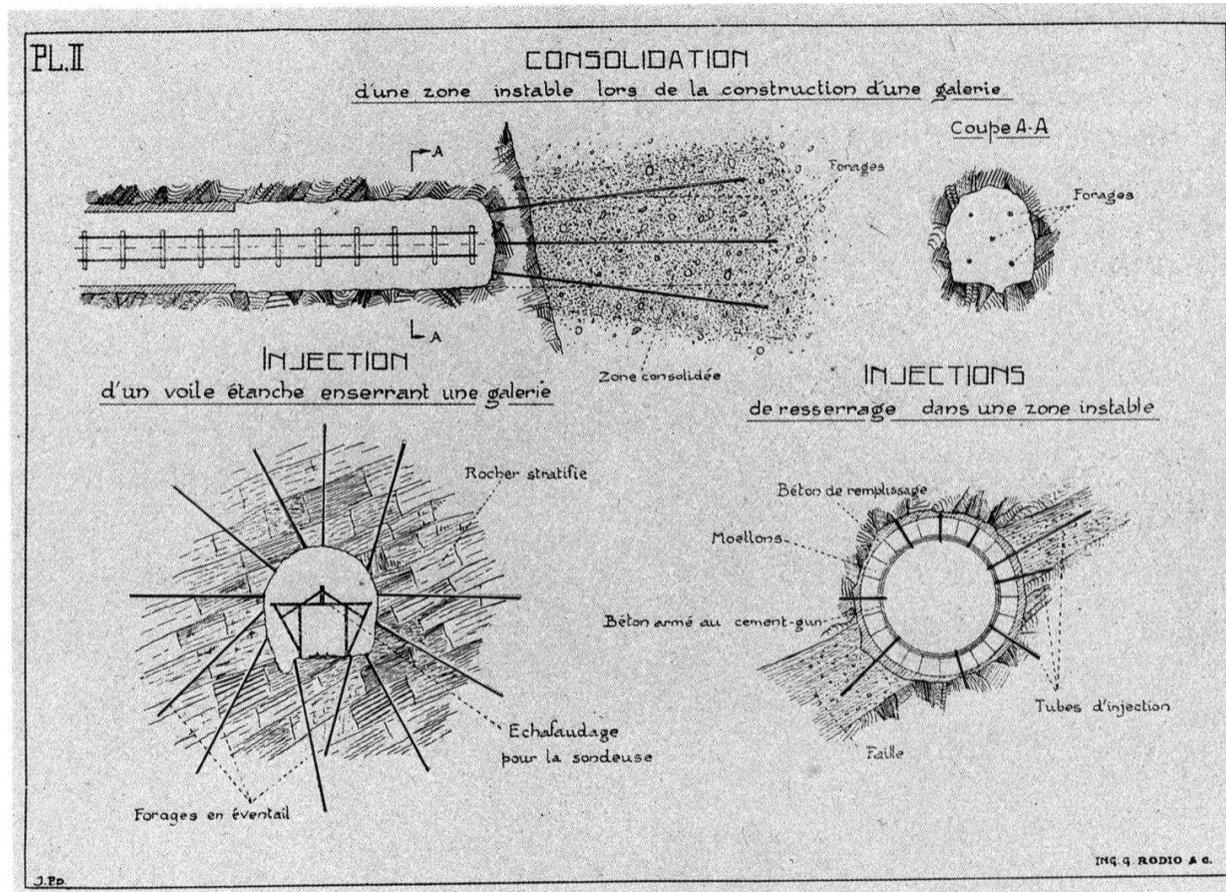
Isola di Procida (NA) – Consolidamento strada franata
sul ciglio di una falesia con tiranti e micropali.
Garrasi, Sforza et al. 2000-2001

INTERVENTI CON TIRANTI E MICROPALI

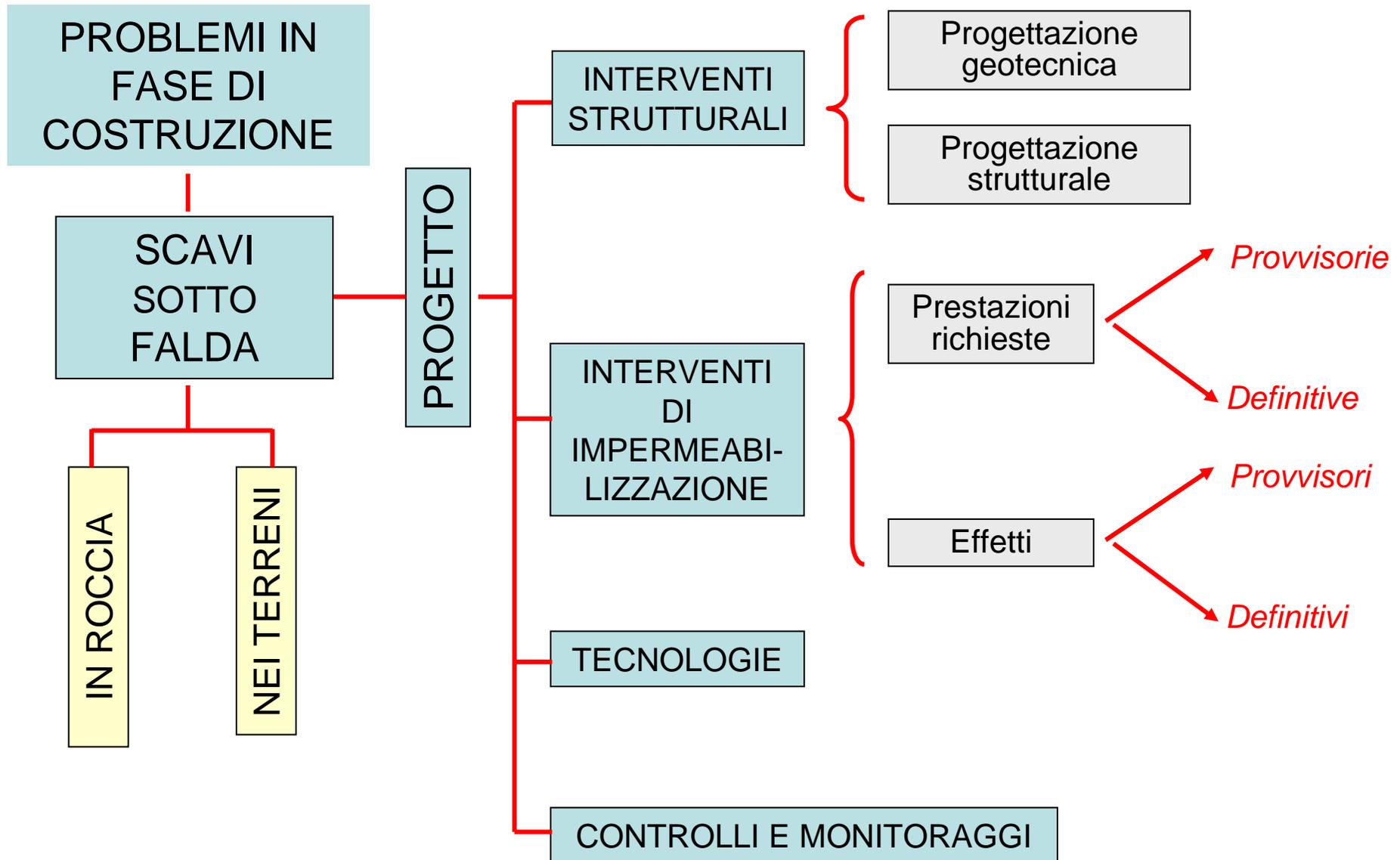


*Intervento preliminare con tiranti / infilaggi
in VTR per consentire la demolizione del
muro dissestato e gli scavi necessari ad
alloggiare la nuova struttura, operando in
fregio a fabbricati esistenti.*





**CONSOLIDAMENTO e/o
IMPERMEABILIZZAZIONE DEL
TERRENO MEDIANTE INIEZIONI**



"PROGETTO" di un trattamento d'iniezione

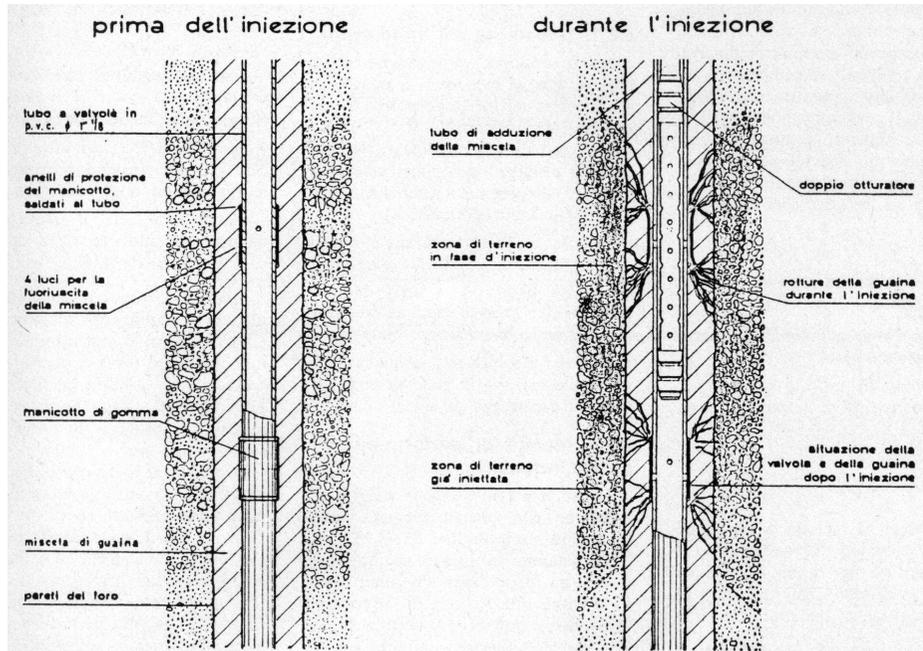
- Individuare le finalità
- Conoscenza dell'ammasso
- Conoscenza delle condizioni al contorno
- Scelta delle miscele d'iniezione
- Geometria del trattamento
- Stabilire le modalità operative (pressioni, volumi, fasi, etc.)
- Modalità di registrazione dei dati d'iniezione
- Piano dei controlli  sulle miscele
sui risultati
- Monitoraggio degli effetti al contorno (acquifero, costruzioni esistenti, etc.)
- Costi e tempi di realizzazione

INIEZIONI NEI TERRENI : TIPOLOGIE ESECUTIVE E CAMPI DI APPLICAZIONE

- a) iniezione per "permeazione" : la miscela riempie i vuoti intergranulari senza indurre significative variazioni volumetriche o nella struttura del terreno.
- alluvioni da grossolane a medio-fini
 - tubi valvolati + doppio pistoncino
- b) iniezione per "inglobamento" (claquage) : il terreno viene frammentato per idofratturazione, ottenendo un effetto di compattazione con la formazione di sottili lenti di miscela iniettata.
- limi ed argille
 - tubi valvolati + doppio pistoncino
- c) iniezione per "compattazione o spostamento" : una miscela molto densa viene iniettata in modo da agire come un martinetto idraulico radiale, spostando e compattando il terreno e creando una serie di bulbi.
- tiranti e micropali in ogni tipo di terreno
 - tubi valvolati + doppio pistoncino
- d) jet grouting : il terreno viene miscelato in sito con miscele leganti iniettate ad altissima pressione (da 20 a 60 Mpa), facendo ruotare in estrazione (in risalita da fondo foro) appositi dispositivi d'iniezione (monitor) inseriti nelle aste di perforazione.
- dalle alluvioni grossolane alle sabbie limose – (talora limi sabbiosi)
 - pompa ad altissima pressione + ugelli speciali

TECNOLOGIE D'INIEZIONE IN ROCCIA E NEI TERRENI

INIEZIONE NEI TERRENI

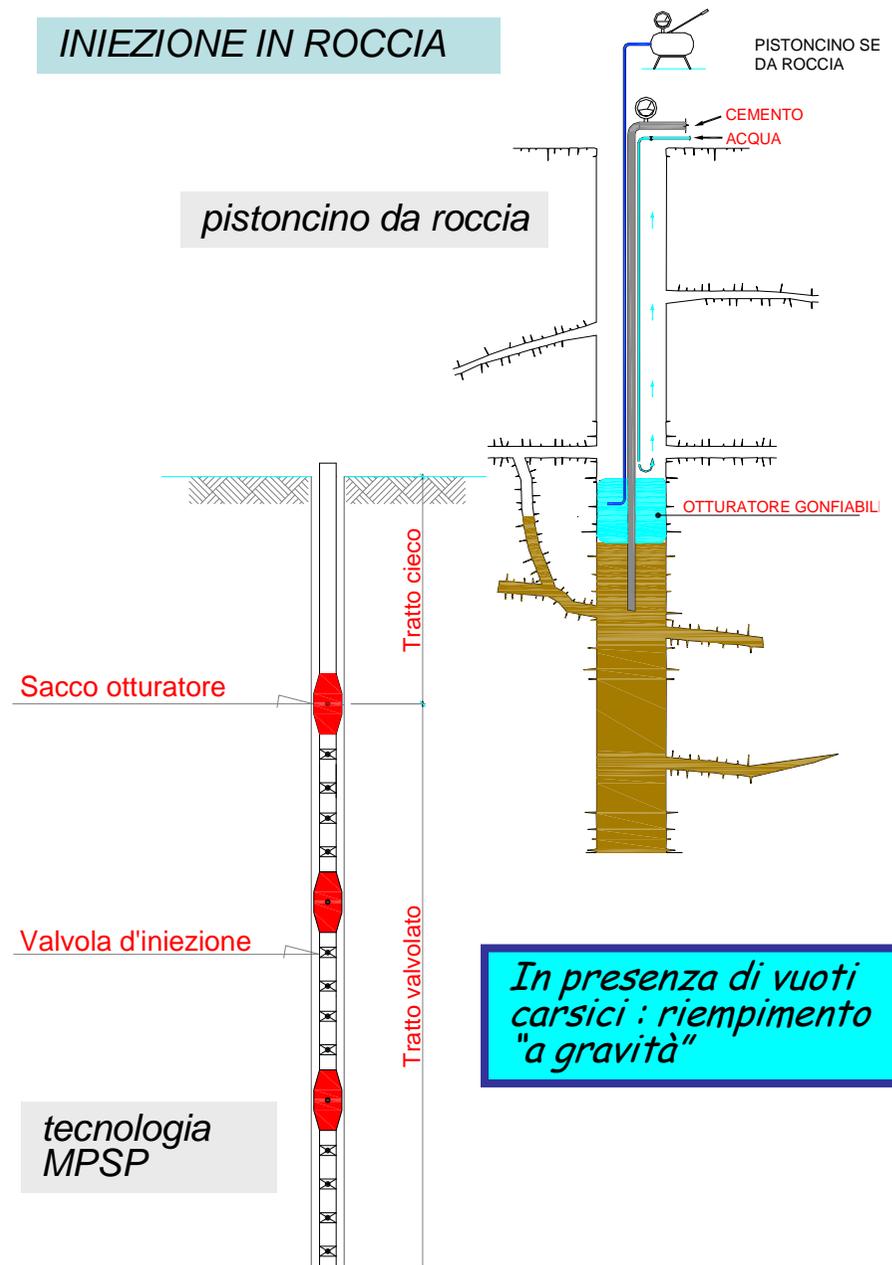


- ☐ Iniezione con canne valvolate e pistoncino doppio
 - consolidamenti
 - tiranti IRP e micropali "Tubfix"

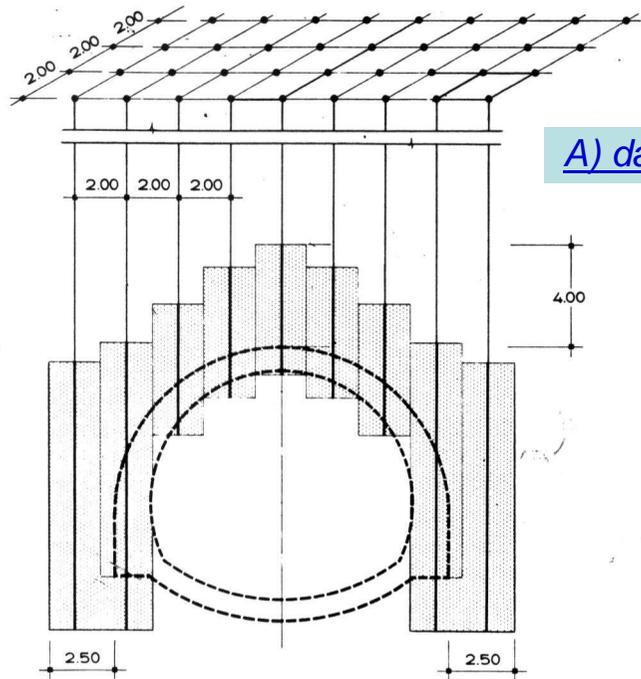
- ☐ Jet grouting

- ☐ Miscelazione in situ

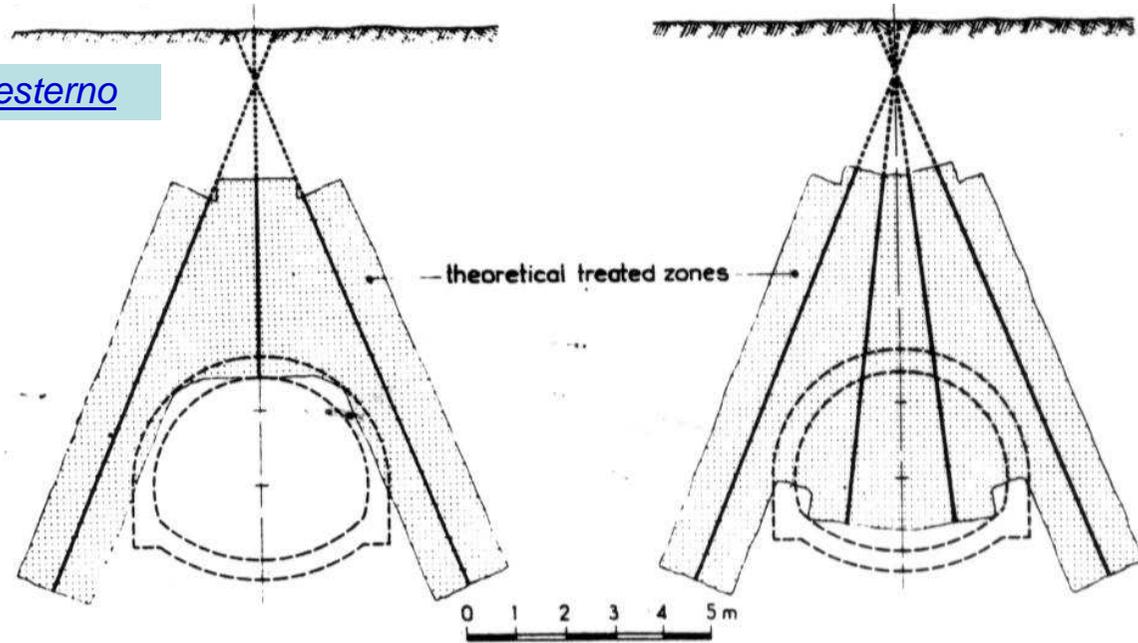
INIEZIONE IN ROCCIA



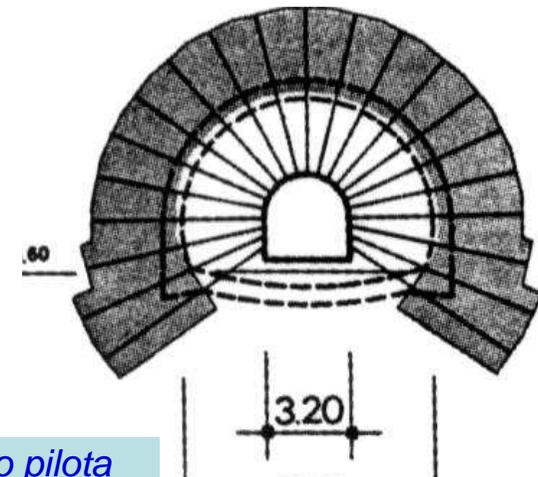
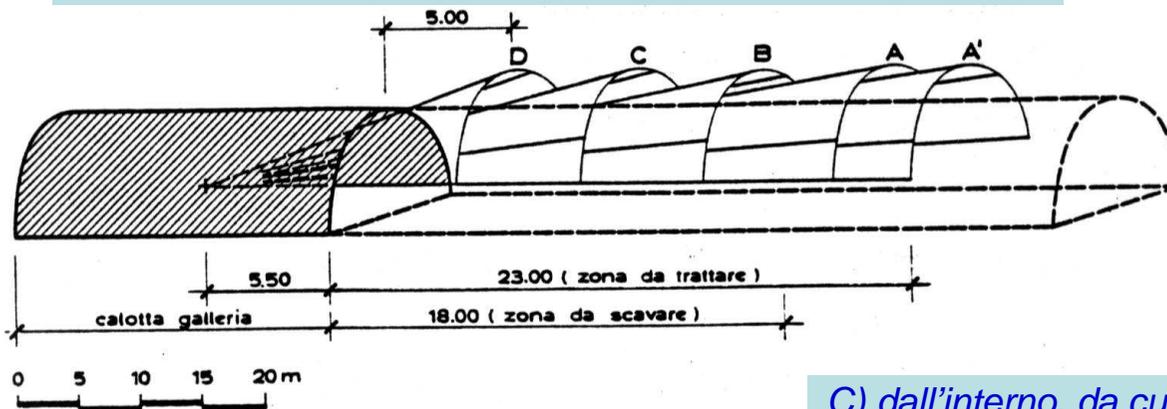
SCHEMI-BASE PER I TRATTAMENTI D'INIEZIONE DELLE GALLERIE



A) dall'esterno

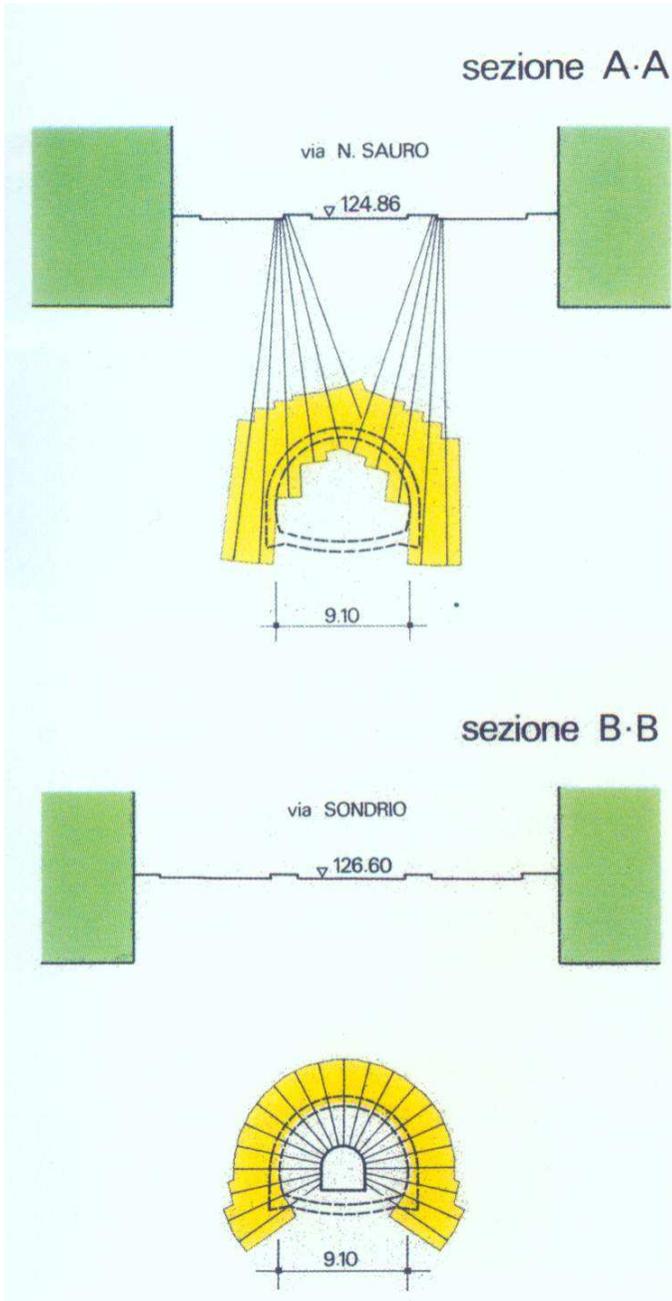
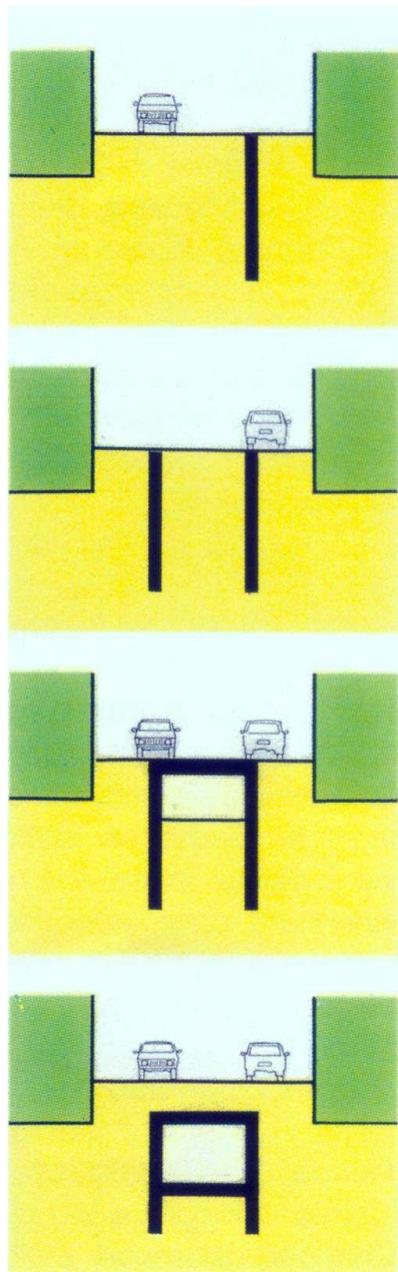


B) dall'interno, in avanzamento (geometria tronco-conica)

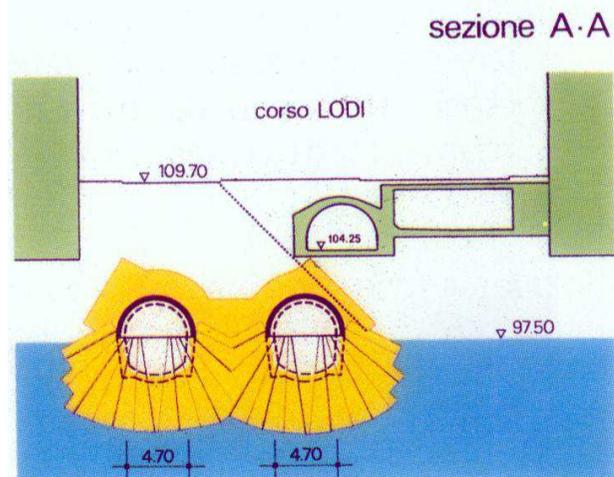
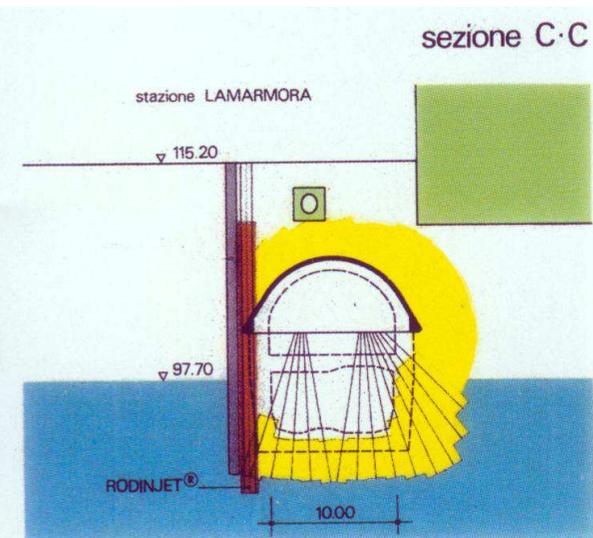
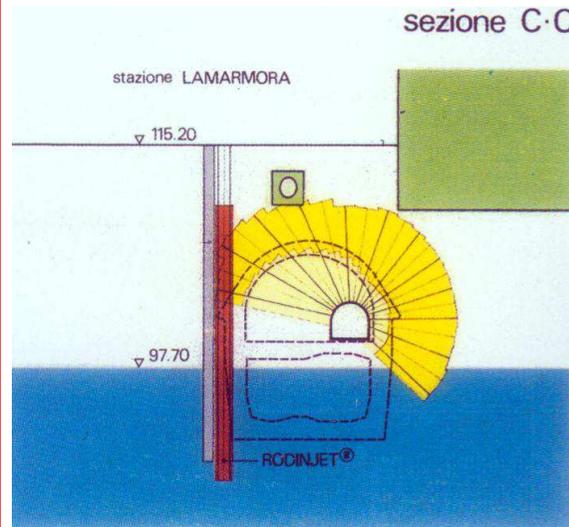
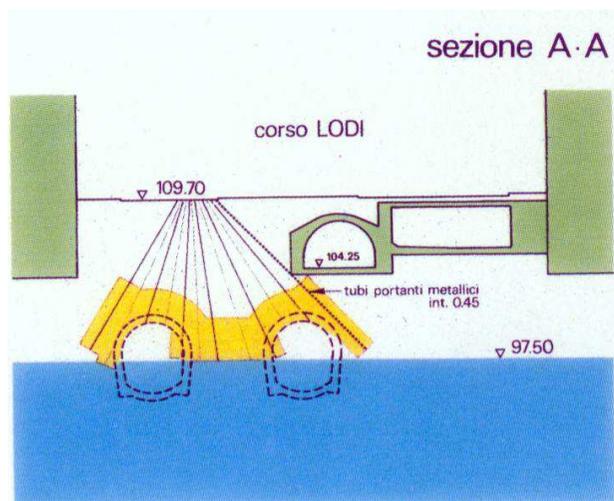


C) dall'interno, da cunicolo pilota

CONSOLIDAMENTO DEL TERRENO MEDIANTE INIEZIONI : METROPOLITANA MILANESE



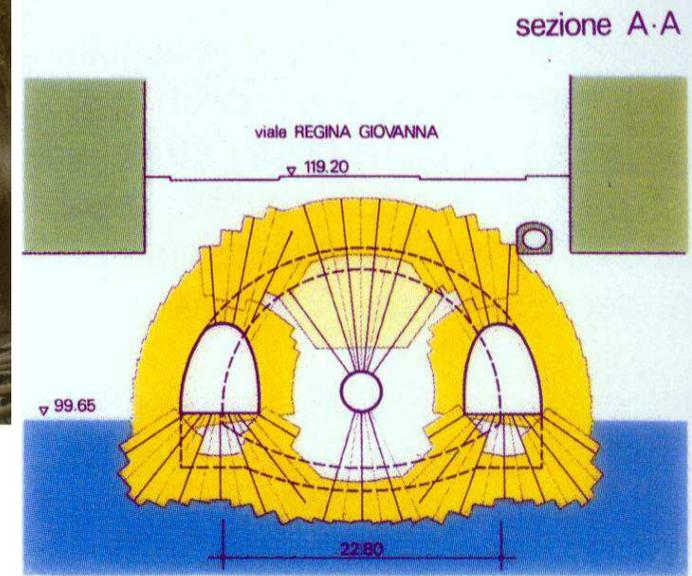
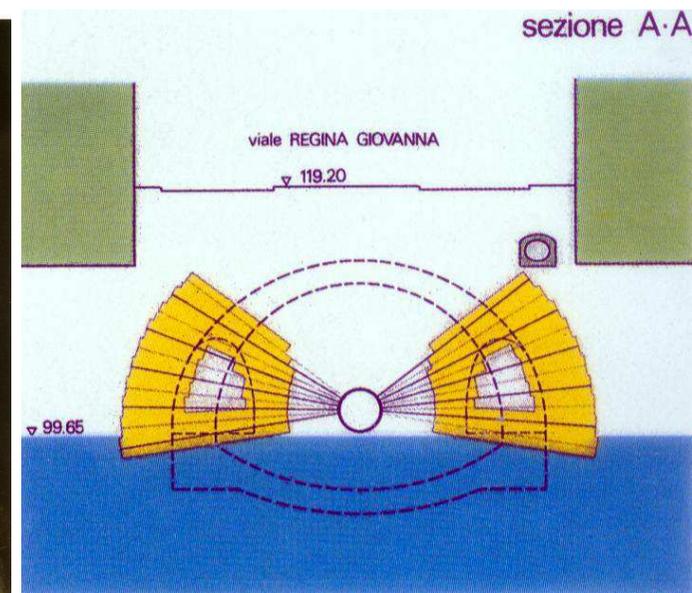
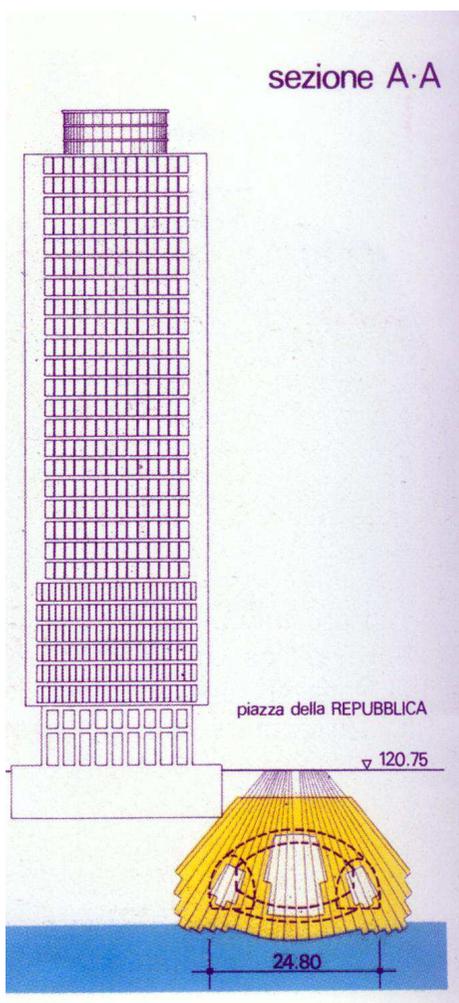
CONSOLIDAMENTO DEL TERRENO MEDIANTE INIEZIONI



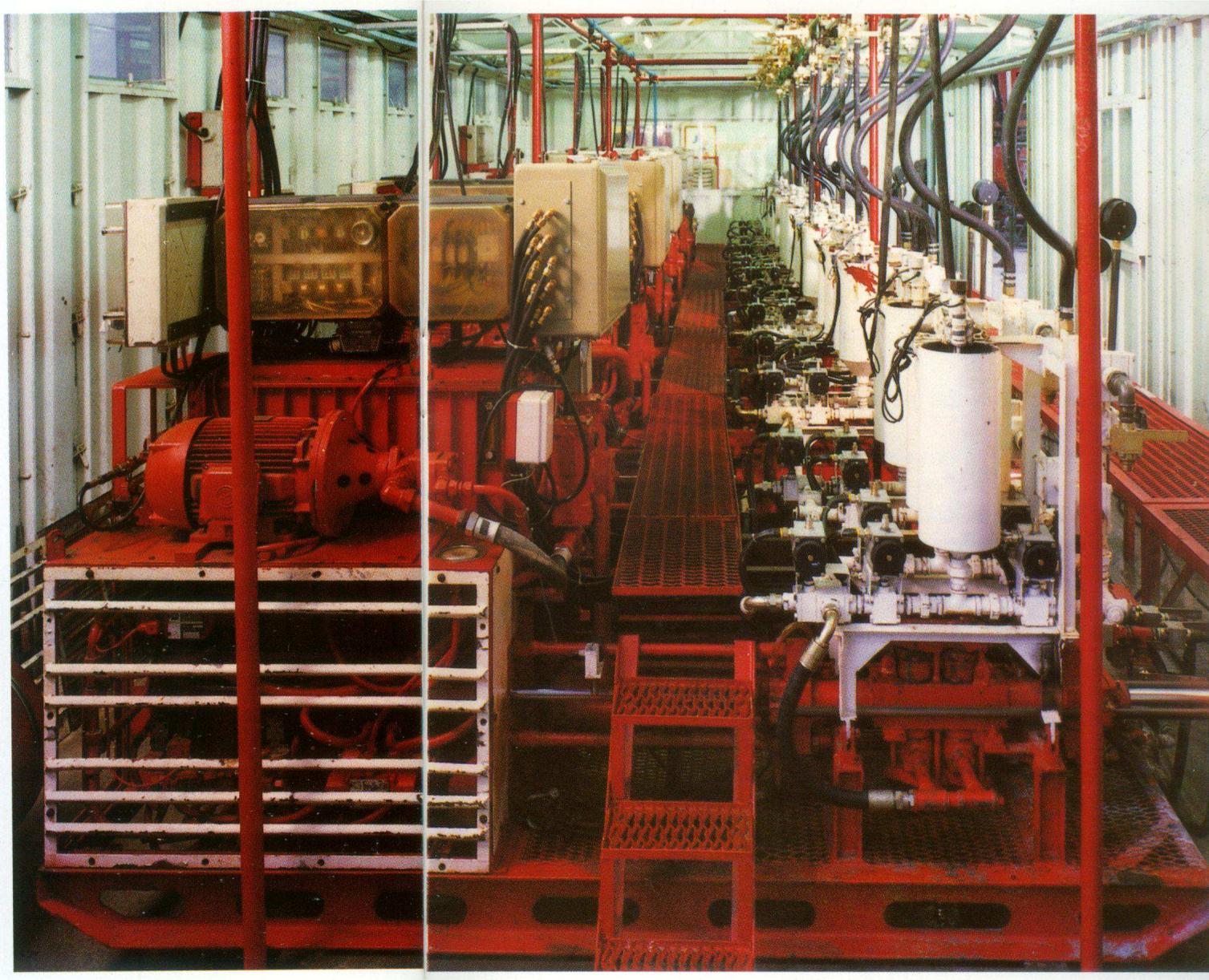
CONSOLIDAMENTO DEL TERRENO MEDIANTE
INIEZIONI

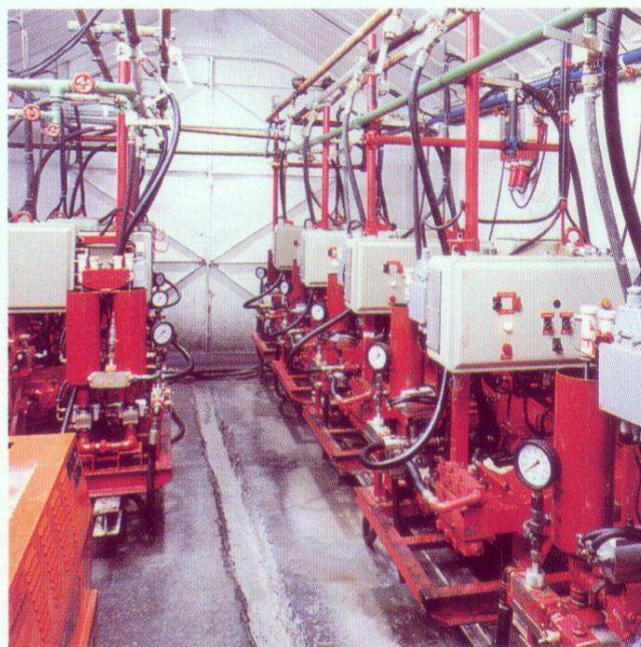
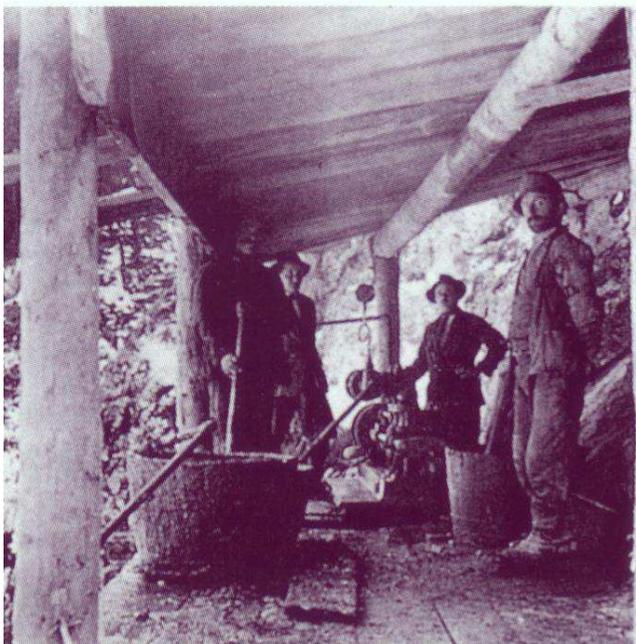


CONSOLIDAMENTO DEL TERRENO MEDIANTE INIEZIONI



CONSOLIDAMENTO DEL TERRENO MEDIANTE INIEZIONI : una centrale d'iniezione

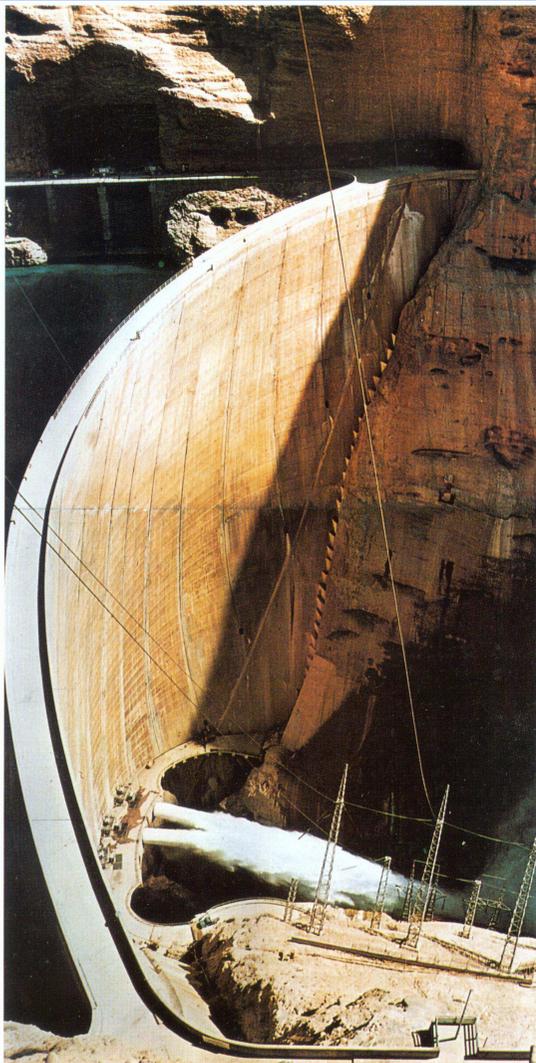




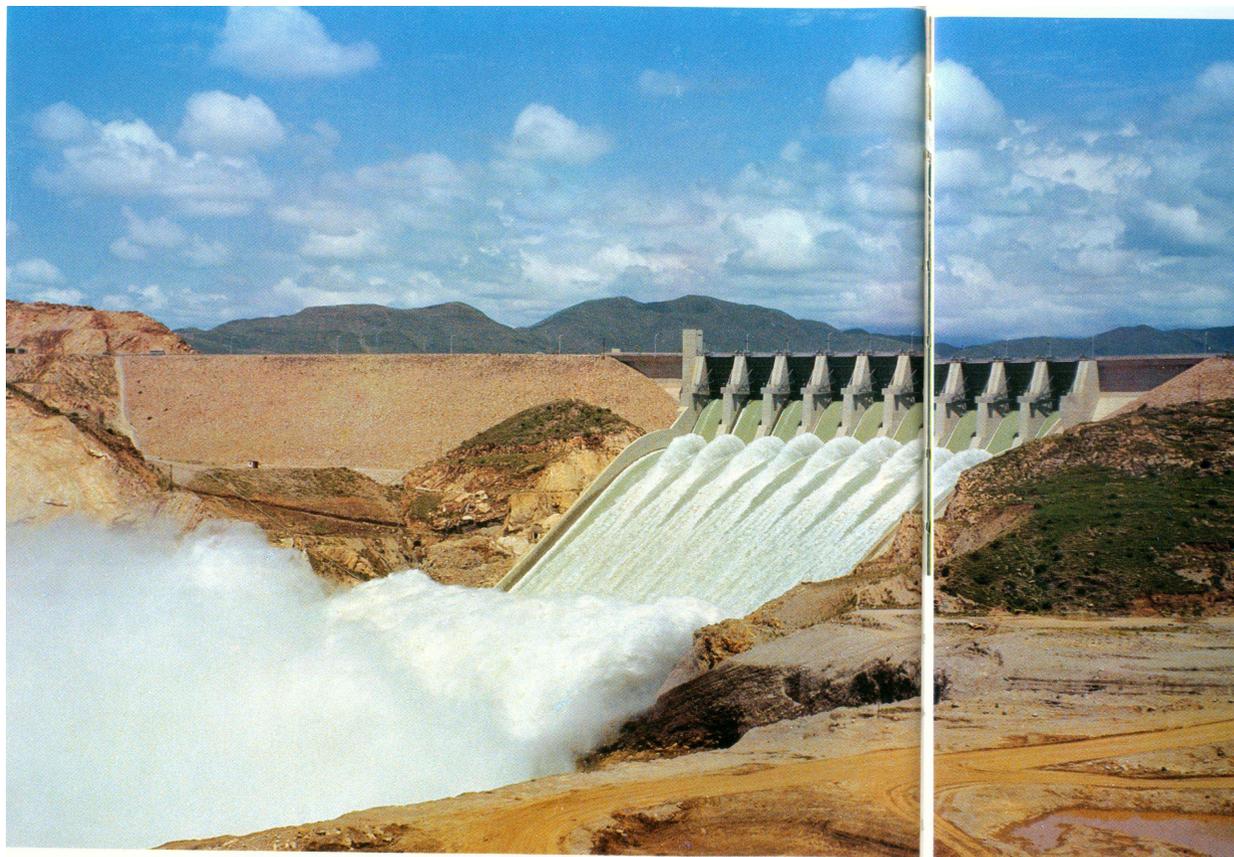
IN.	P. MAX kg/cm ²	P. MED. kg/cm ²	PORTATA l/min
A	19.6	16.62	8.77
B	41.09	27.49	9.2
C	17.39	16.6	7.56
D	37.2	32.38	7.83
E	36.29	28.58	6.27
F	19.8	18.88	8.88
G	0	0	0
H	0	0	0

7833
----- (Barra) per altra tabella -----
I = inizio iniezione X = scambio
F = fine iniezione S = stampa
U = cambio valvola O = fine lavoro

*Le centrali d'iniezione :
evoluzione della specie*



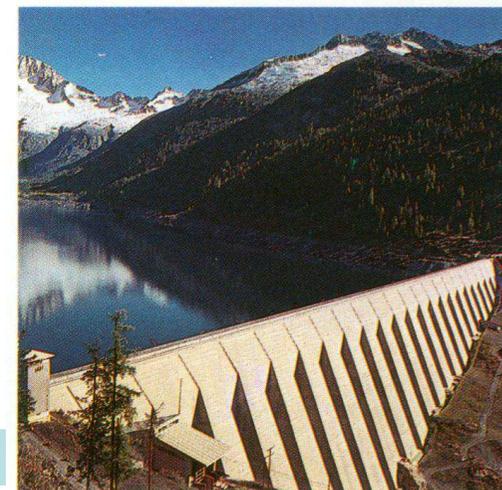
Dez- IRAN 1960/64



Tarbela - PAKISTAN 1974/82

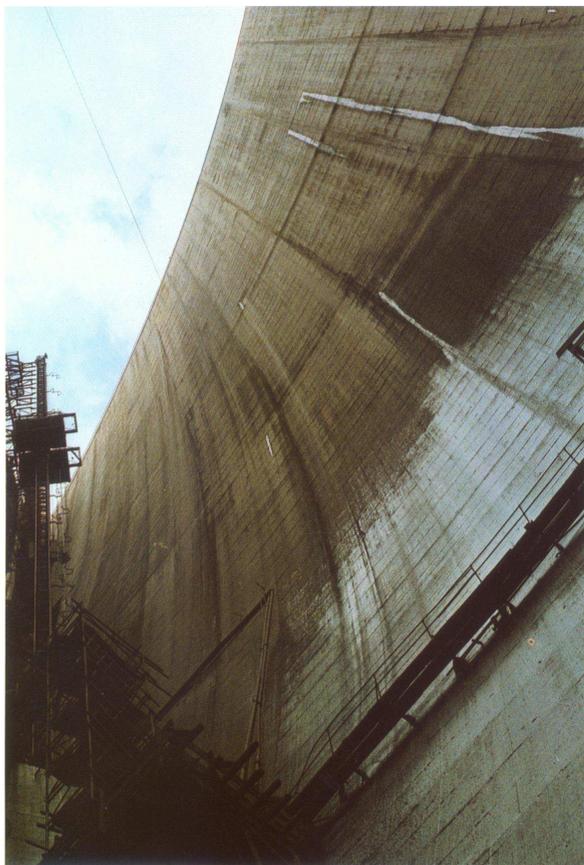
INIEZIONI IN ROCCIA

Malga Bissina - ITALIA 1956/59



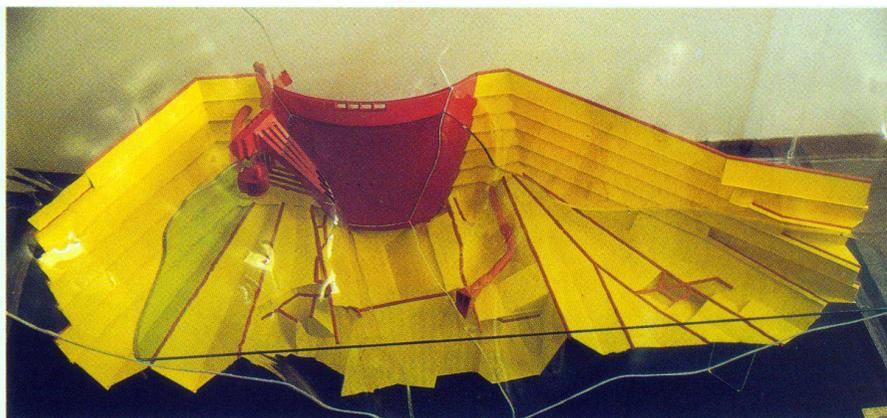


Diga di TARBELA sul fiume Indo (1974/82) : la più grande diga in rockfill del mondo



© 1985, William L.B.J. Dekker

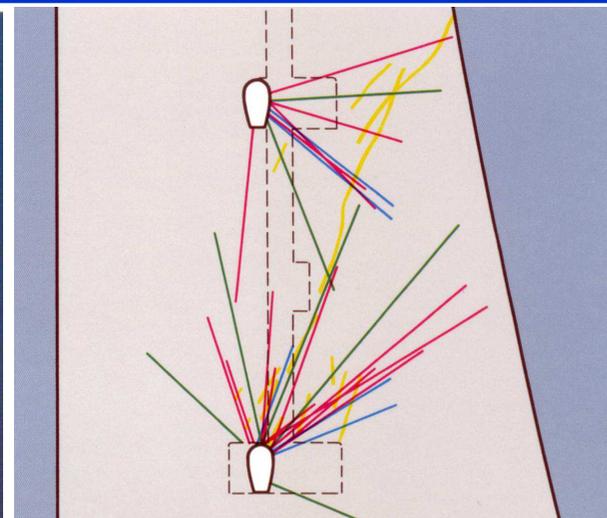
El Cajon - HONDURAS 1980/85



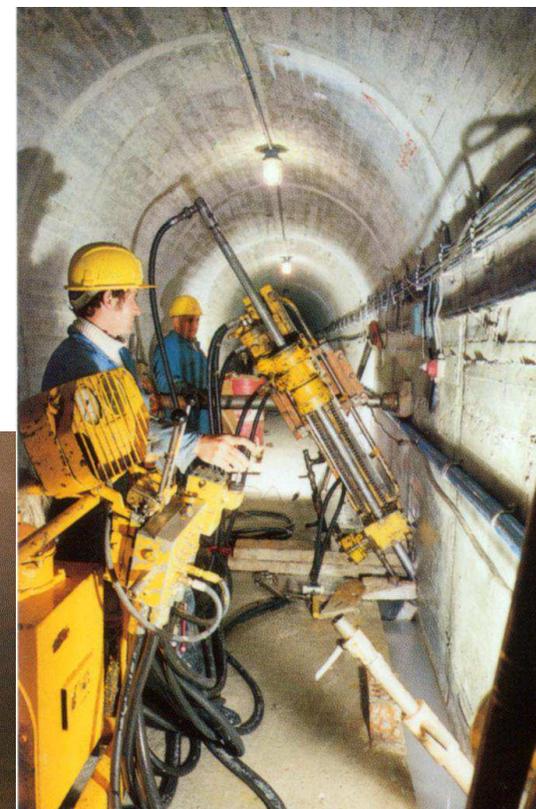
DIGA AD ARCO:

- ❑ 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

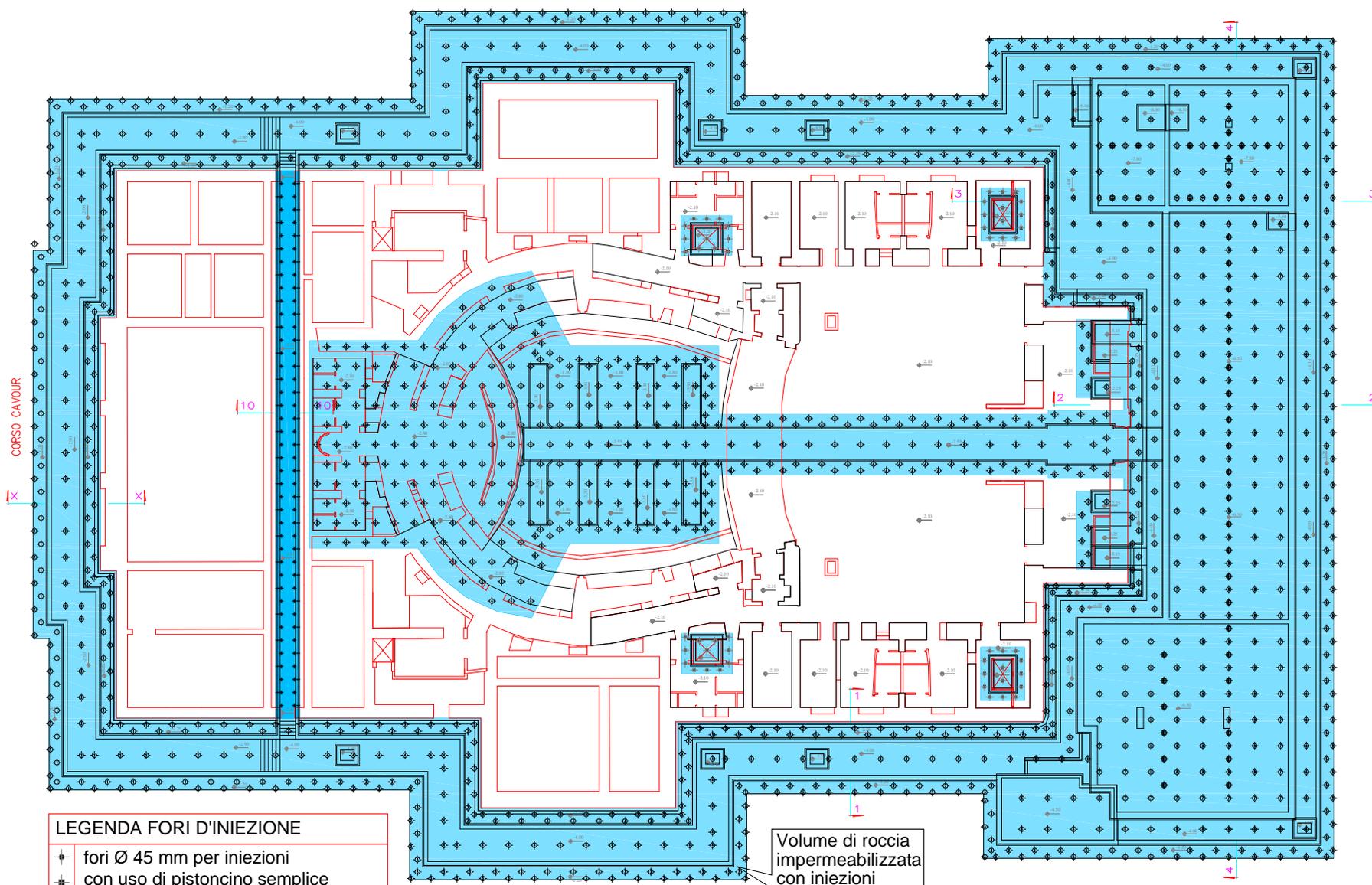


*Diga di Kolbrein - Austria
Iniezioni di sutura nel corpo diga e nella roccia d'imposta con
procedimento RODUR*



TEATRO PETRUZZELLI – BARI
Progetto di restauro e recupero funzionale
Vitone & Associati – Garrasi 2002

PIANTA INTERVENTI DI IMPERMEABILIZZAZIONE
MEDIANTE INIEZIONI IN ROCCIA



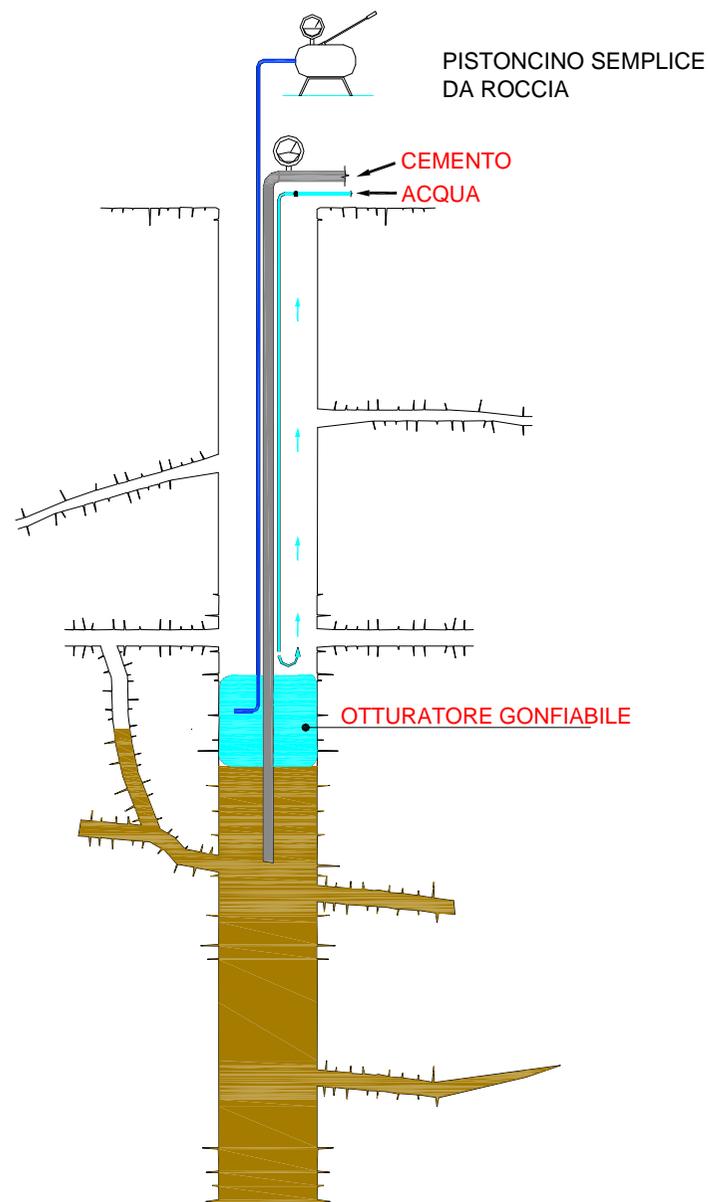
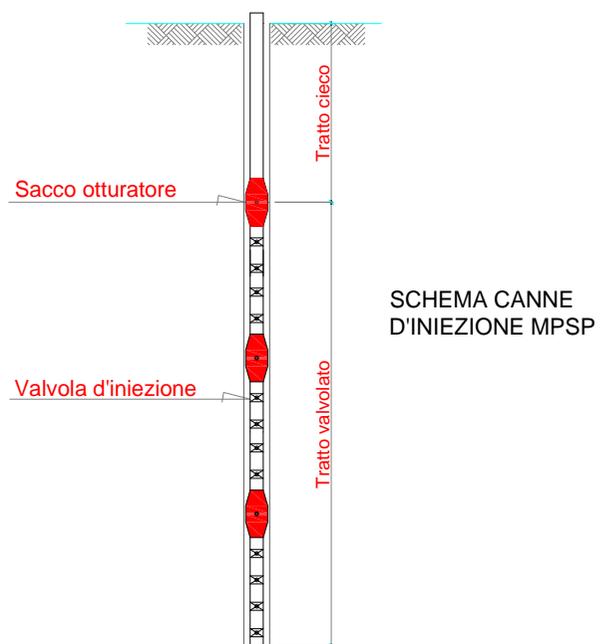
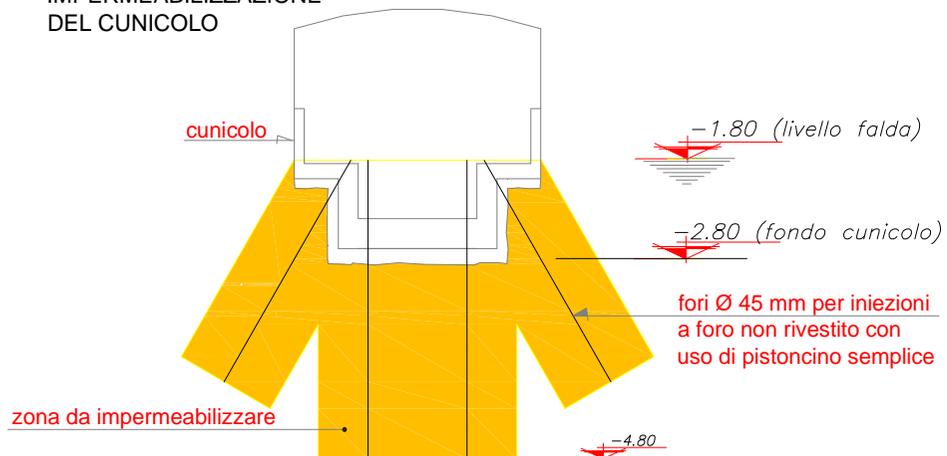
LEGENDA FORI D'INIEZIONE

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

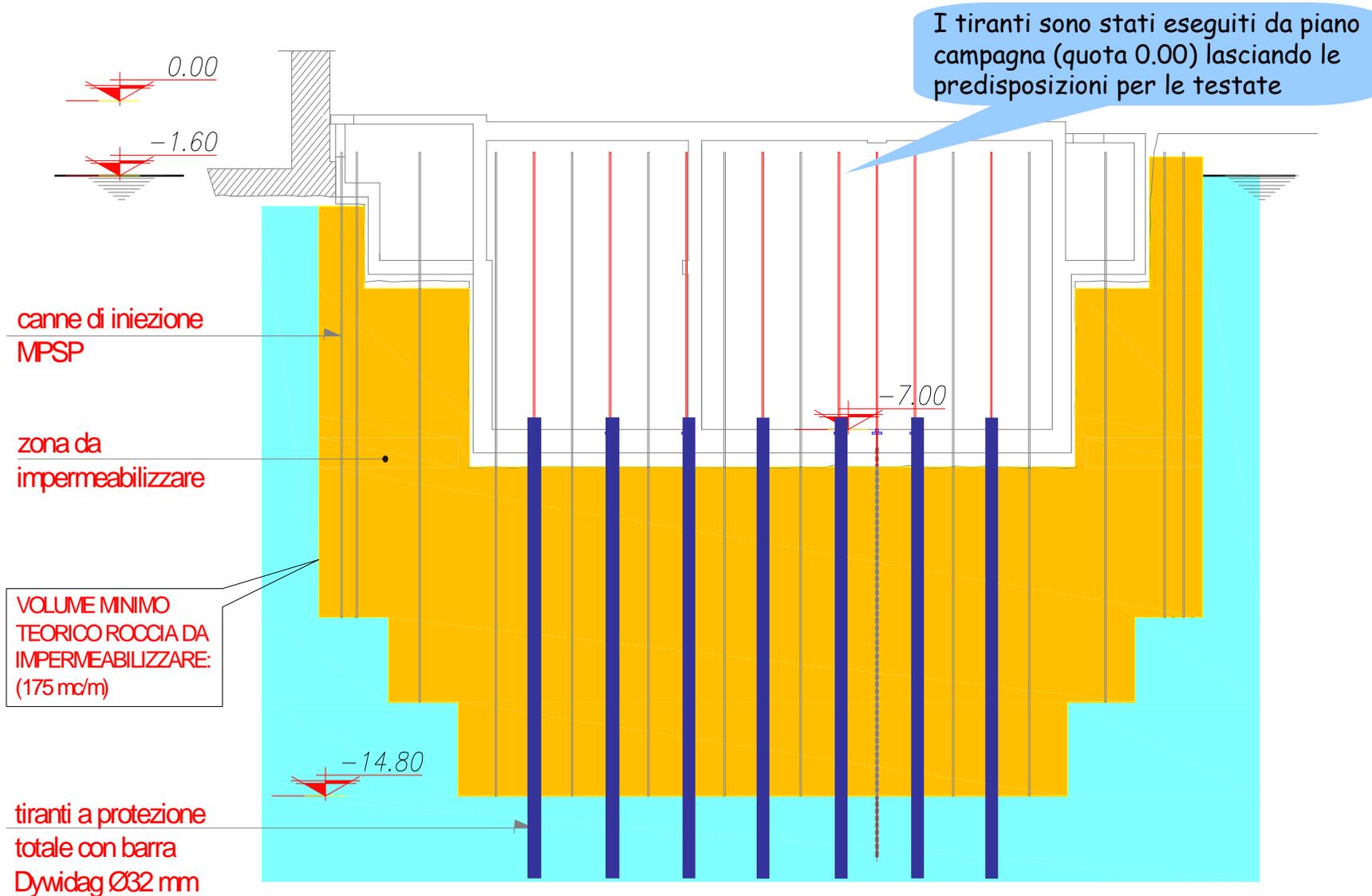
Volume di roccia impermeabilizzata con iniezioni

TEATRO PETRUZZELLI – BARI - Progetto di restauro e recupero funzionale –
Vitone & Associati – Garrasi 2002

INTERVENTI DI
IMPERMEABILIZZAZIONE
DEL CUNICOLO



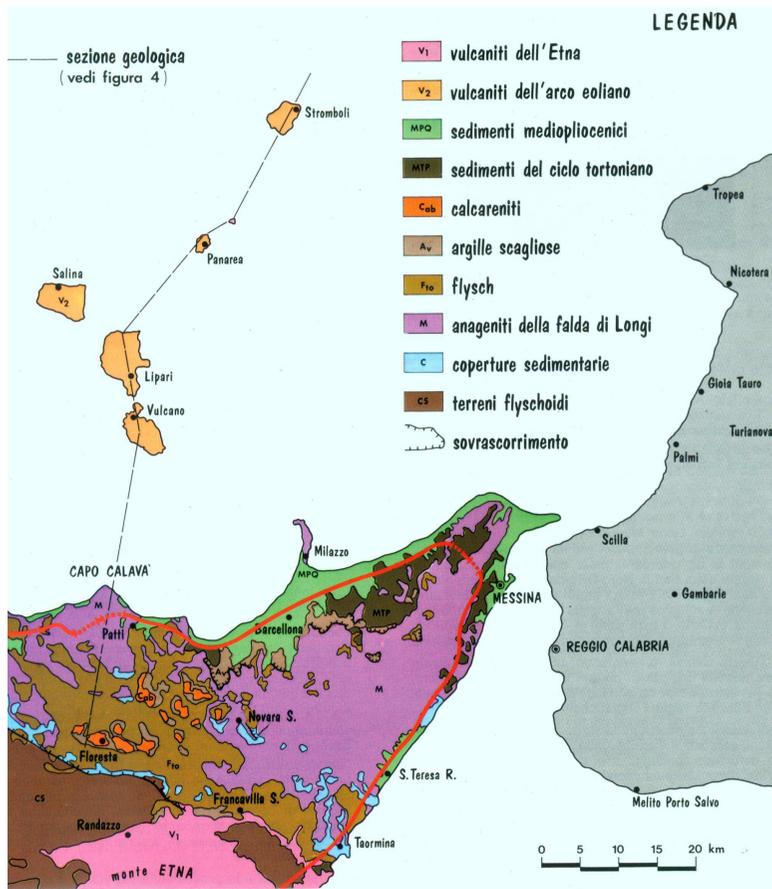
TEATRO PETRUZZELLI – BARI - Progetto di restauro e recupero funzionale
INTERVENTI DI IMPERMEABILIZZAZIONE MEDIANTE INIEZIONI IN ROCCIA :
SEZIONE VASCA RISERVA IDRICA ANTINCENDIO - Vitone & Associati – Garrasi 2002



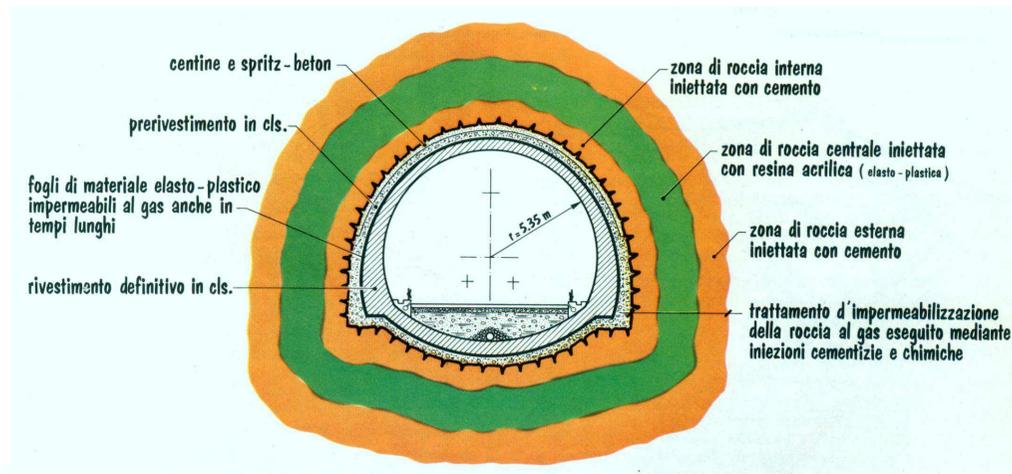
TEATRO PETRUZZELLI – BARI - Progetto di restauro e recupero funzionale - Vitone & Associati – Garrasi 2002
TIRANTI DI PLACCAGGIO VASCA RISERVA IDRICA ANTINCENDIO - IMPRESA RODIO



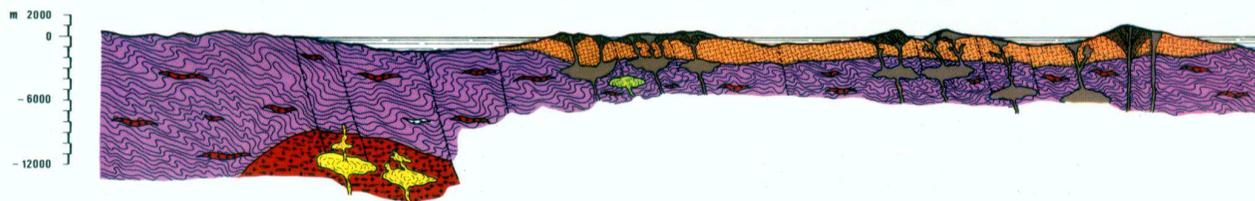
Ing. Nuzzi



Autostrada ME-PA
Attraversamento della galleria 'Capo CALAVA' in presenza di gas tossici in pressione.
Impresa RODIO - studi e sperimentazioni : 1973-76
- iniezioni e scavo: 1976-77



CAPO CALAVA
 ISOLA di VULCANO
 ISOLA di LIPARI
 ISOLA di PANAREA
 ISOLA di BASILUZZO
 ISOLA di STROMBOLI



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

Composizione gas (in volume):

98.07% CO₂
 0.08% H₂S (800 ppm contro 10 ppm)
 0.61% metano
 1.24% O + N

T ~ 35°
 p ~ 1.8 atm