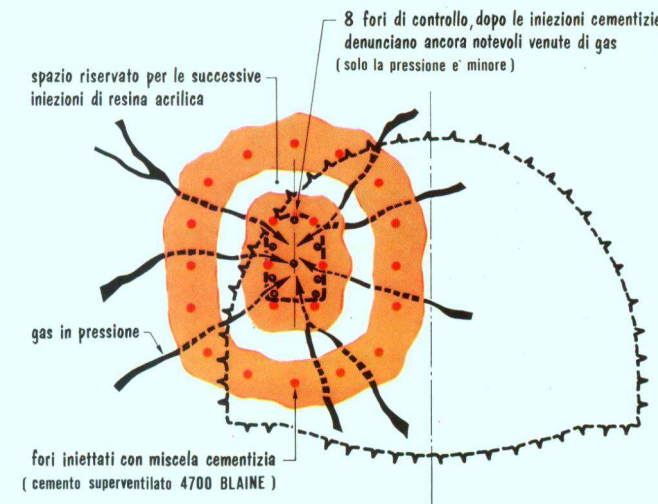
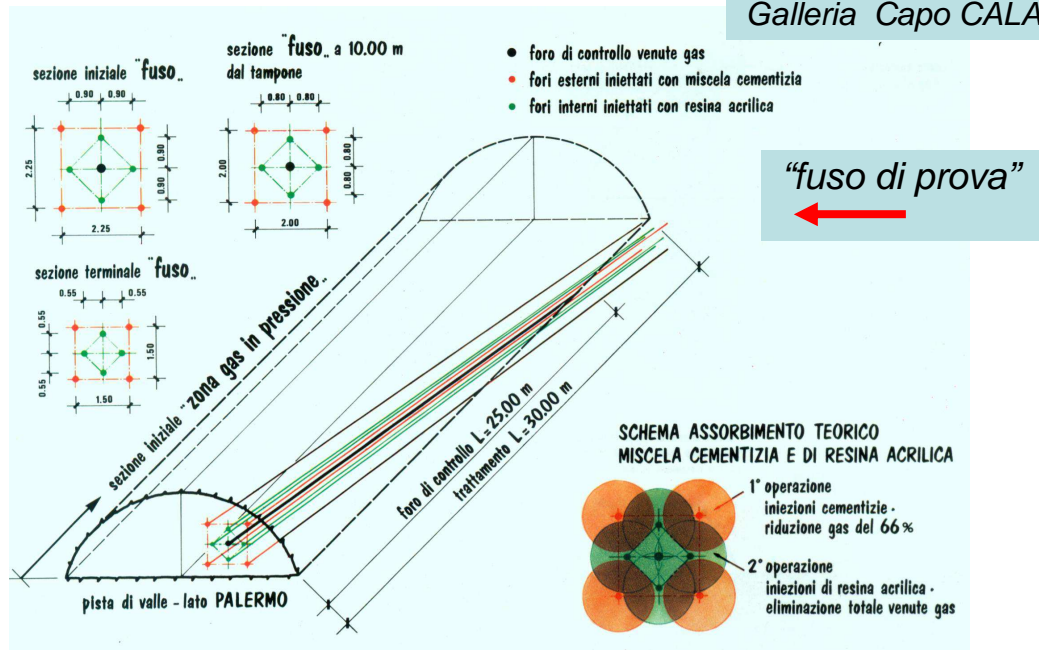


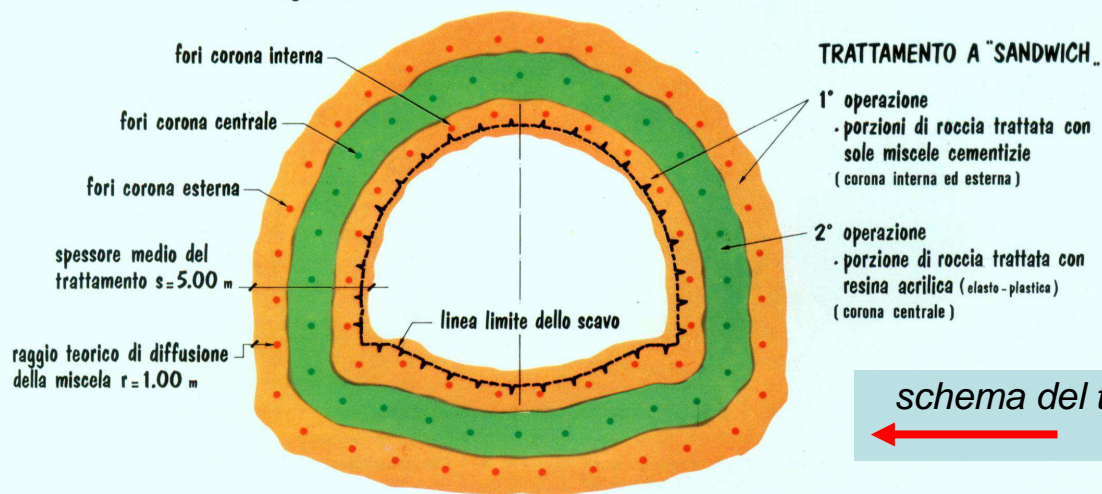
Galleria Capo CALAVA' :
sezioni geologiche longitudinali.

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

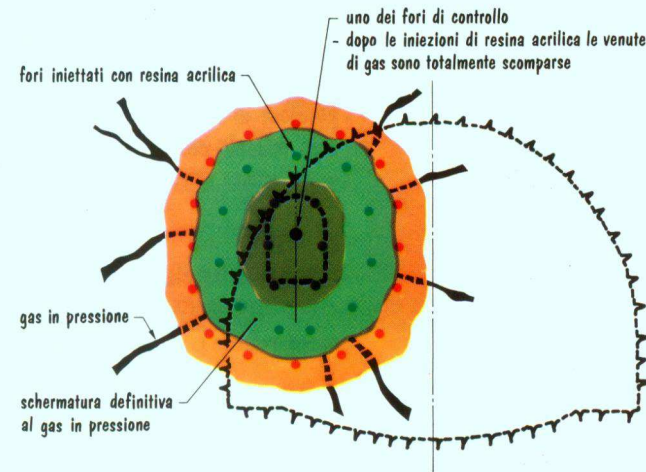
Galleria Capo CALAVA' - Rodio : 1973-77



SEZIONE B-B (vedi figura 10)



schema del trattamento adottato



cunicolo di prova:
- A = 6 mq
- L = 30 m

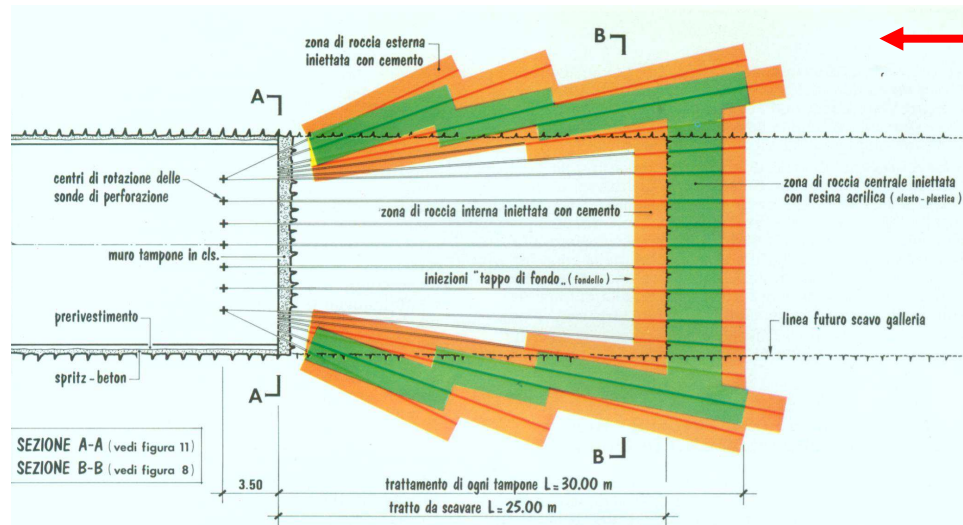
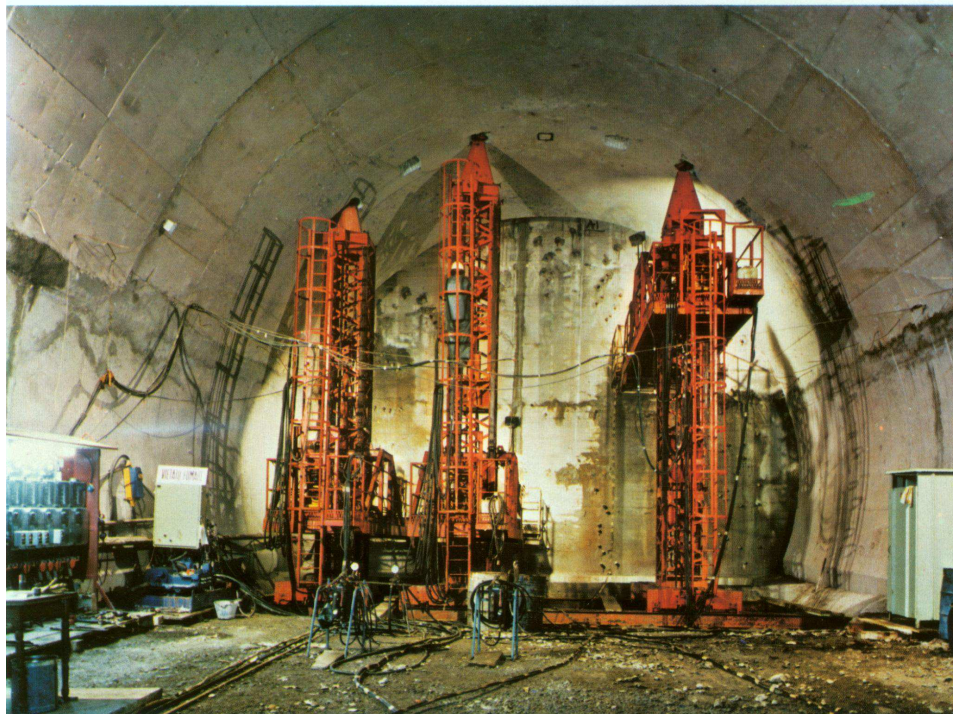
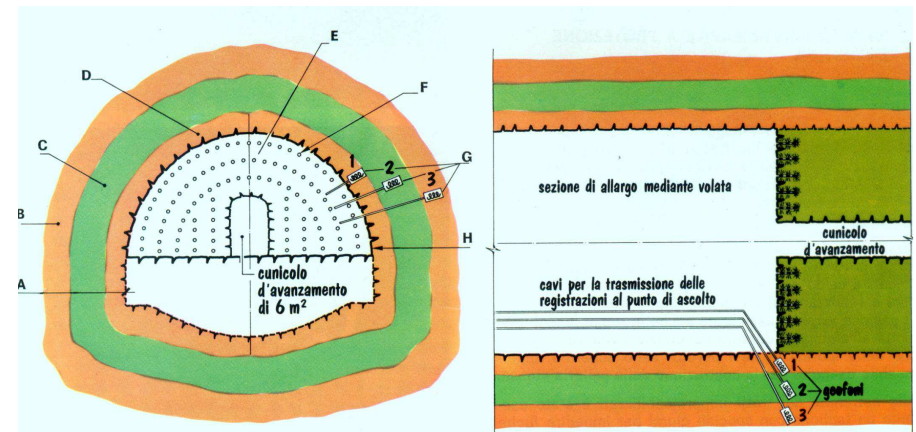


Fig. 11 - Il trattamento tipo di una tratta di 25 m di lunghezza, visto in pianta.
 Vue en plan du traitement standard d'un tronçon de 25 m de longueur.
 Plan view of standard treatment of tunnel portion 25 m long.

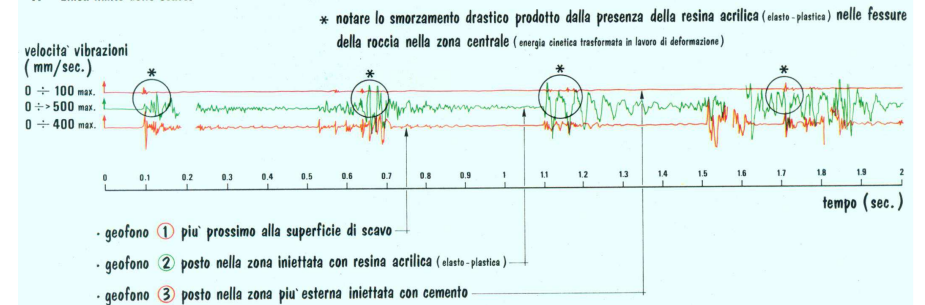


Galleria Capo Calavà - Geometria del trattamento in pianta per una tratta standard da 30.00 m (25.00 m scavabili)

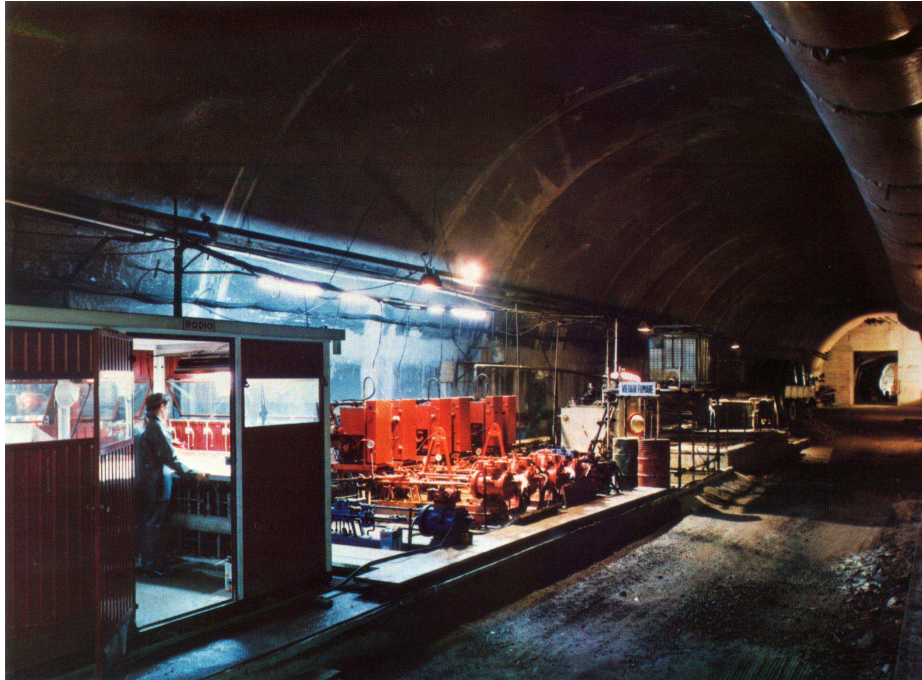
Geometria dei fori di volata del cunicolo centrale con i geofoni



- 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.



Una delle due centrali d'iniezione, completamente automatizzate



Galleria Capo Calavà – Rodio : 1973-77

Particolare della roccia trattata: si possono notare le fessure finissime (linee bianche) riempite di resina acrilica



Autostrada ME-PA

Attraversamento della galleria Capo CALAVA' in presenza di gas tossici in pressione.

Impresa RODIO : 1973-1977

Impresa generale : Geom. Leone Collini S.p.A.

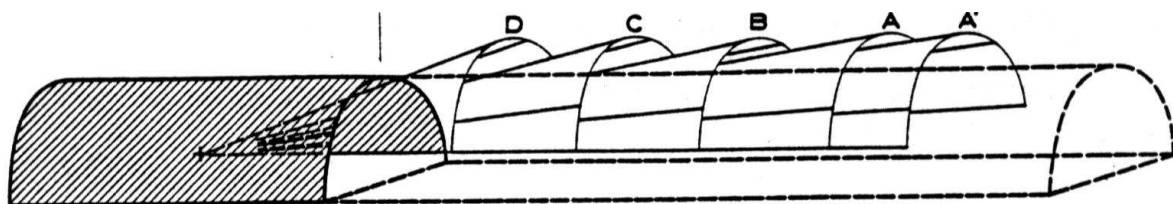
Progetto e Direzione Lavori : Technital

- rinvenimento gas e sospensione lavori : luglio 1973
- sondaggi, prove e sperimentazioni per la messa a punto del progetto : luglio 1973 – aprile 1976
- foratura ultimo tampone : 17 settembre 1977
- completamento totale lavori da parte dell'Impresa Generale : luglio 1978
- perforazioni : 100.000 m (corone diamantate \varnothing 46 mm)
- volume teorico roccia trattata : 150.000 mc di cui
 - 100.000 mc con iniezioni cementizie
 - 50.000 mc con iniezioni di resine
- pressioni max d'iniezione
 - 95 bar per le iniezioni cementizie
 - 55 bar per le iniezioni di resine
- incidenza media perforazione per mc di roccia trattata : 0.67 m
- avanzamento medio di perforazione : 40 m/turno sonda, comprensivo delle contemporanee operazioni d'iniezione
- tempo medio per l'impermeabilizzazione di una tratta da 30 m : 45.5 giorni lavorativi
- lunghezza della tratta interessata : 250 m



INFILAGGI

S.S. Dervio (Como)- Galleria Dorio, 1984
Infilaggi lunghi 19 m, in terreno
morenico.
RODIO - 1984

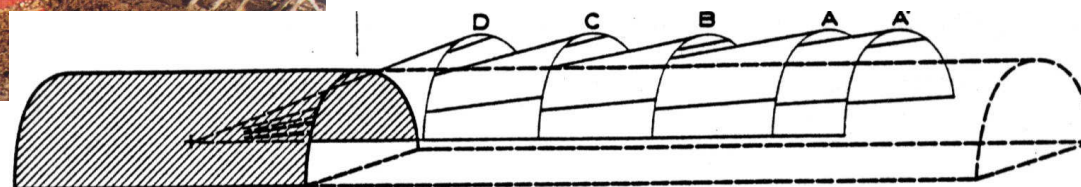




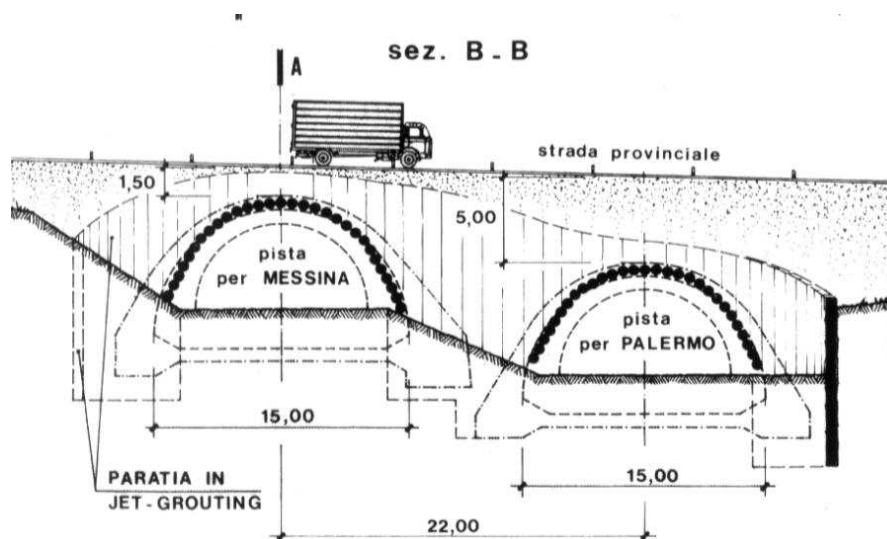
PREMILL

Realizzazione, in avanzamento, di "gusci" troncoconici estradossati, in spritz-beton fibrorinforzato ($s \sim 15$ cm).

Si utilizza una fresa piana (tipo "motosega") per il taglio ed un robot per il getto dello spritz-beton.







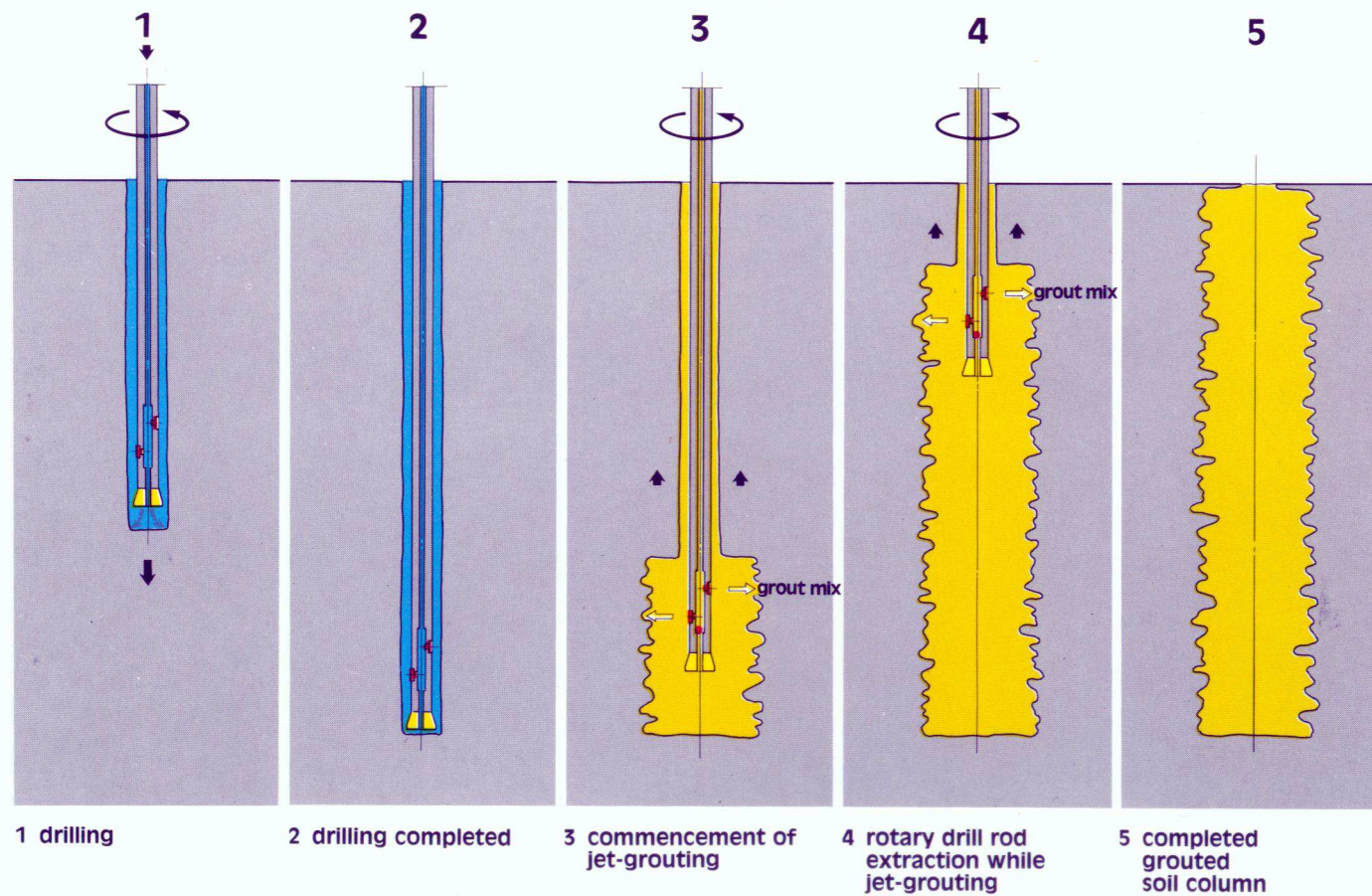
*CONSOLIDAMENTO e/o
IMPERMEABILIZZAZIONE
DEL TERRENO MEDIANTE
JET-GROUTING*



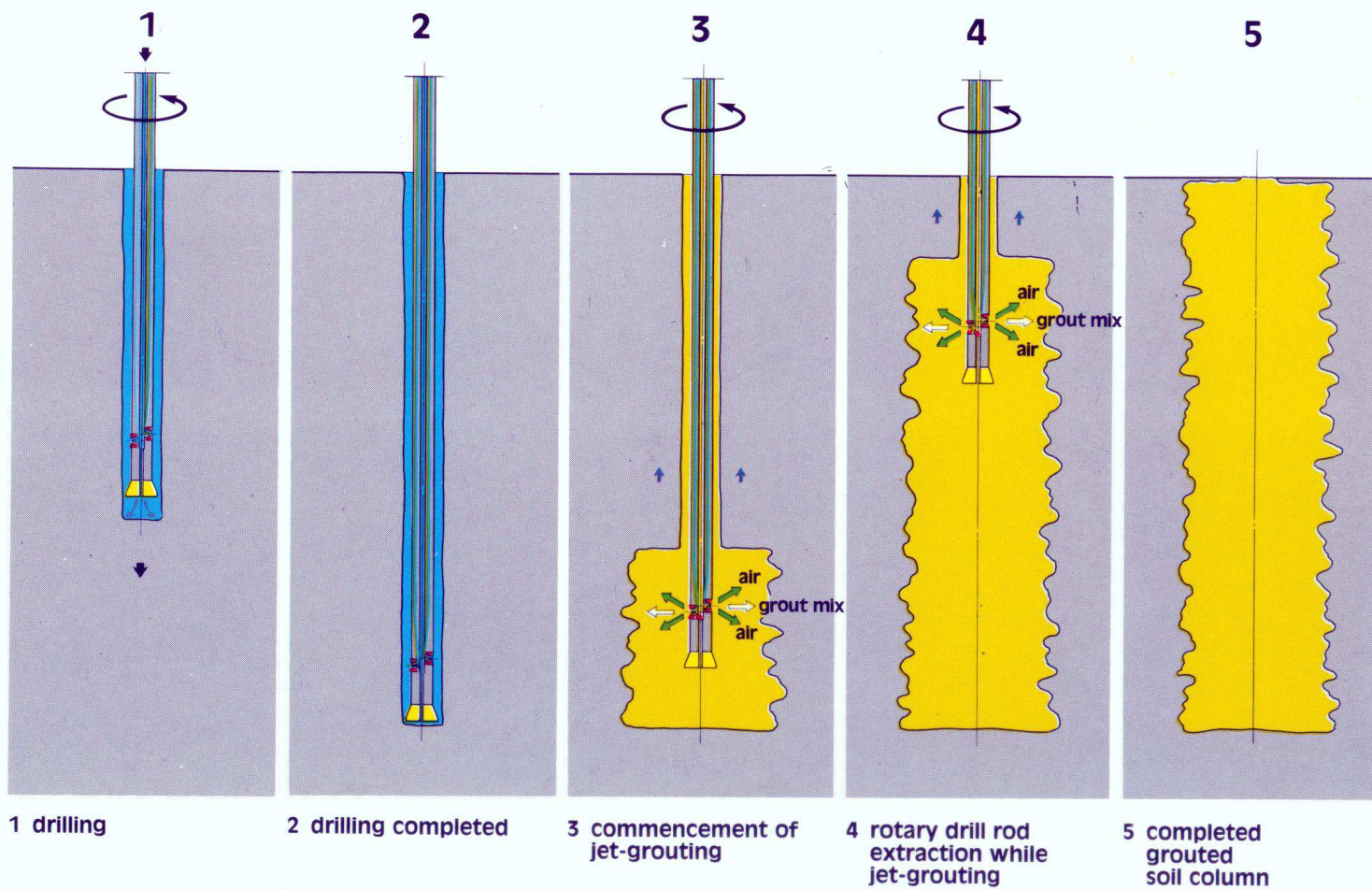
Foto 12 - Galleria S. Elia - Imbocco lato Messina.

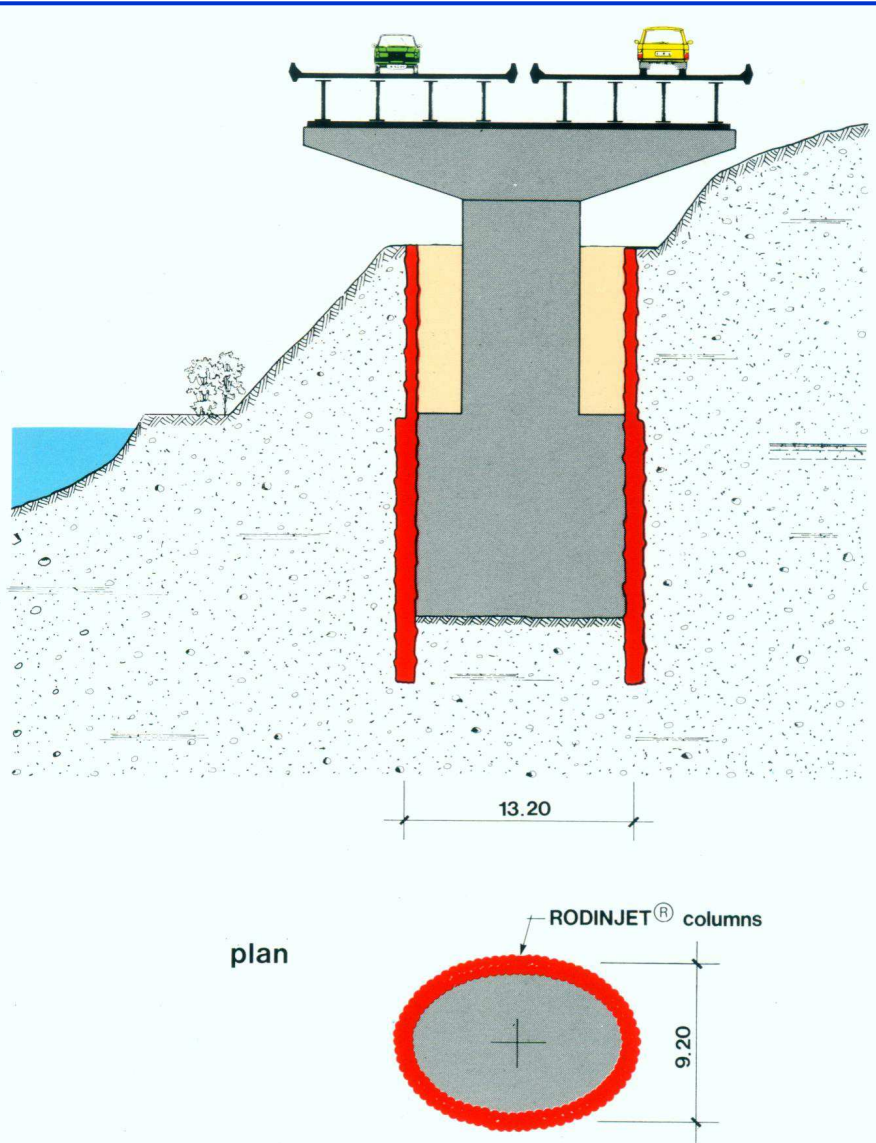


RODINJET[®] 1 - single fluid system
working phases-uncased borehole



RODINJET[®] 2 - two fluid system working phases-uncased borehole





UDINE · CARNIA · TARVISIO motorway

CHIUSAFORTE lot 5

soil treatment to allow the excavation of the piers foundations

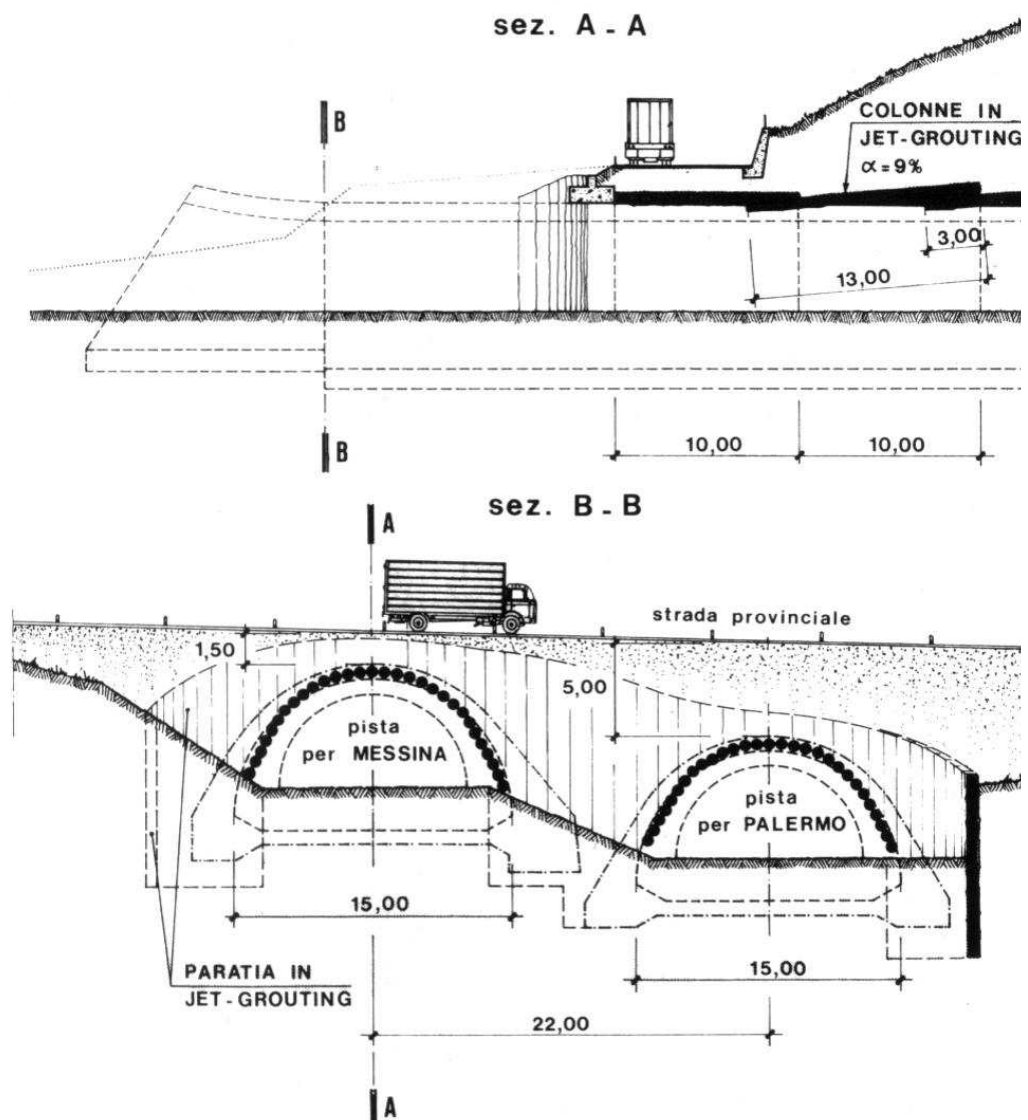


Fig. 11 - Autostrada Messina-Palermo - Galleria S. Elia.



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



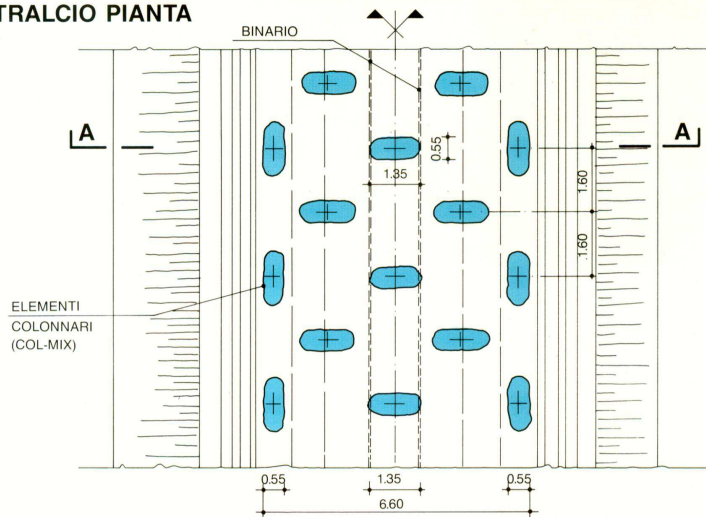
Foto 13 - Galleria S. Elia - Imbocco lato Messina visto dalla strada provinciale Cefalù-Gibilmanna.



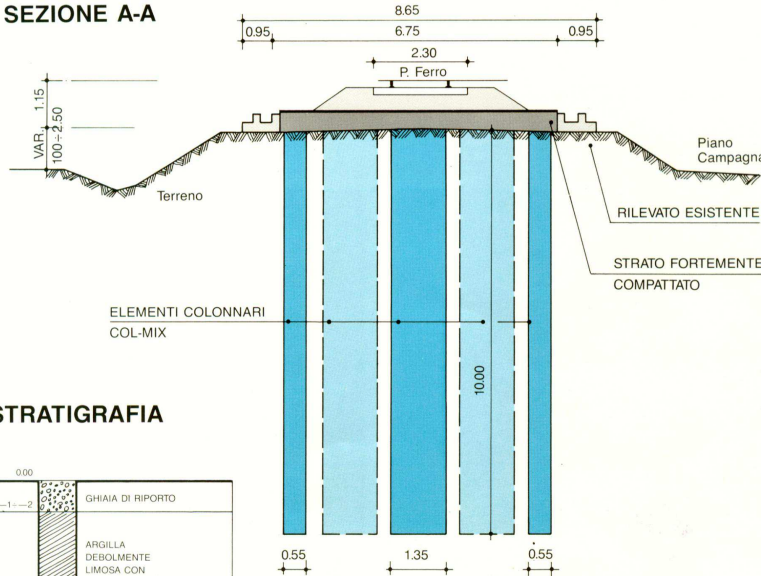
*MISCELAZIONE PROFONDA
Sistema RODIO*



STRALCIO PIANTA



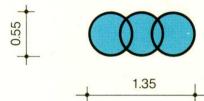
SEZIONE A-A



STRATIGRAFIA

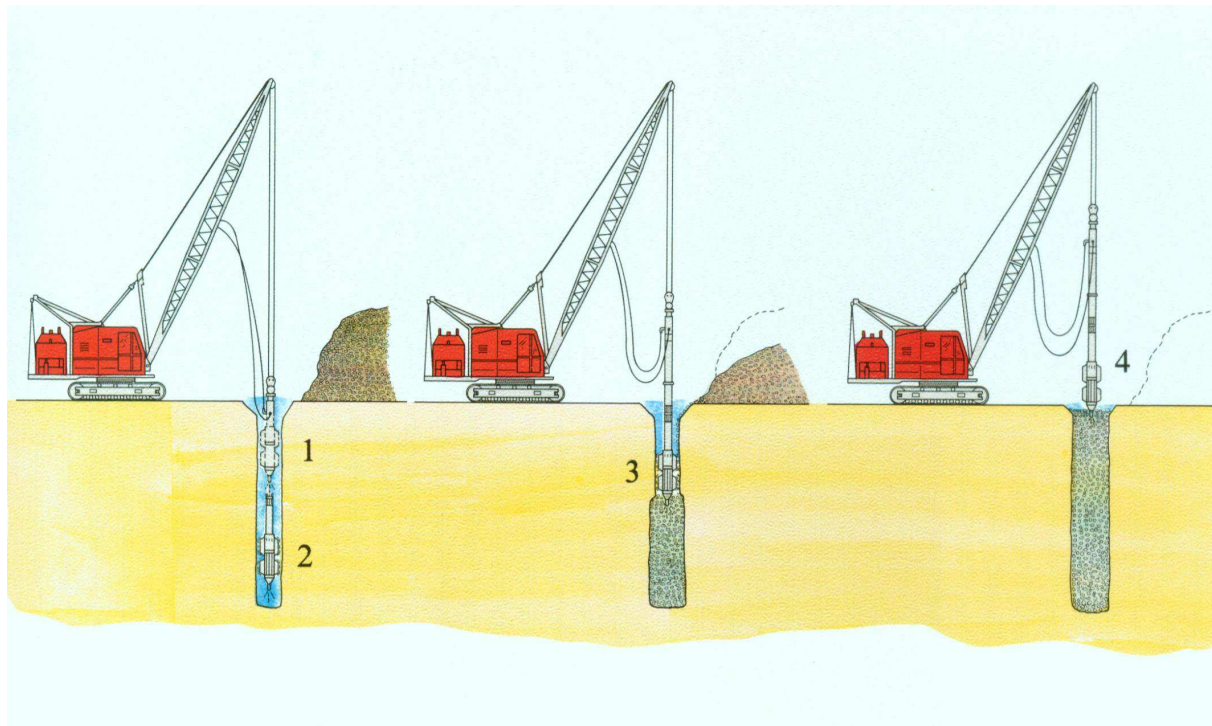


SEZIONE TIPO

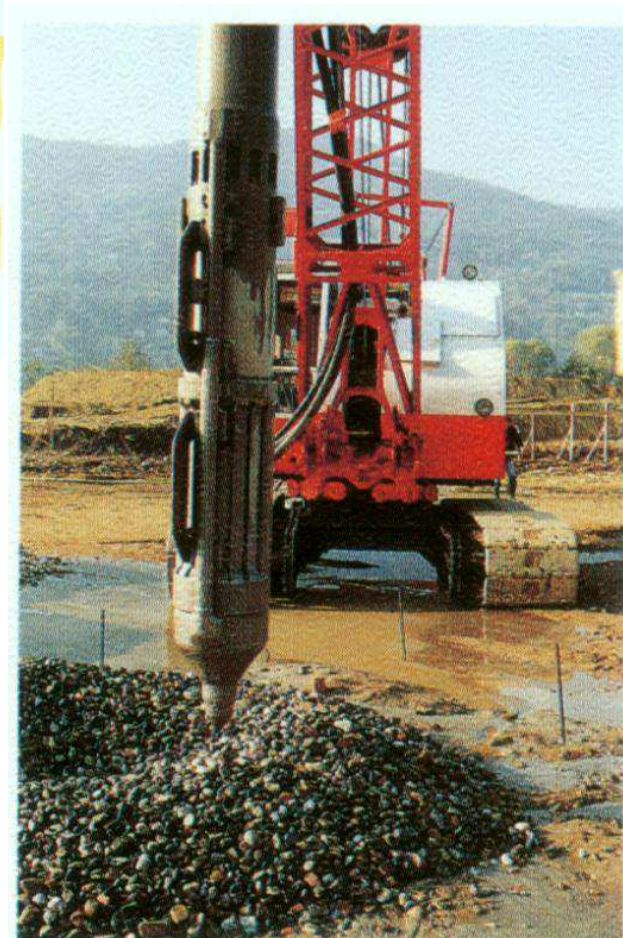


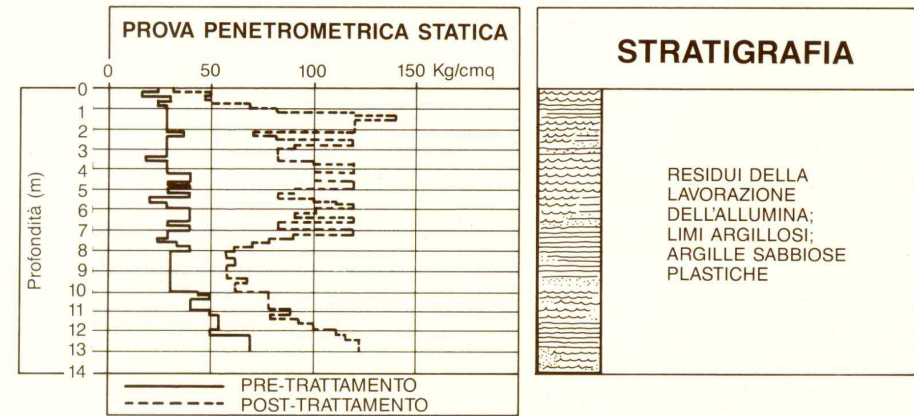
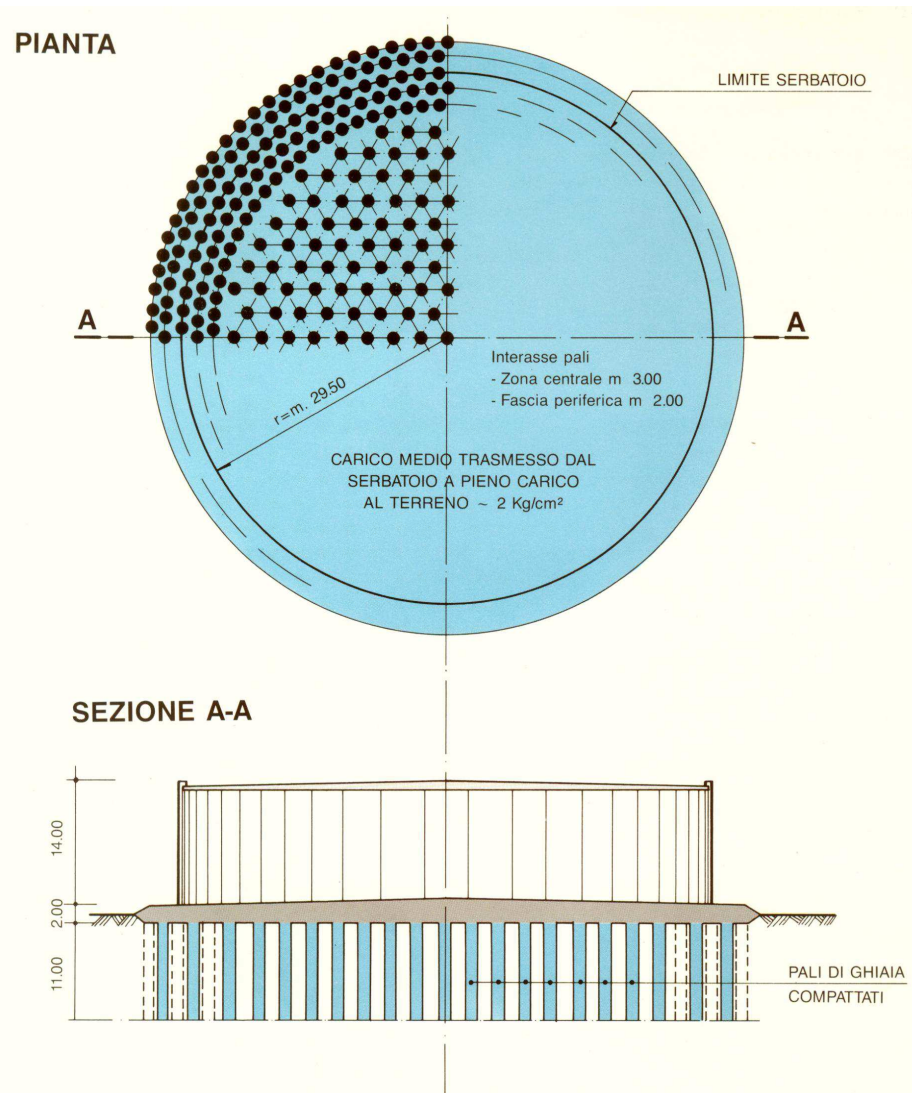
MISCELAZIONE PROFONDA
Sistema ELSE





VIBROFLOTTAZIONE

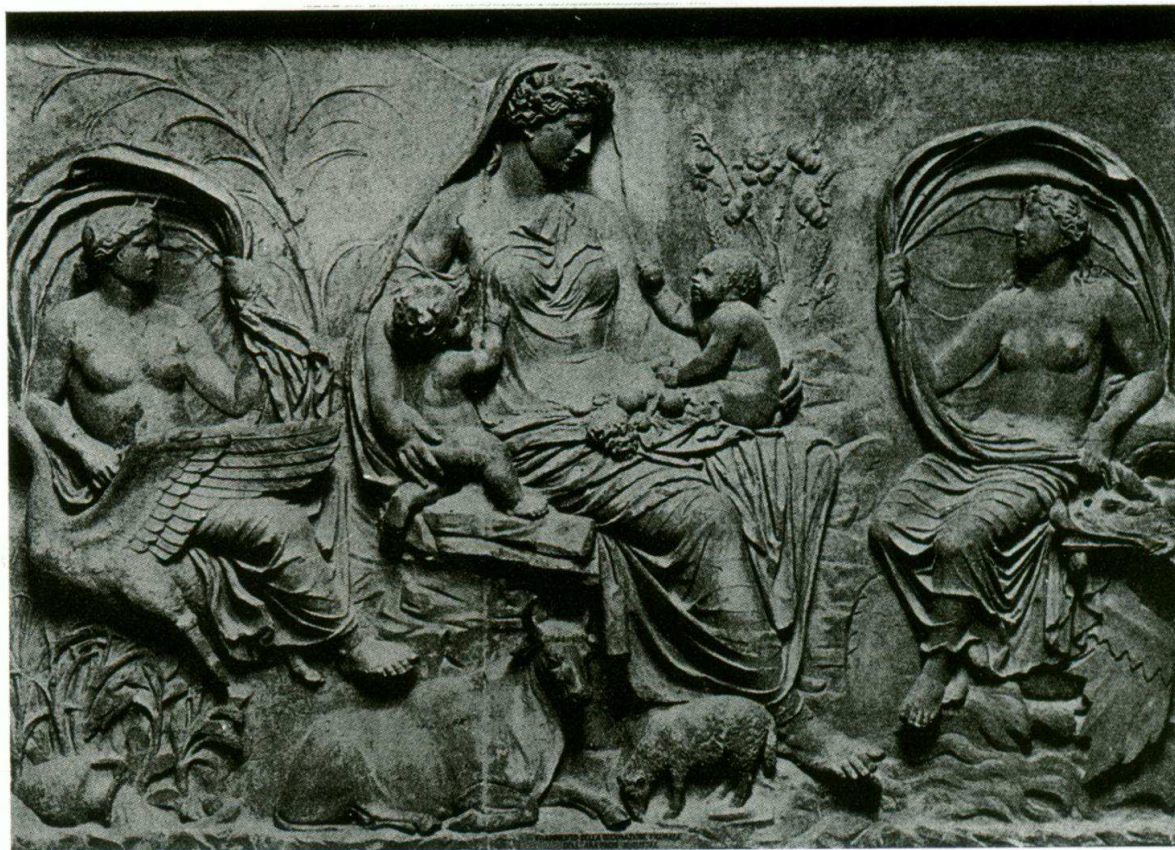




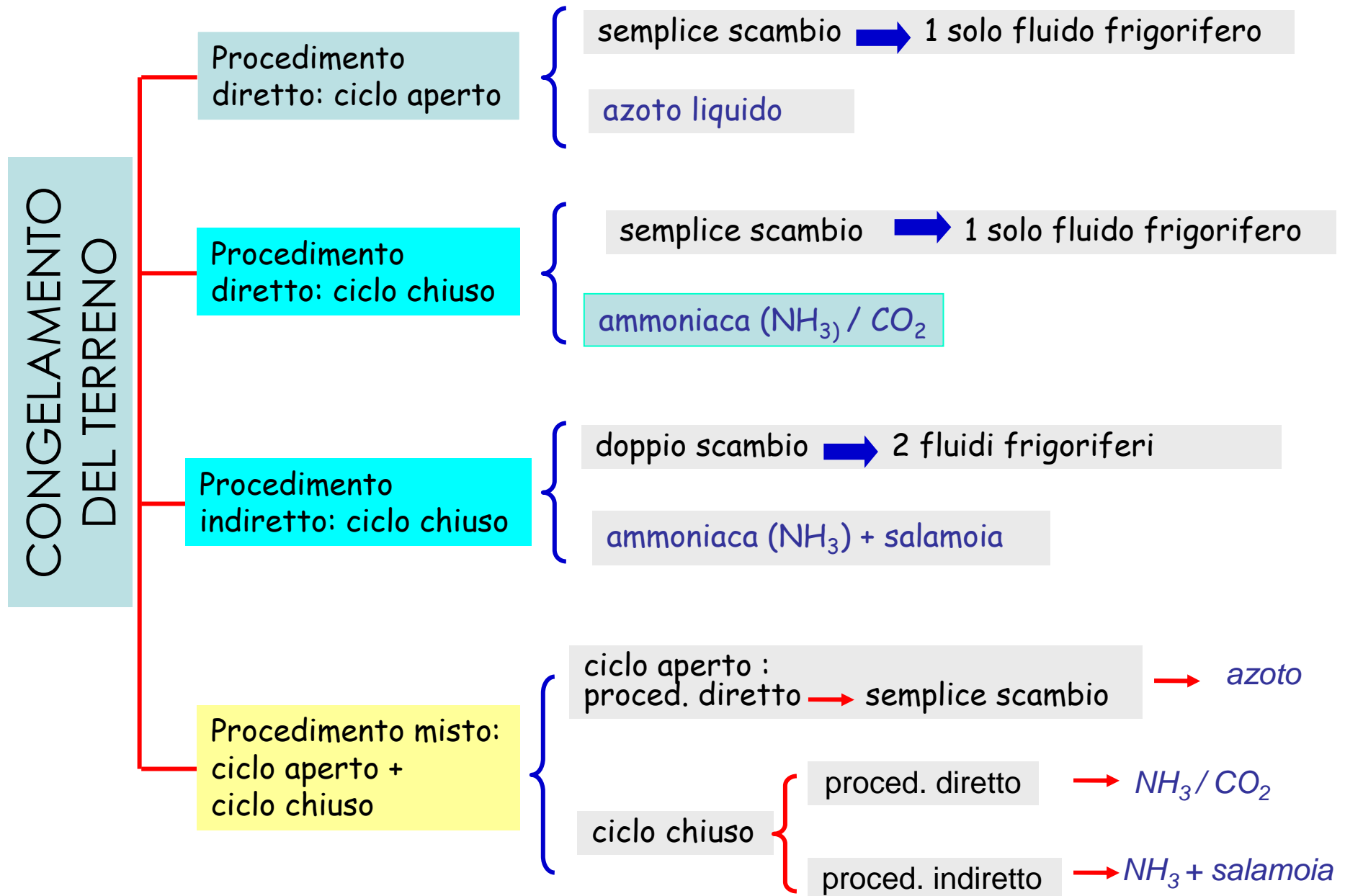
Raffineria di Venezia – Serbatoio n° 113 da 40.000 mc
 Impresa ELSE – 1978



CONGELAMENTO DEL TERRENO



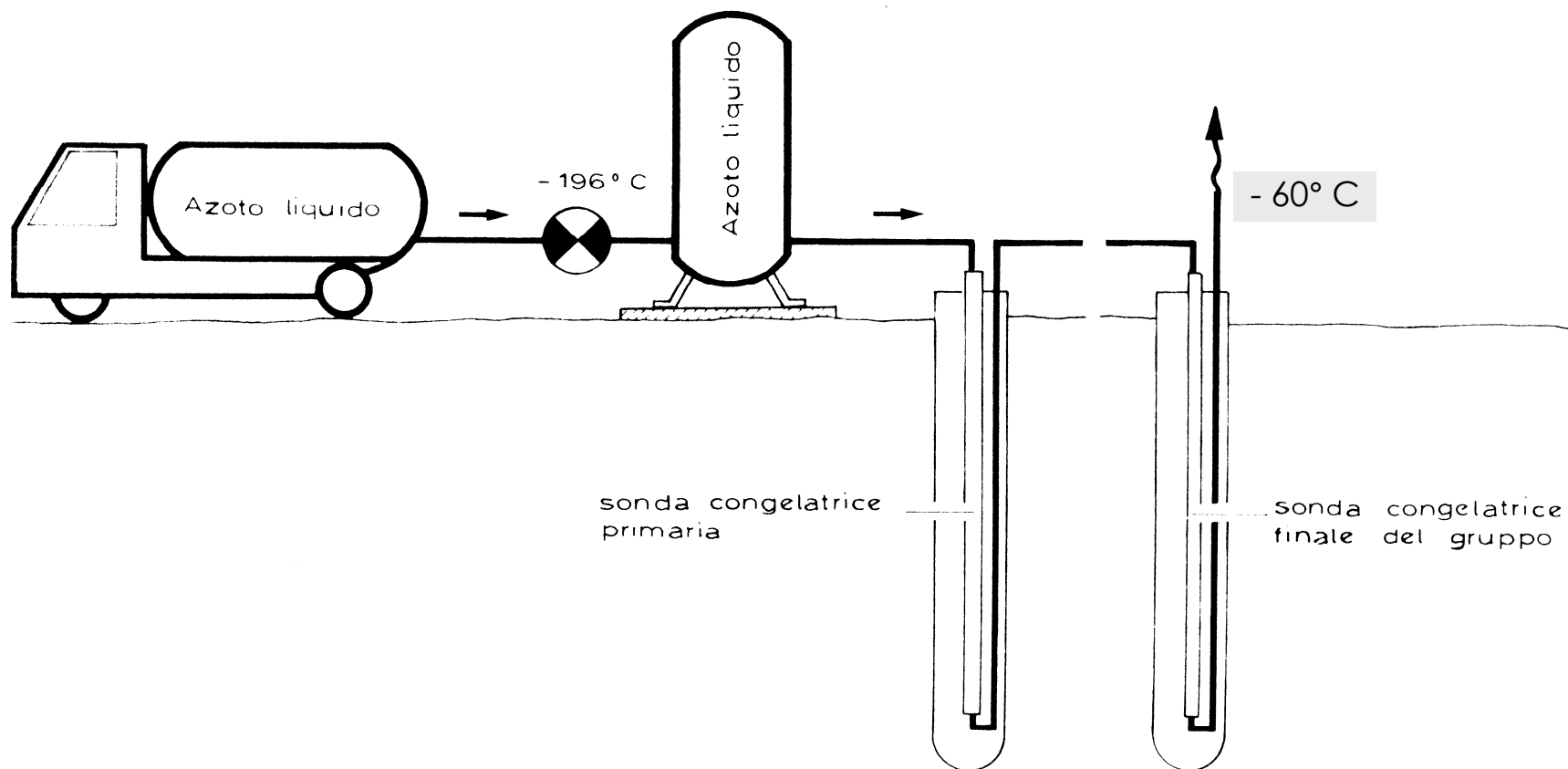
1938 – RINVENIMENTO E RECUPERO DELL'ARA PACIS AUGUSTAE
CONGELAMENTO CON CO₂ – IMPRESA RODIO



CONGELAMENTO DEL TERRENO
Procedimento diretto: ciclo aperto

semplice scambio

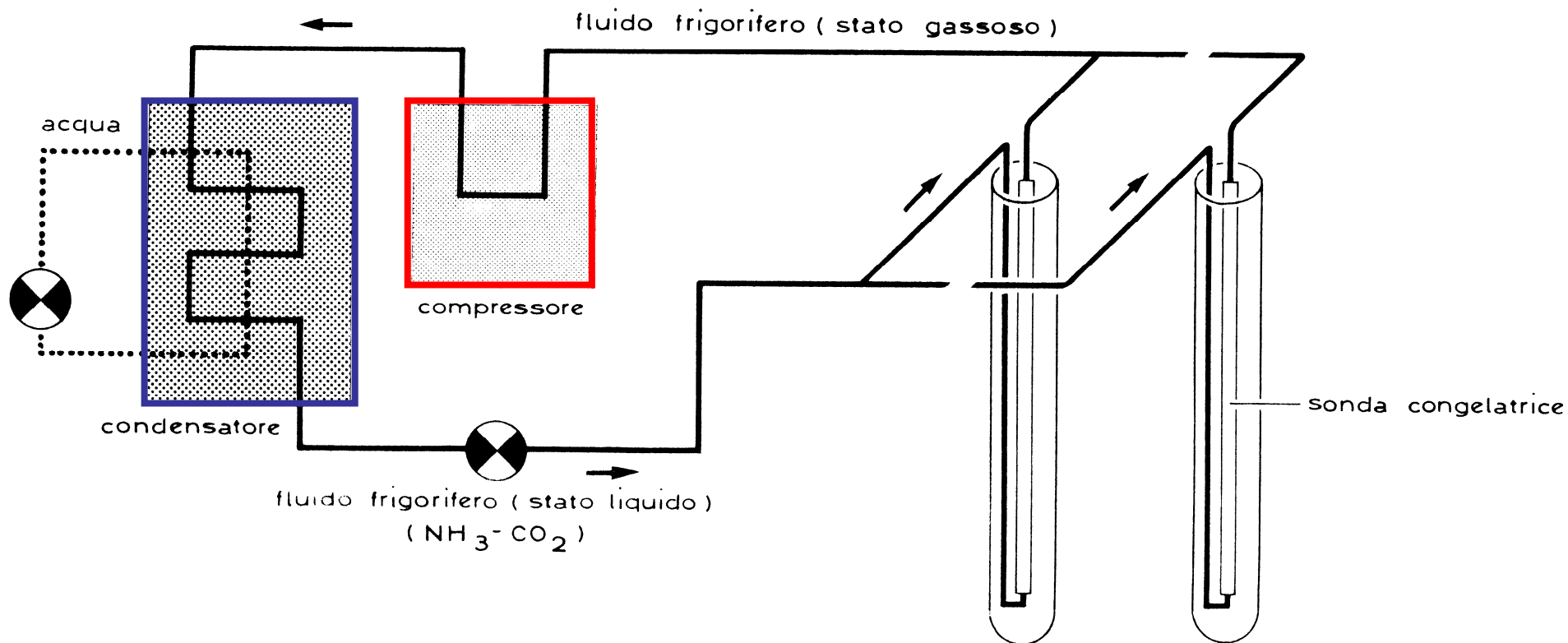
azoto liquido



CONGELAMENTO DEL TERRENO
Procedimento diretto: ciclo chiuso

semplice scambio

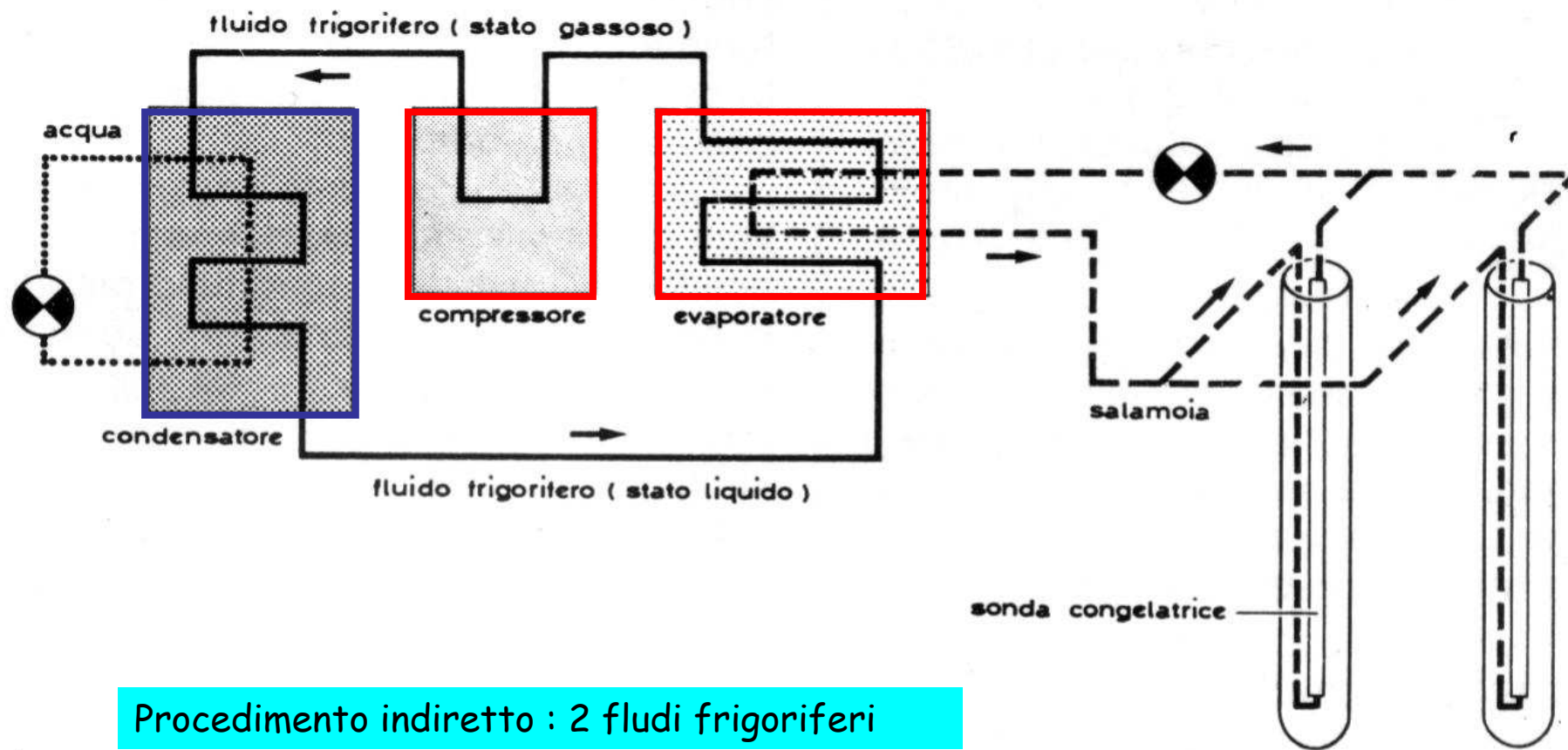
ammoniaca - CO_2



CONGELAMENTO DEL TERRENO
Procedimento indiretto: ciclo chiuso

doppio scambio

ammoniaca + salamoia

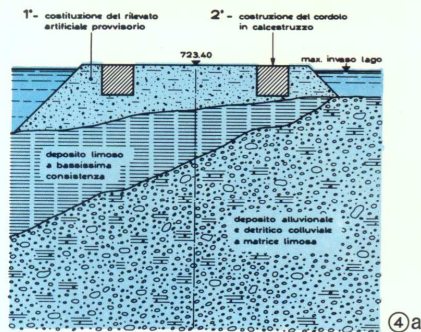


Procedimento indiretto : 2 fluidi frigoriferi



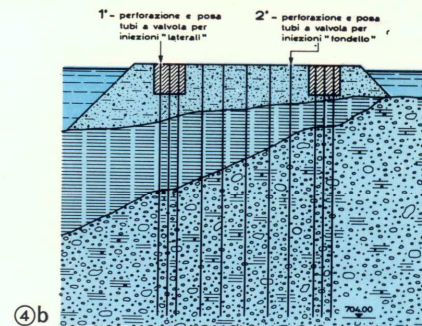
1970 – 71 Autostrada del Brennero Viadotto sul Lago di Fortezza Impresa RODIO

I FASE



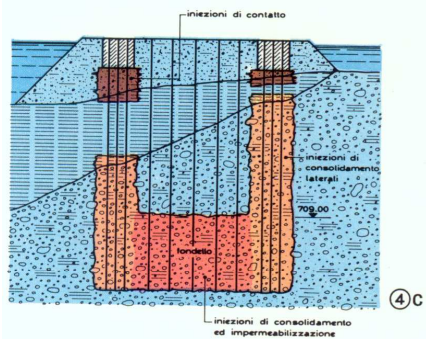
④a

II FASE - Perforazione



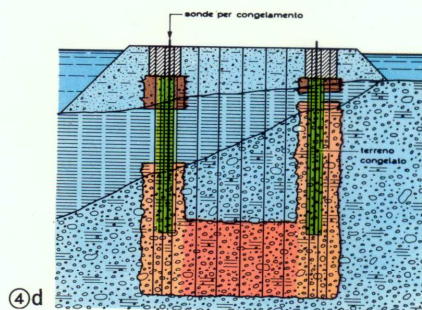
④b

III FASE - Iniezioni



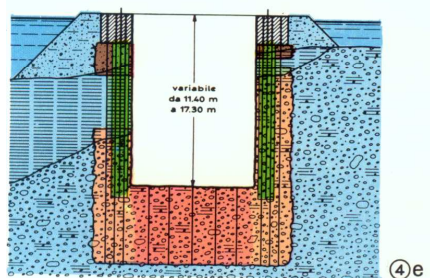
④c

IV FASE - Congelamento



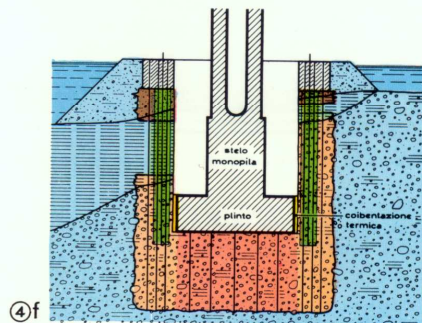
④d

V FASE - Scavo (mantenimento de congelamento)



④e

VI FASE - Getto plinto e monopila



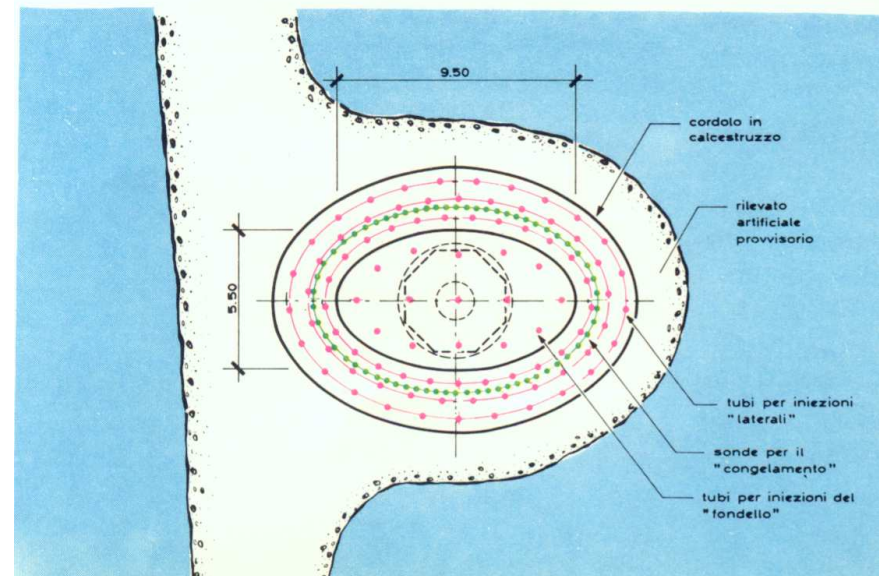
④f

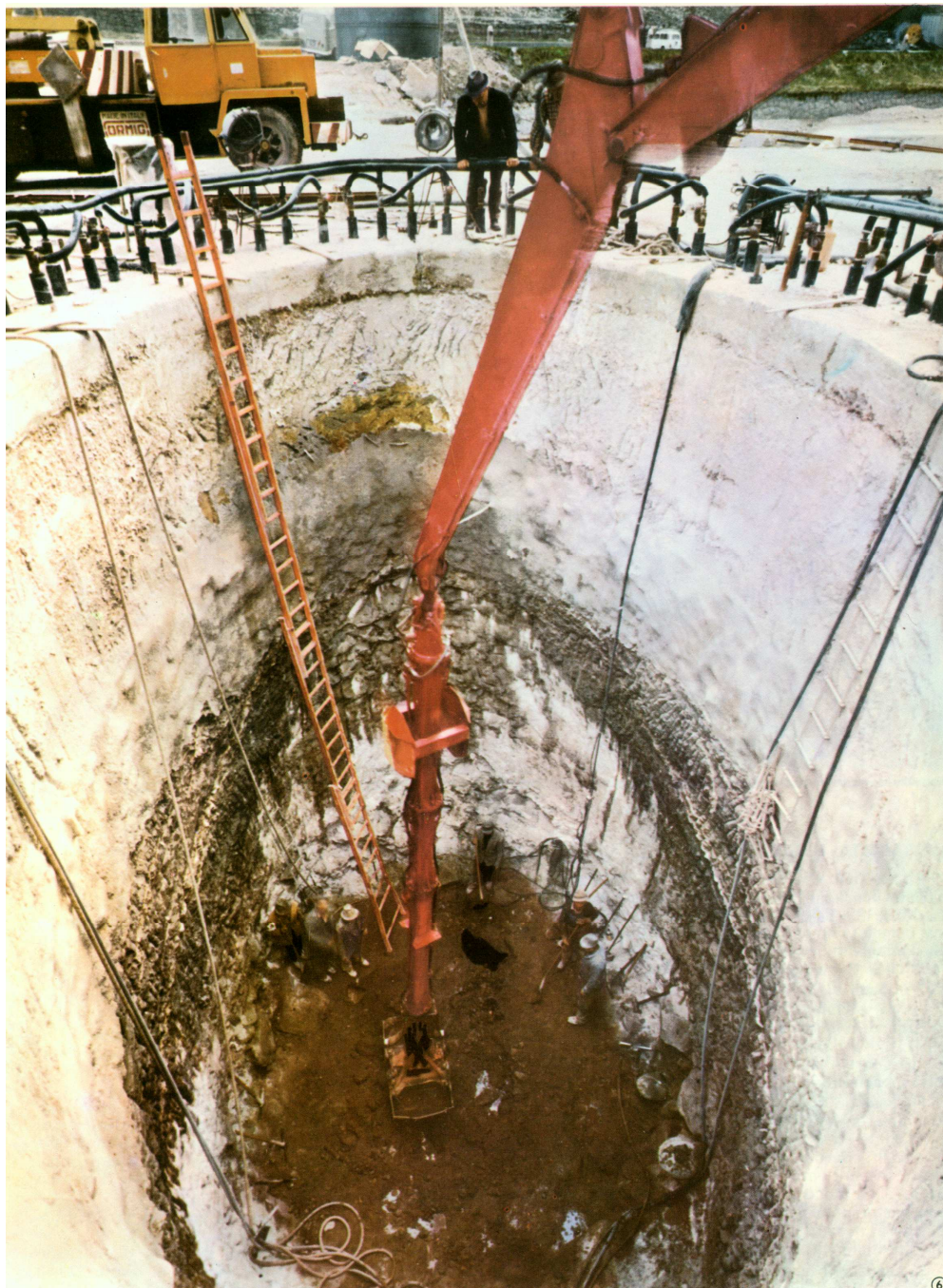
1970 - 71
Autostrada del Brennero
Viadotto sul Lago di Fortezza
Impresa RODIO

"azoto liquido"

- procedimento diretto
- ciclo aperto
- semplice scambio

Pianta di monopila con fondazione ellittica



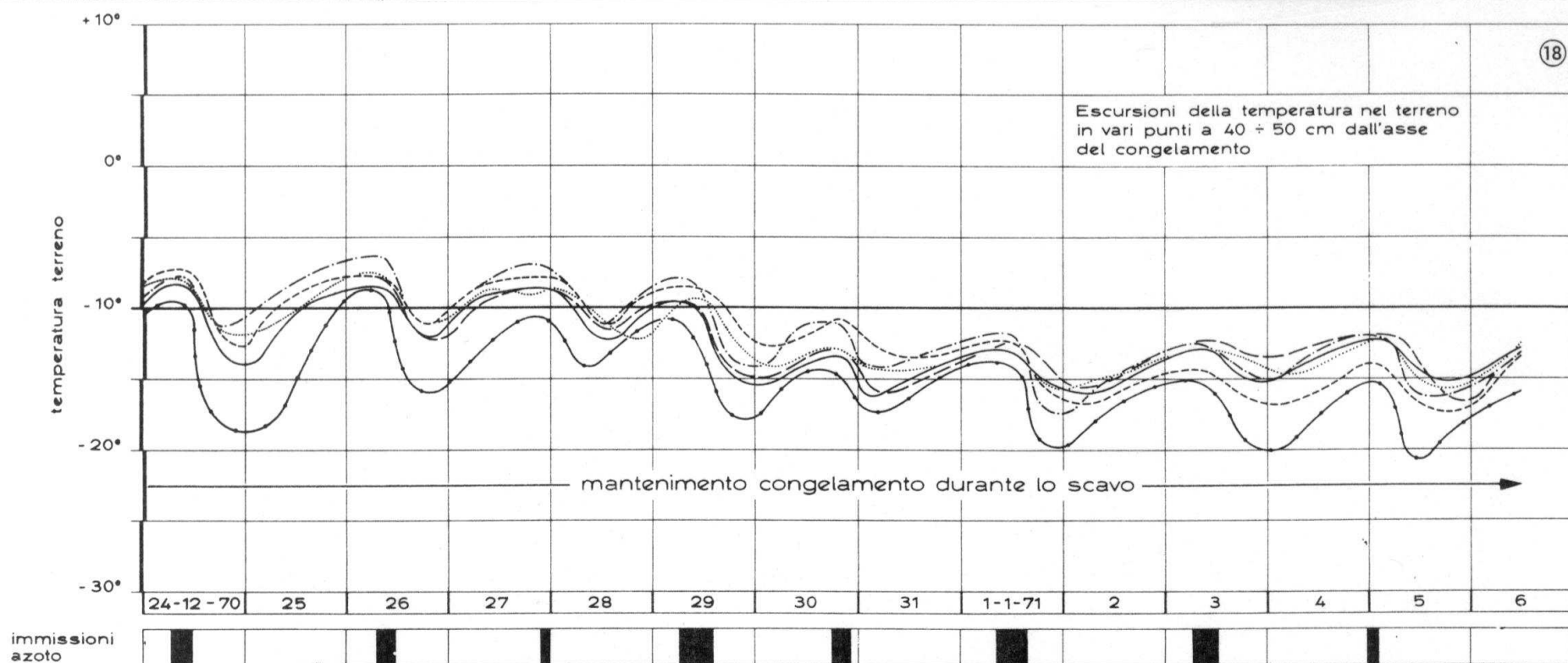


1970 - 71
Autostrada del Brennero
Viadotto sul Lago di Fortezza
Impresa RODIO

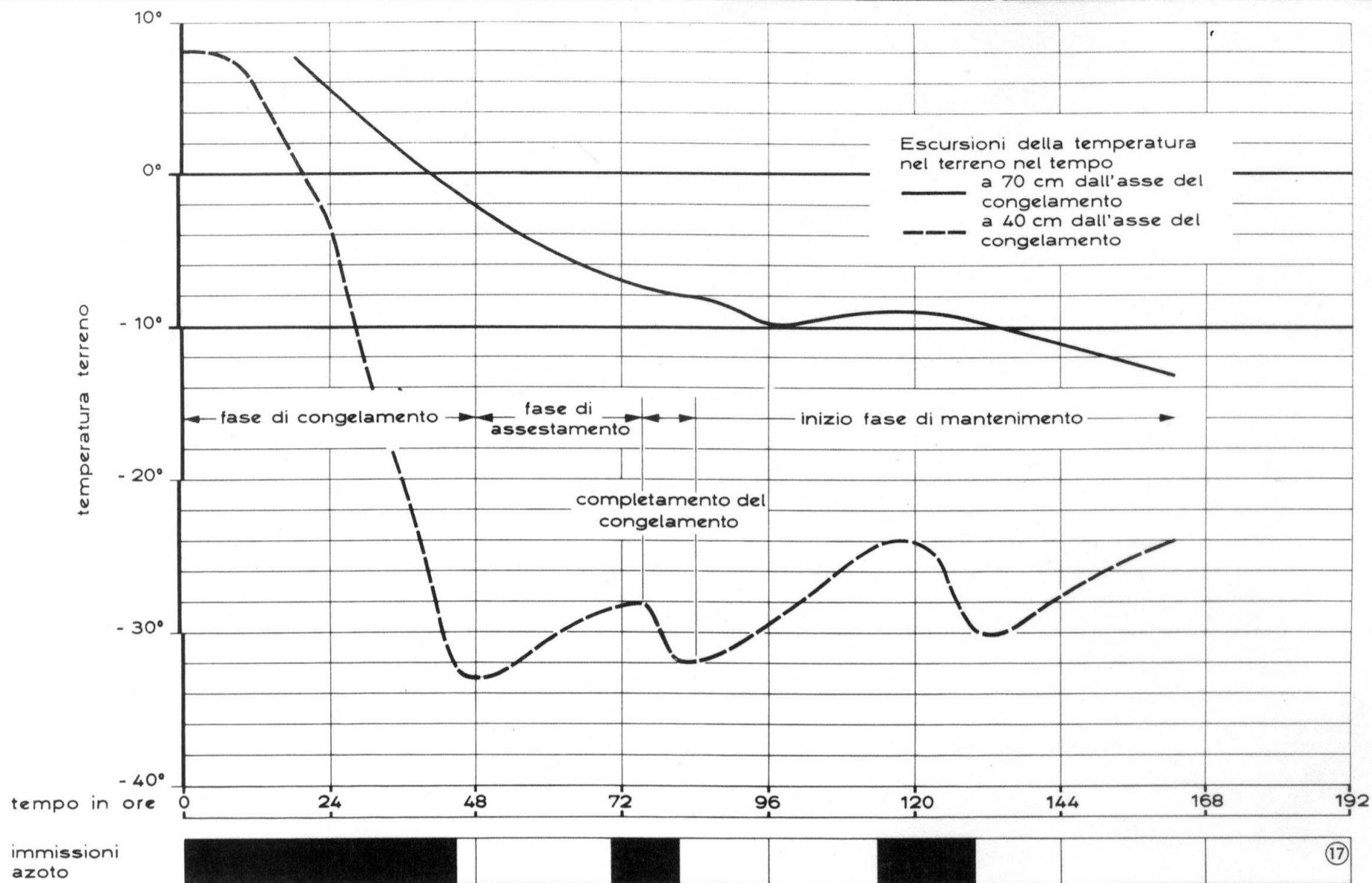
"azoto liquido"

- procedimento diretto*
- ciclo aperto*
- semplice scambio*

Il pozzo congelato in fase di scavo

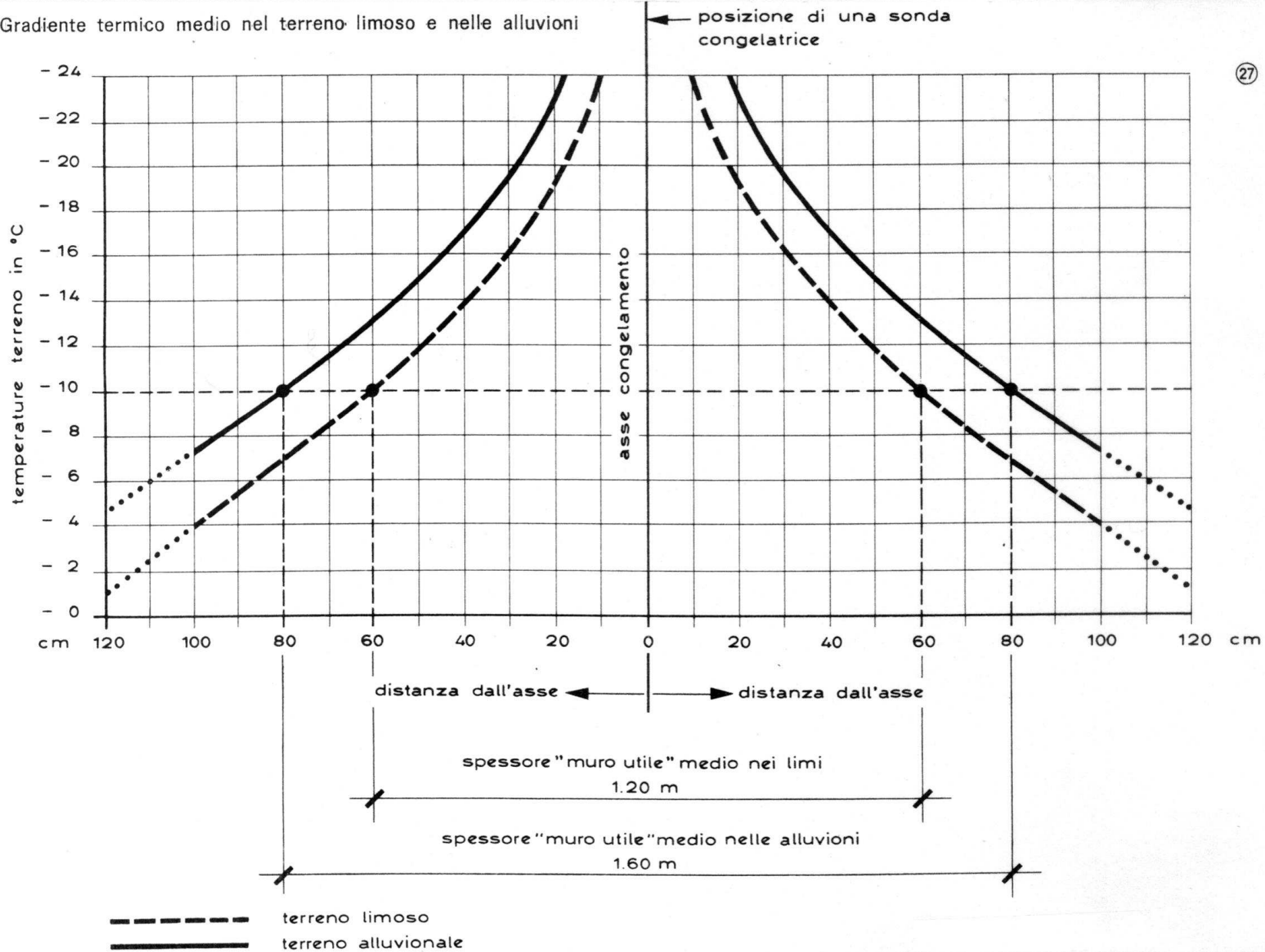


*Diagramma tempo - temperatura del terreno durante gli scavi, correlata alle fasi di immissione di azoto.
(le misure sono state prese in punti distanti 40-50 cm dall'asse delle sonde congelatrici)*



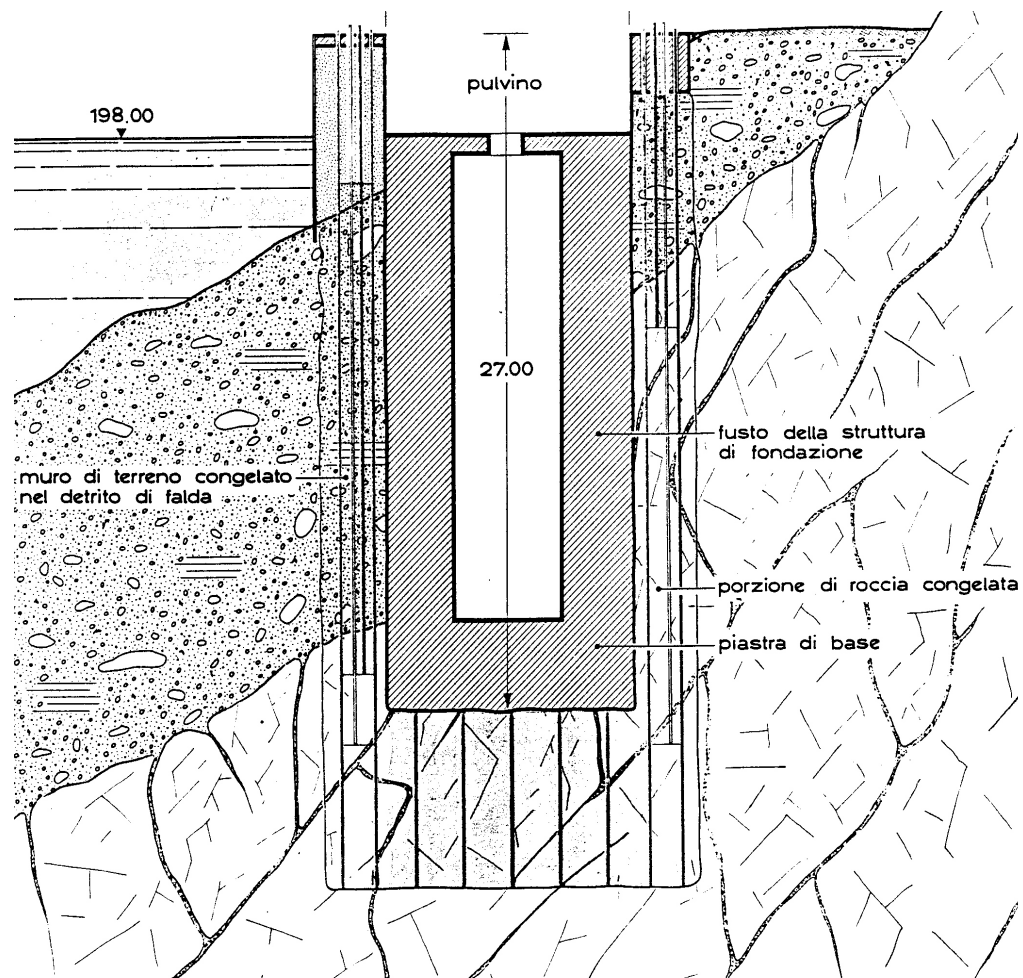
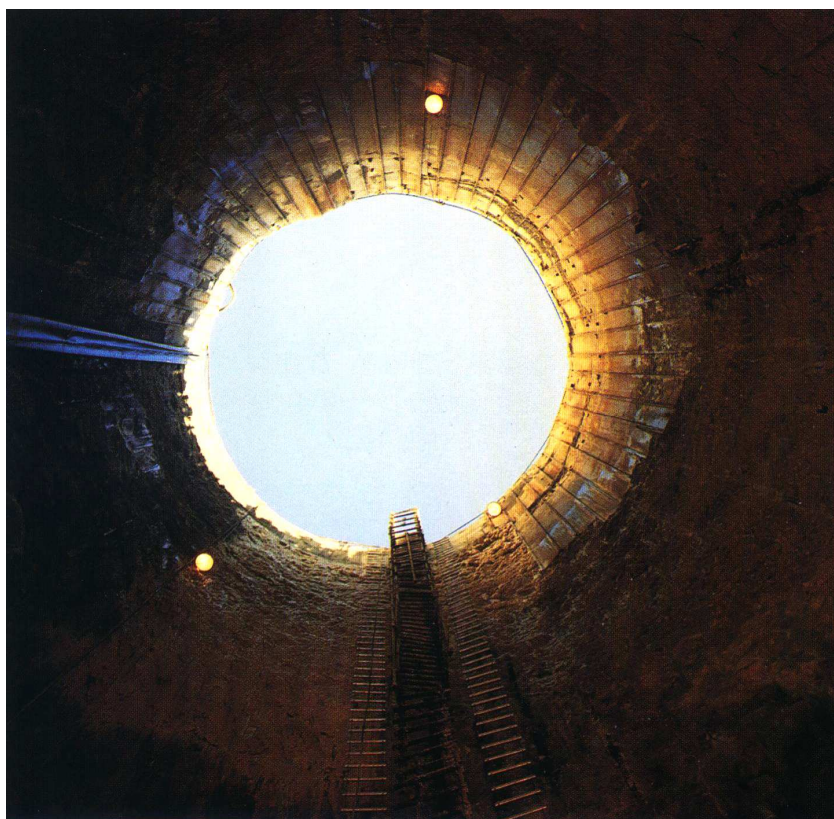
Temperatura del terreno durante il congelamento

Gradiente termico medio nel terreno limoso e nelle alluvioni



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

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



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

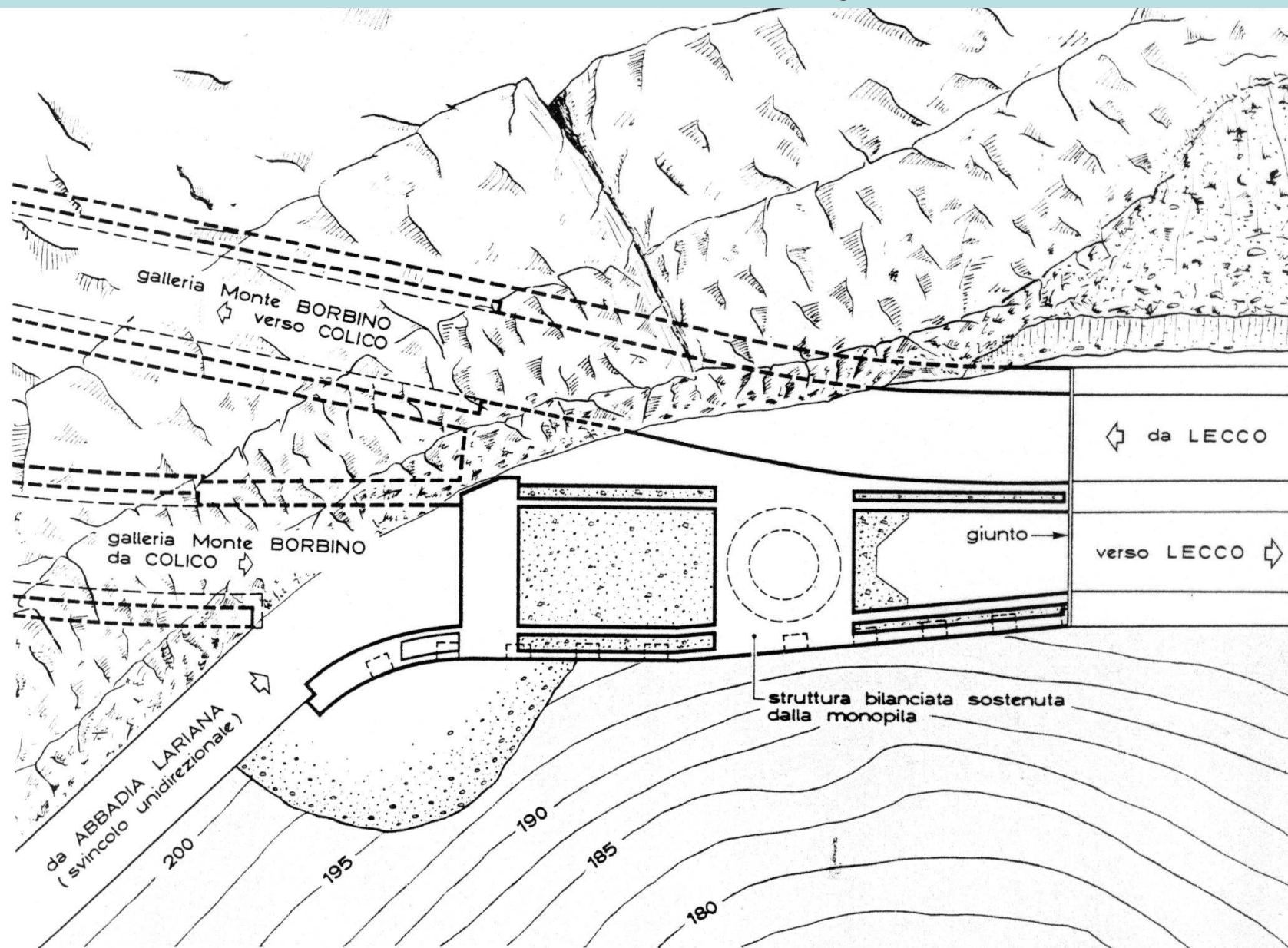


figura 34 - Assetto definitivo delle strutture portanti le due carreggiate della nuova superstrada - planimetria.

- sondaggi preliminari
- fori clinometrici per il controllo dei movimenti

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

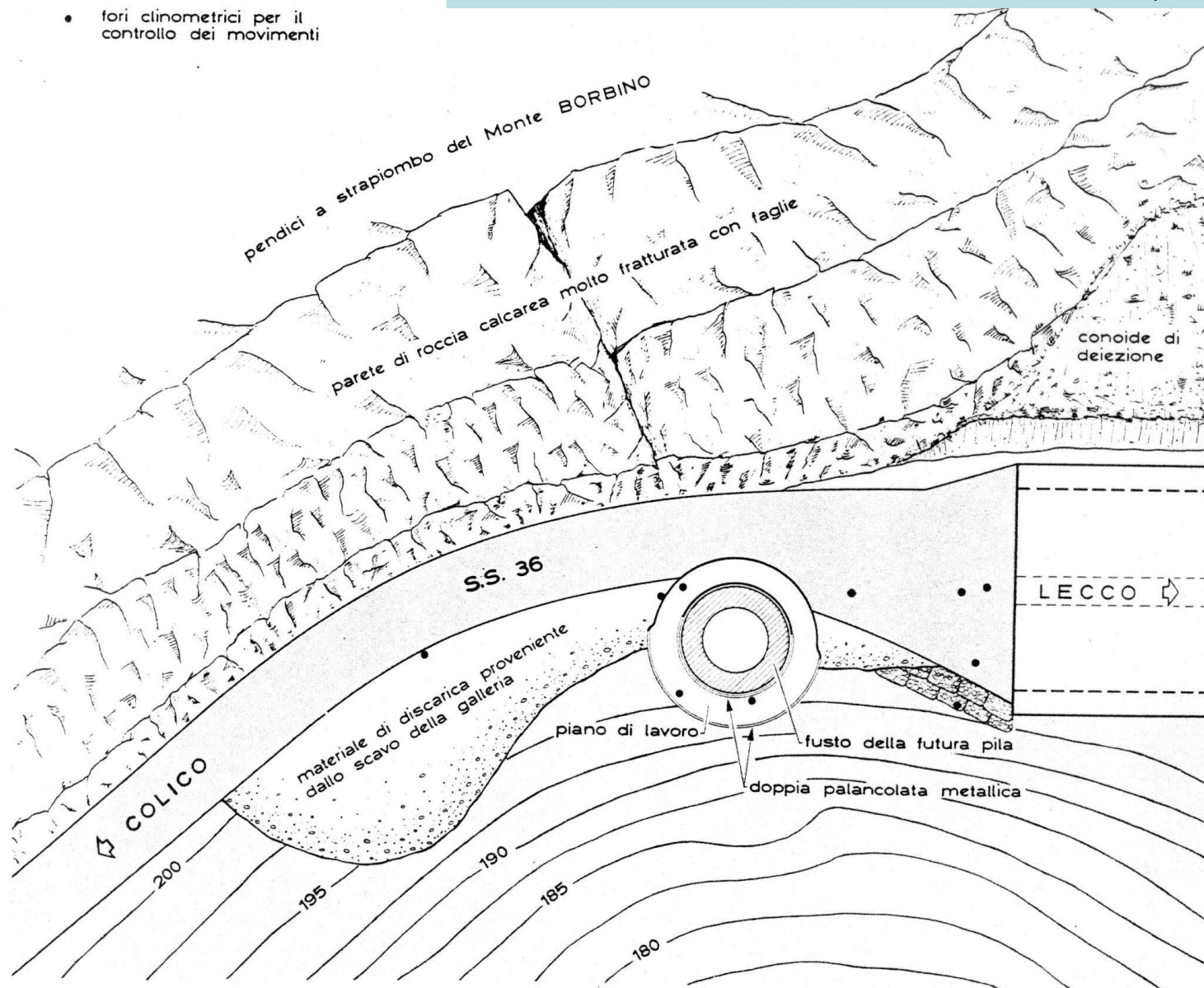
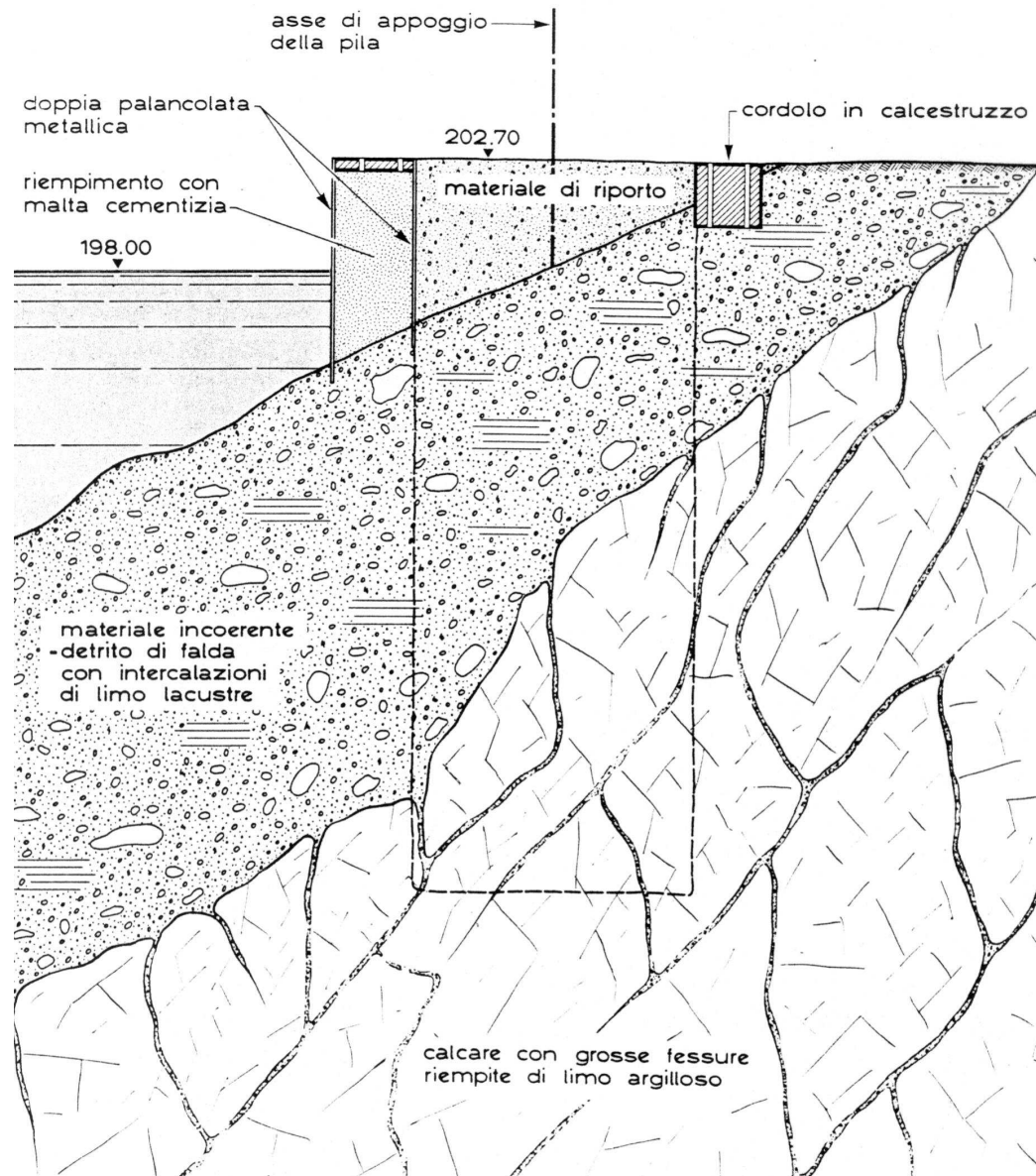


figura 4 - Visione planimetrica della progettata pila di sostegno del nuovo viadotto.

Stato dei luoghi a cantiere in corso

Stato dei luoghi a cantiere in corso

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



TIPOLOGIA INTERVENTI

INIEZIONI DEL DETRITO

- canne valvolate, pistoncino doppio e miscela cementizie ternarie

INIEZIONI DELLA ROCCIA

- pareti laterali : pistoncino da roccia e miscela cementizie ternarie
- fondello : pistoncino da roccia e miscela a base di resine fenoliche

CONGELAMENTO CON PROCEDIMENTO MISTO "AZOTO + SALAMOIA"

"azoto liquido"

- procedimento diretto
- ciclo aperto
- semplice scambio

"salamoia"

- procedimento indiretto
- ciclo chiuso
- doppio scambio

TIRANTI : a trefoli da 160 t

INTERVENTI AUSILIARI

- Sondaggi profondi 70 m
- Inclinatori
- Presplitting

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

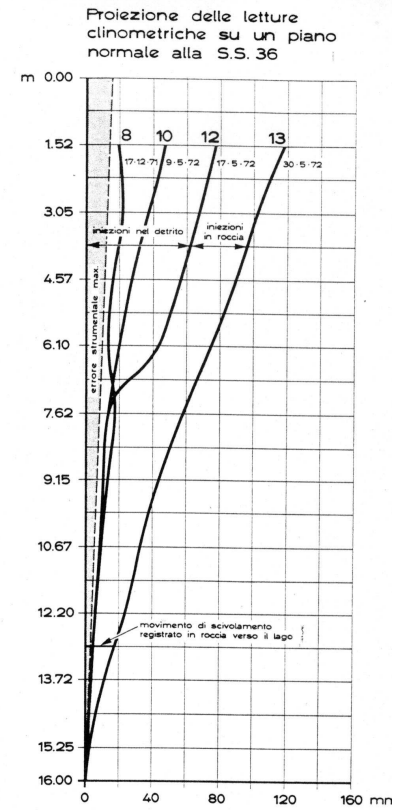
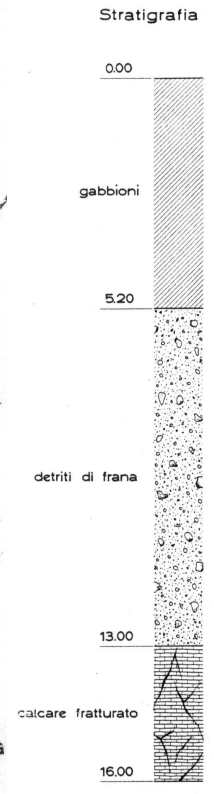
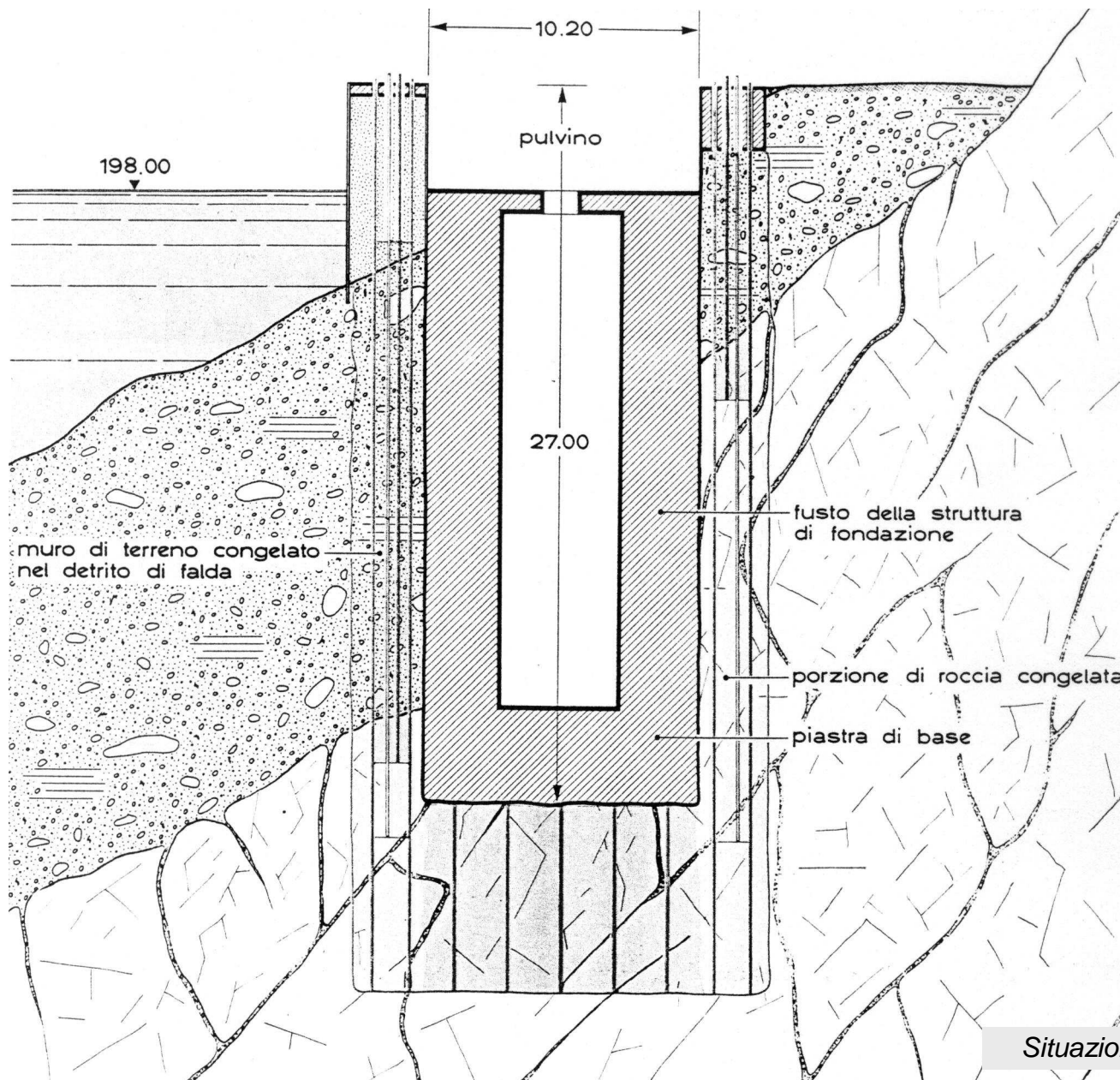
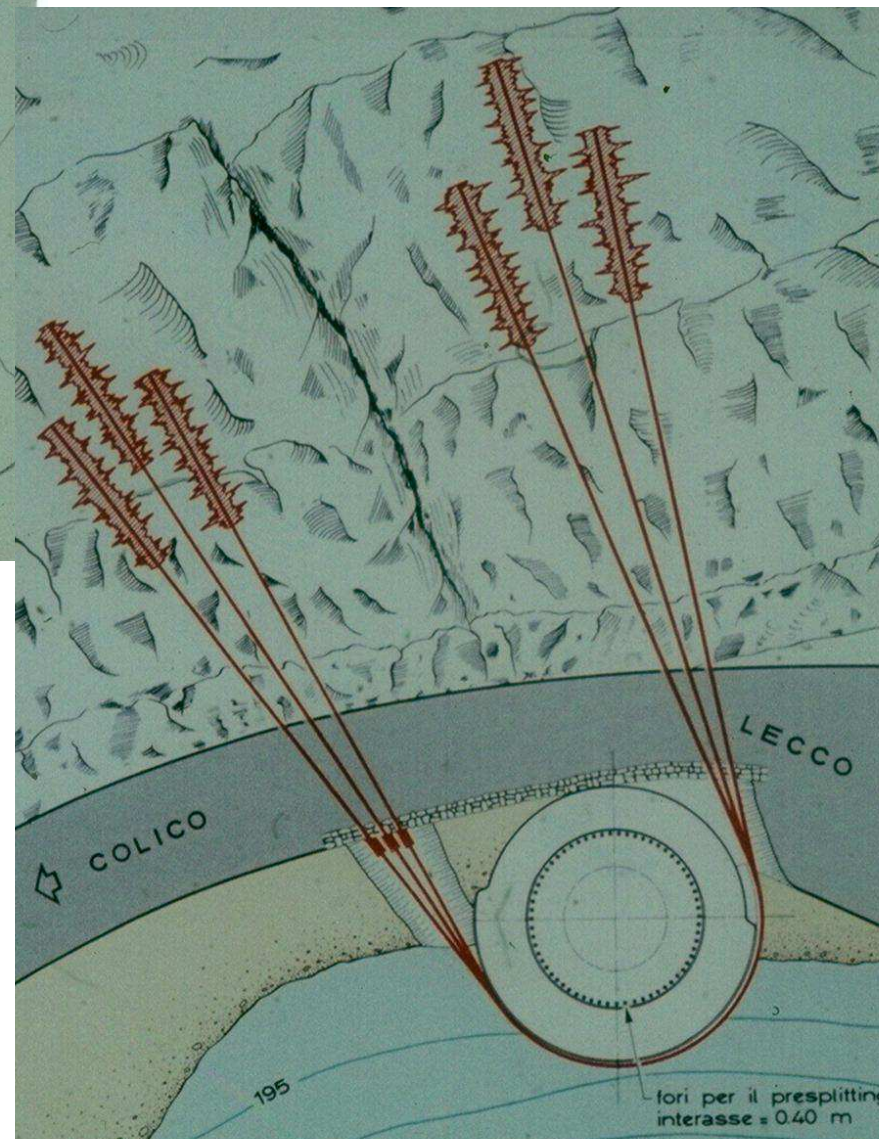
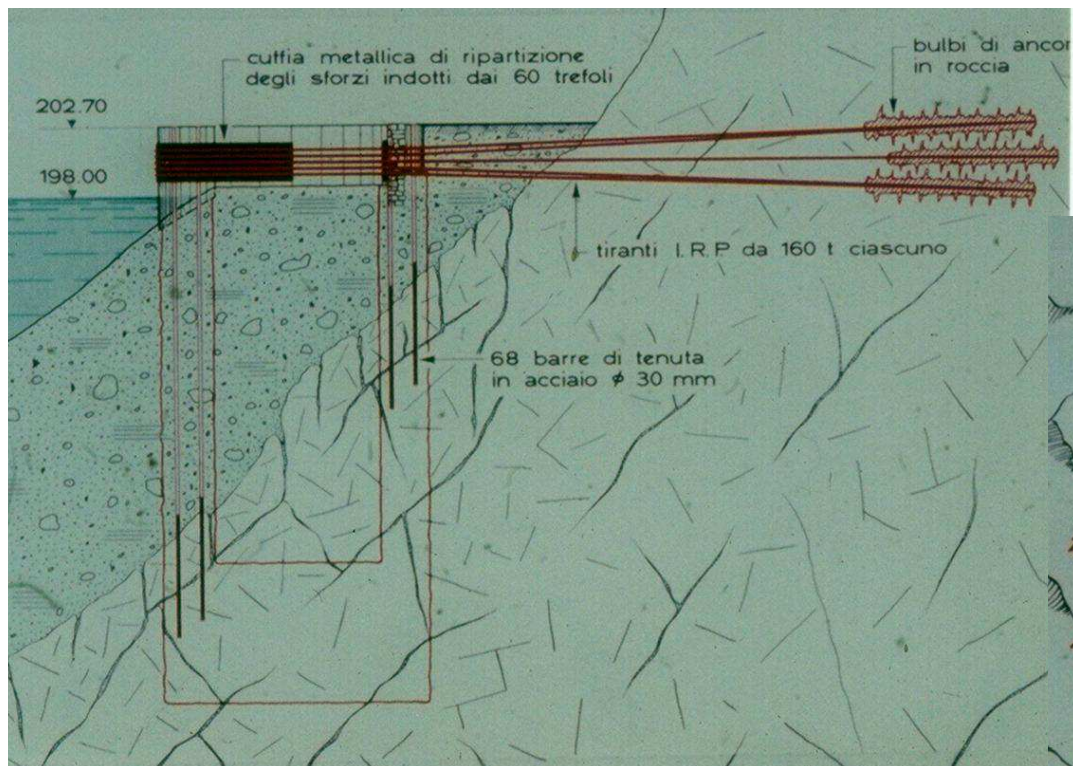


Figura 5 - Movimenti registrati dai controlli clinometrici nel detrito e nella roccia.

Situazione finale dopo l'intervento di congelamento



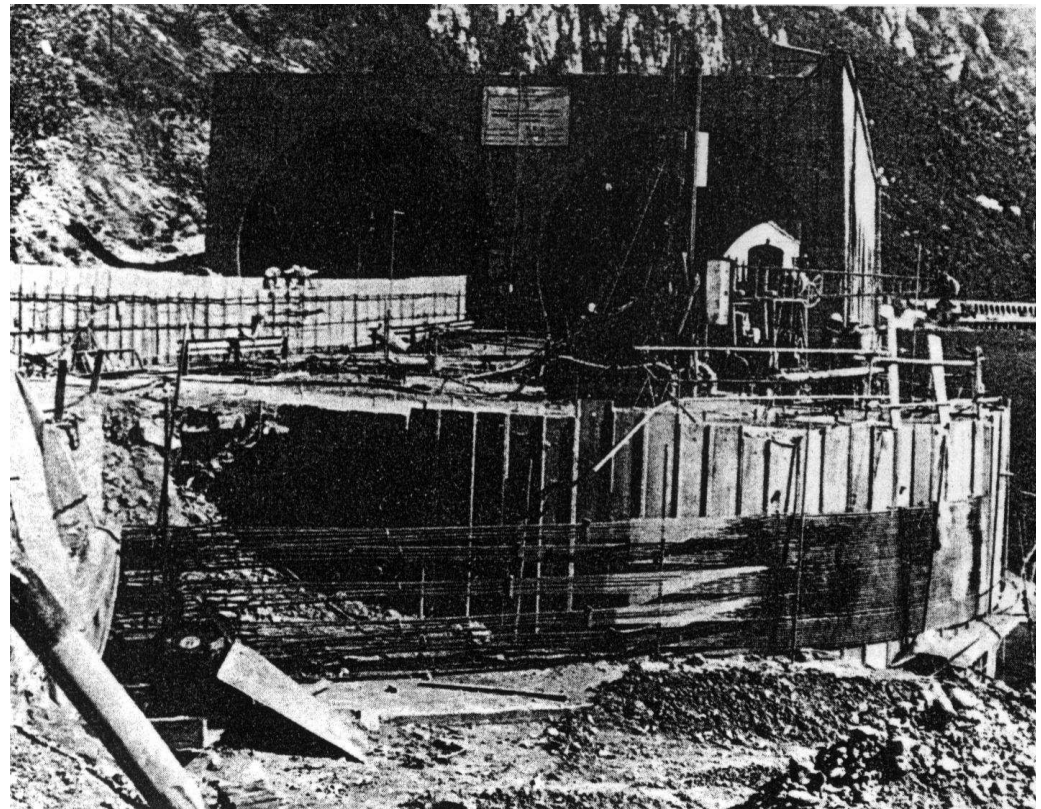
1972 - S.S. 36 "Lecco - Colico".
Ponte ad Abbadia Lariana sul Lago di Como -
Impresa RODIO / Garrasi

*Intervento di placcaggio della
pila con tiranti.*

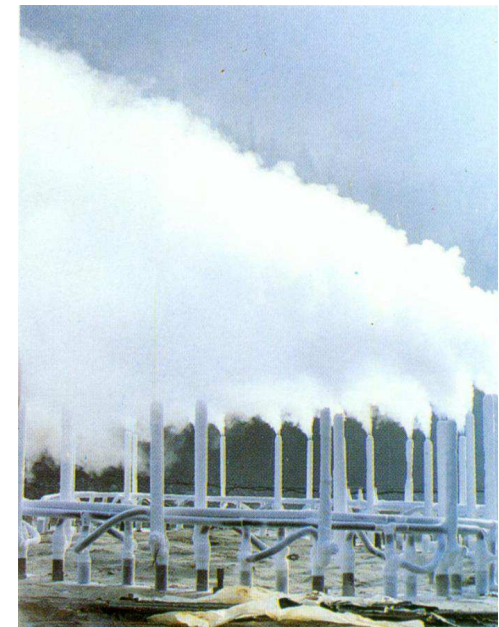


1972 - S.S. 36 "Lecco - Colico".
Ponte ad Abbadia Lariana sul Lago di Como
Impresa RODIO (Garrasi)

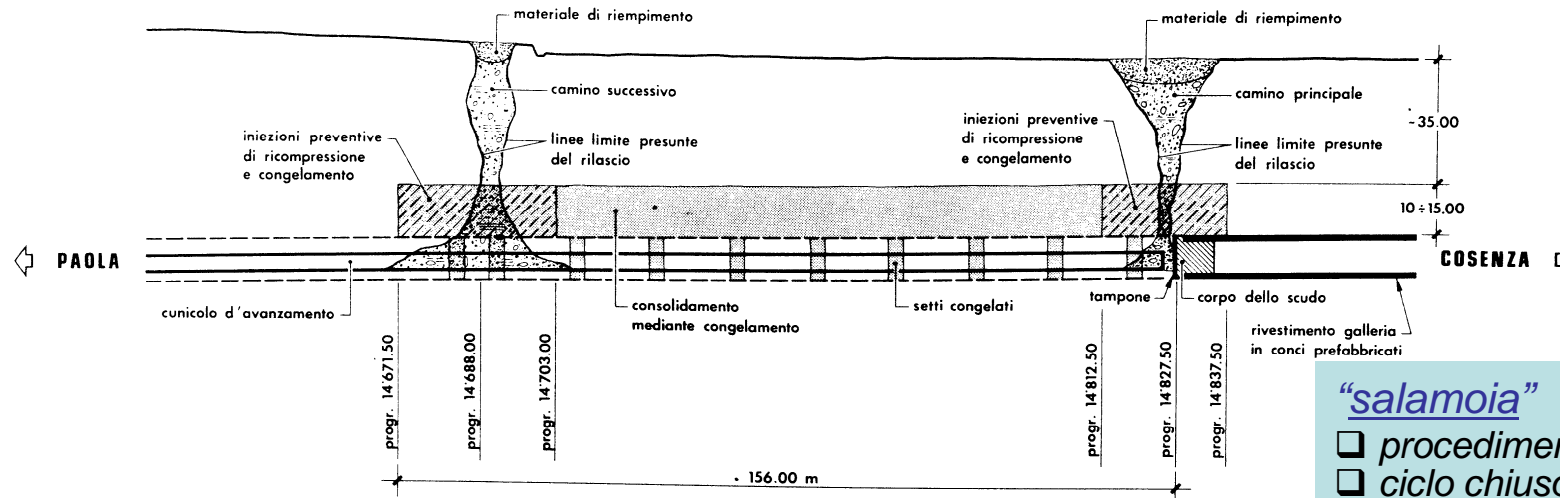
Tesatura dei tiranti per mutuo contrasto tra i due lati.



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

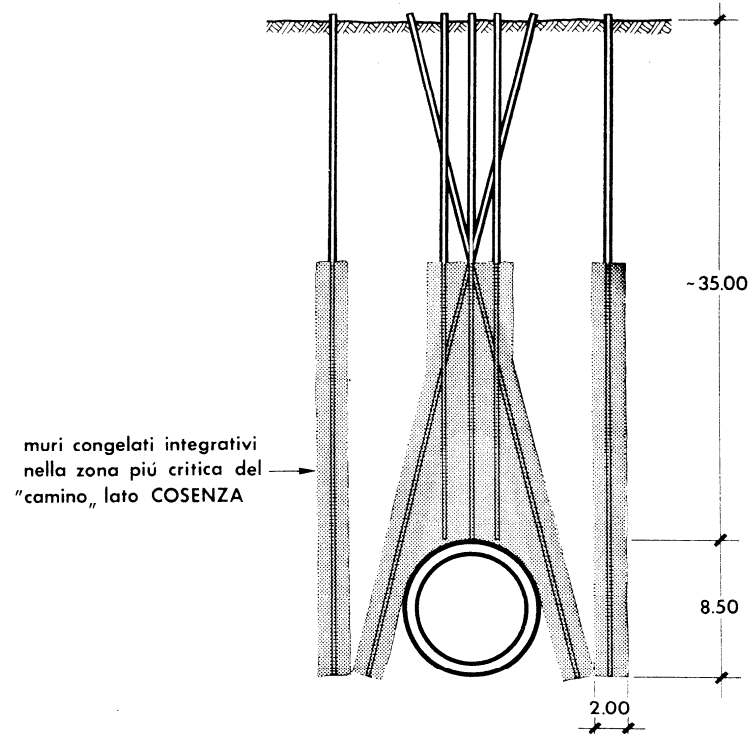
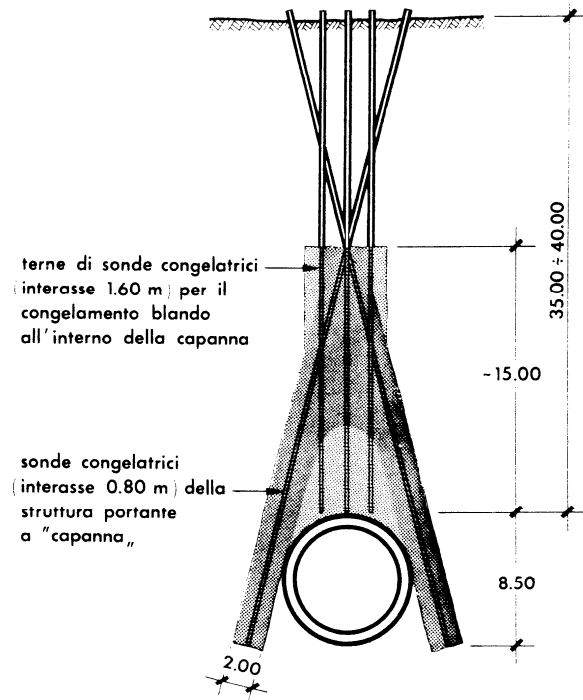


1973 - 74 Ferrovia Paola-Cosenza Galleria Santomarco - Impresa RODIO



"salamoia"

- procedimento indiretto*
- ciclo chiuso*
- doppio scambio*



1973 – 74 Ferrovia Paola-Cosenza Galleria Santomarco - Impresa RODIO



Vista d'insieme del cantiere

1973 – 74 Ferrovia Paola-Cosenza Galleria Santomarco - Impresa RODIO

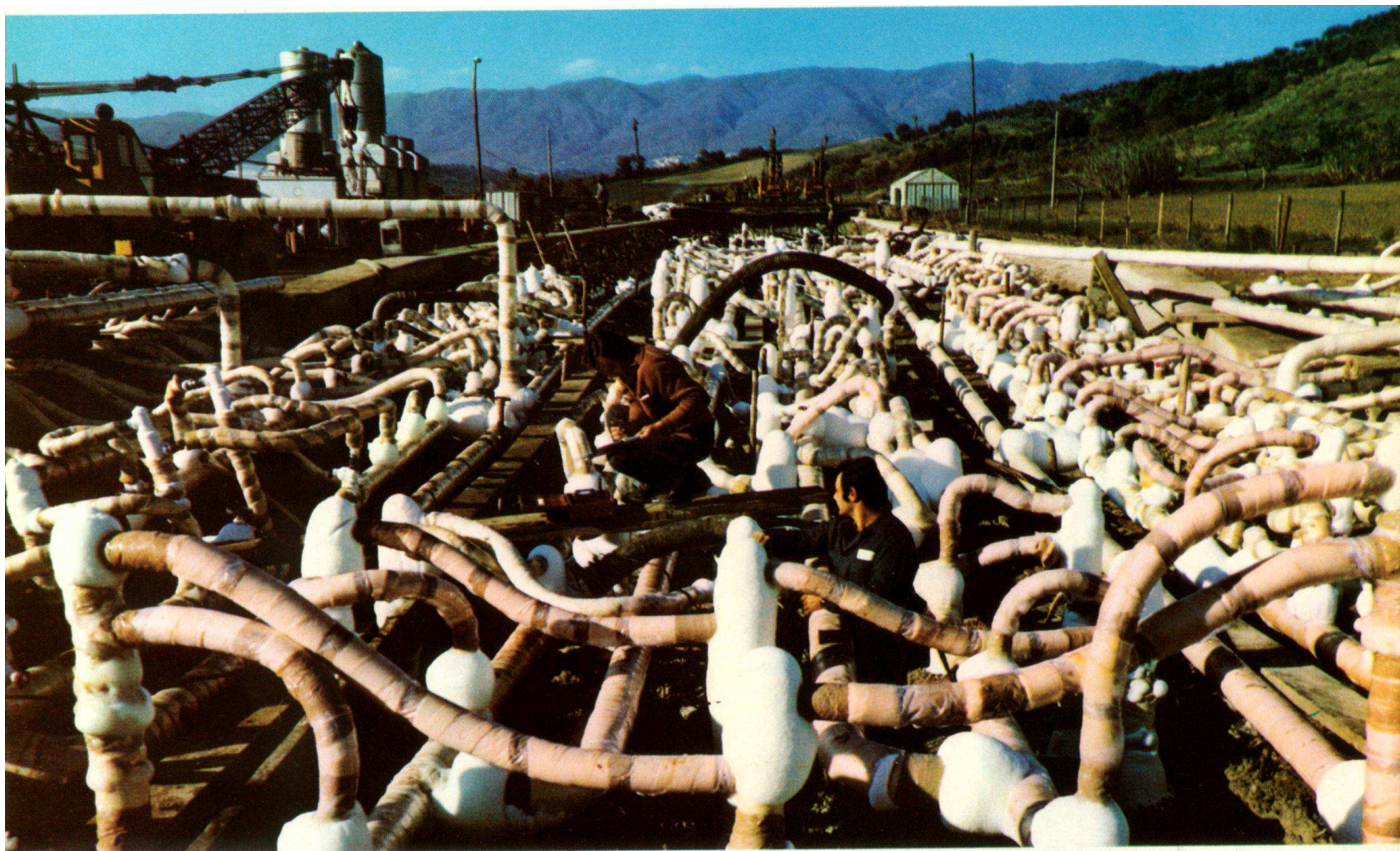
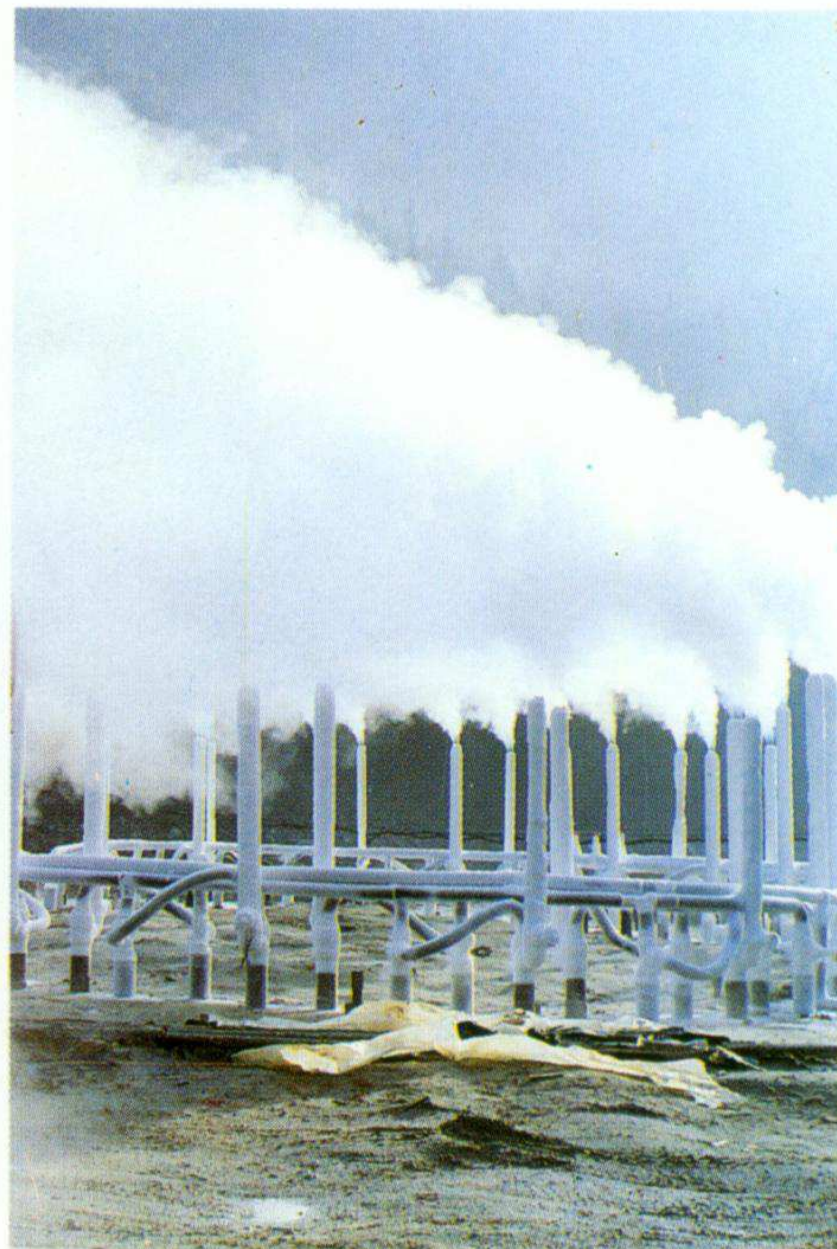
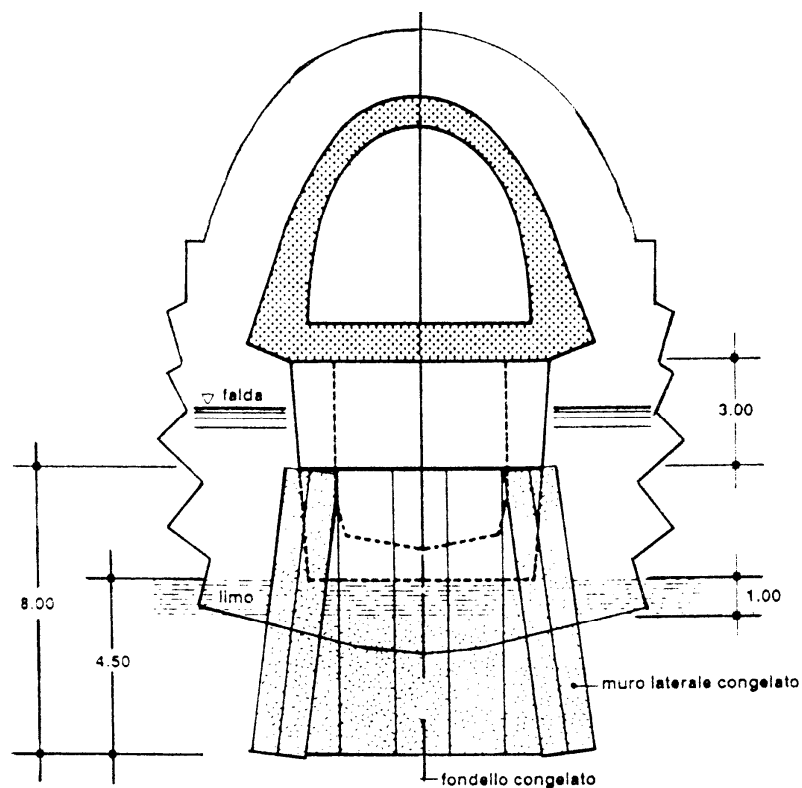


Fig. 10 - Galleria Ferroviaria Paola-Cosenza - Dettaglio dei circuiti in fase di congelamento nella zona del camino lato Cosenza. Due tecnici stanno rilevando la temperatura del terreno tramite la sonda termometrica calata in appositi fori riempiti con alcool. (Notare l'ottima coibentazione dei collettori principali e di tutti i tubi di collegamento tra le teste delle varie sonde congelatrici (queste ultime non coibentate perché dotate di saracinesche per la regolazione del flusso di salamoia)





1987 - 88
Metropolitana Milanese Lotto 2B
Impresa RODIO

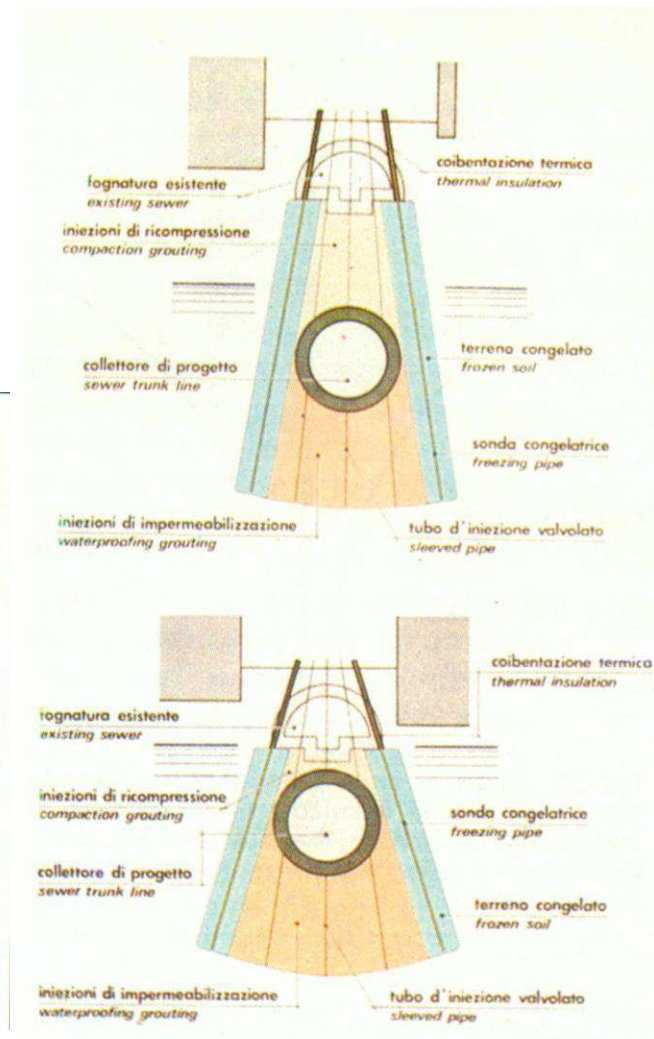
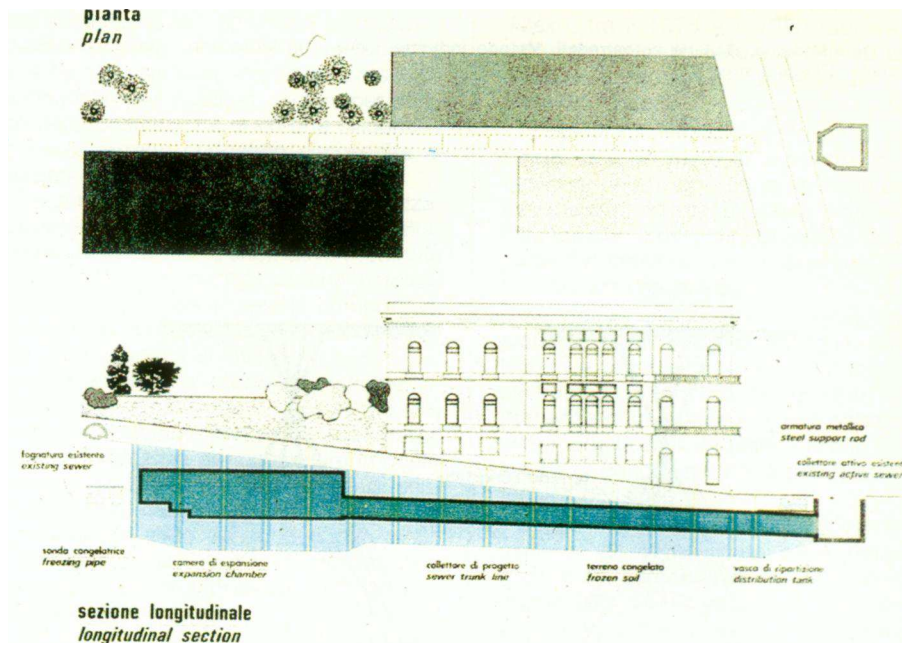
"azoto liquido"

- procedimento diretto*
- ciclo aperto*
- semplice scambio*



1979 – 80
Napoli – Via Tasso – Collettore fognante
Impresa RODIO

Procedimento misto "azoto + salamoia"



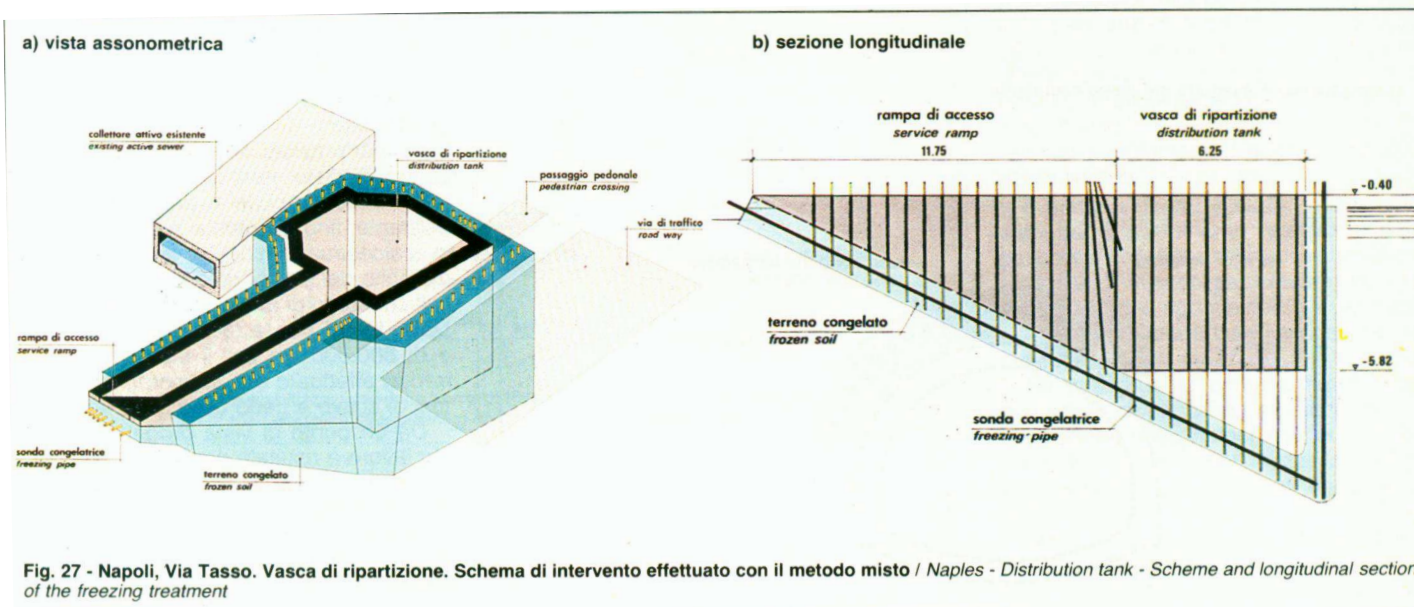
"azoto liquido"

- procedimento diretto
- ciclo aperto
- semplice scambio

"salamoia"

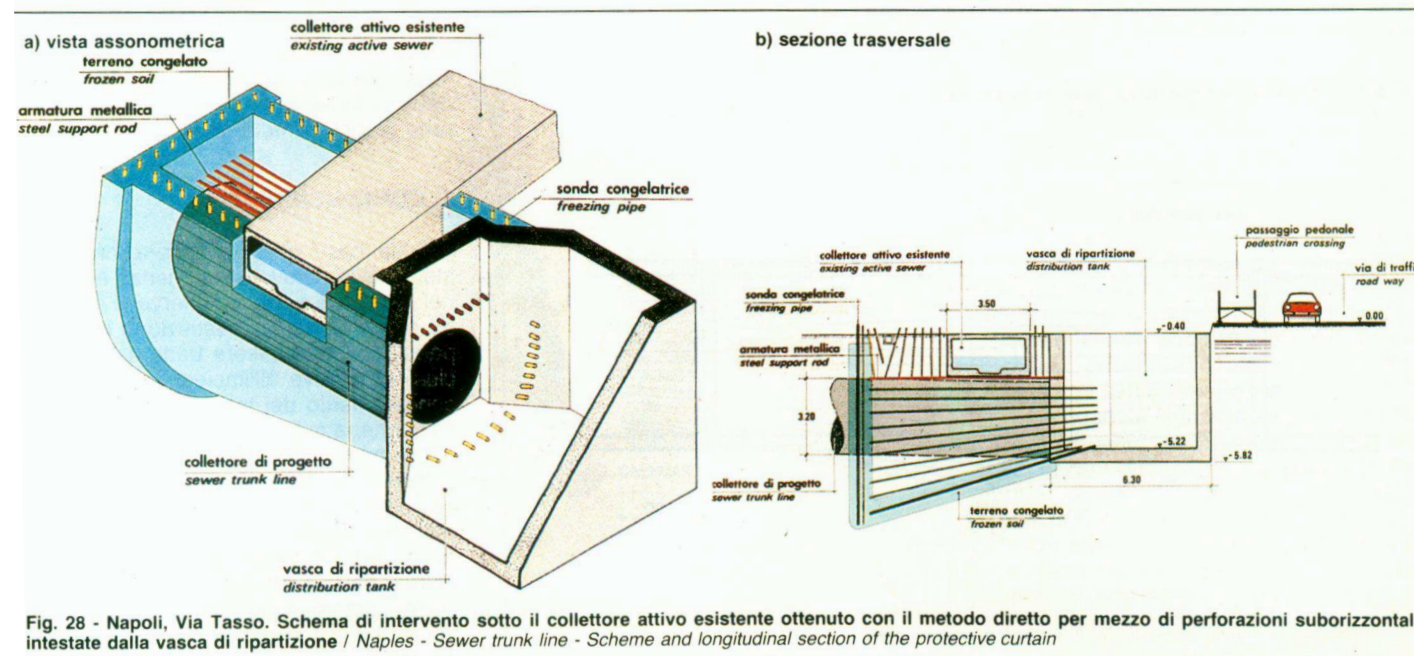
- procedimento indiretto
- ciclo chiuso
- doppio scambio

Schemi d'intervento



1979 - 80
 Napoli - Via Tasso
 Collettore fognante
 Impresa RODIO

*Procedimento misto
 azoto + salamoia*





"azoto liquido"

- procedimento diretto*
- ciclo aperto*
- semplice scambio*

1981 – Nizza – Avenue Jean Médecin
Congelamento con azoto liquido di sabbie limose sotto falda per realizzare la galleria di accesso ad un parcheggio interrato senza interrompere il traffico -
Impresa RODIO

PREISTORIA E (breve) STORIA DEL CONGELAMENTO IN ITALIA

(ovverossia : "... i tecnici avrebbero voluto, ma i burocrati non lo hanno permesso...")

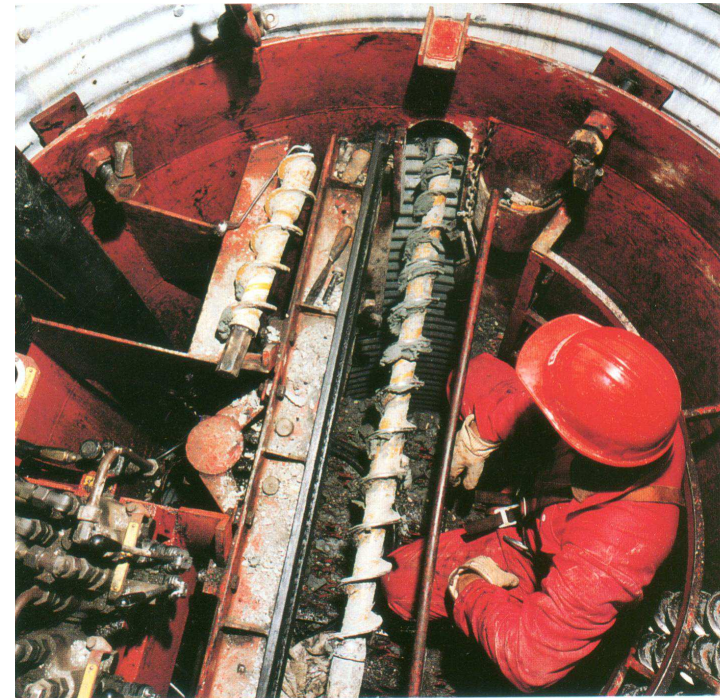
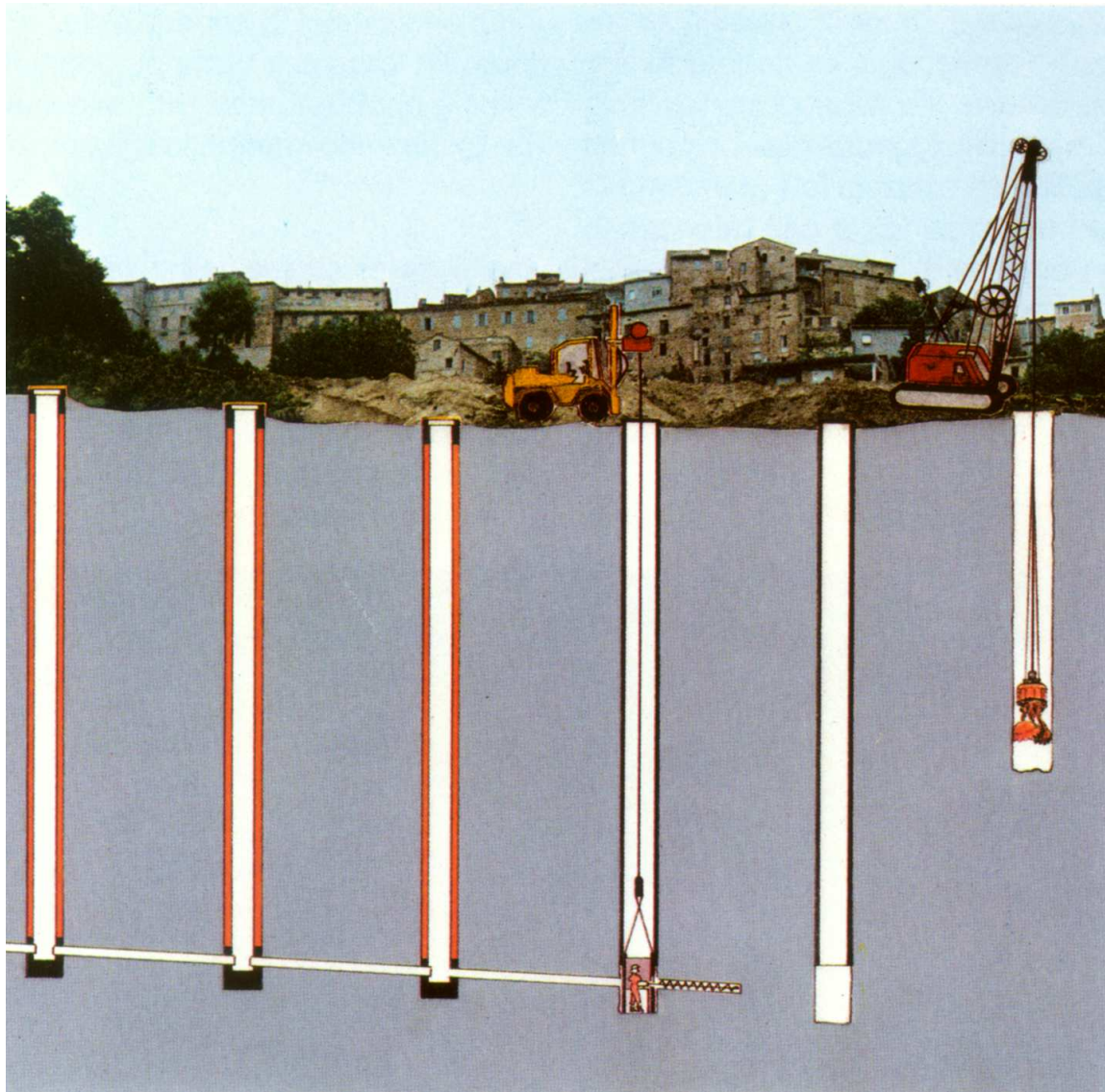
- ❑ 1938 *Rinvenimento e recupero dell'Ara Pacis Augustae*

- ❑ 1970 -71 *Autostrada del Brennero - Viadotto sul Lago di Fortezza*
- ❑ 1972 *S.S. 36 "Lecco-Colico" - Ponte ad Abbadia Lariana sul Lago di Como*
- ❑ 1973 -74 *Ferrovia Paola-Cosenza – Galleria Santomarco (CS)*
- ❑ 1973 *Consolidamento della Torre di Pisa : studi e campo prove sperimentale*
- ❑ 1974 -75 *Autostrada ME-PA – Galleria San Giovanni (ME)*
- ❑ 1978 -79 *S.S. 13 "Pontebbana" – Viadotto Pietratagliata*
- ❑ 1979-80 *Napoli – Via Tasso – Collettore fognante*
- ❑ 1984 *Galleria idraulica Agri-Sauro.*
- ❑ 1987-90 *Metropolitana Milanese – Lotto 2B*

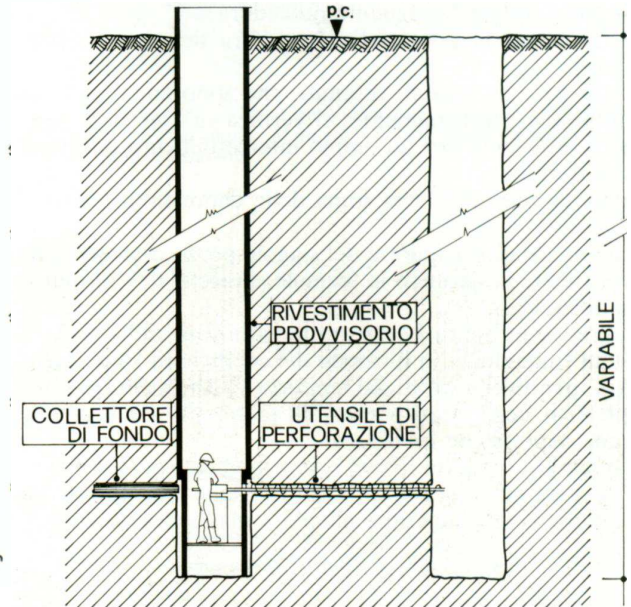
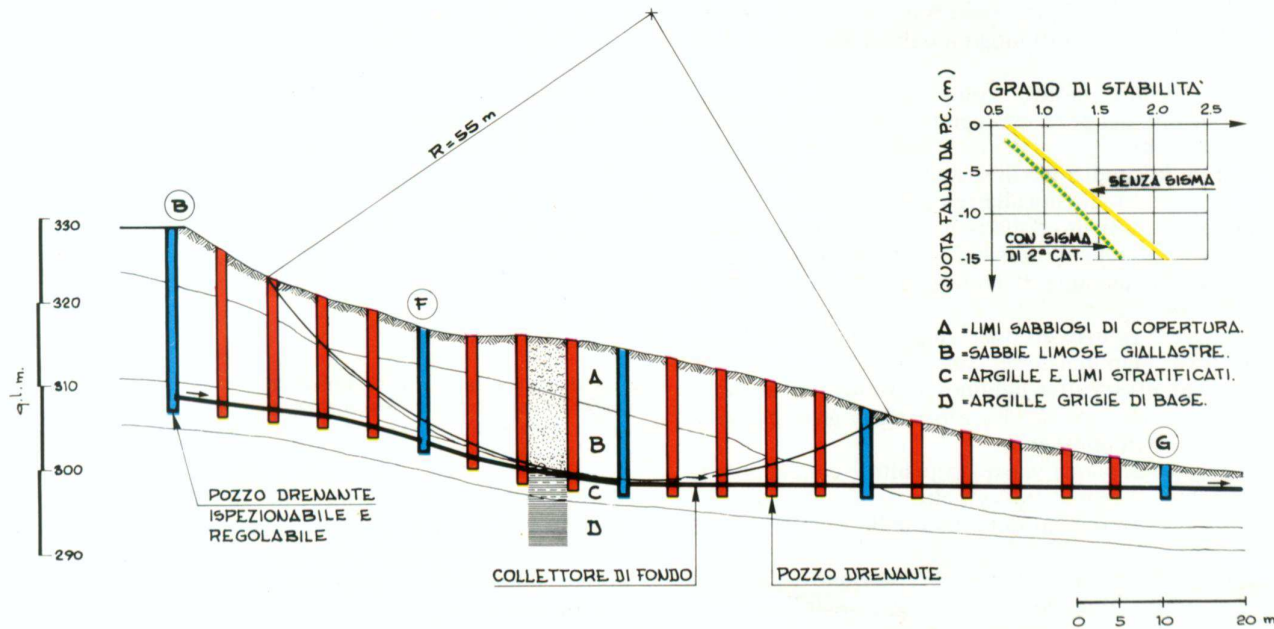


Etna – eruzione del 1979 – Deviazione della colata lavica mediante esplosivo posto entro “perforazioni raffreddate”. Impresa RODIO

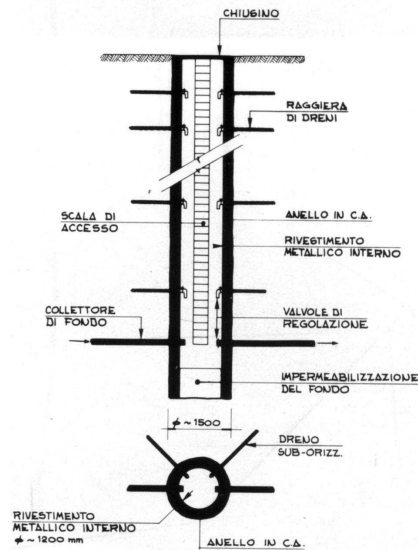
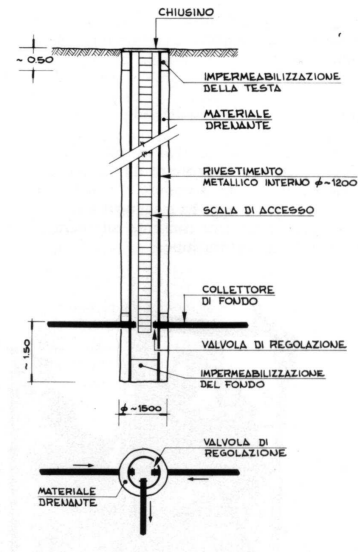
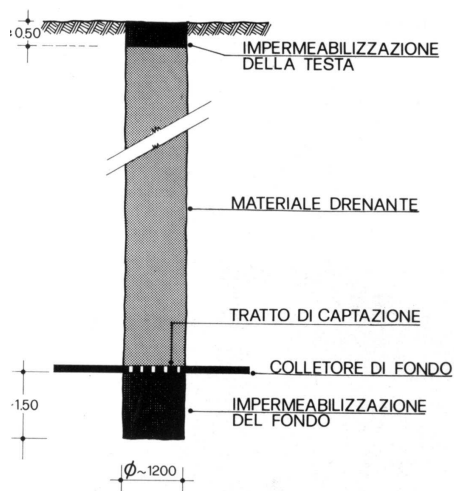




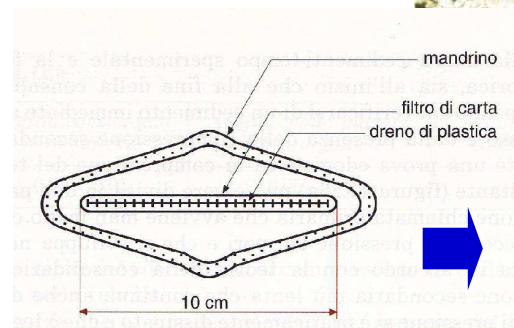
*Regimazione permanente dei livelli di falda per la stabilizzazione di corpi di frana
Sistema RODIO*



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

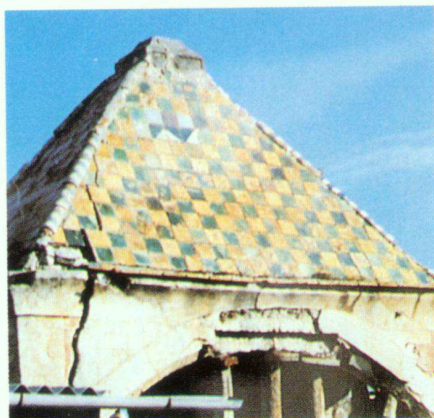
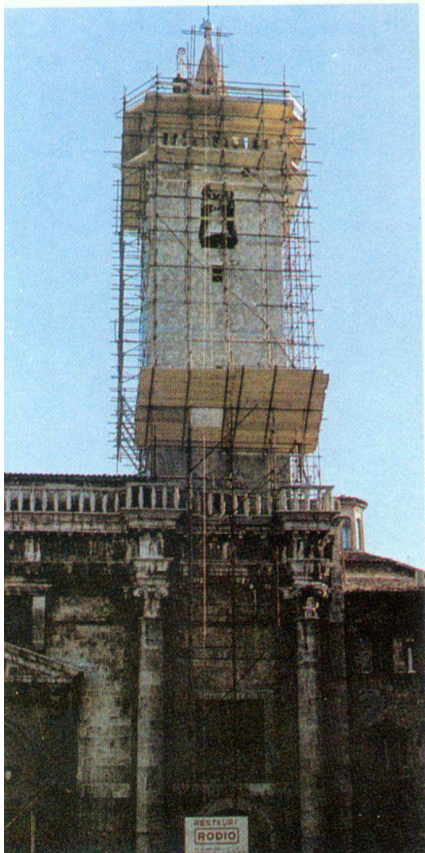
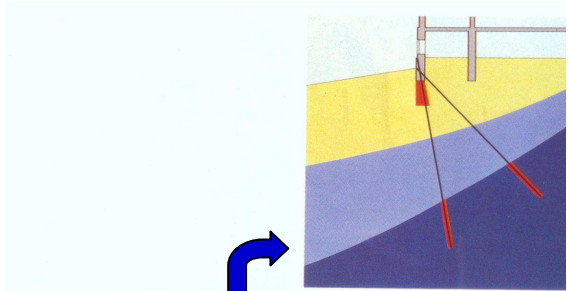


GEODRAIN





RESTAURI



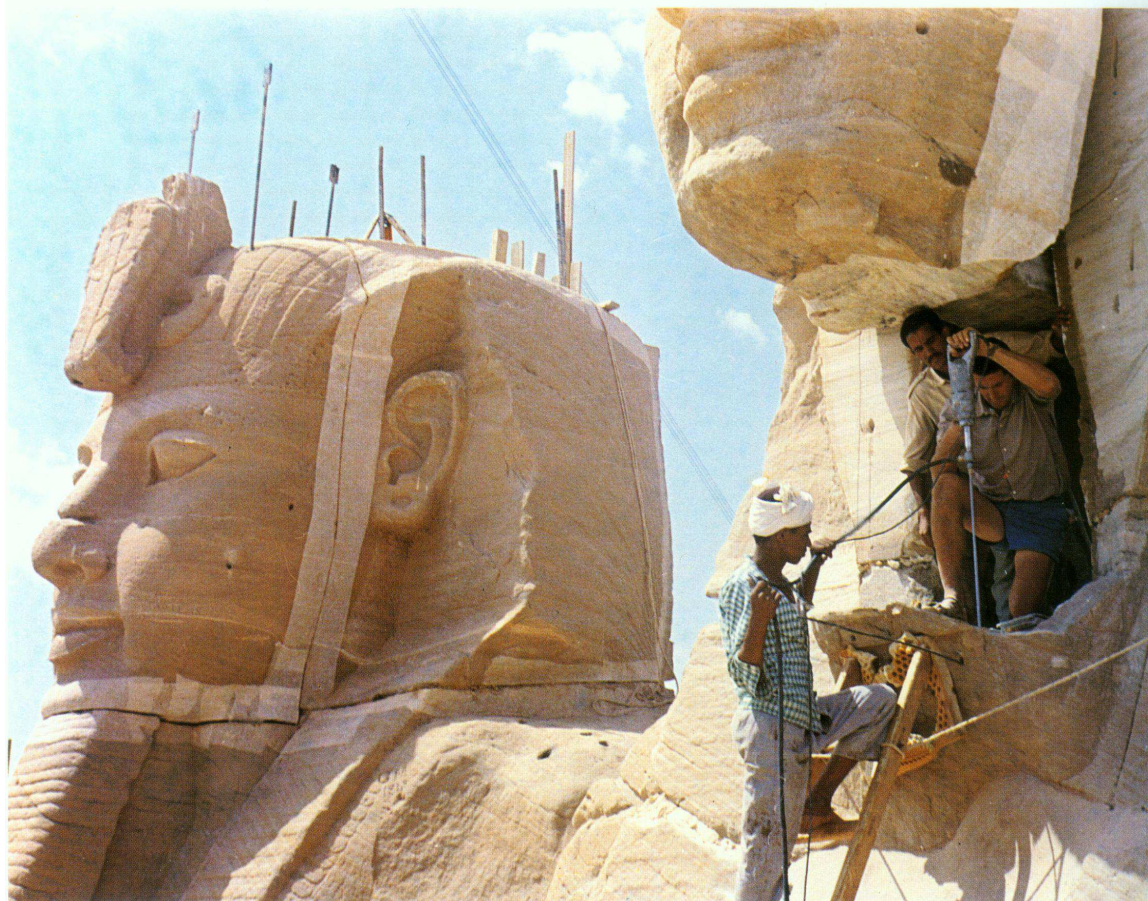
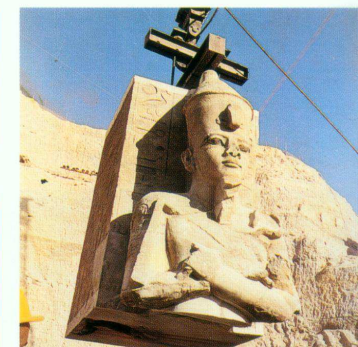
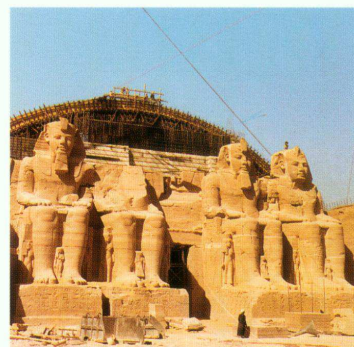


RESTAURI.2

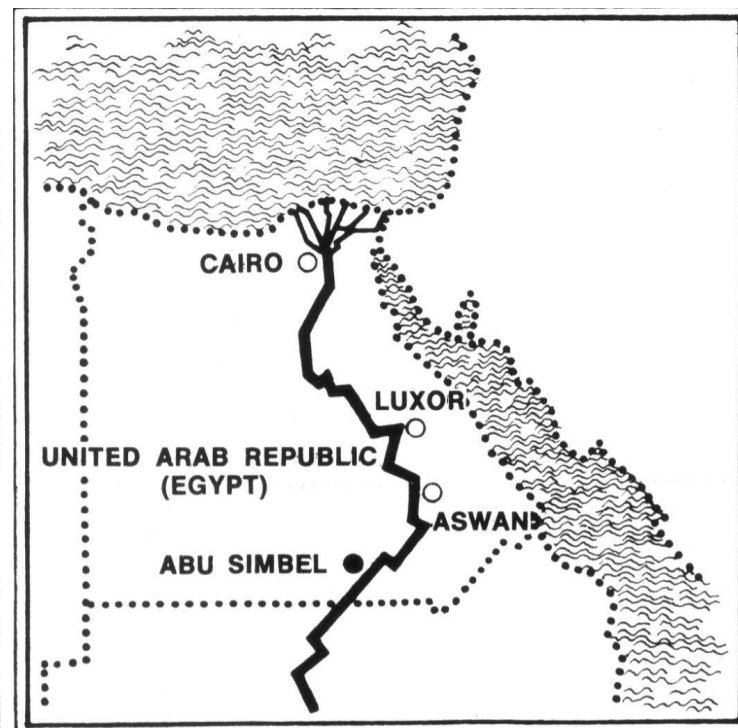


SALVATAGGIO DEI TEMPLI DI
ABU SIMBEL PER LA COSTRUZIONE
DELLA NUOVA DIGA DI ASWUAN

Egitto - 1966



*Grande Tempio di Abu-Simbel
fatto costruire da Ramsete II della
XIX dinastia, nel 1250 a.c.*



LA DIGA DI ASWAN (Saad el Aali)

- ❑ 157 miliardi di metri cubi d'acqua
- ❑ ha rialzato di 64 m le acque del Nilo (rispetto alla vecchia diga)
- ❑ Bacino sotteso :
 - lunghezza : 500 km
 - larghezza : 10-25 km

Tempio –isola di Philae (la “perla d’Egitto”):

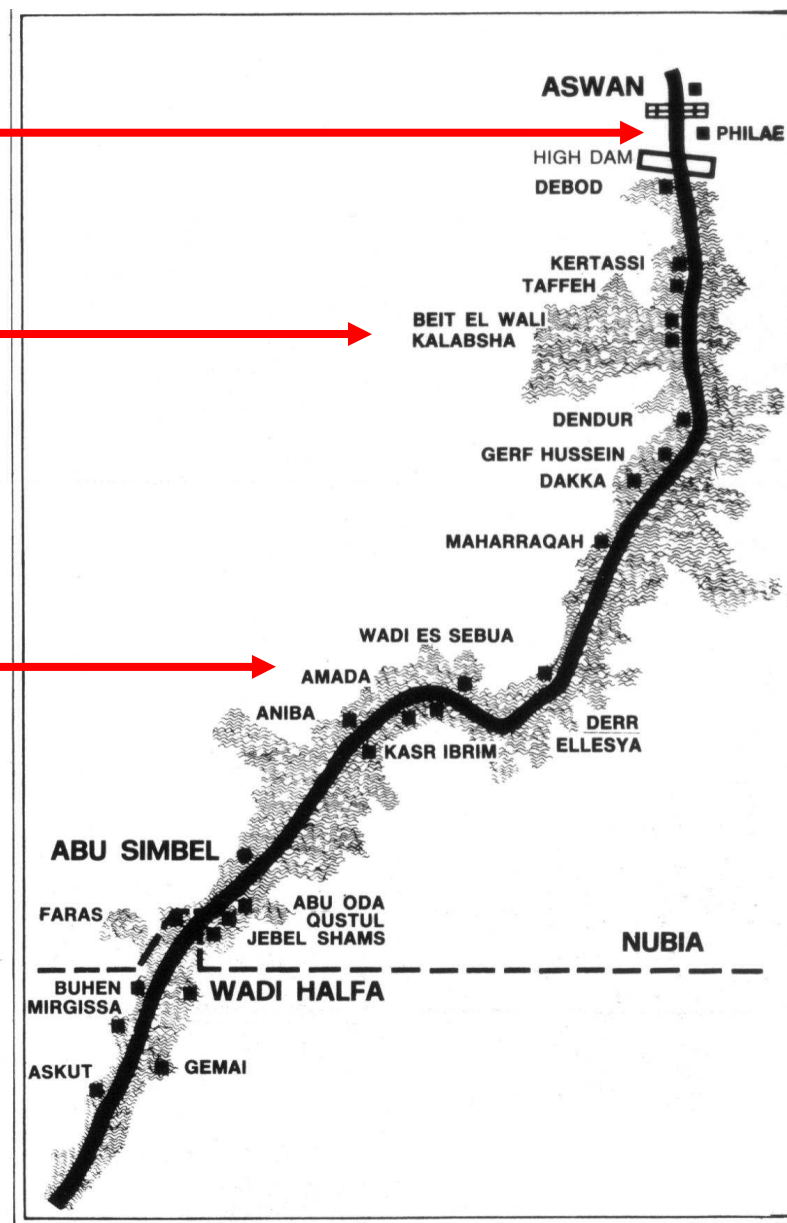
- *protezione con arginature*

Tempio di Kalabsha (in elevazione):

- *smontato e rimontato + in alto*

Tempio di Amada (in elevazione):

- *sottofondato con una platea in c.a. e trascinato su rotaie per 2.6 km*



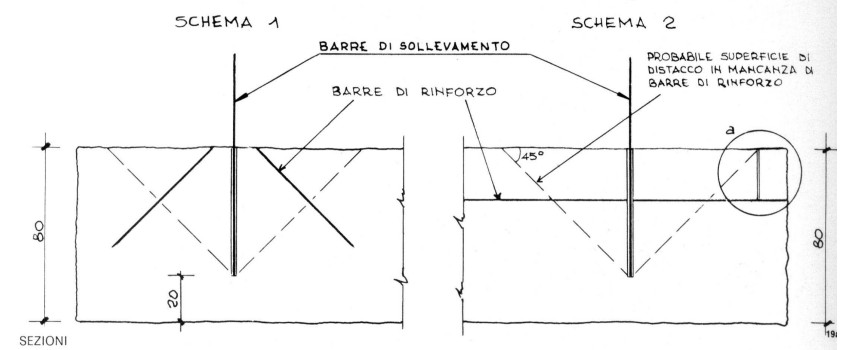
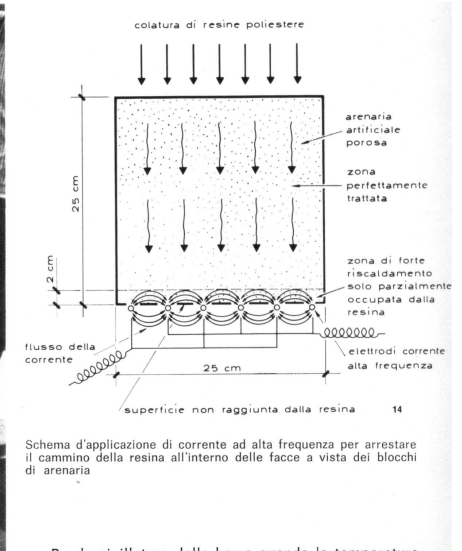
LE SOLUZIONI ESAMINATE PER ABU-SIMBEL

- ❑ *Progetto Coyne-Bellier francese, che prevedeva la costruzione di un argine di roccia e sabbia alto 80 m tutt'attorno ai templi, per isolarli dalle acque.*
 - *scartato per la difficoltà di ottenere la perfetta tenuta idraulica, oltre che per ragioni estetico-paesaggistiche*
- ❑ *Progetto ITALCONSULT, che prevedeva il sollevamento di ciascuno dei due templi in un sol blocco, dopo averli isolati dalla roccia e sottofondati con una platea in c.a.p. Previsto l'uso di 440 martinetti per il tempio grande (peso 265.000 t) e di 94 martinetti per il tempio piccolo (peso 55.000 t).*
 - *scartato perché troppo costoso (90 milioni di dollari)*
- ❑ *Progetto del francese A. Caquot che prevedeva che il sollevamento fosse ottenuto utilizzando lo stesso innalzamento di livello delle acque del lago, facendo galleggiare i templi su enormi contenitori di calcestruzzo.*
 - *scartato perché mancava il tempo per la messa a punto del sistema.*
- ❑ *Progetto ideato dal Ministero della Cultura della RAU (Egitto) ed adottato dall'UNESCO: sezionamento dei templi in blocchi del peso di circa 30 t e rimontaggio ad una quota di 65 m più in alto, spostandoli anche circa 180 m all'indietro.*

Costo: 25 milioni di dollari (1/3 Egitto, 1/3 USA, 1/3 UNESCO).



Smontaggio e trasporto



— il raggio d'azione (ossia il percorso della miscela) con tale tempo di iniezione e tale viscosità, sotto una pressione variabile dalle 0,5 alle 2 atmosfere, è di 30 cm (in un'arenaria di media granulometria)

Resine epossidiche

Sono state fatte prove su cubetti (10 cm di lato) di malta formata da sabbia di duna mescolata a resine epossidiche (tipo Araldit GY 250 e 257):

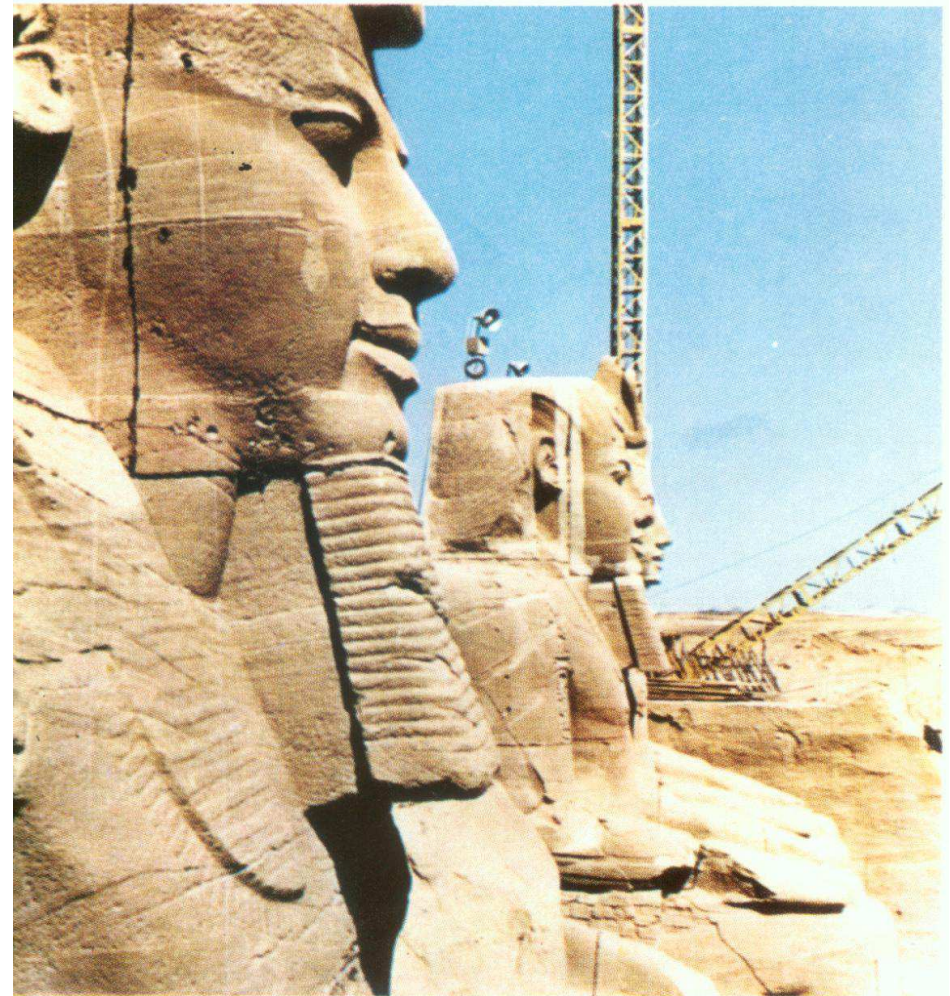
Carico di rottura a compressione a 24 ore dalla formazione della malta 970 ÷ 1100 kg/cm²

a - Particolare della cementazione di una barra in un foro orizzontale

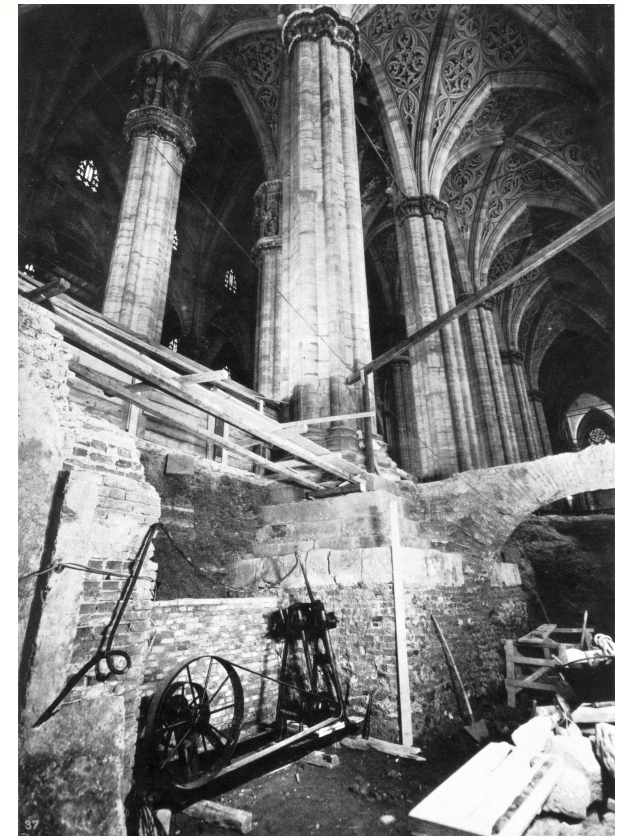
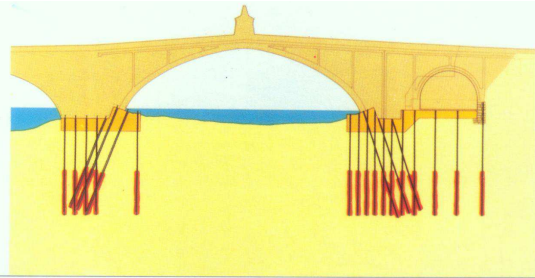




La ricostruzione



Ponte Gobbo a Bobbio



La Torre di Pisa :
un pezzo di storia
dell'Ingegneria italiana.

Da sinistra :
Carlo Viggiani
Carlo Cestelli Guidi
F. Schultze
Arrigo Croce
A.W. Skempton
Giovanni Calabresi



Chiosstro di S. Pietro in Vincoli – Roma - 1964



PER
CONCLUDERE

OBIETTIVI

Comprensione del fenomeno fisico

Il modello NON E' la realta'

Codici di calcolo : istruzioni per l'uso

"Sound engineering judgement"

(K. Terzaghi)

Distinzione tra geologia e geotecnica

Approccio critico alla normativa

(può aiutare la consapevolezza della nostra identità culturale:
bisnonno Omero, nonno Virgilio, papà Dante ...

ma anche Girolamo Ippolito, Arrigo Croce, Giovanni Rodio, l'Acquedotto Pugliese



Il progetto "precede" l'indagine e ne determina i contenuti

Saper individuare, di volta in volta, gli aspetti "critici"

Considerare tutte le fasi della vita dell'opera, e le condizioni al contorno

Ruolo delle fondazioni speciali nella realizzazione di opere d'ingegneria

(aspetti tecnologici inscindibili da quelli teorici)



2014 - ISOLA DEL GIGLIO (ITALIA)

LE IMPRESE SPECIALIZZATE ITALIANE (TREVI)
CONCORRONO AL RECUPERO DELLA
COSTA CONCORDIA



CON L'AUGURIO CHE NON SI DEBBA DIRE
LO STESSO PER LE FONDAZIONI SPECIALI
IN ITALIA

FINE