



Ordine degli Ingegneri della Provincia di Bari

# "PARATIE MULTIANCORATE"

(progetto, applicazioni e tecnologie)  
4ª Edizione

Dott. Ing. Alberto Garrasi  
Consulente in geotecnica e fondazioni speciali

Bari, 22-29 Gennaio / 05-12-19 Febbraio 2019  
Sede Ordine Ingegneri Bari



## 1ª SESSIONE

Introduzione - Campi di applicazione - Metodi di calcolo/1

Bari, 22 Gennaio 2019



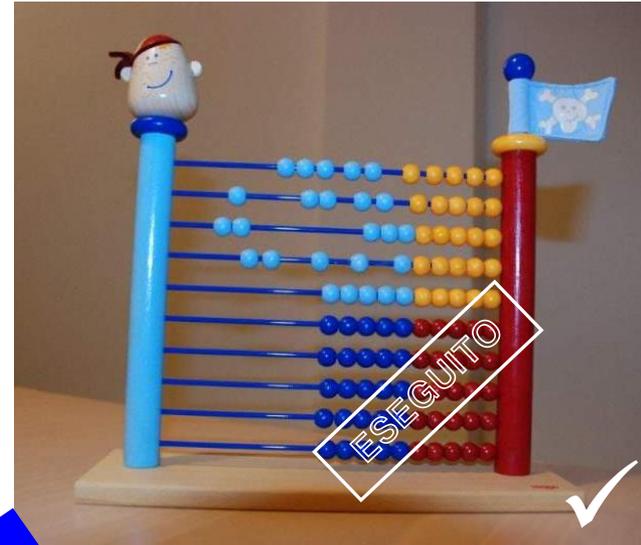
ESEGUITO

AVANZAMENTO  
LAVORI

## 2ª SESSIONE

Metodi di calcolo/2 - Software di calcolo

Bari 29 Gennaio 2019



ESEGUITO

## 3ª SESSIONE

Verifiche di stabilità

Aspetti esecutivi

Bari, 5 Febbraio 2019



ESEGUITO



ESEGUITO

## 4ª SESSIONE

Normative - Monitoraggio

Aspetti contrattuali

Bari, 12 Febbraio 2019



## 5ª SESSIONE

Tiranti di ancoraggio

Bari, 19 Febbraio 2019

# "PARATIE MULTIANCORATE"

(progetto, applicazioni e tecnologie)

4° Edizione

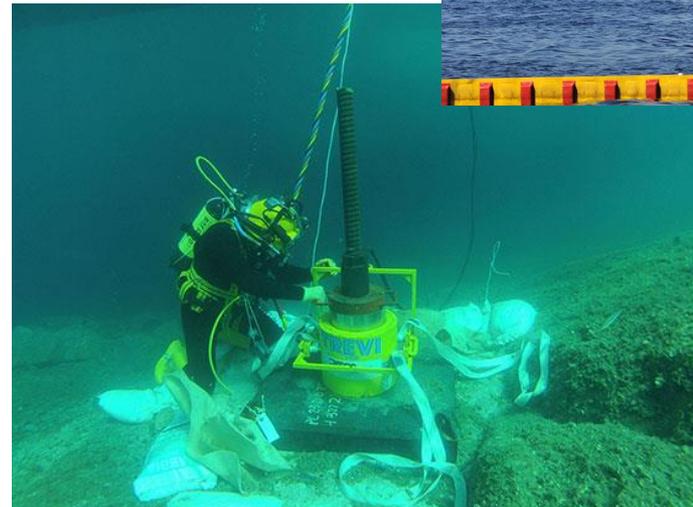
Dott. Ing. Alberto Garrasi  
Consulente in geotecnica e fondazioni speciali

## 5ª SESSIONE

### Tiranti di ancoraggio

Bari, 19 Febbraio 2019

Ordine degli Ingegneri della Provincia di Bari



## **1ª SESSIONE** : 22 Febbraio 2018

1. INTRODUZIONE AL CORSO
2. CAMPI DI APPLICAZIONE E TIPOLOGIE DELLE "OPERE DI SOSTEGNO FLESSIBILI"
3. METODI DI CALCOLO : PARTE PRIMA

ESEGUITO



## **2ª SESSIONE** : 1 Marzo 2018

4. METODI DI CALCOLO : PARTE SECONDA
  - Metodi di calcolo "a rottura" : terreno rigido-plastico
  - Esercitazioni con risoluzione di paratie a sbalzo e con tirante senza ausilio di computer
  - Metodi di calcolo con terreno discreto elasto-plastico
5. APPROCCIO CRITICO AI SOFTWARE DI CALCOLO GEOTECNICO

ESEGUITO



## **3ª SESSIONE** : 8 Marzo 2018

6. STABILITA' DEL FONDO SCAVO
7. STABILITA' GLOBALE
8. ASPETTI ESECUTIVI
  - Paratie in c.a. gettate in opera
  - Paratie in c.a. prefabbricate
  - Diaframmi di pali
  - Berlinesi di micropali e tiranti
  - Palancolate metalliche

PROGRAMMA

ESEGUITO



## **4ª SESSIONE** : 15 Marzo 2018

### 9. IL RUOLO DELLE NORMATIVE : UN APPROCCIO CRITICO

- Premesse
- La progettazione geotecnica secondo NTC 2008
- La progettazione delle paratie multiancorate secondo NTC 2008

### 10. PARATIE MULTIANCORATE : IL RUOLO DEL MONITORAGGIO

#### 11. a) ASPETTI CONTRATTUALI

#### 11. b) ANALISI DI COSTO : UN ESEMPIO

ESEGUITO



## **5ª SESSIONE** : 22 Marzo 2018

### 12. TIRANTI DI ANCORAGGIO

- Campi di applicazione
- Tipi di tiranti disponibili sul mercato
- Il processo di progettazione dei tiranti
  - ✓ Lunghezza libera
  - ✓ Armatura
  - ✓ Prove preliminari "di progetto"
- Modalità esecutive e piano dei controlli in corso d'opera
- Test di collaudo : programmazione e criteri di accettazione del tirante
- Le "Specifiche tecniche per i tiranti" come documento di progetto
- La Normativa sui tiranti di ancoraggio : approccio critico
- Aspetti contrattuali

### 13. CONCLUSIONI

### 14. VERIFICA FINALE DELL'APPRENDIMENTO



PROGRAMMA



CAMPI DI IMPIEGO DEI TIRANTI



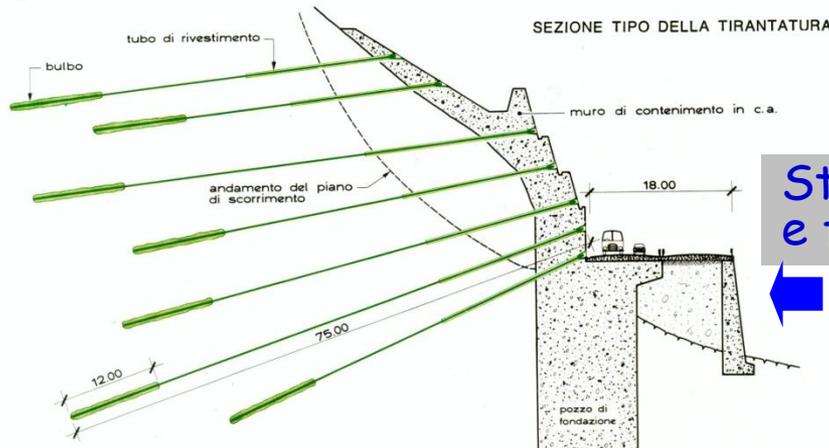
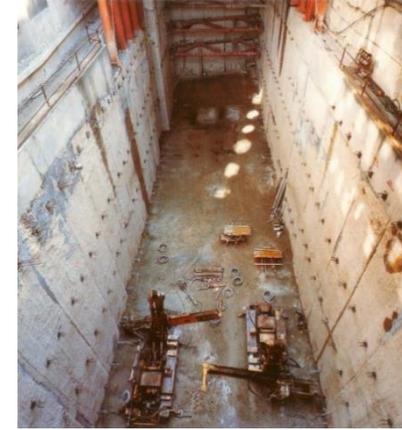
CAMPI DI IMPIEGO  
DEI TIRANTI



Incremento forze verticali



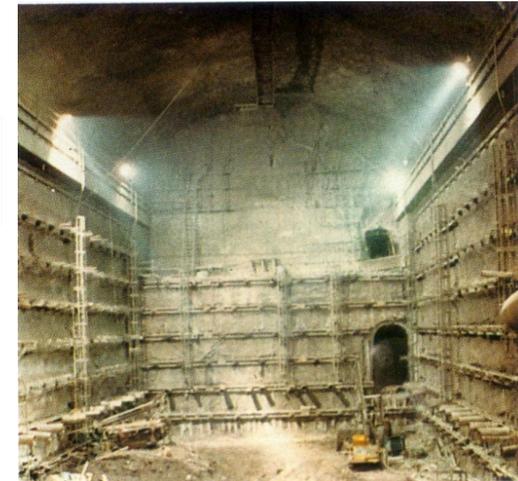
Opere di sostegno



Stabilizzazione pendii e fronti di scavo

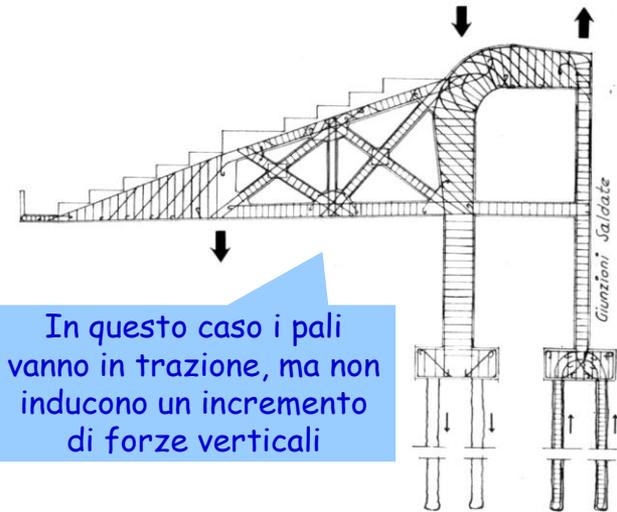
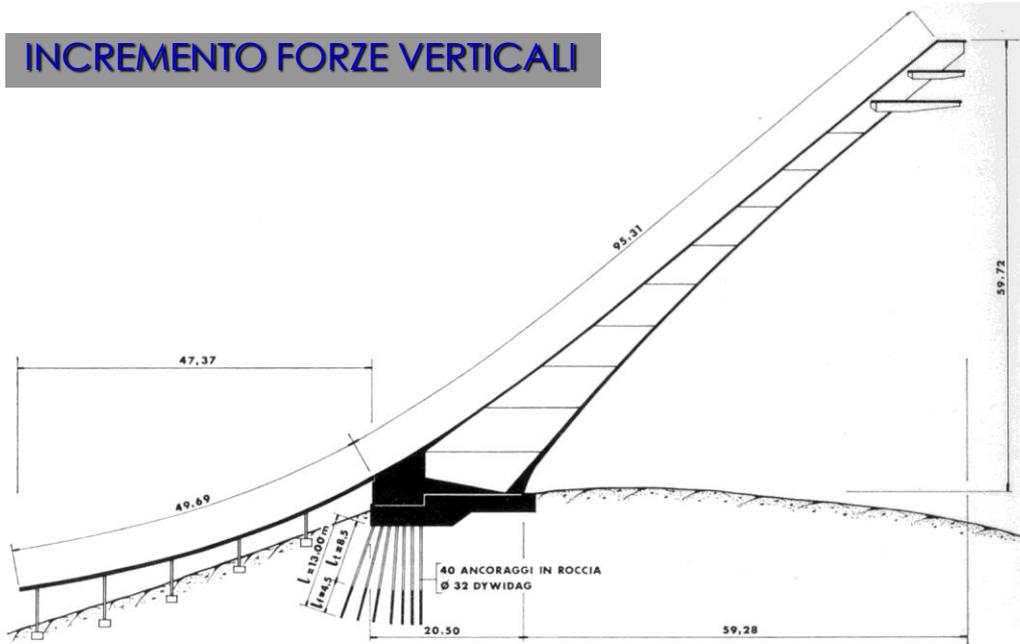


Stabilizzazione del cavo  
(gallerie, caverne)



Altro

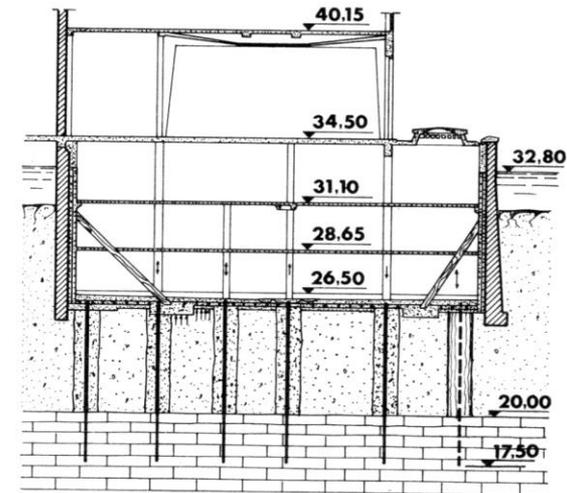
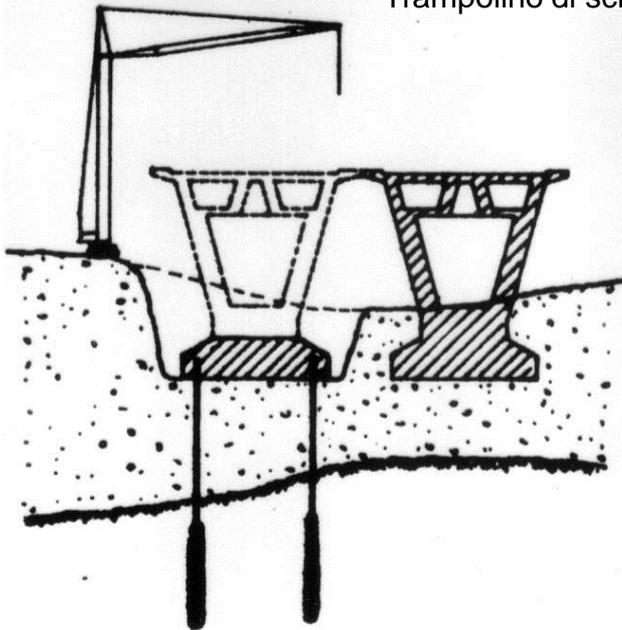
## INCREMENTO FORZE VERTICALI



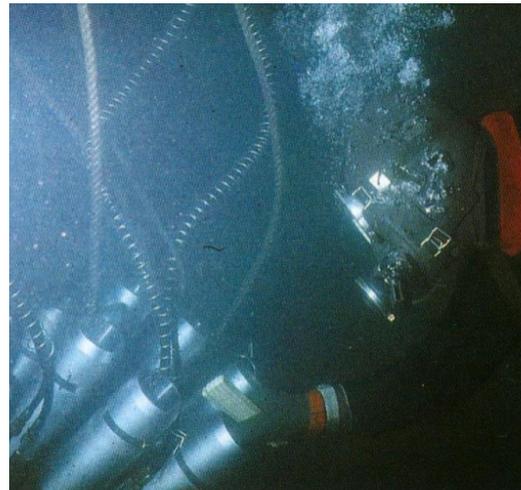
In questo caso i pali vanno in trazione, ma non inducono un incremento di forze verticali

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

Trampolino di sci olimpico – Norvegia



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

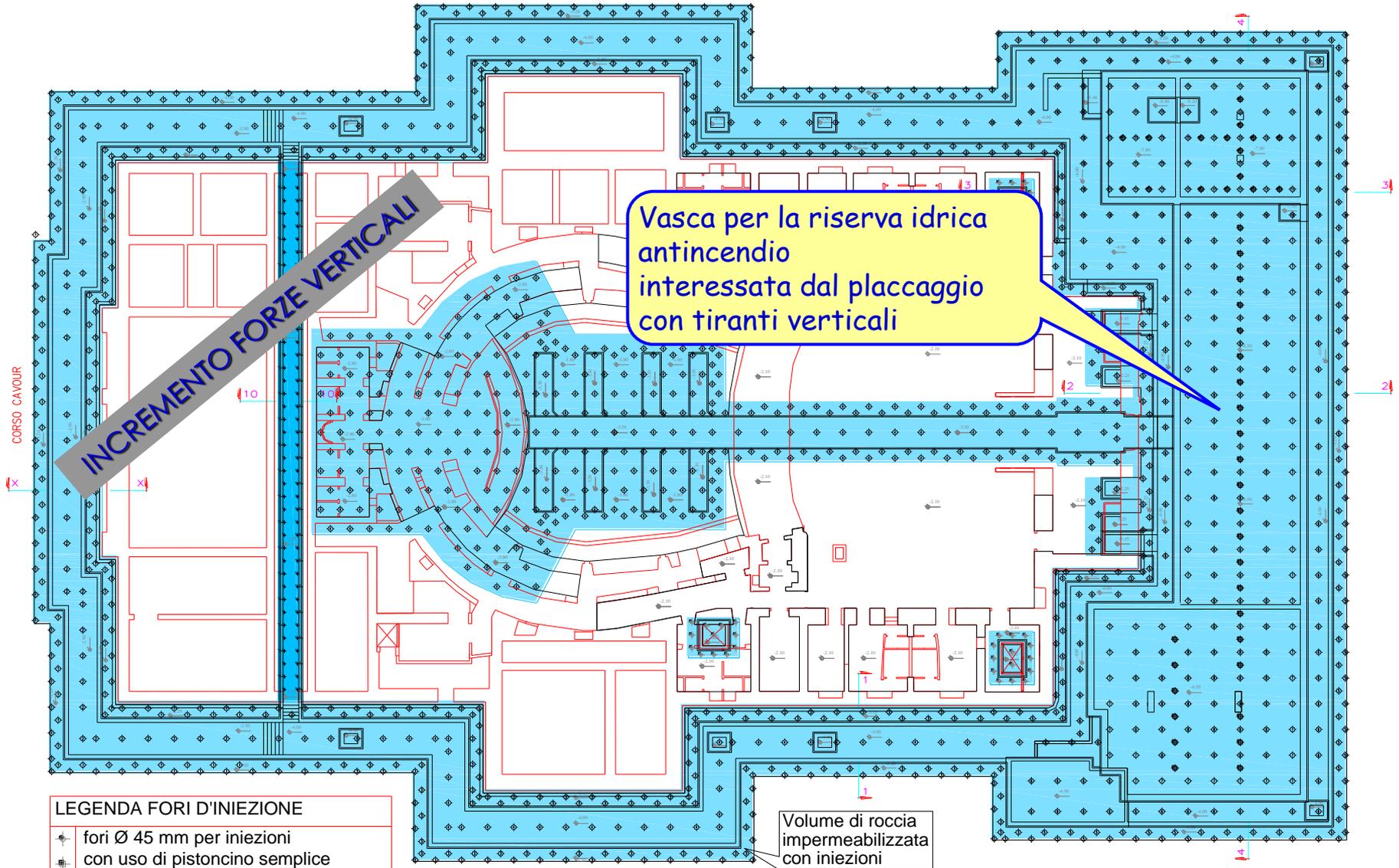


## INCREMENTO FORZE VERTICALI

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.  
RODIO – 1980

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

**PIANTA INTERVENTI DI IMPERMEABILIZZAZIONE  
 MEDIANTE INIEZIONI IN ROCCIA**



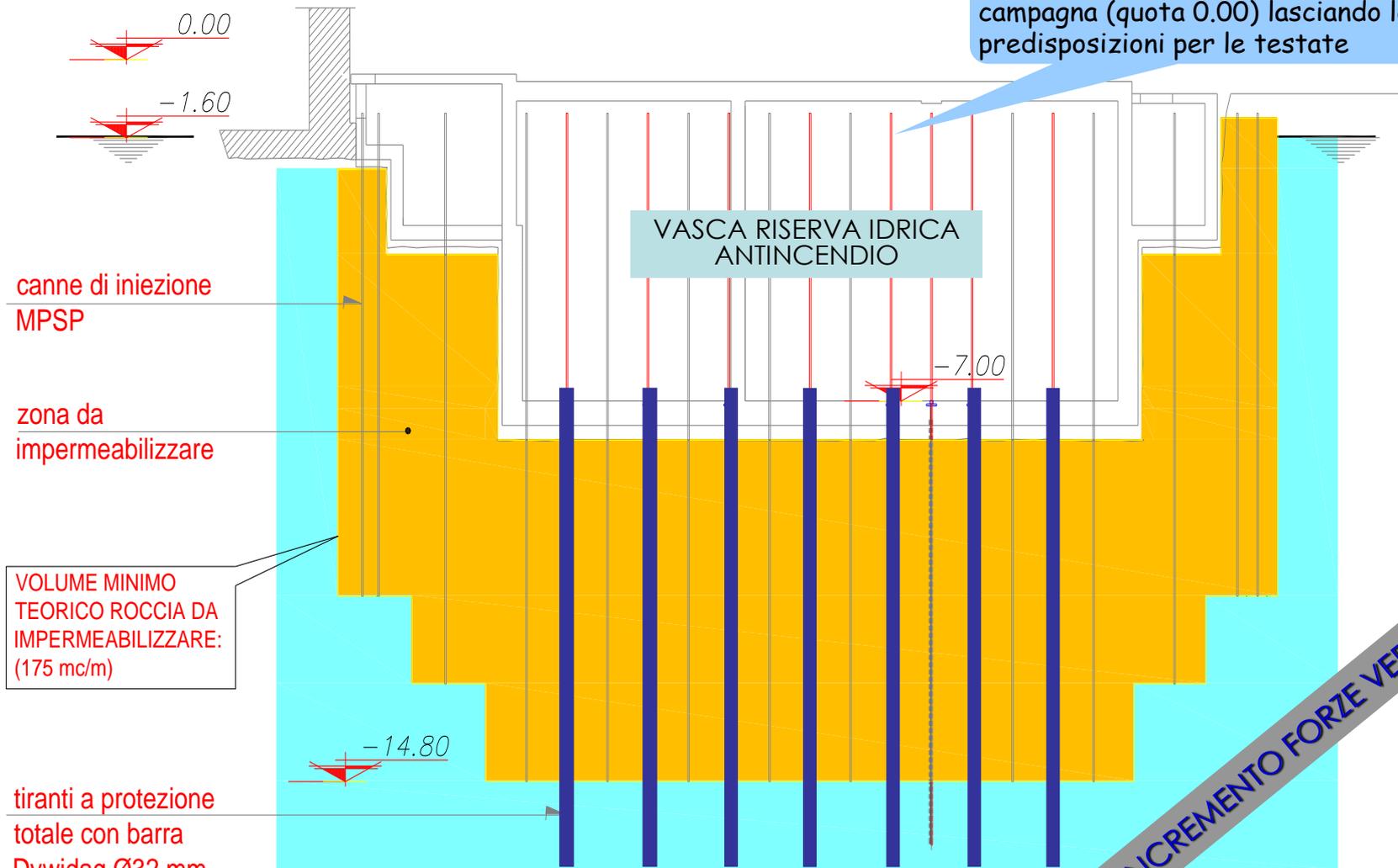
**LEGENDA FORI D'INIEZIONE**

	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  
INTERVENTI DI IMPERMEABILIZZAZIONE MEDIANTE INIEZIONI IN ROCCIA  
SEZIONE VASCA RISERVA IDRICA ANTINCENDIO - Vitone & Associati – Garrasi 2002

I tiranti sono stati eseguiti da piano campagna (quota 0.00) lasciando le predisposizioni per le testate



canne di iniezione  
MPSP

zona da  
impermeabilizzare

VOLUME MINIMO  
TEORICO ROCCIA DA  
IMPERMEABILIZZARE:  
(175 mc/m)

tiranti a protezione  
totale con barra  
Dywidag Ø32 mm

INCREMENTO FORZE VERTICALI

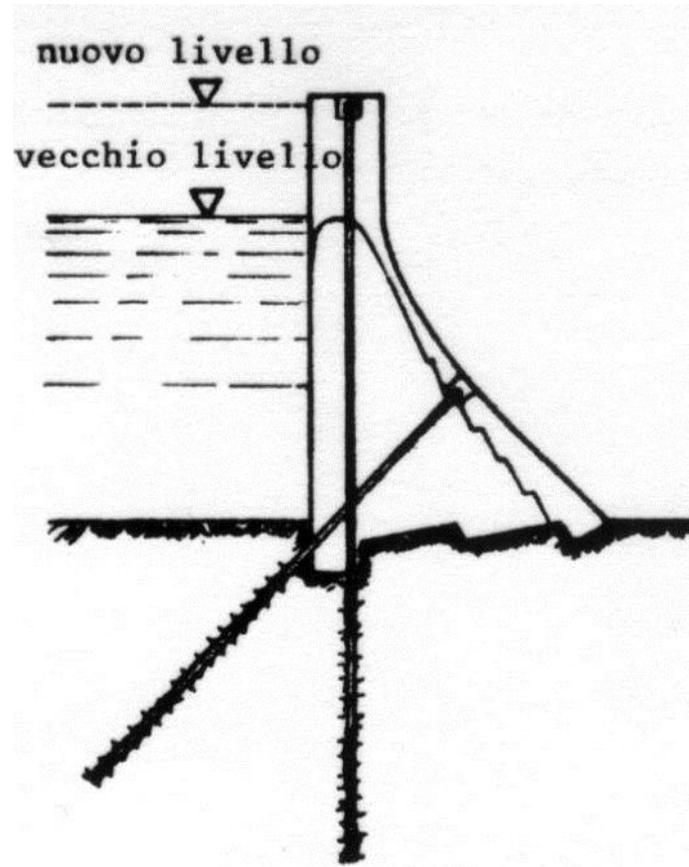
TEATRO PETRUZZELLI – BARI - Progetto di restauro e recupero funzionale - Vitone & Associati – Garrasi 2002  
TIRANTI DI PLACCAGGIO VASCA RISERVA IDRICA ANTINCENDIO - IMPRESA RODIO



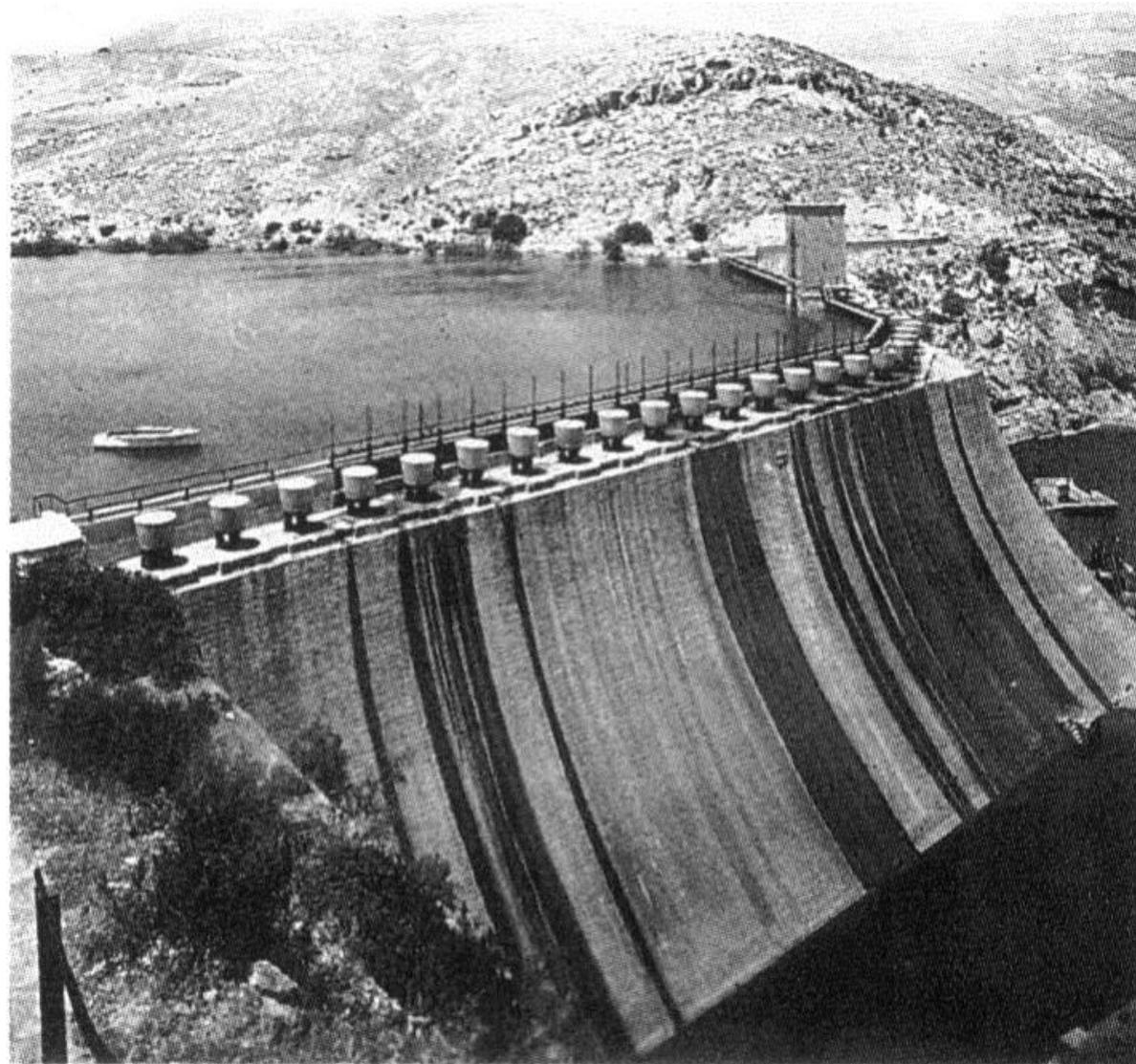
INCREMENTO FORZE VERTICALI



Ing. Giannuzzi



**INCREMENTO FORZE  
VERTICALI + ORIZZONTALI**



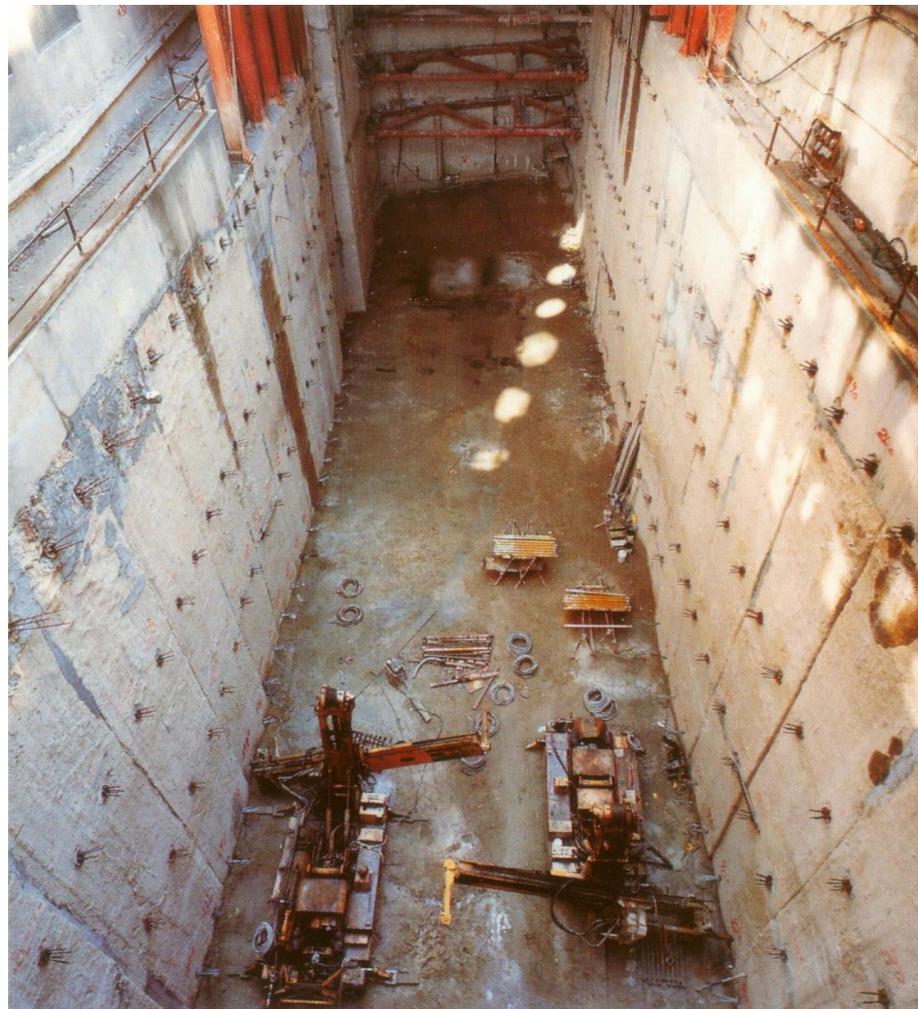
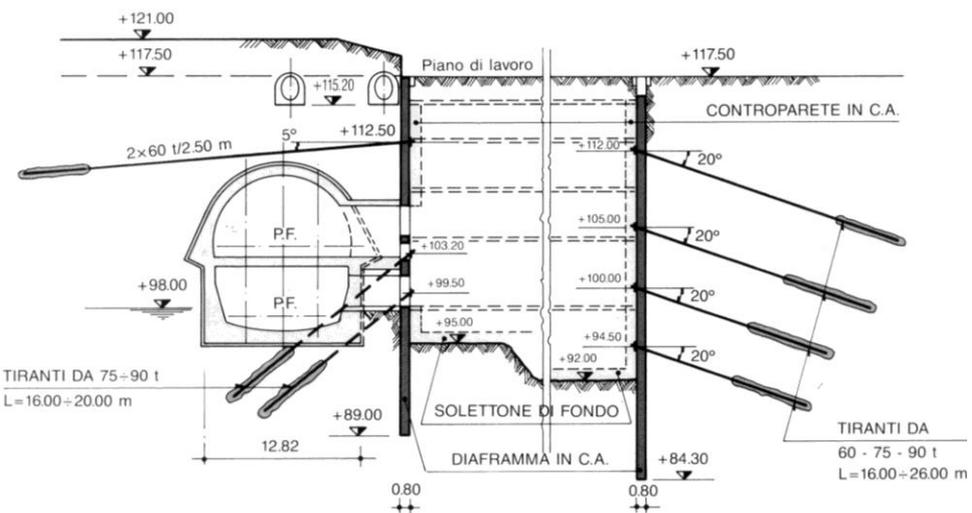
*Diga di Cheurfas -ALGERIA - 1935  
Incremento del peso con tiranti da 1.000 t*



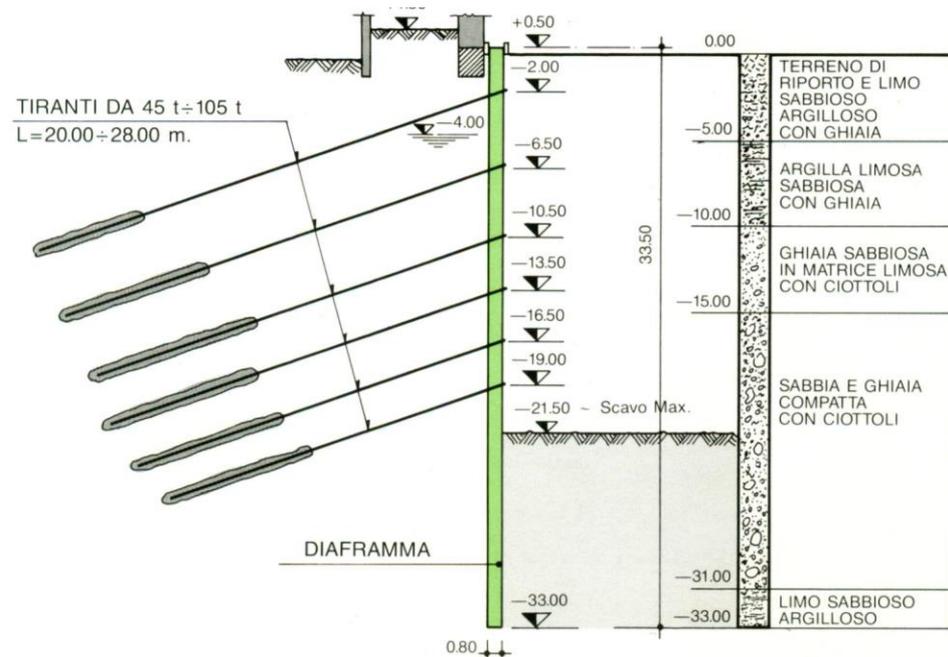
## OPERE DI SOSTEGNO : PARATIE MULTIANCORATE

Metropolitana di Milano – Stazione Duomo  
Impresa ELSE - 1982

### SEZIONE TIPO



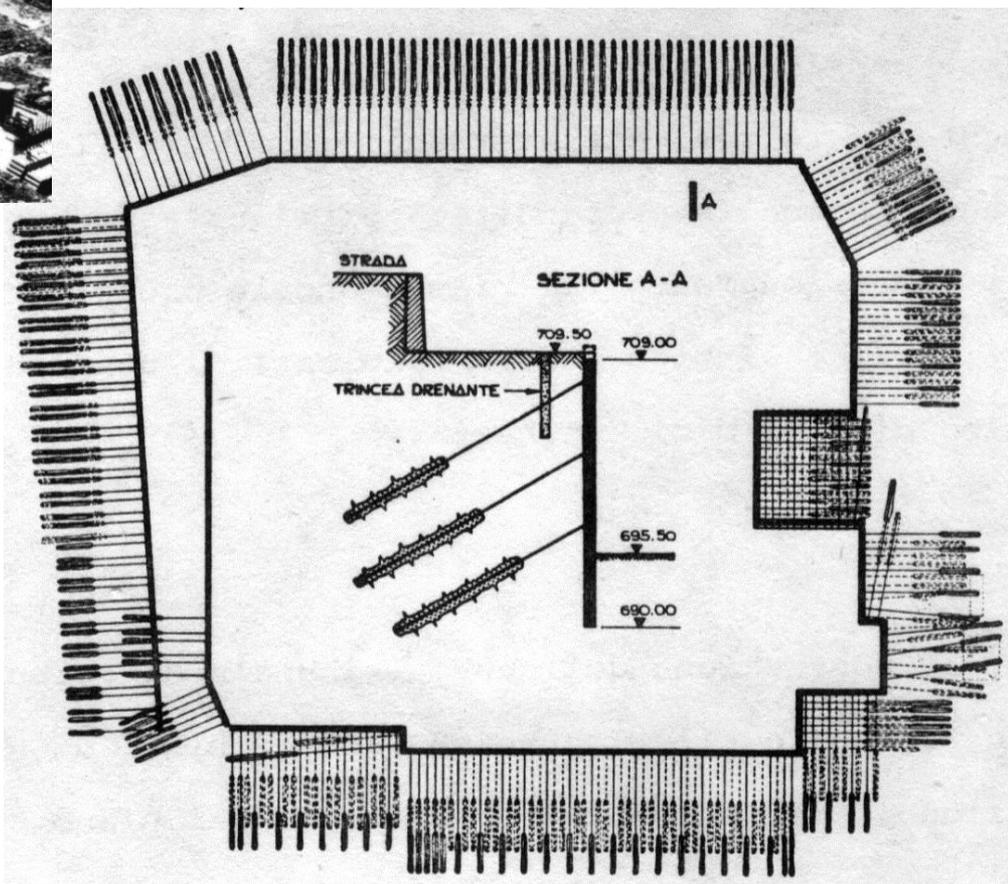
## OPERE DI SOSTEGNO : PARATIE MULTIANCORATE



Bergamo  
Parcheggio sotterraneo in Piazza della Libertà  
Impresa ELSE 1989-1990

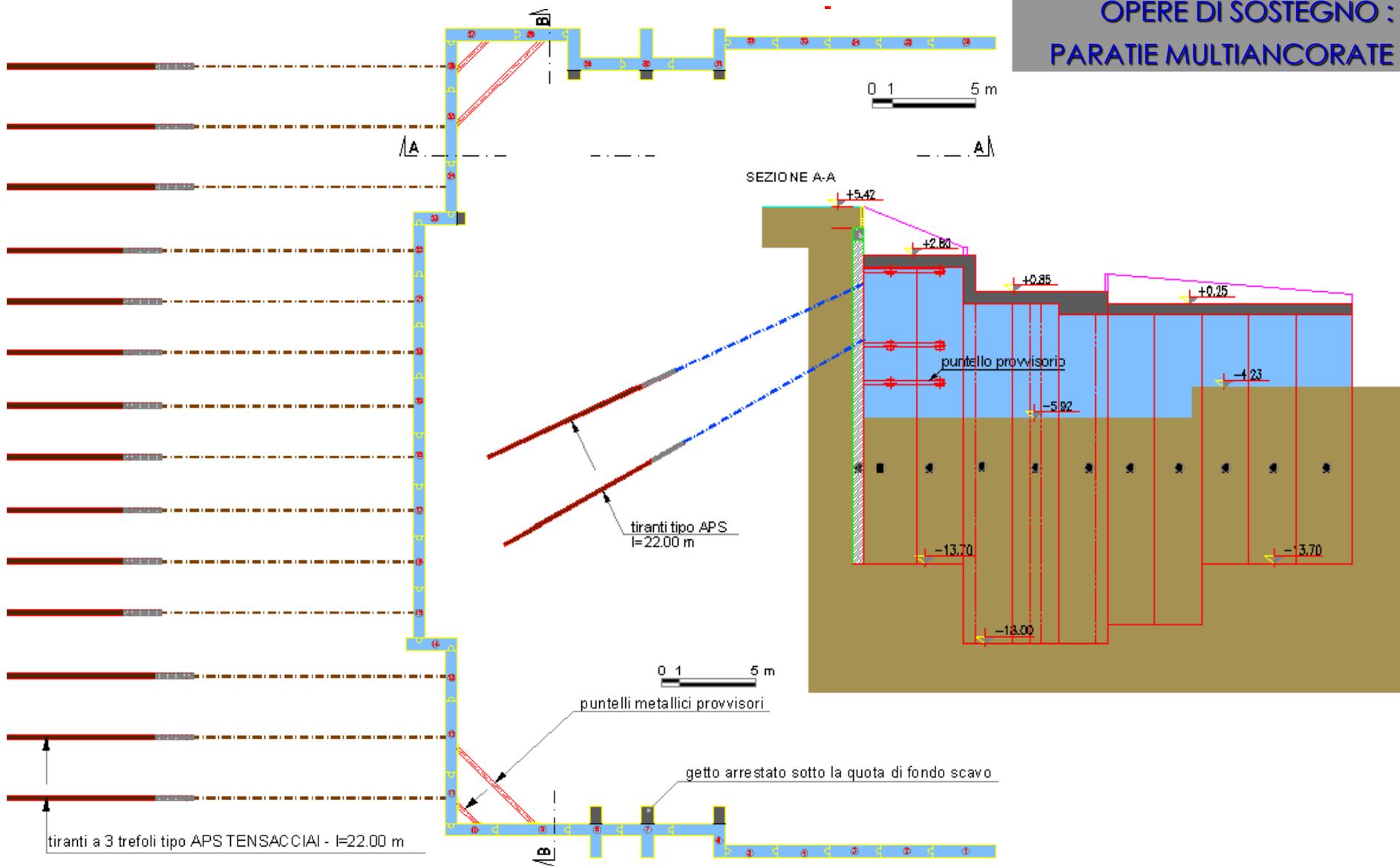


## OPERE DI SOSTEGNO : PARATIE MULTIANCORATE



Nuovo Tribunale di Potenza  
Impresa RODIO / Garrasi 1973-74

## OPERE DI SOSTEGNO : PARATIE MULTIANCORATE



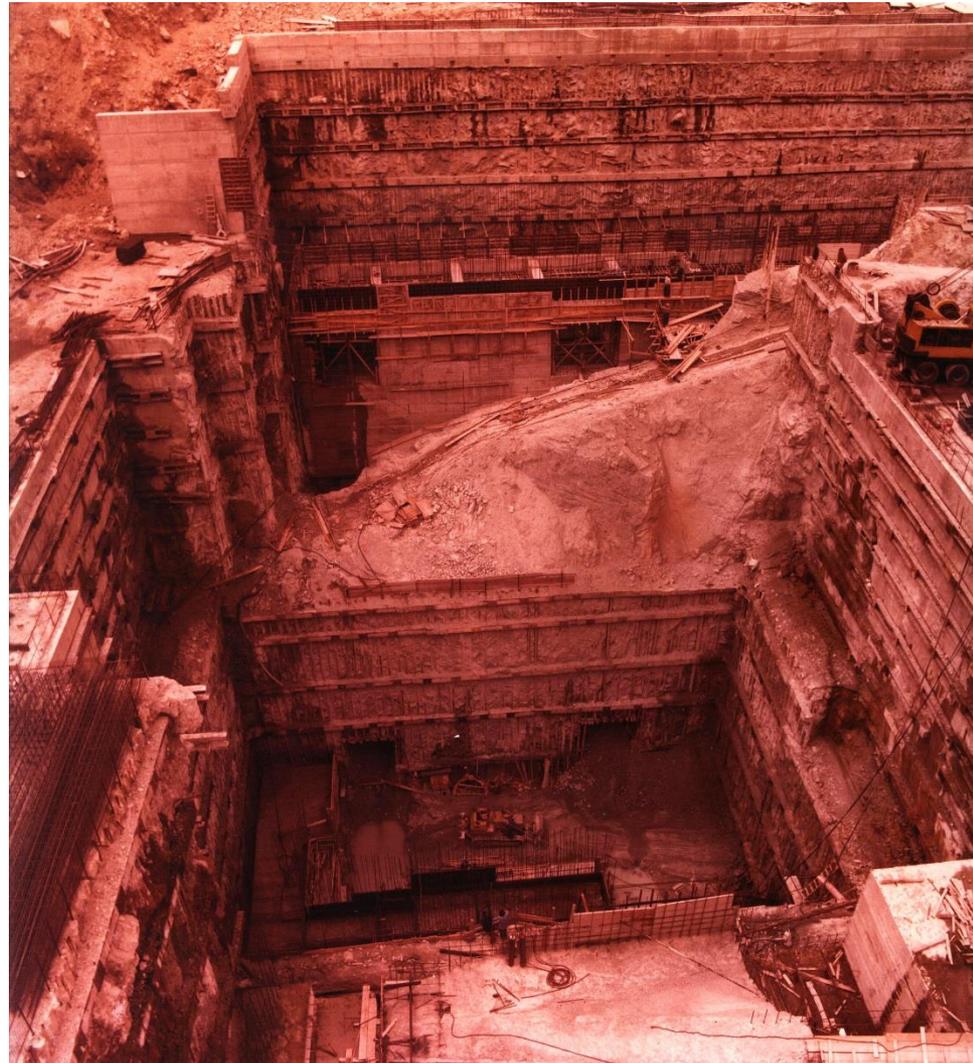
OPERE DI SOSTEGNO : BERLINESI



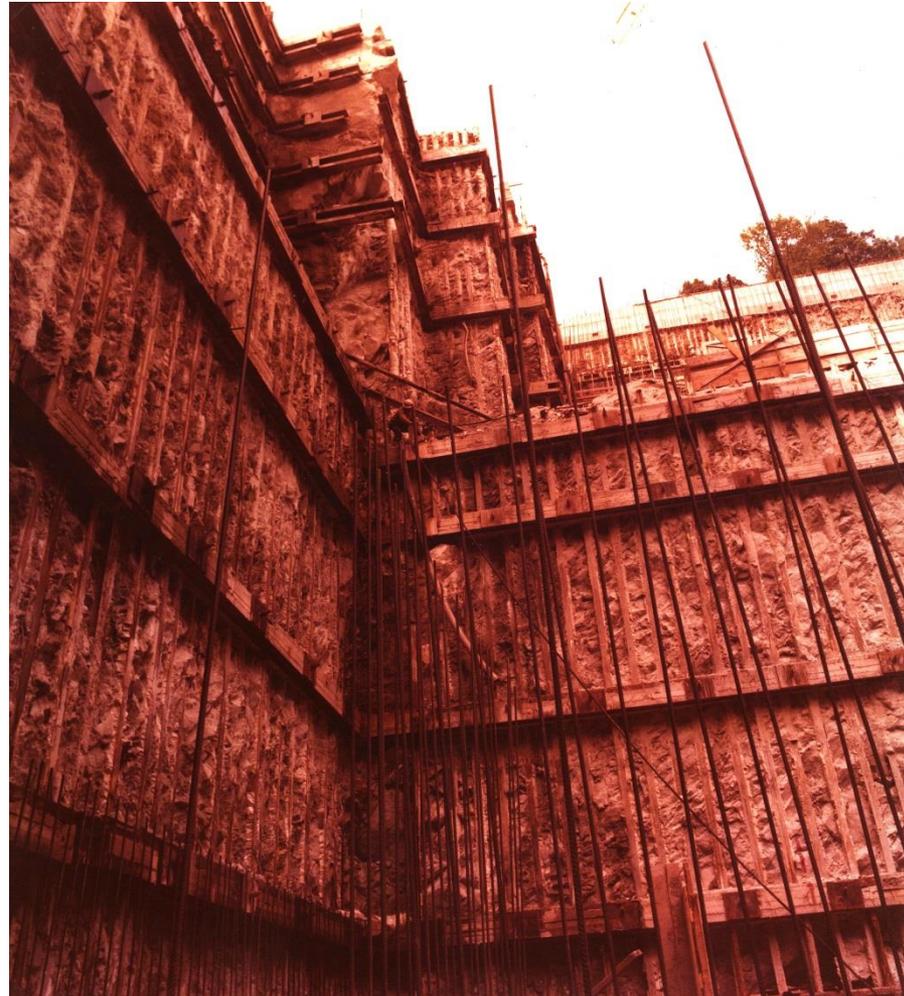
Genova Madre di Dio. Scavo di 34 m in argille, argilliti, blocchi calcarei e calcare fratturato.  
RODIO - 1975

## OPERE DI SOSTEGNO : BERLINESI

Scavo di 40 m di profondità per aumentare il salto idraulico ed alloggiare le turbine.



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



## OPERE DI SOSTEGNO : BERLINESI

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

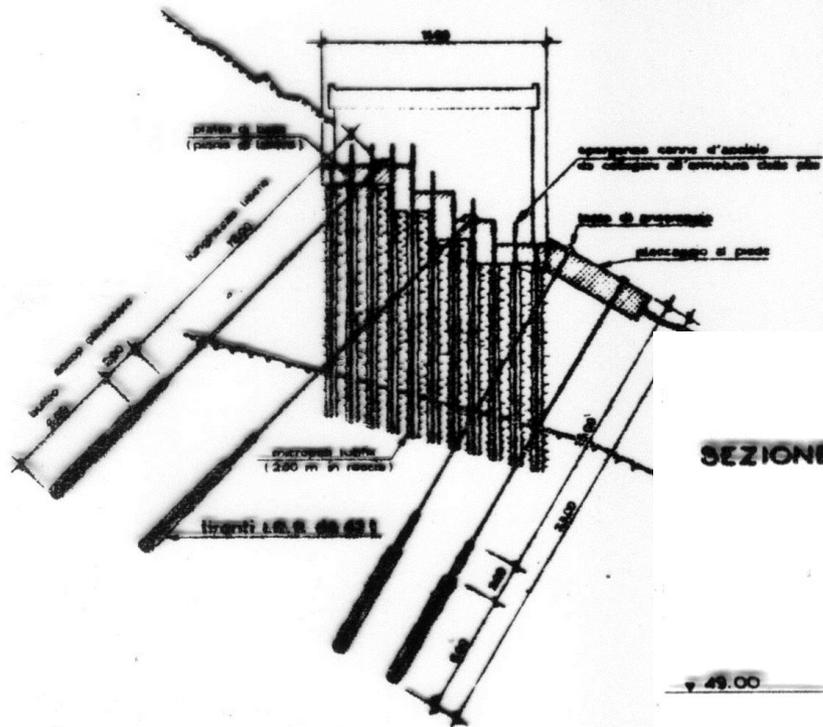
Scavo di 40 m di profondità  
per aumentare il salto  
idraulico ed alloggiare  
le turbine.

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



## CETRARO

### SEZIONE A-A



### SEZIONE TIPO

## FEGINO

Struttura di contenimento in c.a. con tiranti I.R.P.

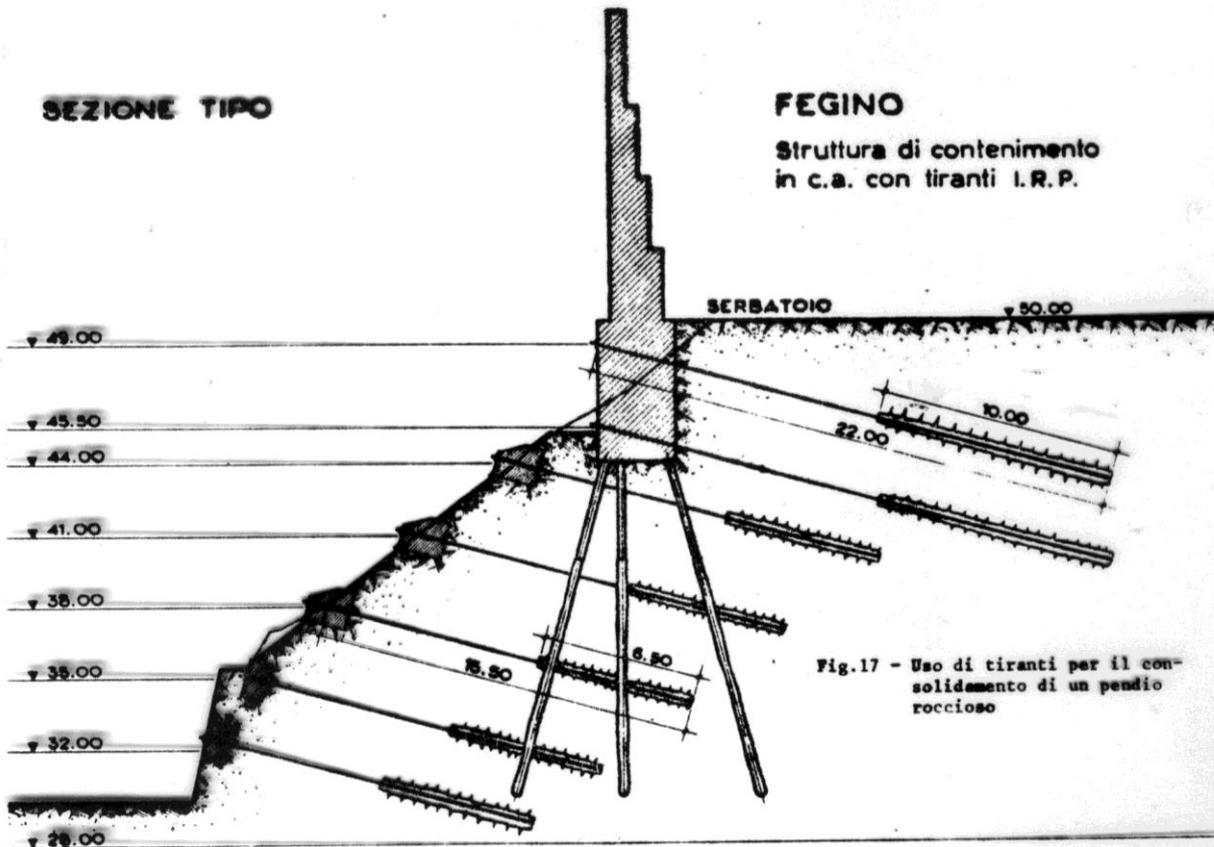
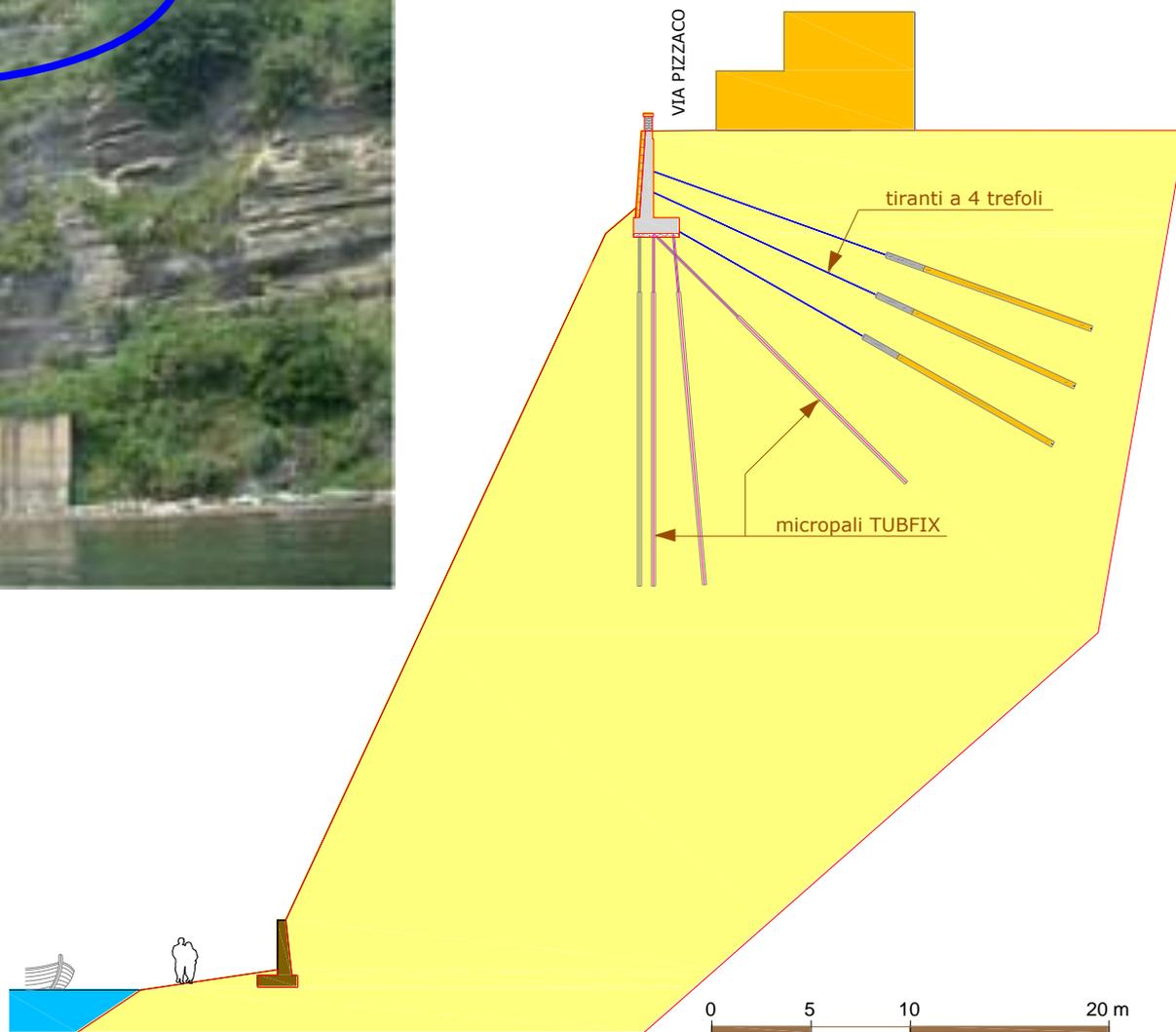


Fig.17 - Uso di tiranti per il consolidamento di un pendio roccioso

USO ABBINATO DI TIRANTI E MICROPALI PER OPERE SU PENDII INSTABILI

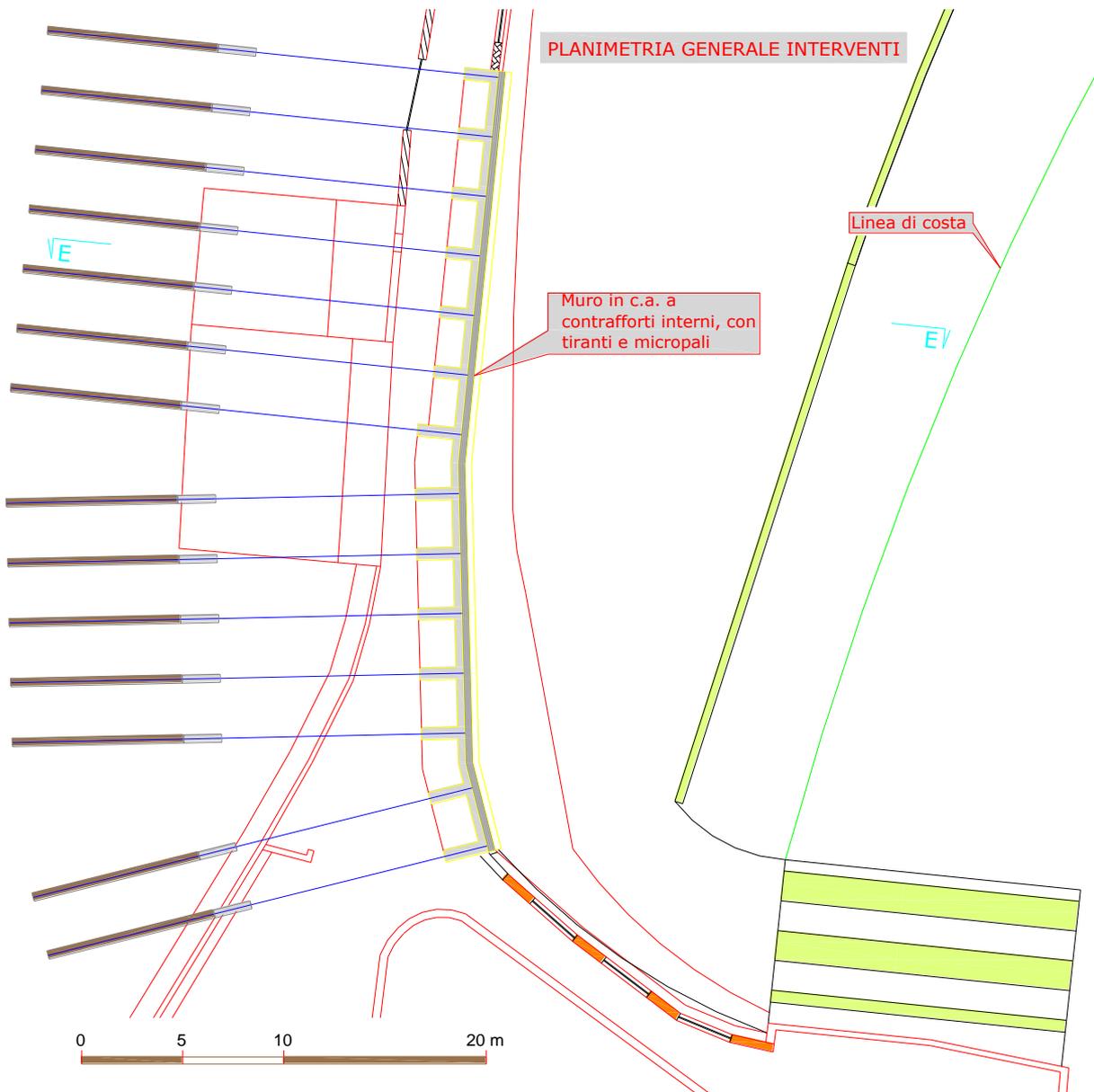
## USO ABBINATO DI TIRANTI E MICROPALI

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

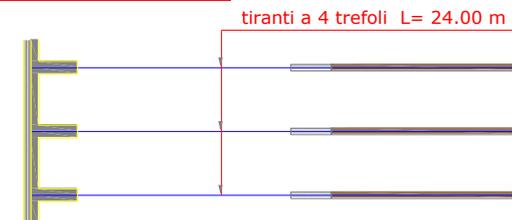


Isola di Procida (NA) – Consolidamento strada franata sul ciglio di una falesia con tiranti e micropali.  
Garrasi, Sforza et al. 2000-2001

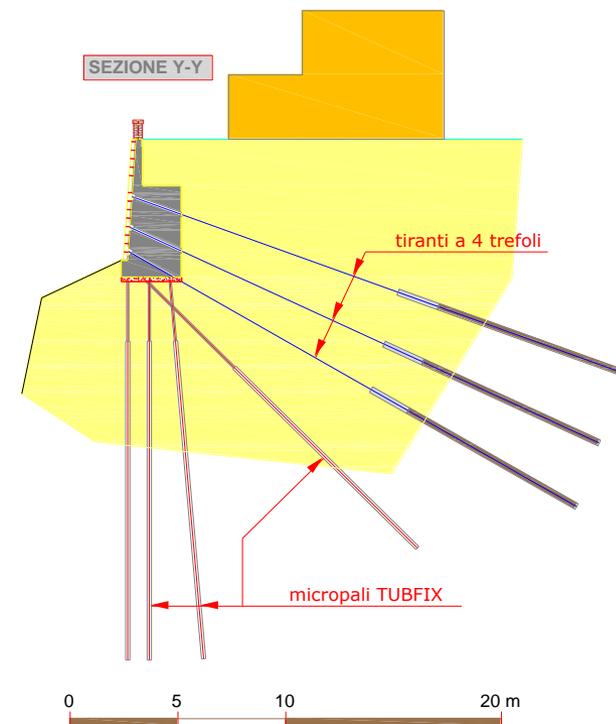
## USO ABBINATO DI TIRANTI E MICROPALI



### STRALCIO PIANTA TIRANTI



### SEZIONE Y-Y

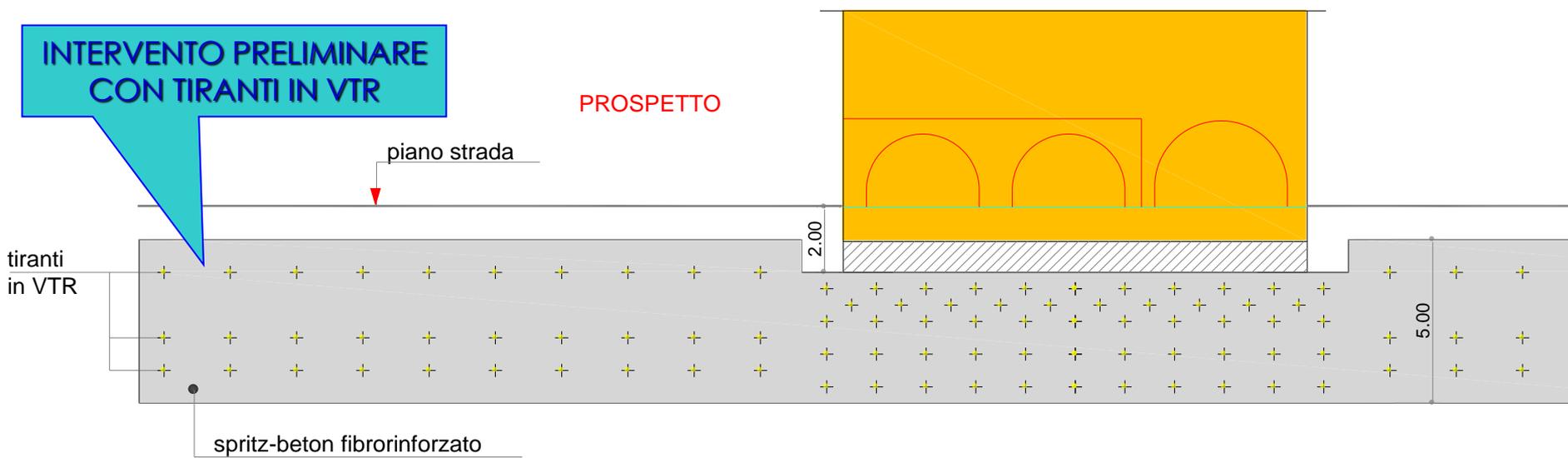


ISOLA DI PROCIDA (NA) – Consolidamento strada franata sul ciglio di una falesia con tiranti e micropali.  
Garrasi, Sforza et al. 2000-2001

**USO ABBINATO DI TIRANTI E MICROPALI**

**INTERVENTO PRELIMINARE  
CON TIRANTI IN VTR**

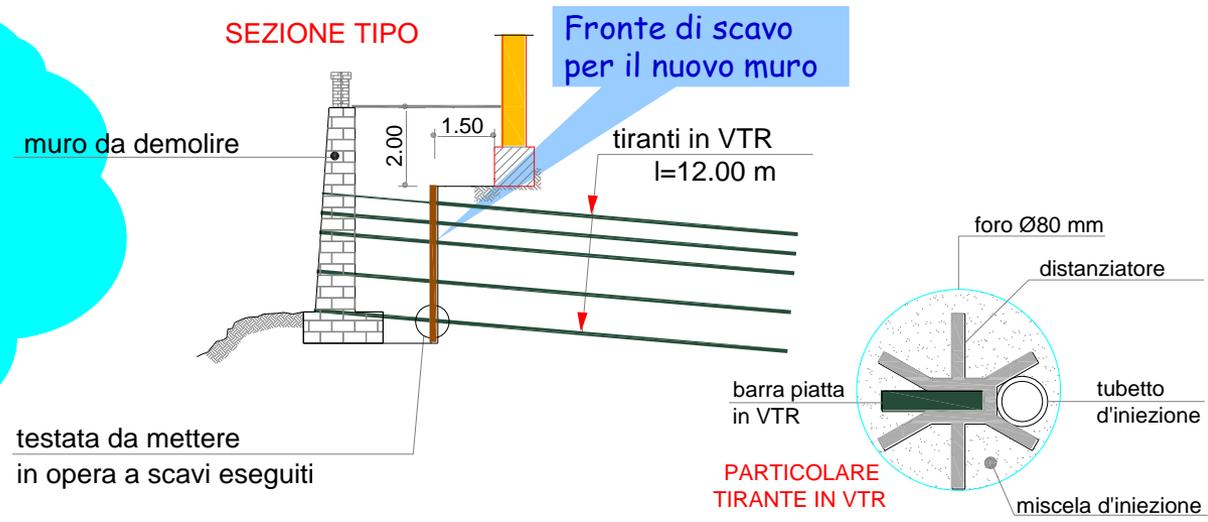
PROSPETTO



L'intervento mira a garantire la sicurezza per la demolizione del muro dissestato e gli scavi necessari ad alloggiare la nuova struttura, operando in fregio a fabbricati esistenti.

SEZIONE TIPO

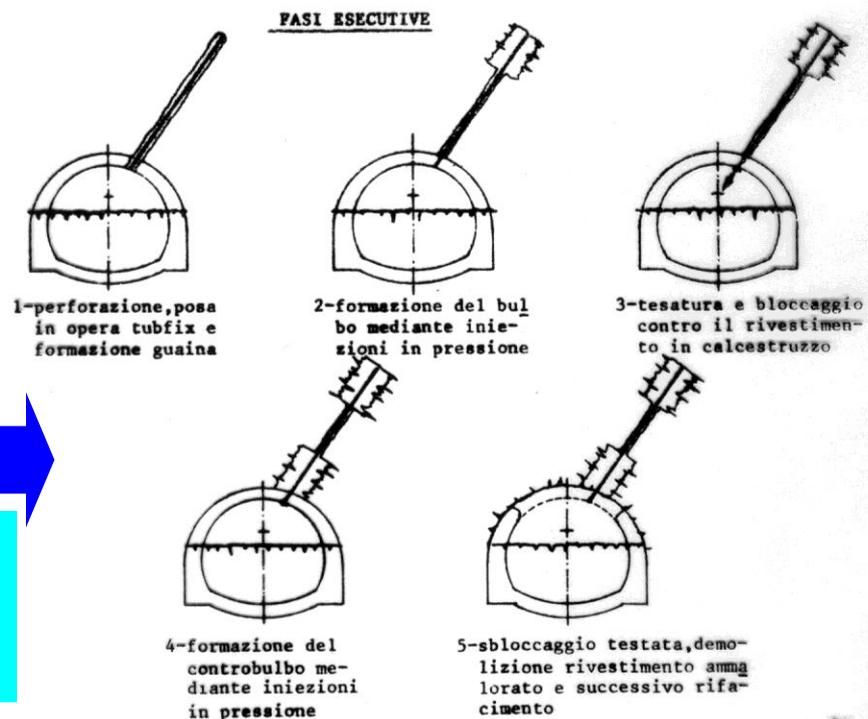
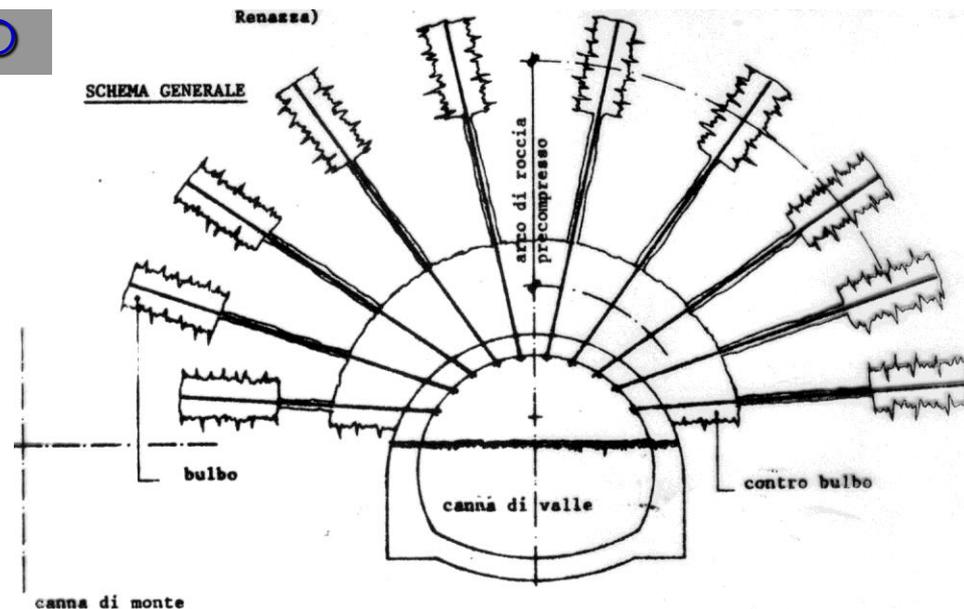
Fronte di scavo per il nuovo muro



## GALLERIE : STABILIZZAZIONE DEL CAVO



Impianto idroelettrico Fortuna - Panama  
RODIO - 1984



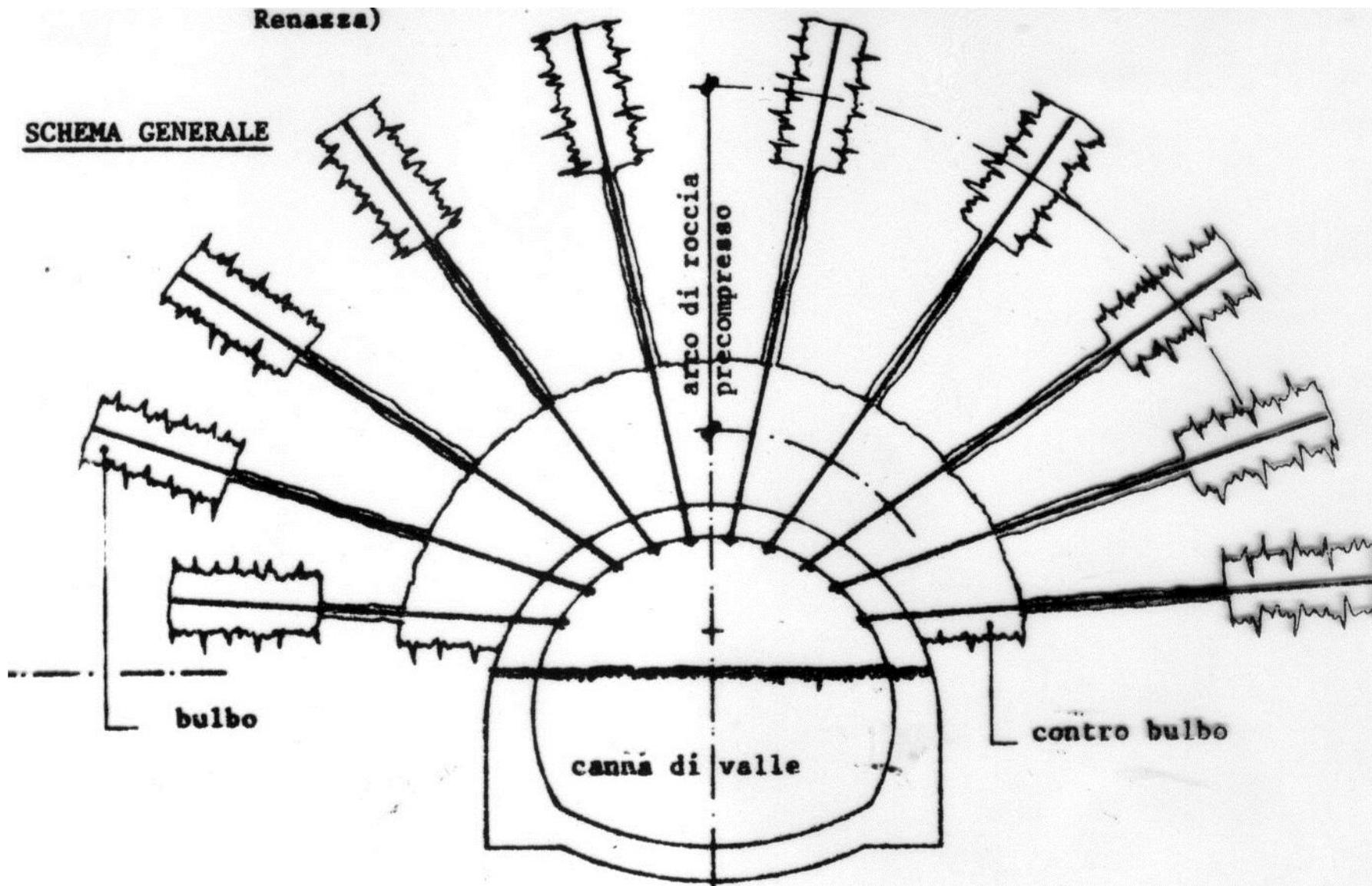
**CONSOLIDAMENTO GALLERIE –  
Stabilizzazione del cavo: un esempio "di scuola"**

Autostrada SA-RC – Galleria Renazza (Lagonegro)  
RODIO - 1970 circa

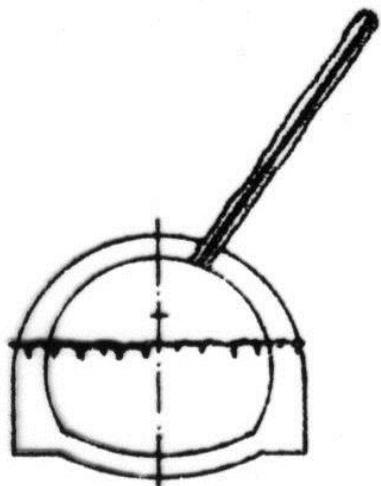
## GALLERIE : STABILIZZAZIONE DEL CAVO

### UN ESEMPIO "DI SCUOLA"

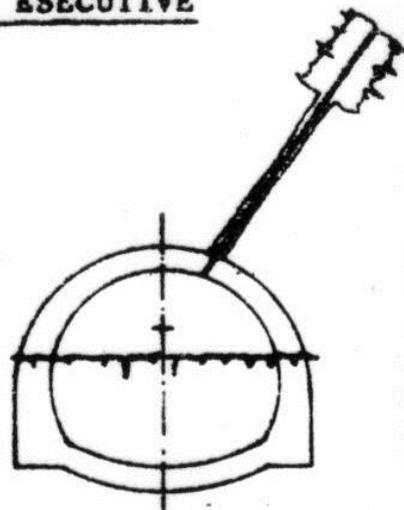
Autostrada SA-RC – Galleria Renazza (Lagonegro)  
RODIO – 1970 circa



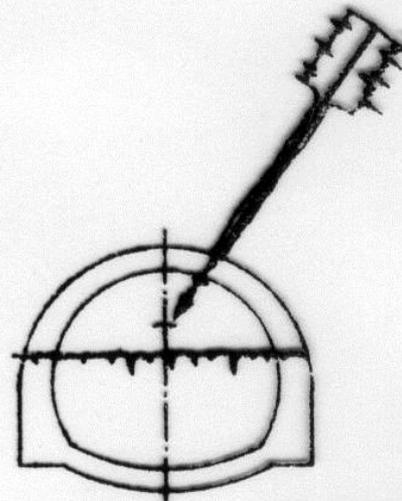
**FASI ESECUTIVE**



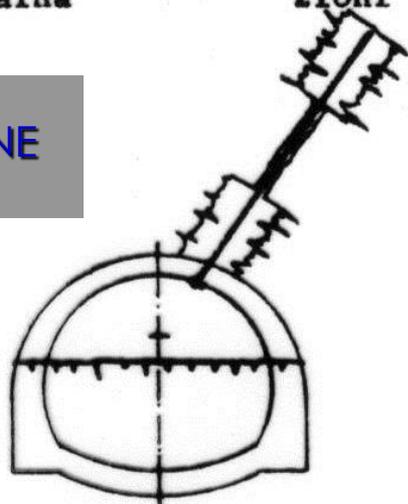
1-perforazione, posa in opera tubifix e formazione guaina



2-formazione del bulbo mediante iniezioni in pressione



3-tesatura e bloccaggio contro il rivestimento in calcestruzzo



4-formazione del controbulbo mediante iniezioni in pressione



5-sbloccaggio testata, demolizione rivestimento ammalorato e successivo rifacimento

**GALLERIE :  
STABILIZZAZIONE  
DEL CAVO**

**UN ESEMPIO "DI SCUOLA"**

Autostrada SA-RC  
Galleria Renazza (Lagonegro)  
RODIO - 1970 circa

## GALLERIE : STABILIZZAZIONE DEL NUCLEO



Generalmente si  
utilizzano tiranti in VTR

## STABILIZZAZIONE FRONTI DI ROCCIA



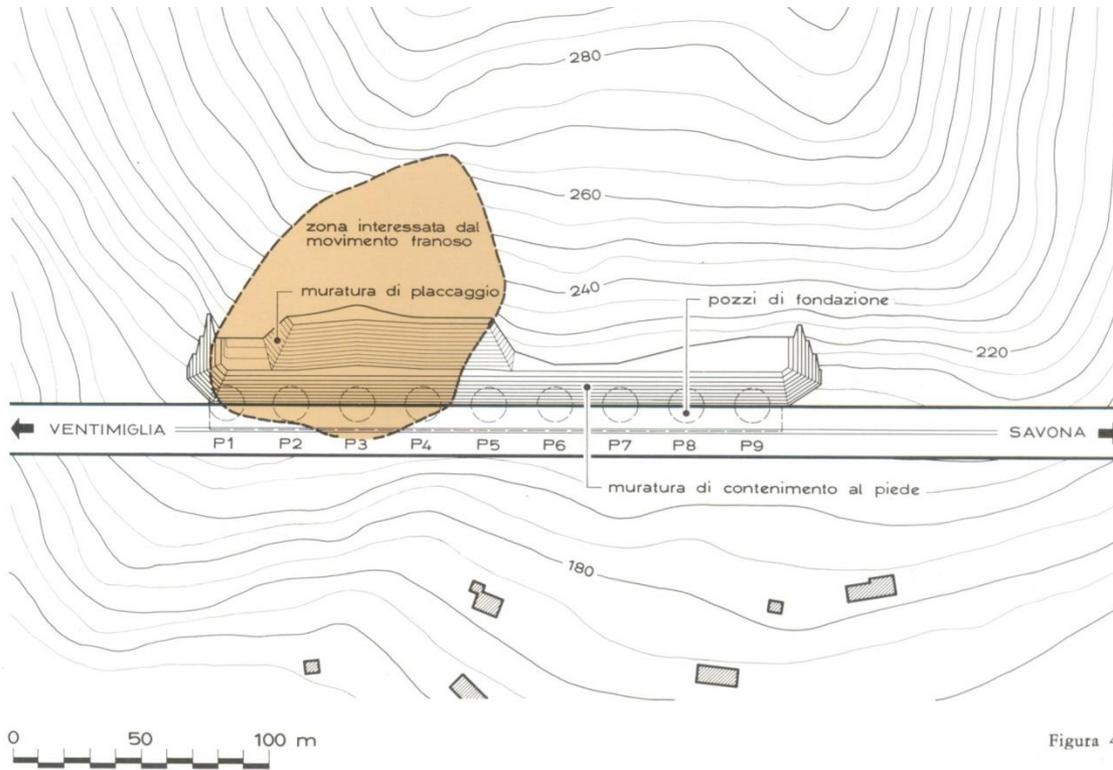
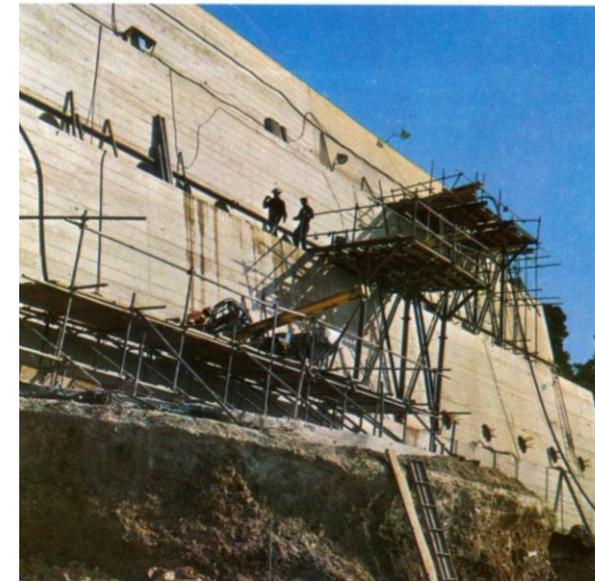
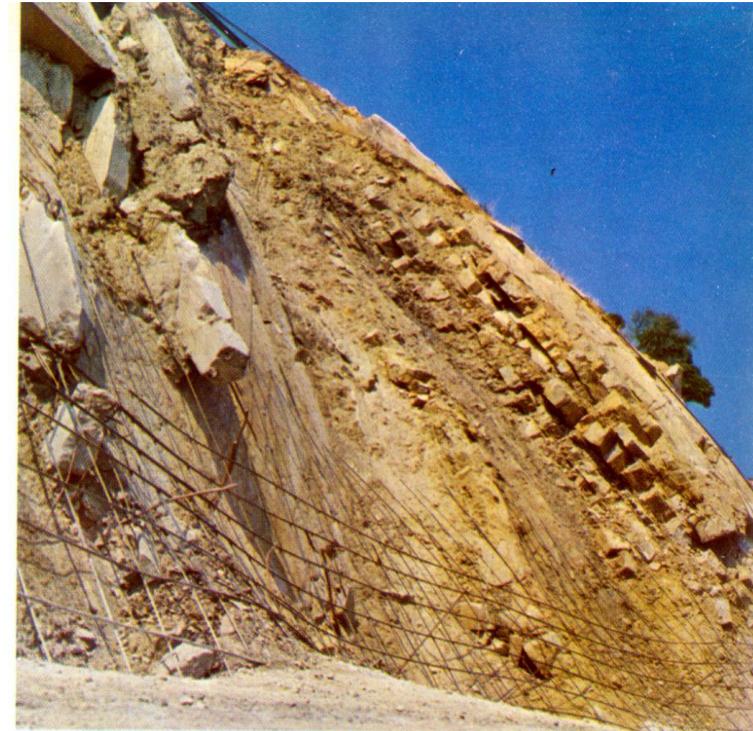


Figura 4



## CONSOLIDAMENTO PENDII

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

SVILUPPO PROSPETTICO CON UBICAZIONE DELLE TESTE DEI TIRANTI

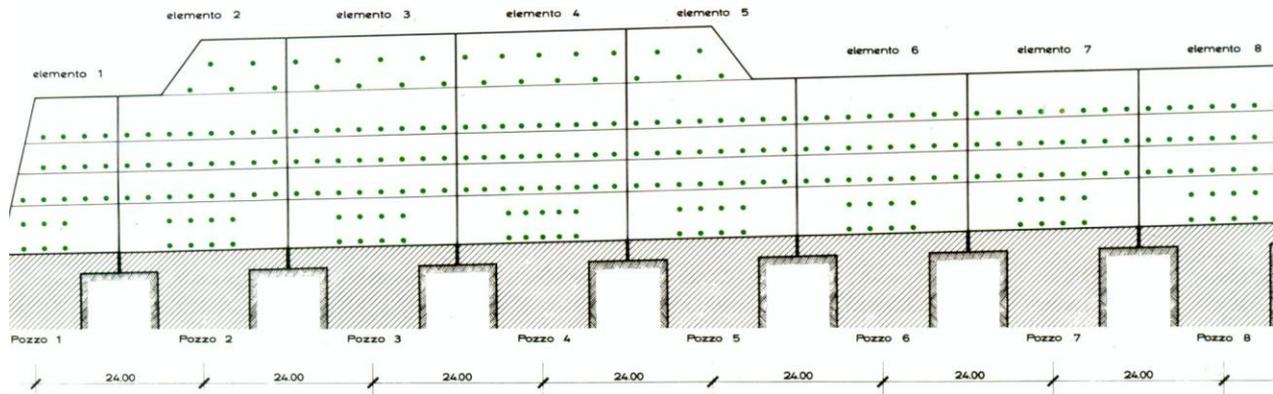
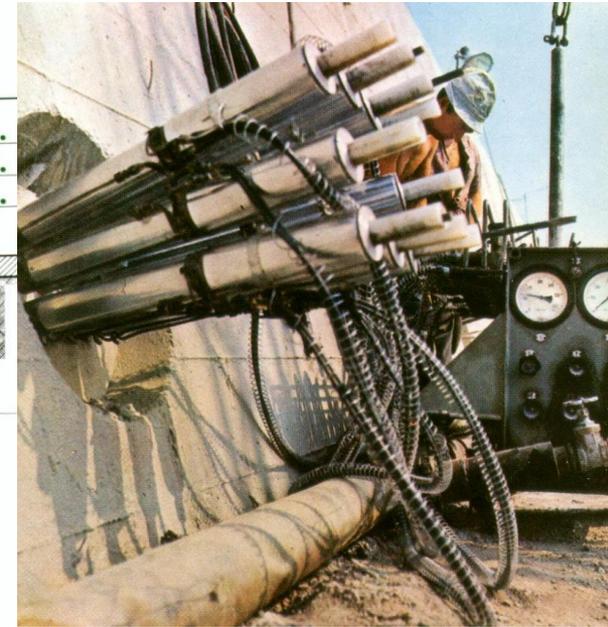
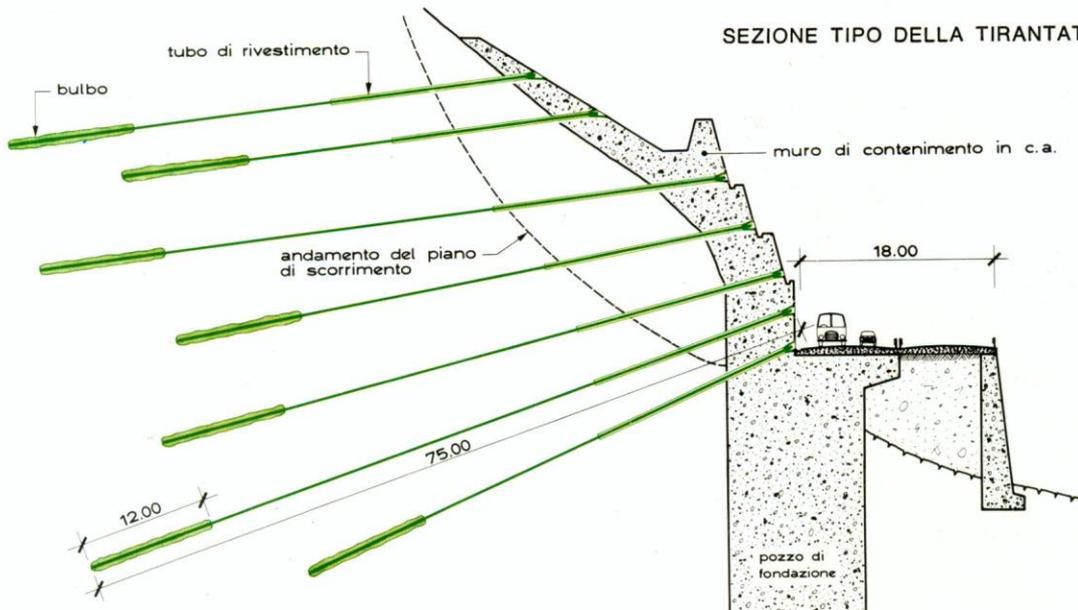


Figura 7

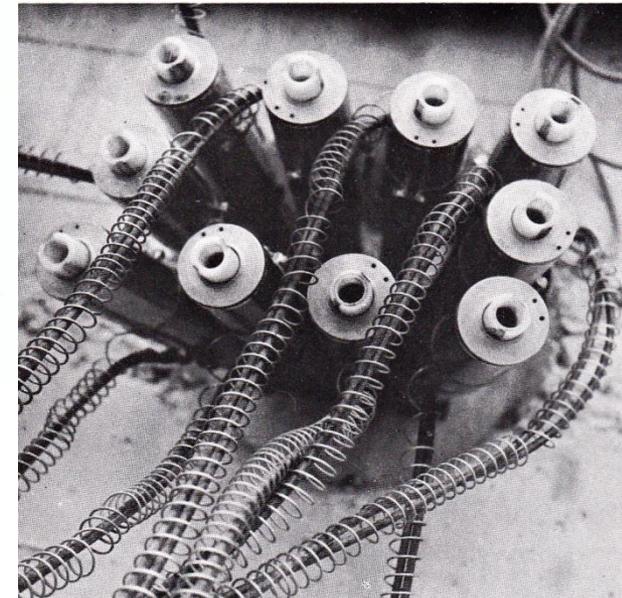


SEZIONE TIPO DELLA TIRANTATURA



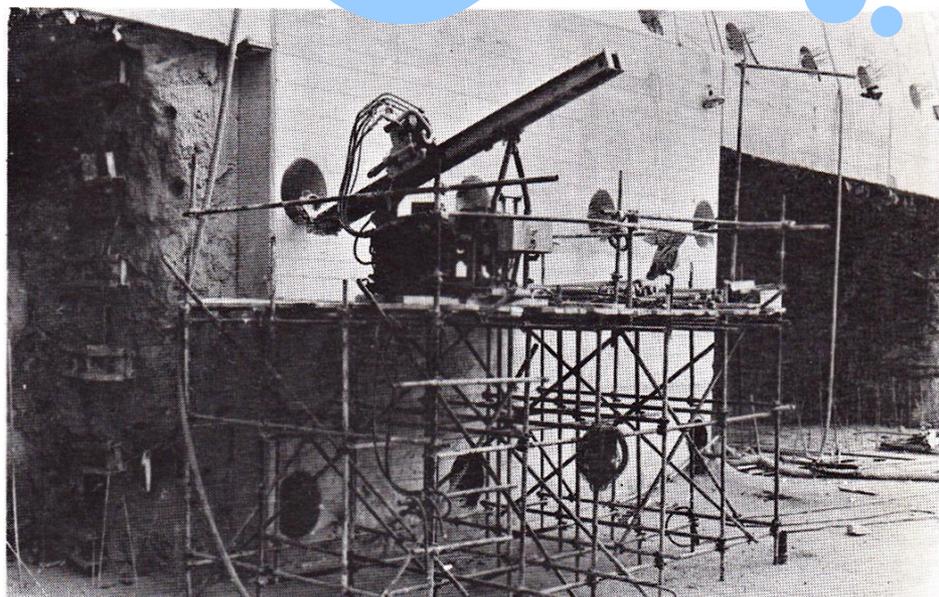
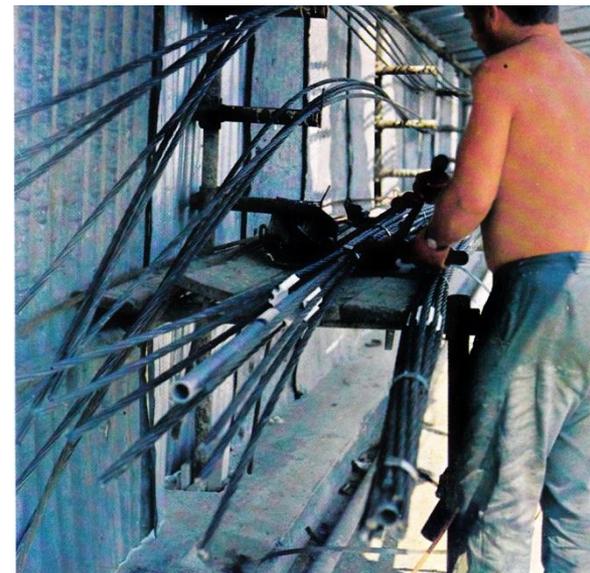
**CONSOLIDAMENTO PENDII**

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



## CONSOLIDAMENTO PENDII

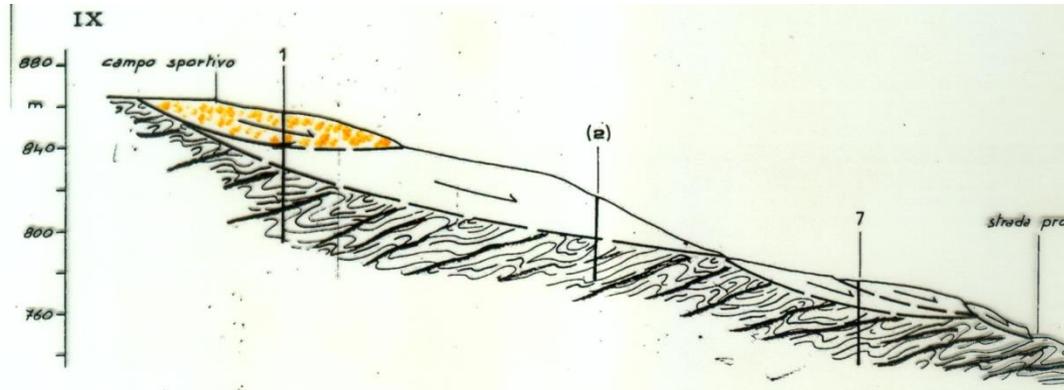
*Immagini di un tipico Cantiere anni '70 : quando le sonde andavano sui ponteggi ed i tiranti venivano assemblati in cantiere.  
E dove il know-how delle maestranze faceva la differenza.*



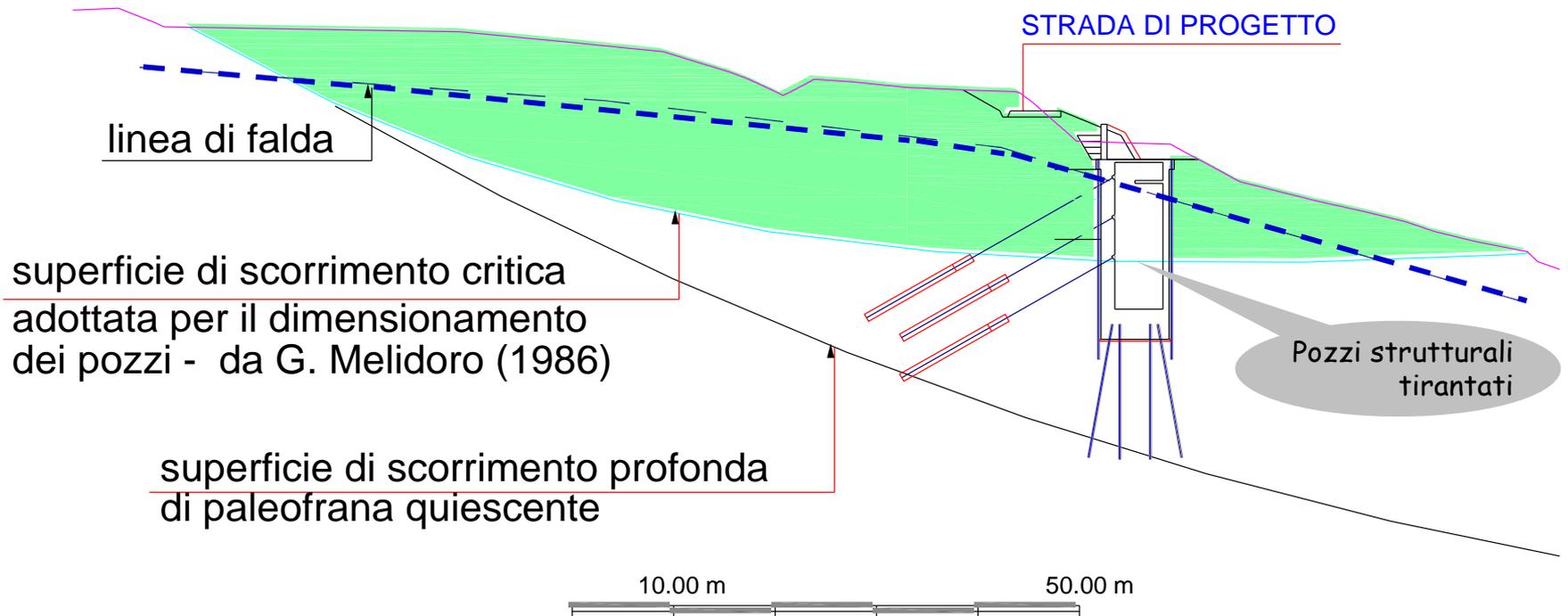
Autostrada dei Fiori – Tronco Bordighera-San Remo.  
Consolidamento scarpata in frana con tiranti da 130 t  
Impresa RODIO – 1971

## USO DI TIRANTI PER LA STABILIZZAZIONE DI PENDII IN FRANA : CASE HYSTORIES

COMUNE DI FAETO (FG) – CONSOLIDAMENTO FRANA LOCALITA' S. SALVATORE - GARRASI et al. - 2000



CASE HYSTORIES

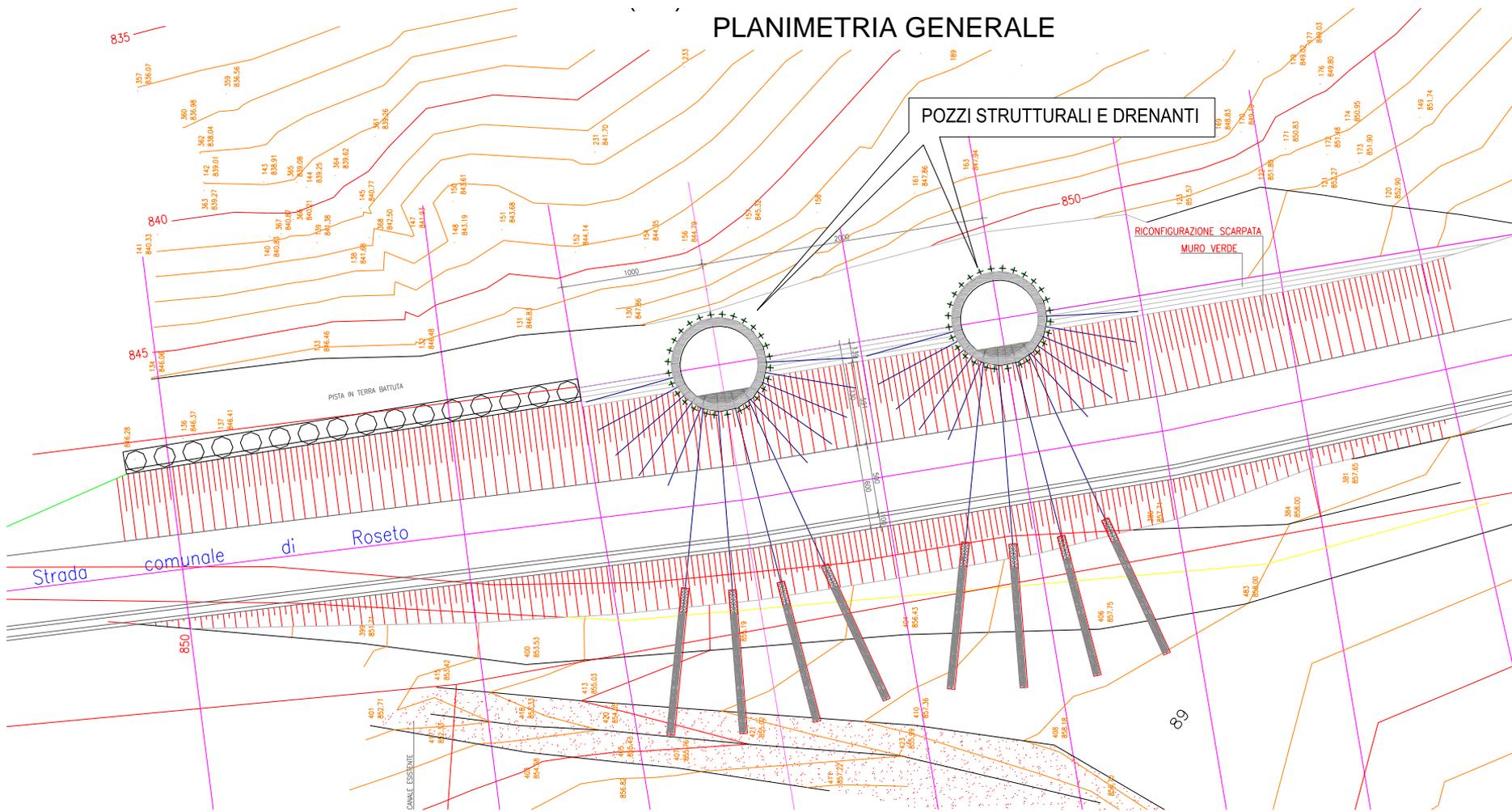


USO DI TIRANTI PER LA STABILIZZAZIONE DI PENDII IN FRANA : CASE HYSTORIES

CASE HYSTORIES

FAETO (FG) – CONSOLIDAMENTO FRANA LOCALITA' S. SALVATORE - GARRASI et al. – 2000

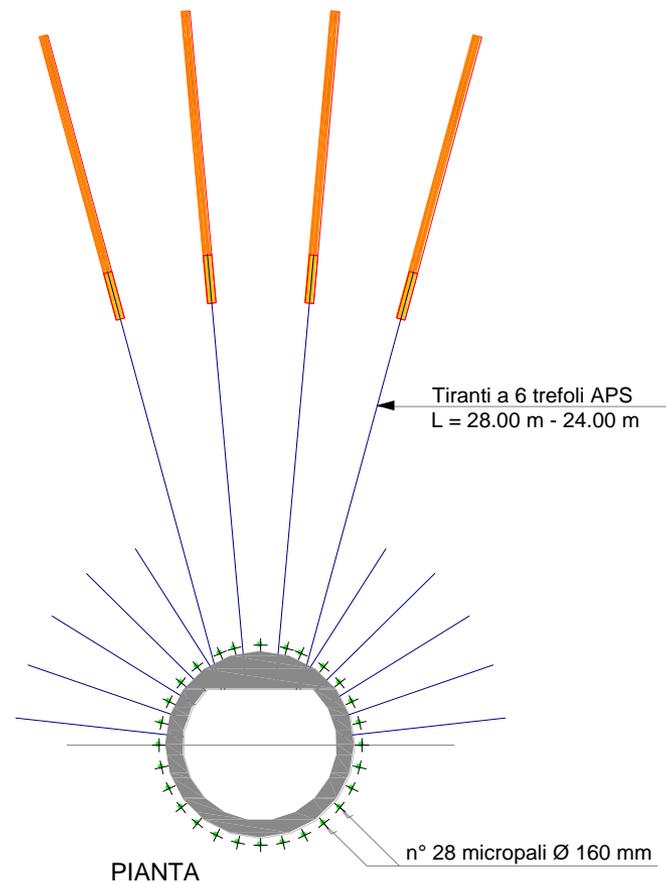
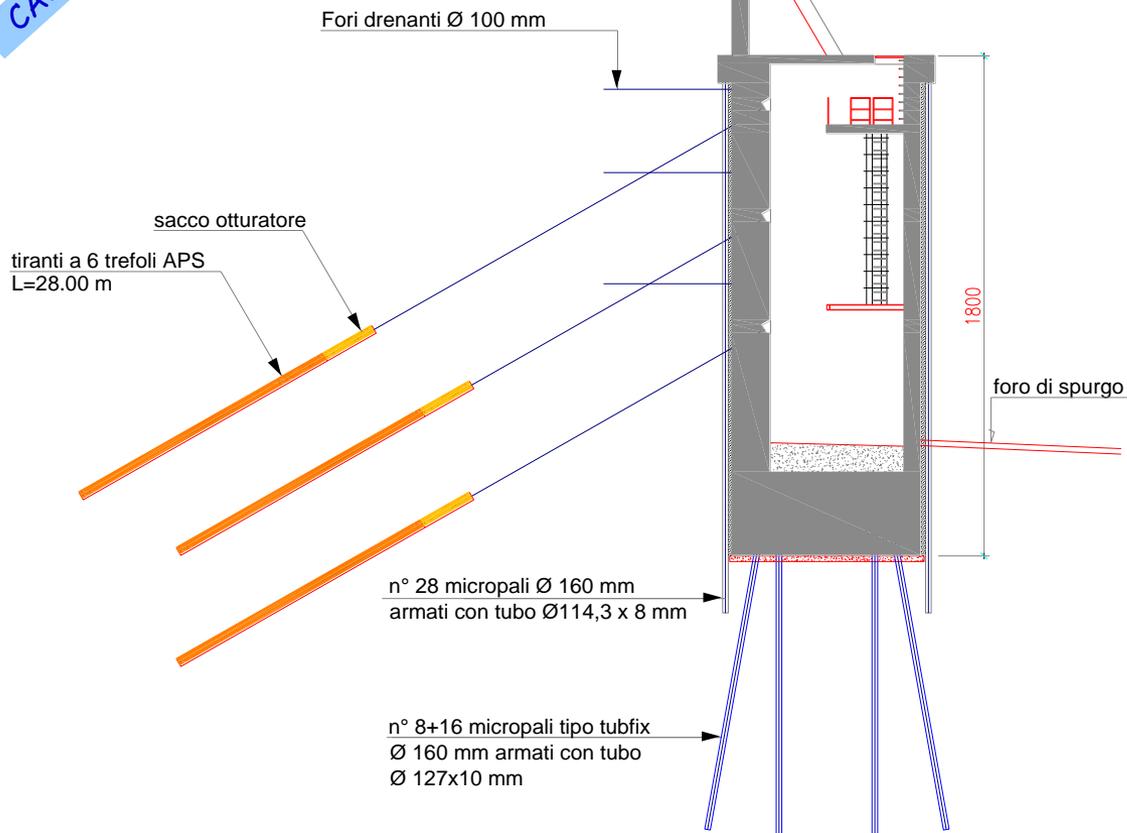
PLANIMETRIA GENERALE



**USO DI TIRANTI PER LA STABILIZZAZIONE DI PENDII IN FRANA : CASE HISTORIES**

**CASE HISTORIES**

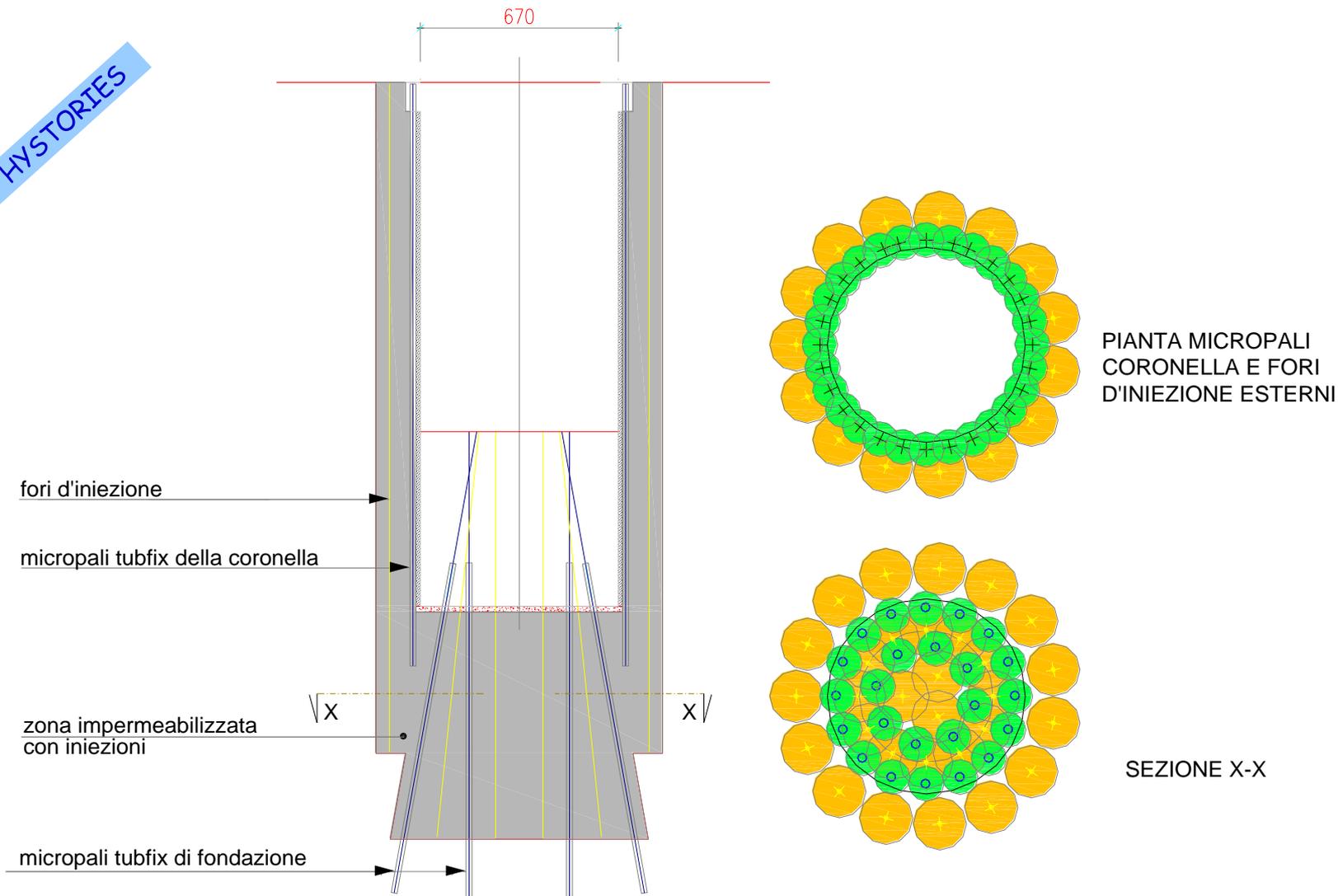
SEZIONE POZZO STRUTTURALE



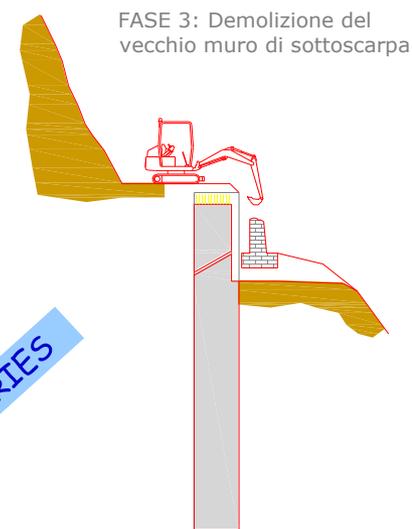
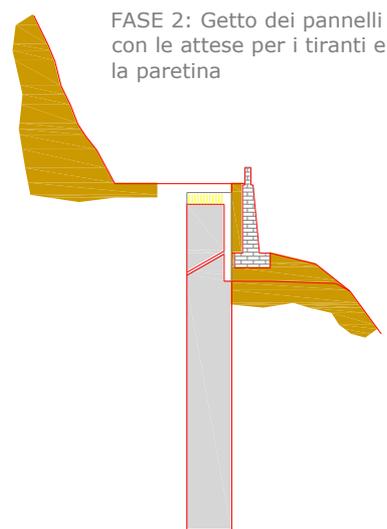
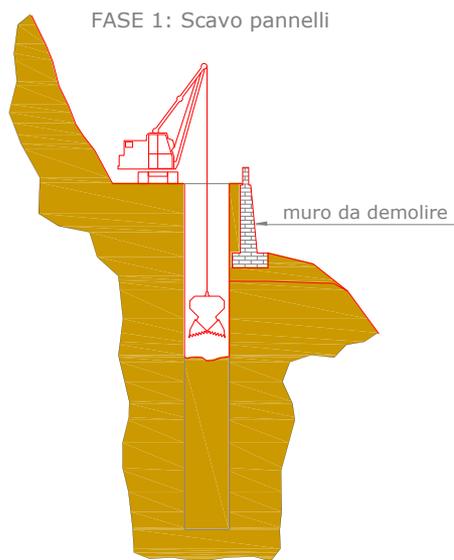
SCHEMA INTERVENTI DI IMPERMEABILIZZAZIONE PRELIMINARE DELLO  
SCAVO DEL POZZO

USO DI TIRANTI  
PER LA STABILIZZAZIONE DI PENDII  
IN FRANA : CASE HISTORIES

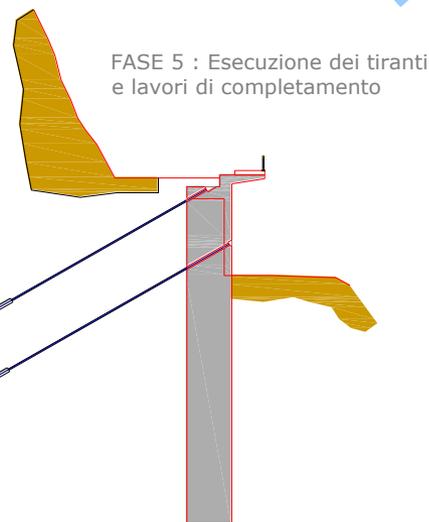
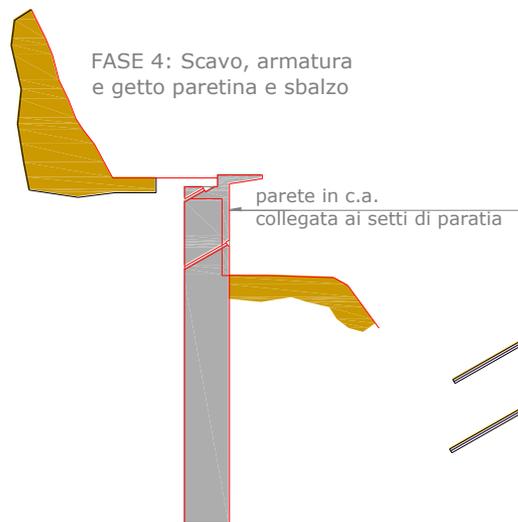
CASE HISTORIES



## USO DI TIRANTI PER LA STABILIZZAZIONE DI PENDII IN FRANA : CASE HYSTORIES



CASE HYSTORIES

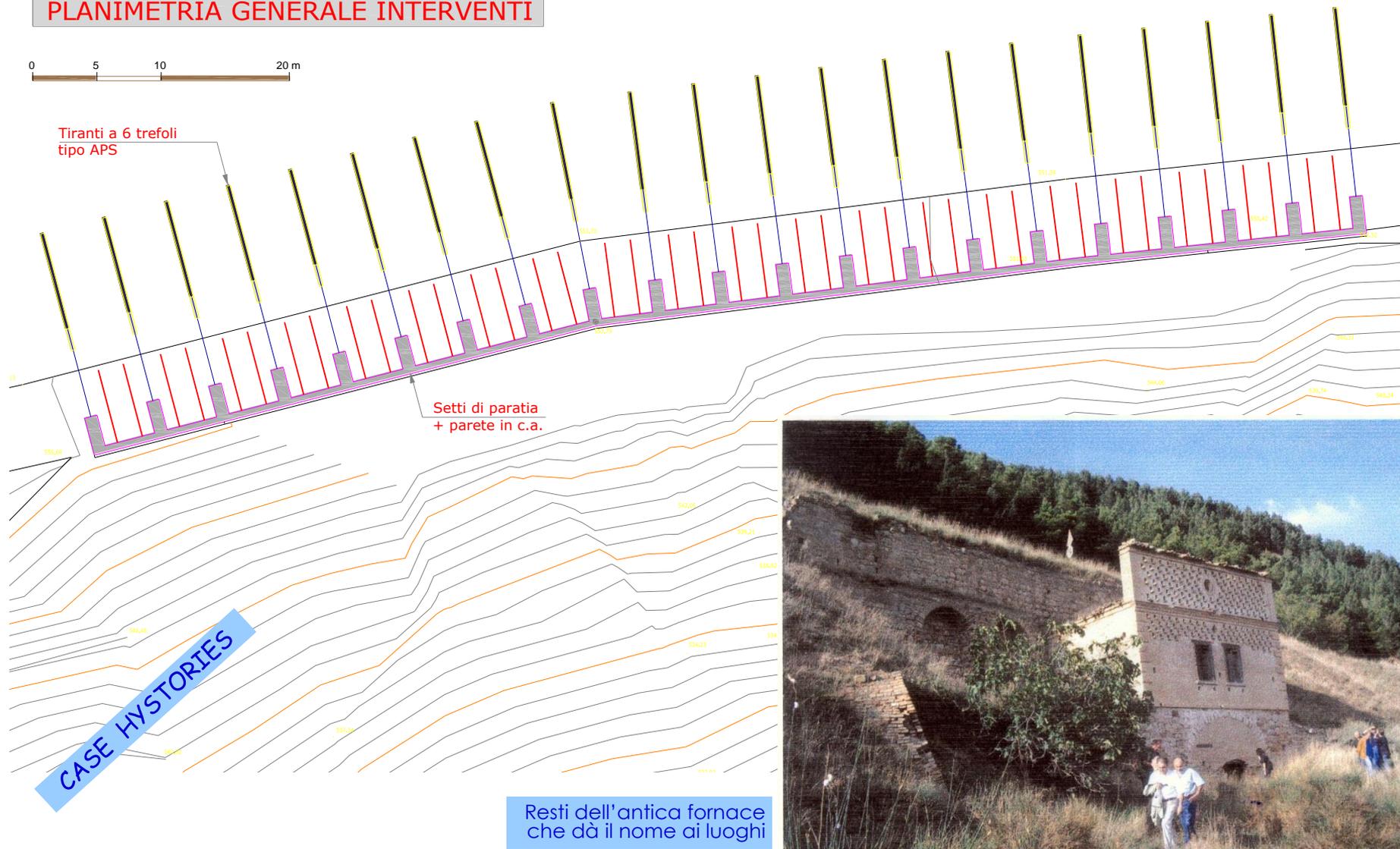


CANTIERE



USO DI TIRANTI PER LA STABILIZZAZIONE DI PENDII IN FRANA : CASE HYSTORIES

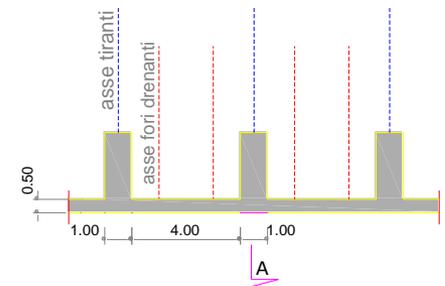
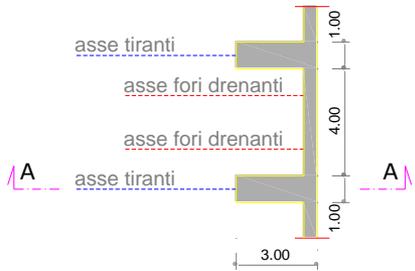
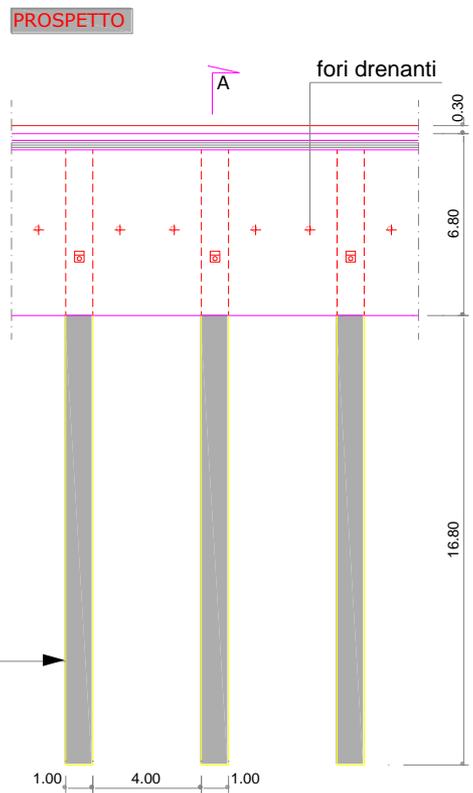
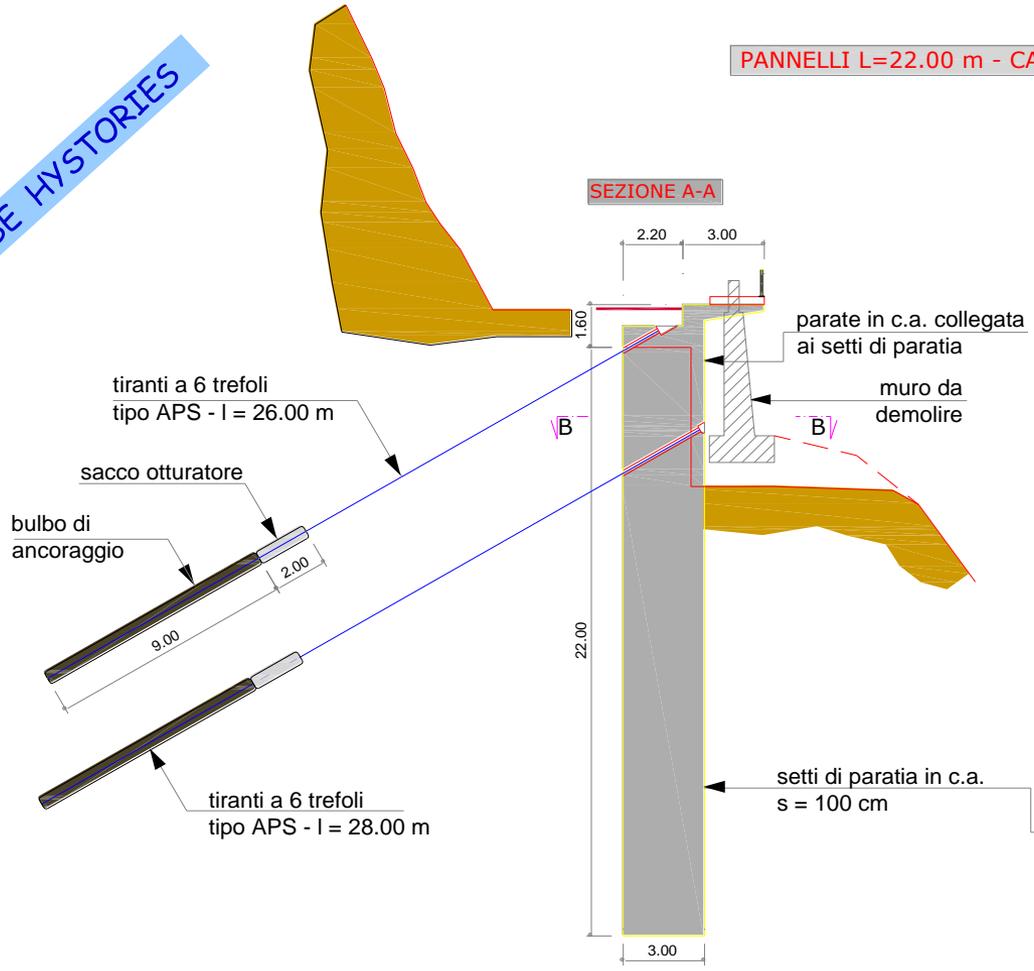
PLANIMETRIA GENERALE INTERVENTI



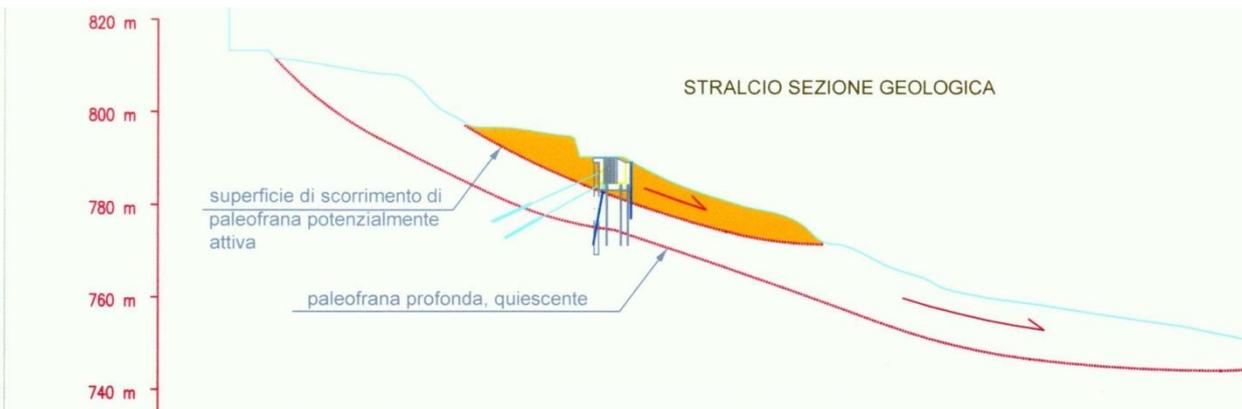
CASE HYSTORIES

PANNELLI L=22.00 m - CARPENTERIE

USO DI TIRANTI PER LA STABILIZZAZIONE DI PENDII IN FRANA : CASE HYSTORIES

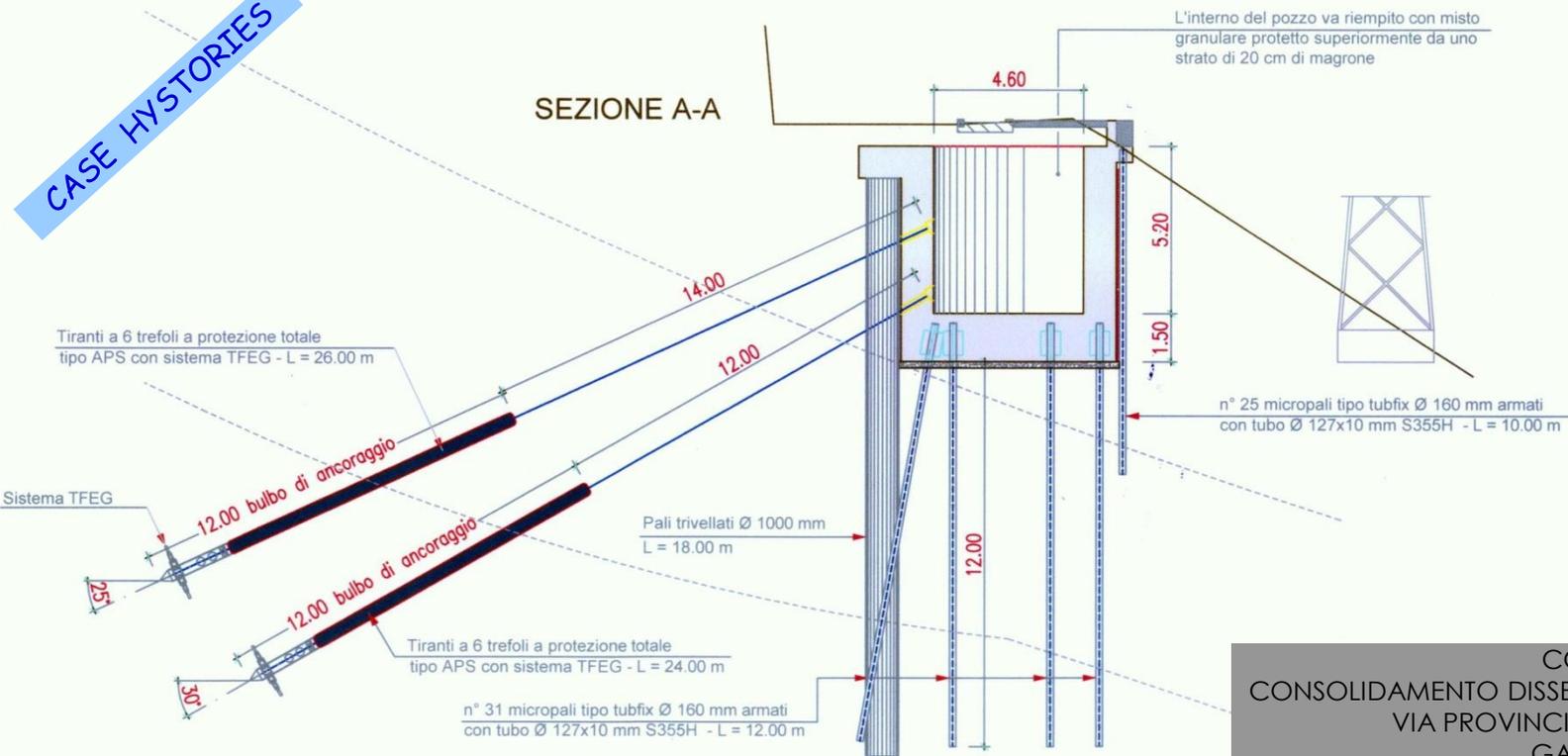


USO DI TIRANTI PER LA STABILIZZAZIONE PENDII IN FRANA : CASE HYSTORIES



CASE HYSTORIES

SEZIONE A-A

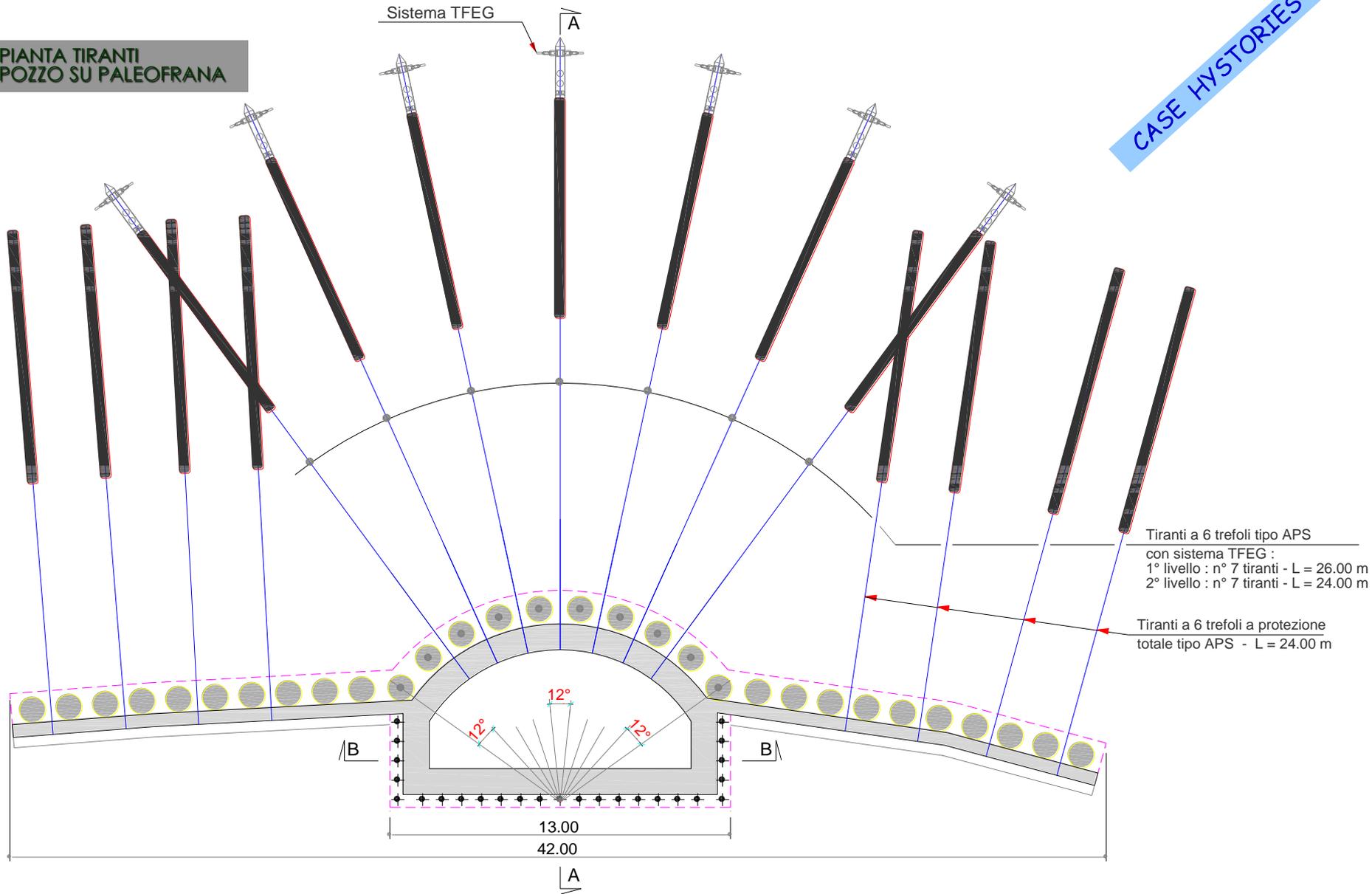


COMUNE DI FAETO (FG) -  
 CONSOLIDAMENTO DISSESTO IDROGEOLOGICO  
 VIA PROVINCIALE – VILLA COMUNALE  
 GARRASI et al. – 2010-2012

## USO DI TIRANTI PER LA STABILIZZAZIONE DI PENDII IN FRANA : CASE HYSTORIES

PIANTA TIRANTI  
POZZO SU PALEOFRANA

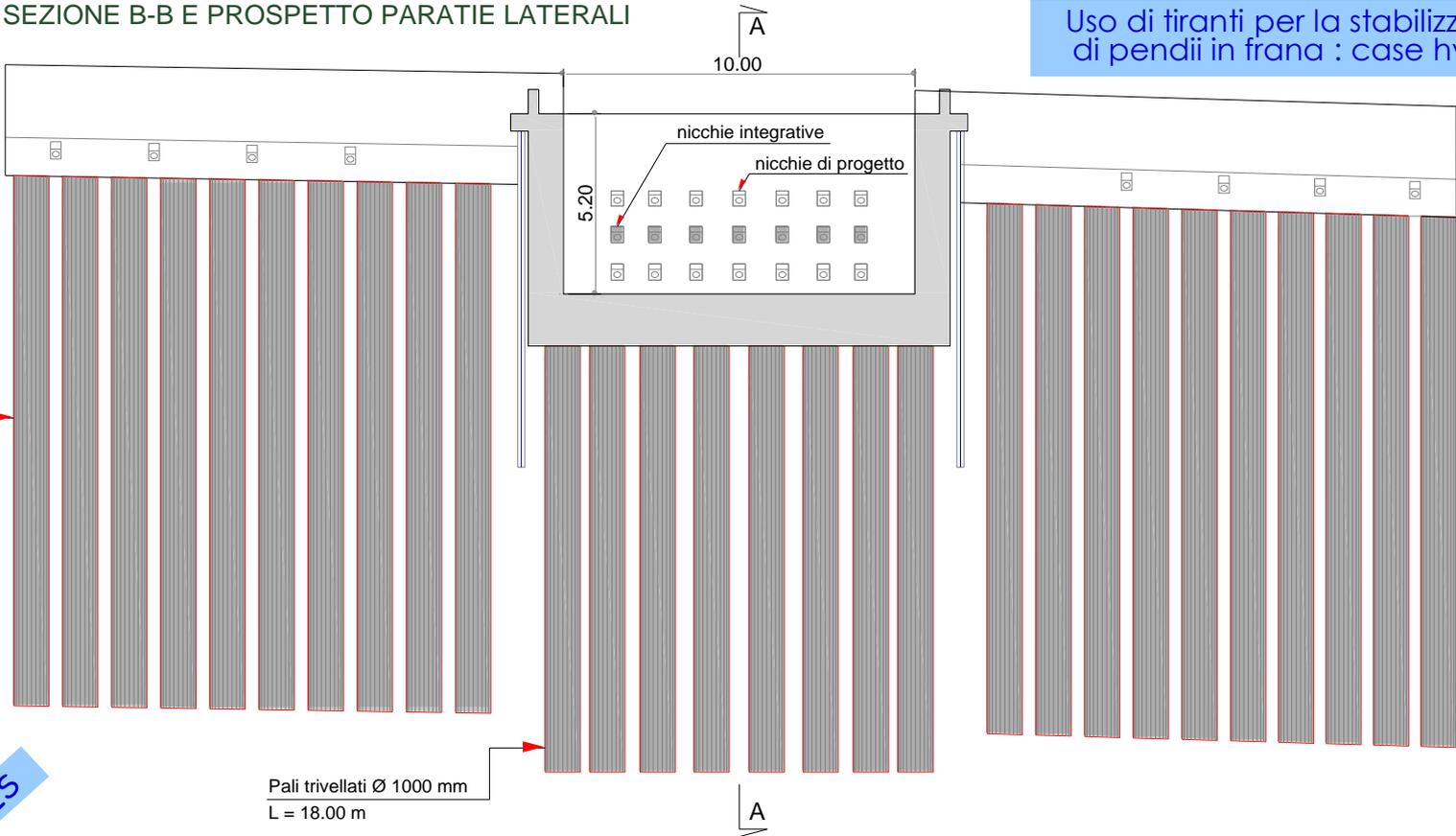
CASE HYSTORIES



SEZIONE B-B E PROSPETTO PARATIE LATERALI

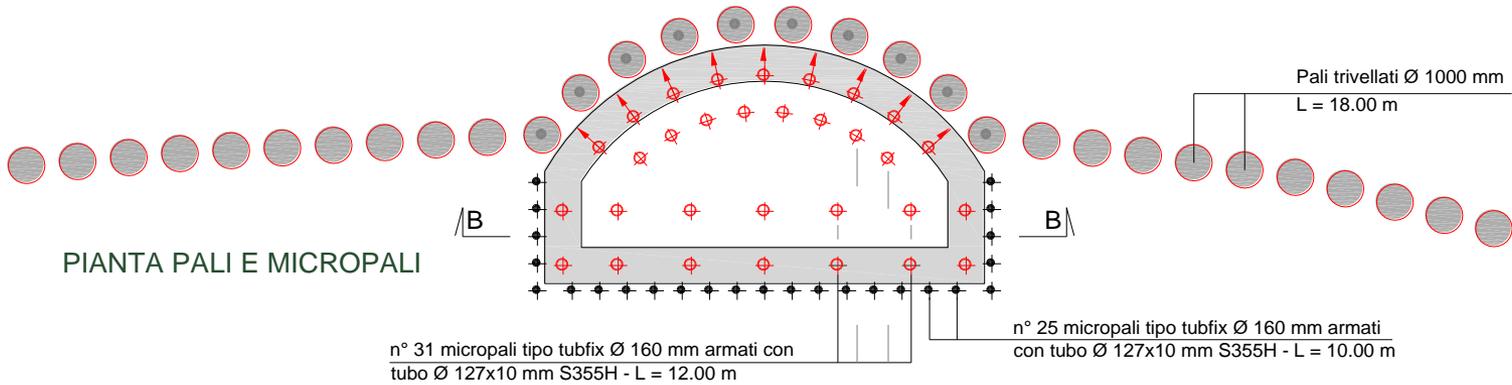
Uso di tiranti per la stabilizzazione di pendii in frana : case hystories

Pali trivellati Ø 1000 mm  
L = 18.00 m



Pali trivellati Ø 1000 mm  
L = 18.00 m

CASE HYSTORIES



PIANTA PALI E MICROPALI

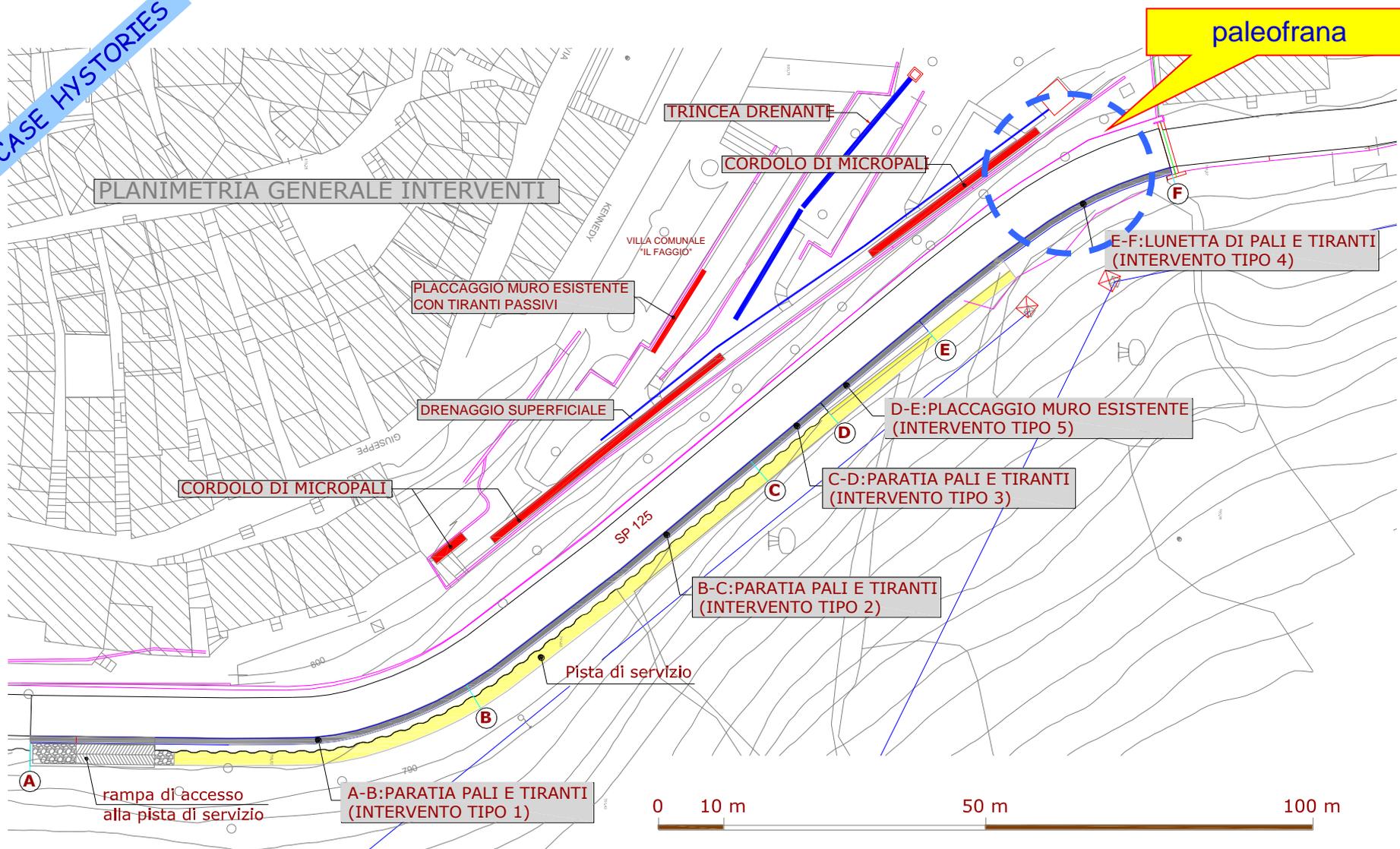
n° 31 micropali tipo tubfix Ø 160 mm armati con tubo Ø 127x10 mm S355H - L = 12.00 m

n° 25 micropali tipo tubfix Ø 160 mm armati con tubo Ø 127x10 mm S355H - L = 10.00 m

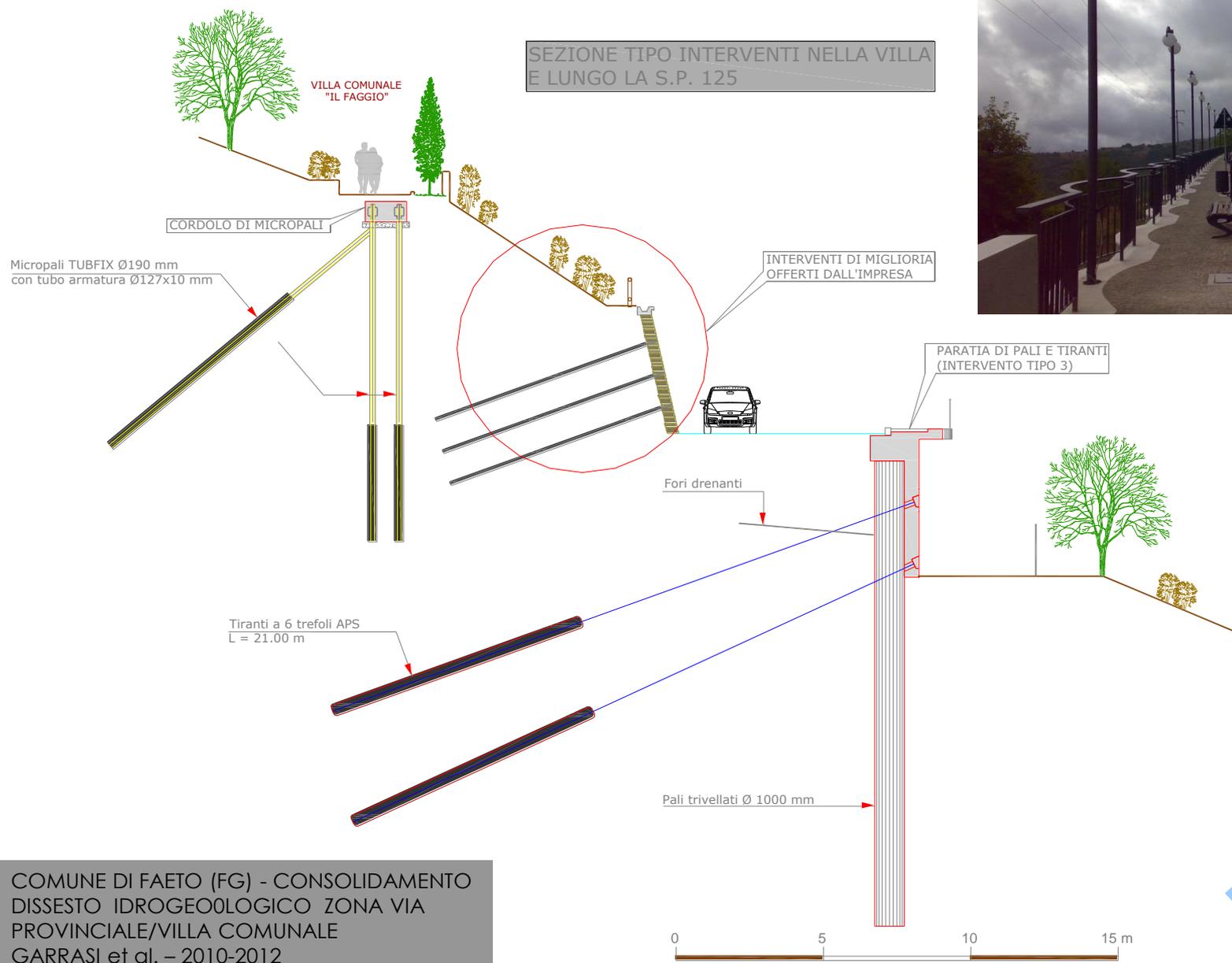
Pali trivellati Ø 1000 mm  
L = 18.00 m

## USO DI TIRANTI PER LA STABILIZZAZIONE DI PENDII IN FRANA : CASE HYSTORIES

CASE HYSTORIES



## USO DI TIRANTI PER LA STABILIZZAZIONE PENDII IN FRANA : CASE HYSTORIES



COMUNE DI FAETO (FG) - CONSOLIDAMENTO DISSESTO IDROGEOLOGICO ZONA VIA PROVINCIALE/VILLA COMUNALE  
GARRASI et al. - 2010-2012

CASE HYSTORIES

USO DI TIRANTI PER LA STABILIZZAZIONE DI PENDII IN FRANA : CASE HYSTORIES



CASE HYSTORIES

PLACCAGGIO MURO DI SOTTOSCARPA

SEZIONE TIPO

Rivestimento con muratura di pietrame a corsi orizzontali, riprendendo la tipologia del vecchio muro di monte

Parete di placcaggio in c.a.



Muro esistente

Drenaggi

Tiranti con barra Dywidag Ø26,5 mm



COMUNE DI FAETO (FG) - CONSOLIDAMENTO DISSESTO IDROGEOLOGICO ZONA VIA PROVINCIALE/VILLA COMUNALE  
GARRASI et al. - 2010-2012

USO DI TIRANTI PER LA STABILIZZAZIONE DI PENDII IN FRANA : CASE HYSTORIES



DIMA PER POSIZIONAMENTO TIRANTI  
(PLACCAGGIO MURO DI SOTTOSCARPA)

PROSPETTO

Tubo guida Ø 200 mm

Piastra 300x300x5 mm  
con foro Ø 200 mm

Fori per Fisher  
di fissaggio

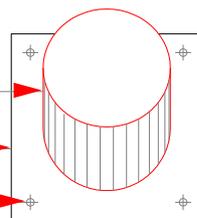
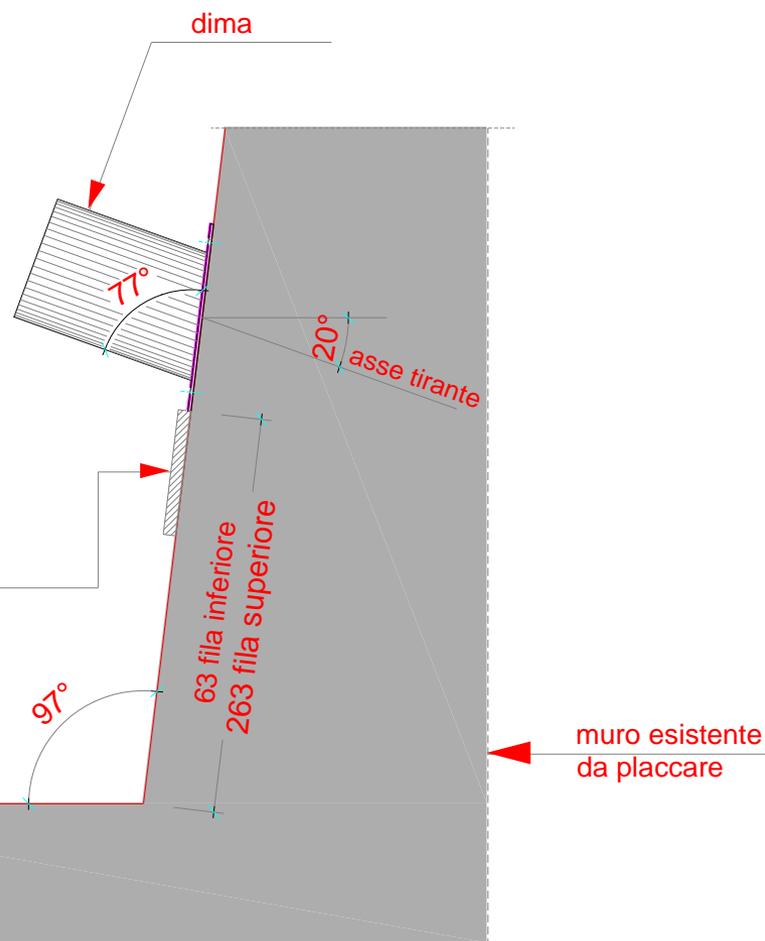


tavola inchiodata al muro  
per piazzamento dima



CASE HYSTORIES

COMUNE DI FAETO (FG) - CONSOLIDAMENTO  
DISSESTO IDROGEOLOGICO ZONA VIA  
PROVINCIALE/VILLA COMUNALE  
GARRASI et al. - 2010-2012

COMUNE DI FAETO (FG) CONSOLIDAMENTO DISSESTO IDROGEOLOGICO ZONA VIA PROVINCIALE/VILLA  
COMUNALE : MISCELLANEA DI FOTO (lunetta con pali e tiranti per la paleofrana) GARRASI et al. - 2010-2012

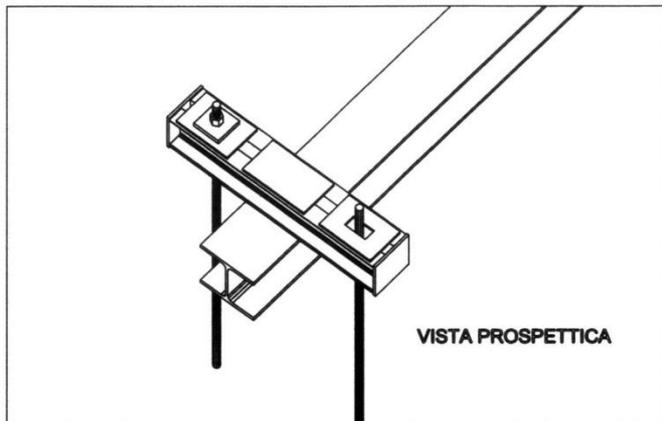


USO DI TIRANTI PER LA STABILIZZAZIONE DI PENDII IN FRANA : CASE HISTORIES

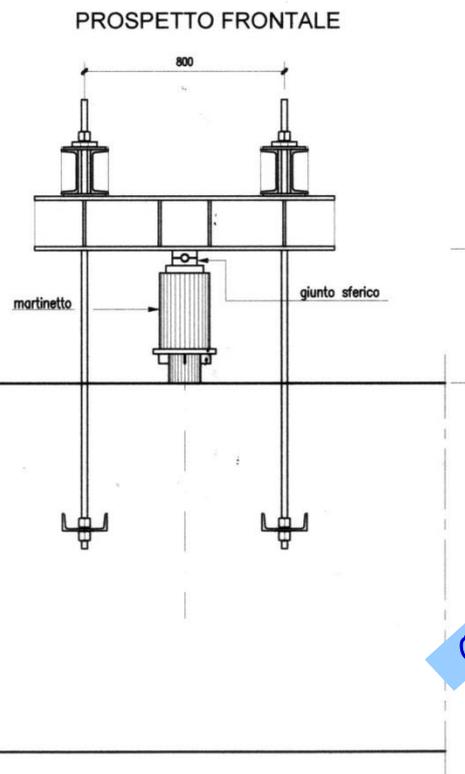
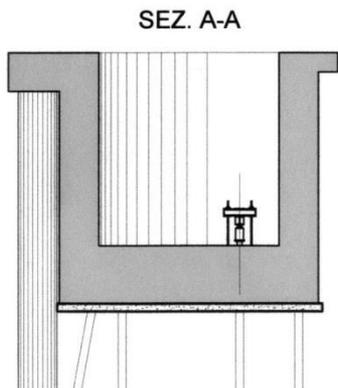
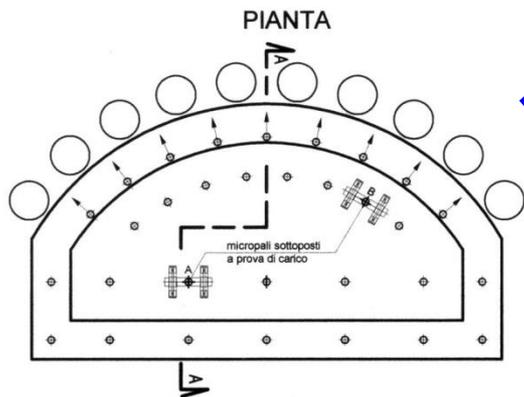
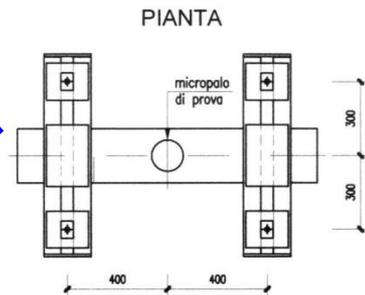


COMUNE DI FAETO (FG) – CONSOLIDAMENTO DISSESTO IDROGEOLOGICO  
ZONA VIA PROVINCIALE/VILLA COMUNALE - GARRASI et al. – 2010-2012

Uso di tiranti per la stabilizzazione di pendii in frana : case histories



DISPOSITIVO PROVE DI CARICO SUI MICROPALI



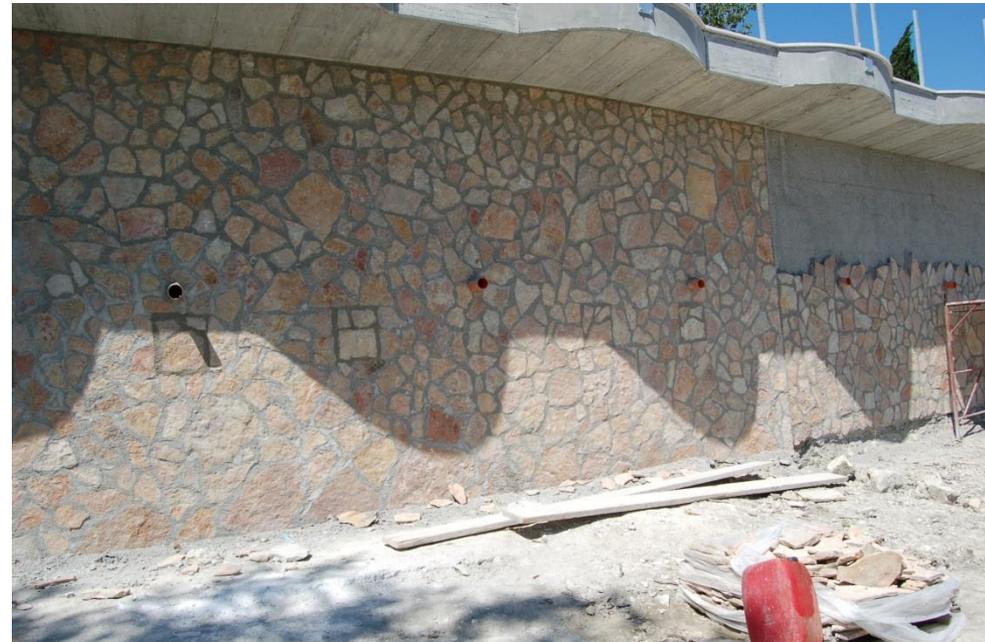
CASE HYSTORIES

COMUNE DI FAETO (FG) CONSOLIDAMENTO DISSESTO IDROGEOLOGICO ZONA VIA PROVINCIALE/VILLA COMUNALE  
MISCELLANEA DI FOTO (paratie di pali e tiranti per frane superficiali da creep)

GARRASI et al. - 2010-2012



USO DI TIRANTI PER LA STABILIZZAZIONE DI PENDII IN FRANA : CASE HYSTORIES



COMUNE DI FAETO (FG) CONSOLIDAMENTO DISSESTO IDROGEOLOGICO ZONA VIA PROVINCIALE/VILLA COMUNALE  
MISCELLANEA DI FOTO GARRASI et al. - 2010-2012

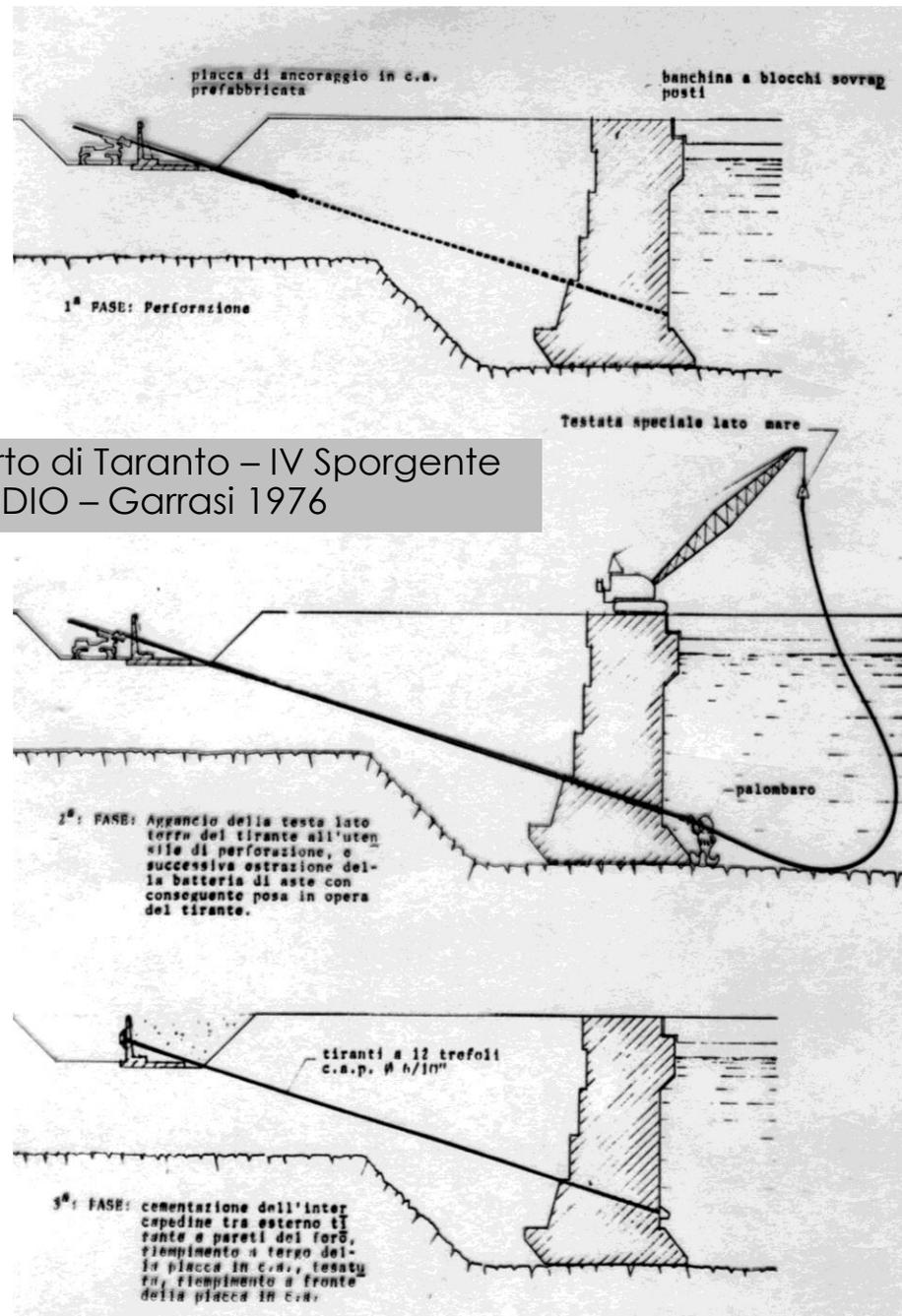


Useo di tiranti per la stabilizzazione pendii in frana : case hystories

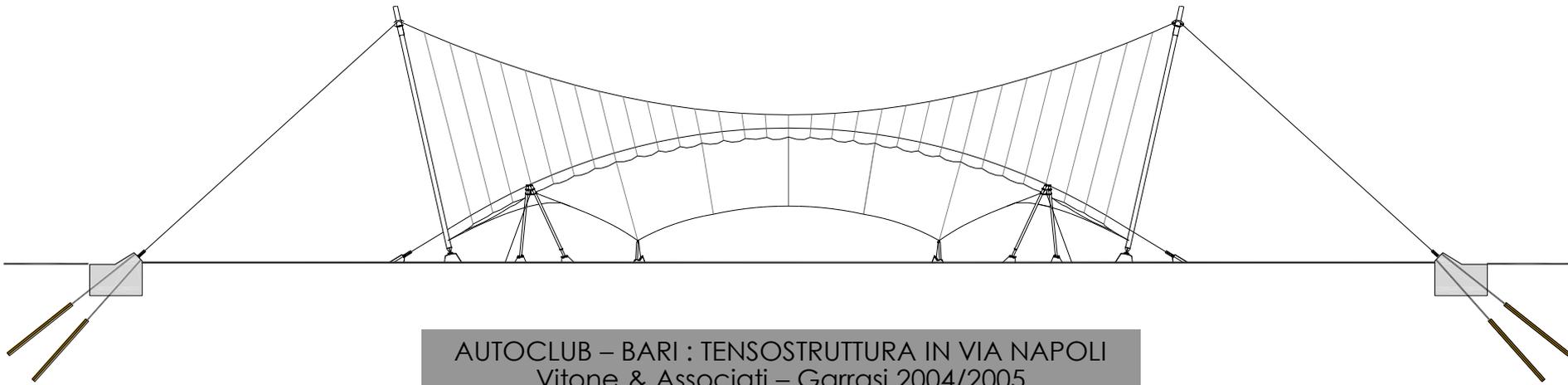


# SITUAZIONI PARTICOLARI DI UTILIZZO

## UTILIZZO "IBRIDO" IN ABBINAMENTO A PIASTRE DI ANCORAGGIO IN C.A.



Porto di Taranto – IV Sporgente  
RODIO – Garrasi 1976



AUTOCLUB – BARI : TENSOSTRUTTURA IN VIA NAPOLI  
Vitone & Associati – Garrasi 2004/2005

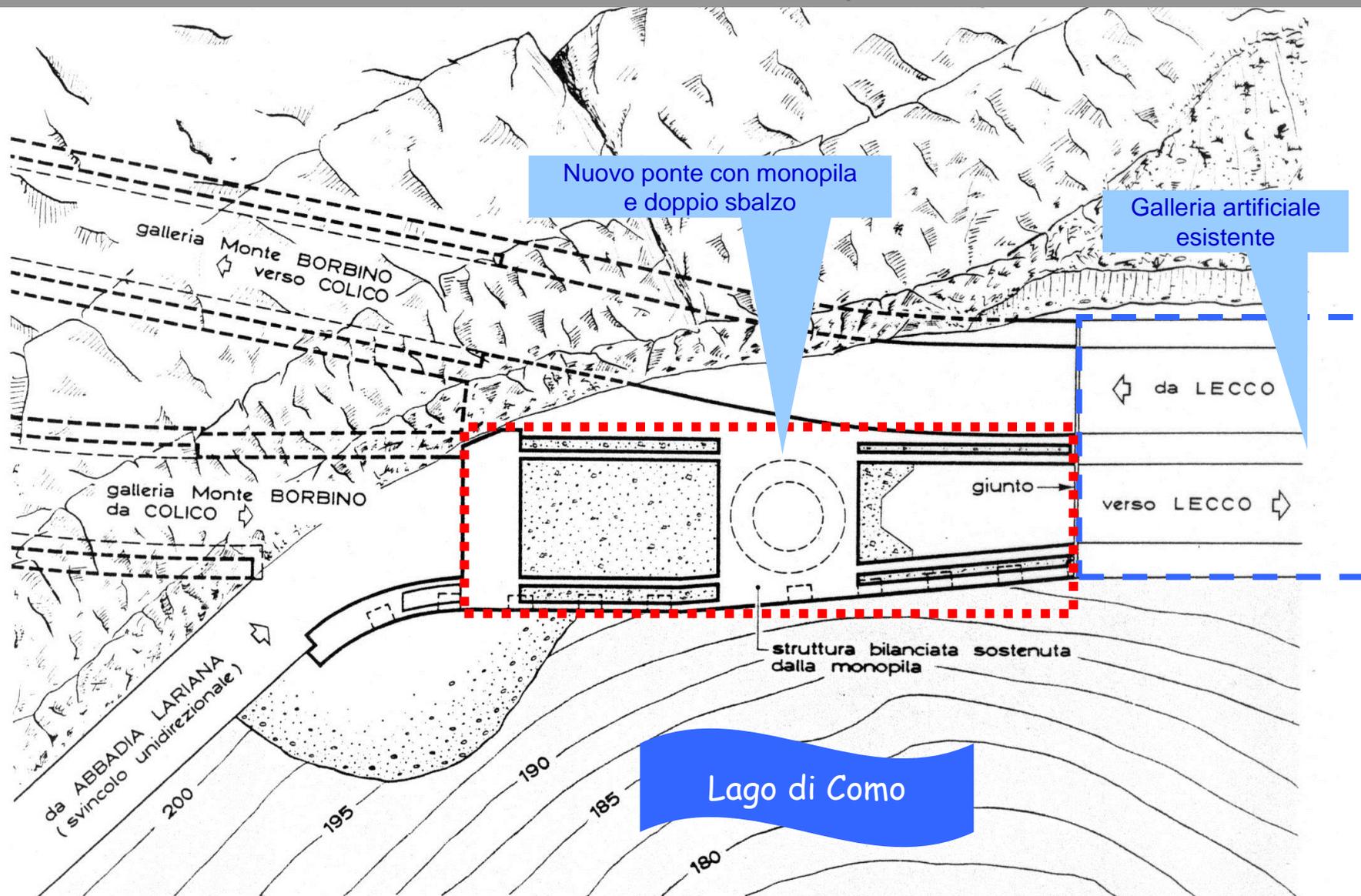
Tesature di collaudo



Uno dei blocchi di fondazione,  
con 6 tiranti Dywidag Ø 32 mm

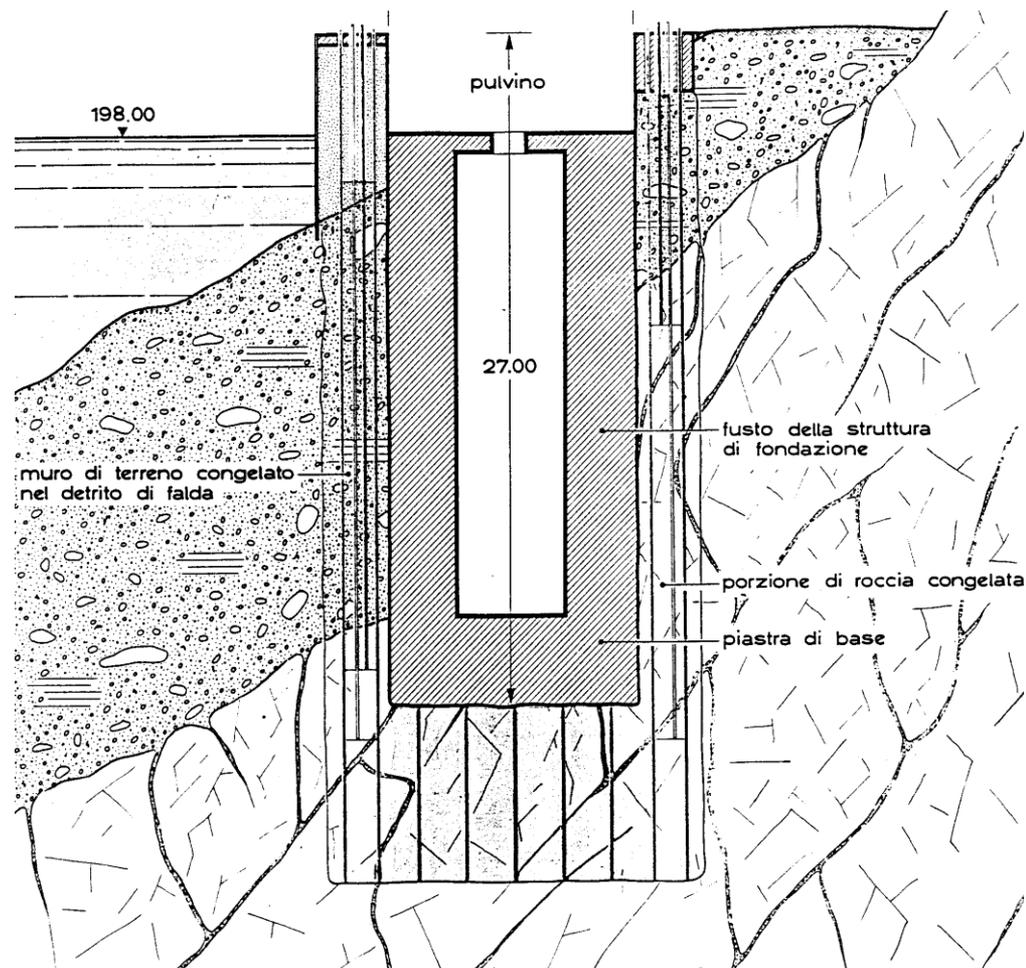


## USO DI TIRANTI PER IL PLACCAGGIO DELLA PILA DI UN PONTE (NELL'AMBITO DI UN TRATTAMENTO DI CONGELAMENTO)



## 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 Abbadia Lariana sul Lago di Como  
Impresa RODIO / Garrasi - 1972



- 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)

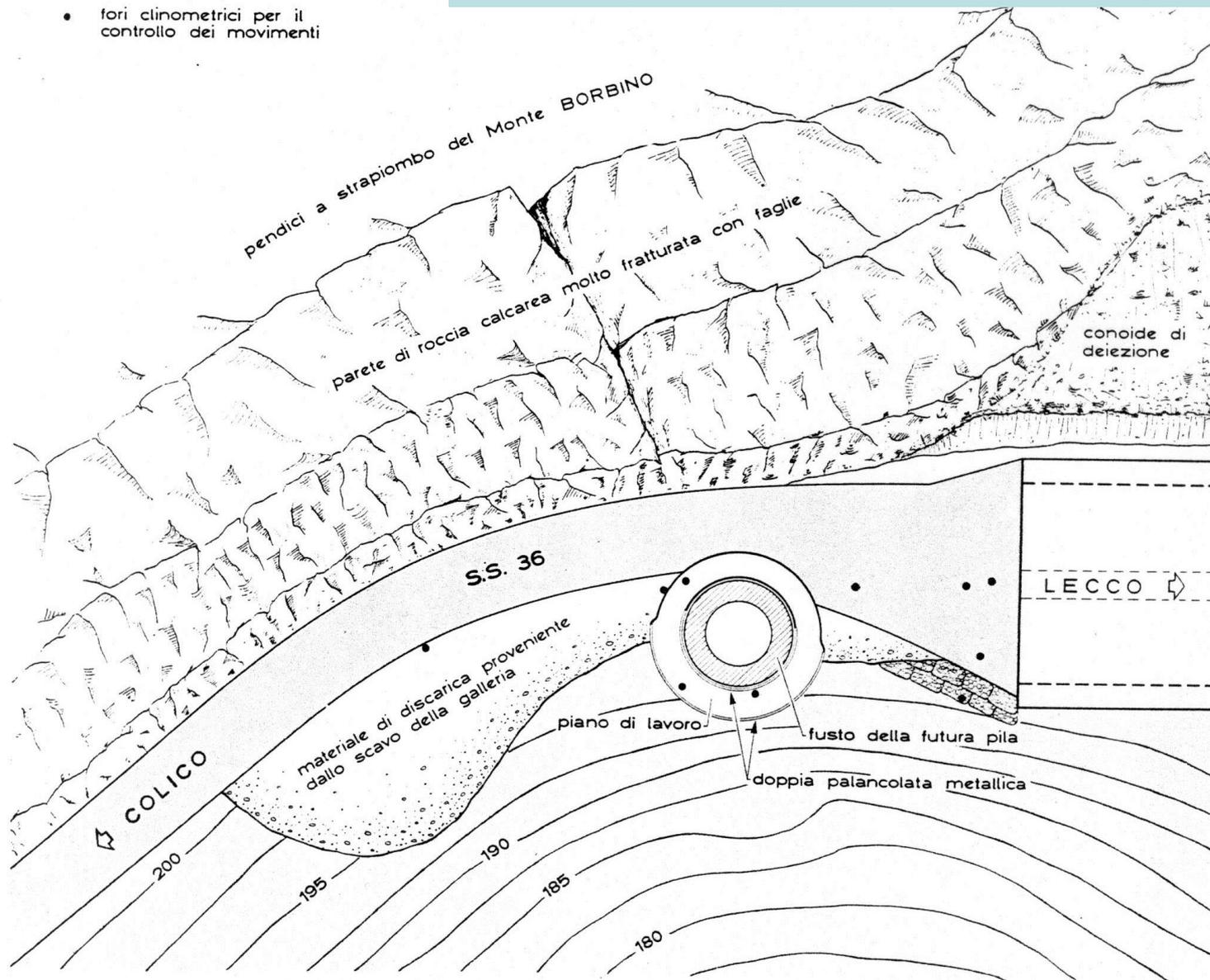
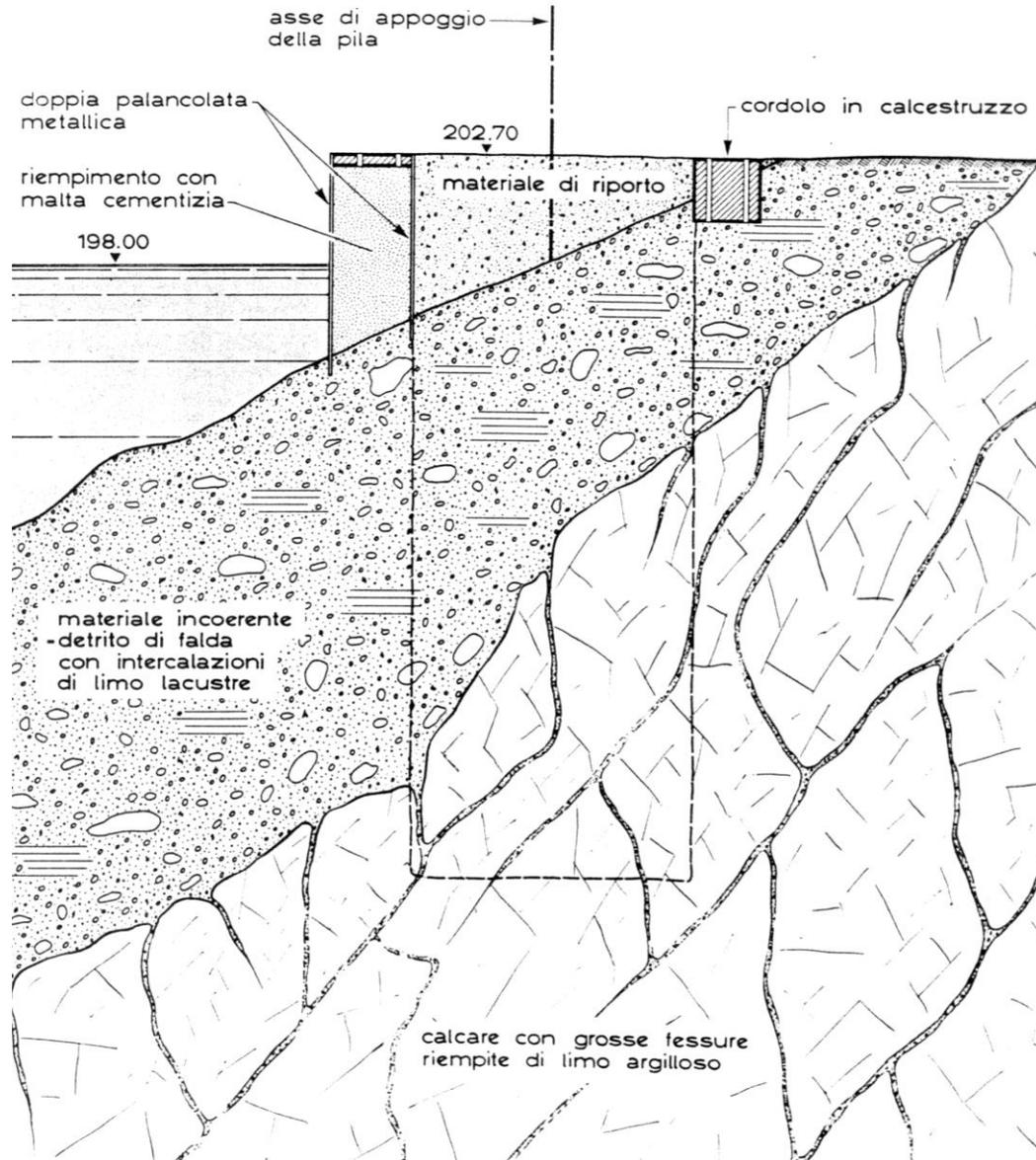


figura 4 - Visione planimetrica della progettata pila di sostegno del nuovo viadotto.

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 miscele cementizie ternarie

**INIEZIONI DELLA ROCCIA**

- pareti laterali : pistoncino da roccia e miscele cementizie ternarie
- fondello : pistoncino da roccia e miscele 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)

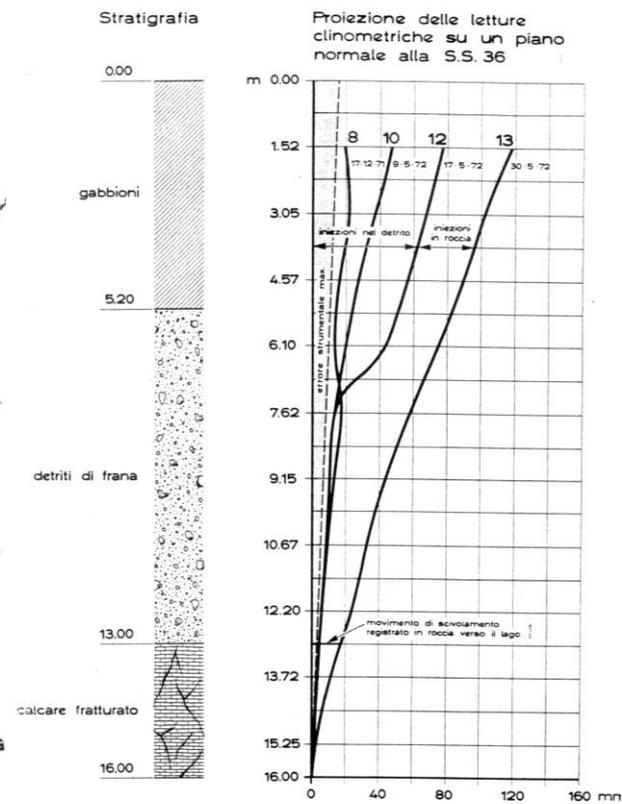
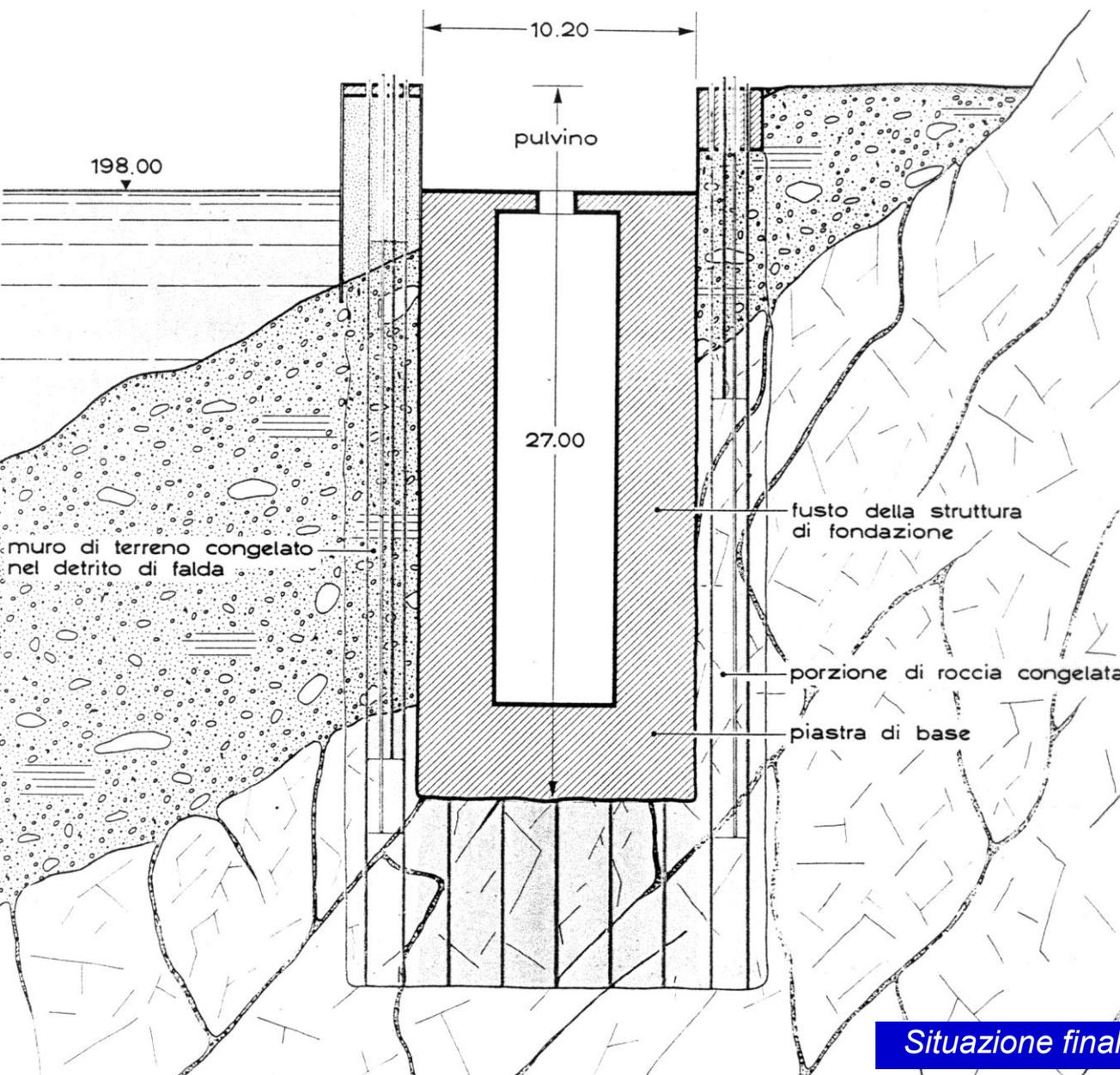
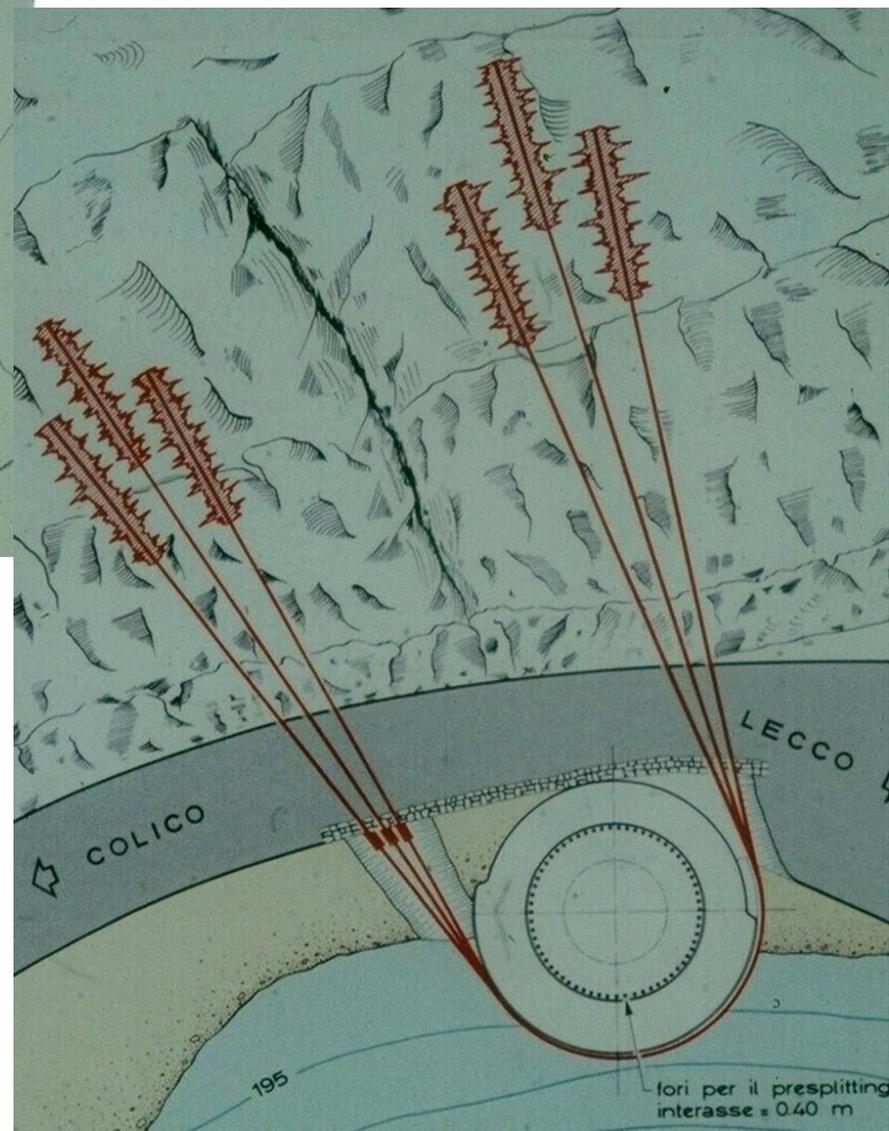
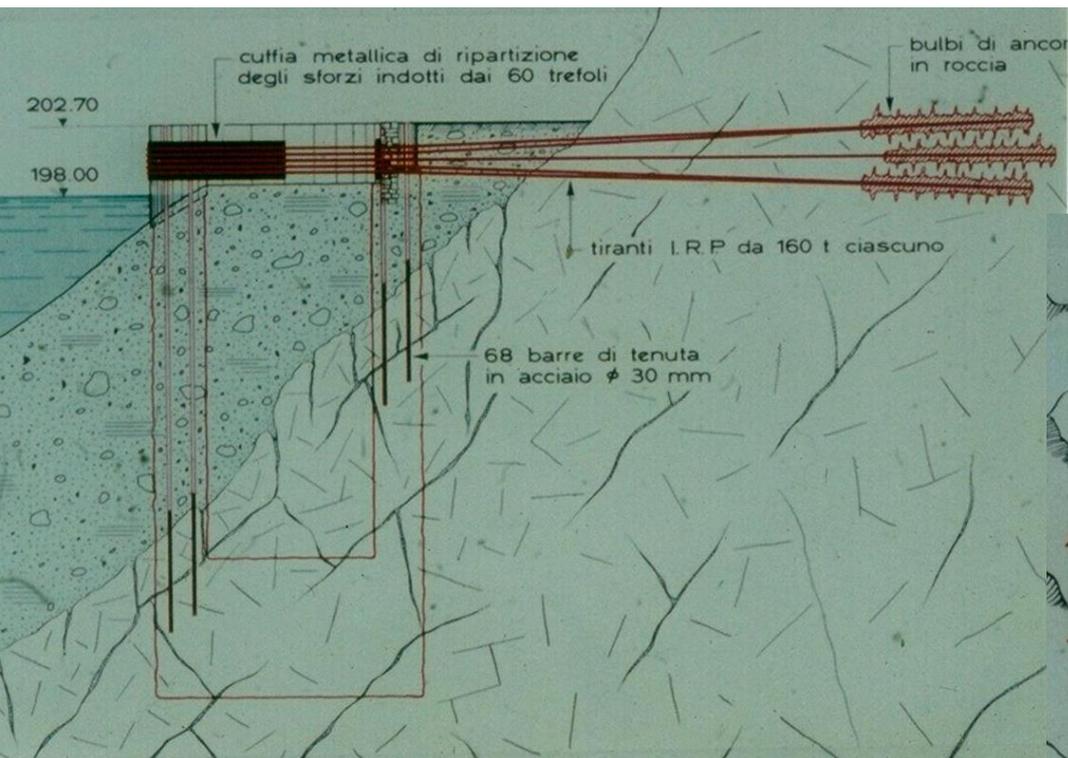


Figura 5 - Movimenti registrati dai controlli clinometrici nel detrito e nella roccia.

Situazione finale dopo l'intervento di congelamento



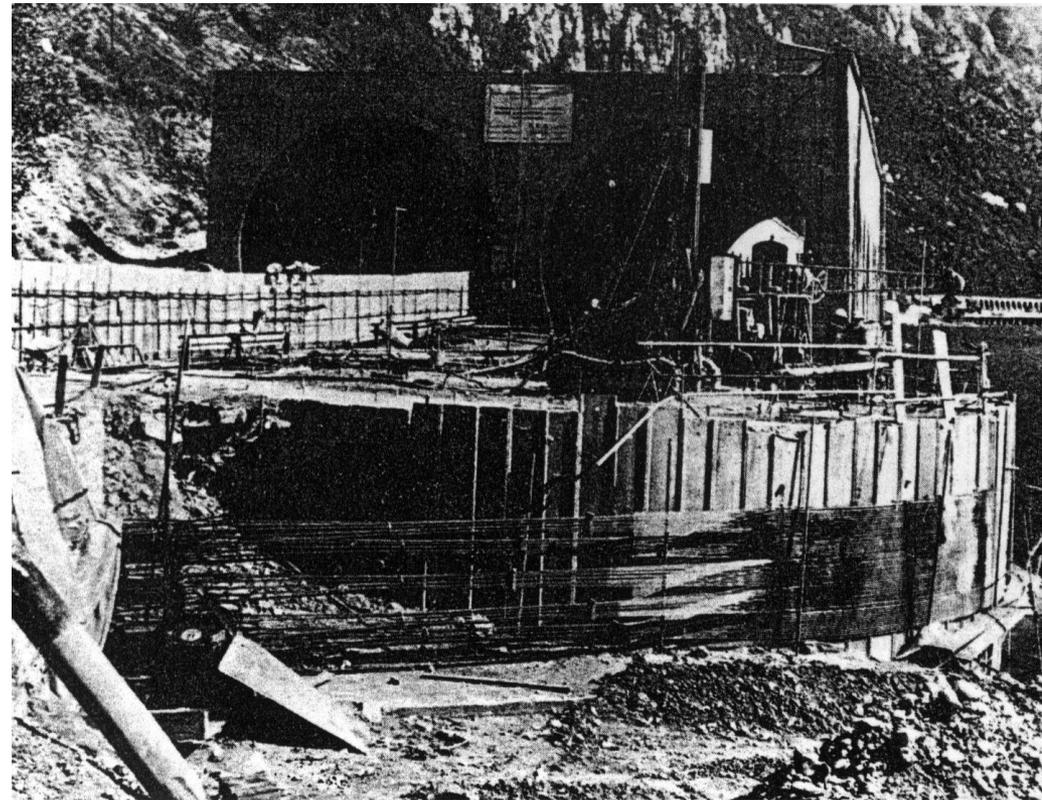
**PLACCAGGIO DELLA PILA DI UN PONTE  
(NELL'AMBITO DI UN TRATTAMENTO DI CONGELAMENTO)**

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

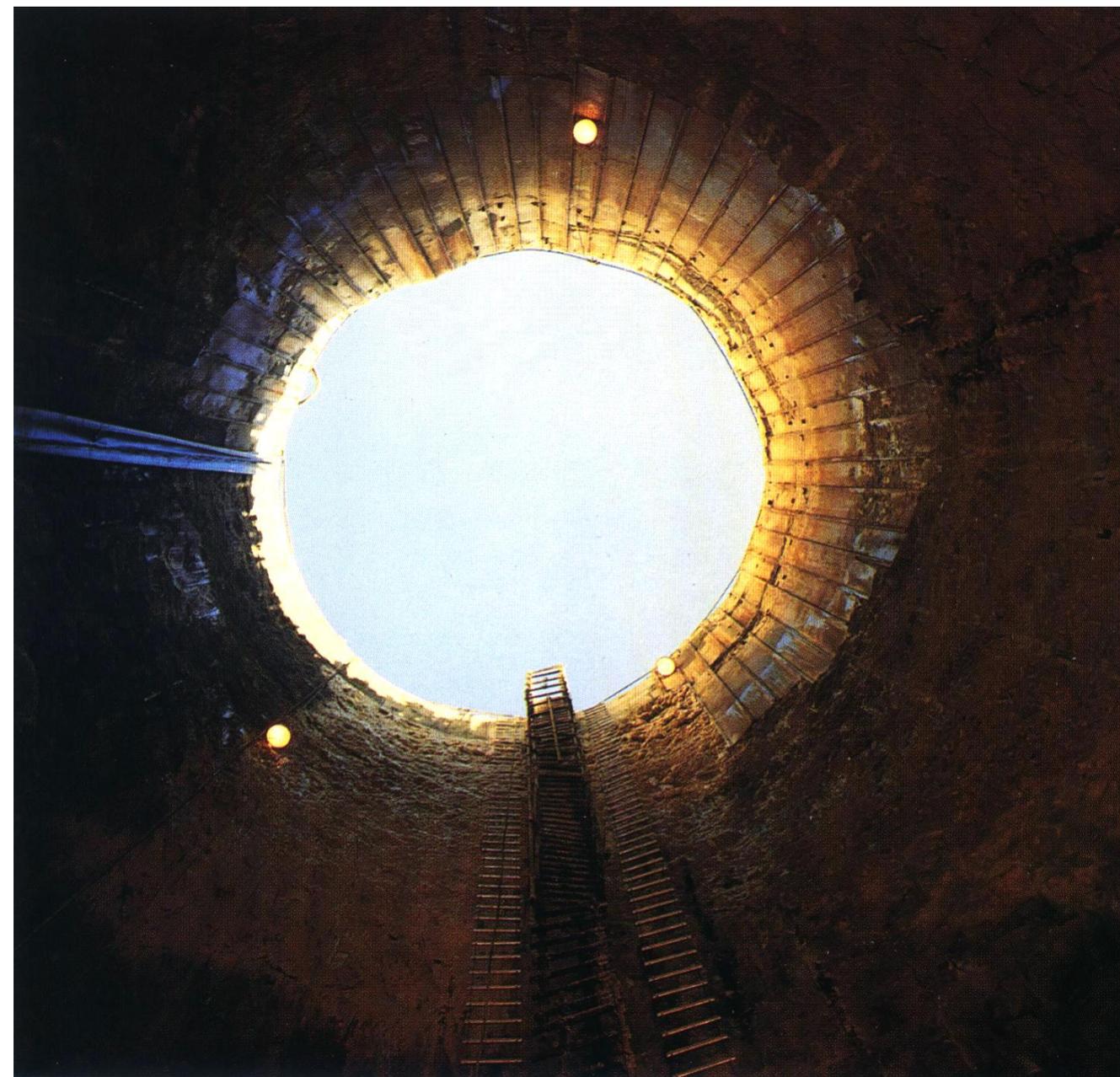
PLACCAGGIO DELLA PILA  
(NELL'AMBITO DI UN TRATTAMENTO DI CONGELAMENTO)

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

Tesatura dei tiranti per mutuo contrasto tra i due lati.



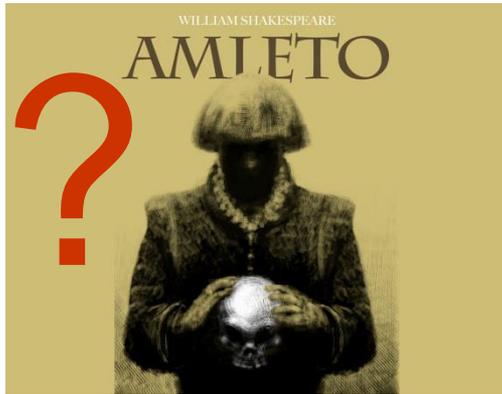
1972 - S.S. 36 "Lecco - Colico". Ponte ad Abbadia Lariana sul Lago di Como - Impresa RODIO (Garrasi)



# PRINCIPALI TIPI DI TIRANTI DISPONIBILI SUL MERCATO

TIRANTI DI ANCORAGGIO

ARMATURA A TREFOLI



ARMATURA IN BARRE

vantaggi

1. Campo di portate praticamente illimitato
2. Iniezione ottimale del bulbo e della parte libera dopo la tesatura
3. Sistema di tesatura semplice e comodo, con martinetti a lunga corsa

svantaggi

1. Testata ingombrante
2. Rischio di danneggiamento del tirante durante il trasporto e la posa in opera
3. Difficoltà ad equipaggiare i tiranti con dinamometri



1. Testata poco ingombrante
2. Nessun rischio di danneggiamento durante il trasporto e la posa in opera
3. Ottimale protezione della testata
4. Semplicità nell'equipaggiare i tiranti con dinamometri

1. Campo di portate limitato
2. Iniezione non ottimale del bulbo e della parte libera dopo la tesatura
3. Sistema di tesatura scomodo, con martinetti a corsa limitata

## CLASSIFICAZIONE DEI TIRANTI IN BASE ALLE MODALITA' D'INIEZIONE

*TIRANTI*

*BULBO REALIZZATO CON INIEZIONI  
A GRAVITA'  
(dette eufemisticamente "a bassa pressione")*



Basse portate  
(tranne che in roccia)

*BULBO REALIZZATO CON INIEZIONI RIPETUTE  
IN PRESSIONE (I.R.P.)*



Elevate portate

## CLASSIFICAZIONE DEI TIRANTI IN BASE AL GRADO DI PROTEZIONE

*TIRANTI*

*A PROTEZIONE  
SEMPLICE*



Tiranti  
provvisori

Nella parte libera l'armatura (trefoli o barre) è rivestita da una guaina.

Nella zona di bulbo l'armatura è nuda, e la sola protezione contro la corrosione è data dalla miscela cementizia d'iniezione.

*A PROTEZIONE  
TOTALE*



Tiranti  
permanenti

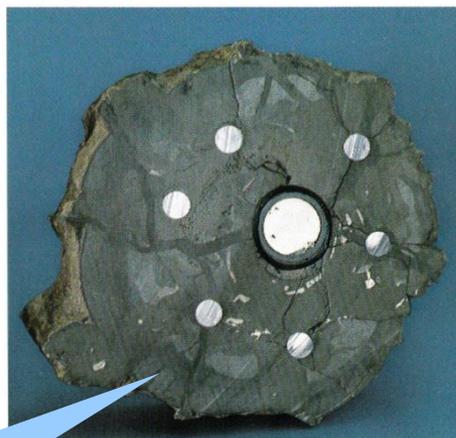
Nella parte libera l'armatura (trefoli o barre) è rivestita da una guaina.

Nella zona di bulbo le singole armature (trefoli o barre) sono nude ma nell'insieme sono rivestite da una guaina esterna corrugata (atta a trasmettere sforzi di taglio), che fornisce un'ulteriore protezione anticorrosiva, in aggiunta alla miscela cementizia d'iniezione.

## TIRANTE A TREFOLI "TIRSOL IRP" (è il capostipite dei tiranti I.R.P. - brevetto RODIO anni '60)

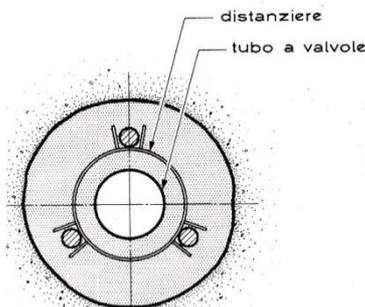
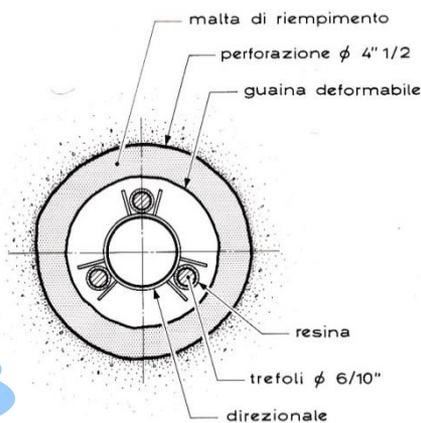


è un tirante a protezione semplice

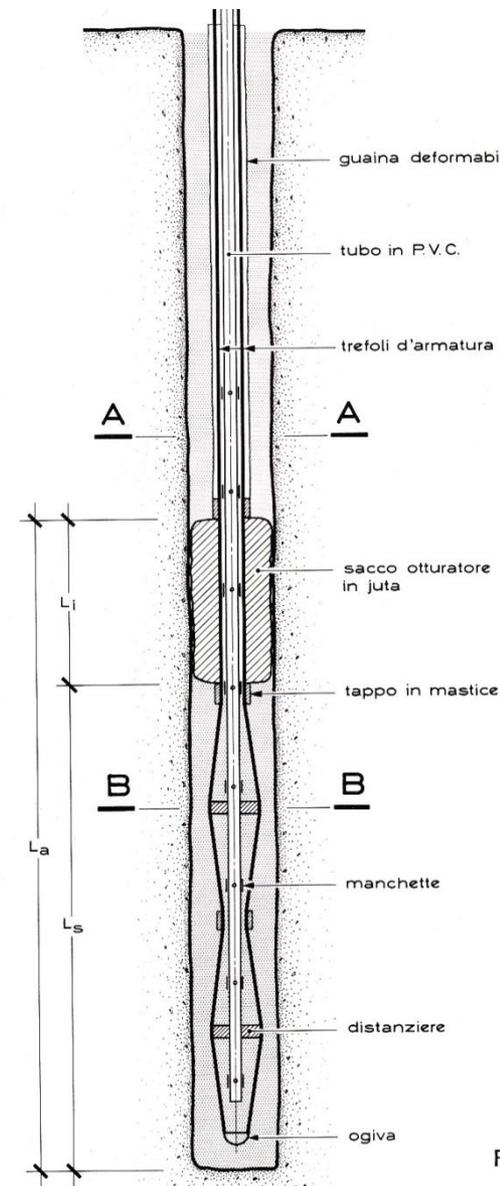


Tirante a 6 trefoli sezionato nella zona del bulbo

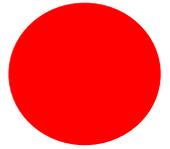
sezione A-A



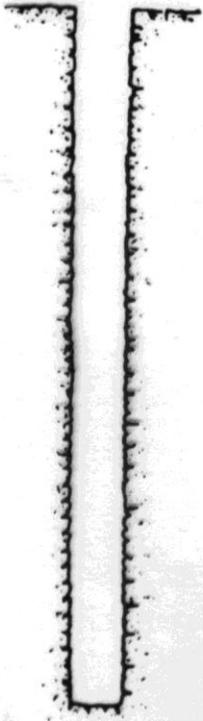
sezione B-B



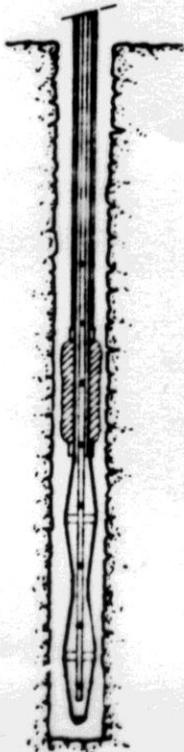
**FASI ESECUTIVE DI UN TIRANTE A TREFOLI TIRSOL I.R.P.**  
(il capostipite dei tiranti con iniezioni ripetute in pressione)



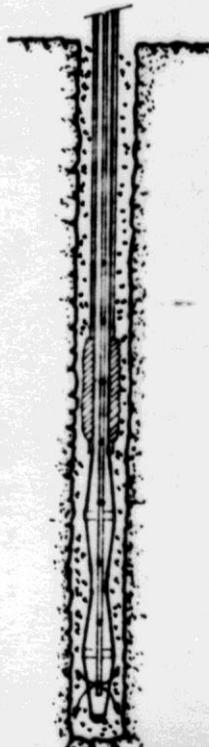
1ª fase  
perforazione



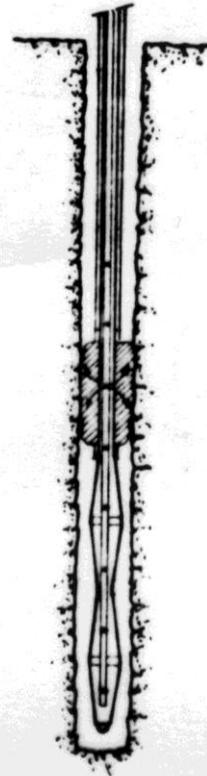
2ª fase  
posa in opera tirante



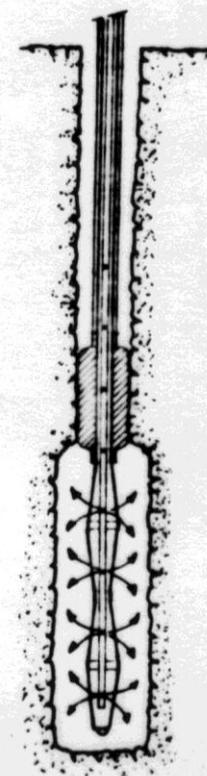
3ª fase  
formazione della guaina mediante iniezione dalla ultima valvola in fondo



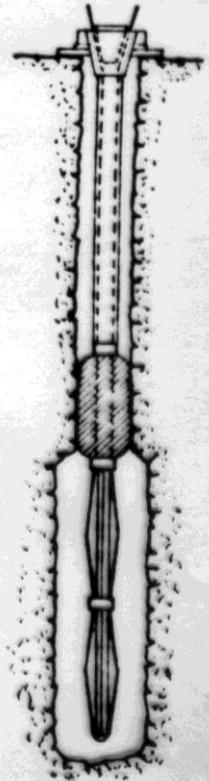
4ª fase  
iniezione in pressione del sacco otturatore



5ª fase  
iniezione in pressione (eventualmente in più fasi) del bulbo



6ª fase  
tesatura

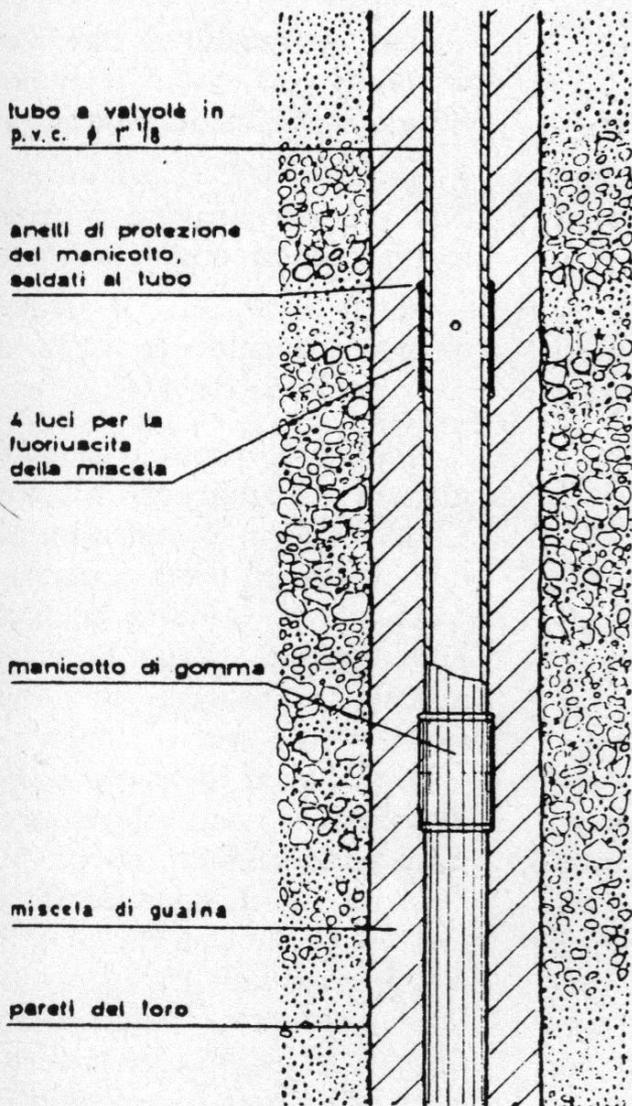


## INIEZIONI NEI TERRENI : TIPOLOGIE ESECUTIVE E CAMPI DI APPLICAZIONE

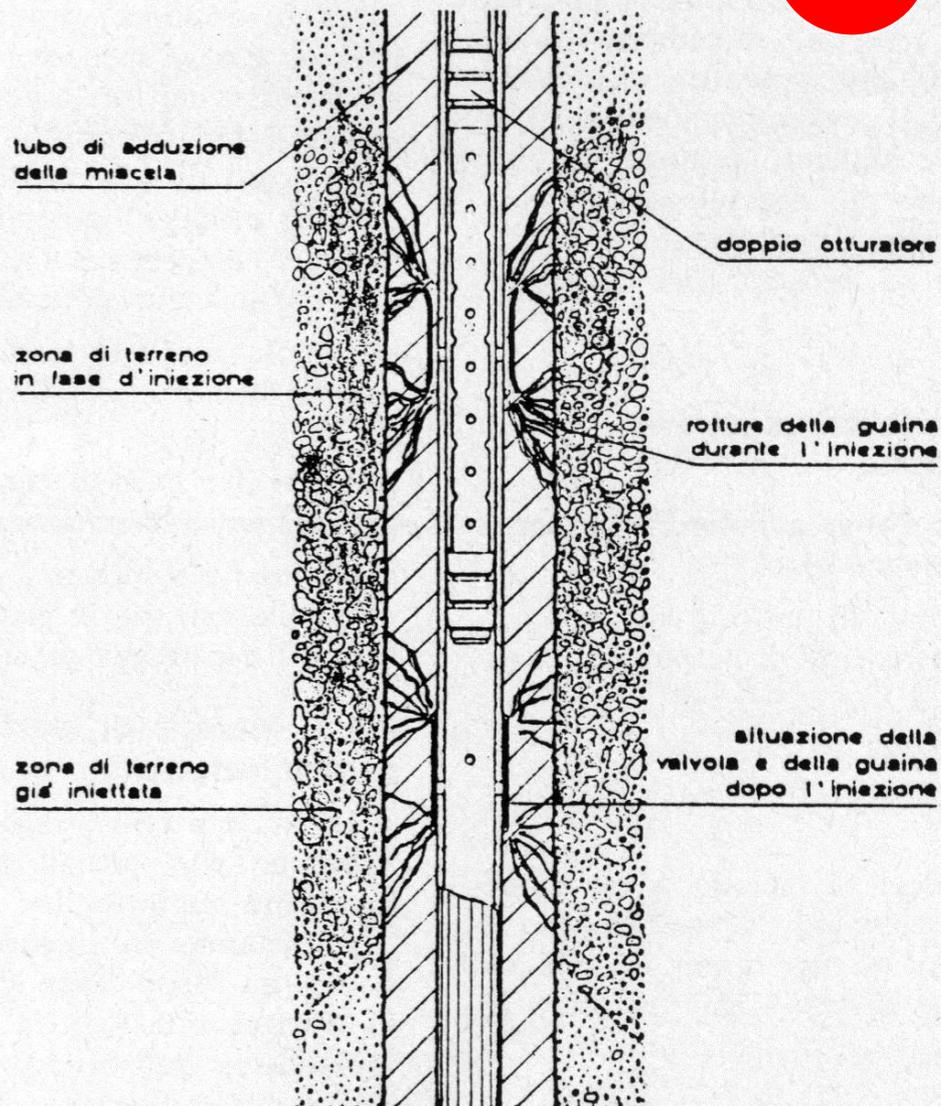
- a) iniezione per **“permeazione”** : la miscela riempie i vuoti intergranulari senza indurre significative variazioni volumetriche e nella struttura del terreno.
- **alluvioni da grossolane a medio-fini**
  - **tubi valvolati + doppio pistoncino**
- b) iniezione per **“inglobamento” (claquage)** : 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 IN PRESSIONE ATTRAVERSO TUBI VALVOLATI E DOPPIO PISTONCINO

prima dell'iniezione



durante l'iniezione





PISTONCINO A CALOTTINE



PISTONCINO A ESPANSIONE

Packer a doppio otturatore

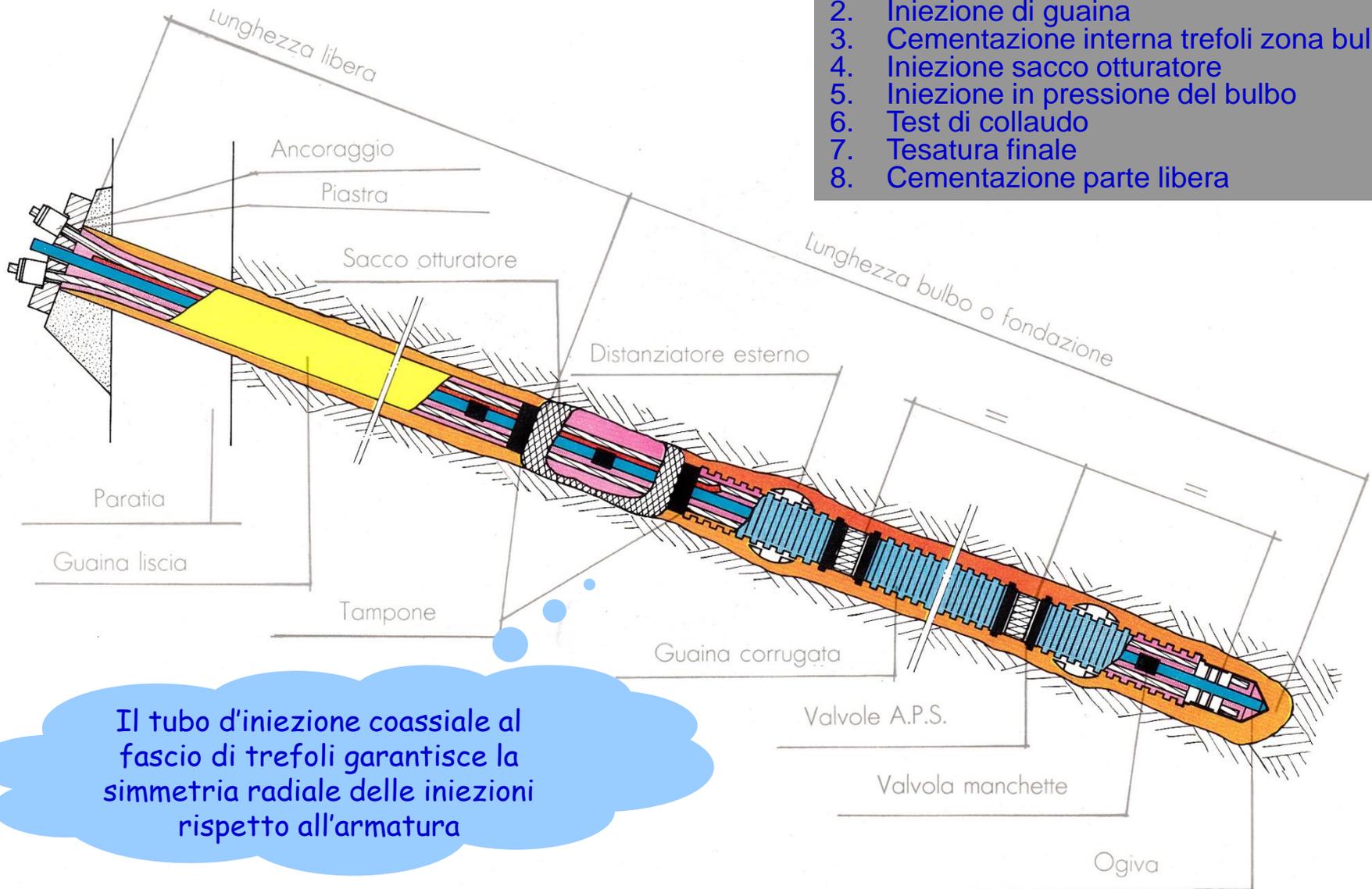
Packer ad otturatore semplice

PISTONCINI A DOPPIO OTTURATORE

# TIRANTE A TREFOLI A PROTEZIONE TOTALE CON I.R.P. - TIPO "APS" TENSACCIAI

## FASI ESECUTIVE

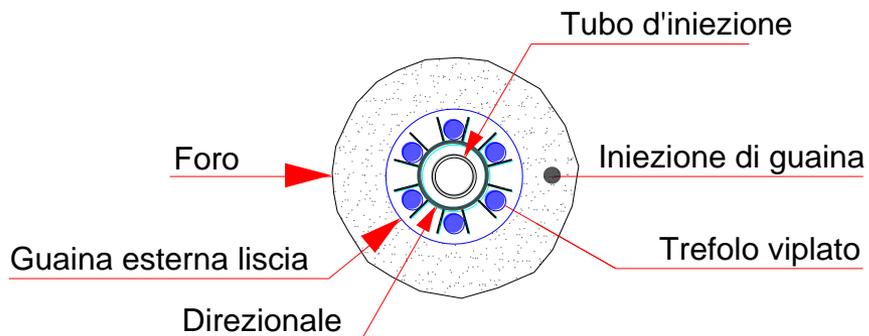
1. Perforazione e posa in opera tirante
2. Iniezione di guaina
3. Cementazione interna trefoli zona bulbo
4. Iniezione sacco otturatore
5. Iniezione in pressione del bulbo
6. Test di collaudo
7. Tesatura finale
8. Cementazione parte libera



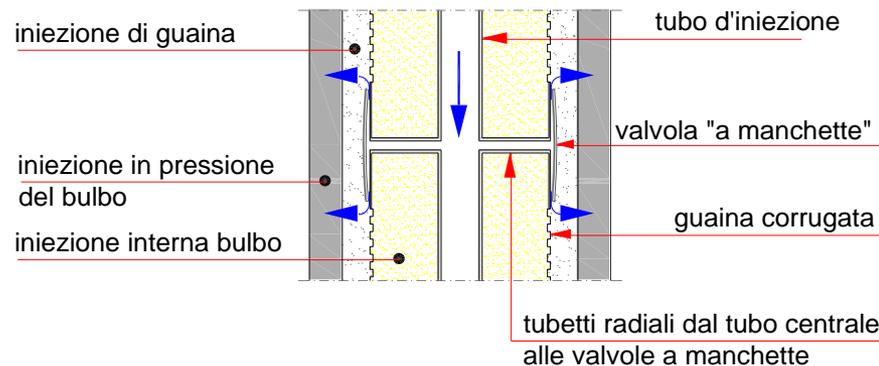
Il tubo d'iniezione coassiale al fascio di trefoli garantisce la simmetria radiale delle iniezioni rispetto all'armatura

## DETTAGLI DEL TIRANTE "APS"

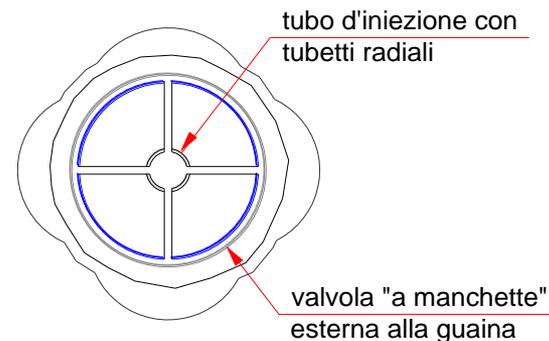
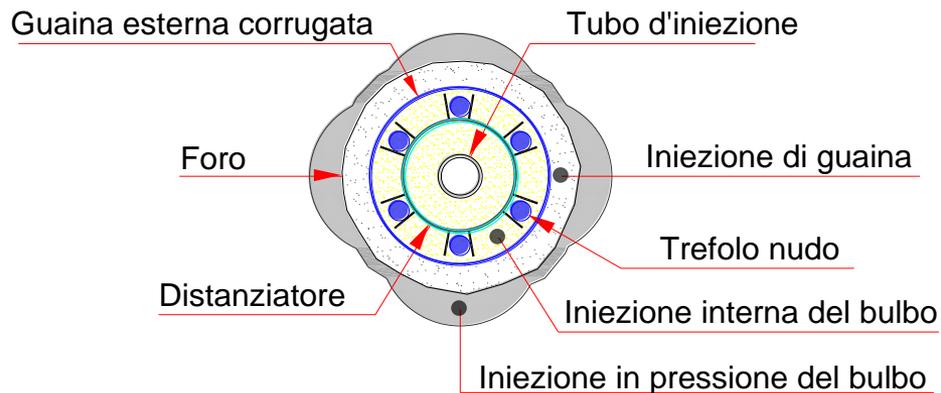
SEZIONE NELLA PARTE LIBERA



SEZIONE LONGITUDINALE SULLA VALVOLA "APS"



SEZIONE NELLA ZONA DI BULBO



SEZIONE ORIZZONTALE SULLA VALVOLA "APS"

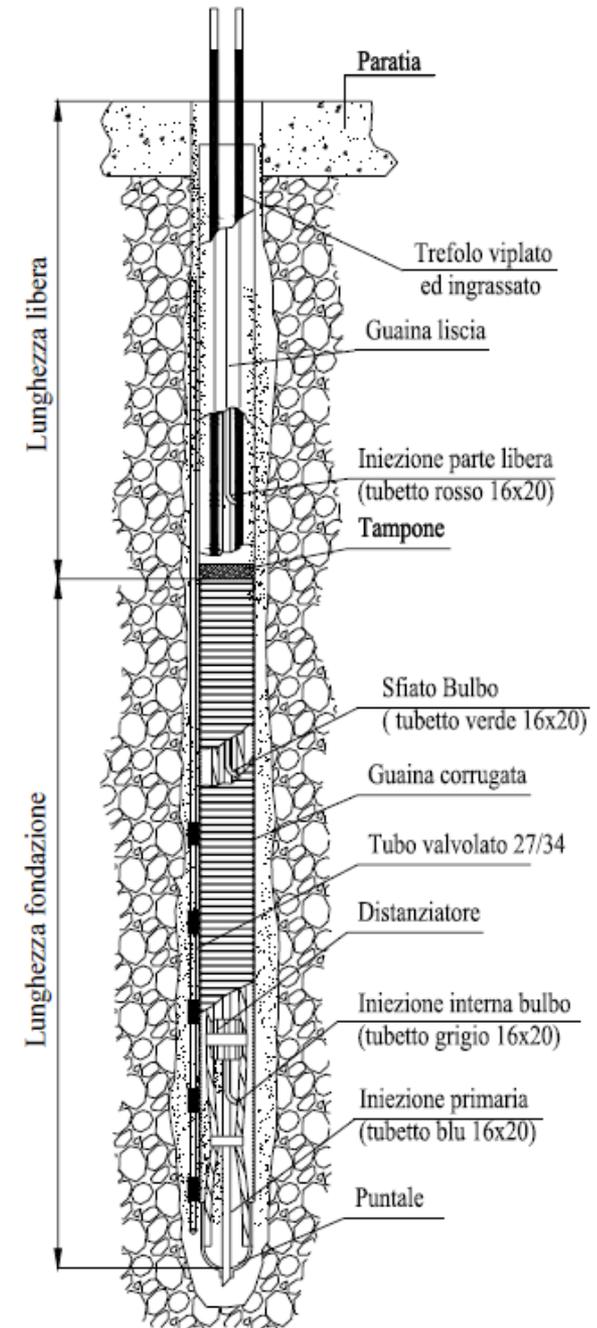
(N.B. per motivi di chiarezza è rappresentata solo la valvola, con i contorni del foro e del bulbo)

## TIRANTE A TREFOLI A PROTEZIONE TOTALE CON I.R.P. TUBO D'INIEZIONE ESTERNO

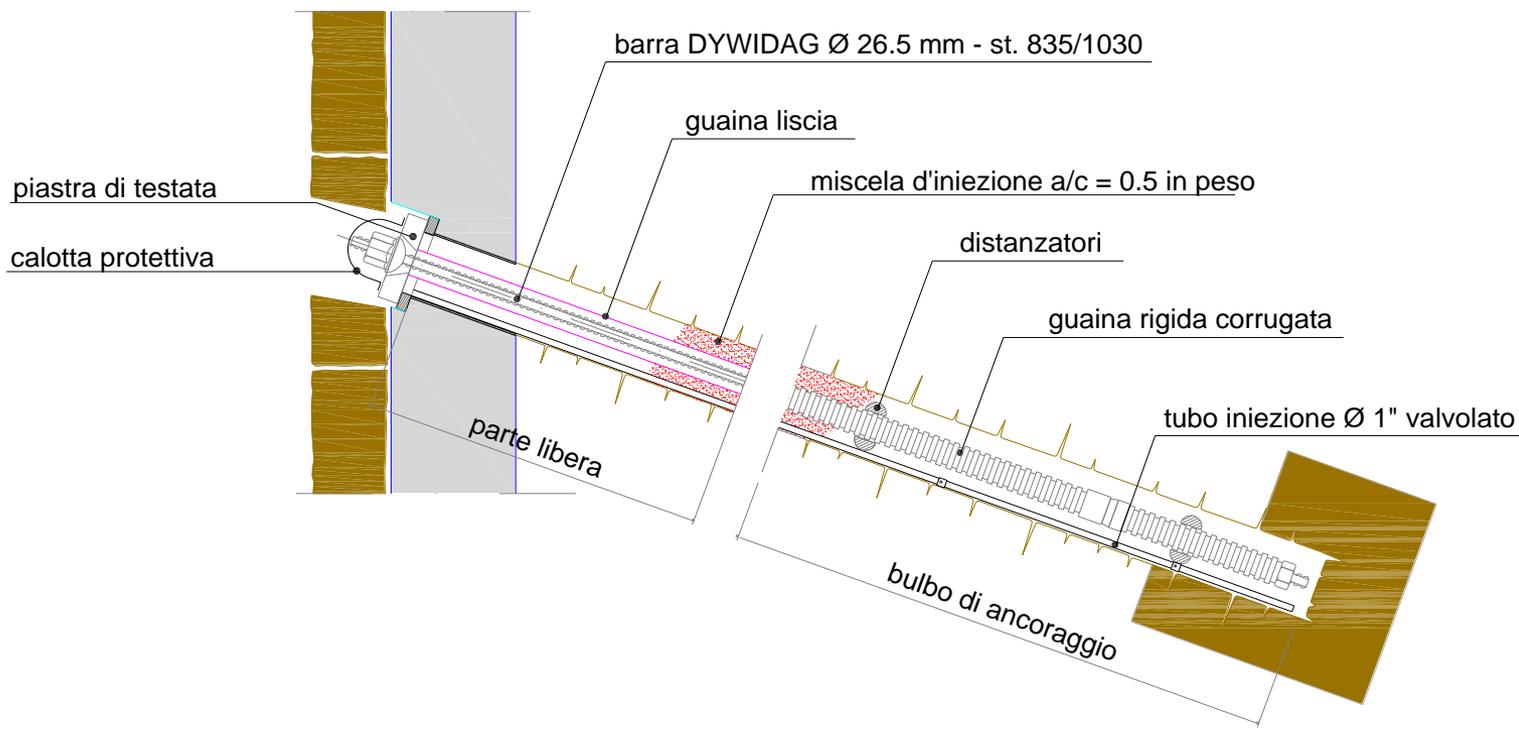
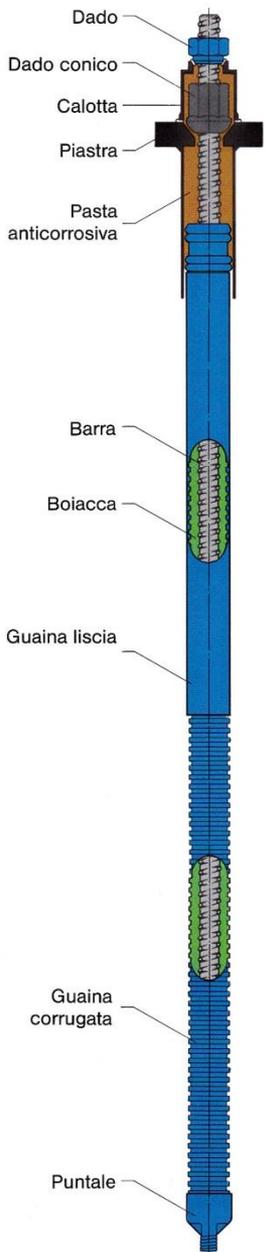


### ASPETTI CRITICI

- ❑ Tubo per le iniezioni IRP del bulbo non coassiale al tirante
- ❑ Pletora di tubetti d'iniezione (n° 4, oltre quello esterno)



## TIRANTI IN BARRE DYWIDAG A PROTEZIONE TOTALE



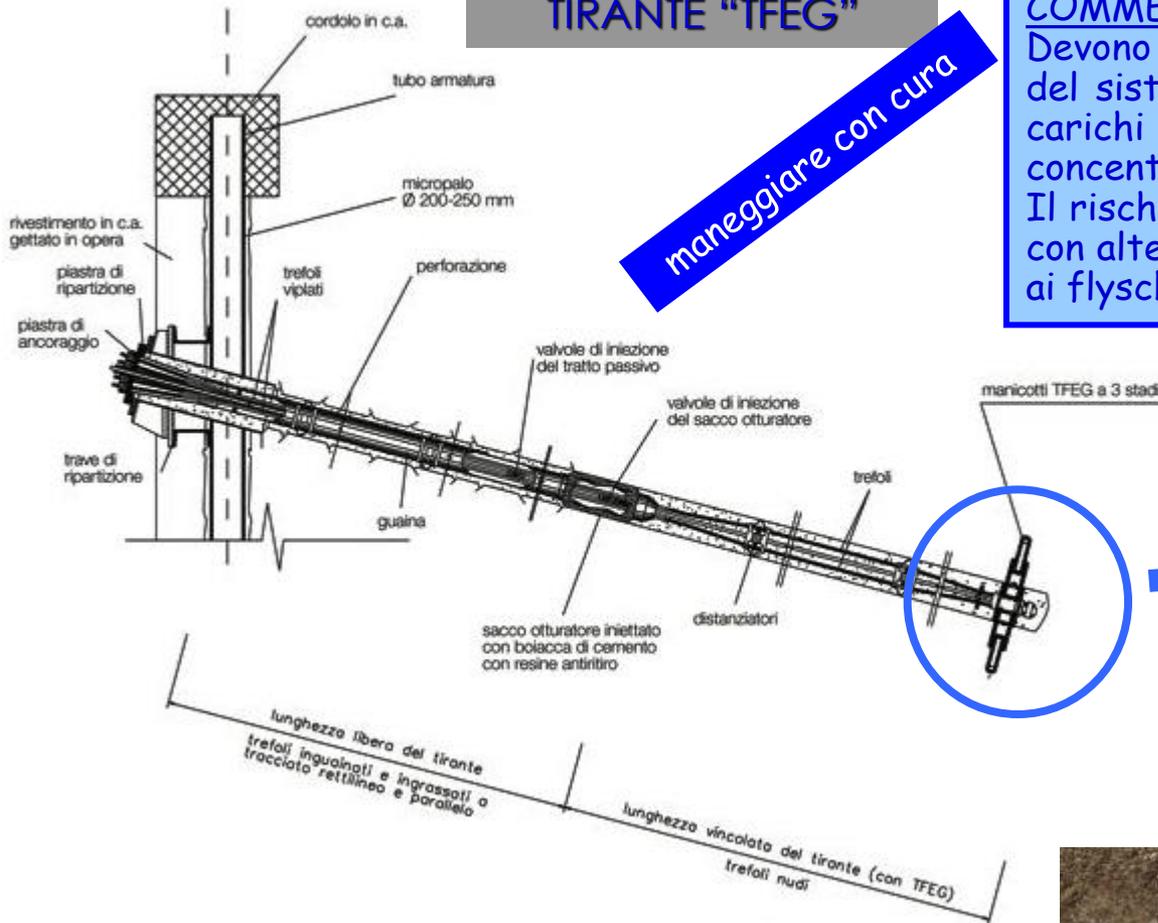
Schema generico, senza i tubi d'iniezione



Schema tirante adottato in un caso reale

## TIRANTE "TFEG"

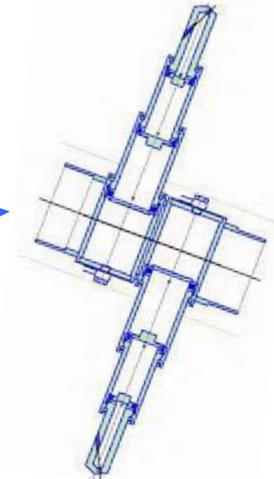
maneggiare con cura



## COMMENTO

Devono farsi ragionate riserve sulla affidabilità del sistema TFEG ai fini del trasferimento dei carichi al terreno, che avviene in modo concentrato.

Il rischio aumenta in caso di terreni stratificati con alternanza di strati lapidei e teneri (si pensi ai flysch di marne ed argille)



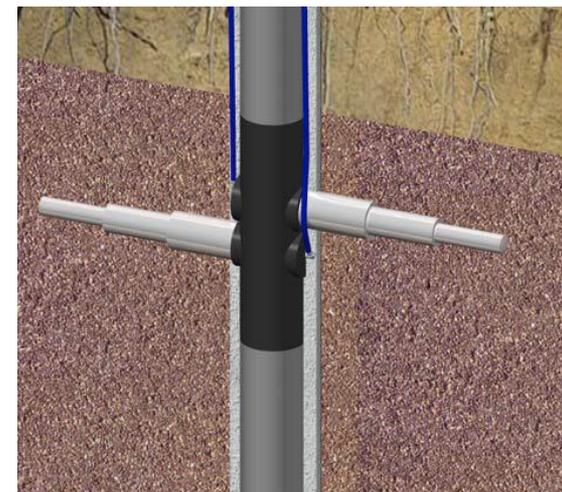
## COMMENTO (segue)

Il favore che sembra incontrare è probabilmente dovuto al fatto che la sua realizzazione non richiede alcuna particolare competenza nel campo delle iniezioni dei terreni. Ma ciò è un ulteriore elemento di rischio, perché schiude il mercato ad Imprese con basso know-how.

Peraltro le prove sperimentali in situ limitano le portate utili a valori medio-bassi (300 kN - 450 kN)



## TIRANTE "TFEG" PARTICOLARI DELLA PUNTA



maneggiare con cura

# PORTATE DELLE ARMATURE DEI TIRANTI (RESISTENZE DI PROGETTO) /1

## NORMATIVA : CARATTERISTICHE MECCANICHE E TENSIONI AMMESSE PER TREFOLI E BARRE DA C.A.P.

### 11.3.3.2 CARATTERISTICHE MECCANICHE

Gli acciai per armature da precompressione devono possedere proprietà meccaniche, garantite dal produttore, non inferiori a quelle indicate nella successiva Tab. 11.3.VII:

Tab. 11.3.VII

Tipo di acciaio	Barre	Fili	Trefoli	Trefoli a fili sagomati	Trecce
Tensione caratteristica di rottura ..... $f_{ptk}$ N/mm <sup>2</sup>	≥ 1000	≥ 1570	≥ 1860	≥ 1820	≥ 1900
Tensione caratteristica allo 0,1 % di deformazione residua ..... $f_{p(0,1)k}$ N/mm <sup>2</sup>	--	≥ 1420	--	--	--
Tensione caratteristica all'1 % di deformazione totale ..... $f_{p(1)k}$ N/mm <sup>2</sup>	--	--	≥ 1670	≥ 1620	≥ 1700
Tensione caratteristiche di snervamento $f_{pyk}$ N/mm <sup>2</sup>	≥ 800	--	--	--	--
Allungamento sotto carico massimo $A_{gt}$	≥ 3,5	≥ 3,5	≥ 3,5	≥ 3,5	≥ 3,5

### TENSIONI E RESISTENZE DI PROGETTO PER I TREFOLI

$$\text{SLU: } \sigma_s < f_{p(1)k} / 1,15 \quad \Rightarrow N_{\text{SLU}} = Af \times f_{p(1)k} / 1,15$$

$$\text{SLE: } \sigma_s < 0,80 f_{p(1)k} \quad \Rightarrow N_{\text{SLE}} = Af \times 0,80 f_{p(1)k}$$

### TENSIONI E RESISTENZE DI PROGETTO PER LE BARRE TIPO DYWIDAG

$$\text{SLU: } \sigma_s < f_{pyk} / 1,15 \quad \Rightarrow N_{\text{SLU}} = Af \times f_{pyk} / 1,15$$

$$\text{SLE: } \sigma_s < 0,80 f_{pyk} \quad \Rightarrow N_{\text{SLE}} = Af \times 0,80 f_{pyk}$$

**N.B.** La tensione caratteristica di rottura  $f_{ptk}$  non interviene sulle resistenze di progetto

## PORTATE DELLE ARMATURE DEI TIRANTI (RESISTENZE DI PROGETTO) /2

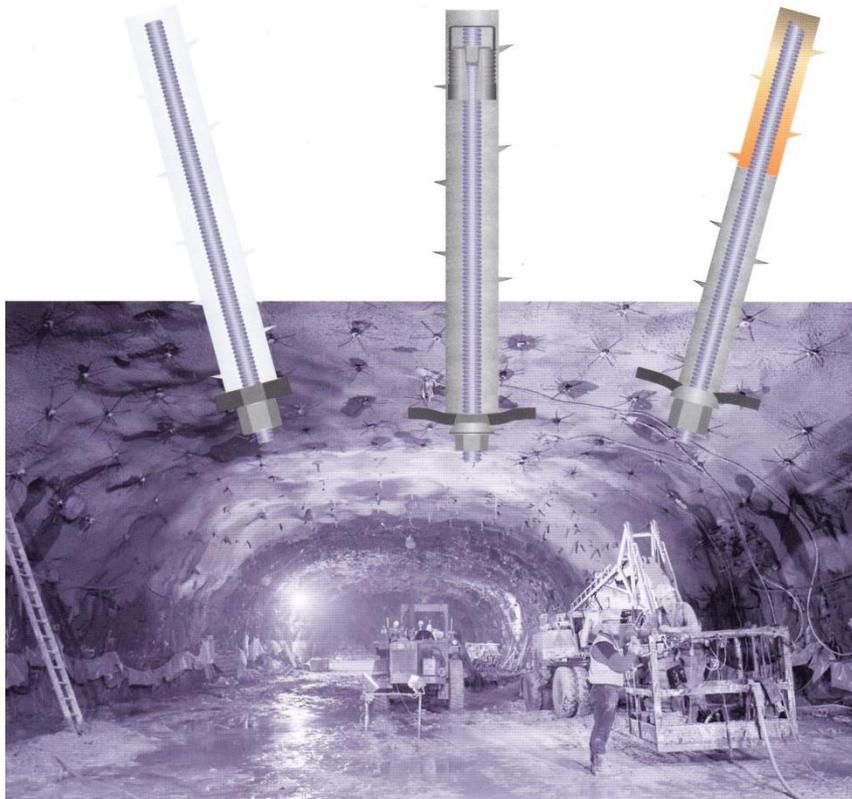
### PORTATE TIRANTI A TREFOLI DISPONIBILI SUL MERCATO

SINGOLO TREFOLO	$\emptyset$	Af	f <sub>ptk</sub>	f <sub>p(1)k</sub>	N <sub>SLU</sub>	N <sub>SLE</sub>
	(mm)	(mm <sup>2</sup> )	(N/mm <sup>2</sup> )	(N/mm <sup>2</sup> )	kN/trefolo	kN/trefolo
TREFOLO NORMALE	15.2	140	1860	1670	203	187
SUPERTREFOLO	15.7	150	1860	1670	218	200

TIRANTI A PIU' TREFOLI	2 trefoli		4 trefoli		6 trefoli	
	N <sub>SLU</sub>	N <sub>SLE</sub>	N <sub>SLU</sub>	N <sub>SLE</sub>	N <sub>SLU</sub>	N <sub>SLE</sub>
	KN	kN	KN	kN	KN	kN
TREFOLO NORMALE	406	374	812	748	1218	1122
SUPERTREFOLO	436	400	872	800	1308	1000

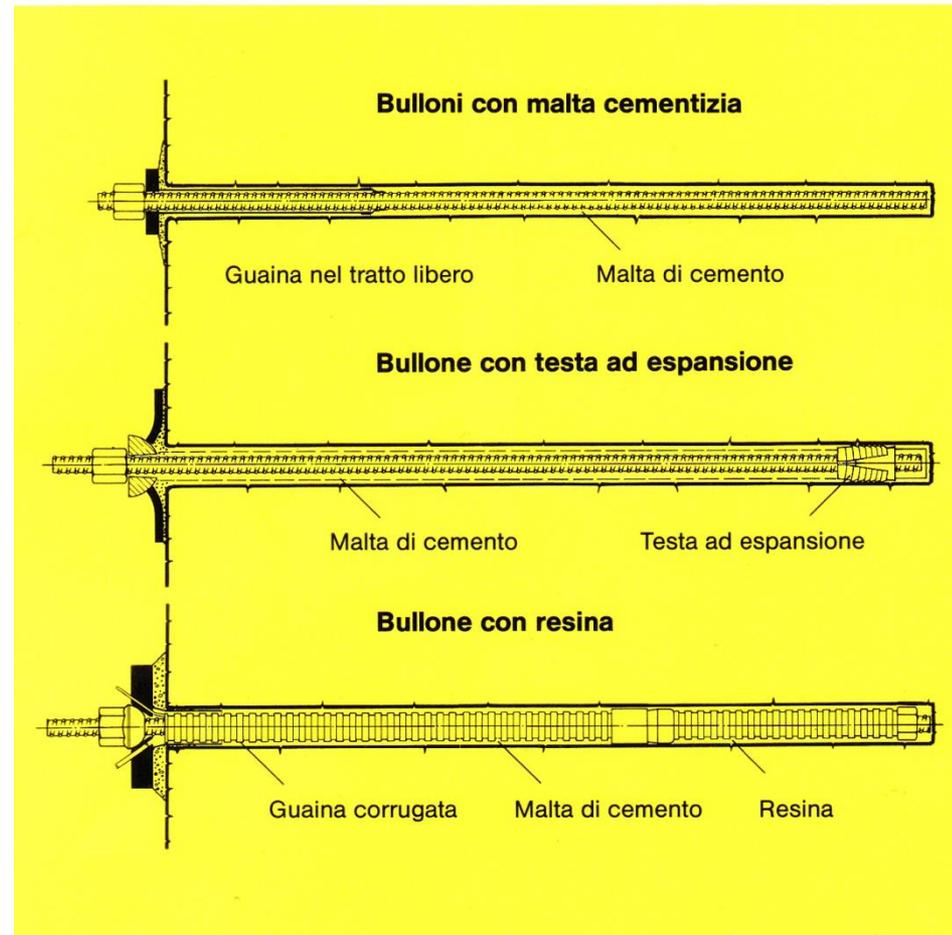
### PORTATE TIRANTI IN BARRA DISPONIBILI SUL MERCATO

BARRE DYWIDAG st. 950/1050 a filettatura continua	$\emptyset$	Af	f <sub>ptk</sub>	f <sub>pyk</sub>	N <sub>SLU</sub>	N <sub>SLE</sub>
	(mm)	(mm <sup>2</sup> )	(N/mm <sup>2</sup> )	(N/mm <sup>2</sup> )	kN	kN
	26,5	552	1050	950	456	420
	32	804	1050	950	664	611
	36	1018	1050	950	841	774
	40	1257	1050	950	1038	955
47	1735	1050	950	1433	1319	



## ROCK-BOLTS

(bulloni da roccia per lavori in sotterraneo)



## BULLONE "CT\_BOLT" DELLA DYWIDAG

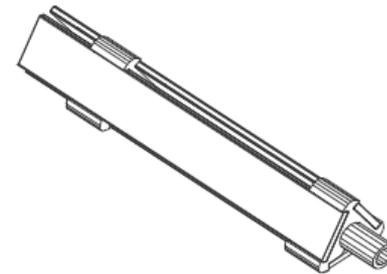


DURGLASS® 45

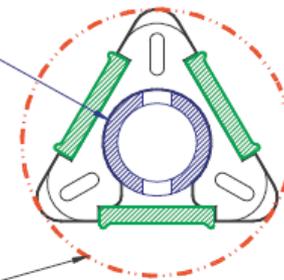
Pipes and bars  
for tunnel  
consolidation



## TIRANTI IN VETRORESINA



Tubo iniezione



Massimo ingombro



*IL PROCESSO  
DI "PROGETTAZIONE"  
DEI TIRANTI*



*(dopo la progettazione  
dell'opera tirantata)*

*PROGETTAZIONE GEOTECNICA*

*PROGETTAZIONE STRUTTURALE*

*CANTIERISTICA*

*CONTROLLI - COLLAUDI - MONITORAGGI*

## IL PROCESSO DI "PROGETTAZIONE" DEI TIRANTI

PROGETTAZIONE  
GEOTECNICA



in blu gli aspetti comuni  
alle due progettazioni



PROGETTAZIONE  
STRUTTURALE

*Modello geotecnico*

*Progettazione geotecnica e strutturale dell'opera tirantata*

*Capacità portante del bulbo : stima preliminare*

*Piano delle prove preliminari "di progetto"*

*Regolamentazione delle modalità esecutive*

*Test di collaudo e criteri di accettazione*



*Progettazione geotecnica e strutturale dell'opera tirantata*

*Capacità portante strutturale dei tiranti (progetto dell'armatura)*

*Collegamento alla struttura esistente*



*Accessibilità delle aree e spazi di cantiere*

*Impianto d'iniezione (dosatura, miscelazione, stoccaggio, iniezione)*

*Impatto ambientale : rumori/smaltimento detriti di perforazione ed acque reflue dell'impianto d'iniezione, etc.*

*Tempi esecutivi*



*Controlli sull'impianto d'iniezione*

*Controlli sui materiali strutturali*

*Controlli sulle miscele d'iniezione*

*Controlli sulle modalità d'iniezione*

*Prove di carico preliminari "di progetto"*

*Prove di collaudo e tesatura definitiva ai carichi di progetto*

- stoccaggio e movimentazione tiranti*
- perforazione e posa in opera del tirante*
- miscele d'iniezione*
- impianto d'iniezione*
- modalità d'iniezione*

CANTIERISTICA

CONTROLLI E  
MONITORAGGI

## IL PROCESSO DI PROGETTAZIONE ED ESECUZIONE DEI TIRANTI

(Dopo la progettazione geotecnica e strutturale dell'opera tirantata)

### PROGETTO

- Lunghezza libera
- Lunghezza bulbo
- Armatura

Prove preliminari  
"di progetto"



NTC : nessuna  
prescrizione sulle  
modalità di prova  
(è un pregio)

Fa parte integrante del  
progetto del tirante la  
regolamentazione delle  
modalità esecutive :

- perforazione
- posa in opera
- iniezione
- collaudi
- tesatura definitiva

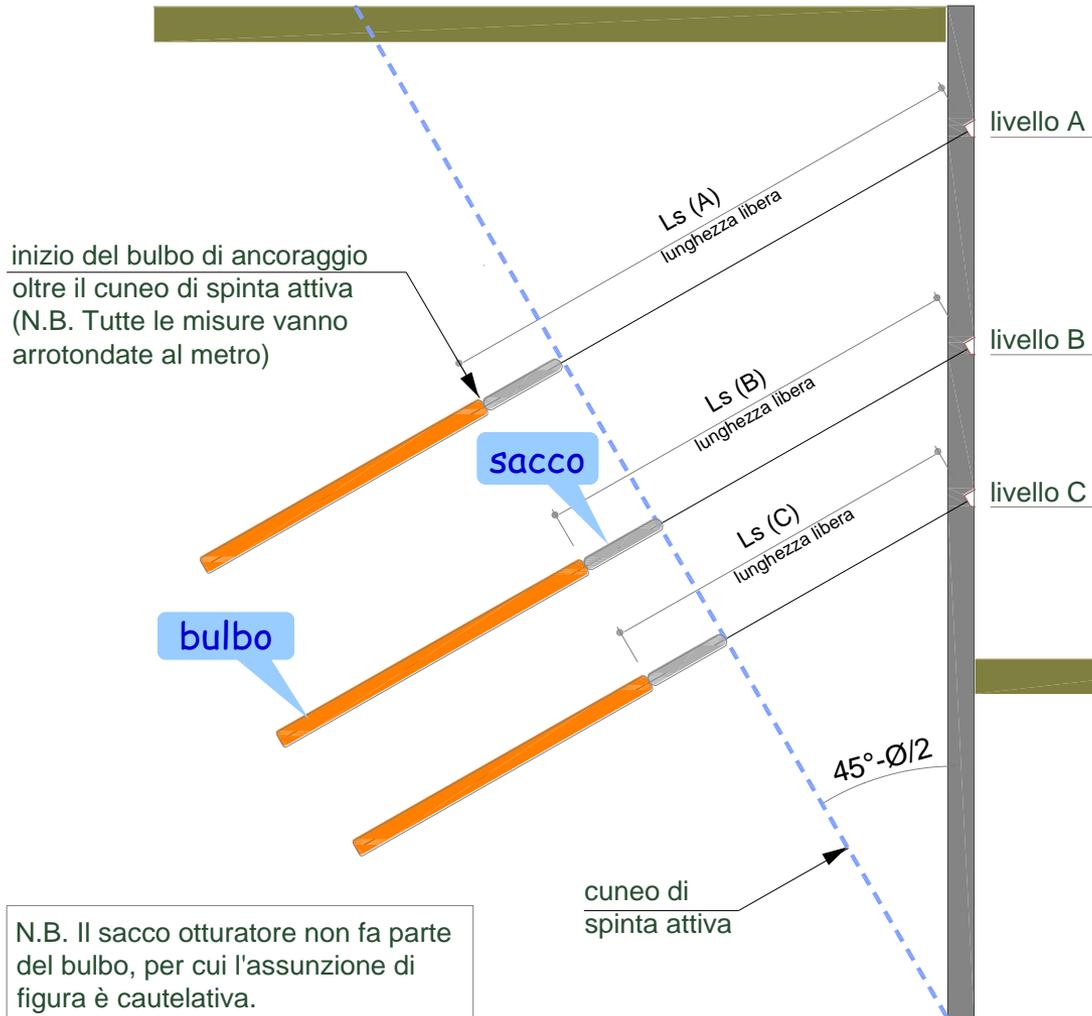
### CONTROLLI IN CORSO D'OPERA

1. Impianto d'iniezione (adeguatezza alle prescrizioni di progetto)
2. Controlli sull'armatura
3. Controlli sulle modalità di deposito e movimentazione del tirante
4. Controlli sulle miscele d'iniezione
5. Controlli sulle modalità d'iniezione

### COLLAUDO E MONITORAGGI

1. Prove di carico preliminari
2. Collaudo di tesatura non distruttivo sul 100% dei tiranti
3. Eventuali prove di carico speciali, non distruttive.
4. Tesatura al carico di progetto (eventualmente in più fasi)
5. Monitoraggio permanente dei tiranti (eventuale ?)

## DETERMINAZIONE DELLA LUNGHEZZA LIBERA DEI TIRANTI



N.B. Il sacco otturatore non fa parte del bulbo, per cui l'assunzione di figura è cautelativa.

In condizioni statiche la lunghezza libera  $L_s$  si ricava fissando l'inizio del bulbo di ancoraggio oltre il cuneo di spinta attiva passante per il piede della paratia.

da NTC 2008

In caso di sisma la lunghezza libera  $L_e$  si ricava da quella  $L_s$  determinata in condizioni statiche come segue:

$$L_e = L_s \left( 1 + 1.5 \frac{a_{\max}}{g} \right)$$

## DETERMINAZIONE DELLA LUNGHEZZA DEL BULBO

Resistenza allo sfilamento  
(calcolata o misurata)



Resistenza caratteristica



Resistenza di progetto

## CALCOLO ANALITICO

È poco affidabile, e va utilizzato solo per motivi puramente formali, al fine di evitare contestazioni di incompletezza del progetto.

## PROVE PRELIMINARI "DI PROGETTO"

Sono sempre obbligatorie, e vanno fatte prima di dar corso all'esecuzione dei tiranti di progetto.

## DETERMINAZIONE DELLA LUNGHEZZA DEL BULBO DI ANCORAGGIO CON METODI DI CALCOLO ANALITICI

N.B.

Sono poco affidabili e vanno utilizzati, come predimensionamento, solo per motivi puramente formali al fine di evitare contestazioni di incompletezza del progetto.

$$R_{ak} = \text{Min} \left\{ \frac{(R_{a,c})_{\text{medio}}}{\xi_{a3}}, \frac{(R_{a,c})_{\text{min}}}{\xi_{a4}} \right\}$$

**Tab. 6.6.III** - Fattori di correlazione per derivare la resistenza caratteristica dalle prove geotecniche, in funzione del numero  $n$  di profili di indagine

Numero di profili di indagine	1	2	3	4	≥ 5
$\xi_{a3}$	1,80	1,75	1,70	1,65	1,60
$\xi_{a4}$	1,80	1,70	1,65	1,60	1,55

N.B. Nel calcolo di  $R_{a,c}$  non si applicano coefficienti di sicurezza parziali sui parametri geotecnici di resistenza del terreno (gruppo M1)

Può essere utilizzato il metodo di Bustamante e Dieux (1985), sviluppato per i micropali ma che, per la sua formulazione, può essere utilizzato anche per i tiranti.

## DETERMINAZIONE DELLA LUNGHEZZA DEL BULBO DI ANCORAGGIO CON METODI DI CALCOLO ANALITICI

## METODO DI BUSTAMANTE E DOIX (1985)

La normativa prevede che il carico di sfilamento di un tirante  $R_{ac}$  (e quindi la resistenza caratteristica allo sfilamento  $R_{ak}$ ) possa essere determinato in prima approssimazione con metodi analitici, pur imponendo la successiva conferma sperimentale mediante prove preliminari “di progetto” su speciali tiranti appositamente eseguiti.

Per il calcolo analitico può essere utilizzato il metodo che Bustamante e Doix (1985) hanno proposto per la previsione del carico limite di micropali iniettati in pressione, e che per analogia può essere esteso ai tiranti. Secondo tale formulazione il carico limite di un micropalo ( e per analogia quello di sfilamento di un tirante) si può esprimere:

$$R_{ac} = \pi d_s L_s s \quad \text{ove:}$$

$$d_s = \alpha d$$

$\alpha$  = coefficiente tabellato (dipende dal tipo di terreno e dalle modalità d'iniezione)

$d$  = diametro reso di perforazione ( $\approx 1.1 \varnothing$  essendo  $\varnothing$  il diametro nominale di perforazione)

$L_s$  = lunghezza del bulbo

$s$  = resistenza tangenziale all'interfaccia bulbo/terreno  
(tabellato in funzione del tipo di terreno e delle modalità d'iniezione)

Poiché dal calcolo si ricava un unico valore di  $R_{ac}$ , risulta :

$$R_{ak} = R_{ac} / \xi_{a3}$$

$$R_{ad} = R_{ak} / \gamma_R$$

essendo :  $\gamma_R = 1.1$  per tiranti temporanei

$\gamma_R = 1.2$  per tiranti definitivi.

## METODO DI BUSTAMANTE E DOIX (1985)

Terreno	Valori di $\alpha$		Quantità minima di miscela consigliata
	IRS	IGU	
Ghiaia	1,8	1,3 - 1,4	$1,5 V_s$
Ghiaia sabbiosa	1,6 - 1,8	1,2 - 1,4	$1,5 V_s$
Sabbia ghiaiosa	1,5 - 1,6	1,2 - 1,3	$1,5 V_s$
Sabbia grossa	1,4 - 1,5	1,1 - 1,2	$1,5 V_s$
Sabbia media	1,4 - 1,5	1,1 - 1,2	$1,5 V_s$
Sabbia fine	1,4 - 1,5	1,1 - 1,2	$1,5 V_s$
Sabbia limosa	1,4 - 1,5	1,1 - 1,2	IRS: $(1,5 - 2)V_s$ ; IGU: $1,5 V_s$
Limo	1,4 - 1,6	1,1 - 1,2	IRS: $2V_s$ ; IGU: $1,5V_s$
Argilla	1,8 - 2,0	1,2	IRS: $(2,5 - 3)V_s$ ; IGU: $(1,5-2)V_s$
Marne	1,8	1,1 - 1,2	$(1,5 - 2)V_s$ per strati compatti
Calcari marnosi	1,8	1,1 - 1,2	$(2 - 6)V_s$ o più per strati fratturati
Calc. alterati o fratturati	1,8	1,1 - 1,2	
Roccia alterata e/o fratturata	1,2	1,1	$(1,1-1,5)V_s$ per strati poco fratt. $2V_s$ o più per strati fratturati

Tab. 13.12. Valori del coefficiente  $\alpha$  (eq. 13.21);  $V_s = L_s \cdot \frac{\pi d^2 s}{4}$

I valori della resistenza tangenziale  $s$  all'interfaccia fra tratto iniettato e terreno dipendono sia dalla natura e dalle caratteristiche del terreno, sia dalla tecnologia, e sono forniti dai diagrammi contenuti nelle figure 13.16, 13.17, 13.18 e 13.19, alle quali è associata la tabella 13.13.

Terreno	Tipo di iniezione	
	IRS	IGU
Da ghiaia a sabbia limosa	SG1	SG2
Limo e argilla	AL1	AL2
Marna, calcare marnoso, calcare tenero fratturato	MC1	MC2
Roccia alterata e/o fratturata	$\geq R1$	$\geq R2$

Tab. 13.13. Indicazioni per la scelta del valore di  $s$

IGU : iniezione globale unica  
 IRS = iniezione ripetuta e selettiva (è quella propria dei tiranti)

METODO DI BUSTAMANTE E DOIX (1985)

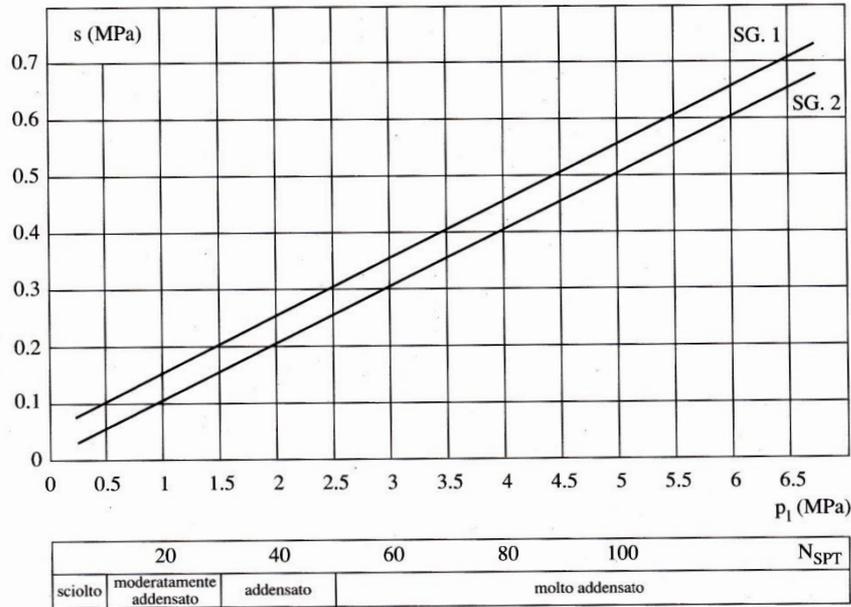


Fig. 13.16. Abaco per il calcolo di  $s$  per sabbie e ghiaie

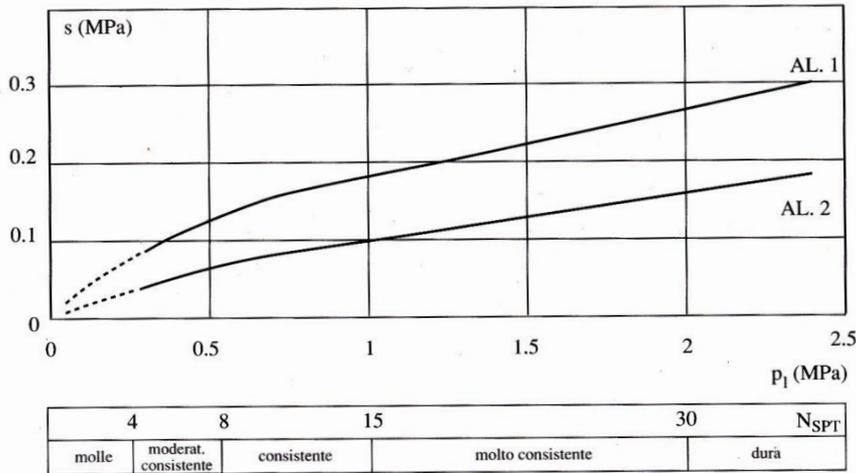


Fig. 13.17. Abaco per il calcolo di  $s$  per argille e limi

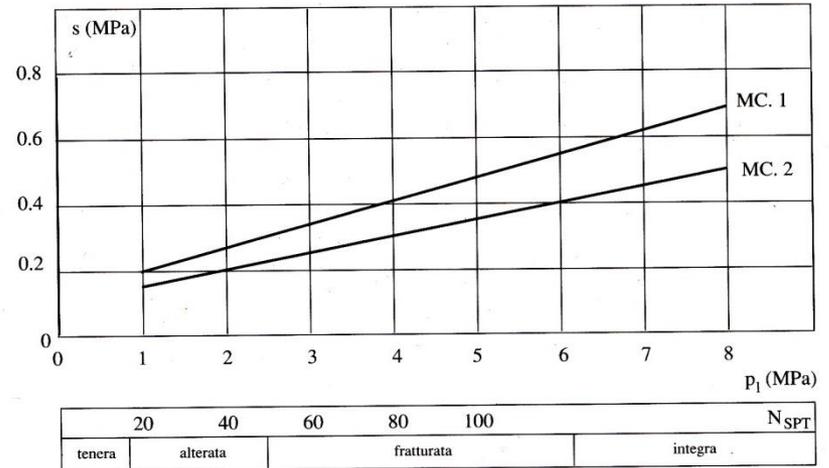


Fig. 13.18. Abaco per il calcolo di  $s$  per gessi, marne, marne calcaree

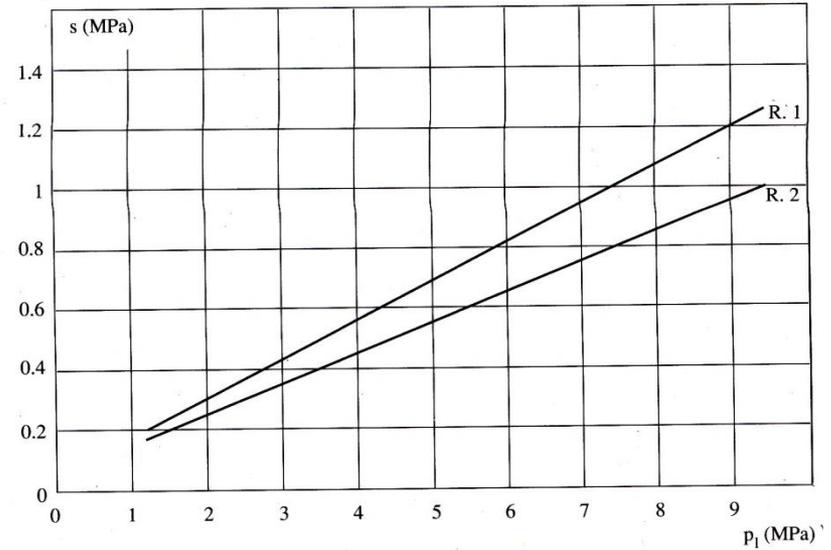
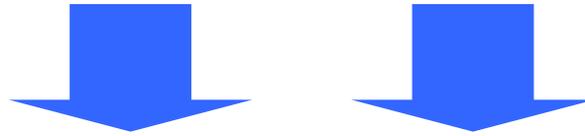


Fig. 13.19. Abaco per il calcolo di  $s$  per le rocce alterate e fratturate

## DETERMINAZIONE DELLA LUNGHEZZA DEL BULBO DI ANCORAGGIO



### PROVE PRELIMINARI “DI PROGETTO” SUI TIRANTI (OBBLIGATORIE)

Ancorché facciano parte integrante del progetto, nell'attuale quadro normativo del nostro Paese tali prove si possono eseguire solo dopo l'appalto dei lavori.

Ciò può porre problemi anche rilevanti nella gestione dell'appalto, specie quando il progettista non è anche Direttore Lavori.

Al nostro distratto legislatore sembra essere sfuggito il piccolo particolare che i risultati delle prove devono essere criticamente vagliati ed interpretati, e che la figura delegata a farlo non può che essere il progettista, per evidenti problemi di responsabilità.

DETERMINAZIONE DELLA LUNGHEZZA DEL BULBO DI ANCORAGGIO



PROVE PRELIMINARI "DI PROGETTO" SUI TIRANTI  
(OBBLIGATORIE)

Come la mettiamo  
col deposito dei calcoli ?



A rigore, dopo le prove si dovrebbe fare l'integrazione prima di procedere con l'esecuzione dei tiranti di progetto. Tuttavia sappiamo bene come questo sia impossibile perché, con i tempi delle nostre Amministrazioni, questo vorrebbe dire sospendere i lavori.

Ennesimo aspetto di una norma raffazzonata :

*" ... ex nihilo nihil ... "*

## PROVE PRELIMINARI "DI PROGETTO" SUI TIRANTI FINALITA' E CRITERI DI PROGRAMMAZIONE

### SCOPO DELLE PROVE

*Determinare il carico limite del bulbo di ancoraggio (sfilamento) e, se del caso, adeguare il dimensionamento di progetto.*

*Verificare che non si registrino anomalie nel comportamento del tirante :*

- *allungamenti anomali in difetto  $\Rightarrow$  parte libera cementata*
- *allungamenti anomali a carico costante (fluage)*
- *altro*

PROVE PRELIMINARI "DI PROGETTO" SUI TIRANTI : FINALITA' E CRITERI DI PROGRAMMAZIONE

CRITERI DI PROGRAMMAZIONE

1. Definire il numero, la posizione e la geometria dei tiranti di prova (inclinazione e lunghezza libera), ricercando condizioni il più possibile simili a quelle di progetto.

2. Assumere il predimensionamento del bulbo fatto in progetto ( $L_b$ )

3. Calcolare il minimo valore utile del carico limite di prova ( $N_{fu} = R_{a,m}$ ) in base all'azione di progetto  $Ed$  ed al n° dei tiranti di prova:

$$R_{ak(bulbo)} = \text{Min} \left\{ \frac{(R_{a,m})_{medio}}{\xi_{a1}} ; \frac{(R_{a,m})_{min}}{\xi_{a2}} \right\} \quad \text{con : } \underline{\text{per } n = 2} \quad \xi_{a,1} = 1.4 \quad \xi_{a,2} = 1.3 \quad \gamma_{Ra,p} = 1.2 \text{ (tiranti definitivi)}$$

$$\Rightarrow Rad(bulbo) = Rak(bulbo) / \gamma_{Ra,p} \geq Ed$$

$$\Rightarrow (R_{a,m})_{medio} \geq \xi_{a,1} \gamma_{Ra,p} E_d = 1.4 \times 1.2 E_d = 1.68 E_d \quad (1)$$

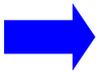
$$\Rightarrow (R_{a,m})_{min} \geq \xi_{a,2} \gamma_{Ra,p} E_d = 1.3 \times 1.2 E_d = 1.56 E_d \quad (2)$$

Valgono per  $n = 2$

se  $(R_{a,m})_{medio} / \xi_{a,1} < (R_{a,m})_{min} / \xi_{a,2}$

se  $(R_{a,m})_{medio} / \xi_{a,1} > (R_{a,m})_{min} / \xi_{a,2}$

4. Dimensionare adeguatamente l'armatura del tirante di prova.



Qualora ci siano dei limiti al sovradimensionamento dell'armatura, si può fare l'ipotesi di proporzionalità lineare tra lunghezza del bulbo e carico limite :

$$N_{lim} = R_{a,m} \times L_b / L_{b,prova}$$

N.B. E' opportuno che sia  $L_b \leq 2 L_{b,prova}$

5. Predisporre il disciplinare di prova (dovrebbe già far parte delle "Specifiche tecniche tiranti")  $\Rightarrow$  non affidarsi all'Impresa né ai Laboratori di prova

6. Progettare il dispositivo di prova  $\Rightarrow$  non affidarsi all'Impresa né ai Laboratori di prova

ESEGUIRE LE PROVE E REDIGERE LA RELAZIONE SUI RISULTATI DI PROVA  
IN PRIMA PERSONA

## PROVE PRELIMINARI "DI PROGETTO" SUI TIRANTI : FINALITA' E CRITERI DI PROGRAMMAZIONE

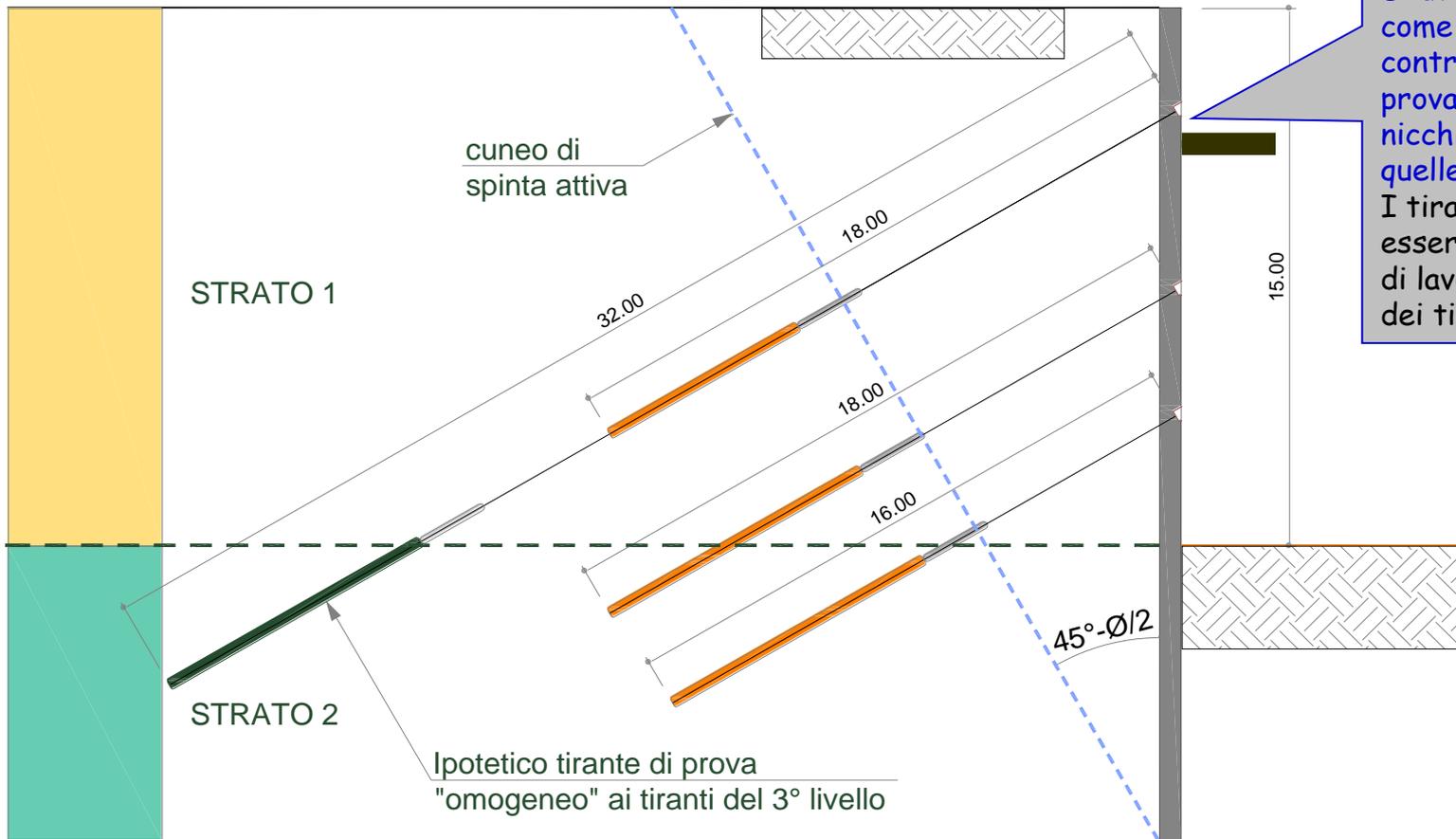
RELAZIONE SUI  
RISULTATI DI PROVA :  
I CONTENUTI  
(non negoziabili)

1. *Richiamo alle caratteristiche dei tiranti di progetto (geometria, armatura, azioni e resistenze di progetto, contesto geotecnico, etc.)*
2. *Descrizione delle caratteristiche dei tiranti di prova (posizione, inclinazione, lunghezza libera e di bulbo, armatura, contesto geotecnico, etc.) e delle loro modalità esecutive (che devono corrispondere a quelle previste per i tiranti di progetto).*
3. *Descrizione delle modalità di prova (posizione dei tiranti, inclinazione, lunghezza libera e di bulbo, contesto geotecnico, carico massimo di prova e sue modalità di applicazione, etc.)*
4. *Descrizione del dispositivo di prova (dispositivo di contrasto, modalità di applicazione e misura del carico, modalità di misura degli allungamenti, caratteristiche dei tiranti di prova (posizione, inclinazione, lunghezza libera e di bulbo, contesto geotecnico, etc.)*
5. *Descrizione dei risultati di prova e conseguente determinazione della resistenza di progetto.*
6. *Documentazione fotografica e certificazioni a corredo (moduli d'iniezione, certificati di taratura, rapporti di prova, etc.)*

## PROVE PRELIMINARI "DI PROGETTO" SUI TIRANTI : FINALITA' E CRITERI DI PROGRAMMAZIONE

I tiranti di prova dovrebbero essere eseguiti in un contesto geotecnico il più possibile simile a quello dei tiranti di progetto.

Tuttavia non sempre si può ottenere la perfetta corrispondenza : si pensi ai tiranti inferiori di una paratia multiancorata



Si utilizza la paratia come sistema di contrasto dei tiranti di prova, creando apposite nicchie di attesa, simili a quelle di progetto. I tiranti di prova possono essere eseguiti dal piano di lavoro della prima fila dei tiranti di progetto.

# PROVE PRELIMINARI "DI PROGETTO" SUI TIRANTI : FINALITA' E CRITERI DI PROGRAMMAZIONE

COMUNE DI FAETO - PROVINCIA DI FOGGIA  
 CONTENIMENTO DISSESTI IDROGEOLOGICI DEL CENTRO ABITATO ZONA "VIA PROVINCIALE - VILLA COMUNALE"  
 PROGETTO ESECUTIVO - specifiche tecniche tiranti e micropali - Allegato G - Aprile 2010

## INDICE

### PARTE PRIMA : TIRANTI CON ARMATURA IN TREFOLI

1	PRINCIPIO E SCHEMA DEL TIRANTE	Pag.	2
2	CLASSIFICAZIONE DEI TIRANTI DI PROGETTO	"	3
3	CARATTERISTICHE DEI TREFOLI D'ARMATURA	"	3
4	ASSEMBLAGGIO DEL TIRANTE - MODALITA' DI DEPOSITO E TRASPORTO	"	3
5	MODALITA' ESECUTIVE	"	4
	5.1 Fasi esecutive	"	4
	5.2 Perforazione	"	4
	5.3 Iniezione	"	4
	5.3.1 Impianto di miscelazione e stoccaggio	"	4
	5.3.2 Impianto d'iniezione	"	4
	5.3.3 Formazione della guaina	"	5
	5.3.4 Iniezione in pressione del bulbo	"	5
	5.3.5 Riempimento finale della parte libera	"	6
6	COLLAUDO E TESATURA DEI TIRANTI	"	6
	6.1 Attrezzatura di tesatura	"	6
	6.2 Test di collaudo	"	6
	6.3 Tesatura definitiva dei tiranti	"	7
7	TIRANTI PRELIMINARI DI PROVA	"	8
	7.1 Scopo delle prove	"	8
	7.2 Prescrizioni generali e definizioni	"	8
	7.3 Numero e caratteristiche dei tiranti di prova - Modalità generali di prova	"	8
	7.4 Esecuzione e prova del primo tirante	"	9
	7.5 Esecuzione prova e valutazione del secondo tirante	"	11
	7.6 Esecuzione prova e valutazione di eventuali altri tiranti	"	12

Tutti gli aspetti relativi alla sperimentazione sui tiranti preliminari di prova devono essere compiutamente definiti in un apposito elaborato di progetto.  
 (Generalmente nelle "Specifiche tecniche tiranti")

### PARTE SECONDA : TIRANTI CON ARMATURA IN BARRE

8	PRINCIPIO E SCHEMA DEL TIRANTE	Pag.	13
9	CLASSIFICAZIONE DEI TIRANTI DI PROGETTO	"	13
10	CARATTERISTICHE DELLA BARRA D'ARMATURA E PORTATE AMMISSIBILI	"	13
11	ASSEMBLAGGIO DEL TIRANTE - MODALITA' DI DEPOSITO E TRASPORTO	"	14
12	MODALITA' ESECUTIVE	"	14
	12.1 Fasi esecutive	"	14
	12.2 Perforazione	"	15
	12.3 Iniezione	"	15
	.... omissis ...		

## PROVE PRELIMINARI "DI PROGETTO" SUI TIRANTI : FINALITA' E CRITERI DI PROGRAMMAZIONE

**PROGRAMMA  
DI PROVA  
ed  
ESECUZIONE  
DELLE PROVE**

*La Normativa si limita a fissare il numero minimo di prove preliminari, in funzione del numero di tiranti di progetto :*

- 1 prova se il numero dei tiranti è  $< 30$
- 2 prove se il numero dei tiranti è compreso tra 31 e 50
- 3 prove se il numero dei tiranti è compreso tra 51 e 100
- 7 prove se il numero dei tiranti è compreso tra 101 e 200
- 8 prove se il numero dei tiranti è compreso tra 201 e 500
- 10 prove se il numero dei tiranti è  $> 500$

*Per il resto lascia - giustamente - al progettista la discrezionalità e la conseguente responsabilità di stabilire le modalità con cui programmare ed eseguire le prove ed i criteri interpretativi delle stesse.*

**OSSERVAZIONI**

*Prevedere una sola prova non ha alcun senso (anche alla luce di come la norma definisce la resistenza caratteristica) : meglio sarebbe non fare nessuna prova, come ad esempio era previsto dalla normativa antecedente il D.M. 11.03.1988 nei casi con meno di 20 tiranti.*

*Il passaggio da 3 a 7 prove non appare giustificato (natura non facit saltus) e non è conforme al miglior stato dell'arte.*

*Nelle slides seguenti un esempio di programmazione delle prove "di progetto"*



## PROVE PRELIMINARI "DI PROGETTO" SUI TIRANTI : UN CASE HISTORY - pag.1

### CARATTERISTICHE DEI TIRANTI DI PROGETTO

Tipo TIRANTE	Armatura	∅ perforaz.	Lunghezza libera (m)	Lunghezza bulbo (m)	Lunghezza totale (m)
TIRSOL / APS	6 trefoli cap ∅ 6/10"	190 mm	9.00	9.00	18.00
"	"	190 mm	12.00	9.00	21.00
TFG	"	190 mm	12.00	12.00	24.00
"	"	190 mm	14.00	12.00	26.00

Si vuole ottenere, cautelativamente :  
 $R_{am(medio)} \geq 1.4 \times 1.2 E_d = 1.68 E_d$

$E_d = 750 \text{ kN} \Rightarrow 1.68 E_d = 1260 \text{ kN}$

$E_d = 900 \text{ kN} \Rightarrow 1.68 E_d = 1512 \text{ kN}$

### NUMERO E CARATTERISTICHE DEI TIRANTI DI PROVA

I tiranti di progetto sono 88, per cui ai sensi della normativa (D.M. 14.01.2008) sono stati eseguiti 3 tiranti di prova con le caratteristiche costruttive riportate nel prospetto sottostante :

TIRANTI DI PROVA	TIPO TIRANTE	Armatura	∅ perforaz.	Lunghezza libera (m)	Lunghezza bulbo (m)	Lunghezza totale (m)
1° Tirante	TIRSOL / APS	6 trefoli cap ∅ 6/10"	190 mm	9.00	6.00	15.00
2° Tirante	TIRSOL / APS	6 trefoli cap ∅ 6/10"	190 mm	9.00	6.00	15.00
3° Tirante	TFG	6 trefoli cap ∅ 6/10"	190 mm	14.00	6.00	20.00

Carico max di prova effettivo : 1080 kN

Carichi max di prova teorici

$1080 \times 9.00 / 6.00 = 1620 \text{ kN} > 1260 \text{ kN}$

$1080 \times 12.00 / 6.00 = 2160 \text{ kN} > 1512 \text{ kN}$

### PROGRAMMA DI CARICO

- $N_{ys} = 6 \times 200 \text{ kN} = 1200 \text{ kN}$  resistenza dell'armatura al limite elastico (assunzione cautelativa)
- $N_o = 0.1 N_{ys} = 120 \text{ kN}$  carico iniziale di prova o "carico di allineamento"
- $0.9 N_{ys} = 1080 \text{ kN}$  carico massimo di prova

120 – 240 – 360 – 480 – 600 – 720 – 840 – 960 – 1080 – 720 – 360 – 120 kN

### RISULTATI DI PROVA E DETERMINAZIONE DEL CARICO LIMITE DI PROVA

Nel corso delle prove è stato raggiunto il carico massimo di 1080 kN senza mai raggiungere lo sfilamento del bulbo, ed in totale assenza di segni premonitori di tale evento : pertanto si assume come carico limite ultimo  $N_{fu} \geq 1080 \text{ kN}$ , associato ad un bulbo di 6.00 m.

Con estrapolazione lineare si ricava :

- per bulbo  $l = 9.00 \text{ m}$   $N_{fu} \geq 1.5 \times 1080 \text{ kN} = 1620 \text{ kN}$
- per bulbo  $l = 12.00 \text{ m}$   $N_{fu} \geq 2.0 \times 1080 \text{ kN} = 2160 \text{ kN}$

La lunghezza libera teorica, calcolata al carico massimo, risulta:

$$l_L = (\delta_j - \delta_k) A_s E_s / (N_{max} - N_o) = 9717 \text{ mm} \approx 9.72 \text{ m}$$

essendo  $\delta_j$  e  $\delta_k$  rispettivamente l'allungamento finale ad  $N_{max}$  e quello residuo allo scarico.

Ciò vuol dire che, nell'ipotesi di andamento uniforme (costante) delle tensioni tangenziali lungo il bulbo, solo  $2 \times (9.72 - 9.00) \text{ m} \approx 1.45 \text{ m}$  di questo sono stati interessati dalla trasmissione del carico. Pur non essendo ragionevole estrapolare tale dato per ricavare il carico limite dei tiranti di progetto, giacchè si otterrebbero valori inattendibili, ciò denota tuttavia le buone riserve di sicurezza allo sfilamento attestate dalla sperimentazione.

PROVE PRELIMINARI "DI PROGETTO" SUI TIRANTI : UN CASE HISTORY - pag. 2

**DETERMINAZIONE DELLA RESISTENZA DI PROGETTO**

In base al valore di  $N_{fu}$  così determinato si ottiene la resistenza caratteristica  $R_{ak}$ :

$$R_{ak} = \text{Min} \left\{ \frac{(R_{a,m})_{medio}}{\xi_{a1}} ; \frac{(R_{a,m})_{min}}{\xi_{a2}} \right\}$$

essendo, per n° 3 tiranti di prova:  $R_{a,m}$  : resistenze misurate

$$\xi_{a,1} = 1.3$$

$$\xi_{a,2} = 1.2$$

Dalla resistenza caratteristica  $R_{ak}$  si ricava la resistenza di progetto  $R_{ad}$  applicando il coefficiente di sicurezza parziale proprio degli ancoraggi permanenti ( $\gamma_{Ra,p}$ ):

$$R_{ad} = R_{ak} / \gamma_{Ra,p} = R_{ak} / 1.2$$

In base ai risultati delle prove si ottiene:

□ per tiranti di progetto con bulbo  $l = 9.00$  m (intervento tipo 1 – 2 – 3)

- $R_{a,m1} = 1620$  kN
  - $R_{a,m2} = 1620$  kN
  - $R_{a,m3} = 1620$  kN
- $\Rightarrow (R_{a,m})_{medio} = 1620$  kN  
 $\Rightarrow (R_{a,m})_{min} = 1620$  kN

e quindi

$$R_{ak} = \text{Min} \left\{ \frac{(R_{a,m})_{medio}}{\xi_{a1}} ; \frac{(R_{a,m})_{min}}{\xi_{a2}} \right\} = \text{Min} \left\{ \frac{1620}{1.3} ; \frac{1620}{1.2} \right\} = 1246 \text{ kN}$$

e quindi:

$$R_{ad} = R_{ak} / \gamma_{Ra,p} = R_{ak} / 1.2 = 1038 \text{ kN} > Ed = 750 \text{ kN}$$

$$(R_{a,m})_{medio} = (R_{a,m})_{min} = 1080 \times 9.00 / 6.00 = 1620 \text{ kN}$$

$$R_{ak} = 1620 / 1.3 = 1246 \text{ kN}$$

$$R_{ad} = R_{ak} / 1.2 = 1038 \text{ kN} > Ed = 750 \text{ kN}$$

□ per tiranti di progetto con bulbo  $l = 12.00$  m (intervento tipo 4)

- $R_{a,m1} = 2160$  kN
  - $R_{a,m2} = 2160$  kN
  - $R_{a,m3} = 2160$  kN
- $\Rightarrow (R_{a,m})_{medio} = 2160$  kN  
 $\Rightarrow (R_{a,m})_{min} = 2160$  kN

e quindi :

$$R_{ak} = \text{Min} \left\{ \frac{(R_{a,m})_{medio}}{\xi_{a1}} ; \frac{(R_{a,m})_{min}}{\xi_{a2}} \right\} = \text{Min} \left\{ \frac{2160}{1.3} ; \frac{2160}{1.2} \right\} = 1662 \text{ kN}$$

e quindi :

$$R_{ad} = R_{ak} / \gamma_{Ra,p} = R_{ak} / 1.2 = 1385 \text{ kN} > Ed = 900 \text{ kN}$$

$$(R_{a,m})_{medio} = (R_{a,m})_{min} = 1080 \times 12.00 / 6.00 = 2160 \text{ kN}$$

$$R_{ak} = 2160 / 1.3 = 1662 \text{ kN}$$

$$R_{ad} = R_{ak} / 1.2 = 1385 \text{ kN} > Ed = 900 \text{ kN}$$

## CONCLUSIONI

### Tiranti di prova :

- ❑ armatura : 6 trefoli  $\varnothing 6/10''$       $Rad(\text{armatura}) = 6 \times 203 \text{ kN} = 1218 \text{ kN}$
- ❑ bulbo  $L = 6.00 \text{ m}$
- ❑ carico massimo di prova =  $0.9 N_{ys} = 1080 \text{ kN}$
- ❑  $(R_{a,m})_{medio} = (R_{a,m})_{min} = 1080 \text{ kN}$

Dipende dal limite elastico dell'armatura (che non è normato, ma va ricavato dalla documentazione fornita dal costruttore)

### Tiranti di progetto con bulbo $L = 9.00 \text{ m}$

- ❑  $(R_{a,m})_{medio} = (R_{a,m})_{min} = 1080 \times 9,00 / 6,00 = 1620 \text{ kN}$
- ❑  $R_{ak} = 1620 / 1,3 = 1246 \text{ kN}$
- ❑  $Rad = R_{ak} / 1,2 = 1038 \text{ kN} > Ed = 700 \text{ kN}$

### Tiranti di progetto con bulbo $L = 12.00 \text{ m}$

- ❑  $(R_{a,m})_{medio} = (R_{a,m})_{min} = 1080 \times 12,00 / 6,00 = 2160 \text{ kN}$
- ❑  $R_{ak} = 2160 / 1,3 = 1662 \text{ kN}$
- ❑  $Rad = R_{ak} / 1,2 = 1385 \text{ kN} > Ed = 900 \text{ kN}$

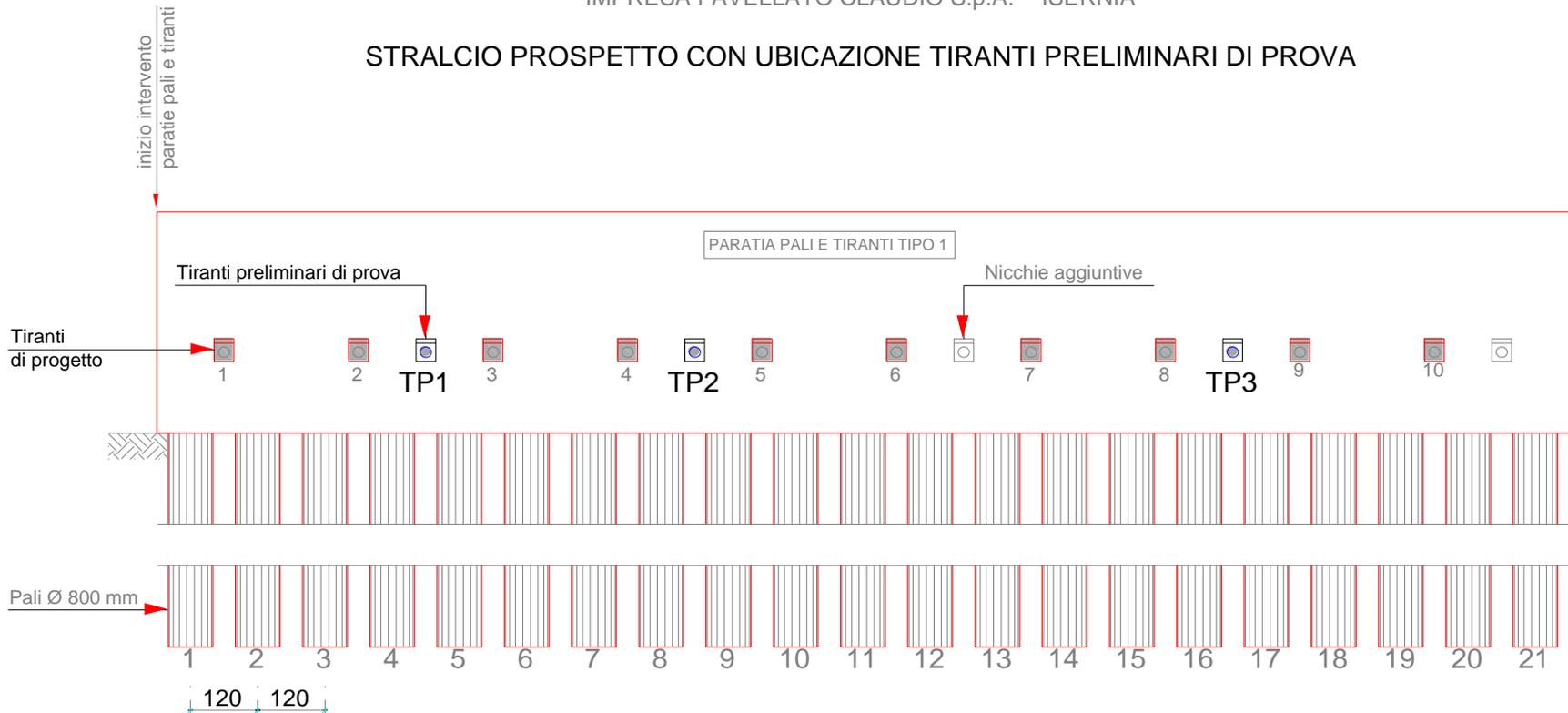
## PROVE PRELIMINARI "DI PROGETTO" SUI TIRANTI : UN CASE HISTORY - pag. 4

COMUNE DI FAETO (FG)

Lavori di contenimento dissesti idrogeologici centro abitato zona "Via Provinciale - Villa Comunale"

IMPRESA FAVELLATO CLAUDIO S.p.A. - ISERNIA

### STRALCIO PROSPETTO CON UBICAZIONE TIRANTI PRELIMINARI DI PROVA



PROVE PRELIMINARI "DI PROGETTO" SUI TIRANTI : UN CASE HISTORY - pag.5



## PROVE PRELIMINARI "DI PROGETTO" SUI TIRANTI : UN CASE HISTORY - pag.6

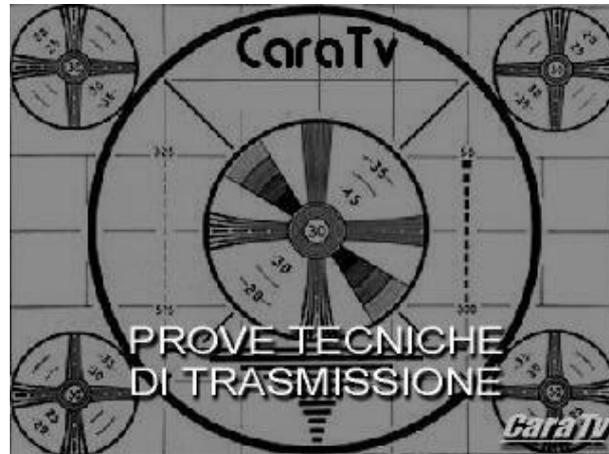
COMUNE DI FAETO  
 PROVINCIA DI FOGGIA  
 CONTENIMENTO DISSESTI IDROGEOLOGICI DEL CENTRO ABITATO ZONA "VIA PROVINCIALE - VILLA  
 COMUNALE"  
 IMPRESA FAVELLATO CLAUDIO S.p.A. - Isernia

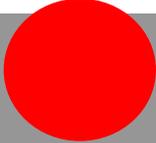
Relazione sui risultati delle prove di carico sui tiranti preliminari  
 Febbraio 2011



INDICE

1	GENERALITA'	Pag.	3
2	NUMERO E CARATTERISTICHE DEI TIRANTI DI PROVA	"	4
3	UBICAZIONE ED ESECUZIONE DEI TIRANTI DI PROVA	"	6
4	DISPOSITIVO DI PROVA	"	6
5	RISULTATI DELLA PROVA SUL 1° TIRANTE (TP1)	"	7
	5.1 Programma di carico	"	7
	5.2 Risultati di prova e determinazione del carico ultimo	"	7
6	RISULTATI DELLA PROVA SUL 2° TIRANTE (TP2)	"	8
	6.1 Programma di carico	"	8
	6.2 Risultati di prova e determinazione del carico ultimo	"	9
7	RISULTATI DELLA PROVA SUL 3° TIRANTE (TP3)	"	10
	7.1 Programma di carico	"	10
	7.2 Risultati di prova e determinazione del carico ultimo	"	10
8	DETERMINAZIONE DELLA RESISTENZA DI PROGETTO	"	10
9	VALIDITA' DELLE PROVE PER TIRANTI CON DIFFERENTI CARATTERISTICHE	"	11
10	CONCLUSIONI	"	12



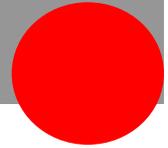


NEL PROSIEGUO IL BOLLINO ROSSO  
SULLA SLIDE  
INDICA CHE L'ARGOMENTO CUI QUESTA SI  
RIFERISCE È GIÀ STATO TRATTATO  
IN PRECEDENTI SESSIONI,  
E VIENE QUI RIPRESO SOLO PER ORGANICITÀ  
DI TRATTAZIONE

# MODALITA' ESECUTIVE E CANTIERIZZAZIONE DEI TIRANTI



## FASI ESECUTIVE DI UN TIRANTE I.R.P.



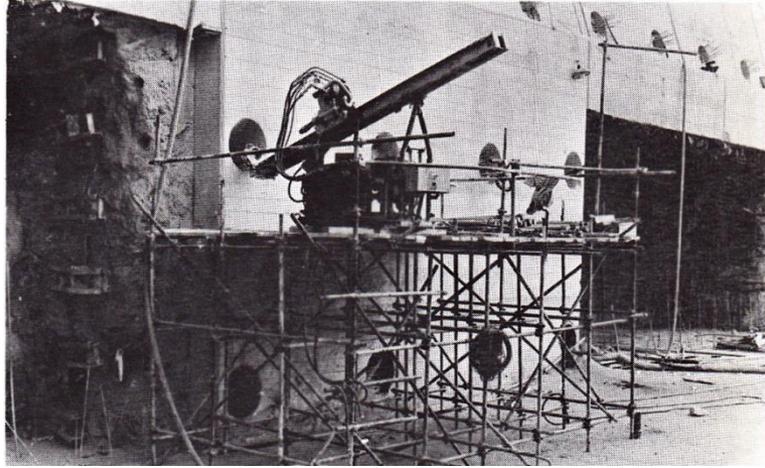
1. *Perforazione*
2. *Posa in opera tirante*
3. *Formazione della guaina*
4. *Iniezione del sacco otturatore (se previsto)*
5. *Iniezione in pressione del bulbo, eventualmente in più fasi*
6. *Test di collaudo*
7. *Tesatura finale al carico di progetto*
8. *Cementazione della parte libera*
9. *Sigillatura della testata*

## PERFORAZIONE

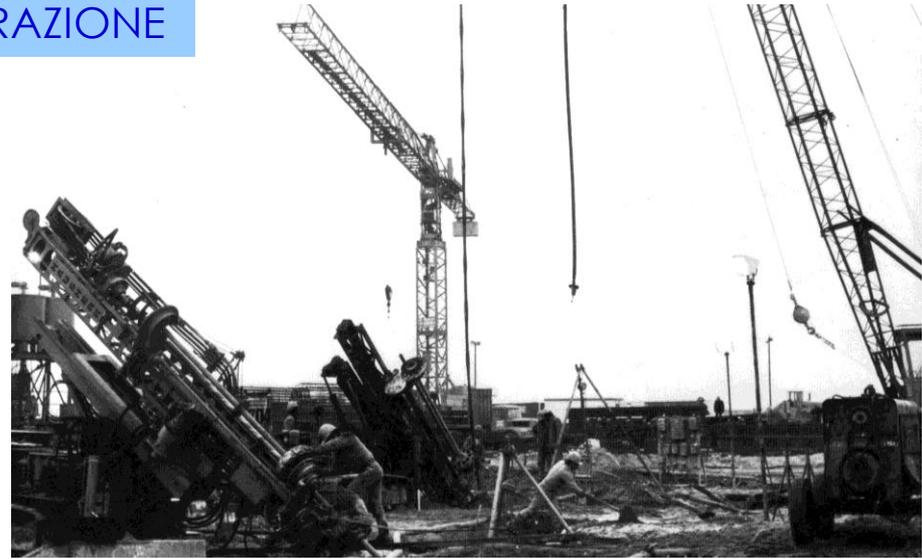
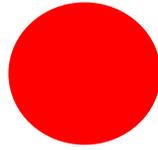


- ❑ *Perforazione a distruzione di nucleo, a rotazione o rotopercolazione*
- ❑ *La scelta del "sistema di perforazione" (attrezzatura, metodo, utensile, fluido di raffreddamento e di spurgo, etc.) dipende dalla natura dei terreni. In casi particolari può essere condizionata dalle condizioni al contorno.*
- ❑ *Definire il diametro di perforazione in modo che sia di almeno 2 cm superiore all'ingombro del tirante*
- ❑ *Nel caso in cui ci sia il rischio di franamenti del foro durante la posa in opera del tirante, occorre prevedere l'uso del rivestimento continuo, da estrarre solo dopo la formazione della guaina.*

## ATTREZZATURE DI PERFORAZIONE



Tipica sonda anni '60/'70, montata su slitta. Era dotata di coppia limitata, e per esercitare tutta la spinta/tiro disponibile doveva essere ancorata. Di peso limitato, poteva operare agevolmente sui ponteggi.



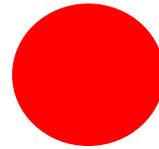
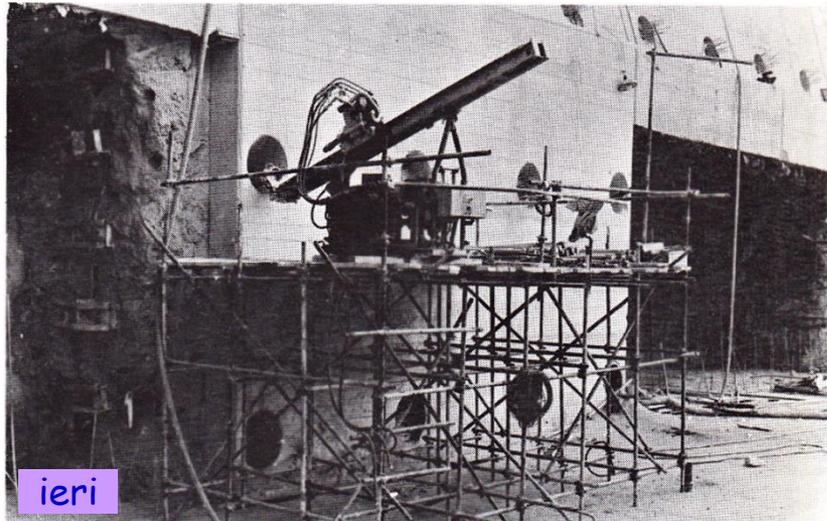
Tipica sonda anni '70/'80, montata su carro semovente cingolato. Era dotata di coppia e spinta/tiro elevati; il peso e le caratteristiche del carro le conferivano la necessaria stabilità.



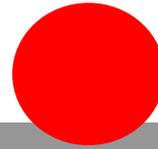
Tipiche sonde di oggi : si noti come le caratteristiche generali differiscano molto poco da quelle degli anni '70/80



## L'EVOLUZIONE DELLE ATTREZZATURE DI PERFORAZIONE IN ESTREMA SINTESI



## CANTIERIZZAZIONE TIRANTI : MISCELLANEA



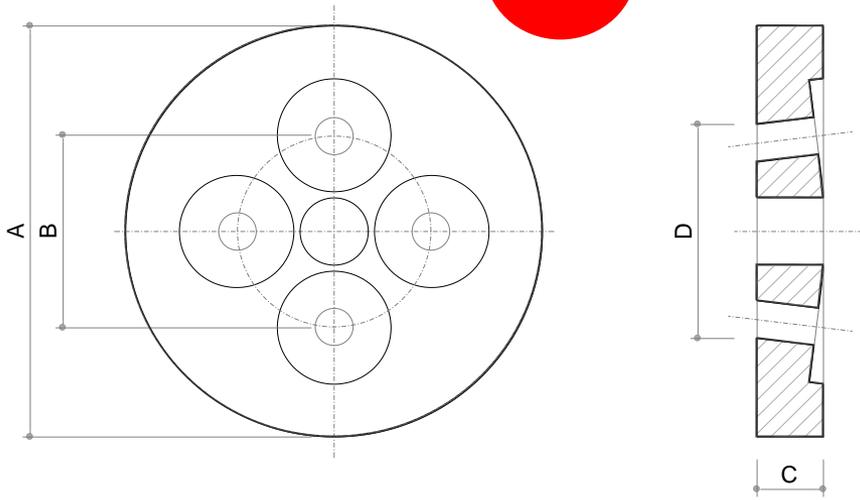
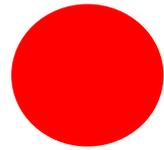
CANTIERIZZAZIONE

Una corretta cantierizzazione dei tiranti si articola come segue:

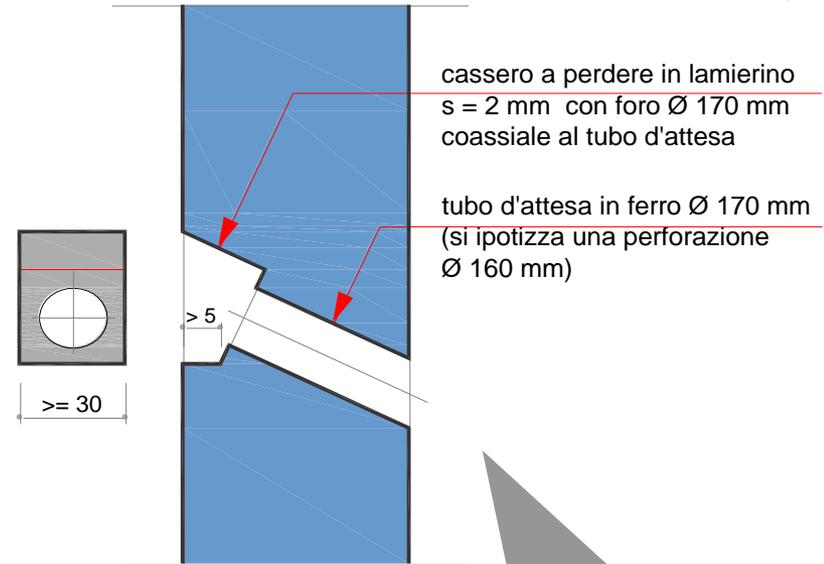
- a) disegni di dettaglio della trave di ripartizione e delle nicchie di alloggiamento
- b) dimensionamento dell'impianto d'iniezione con capacità adeguata al tempo previsto per l'esecuzione dei tiranti
- c) redazione delle specifiche tecniche (se già non fanno parte del progetto)
- d) esecuzione delle "prove di carico preliminari" su tiranti appositamente eseguiti
- e) numerazione dei tiranti
- f) compilazione delle schede d'iniezione, al passo con il procedere dei lavori
- g) controllo dell'avanzamento dei lavori
- h) test di collaudo sul 100% dei tiranti
- i) eventuali prove di carico speciali
- j) rapporto finale con la raccolta delle schede d'iniezione
- k) rapporto finale sui risultati dei test di collaudo
- l) rapporto sui risultati delle eventuali prove di carico speciali

**CANTERIZZAZIONE**

**PARTICOLARI TESTATE E NICCHIE D'ATTESA DEI TIRANTI A TREFOLI**



**PARTICOLARE NICCHIA D'ATTESA TIRANTE**



Il tubo d'attesa per il tirante deve avere diametro adeguato a consentire:

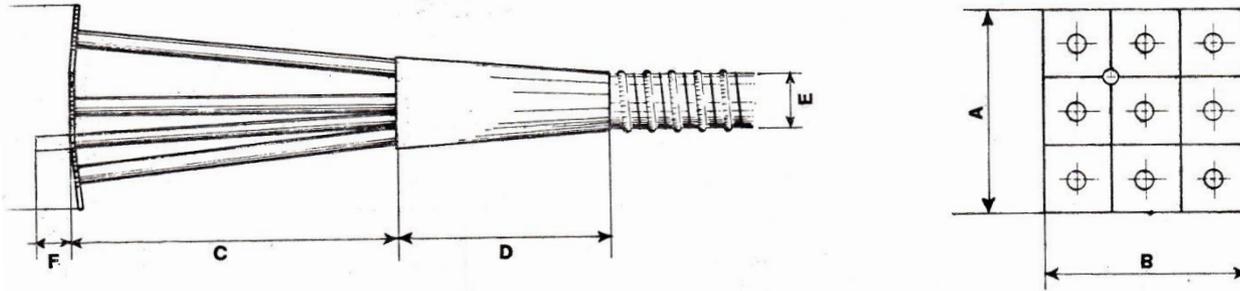
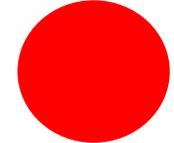
- ❑ il passaggio della batteria di perforazione;
- ❑ il corretto allargamento dei trefoli per il loro alloggiamento nella piastra di testata

**PIASTRE DI TESTATA DEI TIRANTI A TREFOLI "TENSACCIAI"**

DENOMINAZIONE	TIPO PIASTRA	A (mm)	B (mm)	C (mm)	D (mm)
2 TR06	R	140X180	90	25	106
3 TR06	C	200	90	30	106
4 TR06	C	220	90	35	106
5 TR06	C	240	98	35	106
6 TR06	C	270	115	40	120
6 TR06	C	290	138	45	140
8 TR06	C	310	158	45	160
9 TR06	C	330	185	50	180
10 TR06	C	360	210	50	206

# PARTICOLARI TESTATE E NICCHIE D'ATTESA DEI TIRANTI A TREFOLI

CANTERIZZAZIONE



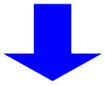
DENOMINAZIONE CAVO	CARATTERISTICHE GEOMETRICHE (quote in mm)						CARATTERISTICHE STATICHE			
	A	B	C	D	E ∅ int. est.	F	sezione nominale cm²	peso teorico Kg/ml	portata max in esercizio tonn.	portata iniziale tonn.
1 BT 06	80	100	400	200	36/39	50	1,40	1,11	15	19
2 BT 06	80	160	400	250	36/39	50	2,80	2,22	30	38
3 BT 06	80	240	400	250	36/39	50	4,20	3,33	45	57
4 BT 06 L	80	320	400	250	42/46	50	5,60	4,44	60	76
4 BT 06	160	160	400	250	42/46	50	5,60	4,44	60	76
5 BT 06	160	240	400	250	51/55	50	7,00	5,55	75	95
6 BT 06	160	240	400	250	51/55	50	8,40	6,66	90	114
7 BT 06	160	320	400	250	60/65	50	9,80	7,77	105	133
8 BT 06	160	320	400	250	60/65	50	11,20	8,88	120	152
9 BT 06	240	240	400	250	60/65	50	12,60	9,99	136	171
10 BT 06	160	400	500	350	72/77	50	14,00	11,10	151	190
11 BT 06	240	320	500	350	72/77	50	15,40	12,21	166	209
2 BT 06	240	320	500	350	72/77	50	16,80	13,32	181	228
3 BT 06	240	400	500	350	84/89	50	18,20	14,43	196	247
4 BT 06	240	400	500	350	84/89	50	19,60	15,54	211	266
5 BT 06	240	400	500	350	84/89	50	21,00	16,65	226	285
6 BT 06	320	320	600	400	84/89	50	22,40	17,76	242	304
20 BT 06	400	320	600	400	90/95	50	28,00	22,20	302	380
25 BT 06	400	400	600	400	100/105	50	35,00	27,75	378	476
30 BT 06	400	480	700	500	120/125	50	42,00	33,3	453	570
36 BT 06	480	480	700	500	130/135	50	50,4	39,96	543	684

Vecchia normativa

portate iniziali e finali indicate in tabella sono quelle ammissibili...

## MODALITA' D'INIEZIONE : LA CENTRALE ED I CONTROLLI SULLE MISCELE

Centrale  
d'iniezione



miscelazione  
+  
stoccaggio  
+  
iniezione

*Dosaggio a peso dei componenti solidi, a volume di quelli liquidi*

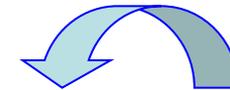
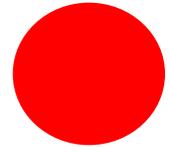
*Miscelatore primario ad alta turbolenza*

*Agitatore a bassa turbolenza*

*Iniettori oleodinamici a pistoni*

*La centrale d'iniezione controlla e registra i seguenti dati:*

- numero tirante iniettato
- volume iniettato per la formazione della guaina
- numero e quota della valvola iniettata
- pressione di "rottura" della valvola
- volume della miscela iniettata
- pressione residua



Controlli sulle  
miscele

*Viscosimetro Marsh*

- 3 controlli/turno

*Peso specifico*

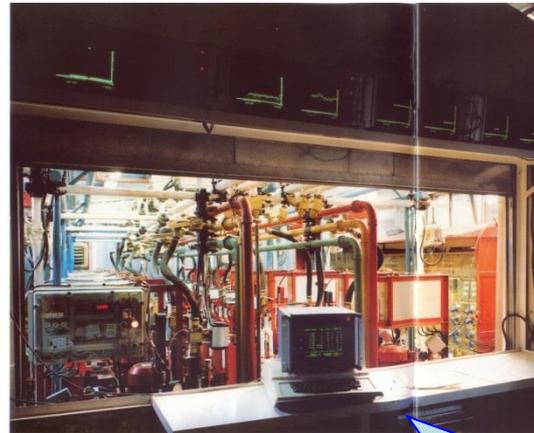
- 3 controlli/turno

*Prova di essudazione*

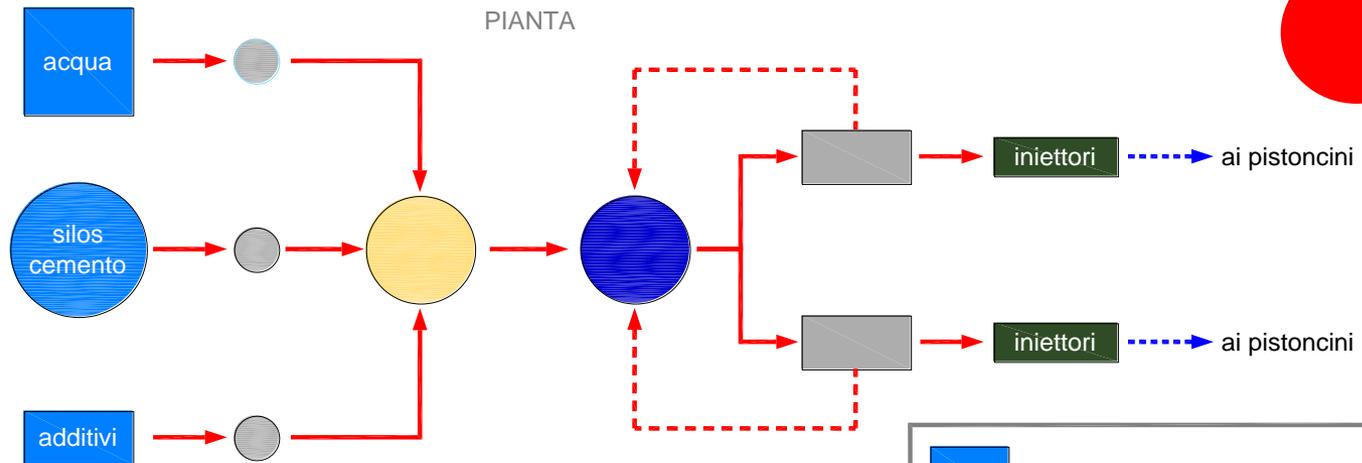
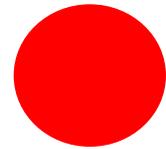
- 2 controlli/turno

*Prove di resistenza a rottura*

- 1 provino/giorno

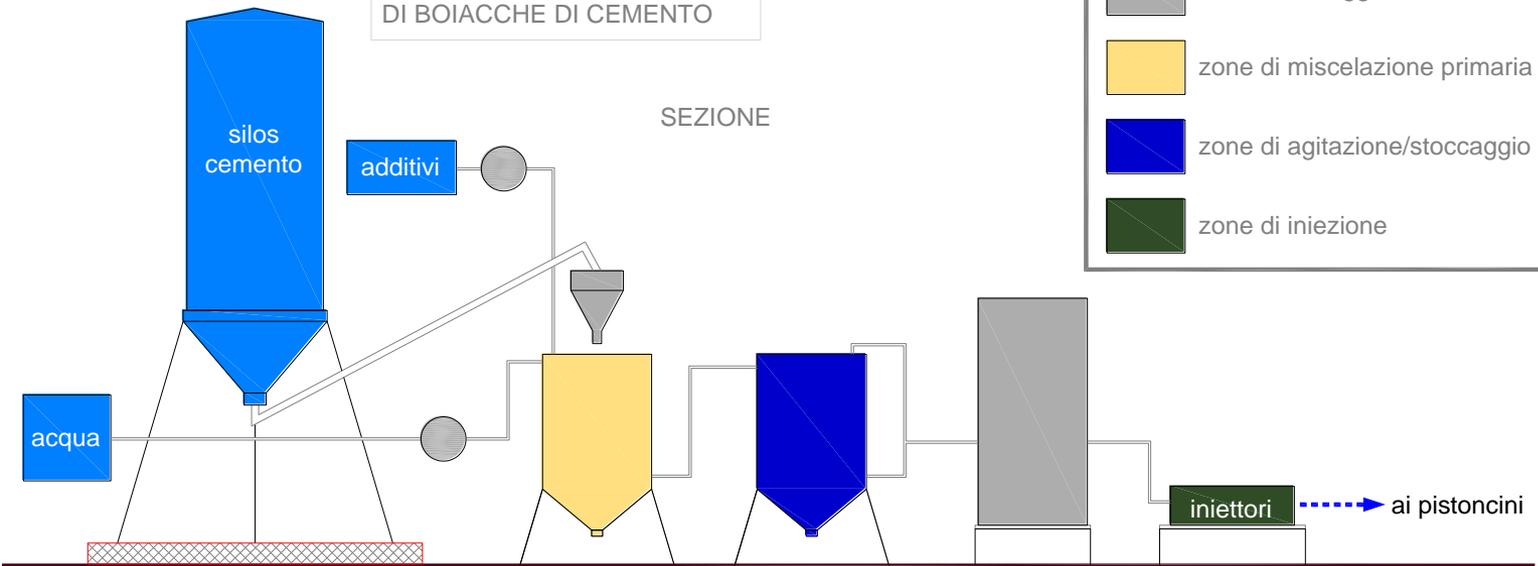


**... evoluzione  
della specie ...**



SCHEMA CENTRALE DI MISCELAZIONE ED INIEZIONE DI BOIACCHE DI CEMENTO

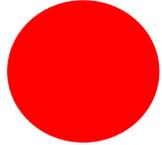
	zone di stoccaggio
	zone di dosaggio
	zone di miscelazione primaria
	zone di agitazione/stoccaggio
	zone di iniezione



## MODALITA' D'INIEZIONE : FORMAZIONE DELLA GUAINA E DEL BULBO DEL TIRANTE

Iniezione di guaina

*in risalita dalla valvola di fondo, sino all'affioramento da bocca foro*



*Nessun limite alle quantità né alla velocità d'iniezione*

MISCELA PER MICROPALI E TIRANTI ( rapporto a/c =0.5 in peso)			
COMPOSIZIONE MISCELA			
	in peso (kg)	in volume (litri)	kg per m <sup>3</sup> di miscela
acqua	50	50,00	596
cemento	100	33,33	1192
espansivo	1,5	0,56	18
TOTALE	151,5	83,89	

*Per rottura guaina : p<sub>max</sub> = 70 atm*

*iniezione di 1<sup>a</sup> fase: sino al raggiungimento di (in alternativa)*

- assorbimento totale di 40 lt/valvola
- pressione residua di 20 atm.

*iniezione di 2<sup>a</sup> fase: sino al raggiungimento di (in alternativa)*

- assorbimento totale di 120 lt/valvola
- pressione residua di 20 atm.

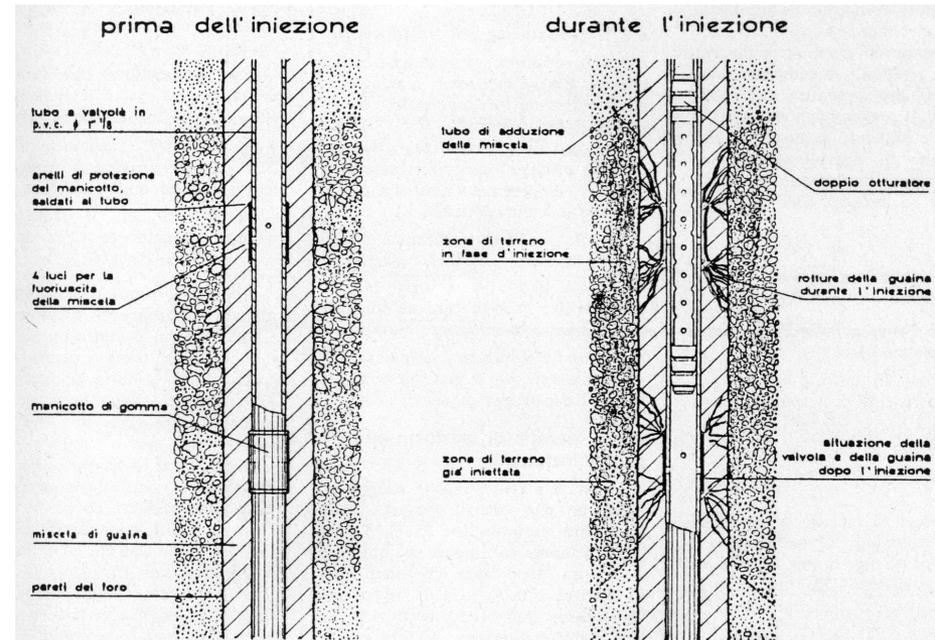
**Valori puramente indicativi**

Iniezione in pressione del bulbo

*Controllo combinato dei volumi e delle pressioni d'iniezione.*

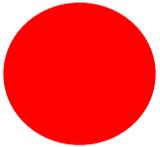
*Anche la velocità d'iniezione incide sul buon esito del lavoro, ma di norma la sua regolazione viene affidata all'Impresa.*

*Con i tradizionali iniettori orizzontali a due pistoni dovrebbe essere ~ ≤ 0.6 mc/h (per singolo iniettore)*



**CANTIERIZZAZIONE**

**FAC-SIMILE DI MODULO D'INIEZIONE DI UN TIRANTE  
AVENTE BULBO L = 6.00 m CON VALVOLE D'INIEZIONE PASSO 50 cm**



<b>IMPRESA :</b>	<b>MODULO D'INIEZIONE TIRANTI A TREFOLI</b>
<b>CANTIERE :</b>	<b>TIRANTE n°</b>

**CARATTERISTICHE TIRANTE**

armatura : n° \_\_\_ trefoli c.a.p. Ø 6/10" a 7 fili tipologia : TIRANTE A PROTEZIONE TOTALE  
 lunghezza (m) : totale \_\_\_\_\_ parte libera \_\_\_\_\_ bulbo: \_\_\_\_\_  
 perforazione Ø \_\_\_\_\_ : data \_\_\_\_\_

	DATA	COMPOSIZIONE MISCELA			VOLUMI INIETTATI (litri)
		Cemento (kg)	Acqua	Additivi (kg/lt)	
Iniezione di guaina		100	50	≈ 1	
Iniezione bulbo 1ª fase		"	"	"	
Iniezione bulbo 2ª fase (eventuale)		"	"	"	
volume totale d'iniezione					

POSIZIONE VALVOLA	INIEZIONE BULBO 1ª FASE		INIEZIONE BULBO 2ª FASE		NOTE
	Volume litri	Pressione bar	Volume litri	Pressione bar	
12					
11					
10					
9					
8					
7					
6					
5					
4					
3					
2					
1					

**FIRMA E TIMBRO DELL' IMPRESA**

**VISTO DELLA DIREZIONE LAVORI**

CANTIERIZZAZIONE TIRANTI : MISCELLANEA

## ESEMPIO DI SCHEDA RIEPILOGATIVA INIEZIONE TIRANTI

CANTIERIZZAZIONE

**SINTESI ESECUZIONE TIRANTI - INTERVENTO TIPO 4 : LUNETTA DI PALI E TIRANTI** (incluse paratie laterali)PARATIE LATERALI

## CARATTERISTICHE TIRANTE

Armatura : 6 trefoli c.a.p.  $\varnothing$  6/10"

lunghezza totale : 24.00 m parte libera 12.00 m

bulbo: 12.00 m

TIRANTE N°	PERFORAZIONE	INIEZIONE GUAINA		INIEZIONE BULBO (tutte le fasi)		TEST COLLAUDO	TESATURA DEFINITIVA	
	Data	Data -	Volume (litri)	Data finale	Volume (litri)	Data	Data	Carico (KN)
<b>59</b>	19.07.2011	19.07.2011	1920	21.07.2011	1420	30.11.2011	30.11.2011	510
<b>60</b>	19.07.2011	19.07.2011	2100	21.07.2011	1610	30.11.2011	30.11.2011	510
<b>61</b>	20.07.2011	20.07.2011	2500	22.07.2011	1790	30.11.2011	30.11.2011	510
<b>62</b>	20.07.2011	20.07.2011	2020	22.07.2011	1730	30.11.2011	30.11.2011	510
<b>63</b>	20.07.2011	20.07.2011	2400	22.07.2011	1760	30.11.2011	30.11.2011	510
<b>64</b>	26.07.2011	26.07.2011	1960	28.07.2011	1800	30.11.2011	30.11.2011	510
<b>65</b>	26.07.2011	26.07.2011	2200	28.07.2011	1940	30.11.2011	30.11.2011	510
<b>66</b>	01.08.2011	01.08.2011	3020	04.08.2011	1920	30.11.2011	30.11.2011	510

LUNETTA : TIRANTI SUPERIORI

## CARATTERISTICHE TIRANTE

Armatura : 6 trefoli c.a.p.  $\varnothing$  6/10" + punta TFE

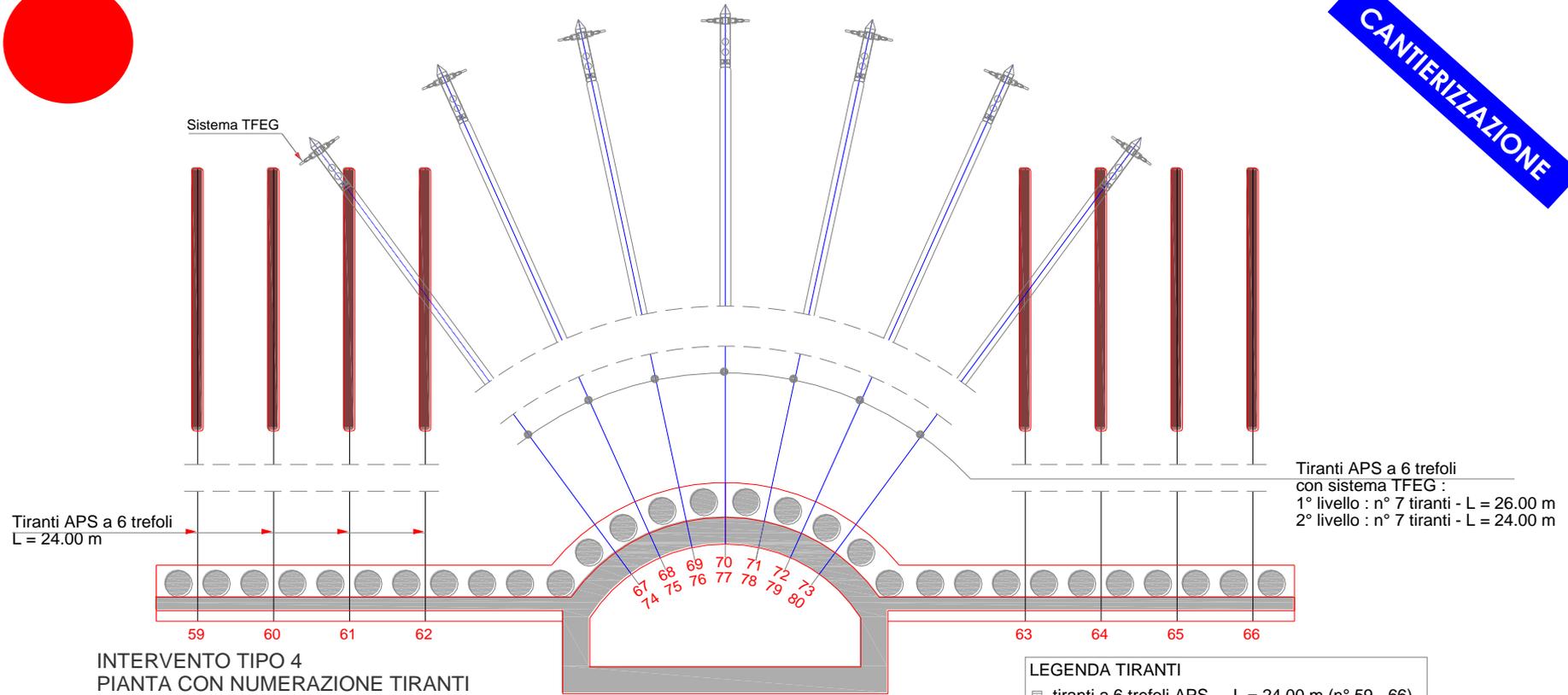
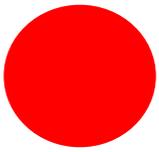
lunghezza totale : 26.00 m parte libera 14.00 m

bulbo: 12.00 m

TIRANTE N°	PERFORAZIONE	INIEZIONE GUAINA		INIEZIONE BULBO (tutte le fasi)		TEST COLLAUDO	TESATURA DEFINITIVA	
	Data	Data -	Volume (litri)	Data finale	Volume (litri)	Data	Data	Carico (KN)
<b>67</b>	20.09.2011	20.09.2011	3600	22.09.2011	2860	01.12.2011	01.12.2011	450
<b>68</b>	20.09.2011	20.09.2011	2900	22.09.2011	2850	01.12.2011	01.12.2011	450
<b>69</b>	21.09.2011	21.09.2011	3400	23.09.2011	2960	01.12.2011	01.12.2011	450
<b>70</b>	21.09.2011	21.09.2011	2850	23.09.2011	3050	01.12.2011	01.12.2011	450
<b>71</b>	22.09.2011	22.09.2011	3300	24.09.2011	2370	01.12.2011	01.12.2011	450
<b>72</b>	26.09.2011	26.09.2011	3400	28.09.2011	2310	01.12.2011	01.12.2011	450
<b>73</b>	26.09.2011	26.09.2011	3600	28.09.2011	2380	01.12.2011	01.12.2011	450

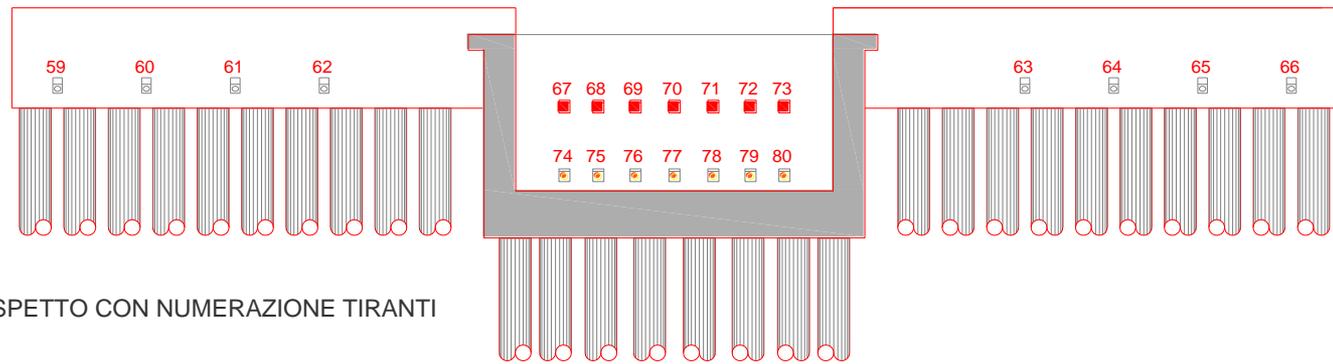
CANTIERIZZAZIONE TIRANTI : ESMPIO DI NUMERAZIONE

CANTIERIZZAZIONE

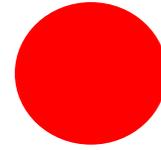


LEGENDA TIRANTI

	tiranti a 6 trefoli APS - L = 24.00 m (n° 59 - 66)
	tiranti a 6 trefoli TFEG - L = 26.00 m (n° 67 - 73)
	tiranti a 6 trefoli TFEG - L = 24.00 m (n° 74 - 80)



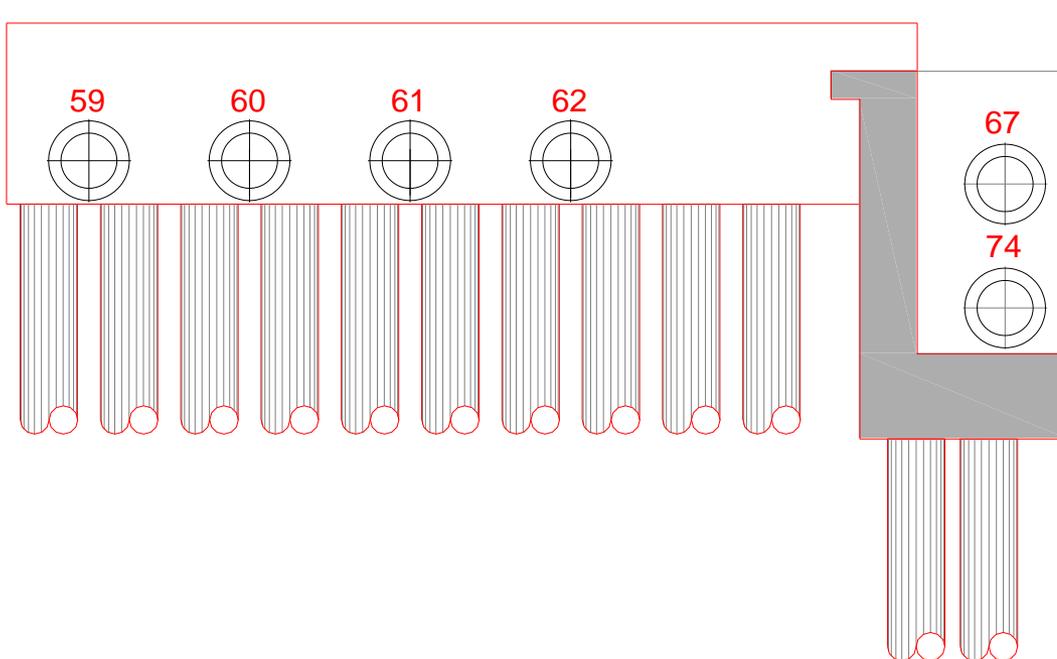
## CANTIERIZZAZIONE TIRANTI : CONTROLLO FASI ESECUTIVE



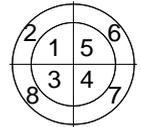
**CANTIERIZZAZIONE**

Se non vediamo appeso un prospetto simile a questo nella baracca-ufficio di cantiere, quel cantiere ha (o avrà) qualche problema.

PROSPETTO CONTROLLO FASI ESECUTIVE TIRANTI



### LEGENDA

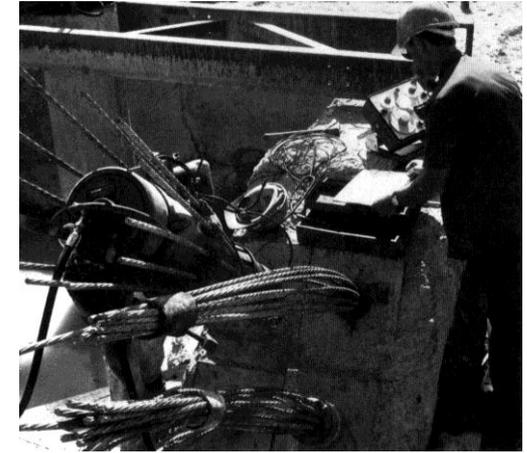


-  1. perforazione
-  2. posa in opera tirante
-  3. formazione guaina
-  4. iniezione bulbo - 1ª fase
-  5. iniezione bulbo - 2ª fase
-  6. test di collaudo
-  7. tesatura definitiva
-  8. sigillatura testata

## ATTREZZATURE DI TESATURA

### Martinetto singolo

- stesso allungamento per tutti i trefoli
- carico non uniforme sui trefoli (corda molle)

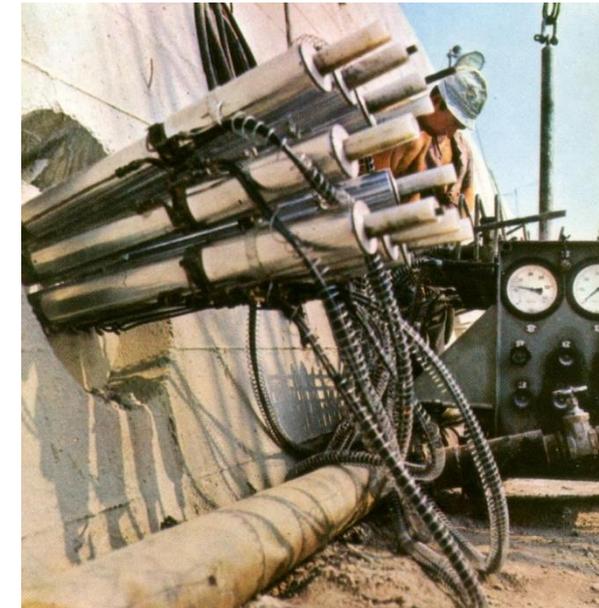


## TIRANTI A TREFOLI



### Martinetti multipli

- allungamento diverso per i trefoli
- carico uniforme sui trefoli



## ATTREZZATURE DI TESATURA

TIRANTI  
IN BARRE



*Martinetto singolo*



## ATTREZZATURE DI TESATURA

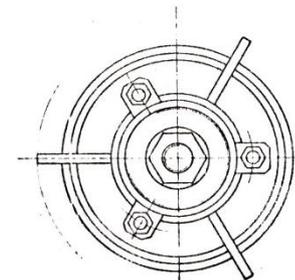
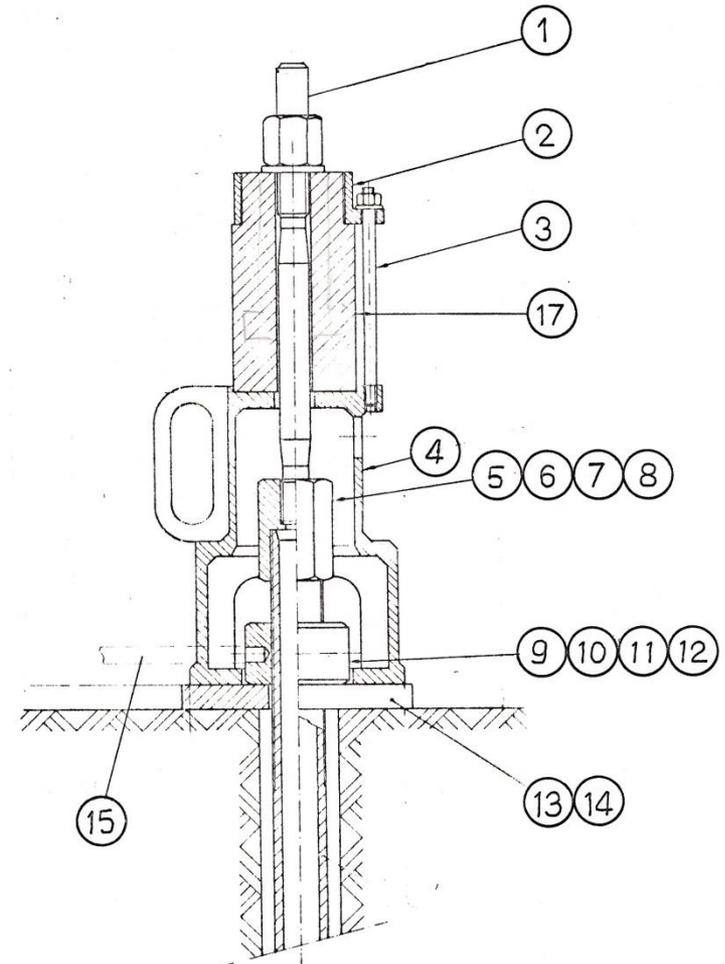
*TIRANTI - TUBFIX  
(ad armatura tubolare)*



*Martinetto singolo*

### LEGENDA COMPONENTI

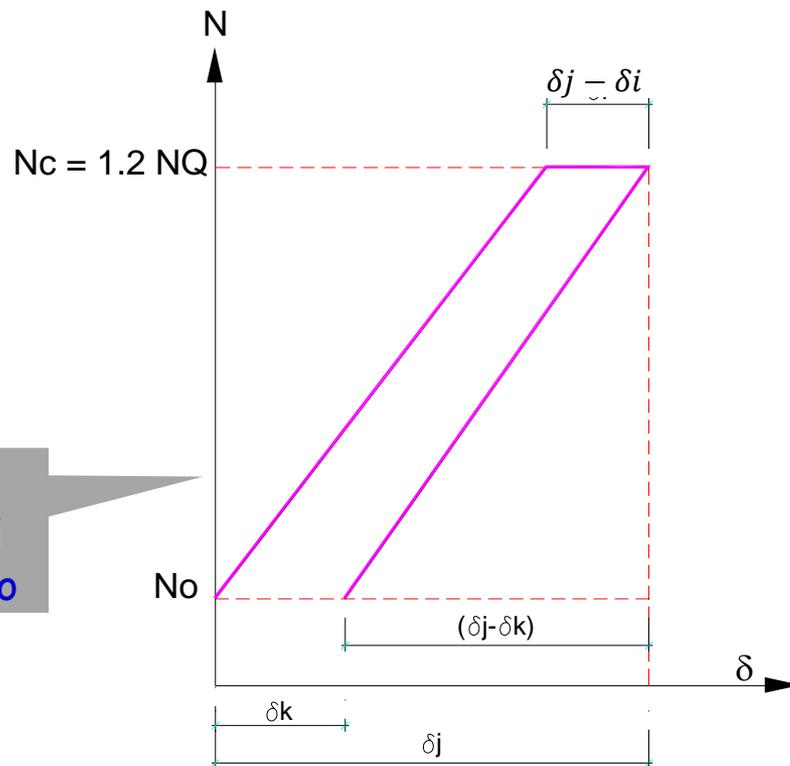
1. Tirante da 20 t / 50 t
2. Flangia filettata
3. Prigioniero
4. Campana
- 5-6-7-8 Dado di riduzione per vari tipi di Tubifix
- 9-10-11-12 Ghiera di bloccaggio per vari tipi di Tubifix
- 13-14 Piastra di appoggio per vari tipi di Tubifix
- 15 Chiave a nasello
- 16 Pompa Lukas (fuori figura)
- 17 Martinetto cavo LUKAS 20/50 t



APPARECCHIO DI MESSA IN FO  
TUBFIX DIS. IB 115

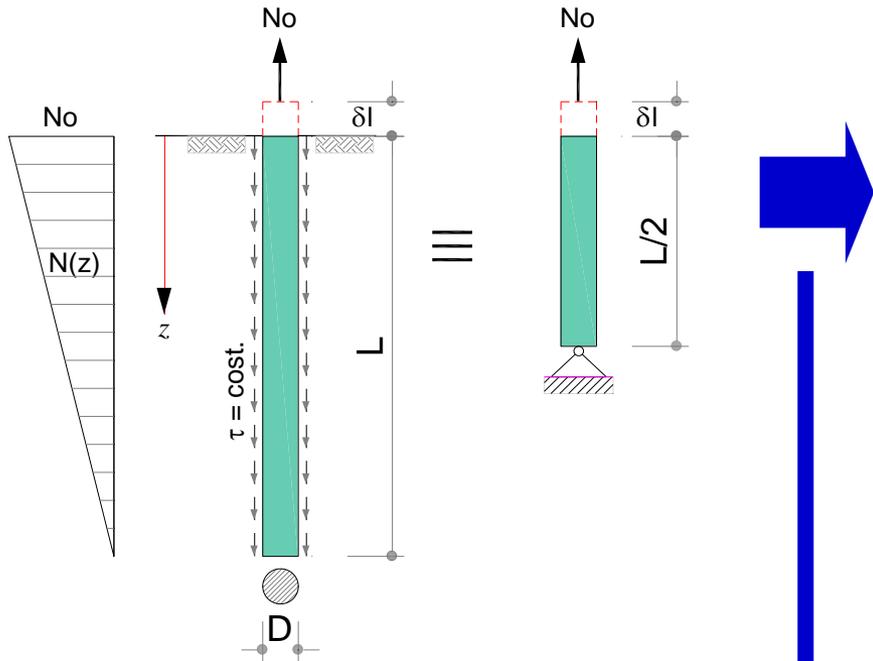
# TEST DI COLLAUDO SUI TIRANTI

## PRESUPPOSTI TEORICI E CRITERI DI ACCETTAZIONE



Tipico diagramma carichi-allungamenti di un test di collaudo

TEST DI COLLAUDO DI UN TIRANTE : PREMESSE TEORICHE



Si definisce « **lunghezza libera effettiva ( $L_e$ )** » di una barra, cementata per tutta o parte della sua lunghezza, quella di una barra incernierata ad una estremità che, sotto lo stesso carico di trazione, subisce lo stesso allungamento.

Nel caso illustrato a sinistra risulta :  
 $L_e = L/2$

$\delta l = \frac{N L}{EA}$  espressione generica dell'allungamento

$\tau = \frac{No}{\pi D L}$        $N(z) = No - \pi D \tau z$

$$\delta l = \int_0^L \frac{N(z) dz}{EA} = \frac{1}{EA} \int_0^L (No - \pi D \tau z) dz = \frac{1}{EA} \int_0^L No dz - \frac{1}{EA} \int_0^L \pi D \tau z dz =$$

$$= \frac{1}{EA} \left( No L - \pi D \tau \frac{L^2}{2} \right) = \frac{1}{EA} \left( No L - \pi D \frac{No}{\pi D L} \frac{L^2}{2} \right) = \frac{1}{EA} \left( No L - \frac{No L}{2} \right) = \frac{No L}{EA 2}$$

La barra interamente cementata subisce lo stesso allungamento di una completamente libera e lunga la metà.

## TEST DI COLLAUDO DI UN TIRANTE : PREMESSE TEORICHE

Se consideriamo un tirante presollecitato, la connessione tra bulbo e terreno, e più precisamente la lunghezza del tratto di bulbo interessato dalla trasmissione del carico dall'armatura al terreno, è compresa tra due situazioni limite (vedere figura a pag. seguente) :

a. Le tensioni tangenziali sono elevatissime, per cui il tratto di connessione ha lunghezza praticamente nulla (cerniera ideale all'inizio del bulbo). In tal caso la «lunghezza libera effettiva» ( $Le$ ) coincide con la lunghezza libera di costruzione ( $LI$ ) :

$$Le = LI$$

b. le tensioni tangenziali vengono mobilitate su tutta la lunghezza del bulbo. In tal caso, per quanto visto in precedenza, ai fini degli allungamenti è come se si avesse una cerniera ideale posta a metà del bulbo, per cui risulta :

$$Le = LI + \frac{1}{2} Lf$$

Vale quindi la relazione :

$$LI \leq Le \leq LI + \frac{1}{2} Lf$$

- se  $Le < LI$  vuol dire che l'armatura è stata parzialmente cementata anche nella parte libera, per un disguido durante le fasi di iniezione.
- se  $Le > LI + \frac{1}{2} Lf$  vuol dire che il bulbo si è mosso (parziale sfilamento)

Per tutte le situazioni intermedie, supponendo nota l'estensione ( $La$ ) del tratto di bulbo interessato dalla trasmissione del carico, risulta :

$$Le = LI + \frac{1}{2} La$$

Ovviamente quando eseguiamo il test di collaudo non conosciamo  $La$ , ma possiamo solo misurare l'allungamento dell'armatura  $\delta l$  ; da questo si ricava:

$$\delta l = \frac{N Le}{E A} \rightarrow Le = \frac{\delta l E A}{N}$$

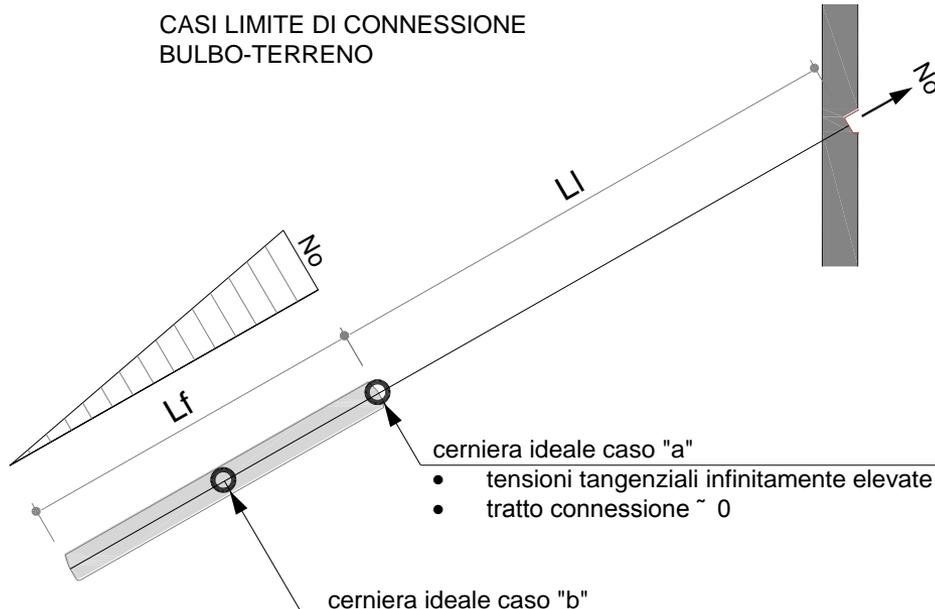
Ed essendo :

$$Le = LI + \frac{1}{2} La \quad \text{risulta}$$

$$La = 2 (Le - LI)$$

# TEST DI COLLAUDO DI UN TIRANTE : PREMESSE TEORICHE

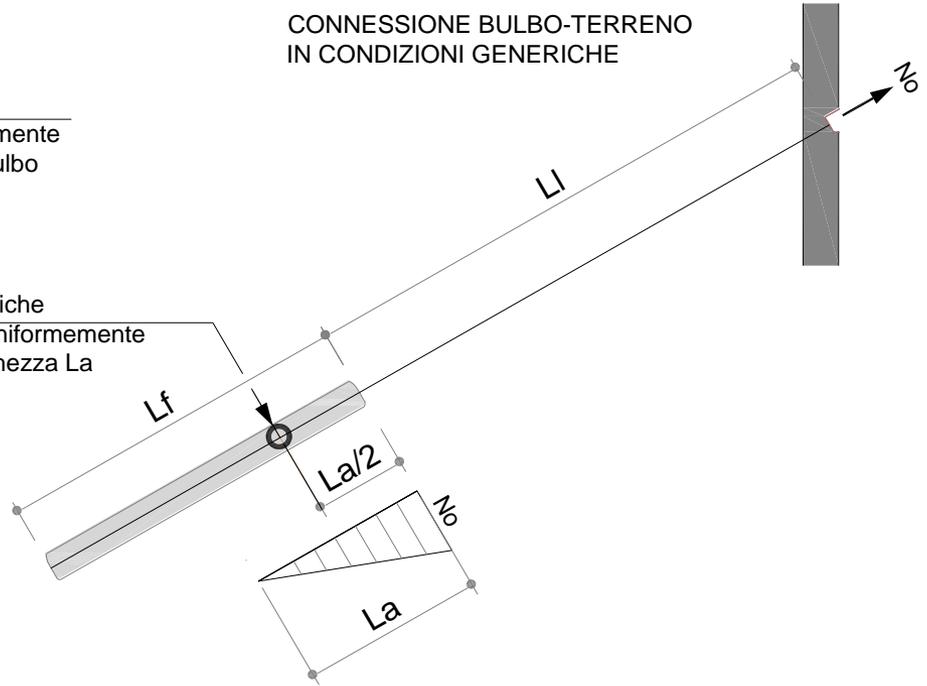
CASI LIMITE DI CONNESSIONE  
BULBO-TERRENO



- cerniera ideale caso "a"
- tensioni tangenziali infinitamente elevate
  - tratto connessione  $\sim 0$

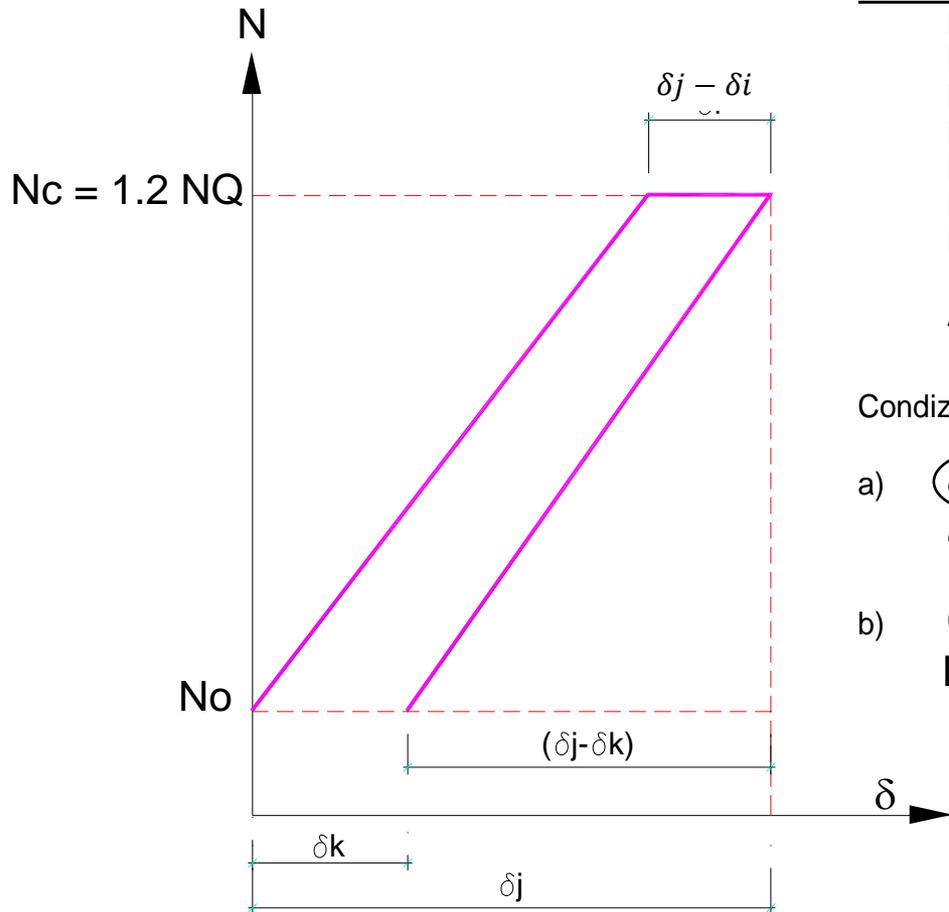
- cerniera ideale caso "b"
- le tensioni tangenziali sono uniformemente mobilitate su tutta la lunghezza del bulbo

CONNESSIONE BULBO-TERRENO  
IN CONDIZIONI GENERICHE



- cerniera ideale in condizioni generiche
- le tensioni tangenziali sono uniformemente mobilitate su un tratto di lunghezza  $L_a$

## TEST DI COLLAUDO DI UN TIRANTE ( A CARICO COSTANTE) DIAGRAMMA DI CARICO



### definizioni

- $L_l$  = lunghezza libera di costruzione ( o lunghezza libera teorica);
- $L_f$  = lunghezza della fondazione (bulbo);
- $L_e$  = lunghezza libera effettiva;
- $N_Q$  = carico di esercizio di progetto;
- $N_o$  =  $0.15 N_Q$  (carico iniziale di tesatura)
- $N_c$  =  $1.2 N_Q$  (carico di collaudo);
- $N_i$  = carico di tesatura finale;
- $E$  = modulo di elasticità dell'acciaio dell'armatura;
- $A$  = area della sezione di armatura.

Condizioni di accettazione :

negli ultimi 5' della sosta  
a carico costante

- a)  $\delta_j - \delta_i \leq 4\% \delta_t$       ove:  
 $\delta_t = ( N_c L_l ) / ( E A )$       allungamento teorico della parte libera
- b)  $0.8 L_l \leq L_e \leq L_l + 0.5 L_f$   
 $L_e = (\delta_j - \delta_k) E A / (N_c - N_o)$  lunghezza libera effettiva

N.B. Le condizioni di accettazione le fissa il progettista.

Il test di collaudo deve essere eseguito su tutti i tiranti di progetto

**ESEMPIO DI TABELLA CON I DATI PER IL TEST DI COLLAUDO DEI TIRANTI  
(dovrebbe redigerla il Direttore dei Lavori, senza delegare)**

<b>TABELLA 2 : CORRELAZIONI PRESSIONI / CARICHI</b>			Pressione manometro (bar)	Carico (kN)
<b>PARATIE LATERALI</b>	Carico iniziale	No	46	120
	Carico di collaudo	Nc	410	1080
	Scarico	No	46	120
	Inserimento morsetti			
	Carico finale di tesatura	Ni	189	510
<b>LUNETTA</b>				
Tirante superiore	Carico iniziale	No	46	120
	Carico di collaudo	Nc	410	1080
	Scarico	No	46	120
	Inserimento morsetti			
	Carico finale di tesatura	Ni	170	450
Tirante inferiore	Carico iniziale	No	46	120
	Carico di collaudo	Nc	410	1080
	Scarico	No	46	120
	Inserimento morsetti			
	Carico finale di tesatura	Ni	189	450

La tabella va compilata, note le caratteristiche dei martinetti, dopo aver avuto il certificato di taratura del manometro con la tabella di correlazione tra pressioni lette/pressioni effettive. Infatti all'operatore (ancorchè sia un Laboratorio Prove) deve essere fornito il valore della pressione da leggere al manometro, evitando che faccia calcoli che non gli competono.

## TEST DI COLLAUDO DI UN TIRANTE : ESEMPIO NUMERICO /1

IMPRESA FAVELLATO S.p.A. <b>VERBALE PROVA DI COLLAUDO TIRANTI</b>	<b>TIRANTE n° 66</b>
--	----------------------

CANTIERE : FAETO – Lavori di contenimento dissesti idrogeologici del centro abitato zona Via Prov.le – Villa Comunale

**CARATTERISTICHE TIRANTE - INTERVENTO TIPO 4 – PARATIE LATERALI**

armatura : 6 trefoli c.a.p. Ø 6/10”    carico iniziale di prova: 120 kN                      carico max di prova: 1080 kN  
 lunghezza : totale 24.00 m              parte libera: 12.00 m              bulbo 12.00 m

<b>CARATTERISTICHE CENTRALINA DI TESATURA</b> <input type="checkbox"/> Centralina Tipo C8E <input type="checkbox"/> Martinetti Tipo T20 - area pistone 44,15 cm <sup>2</sup> <input type="checkbox"/> Manometro WIKA matr. 1.4571 - campo di misura 0 – 600 bar (1 div. = 10 bar) - Certificato Verifica Taratura manometro : CMG testing srl commessa n° 895 - pratica 312/11 del 12.05.2011
--

<b>PRESENTI ALLA PROVA E NOTE</b> Dott. Geol. Nicola Sauchella Pedicini – Laboratorio Geo-In Benevento Ing. Alberto Garrasi – Direttore Lavori Geom. Nicola Di Pilla – Impresa Favellato   DATA DELLA PROVA : 30/11/2011
--

Pressione		Carico	Tempo	Lecture ai trefoli e allungamenti (mm)							
letta	effettiva			1	2	3	4	5	6	Media lecture	Media allung.ti
(bar)	(bar)	(kN)	(min)								
46	46	120	-	165	160	165	145	140	170	157,50	0,00
410	408	1080	0	83	82	89	66	56	97	78,83	78,67
"	"	"	5	82	81	87	64	54	95	77,17	80,33
"	"	"	10	81	80	85	63	54	93	76,00	81,50
"	"	"	15	80	79	84	62	54	92	75,17	82,33
46	46	120	-	159	155	159	139	134	163	151,50	6,00

elaborazione dei risultati nella pagina seguente

TEST DI COLLAUDO DI UN TIRANTE : ESEMPIO NUMERICO /2
--

ELABORAZIONE DEI RISULTATI DEL TEST DI COLLAUDO

Tirante a 6 trefoli avente lunghezza totale di 24.00 m, di cui 12.00 m di parte libera e 12.00 m di bulbo

$$\begin{aligned}
 L_l &= 12.00 \text{ m} && \text{lunghezza libera di costruzione} \\
 L_f &= 12.00 \text{ m} && \text{lunghezza del bulbo} \\
 L_e &= \text{lunghezza libera effettiva (da determinare)} \\
 N_Q &= 900 \text{ kN} && \text{carico di progetto} \\
 N_o &= 120 \text{ kN} && \text{carico iniziale di tesatura} \\
 N_c &= 1.2 N_Q && \text{(carico di collaudo);} \\
 N_i &= \text{carico di tesatura finale;} \\
 E_s &= 190 \pm 10\% \text{ kN/mm}^2 \\
 A_s &= 6 \times 140 \text{ mm}^2 = 840 \text{ mm}^2 \\
 N_Q &= 900 \text{ kN} && \text{carico di progetto} \\
 N_O &= 120 \text{ kN} && \text{carico iniziale di prova} \\
 N_C &= 1.2 N_Q = 1080 \text{ kN} && \text{carico di collaudo} \\
 \delta_j &= 82.33 \text{ mm} \\
 \delta_k &= 6.00 \text{ mm} \rightarrow \delta_j - \delta_k = 76.33 \text{ mm} \\
 \delta_i &= 81.50 \text{ mm} \rightarrow \delta_j - \delta_i = 0.83 \text{ mm} \\
 \delta_t &= (N_c L_l) / (E_s A_s) = 73.96 \text{ mm} \rightarrow 4\% \delta_t = 2.96 \text{ mm} \\
 L_e &= (\delta_j - \delta_k) A_s E_s / (N_c - N_o) = 13.93 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Parte di bulbo interessata dalla trasmissione del carico :  
 $2 \times (L_e - L_l) = 2 \times (13.93 - 12.00) = 3.86 \text{ m}$

Le condizioni di accettazione sono soddisfatte:

- a)  $\delta_j - \delta_i = 0.83 \text{ mm} \leq 4\% \delta_t = 2.96 \text{ mm}$
- b)  $0.8 L_l = 9.60 \text{ m} \leq L_e = 13.93 \text{ m} \leq L_l + 0.5 L_f = 18.00 \text{ m}$

CANTIERIZZAZIONE TIRANTI : MISCELLANEA

CANTIERIZZAZIONE

ESEMPIO DI TABELLA RIEPILOGATIVA TEST DI COLLAUDO TIRANTI

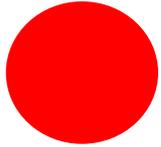
CANTIERE : FAETO – Lavori di contenimento dissesti idrogeologici del centro abitato zona Via Prov.le – Villa Comunale  
IMPRESA FAVELLATO CLAUDIO S.p.A.

TEST DI COLLAUDO ("PROVA DI TESATURA") SUI TIRANTI A TREFOLI - INTERVENTO TIPO 4 : LUNETTA DI PALI E TIRANTI  
TABELLA 3 : RIEPILOGO DEI RISULTATI E VERIFICA DI ACCETTABILITA'

	Tirante N.	Lunghezza libera (l <sub>i</sub> ) (m)	Lunghezza bulbo (l <sub>b</sub> ) (m)	N <sub>0</sub> (kN)	N <sub>c</sub> (kN)	N <sub>i</sub> (kN)	δ <sub>i</sub> (mm)	δ <sub>j</sub> (mm)	δ <sub>k</sub> (mm)	δ <sub>5</sub> (*) (mm)	4% δ <sub>i</sub> (mm)	Lunghezza libera effettiva (l <sub>L</sub> ) (m)	0,8 l <sub>i</sub> (m)	l <sub>i</sub> + 0,5 l <sub>i</sub> (m)	Data del test di collaudo
PARATIE LATERALI	59	12,00	12,00	120	1080	510	73,96	82,00	5,67	0,83	2,96	13,93	9,60	18,00	30.11.2011
	60	12,00	12,00	120	1080	510	73,96	88,17	4,83	1,00	2,96	15,21	9,60	18,00	30.11.2011
	61	12,00	12,00	120	1080	510	73,96	96,50	5,00	0,83	2,96	16,70	9,60	18,00	30.11.2011
	62	12,00	12,00	120	1080	510	73,96	80,17	5,17	1,00	2,96	13,69	9,60	18,00	30.11.2011
	63	12,00	12,00	120	1080	510	73,96	99,33	5,33	1,16	2,96	17,16	9,60	18,00	30.11.2011
	64	12,00	12,00	120	1080	510	73,96	92,33	5,67	1,16	2,96	15,82	9,60	18,00	30.11.2011
	65	12,00	12,00	120	1080	510	73,96	82,67	5,83	1,00	2,96	14,03	9,60	18,00	30.11.2011
	66	12,00	12,00	120	1080	510	73,96	82,33	6,00	0,83	2,96	13,93	9,60	18,00	30.11.2011
LUNETTA: TIRANTI SUPERIORI	67	14,00	12,00	120	1080	450	86,29	70,67	5,50	0,17	3,45	11,90	11,20	20,00	01.12.2011
	68	14,00	12,00	120	1080	450	86,29	82,17	5,33	0,17	3,45	14,03	11,20	20,00	01.12.2011
	69	14,00	12,00	120	1080	450	86,29	89,67	6,00	0,17	3,45	15,27	11,20	20,00	01.12.2011
	70	14,00	12,00	120	1080	450	86,29	96,00	5,83	0,50	3,45	16,46	11,20	20,00	01.12.2011
	71	14,00	12,00	120	1080	450	86,29	104,00	6,00	0,67	3,45	17,89	11,20	20,00	01.12.2011
	72	14,00	12,00	120	1080	450	86,29	79,50	6,67	0,67	3,45	13,29	11,20	20,00	01.12.2011
	73	14,00	12,00	120	1080	450	86,29	96,83	6,33	0,33	3,45	16,52	11,20	20,00	01.12.2011
LUNETTA: TIRANTI INFERIORI	74	12,00	12,00	120	1080	450	73,96	78,67	6,83	0,50	2,96	13,11	9,60	18,00	02.12.2011
	75	12,00	12,00	120	1080	450	73,96	78,43	7,00	0,50	2,96	13,04	9,60	18,00	02.12.2011
	76	12,00	12,00	120	1080	450	73,96	92,50	6,50	0,33	2,96	15,70	9,60	18,00	02.12.2011
	77	12,00	12,00	120	1080	450	73,96	83,67	6,67	0,50	2,96	14,05	9,60	18,00	02.12.2011
	78	12,00	12,00	120	1080	450	73,96	77,67	6,50	0,34	2,96	12,99	9,60	18,00	02.12.2011
	79	12,00	12,00	120	1080	450	73,96	80,67	6,83	0,17	2,96	13,48	9,60	18,00	02.12.2011
	80	12,00	12,00	120	1080	450	73,96	99,50	7,33	0,50	2,96	16,82	9,60	18,00	02.12.2011

(\*) incremento di allungamento negli ultimi 5' della sosta al carico massimo di prova





*Le Specifiche Tecniche come documento di progetto*  
**ESEMPIO DI SPECIFICHE TECNICHE  
 PER TIRANTI DI ANCORAGGIO**

## INDICE

1	PRINCIPIO E SCHEMA DEL TIRANTE	Pag.	3
2	CLASSIFICAZIONE DEI TIRANTI DI PROGETTO	"	4
3	CARATTERISTICHE DELL'ARMATURA E PORTATE AMMISSIBILI	"	6
4	ASSEMBLAGGIO DEL TIRANTE - MODALITA' DI DEPOSITO E TRASPORTO	"	7
5	MODALITA' ESECUTIVE	"	7
5.1	Fasi esecutive	"	9
5.2	Perforazione	"	11
5.3	Iniezione	"	12
5.3.1	Impianto di miscelazione e stoccaggio	"	13
5.3.2	Impianto d'iniezione	"	14
5.3.3	Formazione della guaina	"	16
5.3.4	Iniezione in pressione del bulbo	"	16
5.3.5	Riempimento finale della parte libera	"	17
6	COLLAUDO E TESATURA DEI TIRANTI	"	18
6.1	Attrezzatura di tesatura e misura degli allungamenti	"	18
6.2	Test di collaudo	"	19
6.3	Tesatura dei tiranti	"	20
7	TIRANTI PRELIMINARI DI PROVA	"	21
7.1	Scopo delle prove	"	21
7.2	Numero e caratteristiche dei tiranti preliminari - Modalità generali di prova	"	23
7.3	Ubicazione delle prove – Dispositivo di prova	"	27
7.4	Modalità di esecuzione delle prove	"	30

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

### Tiranti progettati (N.B. quantità per difetto)

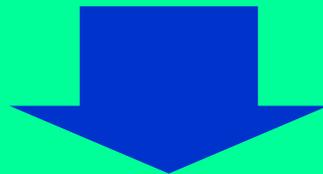
numero :	7.735
lunghezza complessiva :	140.369 m
portata complessiva :	366.830 tonnellate



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

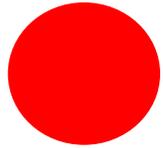


- 6.188 tiranti / (15 tiranti/giorno) ~ 413 giorni lavorativi
- per prove di carico preliminari ~ 60 giorni lavorativi
- ~ 473 giorni lavorativi (662 giorni solari)



... e solo per la  
tesatura ....

**LA PROGETTAZIONE DI OPERE TIRANTATE  
IMPONE UN'ASSIDUA PRESENZA IN CANTIERE**



## APPROCCIO CRITICO ALLA NORMATIVA SUI TIRANTI



### ΘΕΜΙΣ / TEMI

Dea della Legge (in senso lato di Norma) e della Giustizia per i Greci ed i Romani : veniva rappresentata indifferentemente a viso scoperto o bendata.

Il nome **ΘΕΜΙΣ** deriva da **τιθεμι (dare fondamento)** perché la Norma ben fatta edifica la Società fomentando armoniosamente (vedi la bilancia) il Bene Comune.

## APPROCCIO CRITICO ALLA NORMATIVA SUI TIRANTI

### TIRANTI DI ANCORAGGIO SECONDO NTC 2018

*"...bene, ma non benissimo ...."*

- Quando un tirante è provvisorio ?
- Attese mal riposte nelle "prove di collaudo"
- Uso di termini impropri nel riferirsi all'armatura ed al tirante
- Definizione di scenari non realistici per il calcolo teorico della resistenza allo sfilamento del bulbo
- Impropria applicazione della gerarchia delle resistenze**
- Prescrizioni che non tengono in nessun conto la realtà italiana (ad es. monitoraggio permanente delle opere tirantate)
- Pregiudizio al Bene Comune per opere inutilmente costose e solo apparentemente più sicure.



Questi aspetti sono stati trattati nella 4ª sessione

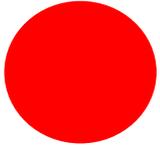
## ASPETTI CONTRATTUALI DI UN TIRANTE



### ΘΕΜΙΣ / TEMI

Dea della Legge (in senso lato di Norma) e della Giustizia per i Greci ed i Romani : veniva rappresentata indifferentemente a viso scoperto o bendata.

Tuttavia la benda significava che la Giustizia era eguale per tutti, e non che venisse amministrata a casaccio, o peggio secondo un puro arbitrio, che sembra invece il criterio ispiratore di taluni prezzari ufficiali e, più in generale, di buona parte della recente legislazione sui lavori pubblici.



CRITERI PER UNA CORRETTA  
FORMULAZIONE DELLA VOCE DI PREZZO  
DI UN TIRANTE

ESAME CRITICO  
DELLE VOCI DI PREZZO DEI TIRANTI  
DI ALCUNI PREZZIARI UFFICIALI  
(Anas - Regione Puglia)

ANALISI DI COSTO DI UN TIRANTE

Questi aspetti  
sono stati trattati  
nella 4ª sessione

## ASPETTI CONTRATTUALI : PROVE PRELIMINARI "DI PROGETTO" SUI TIRANTI

### DAL CASE HISTORY PRECEDENTE (Faeto – Consolidamento S.P./Villa Comunale):

Importo tiranti di progetto (n° 88): € 281.120,00

Numero minimo tiranti di prova, secondo NTC : 3

Costo prove preliminari (per 3 tiranti):

per i tiranti: € 8.320,00

per le 3 prove: € 9.000,00 ⇒ costo complessivo : € 17.320,00 = 3%

### MA SE I TIRANTI DI PROGETTO FOSSERO STATI 101:

Importo tiranti di progetto (n° 101) : € 322.650,00

Numero minimo tiranti di prova, secondo NTC : 7

Costo prove preliminari (per 7 tiranti) :

per i tiranti: € 19.413,00

per le 7 prove: € 21.000,00 ⇒ costo complessivo : € 40.413,00 = 12.5%



**Le prove preliminari "di progetto" ed i relativi tiranti devono essere pagate come "lavori" (e come tali inserite nel computo metrico di progetto) e non devono/non possono rientrare tra gli oneri dell'Impresa.**

## ASPETTI CONTRATTUALI DI UN TIRANTE : QUANDO CONTABILIZZARE

### FASI ESECUTIVE DI UN TIRANTE

1. Fornitura a piè d'opera del tirante
2. Perforazione e posa in opera del tirante
3. Iniezione di guaina e di bulbo
4. Test di collaudo
5. Tesatura definitiva
6. Cementazione della parte libera
7. Sigillatura protettiva della testata



Tra la fase 1 e la fase 7 possono passare alcuni mesi.

Le fasi da 4 a 7 non hanno generalmente una specifica voce di prezzo, ma sono incluse come oneri delle precedenti. Talora un'unica voce di prezzo include tutte le fasi.



### QUANDO POSSO/DEVO CONTABILIZZARE ?

## ASPETTI CONTRATTUALI DI UN TIRANTE : QUANDO CONTABILIZZARE

### ESEMPIO DI VOCE DI PREZZO BEN FORMULATA PER UN TIRANTE A TREFOLI, ANCHE AI FINI DELLA CONTABILIZZAZIONE

#### Esecuzione di tiranti a trefoli a protezione totale tipo “APS 605” comprendente:

- perforazione comunque inclinata  $\varnothing$  190 mm di lunghezza fino a 30.00 m eseguita a distruzione di nucleo, a rotazione o rotopercolazione, in terreni sciolti o entro rocce di qualsiasi natura e consistenza, sia asciutti che in presenza d'acqua, incluso l'onere del rivestimento parziale o totale del foro, dell'allontanamento e trasporto a rifiuto del materiale di spurgo e del conferimento a discarica;
- fornitura e posa in opera del tirante così costituito:
  - armatura costituita da un fascio di 6 trefoli a 7 fili  $\varnothing$  6/10” in acciaio armonico da c.a.p., singolarmente ingrassati e viplati nella parte libera e nudi nella zona di bulbo
  - nella parte libera l'intero fascio d'armatura è avvolto da una guaina liscia in P.E.A.D.;
  - nella zona di bulbo l'intero fascio d'armatura è avvolto da una guaina rigida corrugata in P.E.A.D. atta a trasmettere sollecitazioni di taglio, che reca al suo esterno le valvole a manchettes per l'iniezione ripetuta in pressione, con passo di  $\approx$  100 cm, collegate al tubo d'iniezione coassiale ai trefoli;
  - opportuni dispositivi dovranno consentire l'iniezione interna del bulbo, lo sfiato, e l'iniezione della parte libera;
  - opportuni direzionali devono garantire il perfetto allineamento dei trefoli, mentre nella zona del bulbo dovranno essere predisposti, ad intervalli regolari, dei distanziatori che facciano assumere al fascio di trefoli un andamento a ventre e nodi al fine di migliorare il collegamento tra l'armatura e la pasta di cemento;
  - testata di ancoraggio completa di piastra, bussolotti e clampette di bloccaggio con esclusione delle contropiastre di ripartizione.

#### Incluso ogni onere per :

- esecuzione delle iniezioni per la formazione della guaina e del bulbo da eseguirsi in più fasi successive a mezzo pistoncino a doppio otturatore con uso di miscele acqua-cemento-additivi con rapporto in peso  $a/c = 0.5$  e secondo le modalità indicate negli appositi disciplinari e comunque atte a garantire una capacità portante limite non inferiore a quella di progetto, compreso ogni onere per fornitura, stoccaggio, miscelazione ed iniezione dei prodotti;
- esecuzione del test di collaudo non distruttivo sul 100% dei tiranti e della tesatura definitiva, anche in più fasi successive;
- cementazione finale della parte libera;
- eventuali prove speciali di collaudo, non distruttive, da eseguirsi su non più del 2% dei tiranti.

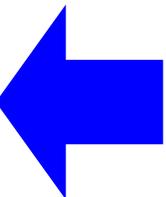
Incluso altresì ogni altro onere e magistero per dare il tirante finito a perfetta regola d'arte e conforme alle prescrizioni riportate negli appositi disciplinari (“Specifiche tecniche tiranti”).

**Solo escluse le prove preliminari “di progetto” su tiranti speciali, da pagarsi a parte.**

**Da contabilizzarsi al 90% ad avvenuta formazione della guaina, per il restante 10% dopo l'esito positivo del test di collaudo.**

al metro lineare  
(diconsì euro )

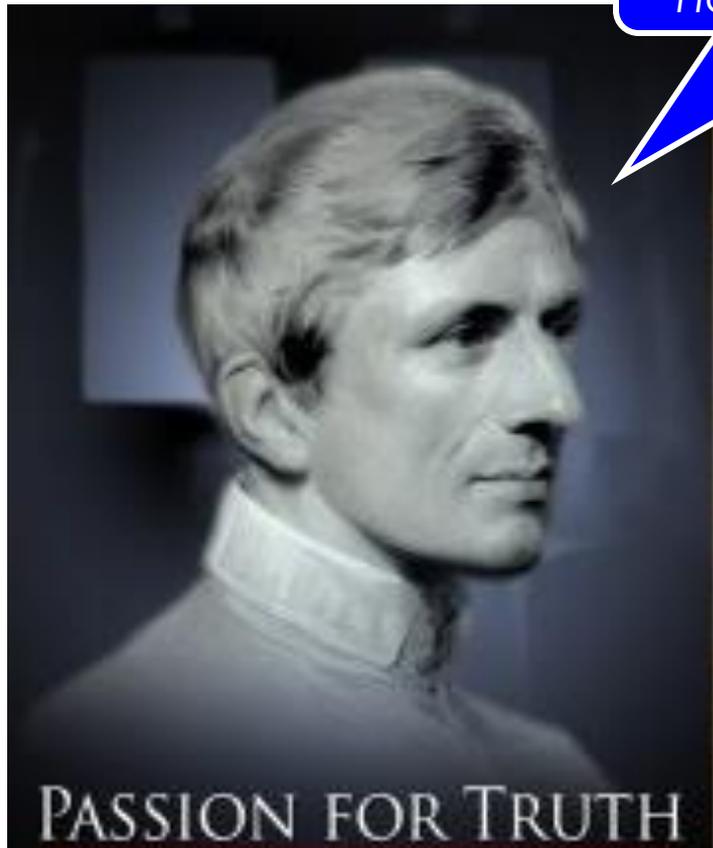
€.



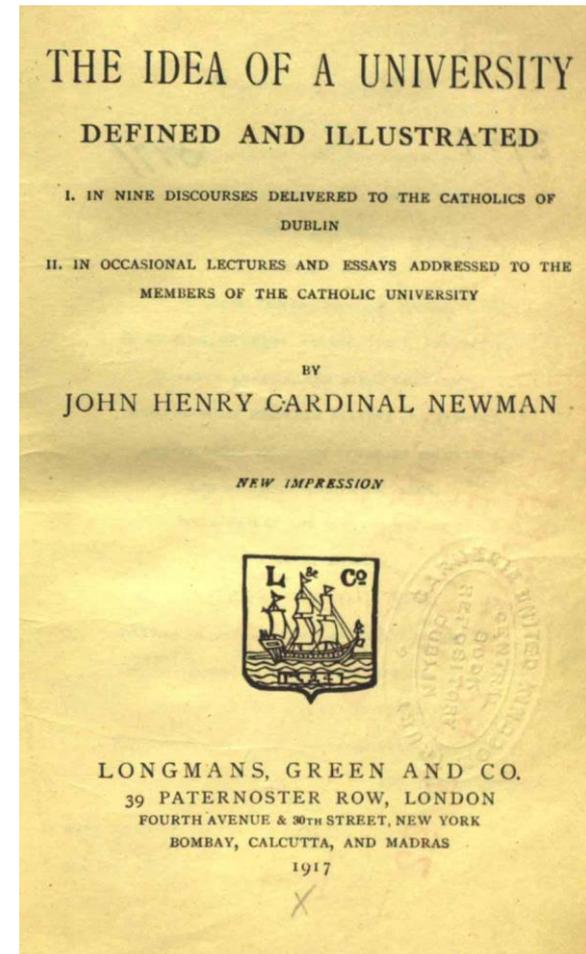
# RIEPILOGO

IL CORSO È STATO PENSATO ED ARTICOLATO PER FORNIRE UNO  
"STATO DELL'ARTE CRITICO"  
SULLA PROGETTAZIONE ED ESECUZIONE DELLE PARATIE MULTIANCORATE

Voglio teste ben fatte,  
non teste ben piene.



Beato Card. John Henry Newman  
ritratto giovanile



## OBIETTIVI GENERALI DEL CORSO (richiami)

FOMENTARE LA CONSAPEVOLEZZA DELL'IMPORTANZA DEI SEGUENTI ASPETTI

1. Concepire il progetto (e la sua realizzazione) come un tutto organico, e non come una mera giustapposizione e successione di attività
2. Presupposti per una corretta progettazione :
  - comprensione del fenomeno fisico
  - visione unitaria della realtà, ancorché questa sia complessa
  - conoscenza del processo di progettazione geotecnica
  - consapevolezza che il "MODELLO" (modello geotecnico + modello di calcolo) NON E' la realtà
  - familiarità con gli ordini di grandezza
  - saper risolvere manualmente le strutture più semplici
  - approfondita conoscenza delle tecnologie
3. Saper individuare, di volta in volta, gli aspetti critici del progetto :
  - come progettista
  - come Direttore dei Lavori
  - come Direttore Tecnico di Cantiere
4. Approccio critico alla Normativa
5. In una Società ben costituita il lavoro ben fatto deve produrre ricchezza

obiettivo  
raggiunto ?

## SUDDIVISIONE DELLE SLIDES PER AREE TEMATICHE

	ASPETTI GENERALI	CAMPI D'IMPIEGO CASE HYSTORIES	STORIA DELLA GEOTECNICA PRINCIPI DI PROGETTAZIONE GEOTECNICA	METODI DI CALCOLO & SOFTWARE	MONITORAGGIO NORMATIVA & ASPETTI CONTRATTUALI	ASPETTI ESECUTIVI
slides	109	220	79	143	209	214
%	11%	23%	8%	15%	21%	22%
totale slides : 974						

ERNESTO BIGNAMI

L'ESAME  
DI  
LETTERATURA LATINA

PER LA MATURITÀ CLASSICA,  
SCIENTIFICA E MAGISTRALE  
con un'appendice sulla Civiltà Latina

EDIZIONI BIGNAMI

# IL "BIGNAMI" DEL CORSO

ERNESTO BIGNAMI

L'ESAME  
DI  
PARATIE MULTIANCORATE  
PER INGEGNERI

con riferimenti alla storia della  
Geotecnica e delle Fondazioni  
Speciali in Italia

EDIZIONI BIGNAMI

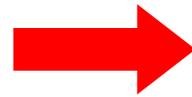
# INTRODUZIONE AL CORSO

## COMPRESIONE DEL FENOMENO FISICO & CAPACITÀ CRITICA : da Cato Maior a Karl Terzaghi

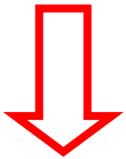
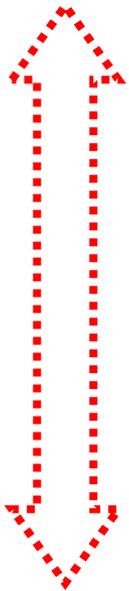


## GEOTECNICA & FONDAZIONI SPECIALI : una storia anche italiana

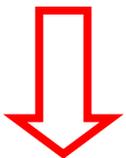
Comprensione del fenomeno fisico



*"rem tene, verba sequentur"*  
Cato Maior (234 - 149 a.c.)

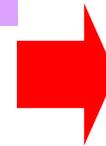


**"MODELLO"**



*Modello geotecnico*

*Codice di calcolo*



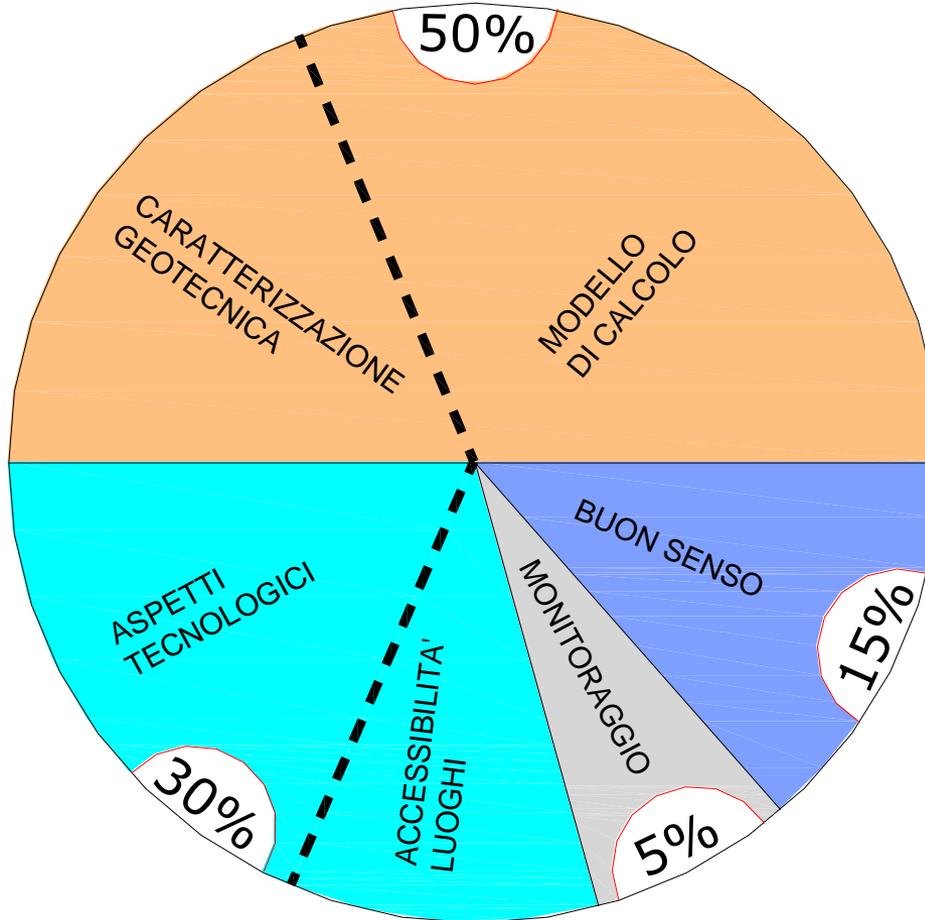
**PROGETTO**

Capacità critica :  
saper individuare, caso per caso, gli aspetti critici

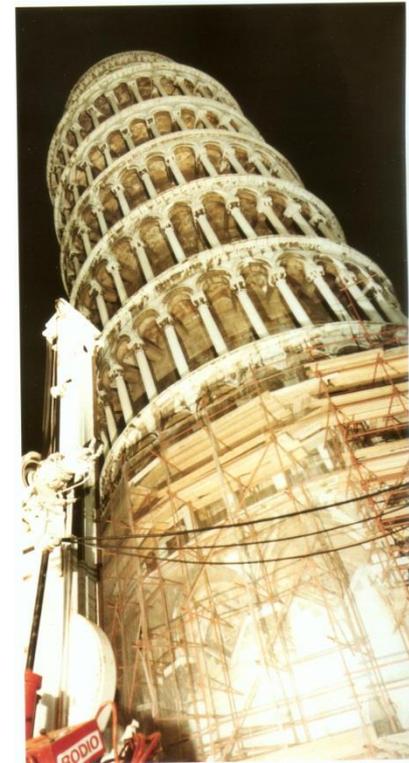
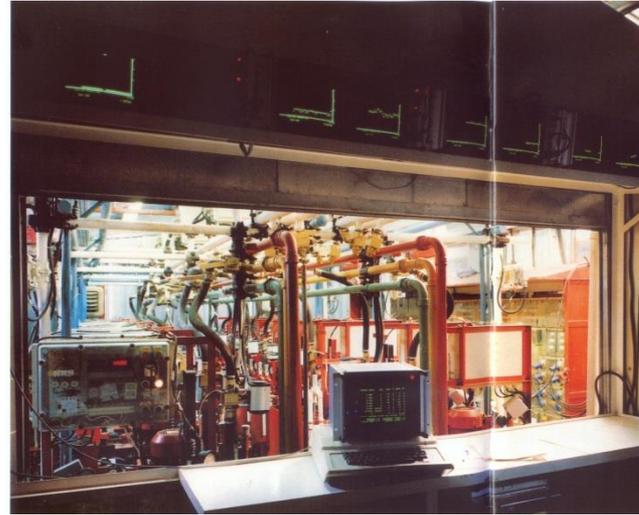
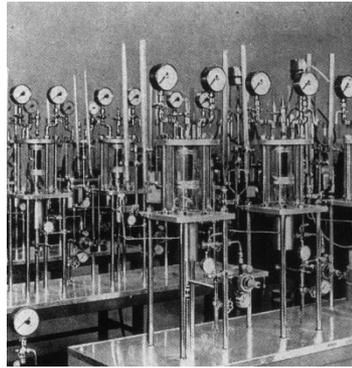


*"sound engineering judgement"*  
K. Terzaghi (1883 - 1963)

OPERE DI SOSTEGNO FLESSIBILI  
IMPORTANZA PONDERALE DEI VARI ASPETTI



# GEOTECNICA E FONDAZIONI SPECIALI UNA STORIA (ANCHE) ITALIANA



# 1960

L'UNIVERSITÀ DI NAPOLI ISTITUISCE LA PRIMA CATTEDRA  
DI GEOTECNICA IN ITALIA

Arrigo Croce e' il primo professore straordinario di geotecnica

(da Girolamo Ippolito)

" L'istituzione di una nuova Cattedra è avvenimento notevole perché, attraverso le giuste cautele che la legge prevede, si attua solo quando un corpo di nozioni ha effettivamente raggiunto - in quel processo di specializzazione che è il naturale e fatale processo di sviluppo delle nostre conoscenze - una compattezza ed una indipendenza tali per cui è unanime il riconoscimento ed il bisogno di una disciplina indipendente. "

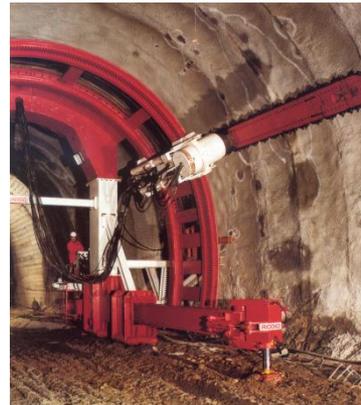
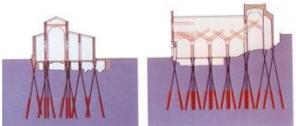
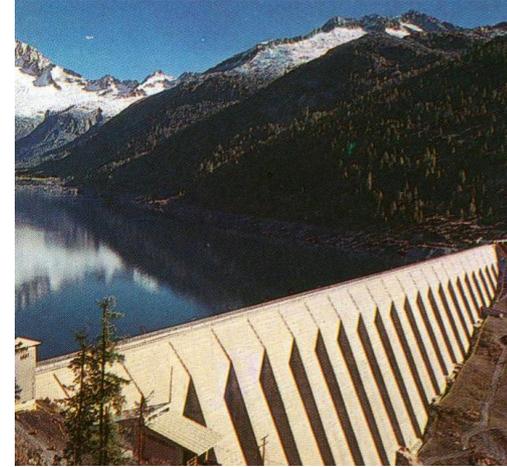
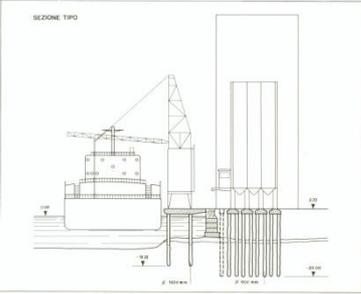
RIFLESSIONI DEI  
PROTAGONISTI

PLINIO

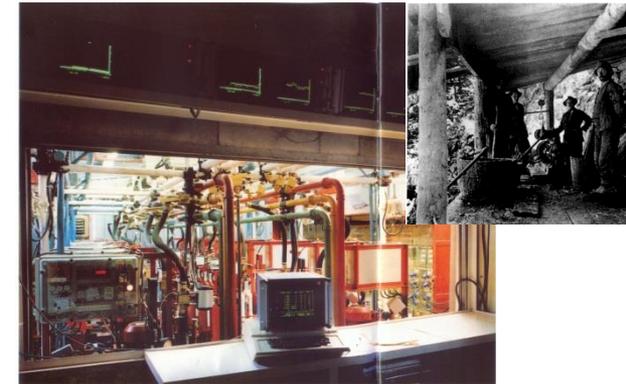
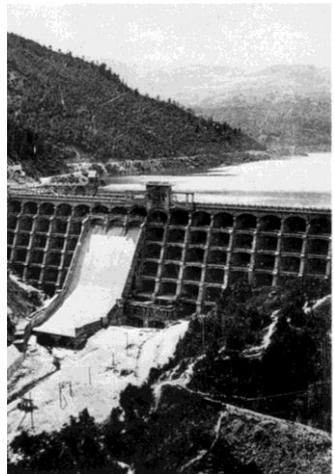
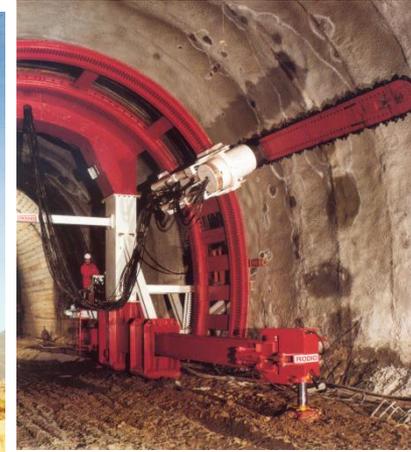
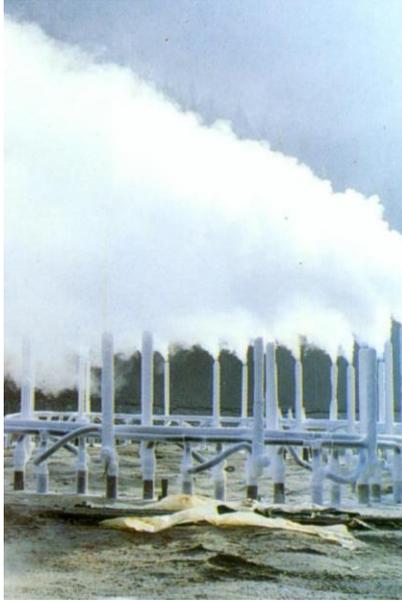
Ardua res <sup>vetustis</sup> novitatem dare, novis  
auctoritatem; fastiditis quetiam, dubiis  
fiscem ....

da un manoscritto di Arrigo Croce

# BREVE STORIA DELLA GEOTECNICA E DELLE FONDAZIONI SPECIALI: IL RUOLO DELL'IMPRESA RODIO



## BREVE STORIA DELLA GEOTECNICA E DELLE FONDAZIONI SPECIALI: IL RUOLO DELL'IMPRESA RODIO



## LA STORIA DELLE FONDAZIONI SPECIALI IN ITALIA E NEL MONDO ATTRAVERSO LA STORIA DI UN' IMPRESA



### DALL'HANDBOOK DELLA RODIO

(tradizione orale, non scritta)

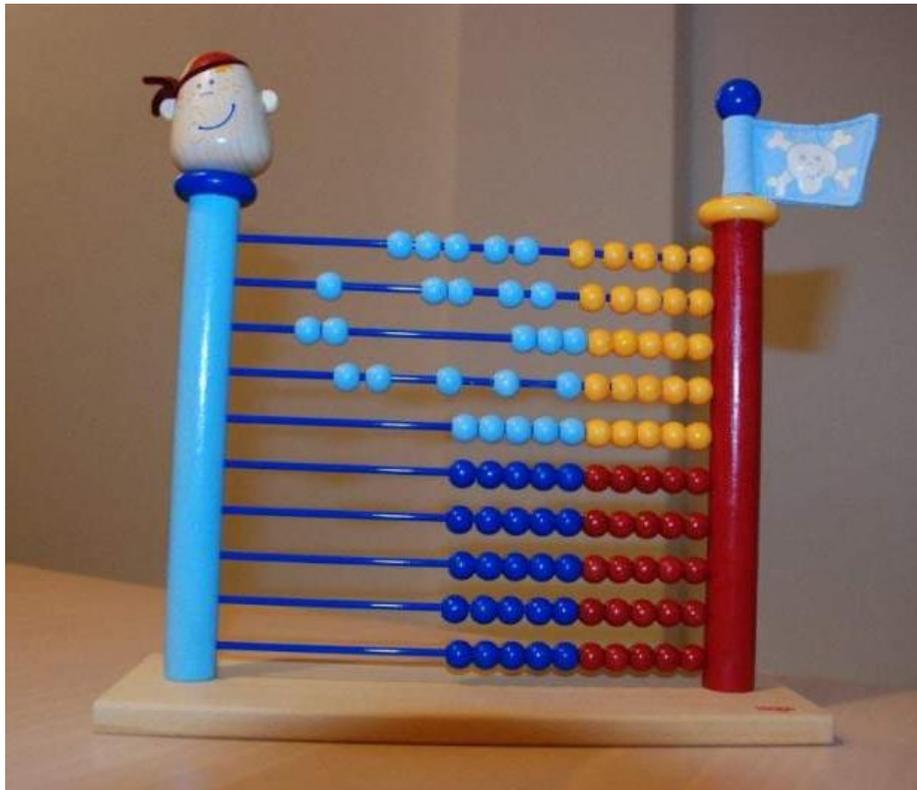
- l'Impresa è una comunità di persone
- maestranze e quadri sono la principale risorsa dell'Impresa
- il know-how d'Impresa deve essere condiviso :
  - ✓ investire nella formazione (tempo e risorse)
  - ✓ formazione permanente
- investire nella ricerca e nell'innovazione :
  - ✓ creare il mercato, non andarvi a rimorchio
- in prospettiva, il lavoro fatto bene garantisce i migliori profitti
- ogni lavoro si porta a compimento, anche se è in forte perdita.

Dalla Relazione illustrativa al bilancio del 1989:

... l'organico è rimasto invariato : 1165 unità, di cui 731 operai, 403 impiegati e 31 dirigenti. L'età media è di 34 anni. Per i dirigenti ed i quadri l'anzianità media in azienda è di 20 anni, con un'età media di 47 anni.

Il dato conferma una caratteristica importante delle risorse umane della Società : il forte senso di appartenenza alla matrice Rodio e di fedeltà alla sua tradizione di Impresa.

## METODI DI CALCOLO



MODELLO TERRENO

MODELLO DI ANALISI

MODELLO GEOTECNICO (PARAMETRI NECESSARI)

RIGIDO-PLASTICO

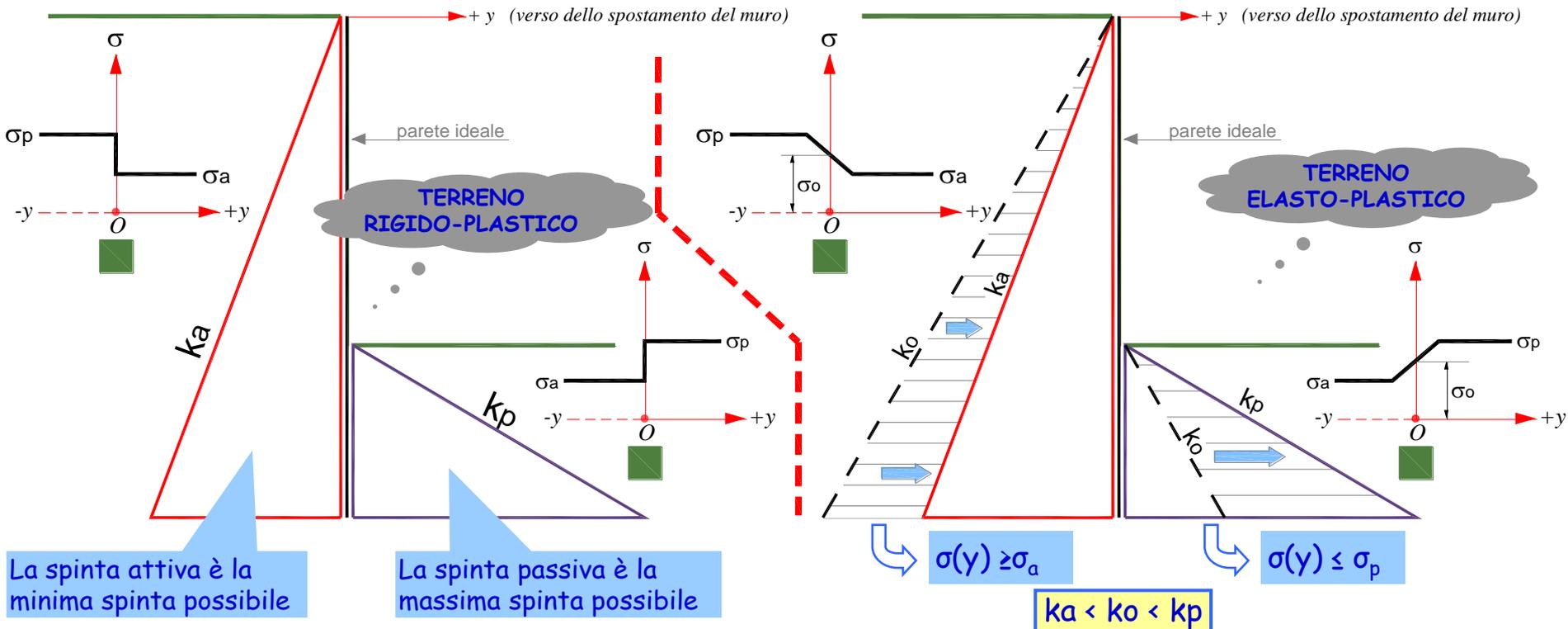
metodi di calcolo "a rottura" o "all'equilibrio limite - L.E.M." o "agli stati limite"

- stratigrafia e posizione falda
- pesi volume :  $\gamma, \gamma_{sat}, \gamma'$ ,
- resistenza al taglio :  $\varphi', c', c_u$

ELASTO-PLASTICO DISCRETO

metodi di calcolo in fase elasto-plastica, con terreno discreto (non continuo)

- stratigrafia e posizione falda
- pesi volume :  $\gamma, \gamma_{sat}, \gamma'$ ,
- resistenza al taglio :  $\varphi', c', c_u$
- deformabilità



## DIAFRAMMA CON PUNTELLO E INCASTRO AL PIEDE METODO DELLA "TRAVE EQUIVALENTE SEMPLIFICATA"

Il metodo della "Trave equivalente semplificata" assume che il punto di flesso della paratia ( $M = 0$ ) coincida con il punto di nullo delle pressioni nette. E' quindi possibile "spezzare" la paratia in due travi isostatiche, superiore ed inferiore.

- Trave superiore :  $\left\{ \begin{array}{l} \blacksquare 2 \text{ incognite : } R_A - T_o \\ \blacksquare 2 \text{ equazioni di equilibrio} \end{array} \right.$
- Trave inferiore :  $\left\{ \begin{array}{l} \blacksquare 1 \text{ incognita : } x \\ \blacksquare 1 \text{ equazione in } x \end{array} \right.$

si calcola la spinta a fondo scavo  $\sigma_H = \gamma k_a H$

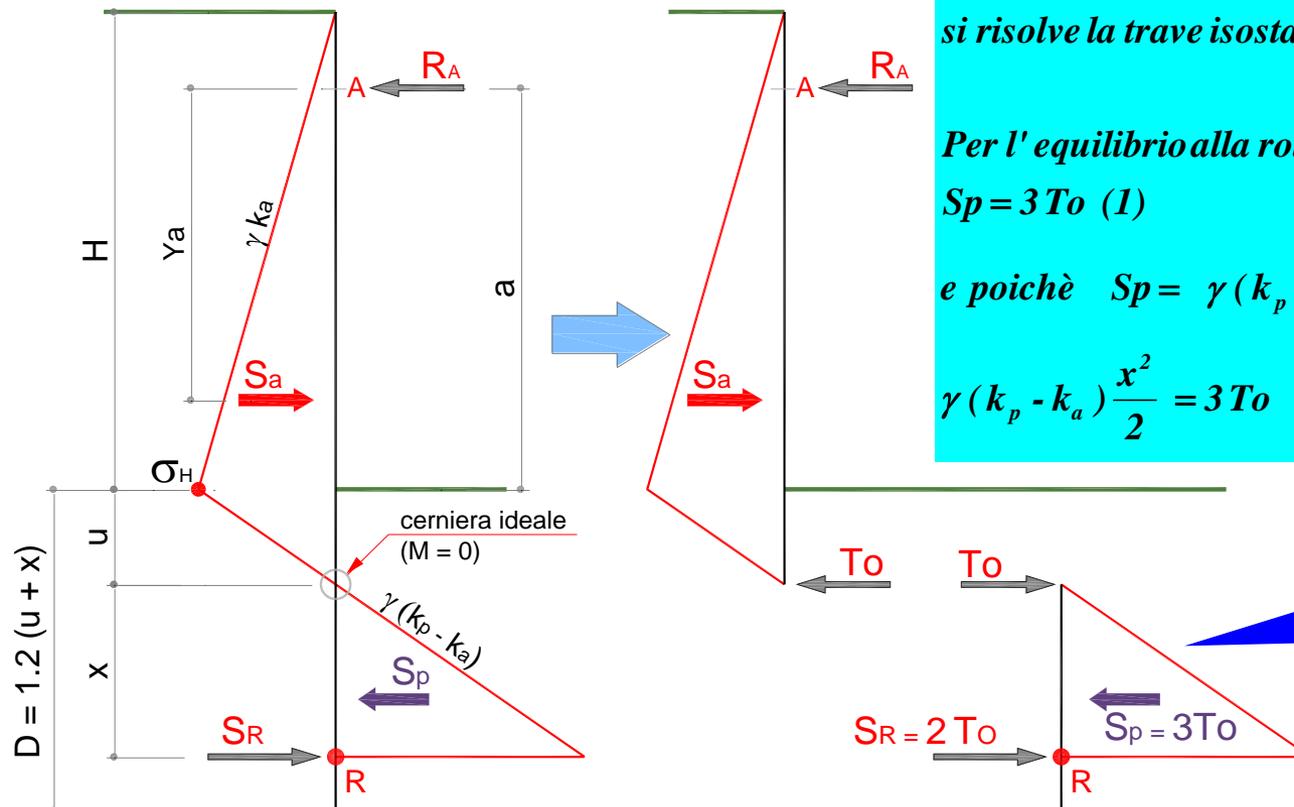
si determina  $u = \frac{\sigma_H}{\gamma(k_p - k_a)}$

si calcola  $S_a = \frac{\sigma_H(H + u)}{2} \Rightarrow Y_a \text{ è noto}$

si risolve la trave isostatica superiore, ricavando  $R_A$  e  $T_o$

Per l'equilibrio alla rotazione della trave inferiore deve essere :  $S_p = 3T_o$  (1)

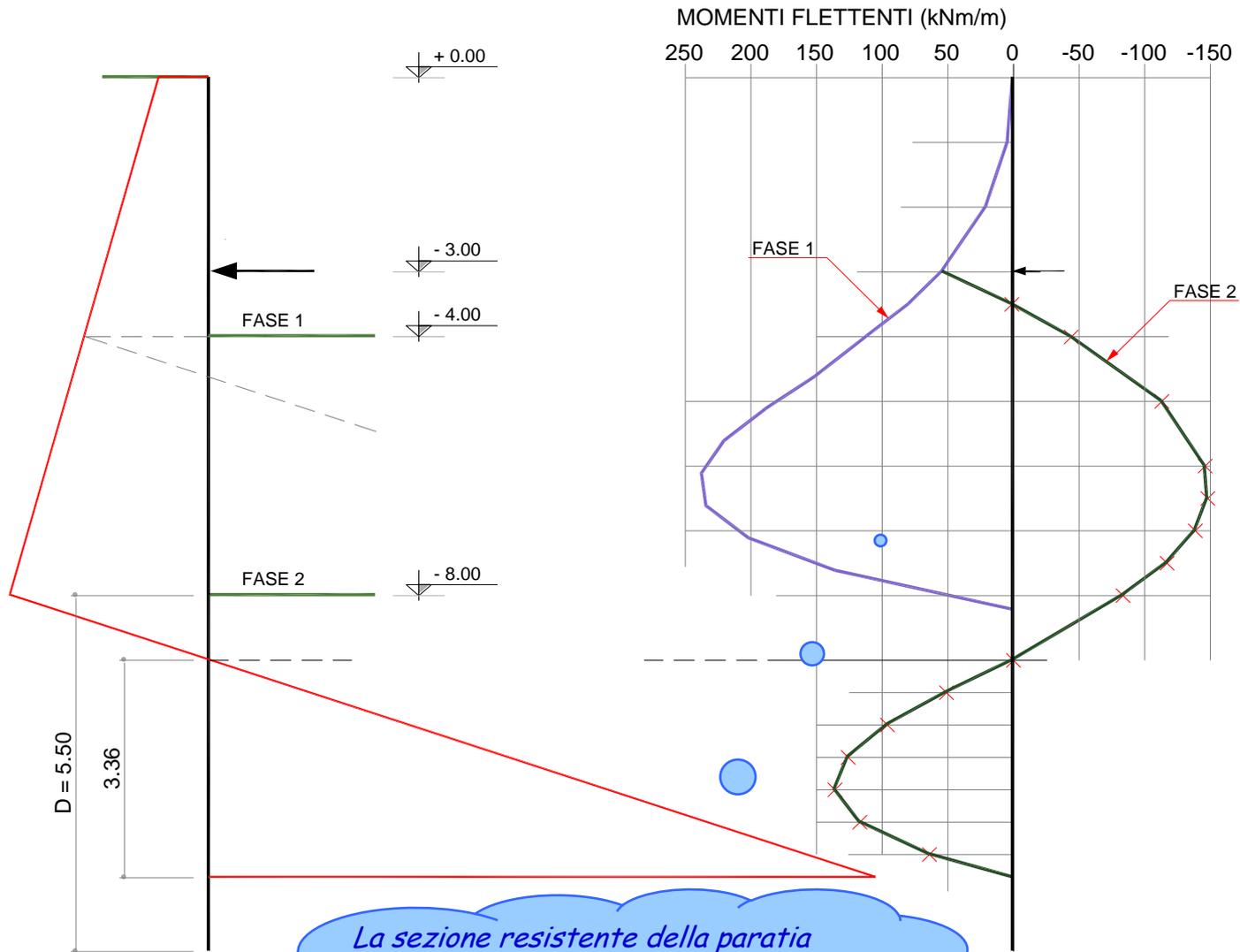
e poichè  $S_p = \gamma(k_p - k_a) \frac{x^2}{2}$  la (1) esplicitata diventa :

$$\gamma(k_p - k_a) \frac{x^2}{2} = 3T_o \Rightarrow x = \sqrt{\frac{6T_o}{\gamma(k_p - k_a)}}$$


La profondità di infissione di progetto sarà :

# D = 1.2(u+x)

## DIAFRAMMA CON PUNTELLO – METODO DELLA “TRAVE EQUIVALENTE SEMPLIFICATA” – ESEMPIO NUMERICO DIAGRAMMI INVILUPPO DEI MOMENTI



*La sezione resistente della paratia viene quindi dimensionata in base all'involuppo delle sollecitazioni per le varie fasi*

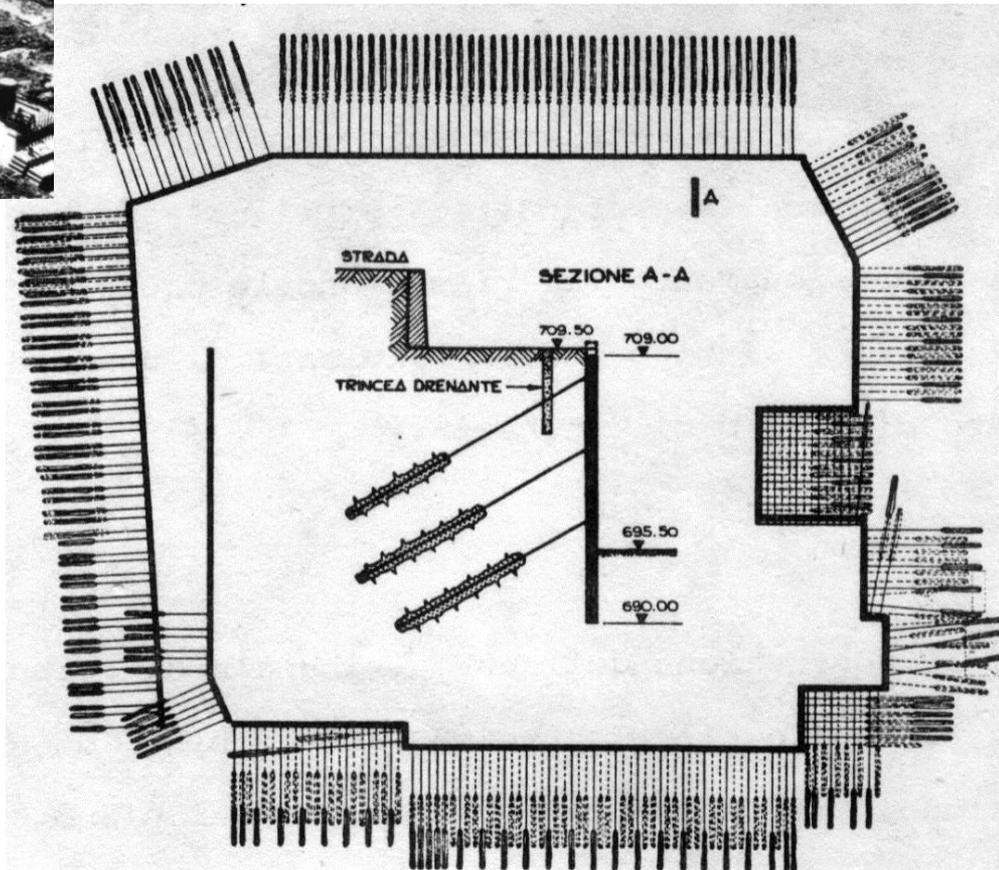
## UN CLASSICO CALCOLO "ALL'EQUILIBRIO LIMITE" - anni '70



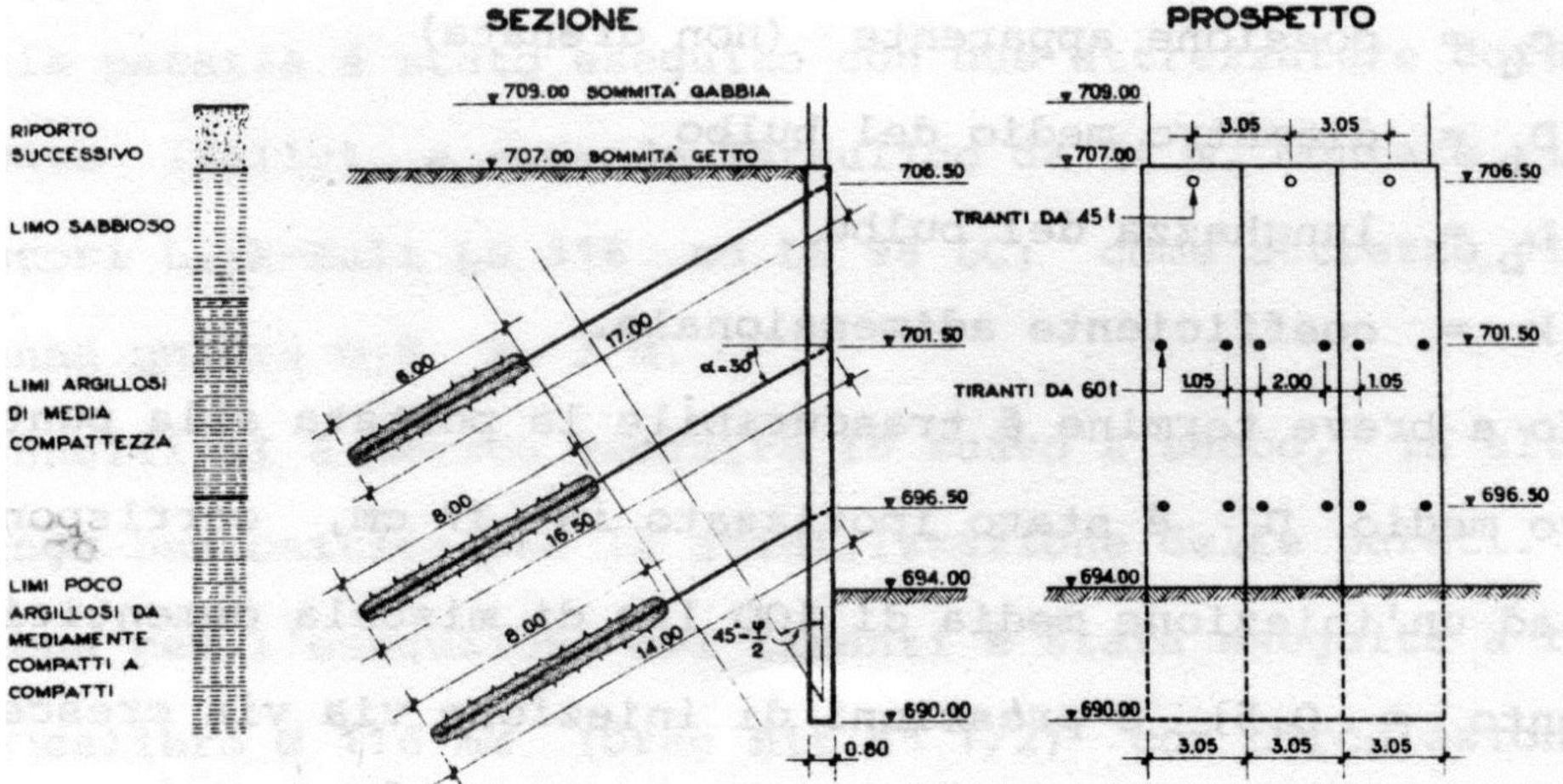
NUOVO TRIBUNALE DI POTENZA  
PARATIA MULTIANCORATA  
Impresa RODIO / Garrasi 1973-74

### LAVORI:

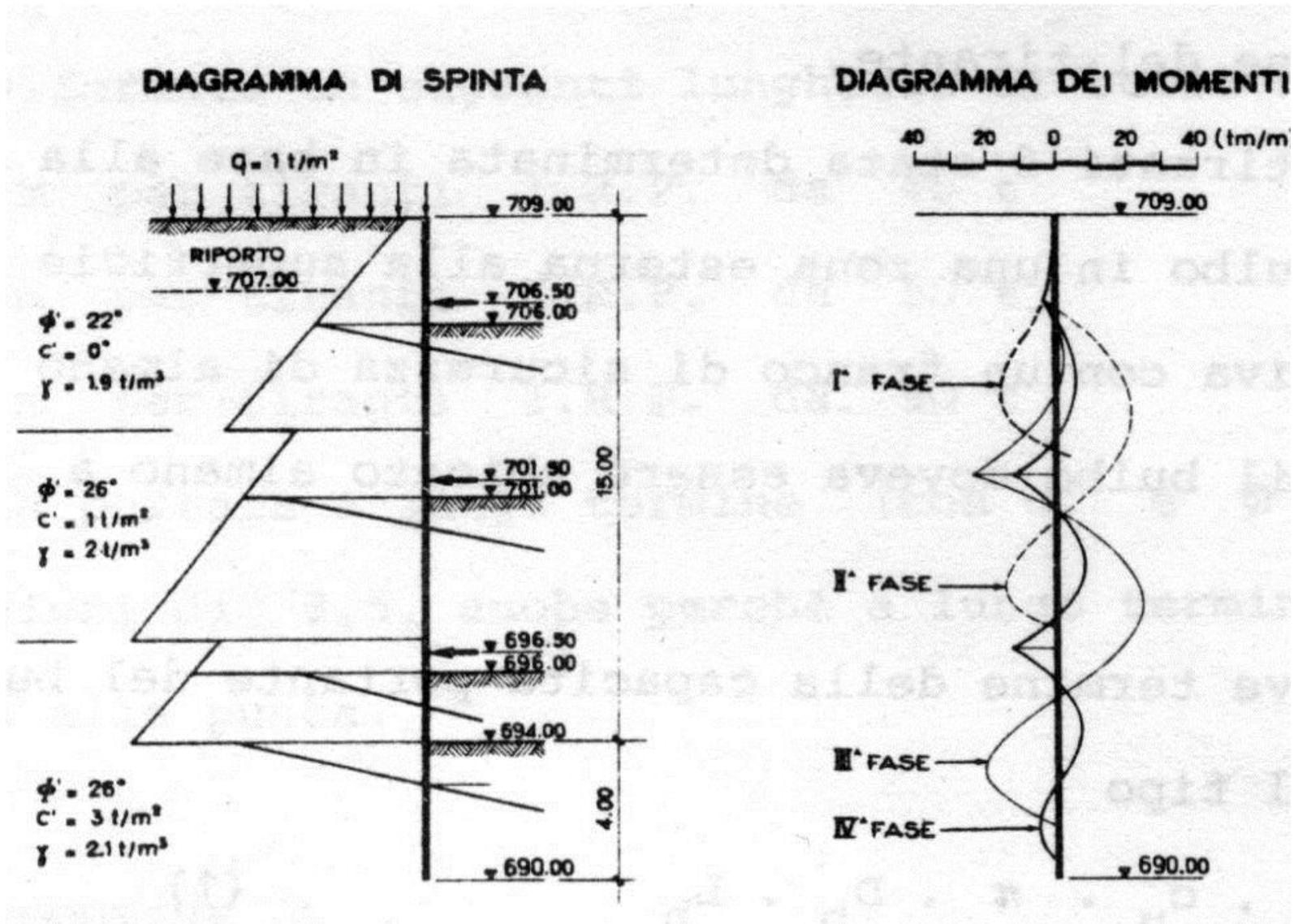
- paratie con 3 ordini di tiranti
- profondità max. scavo : 15.00 m
- pannelli rettangolari  $s = 60$  cm  $L = 3.00$  m
- 7.400 mq di paratia
- 609 tiranti a trefoli da 45 t – 60 t – 90 t
- 10.053 m lunghezza complessiva tiranti



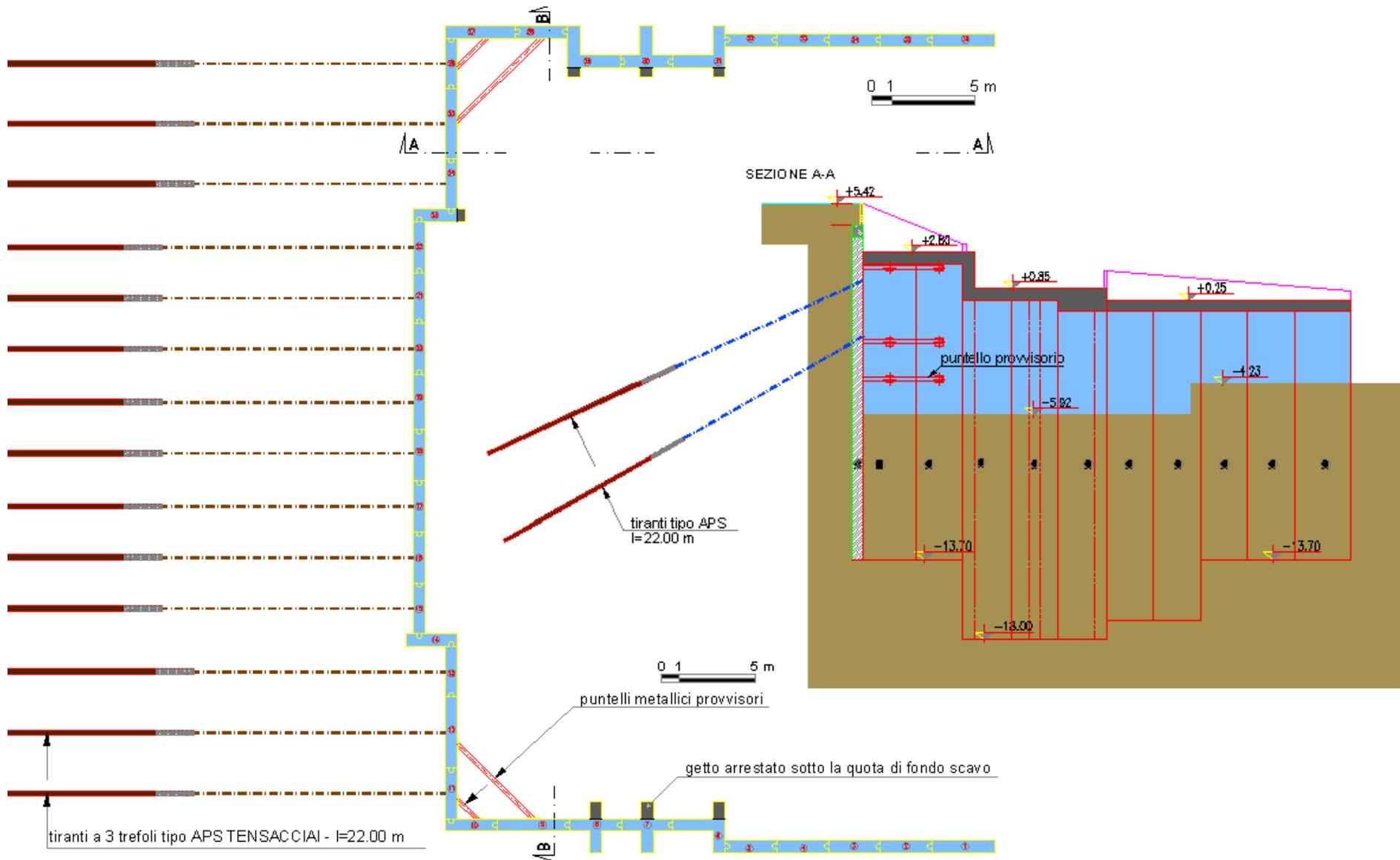
un classico calcolo "all'equilibrio limite" – anni '70



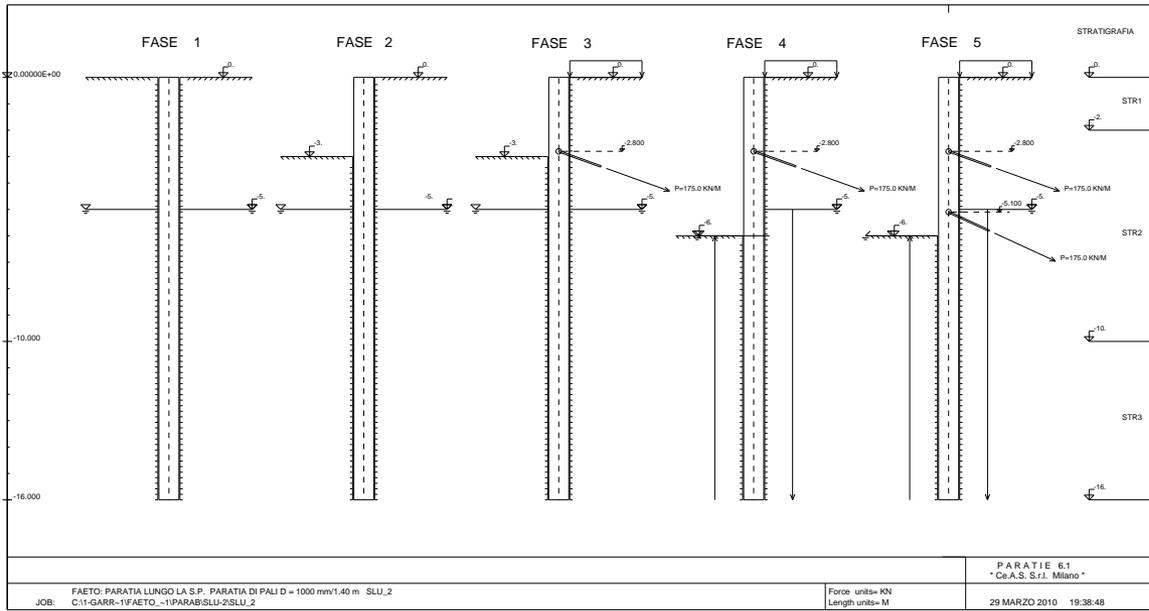
un classico calcolo "all'equilibrio limite" – anni '70



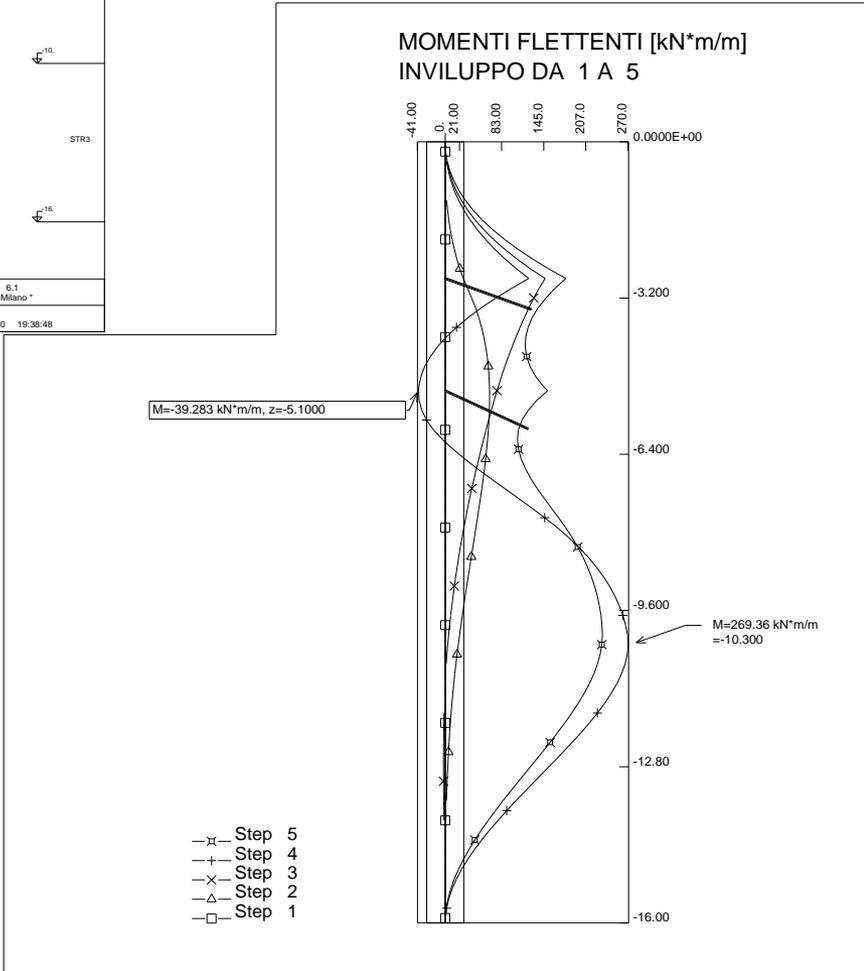
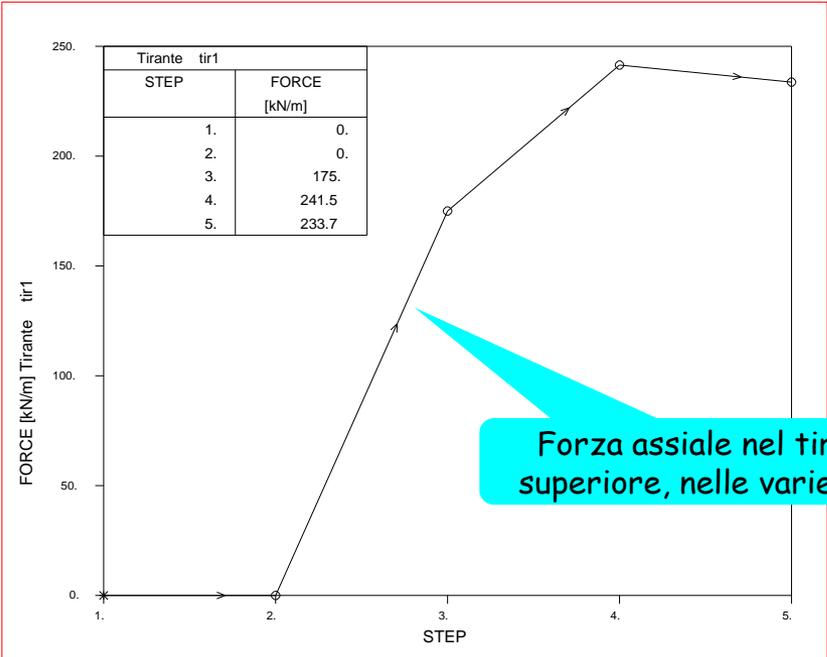
ESEMPIO DI CALCOLO "ELASTO-PLASTICO" - anni '90



ESEMPIO DI CALCOLO  
"ELASTO-PLASTICO" anni '90



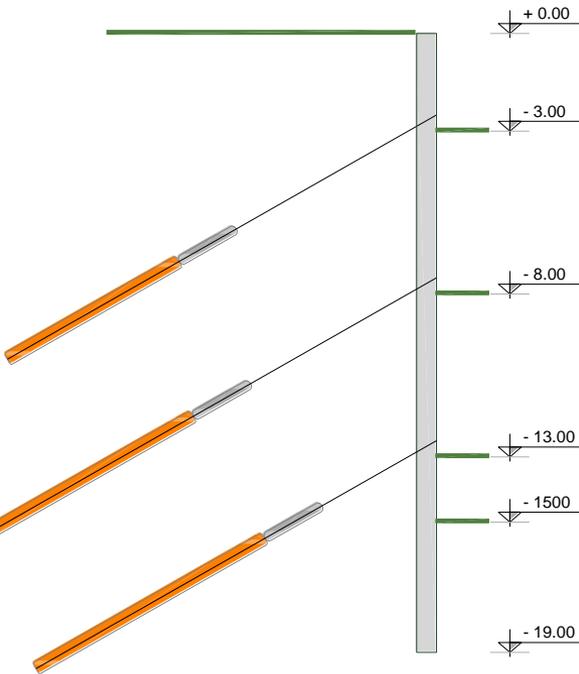
RICCIONE - PARCHEGGIO INTERRATO IN VIA XIX OTTOBRE Garrasi 1998



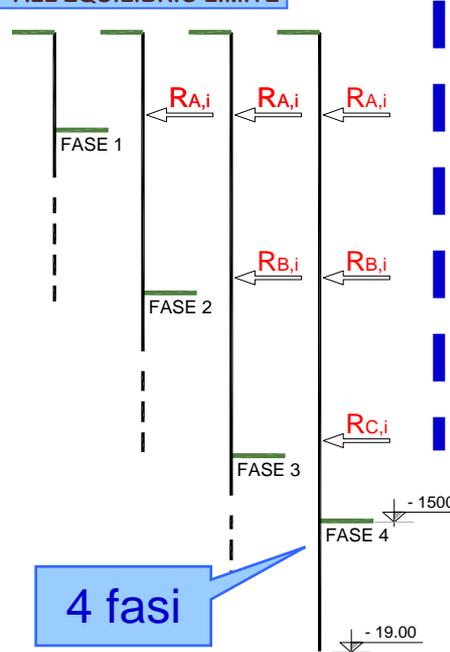
## CONFRONTO TRA UN CALCOLO ALL'EQUILIBRIO LIMITE ED UNO ELASTO-PLASTICO : LA SEQUENZA DELLE FASI

L'aumento del numero di fasi (da 4 a 7) è dovuto alla possibilità di pretensionare i tiranti

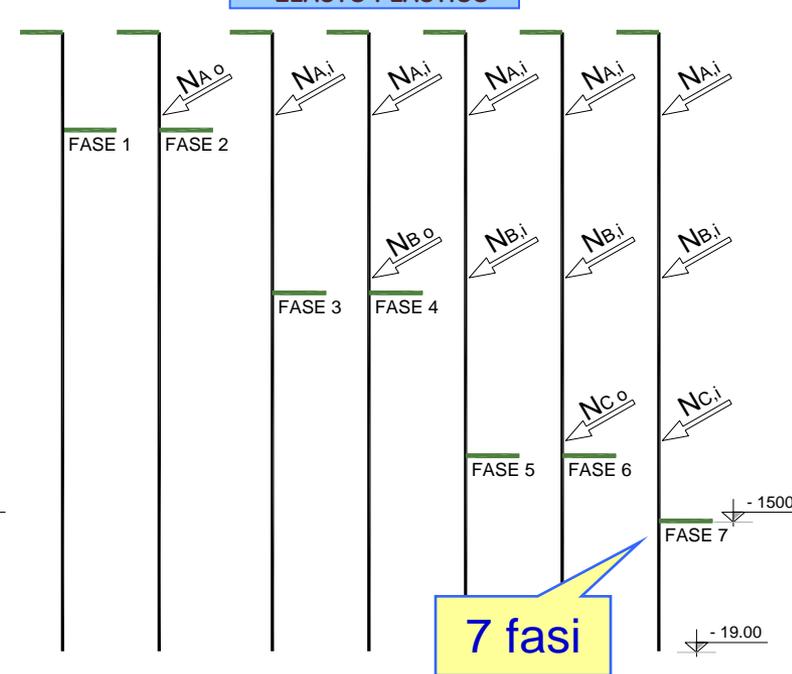
PARATIA DI PROGETTO



FASI DI UN CALCOLO ALL'EQUILIBRIO LIMITE



FASI DI UN CALCOLO ELASTO-PLASTICO



- i tiranti sono assimilati ad un appoggio fisso
- non è possibile tener conto di un loro pretensionamento
- le varie fasi esaminate sono indipendenti tra loro
- la struttura non conserva memoria tenso-deformativa tra una fase e l'altra
- la struttura viene dimensionata in base all'involuppo delle sollecitazioni
- nessuna informazione sulle deformazioni

- i tiranti sono assimilati a molle reagenti a trazione
- è possibile pretensionare i tiranti
- la struttura conserva memoria tenso-deformativa tra una fase e l'altra
- la struttura viene dimensionata in base all'involuppo delle sollecitazioni
- il codice fornisce anche la deformata

# UTILIZZO DEI CODICI DI CALCOLO NELLA PROGETTAZIONE GEOTECNICA PRO MEMORIA PER L'USO

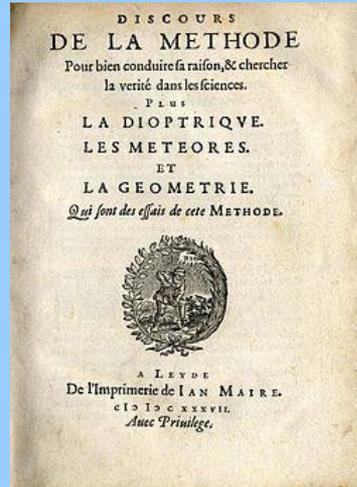
CARTESIO :“... cogito, ergo sum ..”



il pensiero “fonda” la realtà,  
il pensiero è la realtà



IDEOLOGIE



**IL MODELLO NON E' LA REALTA'**  
(accettiamolo almeno per l'Ingegneria)

La conoscenza è “*adeguatio rei intellectus*”  
(adeguamento dell'intelletto alla realtà esterna)

PRINCIPIO DEL “G.I.G.O.” : Garbage In → Garbage Out

UTILIZZO DEI CODICI DI CALCOLO  
NELLA PROGETTAZIONE GEOTECNICA  
PRO MEMORIA PER L'USO

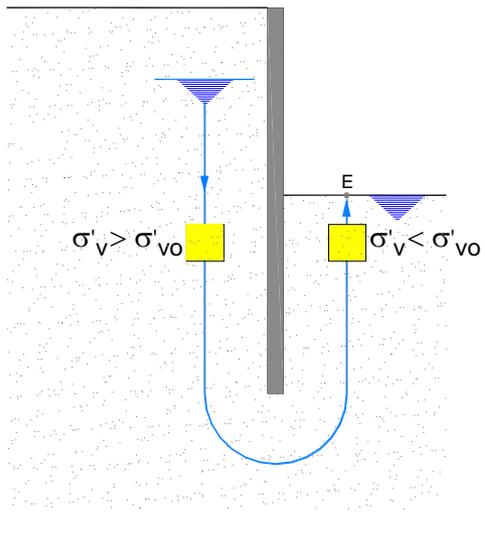
**"LA SCUOLA DI ATENE"**  
Raffaello Sanzio – Musei Vaticani



# "STABILITA' DEL FONDO SCAVO"

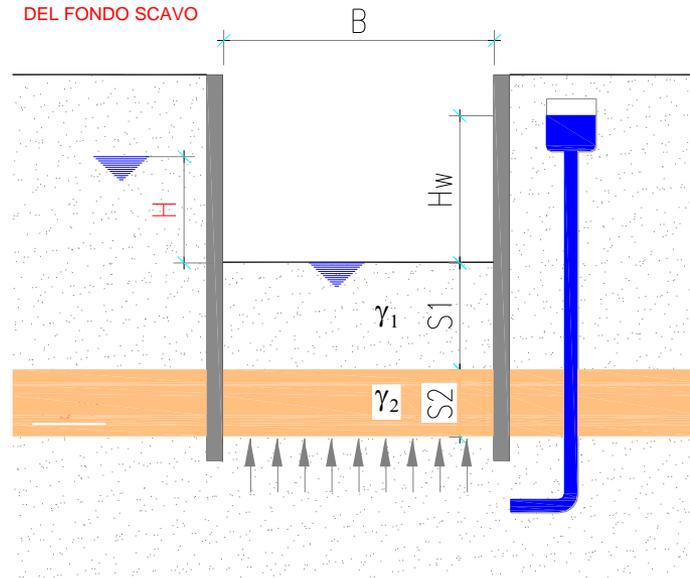
## FILTRAZIONI CONSENTITE

SIFONAMENTO  
DEL FONDO SCAVO

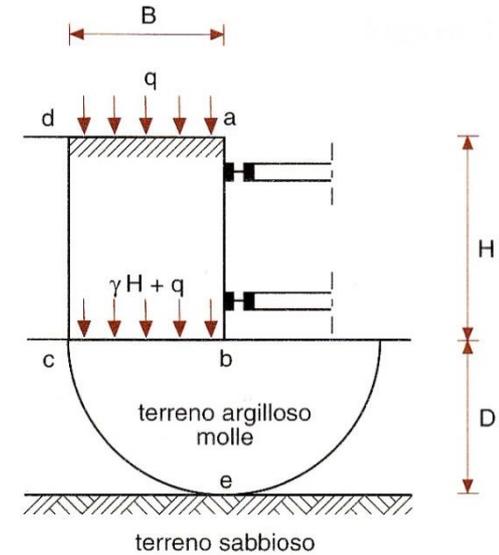


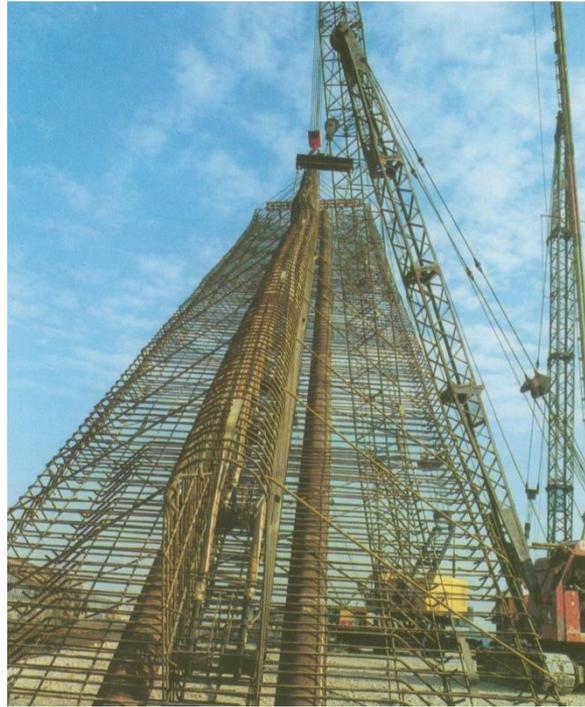
## FILTRAZIONI NON CONSENTITE

SOLLEVAMENTO GENERALE  
DEL FONDO SCAVO

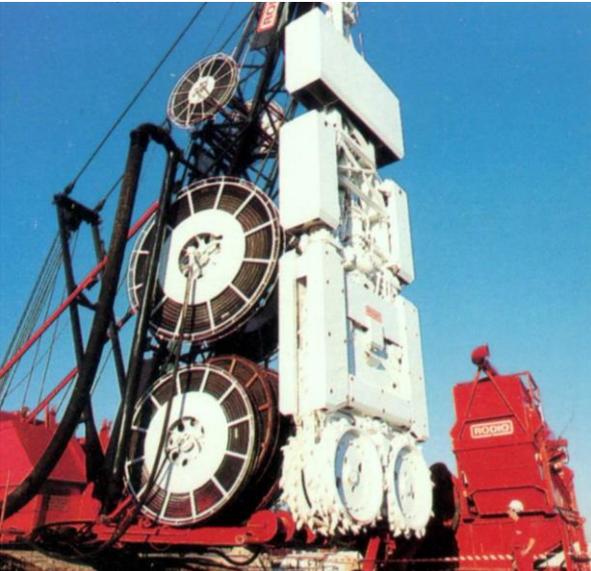
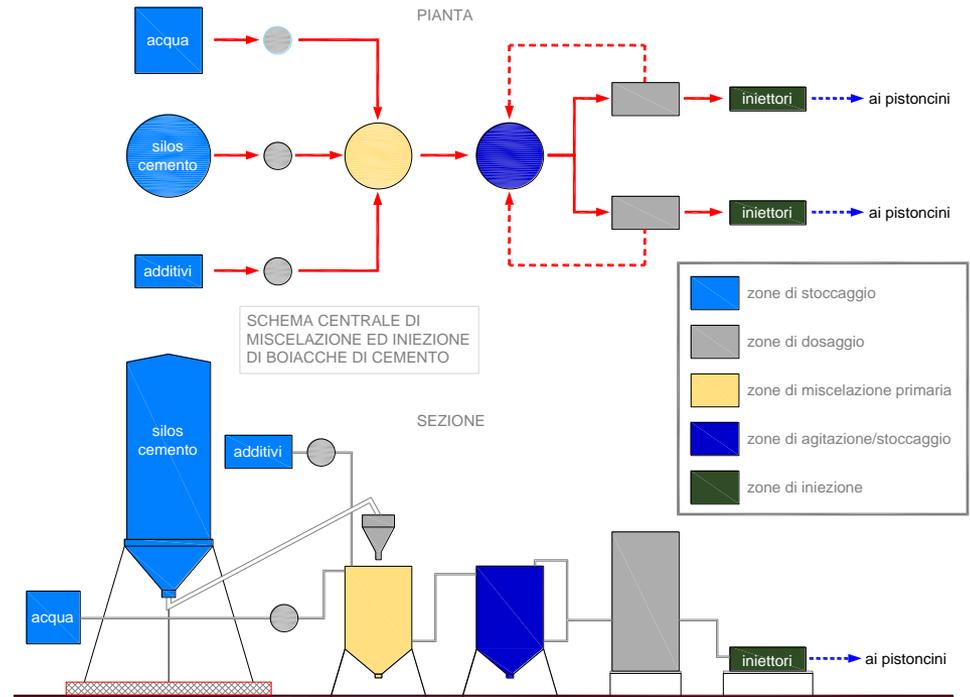


## SENZA LA PARATIA





## ASPETTI ESECUTIVI & CANTIERIZZAZIONE



## APPROCCIO CRITICO ALLA NORMATIVA



### ΘΕΜΙΣ/TEMI

Dea della Legge (in senso lato di Norma) e della Giustizia per i Greci ed i Romani :  
veniva rappresentata indifferentemente a viso scoperto o bendata.

Il nome *Θεμισ* deriva da *τιθεμι* (**dare fondamento**) perché la Norma ben fatta edifica la Società fomentando armoniosamente (vedi la bilancia) il Bene Comune.

## PER UN CORRETTO APPROCCIO ALLA NORMATIVA (EUROCODICI)

Avere il senso della **STORIA** e della nostra **IDENTITÀ CULTURALE**:

- l'Ingegneria Italiana non è nata con gli Eurocodici
- e, prima ancora, l'Italia e l'Europa non sono nate con la Comunità Europea né con l'euro (ma almeno 2000 anni prima)
- e, infine ma non da ultimo, per creare la prima Università al mondo non abbiamo aspettato le direttive di qualche ottuso burocrate di Bruxelles



Acquedotto romano di Pont du Gard - anno 17 a.c





ARA PACIS AUGUSTAE – anno 9 a.c.

L'Italia non è nata  
con la Comunità Europea né con l'euro

Il nostro "albero genealogico"



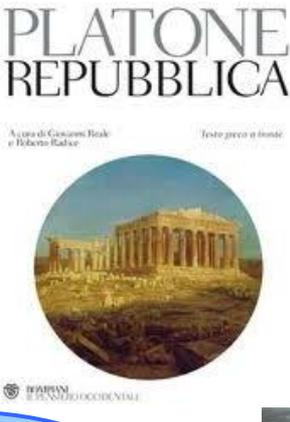
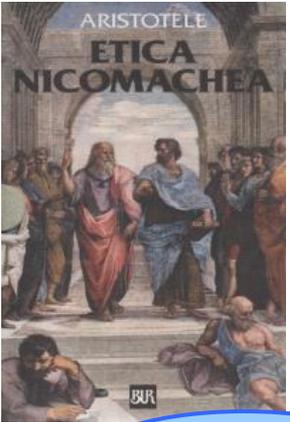
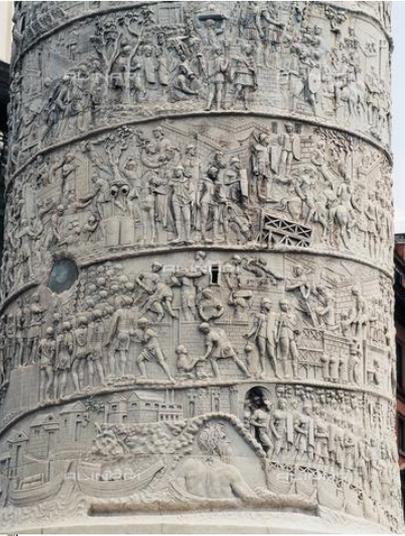
**VENERE DI CAPUA / MAGNA GRECIA**  
Il secolo d.c. (copia marmorea di una  
statua bronzea del IV secolo a.c.)

Bisnonno Omero  
Nonno Virgilio  
Papà Dante  
(Zio Leopardi)

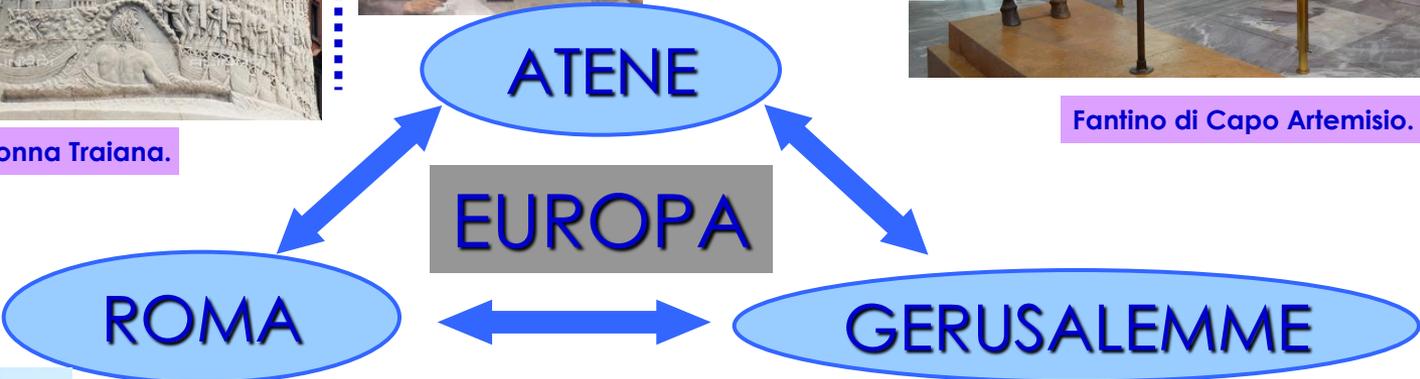
L'EUROPA NON È QUELLA DEL TRATTATO DI MAASTRICHT



Colonna Traiana.



Fantino di Capo Artemisio.



Terminale Via Appia - Brindisi

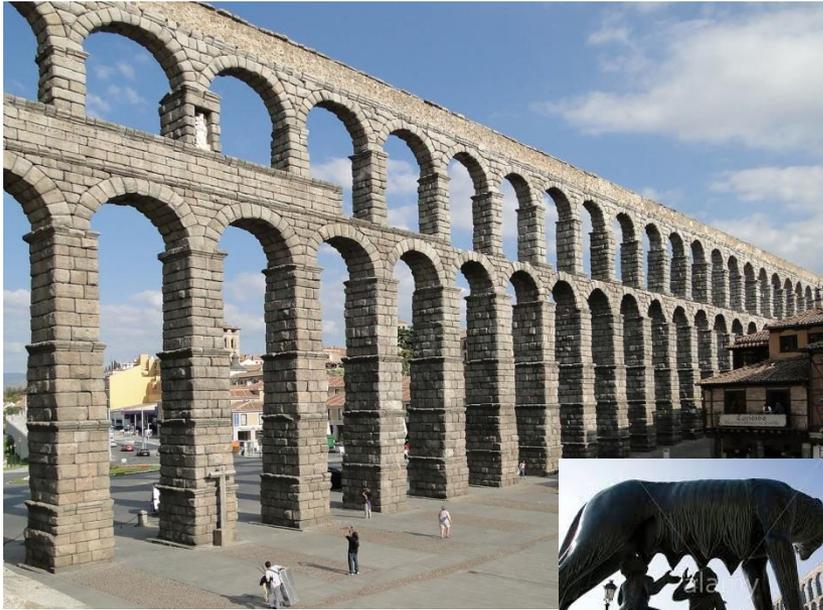


Croce armena.

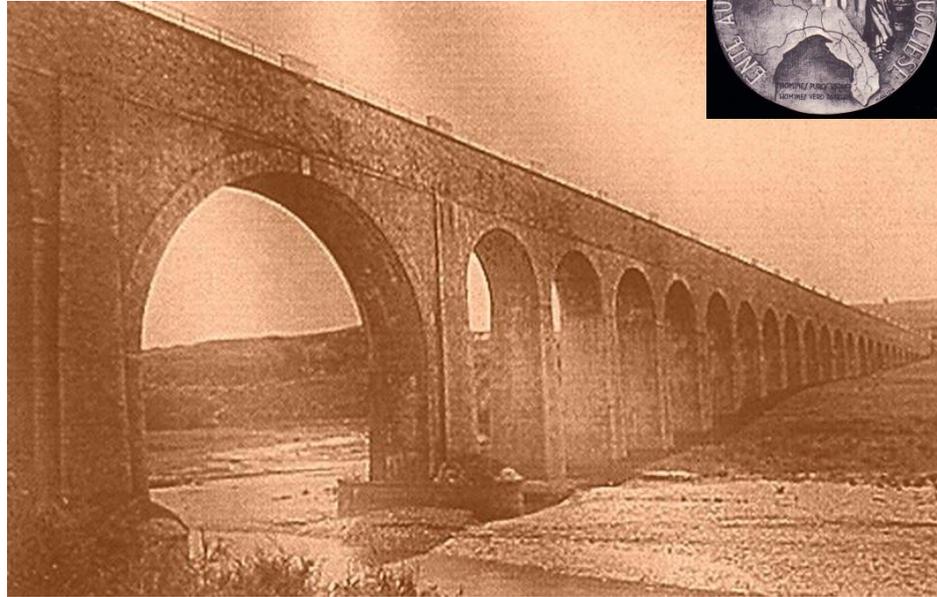
Ultima Cena, V secolo  
Sant' Apollinare - Ravenna



Arca dell' Alleanza - Cafarnaoo.



Acquedotto romano di Segovia  
I secolo d.c.



Acquedotto Pugliese  
anno 1902-1928



Pantheon di Roma  
anno 24 a.c /120-124 d.c.

L'Ingegneria  
Italiana non è nata  
con gli Eurocodici

L'ITALIA NEL 1815

55



ITALIA  
PIÙ DI 2000 ANNI  
DI CIVILTÀ

*Preferiamo sbagliare da soli!*

# ASPETTI CONTRATTUALI

## PREZZIARI A CONFRONTO



R. Magritte  
Decalcomania (1966)

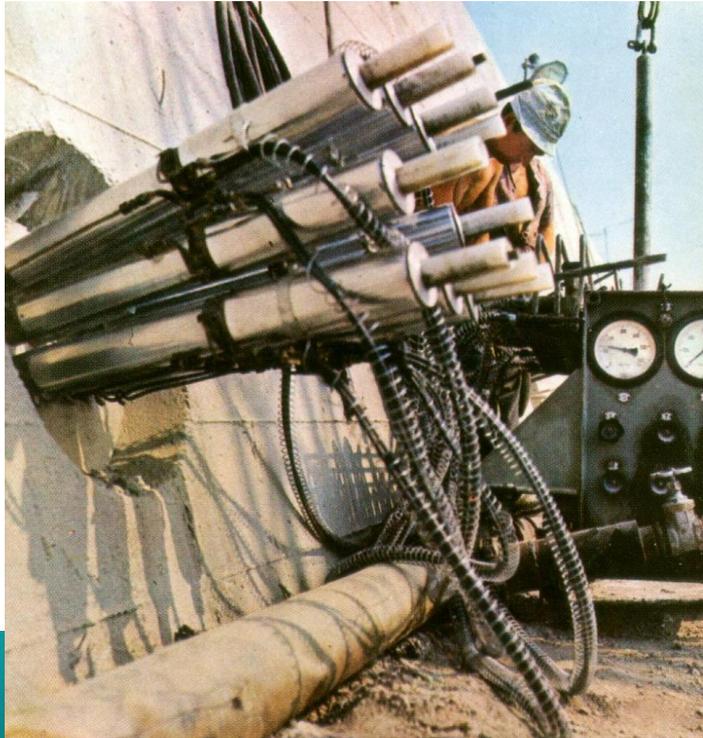
BENE COMUNE



NORMA

PROGETTO  
+ OPERA

## TIRANTI DI ANCORAGGIO



PER  
CONCLUDERE

## TIRANTI A GROUND ZERO - NY



## TIRANTI A GROUND ZERO - NY



“ ..... nulla dies umquam memori vos eximet aevo”  
Virgilio, Eneide, IX  
(nessun giorno vi potrà mai cancellare dalla memoria della nostra storia)

Virgilio tra le Muse Clio e Melpomene

attenzione però perché la frase completa  
interpella la nostra responsabilità a  
permanere come Nazione :

*“... si quid mea carmina possunt,  
nulla dies umquam memori vos eximet aevo,  
dum domus Aeneae Capitoli immobile saxum  
accolet imperiumque pater Romanus habebit.”*

*Virgilio, Eneide, IX*

*... se il mio canto vale,  
nessun tempo farà da le memorie  
voi tramontar, finché d'Enea la stirpe  
terrà del Campidoglio il sasso immoto  
ed il romano padre avrà l'impero.*

(traduzione in versi di Giuseppe Albini)



“UNA SALUS VICTIS, NULLAM SPERARE SALUTEM”

Virgilio, Eneide, II

*c'è una sola speranza di salvezza per i vinti :  
non sperare in alcuna salvezza.*



**IL  
RIMEDIO**

Fuga di Enea - Federico Barrocco, 1598  
Galleria Borghese - Roma

... abbiamo fatto un escursus su più di 50 anni di ingegneria geotecnica italiana ...



**FINE**



CON L'AUGURIO CHE NON SI DEBBA DIRE LO STESSO  
PER L'INGEGNERIA GEOTECNICA E LE PARATIE MULTIANCORATE  
IN ITALIA