
Corso di Laboratorio di Geotecnica

docente: ing. Riccardo Castellanza

Lezione 1:

**Introduzione:
dalle prove in laboratorio alle opere geotecniche.**





Dikes nei Paesi Bassi



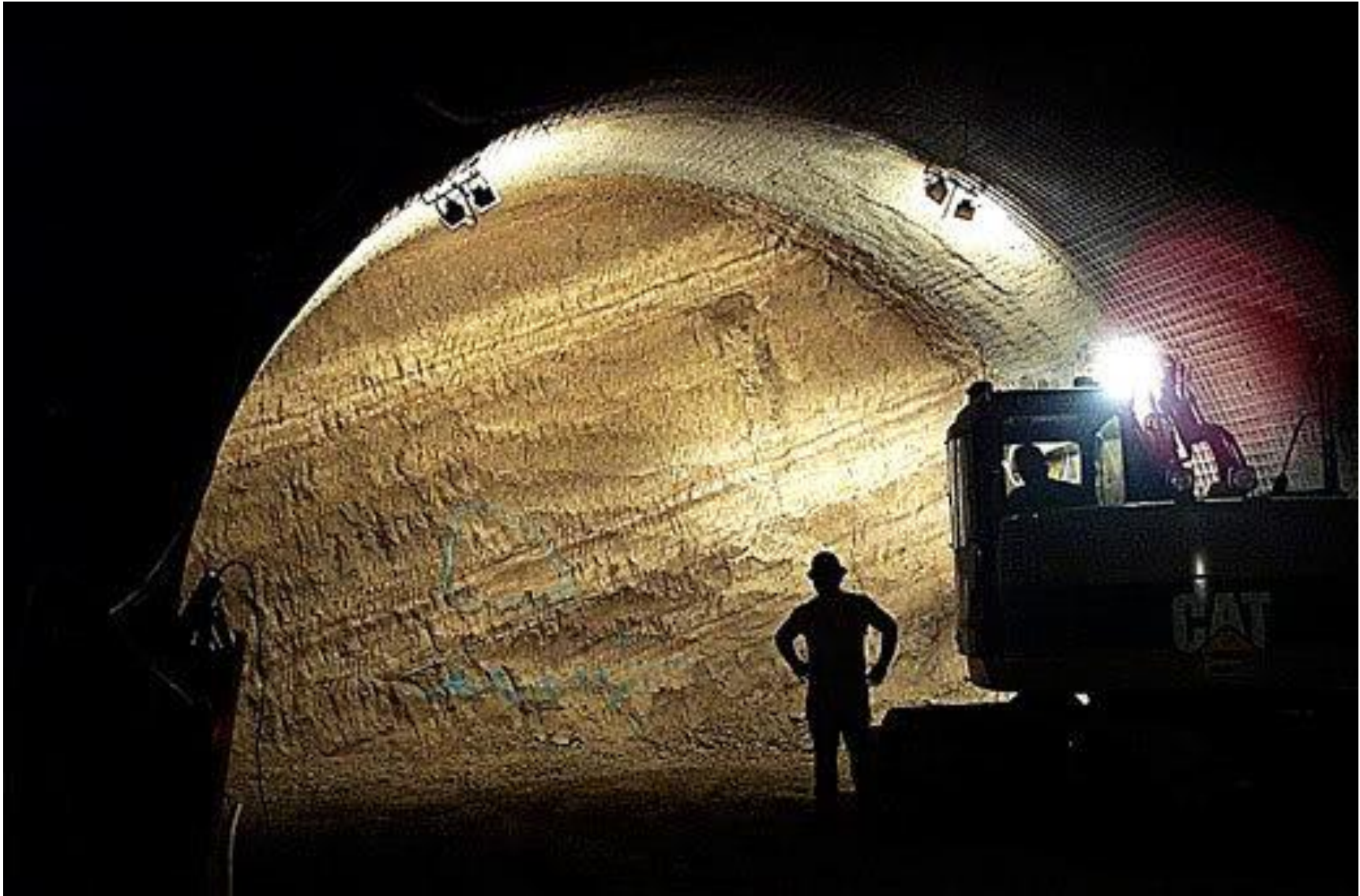


Dikes nei Paesi Bassi

Dikes nei Paesi Bassi



Scavo gallerie



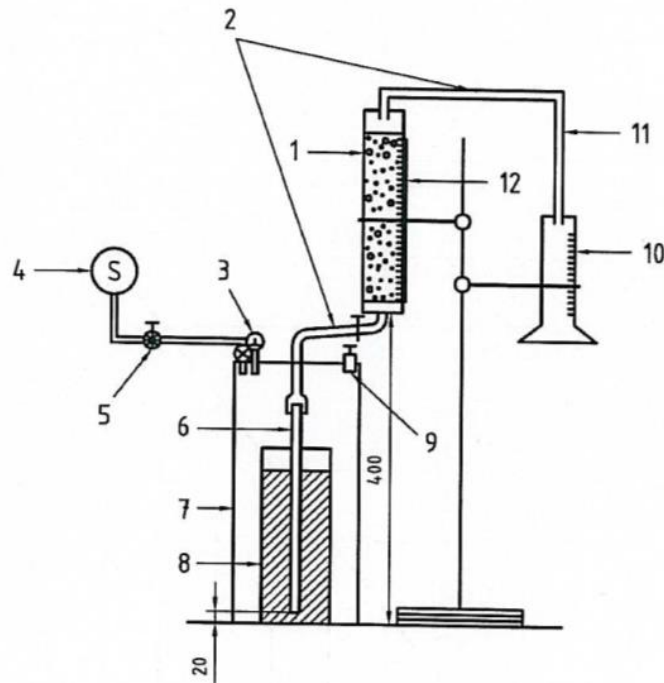
Scavo gallerie milano



Prove di iniezione in colonna di sabbia

Test configuration → UNI EN 1771:2005

→ ASTM D4320 - 02

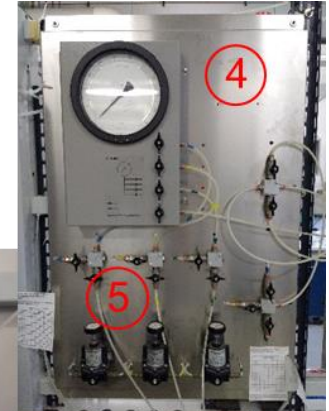
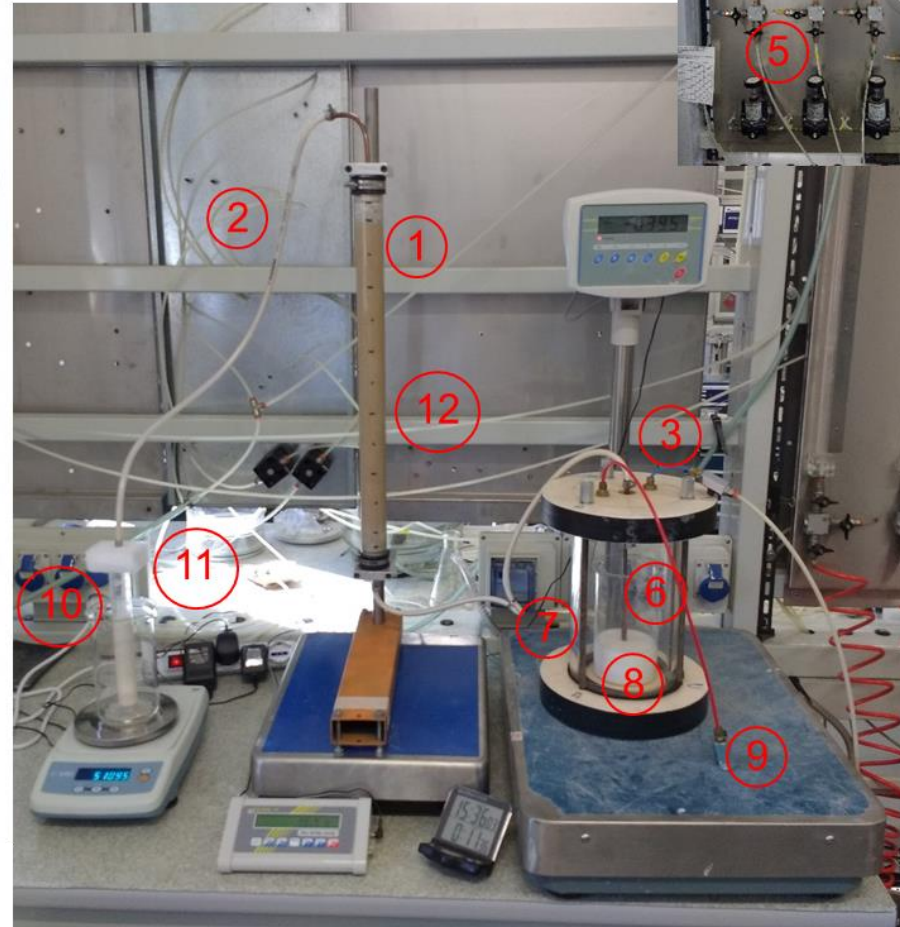


Key

- | | |
|---|---------------------|
| 1 Injection column | 7 Pressure vessel |
| 2 Flexible joining tube (6 mm, length 600 mm) | 8 Metal container |
| 3 Control measuring gauge | 9 Safety valve |
| 4 Compressed air supply | 10 Measuring vessel |
| 5 Pressure regulation valve | 11 Overflow tube |
| 6 Rising tube | 12 Scale |

Scheme of UNI EN 1771:2005

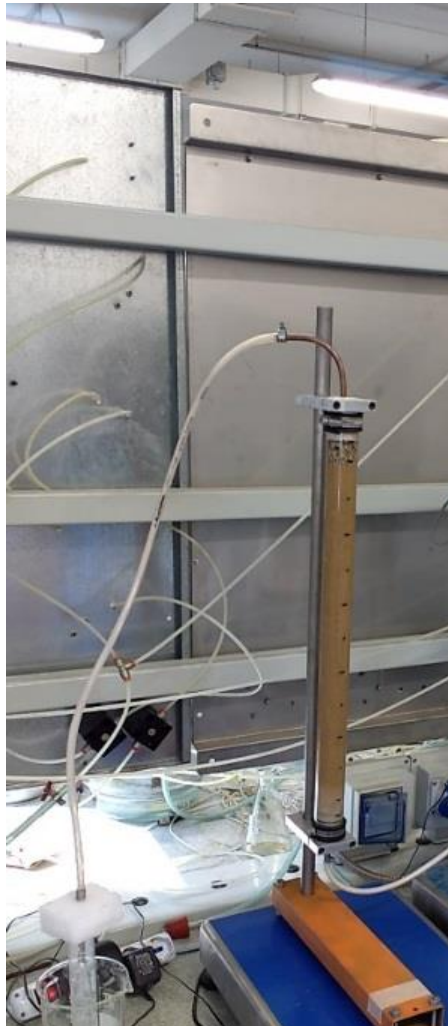
Test configuration in our laboratory (down) and pressure control panel (right)



Prove di iniezione in colonna di sabbia

Injection with acrylic column and use of
balances

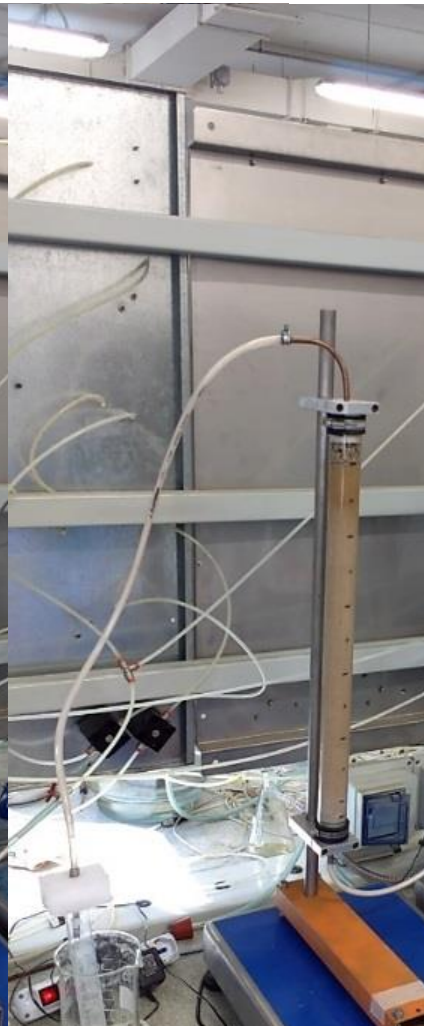
Time 1



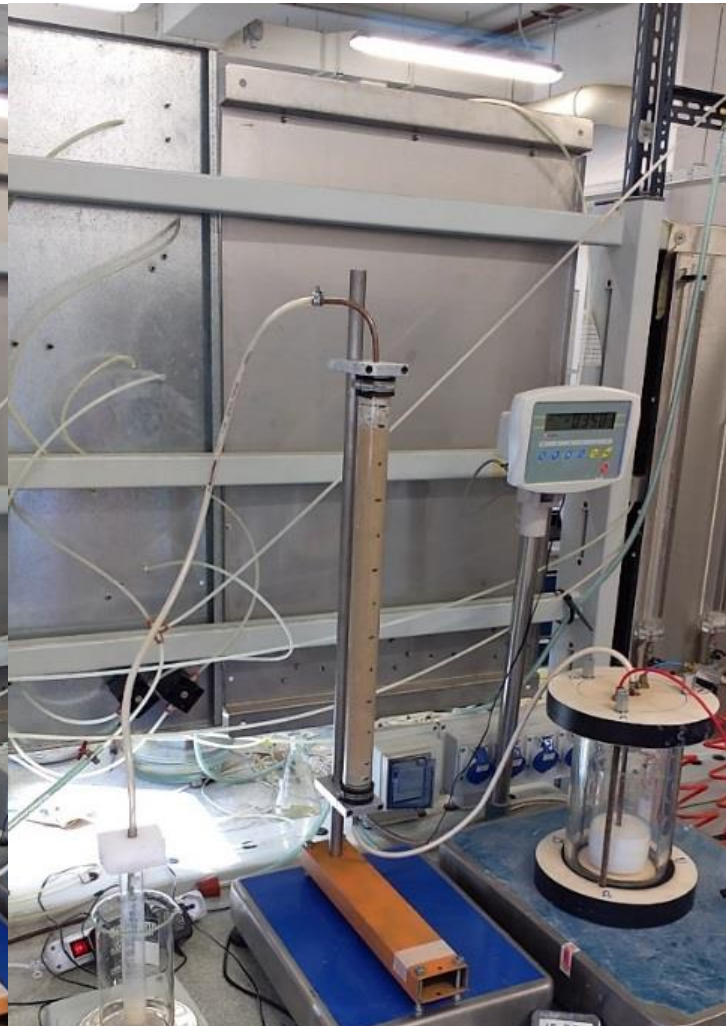
Time 2



Time 3



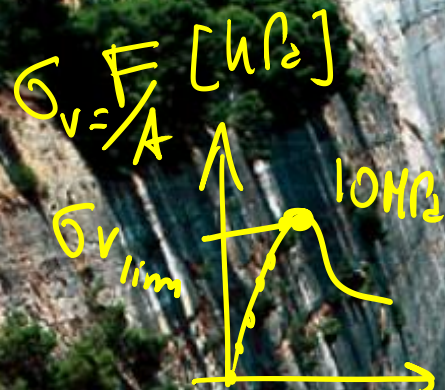
Time 4



Canale di Corinto



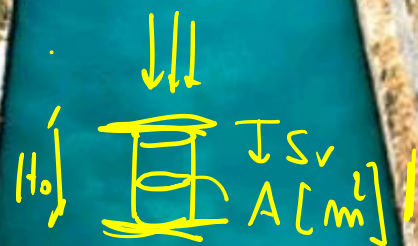
Canale di Corinto



$F_s = \frac{\sigma_{v \lim} \cdot S_v}{\sigma_{sr} \cdot H_0} = 5$

σ_{sr}

H_0



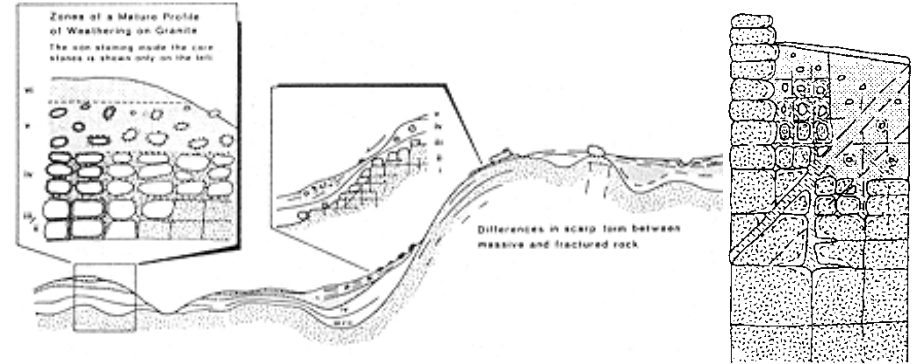
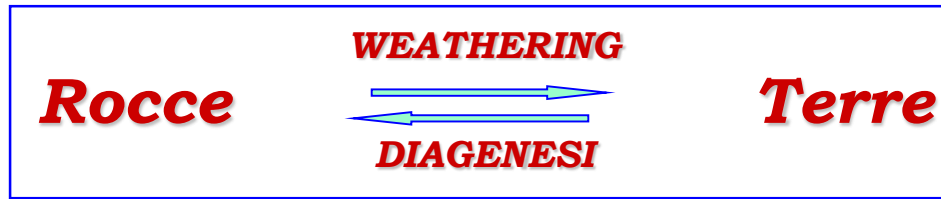


Ponte Tav sul Po

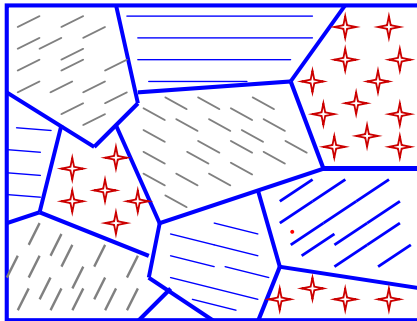
Introduzione

- 1. Meccanica delle terre: prove di lab.**
- 2. Meccanica delle rocce: prove di lab. su roccia intatta e su giunti.**
- 3. Meccanica delle rocce tenere - terreni cementati : prove di lab. (cenni)**

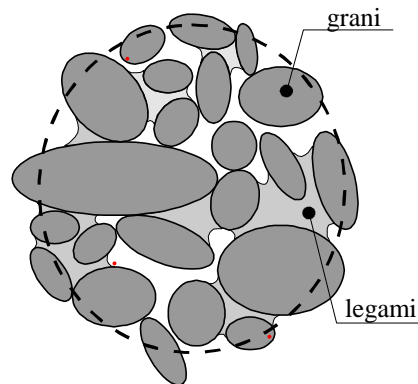
I geomateriali



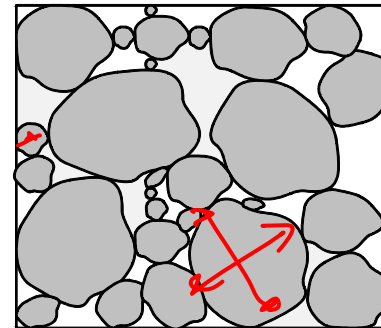
**Rocce ignea
(roccia dura)**



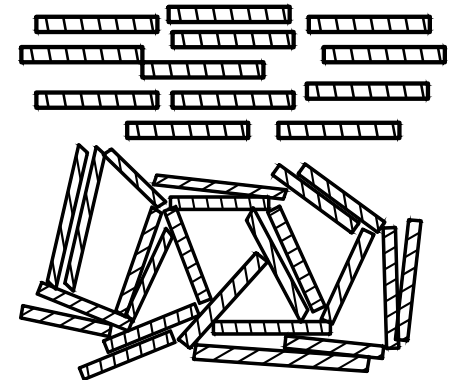
**Rocce tenere -
terre cementate**



**Terreni a grana
grossa: sabbie.**



**Terreni a grana
fine: argille.**



**Classificate in base alle resistenza in
compressione uniassiale**

250 MPa ➡ **20 -:- 0.5 MPa**

**Classificate in base alle dimensioni
medie dei grani**

2 -:- 0.06 mm ➡ **< 0.002 mm**

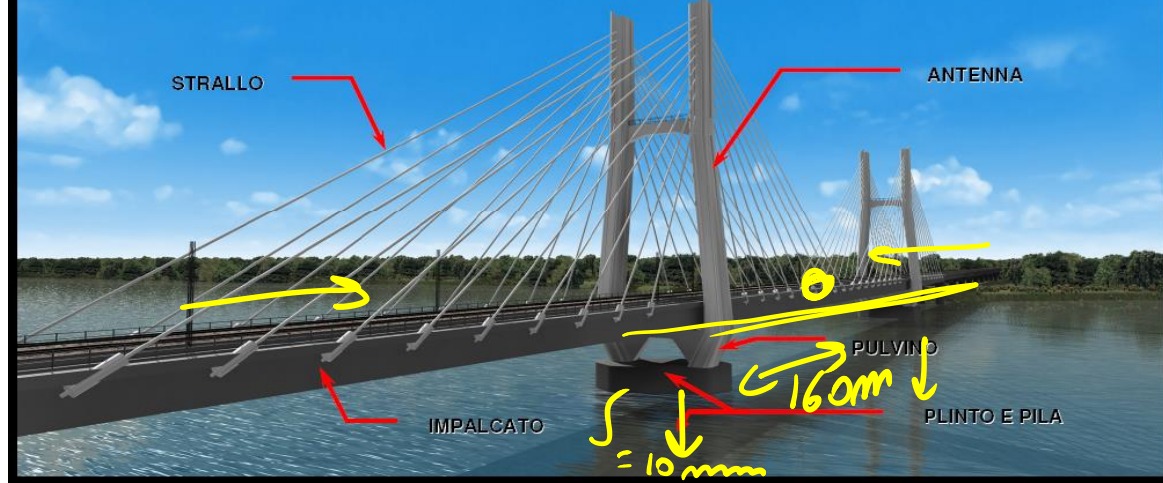
Le opere geotecniche: esempi

- 1) Fondazioni**
- 2) Terrepieni sommersi**
- 3) Stabilità di pendii**
- 4) Dighe**
- 5) Scavi e opere sotterranee**
- 6) Miniere**

OPERE DI FONDAZIONI SPECIALI:

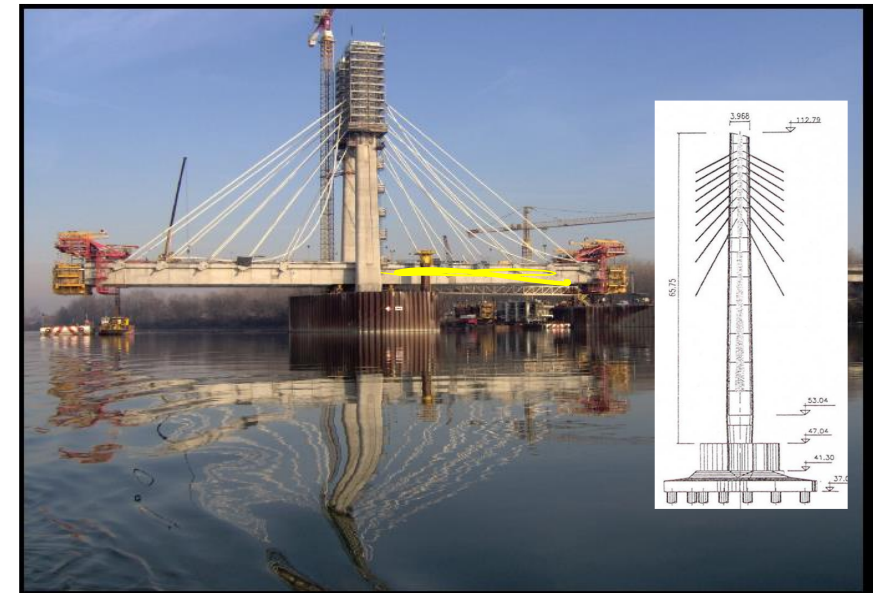
Le fondazioni del ponte strallato sul Po (TAV Mi-Bo)

High Speed (MI-BO): Cable Stayed Bridge on Po river

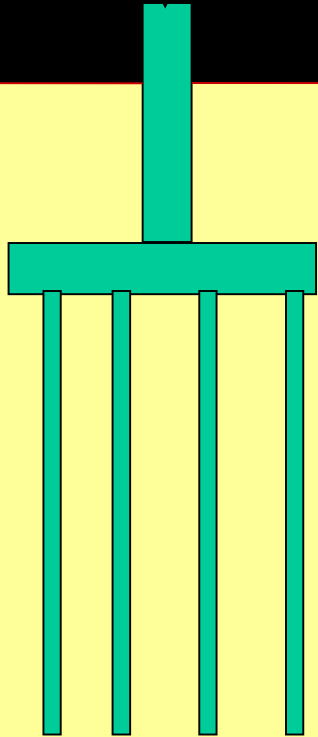


The requirements of the displacement based design suggest to take into account constitutive models able to correctly describe the soil behaviour.

In order to avoid the “collapse” of the designer, we will focus first on some basic aspects.



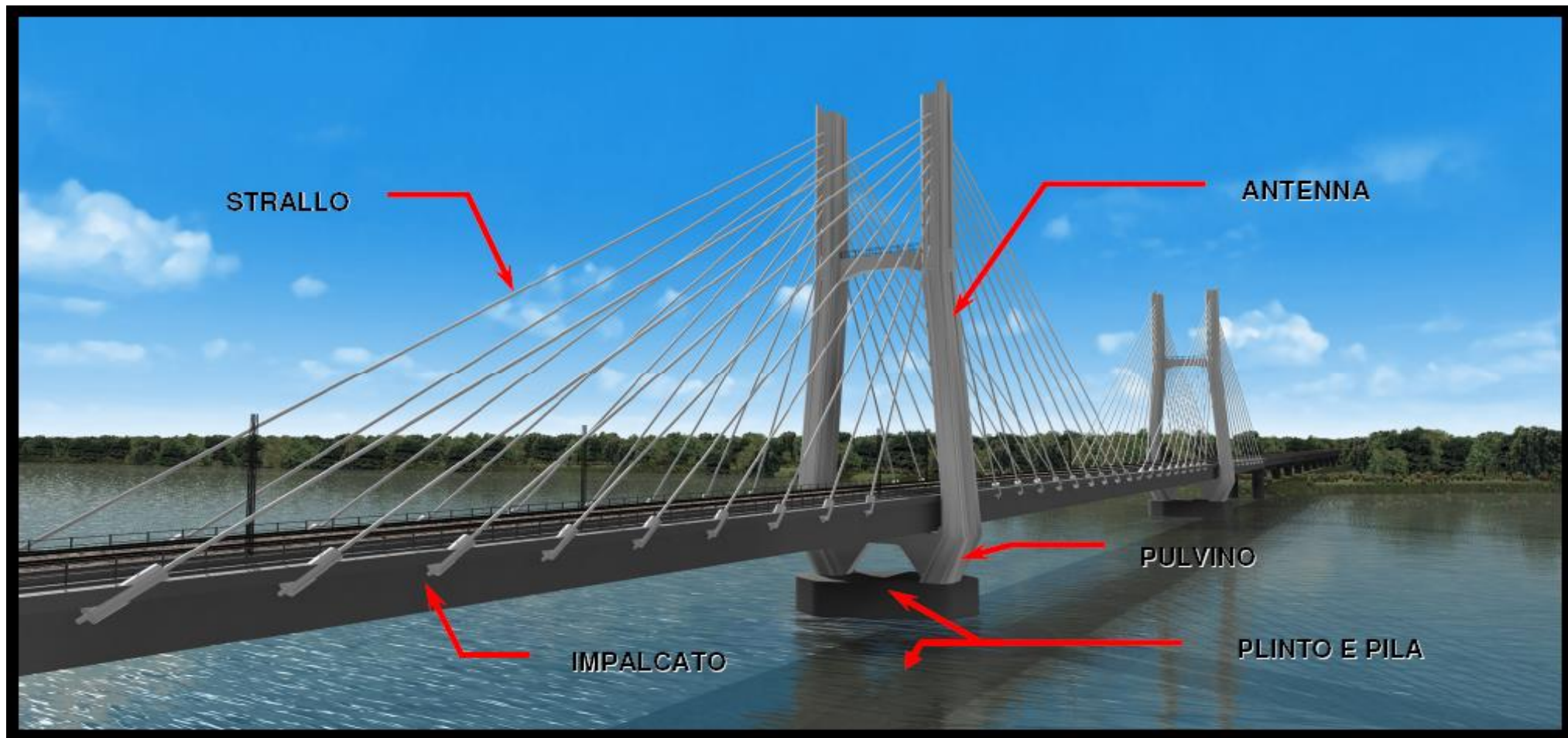
In qualche caso le fondazioni dirette non bastano



TAV: attraversamento del Po

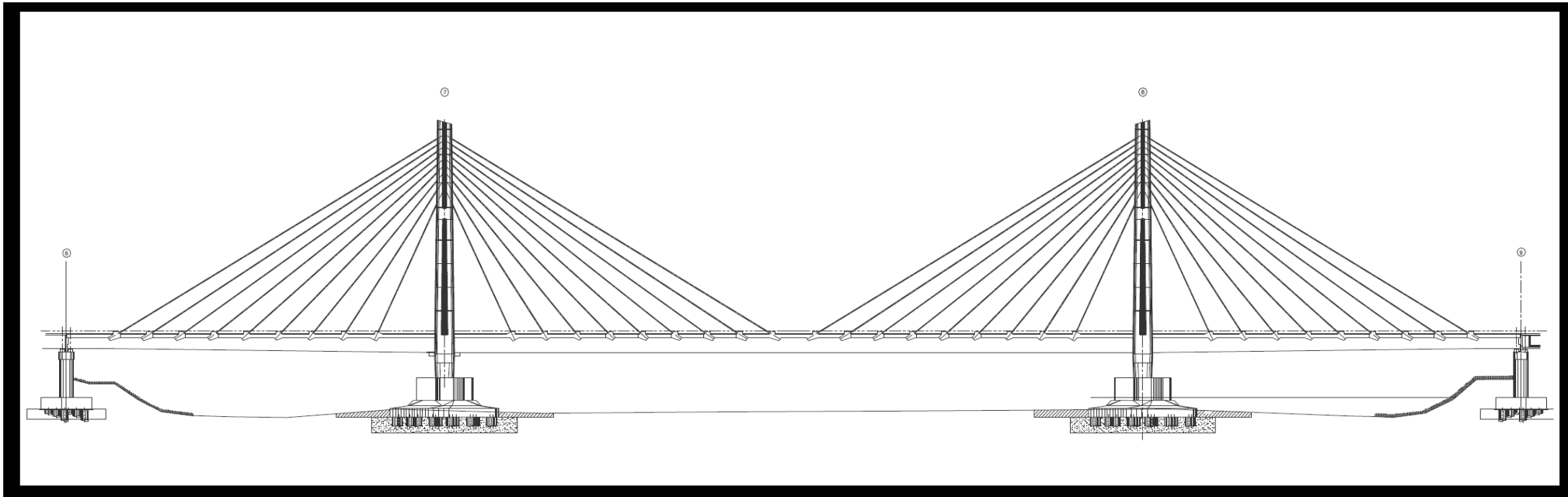
OPERE DI FONDAZIONI SPECIALI:

Le fondazioni del ponte strallato sul Po (TAV Mi-Bo)



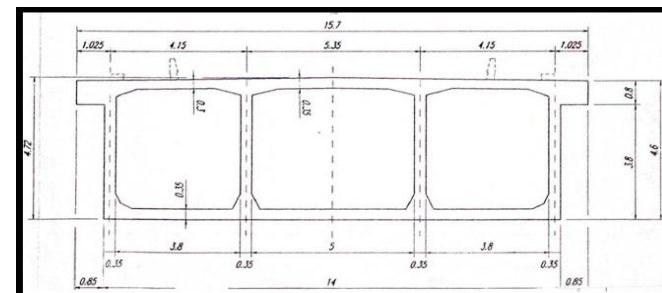
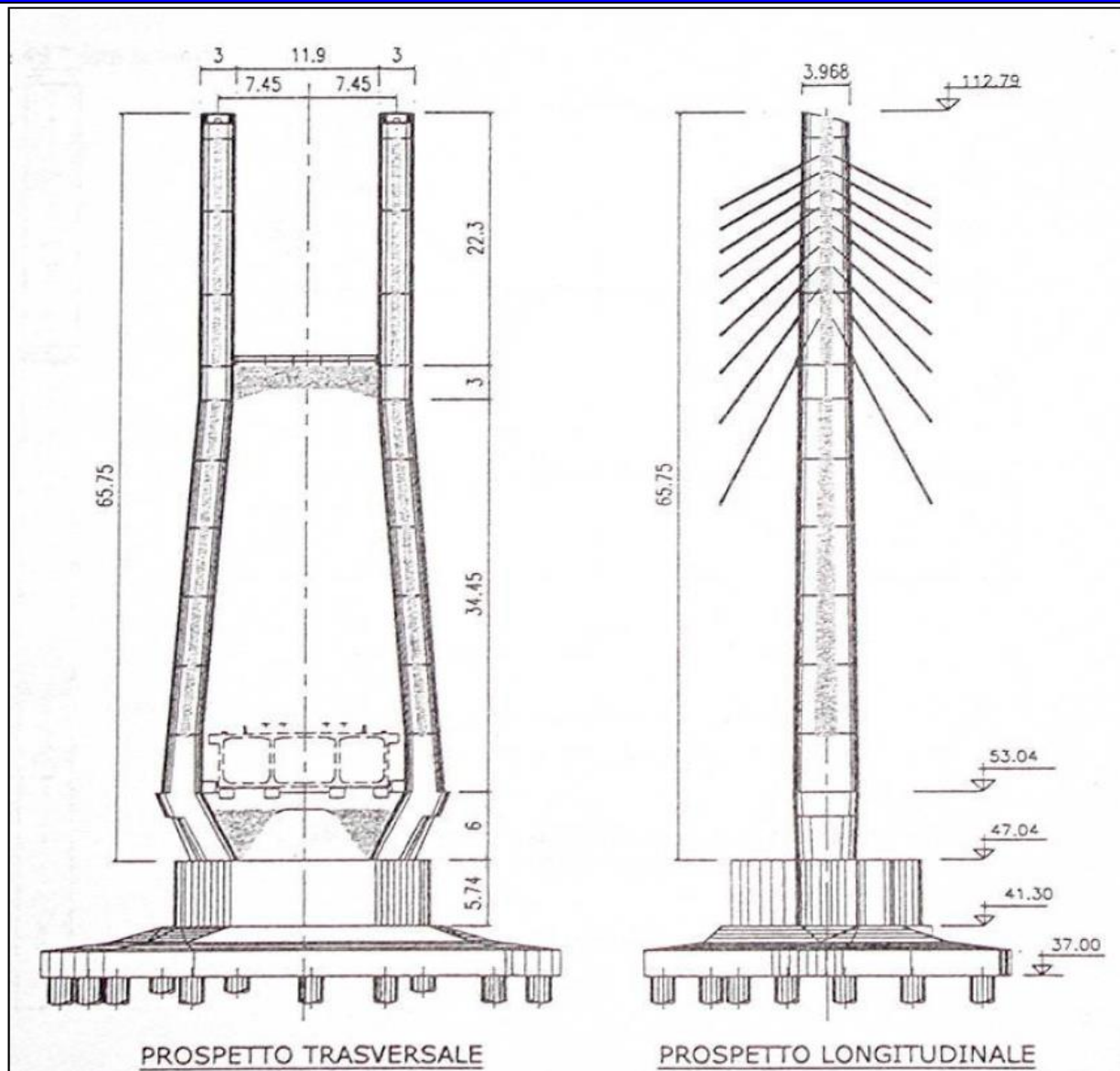
OPERE DI FONDAZIONI SPECIALI:

Le fondazioni del ponte strallato sul Po (TAV Mi-Bo)



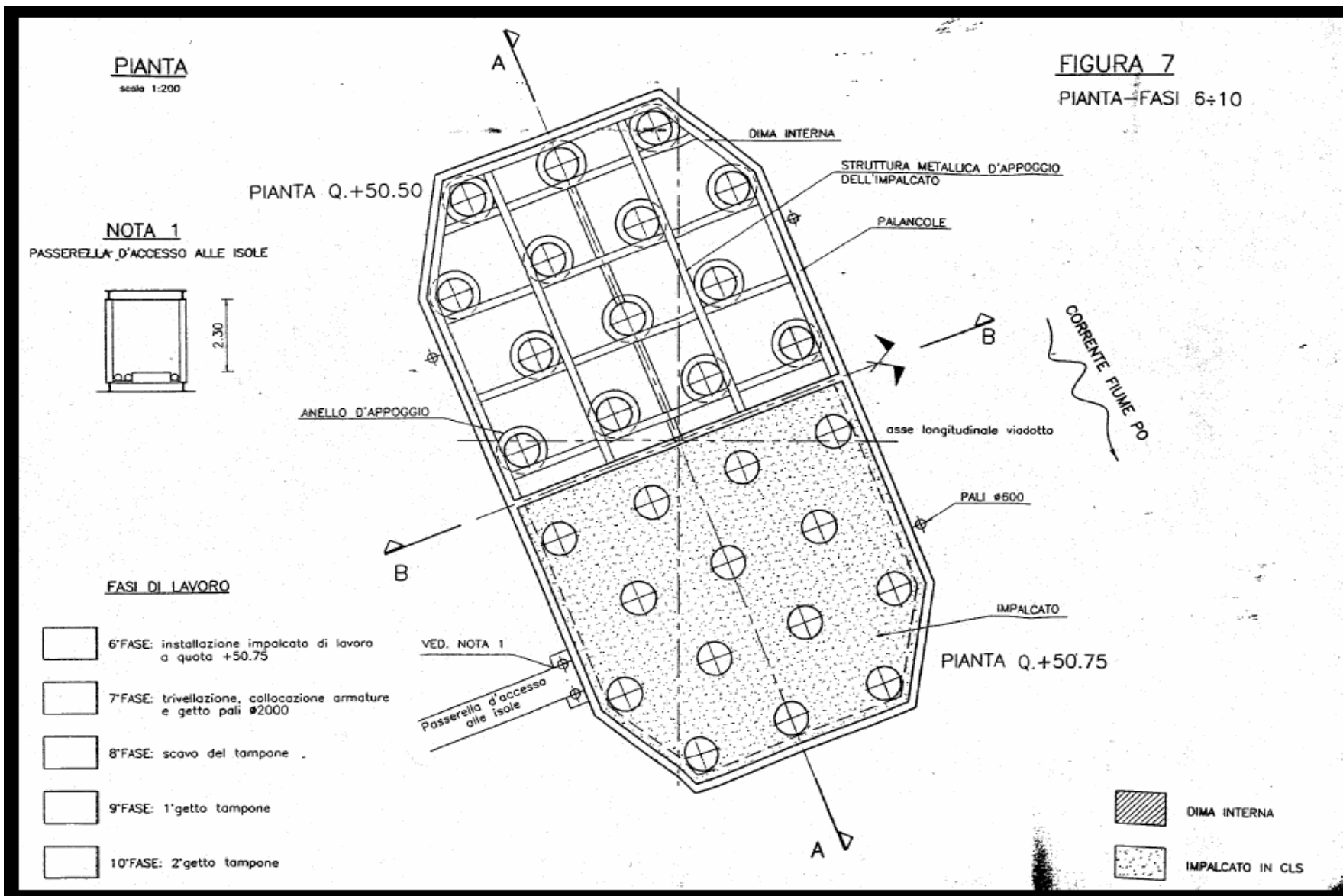
OPERE DI FONDAZIONI SPECIALI:

Le fondazioni del ponte strallato sul Po (TAV Mi-Bo)v



OPERE DI FONDAZIONI SPECIALI:

Le fondazioni del ponte strallato sul Po (TAV Mi-Bo)v



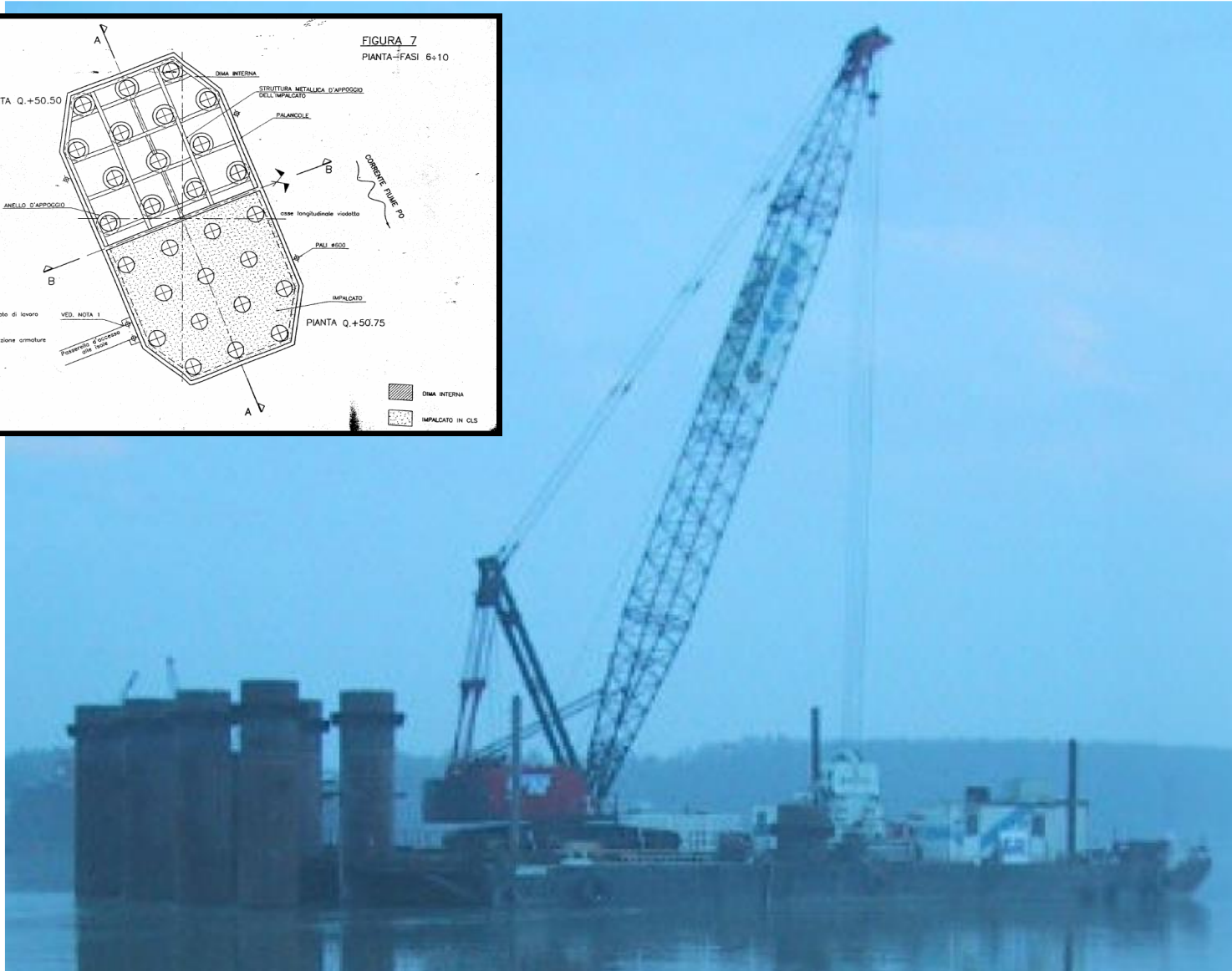
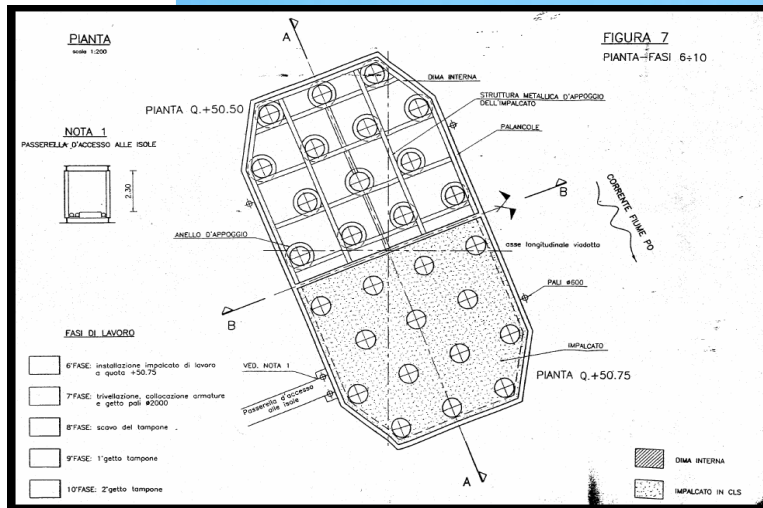
OPERE DI FONDAZIONI SPECIALI:

Le fondazioni del ponte strallato sul Po (TAV Mi-Bo)v



OPERE DI FONDAZIONI SPECIALI:

Le fondazioni del ponte strallato sul Po (TAV Mi-Bo)



OPERE DI FONDAZIONI SPECIALI:

Le fondazioni del ponte strallato sul Po (TAV Mi-Bo)v



OPERE DI FONDAZIONI SPECIALI:

Le fondazioni del ponte strallato sul Po (TAV Mi-Bo)



OPERE DI FONDAZIONI SPECIALI:

Le fondazioni del ponte strallato sul Po (TAV Mi-Bo)



OPERE DI FONDAZIONI SPECIALI:

Le fondazioni del ponte strallato sul Po (TAV Mi-Bo)



OPERE DI FONDAZIONI SPECIALI:

Le fondazioni del ponte strallato sul Po (TAV Mi-Bo)



OPERE DI FONDAZIONI SPECIALI:

Le fondazioni del ponte strallato sul Po (TAV Mi-Bo)



OPERE DI FONDAZIONI SPECIALI:

Le fondazioni del ponte strallato sul Po (TAV Mi-Bo)



OPERE DI FONDAZIONI SPECIALI:

Le fondazioni del ponte strallato sul Po (TAV Mi-Bo)



OPERE DI FONDAZIONI SPECIALI:

Le fondazioni del ponte strallato sul Po (TAV Mi-Bo)



OPERE DI FONDAZIONI SPECIALI: Le fondazioni del ponte strallato sul Po (TAV Mi-Bo)



OPERE DI FONDAZIONI SPECIALI:

Le fondazioni del ponte strallato sul Po (TAV Mi-Bo)



OPERE DI FONDAZIONI SPECIALI:

Le fondazioni del ponte strallato sul Po (TAV Mi-Bo)



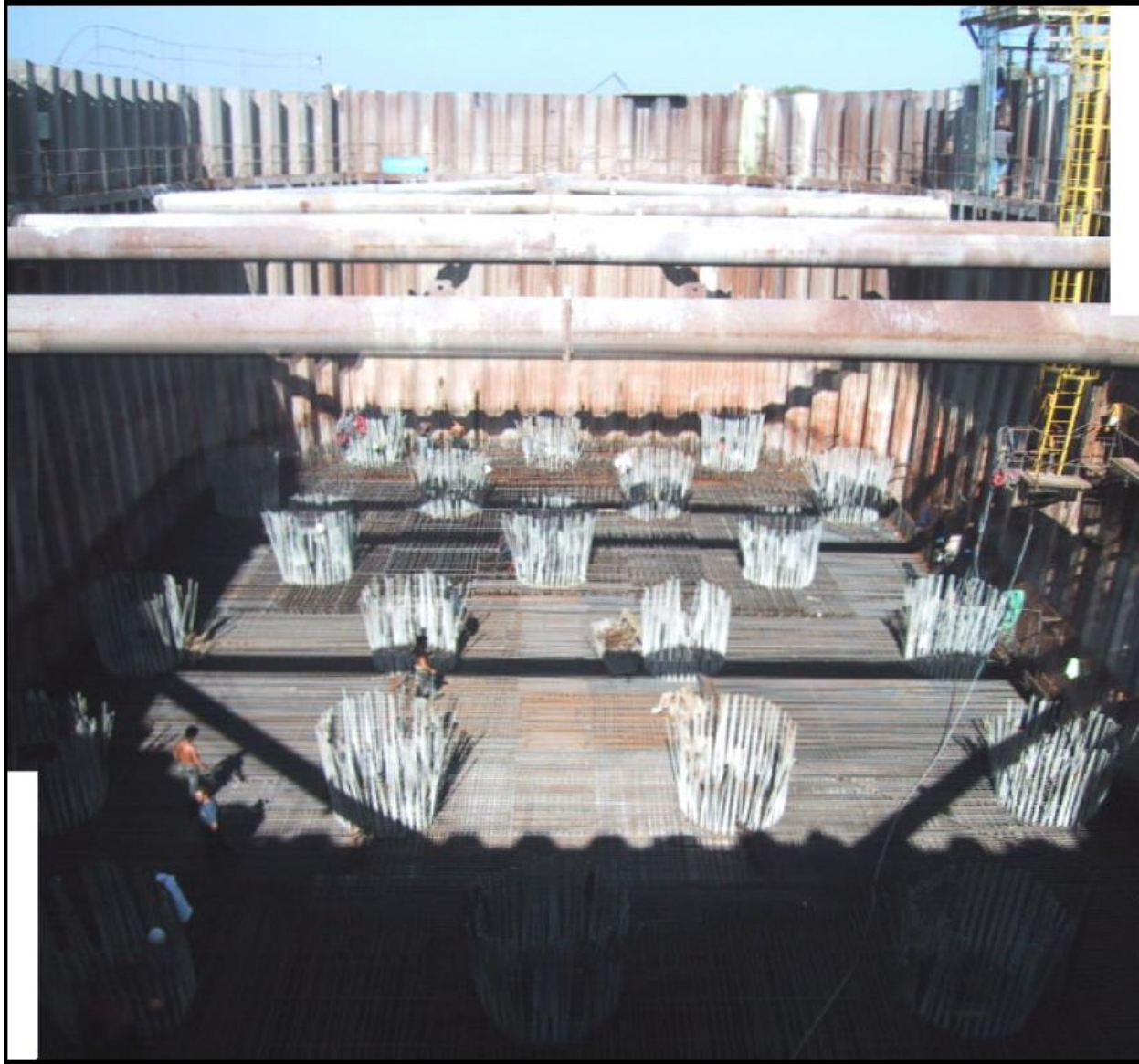
OPERE DI FONDAZIONI SPECIALI:

Le fondazioni del ponte strallato sul Po (TAV Mi-Bo)



OPERE DI FONDAZIONI SPECIALI:

Le fondazioni del ponte strallato sul Po (TAV Mi-Bo)

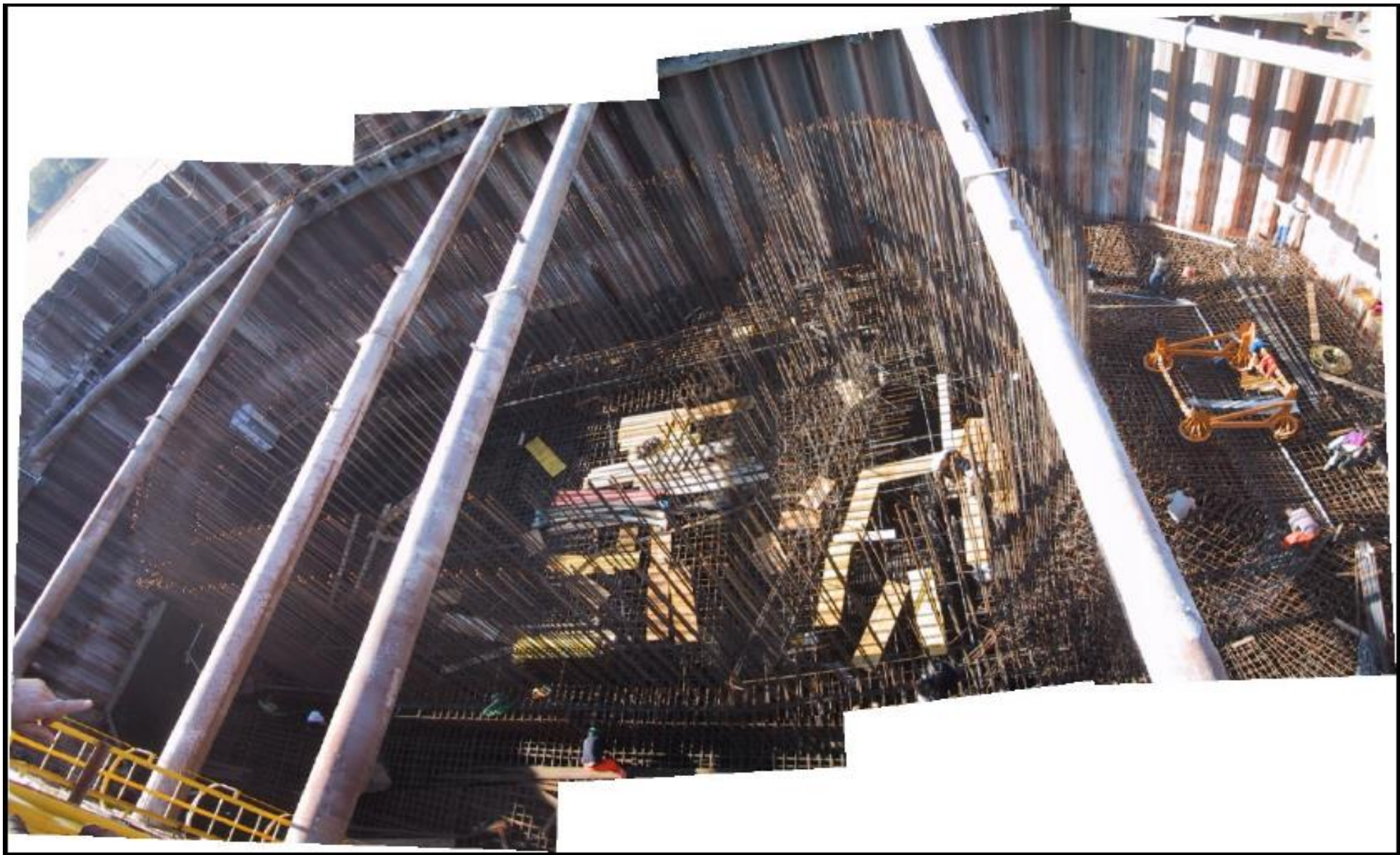


OPERE DI FONDAZIONI SPECIALI: Le fondazioni del ponte strallato sul Po (TAV Mi-Bo)



OPERE DI FONDAZIONI SPECIALI:

Le fondazioni del ponte strallato sul Po (TAV Mi-Bo)



OPERE DI FONDAZIONI SPECIALI:

Le fondazioni del ponte strallato sul Po (TAV Mi-Bo)



OPERE DI FONDAZIONI SPECIALI:

Le fondazioni del ponte strallato sul Po (TAV Mi-Bo)



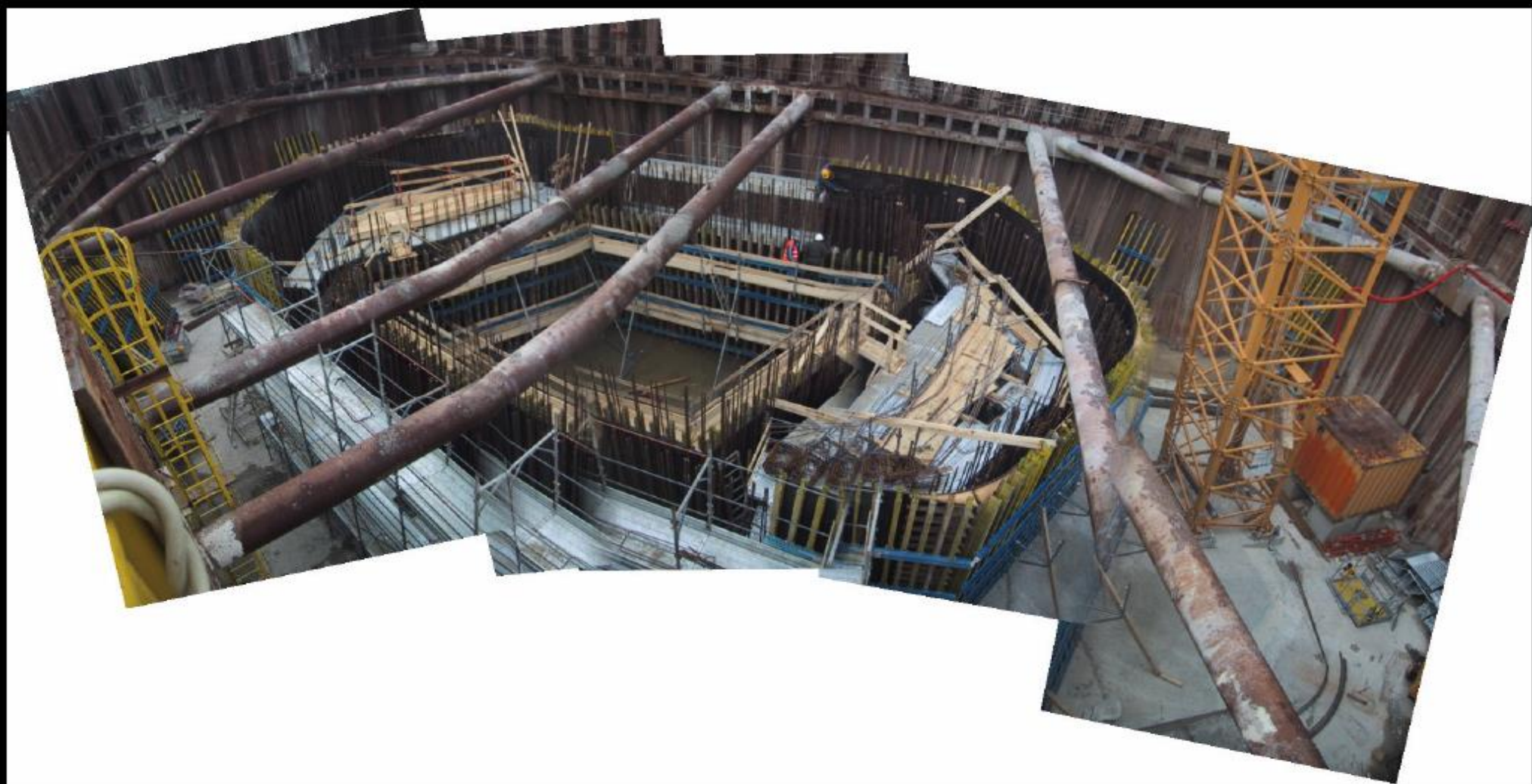
OPERE DI FONDAZIONI SPECIALI:

Le fondazioni del ponte strallato sul Po (TAV Mi-Bo)



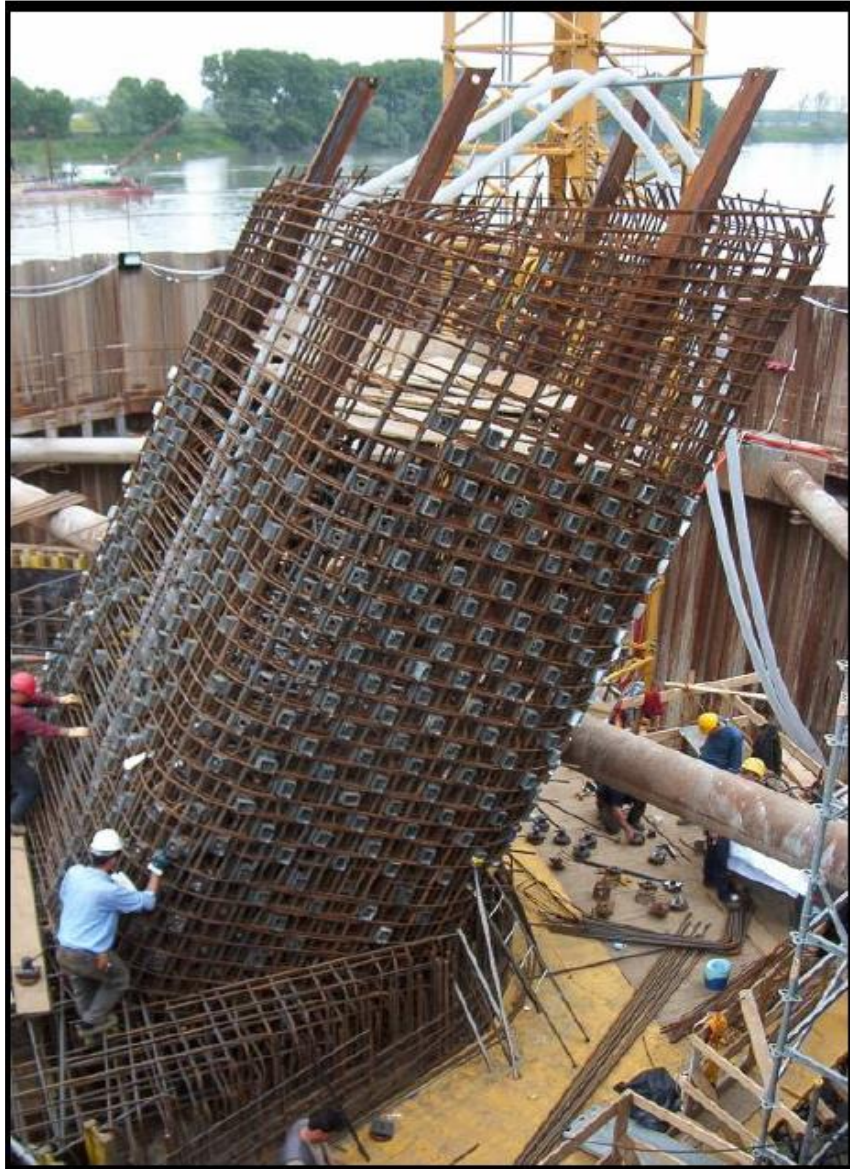
OPERE DI FONDAZIONI SPECIALI:

Le fondazioni del ponte strallato sul Po (TAV Mi-Bo)



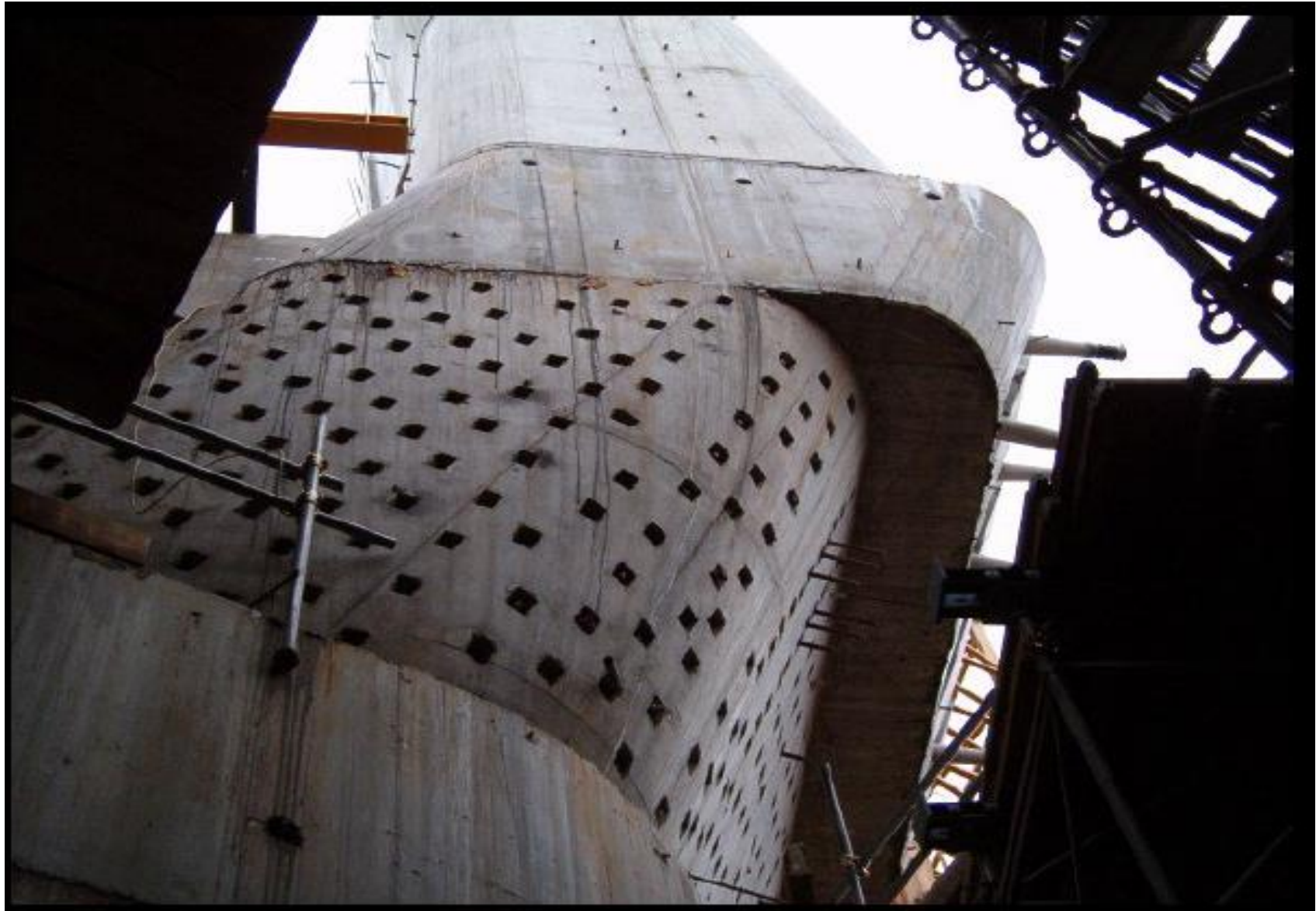
OPERE DI FONDAZIONI SPECIALI:

Le fondazioni del ponte strallato sul Po (TAV Mi-Bo)



OPERE DI FONDAZIONI SPECIALI:

Le fondazioni del ponte strallato sul Po (TAV Mi-Bo)



OPERE DI FONDAZIONI SPECIALI:

Le fondazioni del ponte strallato sul Po (TAV Mi-Bo)



OPERE DI FONDAZIONI SPECIALI:

Le fondazioni del ponte strallato sul Po (TAV Mi-Bo)



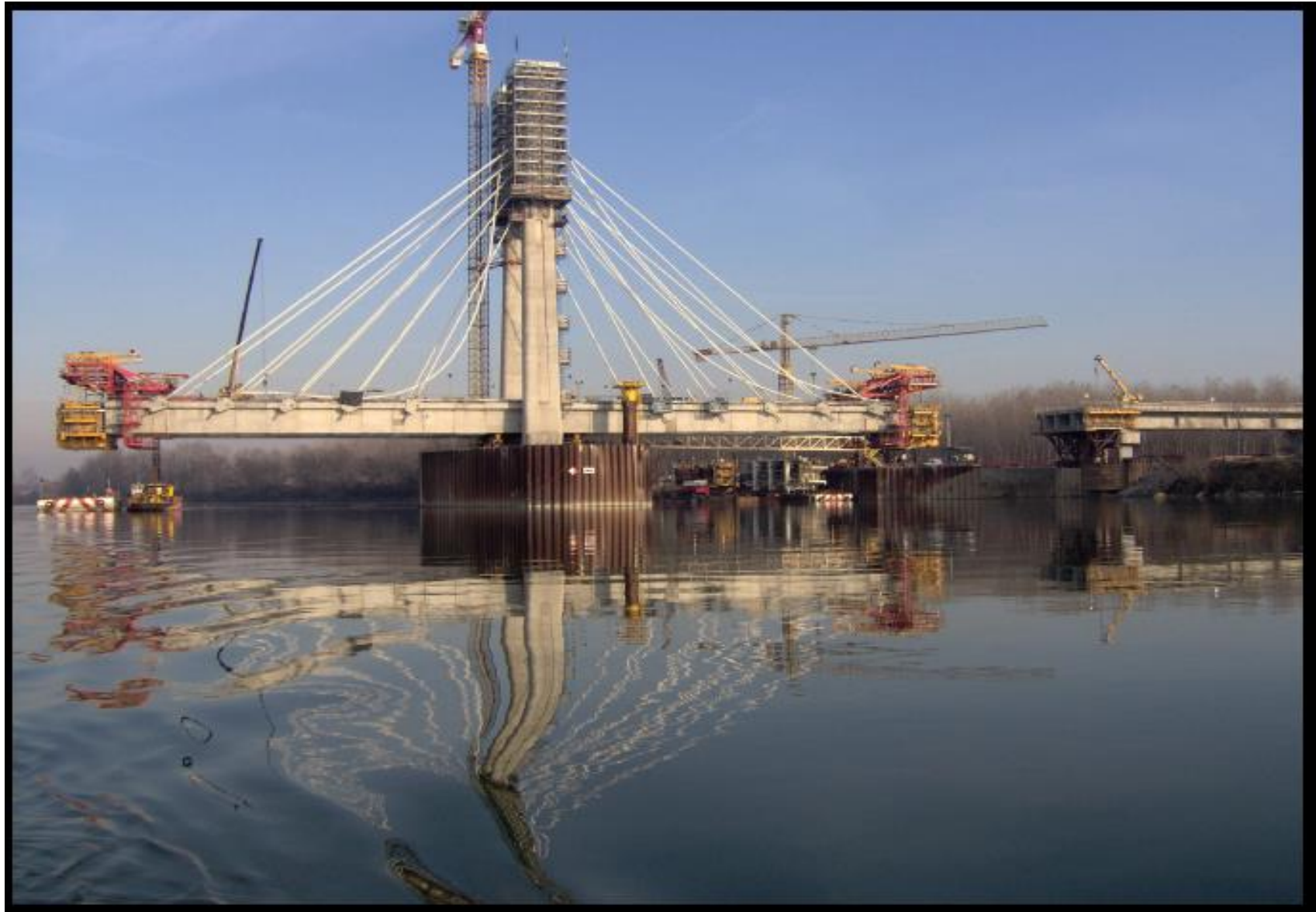
OPERE DI FONDAZIONI SPECIALI:

Le fondazioni del ponte strallato sul Po (TAV Mi-Bo)



OPERE DI FONDAZIONI SPECIALI:

Le fondazioni del ponte strallato sul Po (TAV Mi-Bo)



OPERE DI FONDAZIONI SPECIALI:

Le fondazioni del ponte strallato sul Po (TAV Mi-Bo)



OPERE DI FONDAZIONI SPECIALI:

Le fondazioni del ponte strallato sul Po (TAV Mi-Bo)



OPERE DI FONDAZIONI SPECIALI:

Le fondazioni del ponte strallato sul Po (TAV Mi-Bo)



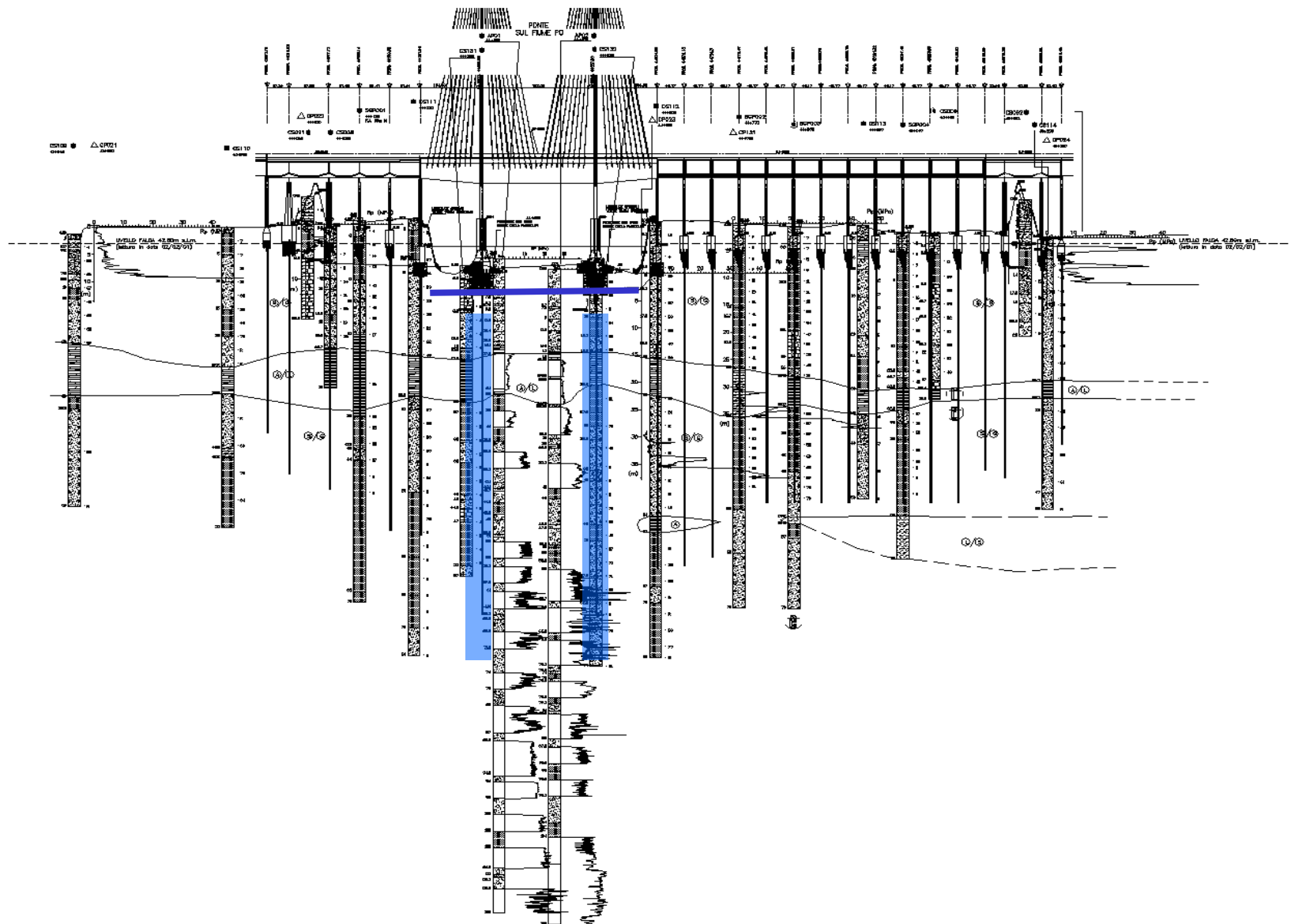
OPERE DI FONDAZIONI SPECIALI:

Le fondazioni del ponte strallato sul Po (TAV Mi-Bo)



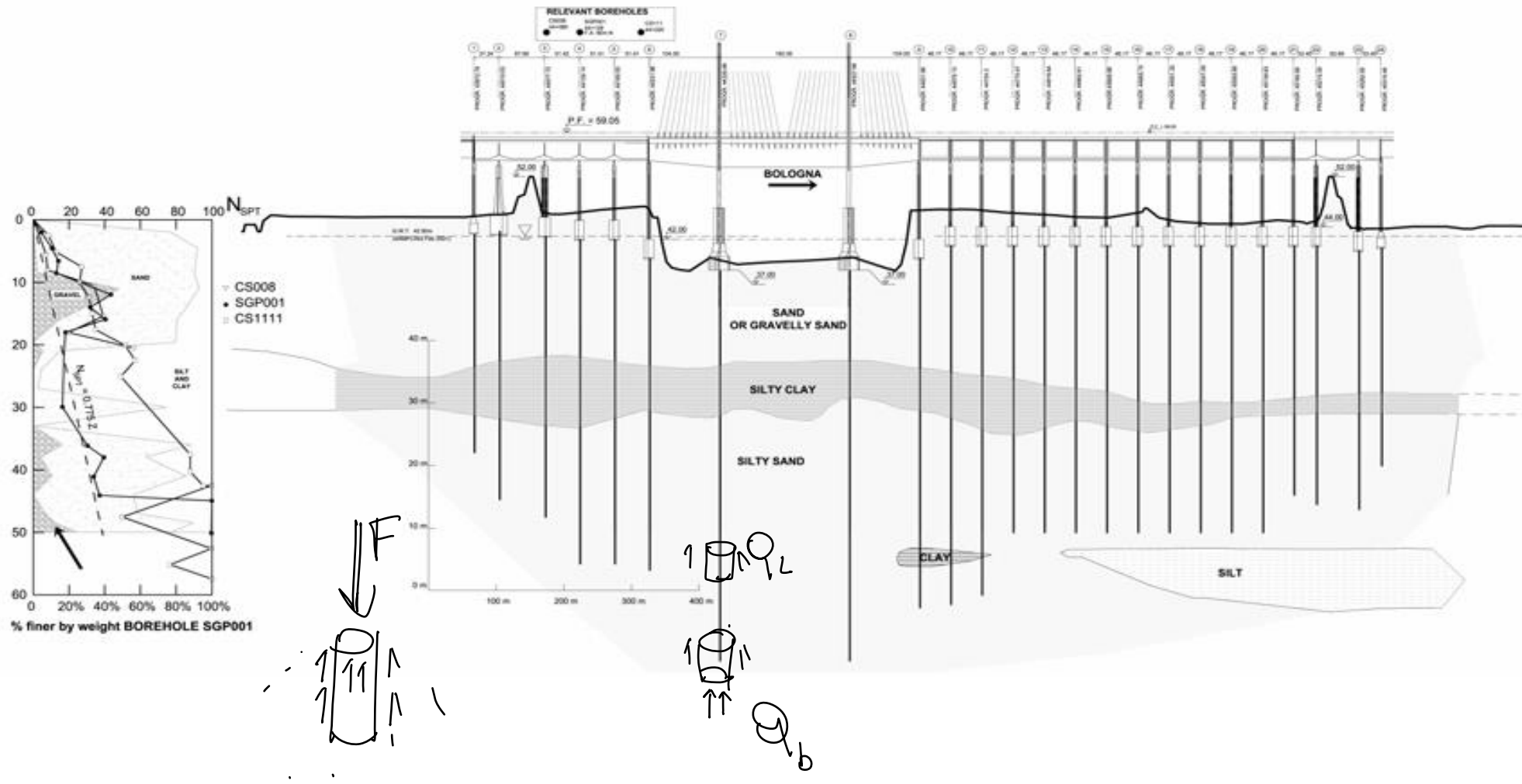
OPERE DI FONDAZIONI SPECIALI:

Le fondazioni del ponte strallato sul Po (TAV Mi-Bo)



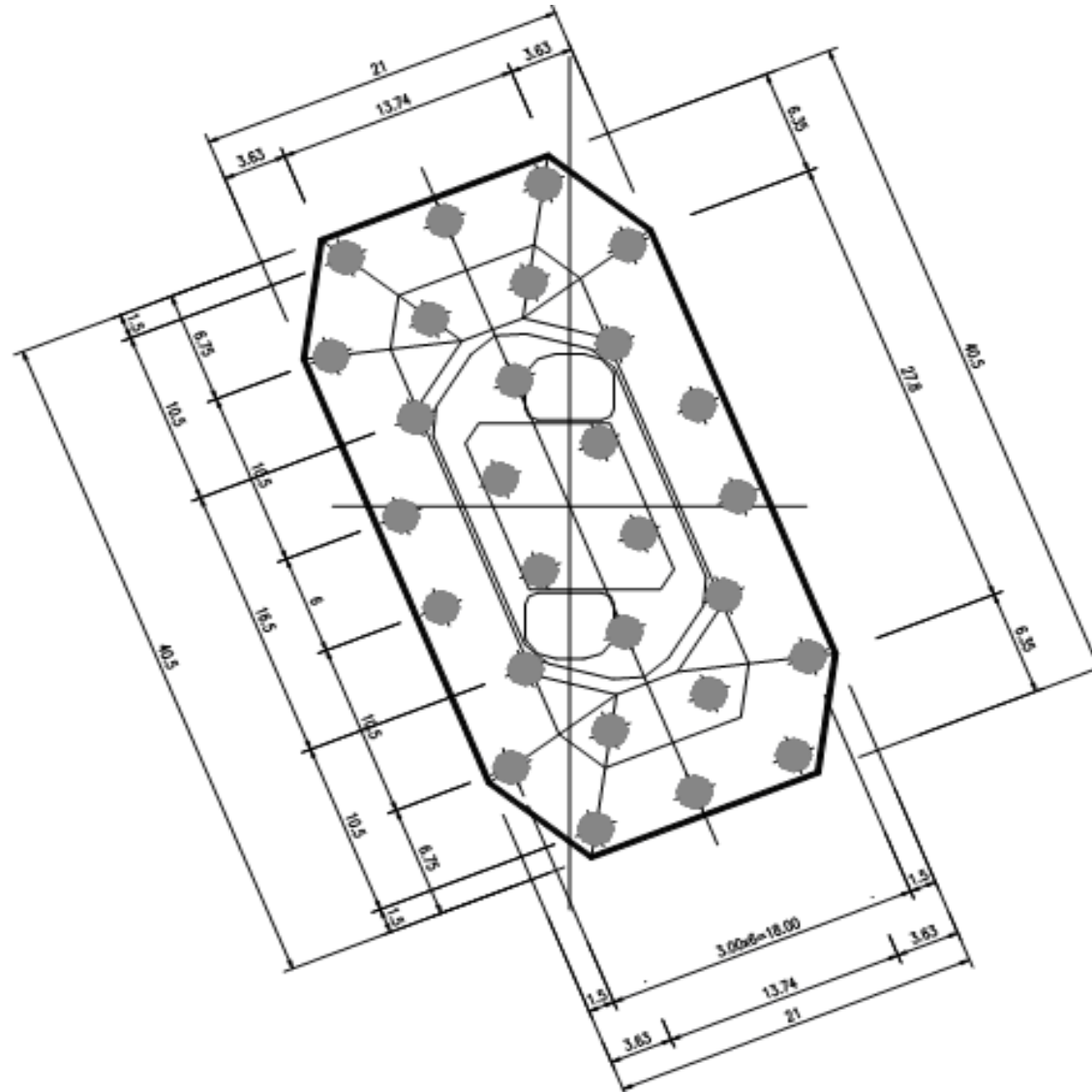
OPERE DI FONDAZIONI SPECIALI:

Le fondazioni del ponte strallato sul Po (TAV Mi-Bo)



OPERE DI FONDAZIONI SPECIALI:

Le fondazioni del ponte strallato sul Po (TAV Mi-Bo)



OPERE DI FONDAZIONI SPECIALI:

Le fondazioni del ponte strallato sul Po (TAV Mi-Bo)



armatura ad “imbuto” per
convogliamento tubo
getto
(*funnel shaped rebars for
tremie pipe crossing*)

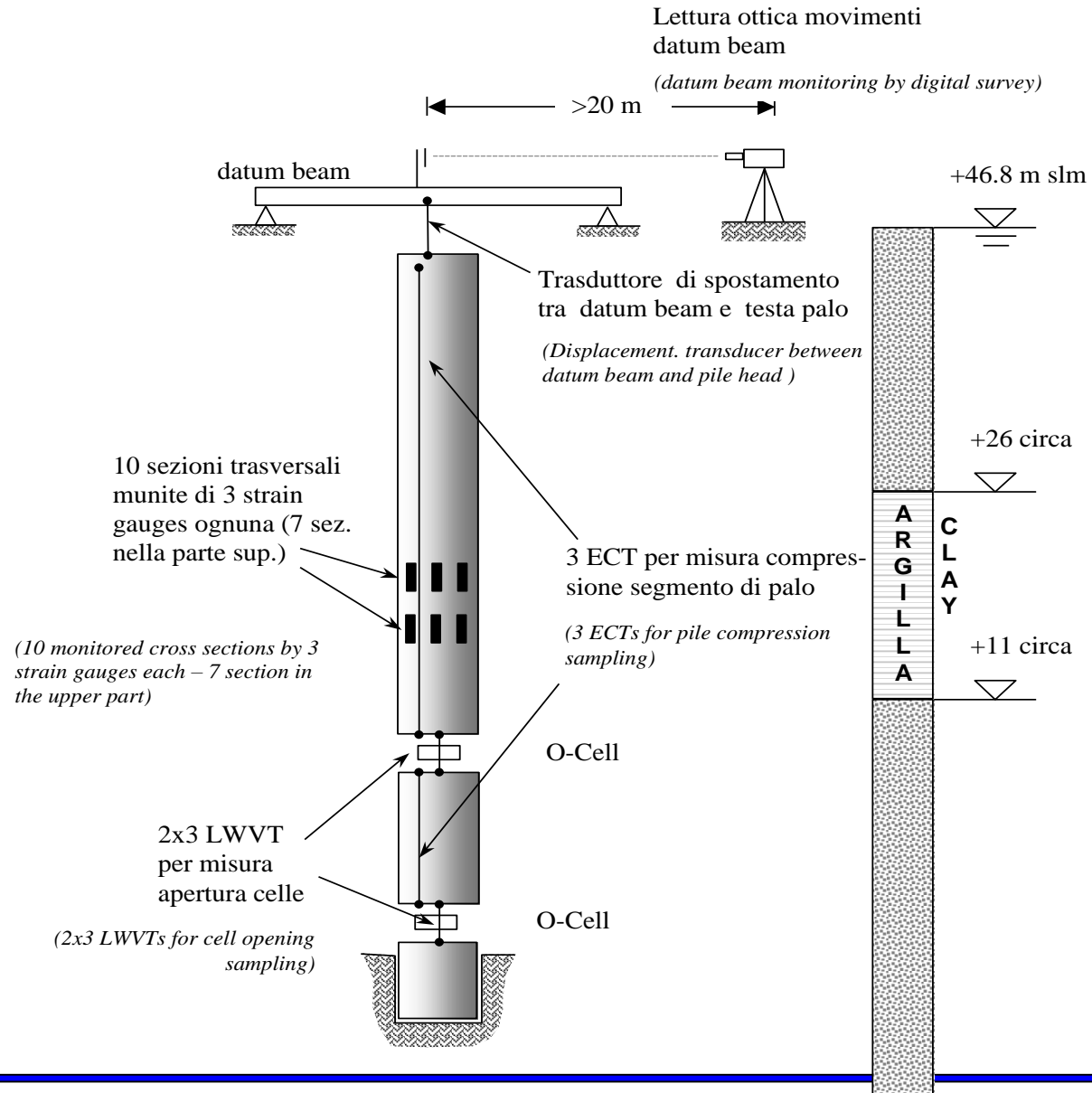
piastre di
ripartizione
(*steel plates*)

tubi cross-hole
(*c.h. pipes*)

O-cell

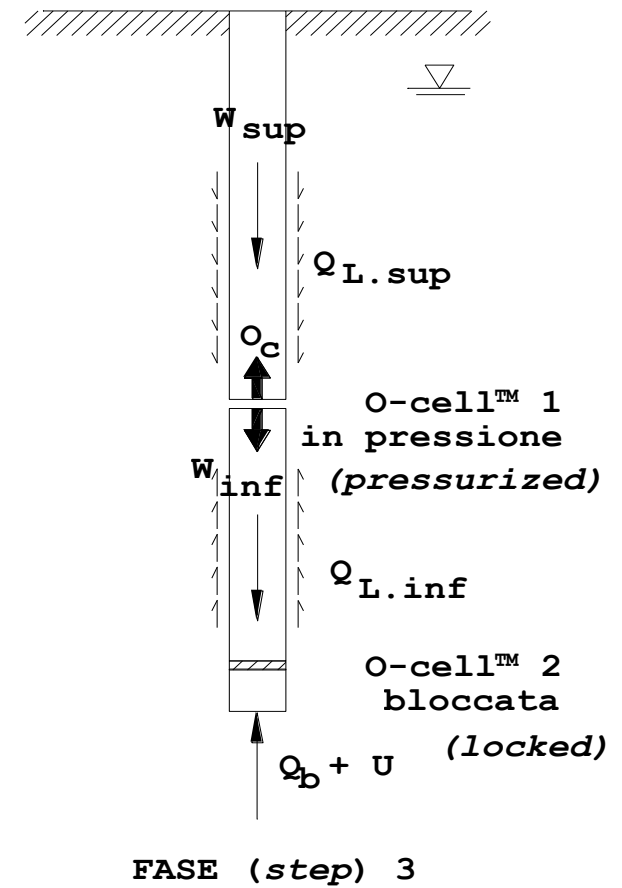
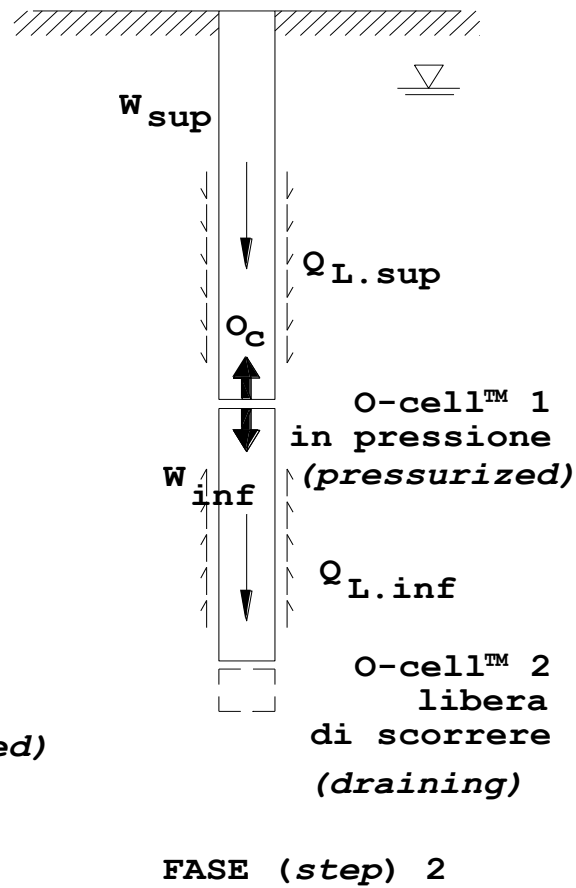
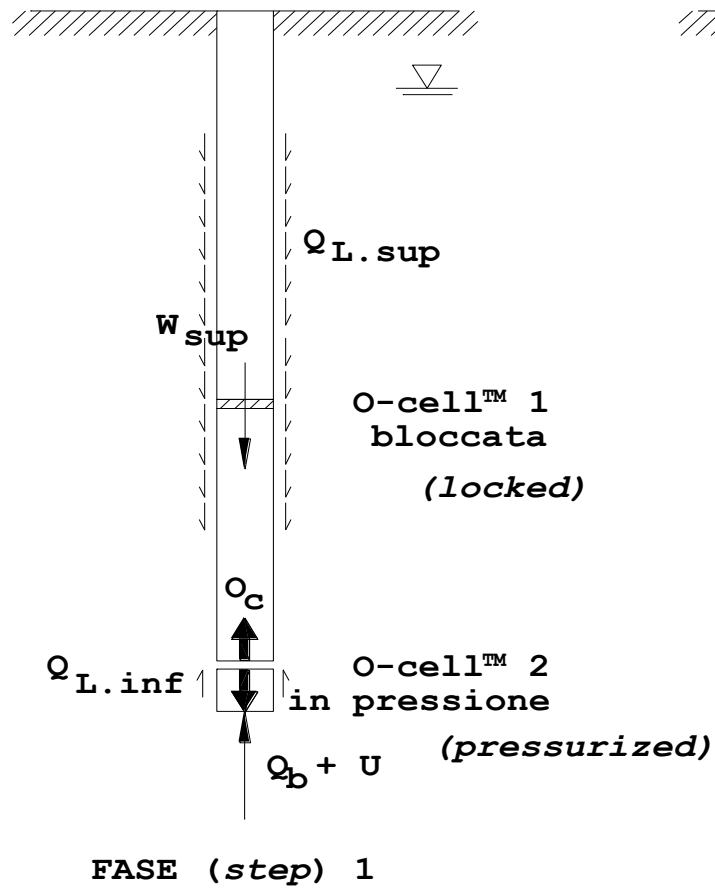
OPERE DI FONDAZIONI SPECIALI:

Le fondazioni del ponte strallato sul Po (TAV Mi-Bo)



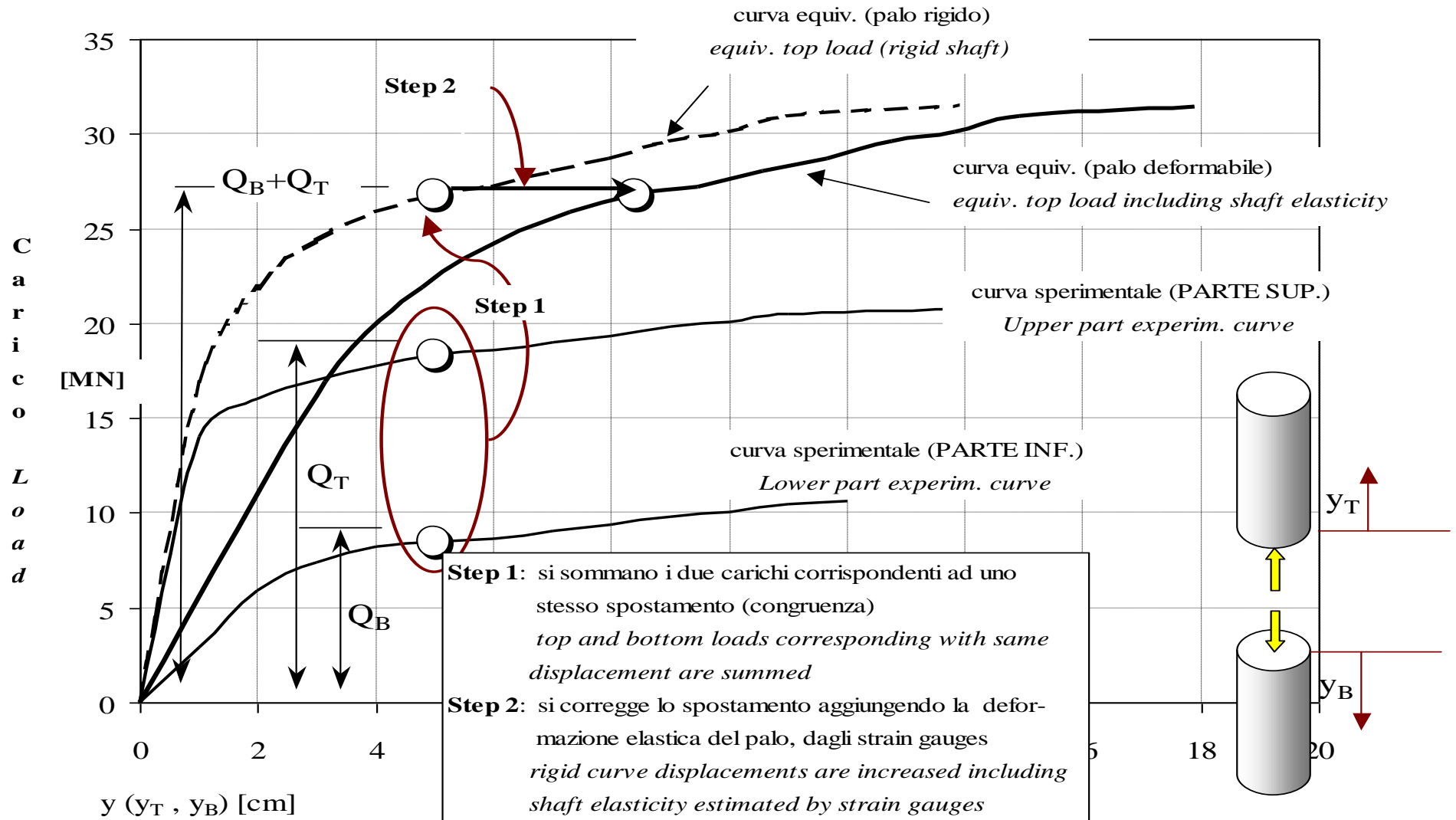
OPERE DI FONDAZIONI SPECIALI:

Le fondazioni del ponte strallato sul Po (TAV Mi-Bo)



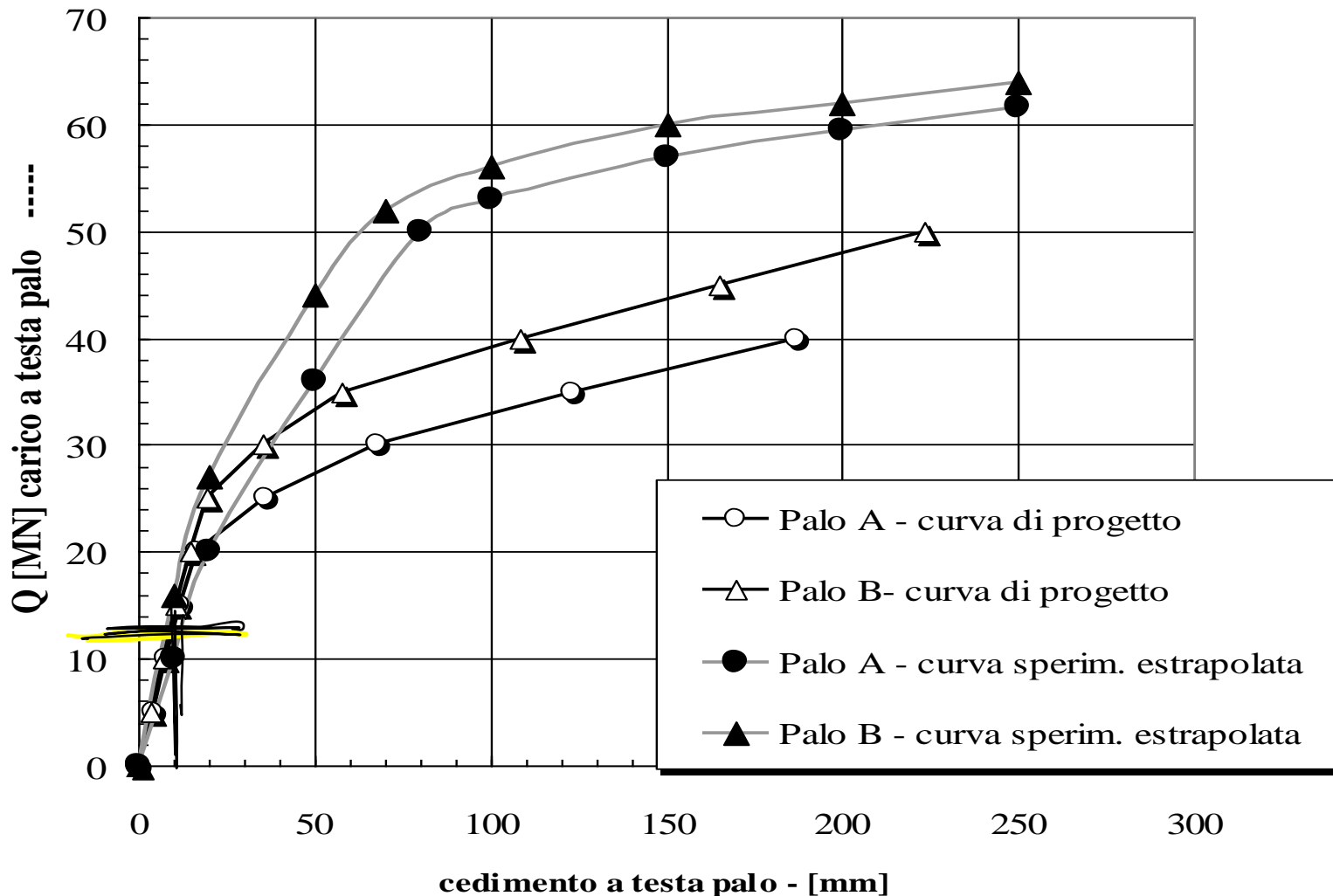
OPERE DI FONDAZIONI SPECIALI:

Le fondazioni del ponte strallato sul Po (TAV Mi-Bo)



OPERE DI FONDAZIONI SPECIALI:

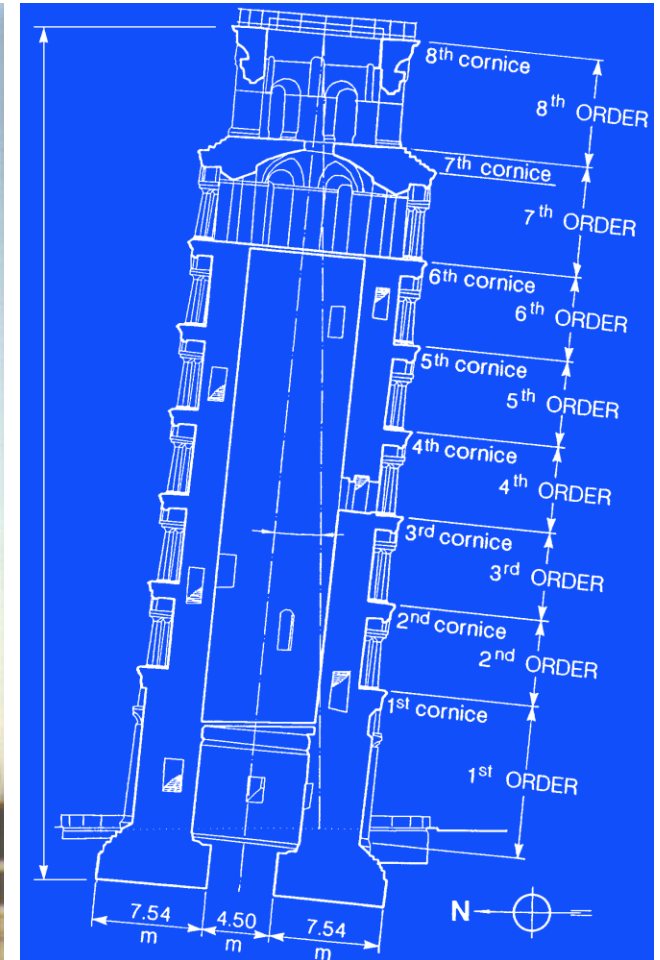
Le fondazioni del ponte strallato sul Po (TAV Mi-Bo)



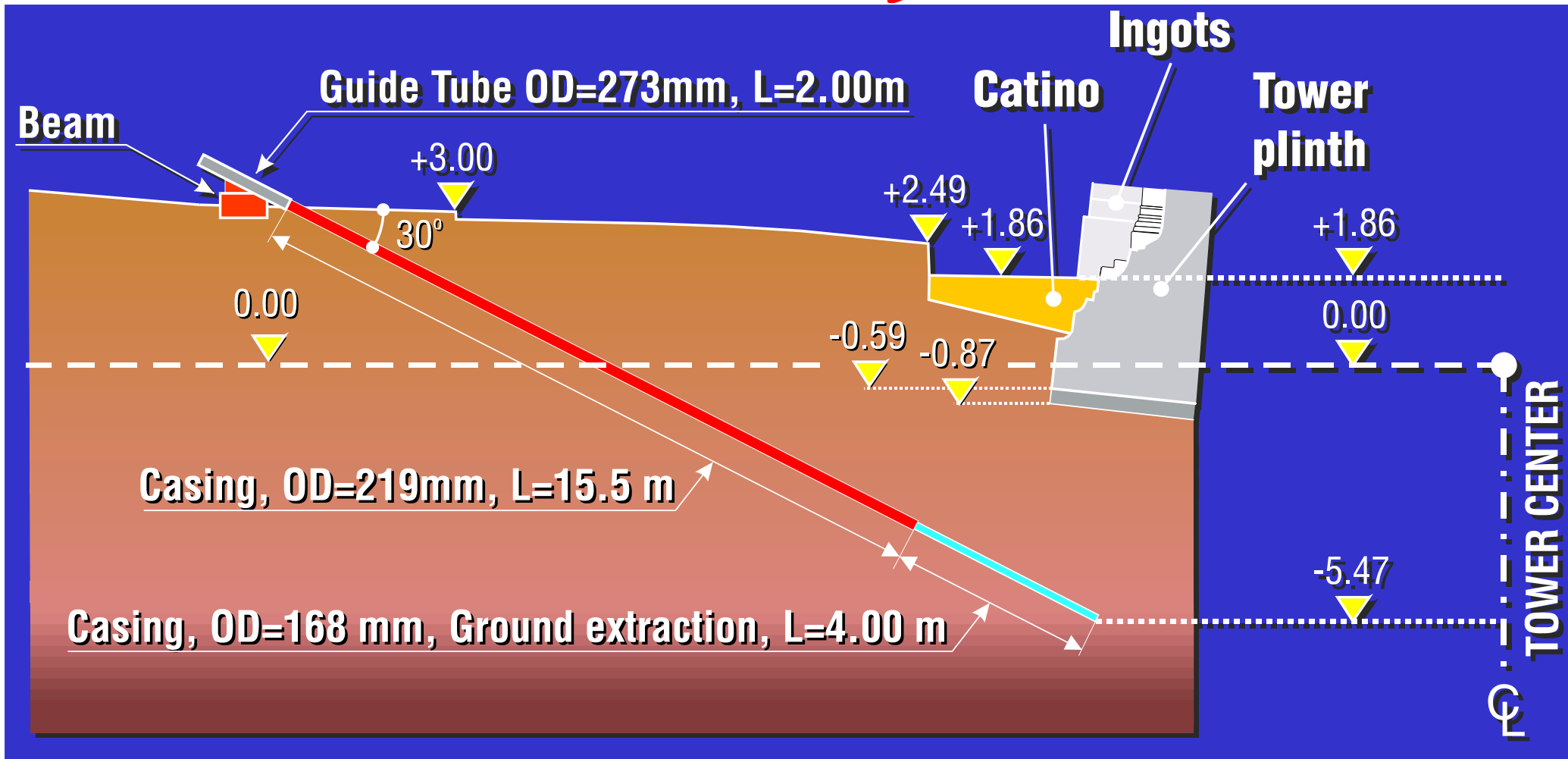
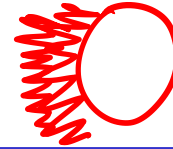
Fondazioni Golden Gate Bridge



Pisa Tower



Pisa Tower



Un caso esemplificativo: capacità portante e cedimenti di fondazioni

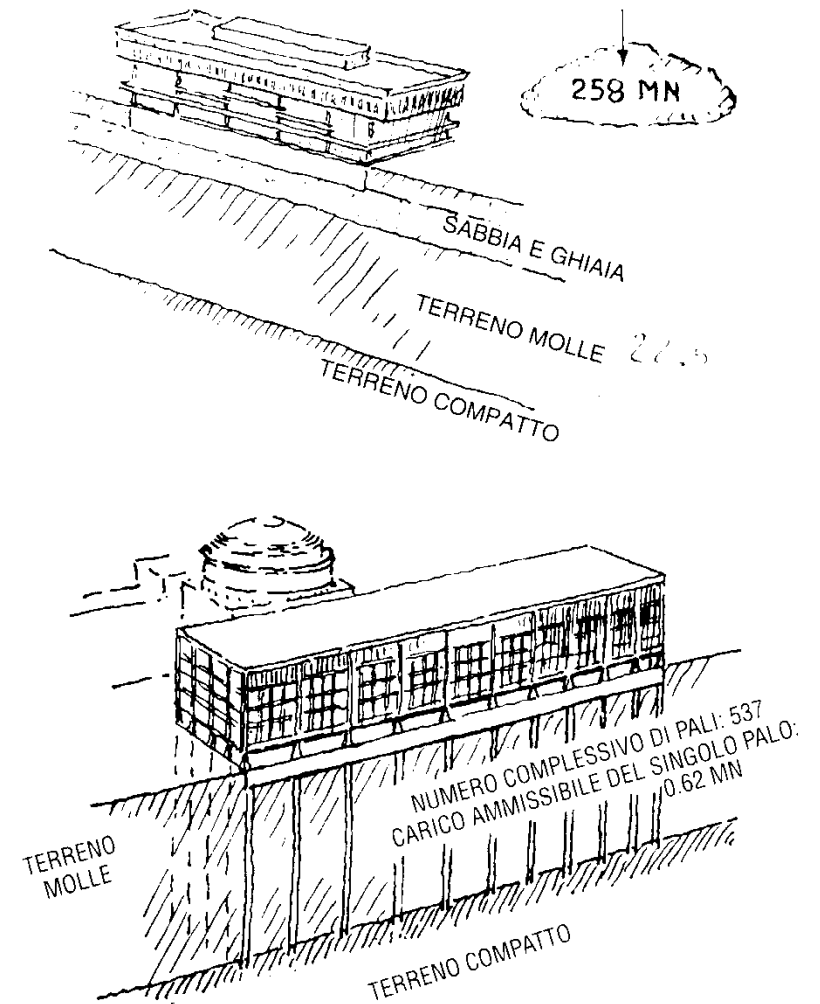


Tabelle tratte da:

Lambe T.W., Whitman R. V. (1969), Soil Mechanics, Wiley

Azioni sismiche: Interazione terreno struttura



Azioni sismiche: Interazione terreno struttura



Terrapieni artificiali: aeroporto in Giappone



Terrapieni artificiali: aeroporto in Giappone



Terrapieni artificiali: aeroporto in Giappone



Terrapieni artificiali: aeroporto in Giappone



Terrapieni artificiali: aeroporto in Giappone



Terrapieni artificiali: aeroporto in Giappone



Terrapieni artificiali: aeroporto in Giappone



Terrapieni artificiali: aeroporto in Giappone



Terrapieni artificiali: aeroporto in Giappone





Handwritten notes in yellow and red ink, including a red line, a yellow line, and various symbols and numbers.



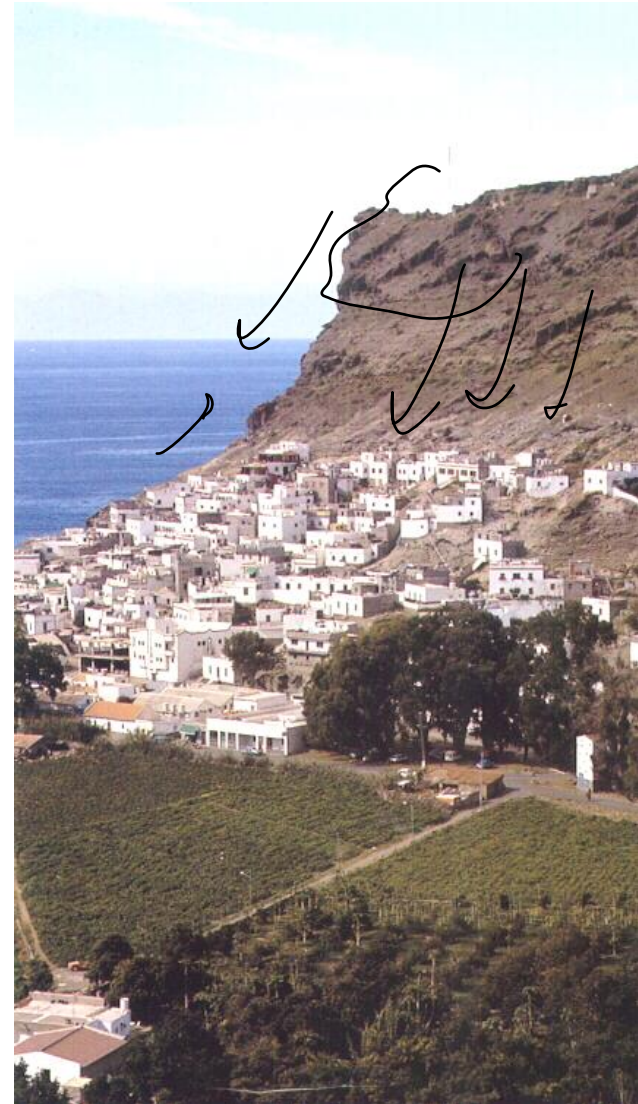
Terrapieni artificiali: aeroporto in Giappone



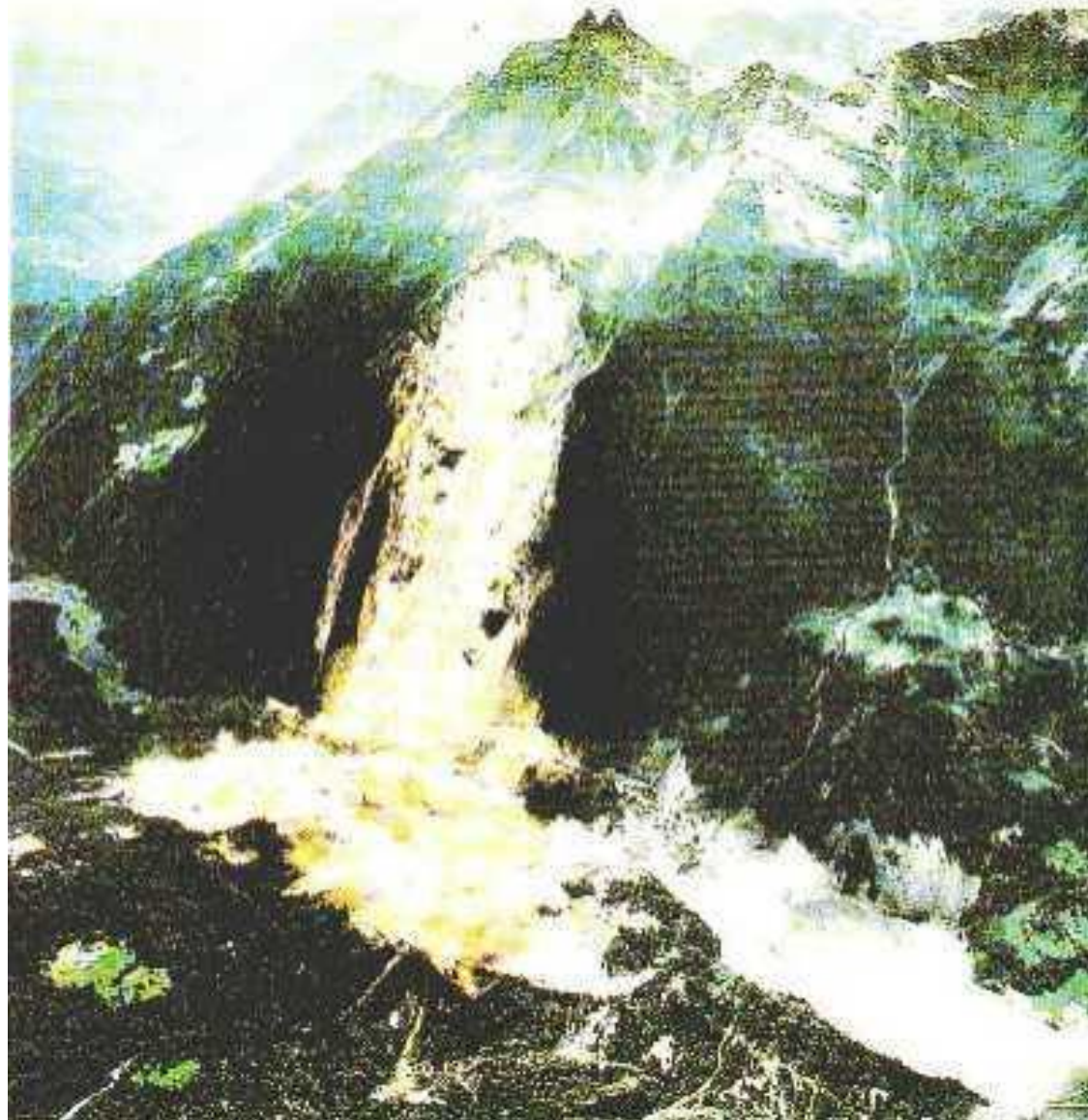
Terrapieni artificiali: aeroporto in Giappone



Stabilità di versanti



Stabilità di versanti



Stabilità di versanti



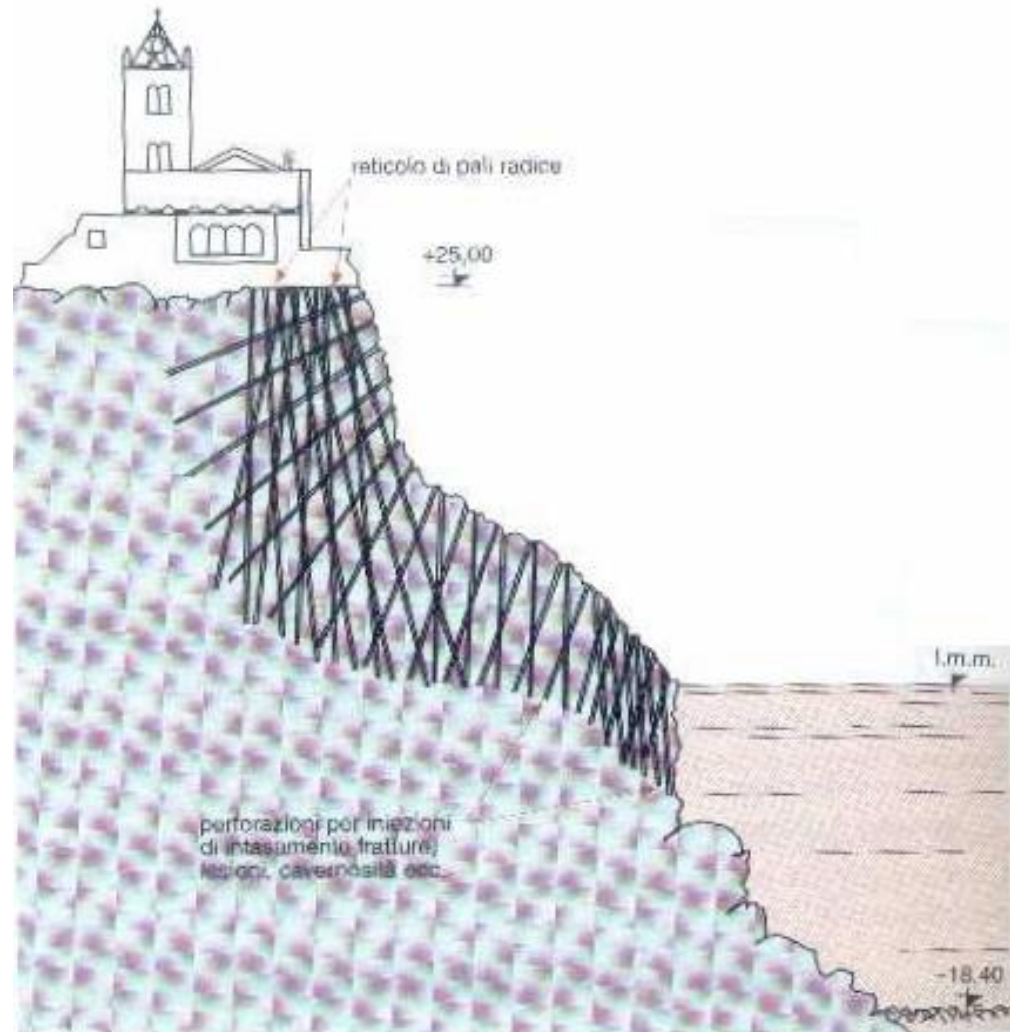
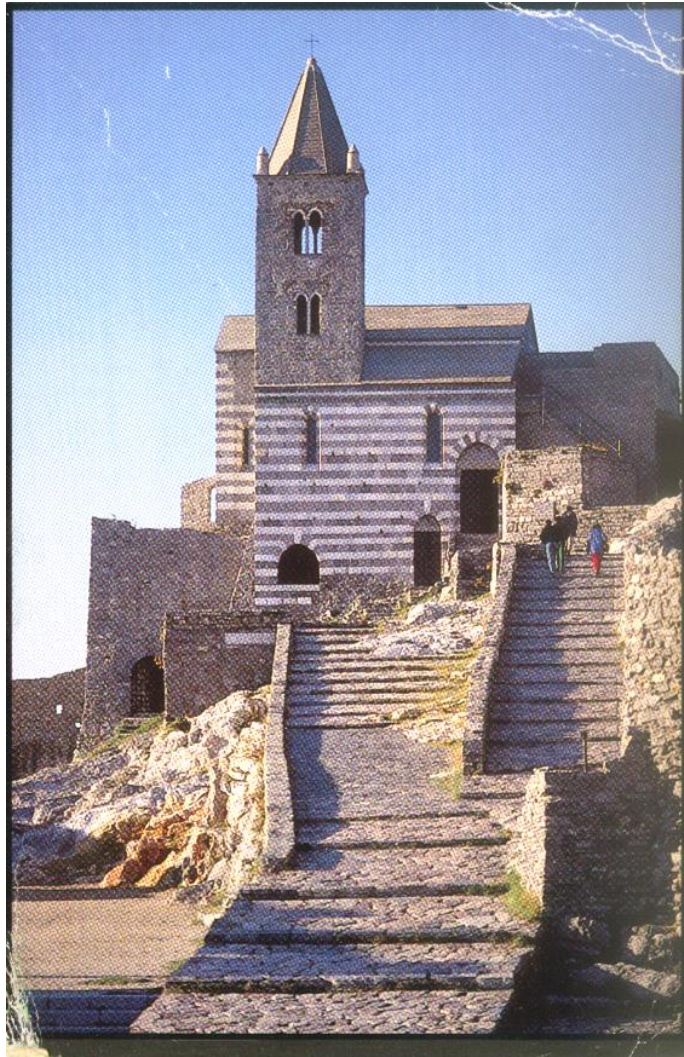
Stabilità di versanti



Stabilità di versanti



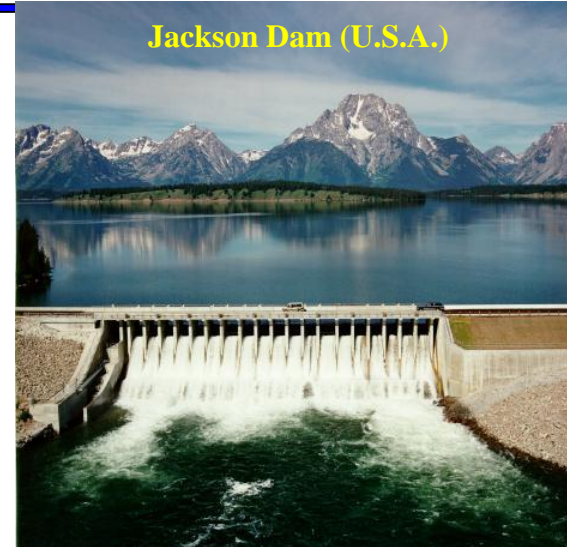
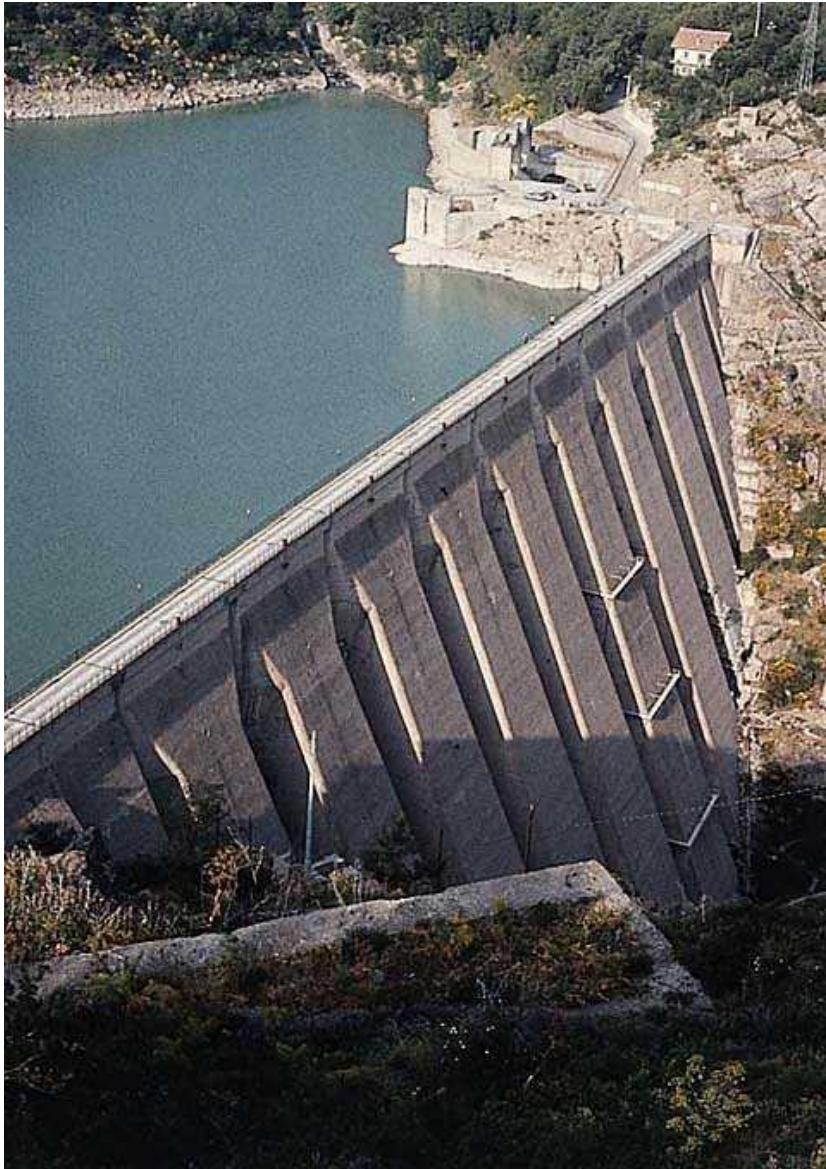
Stabilità di versanti in roccia



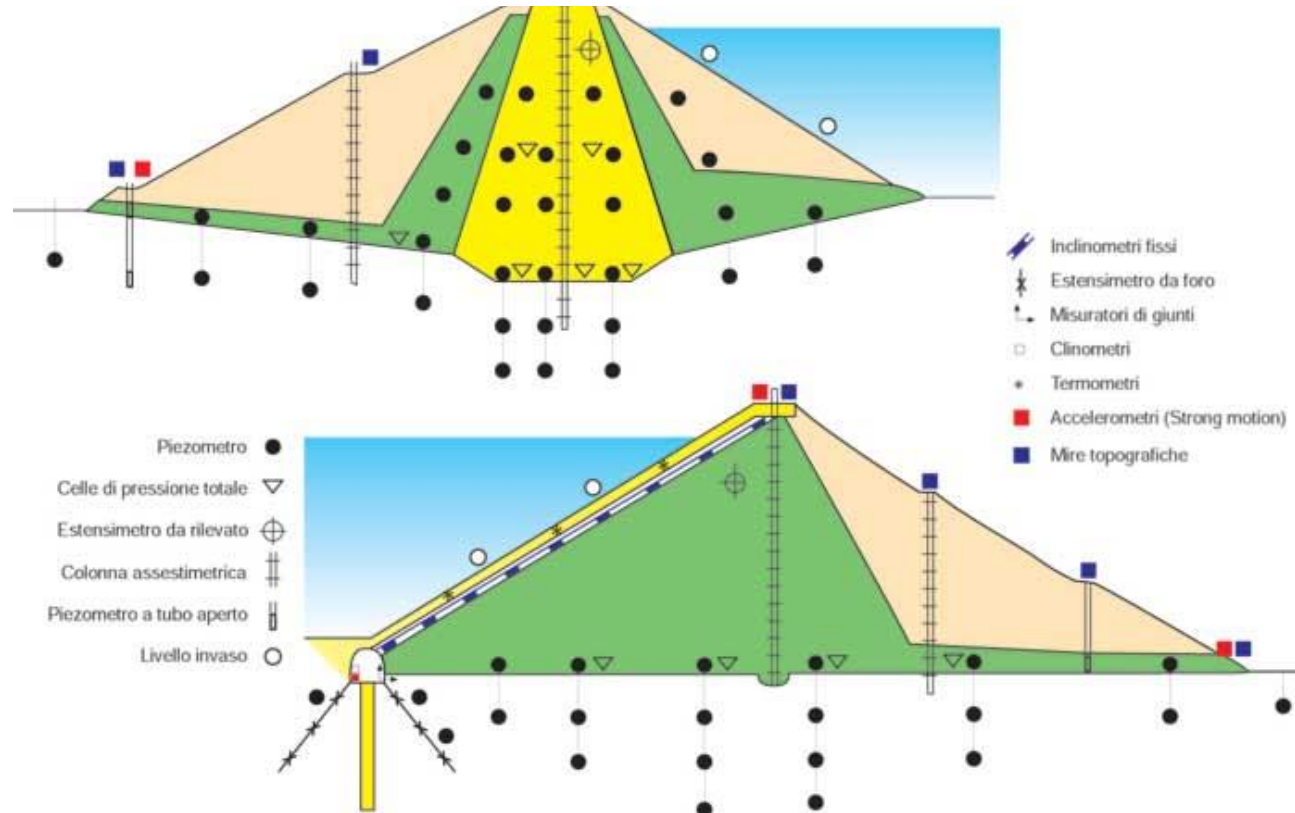
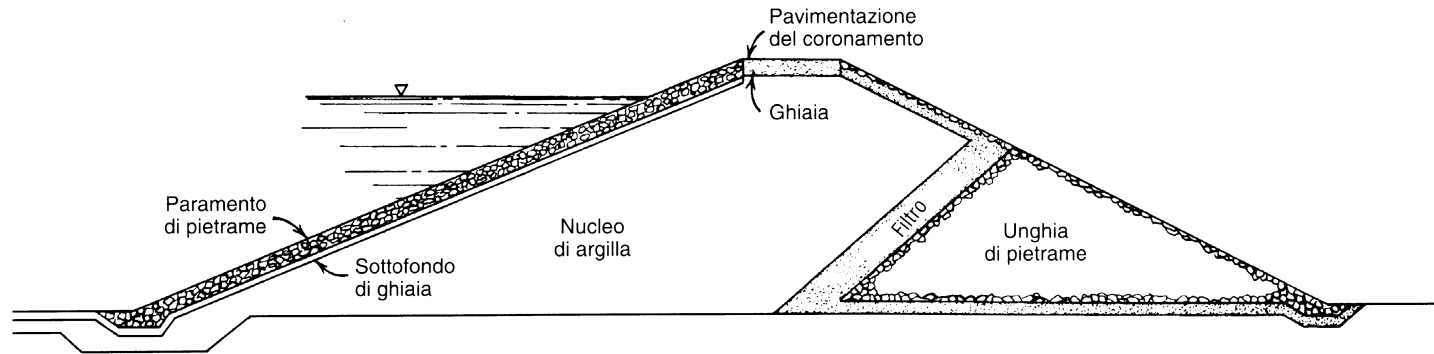
Stabilità di versanti in roccia



Dighe



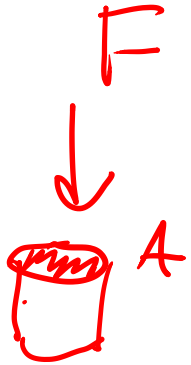
Dighe in terra



Canale di Corinto



$$\sigma_v = \gamma \cdot z$$



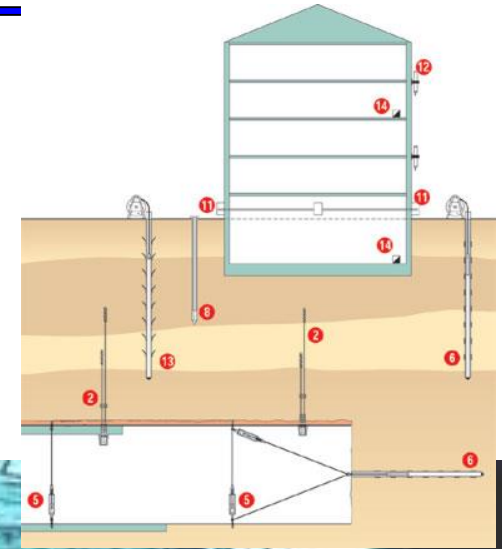
$$\sigma_v = \frac{F}{A}$$

100 Mpa

Scavi armati

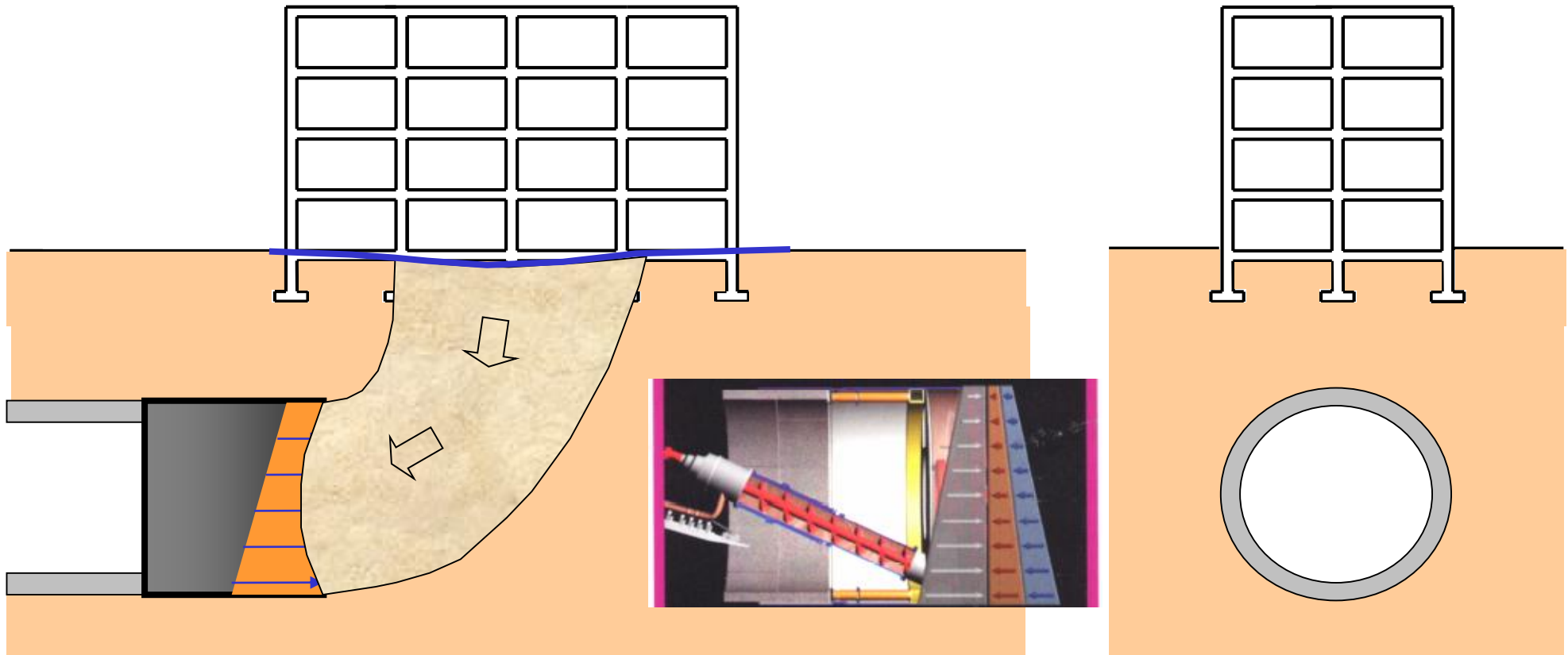


Opere in sotterraneo



TBM (Tunnel Boring Machines):

Tecnologia TBM-EPB – sostegno del fronte



TBM (Tunnel Boring Machines)

GROENE HART TUNNEL (OLANDA)

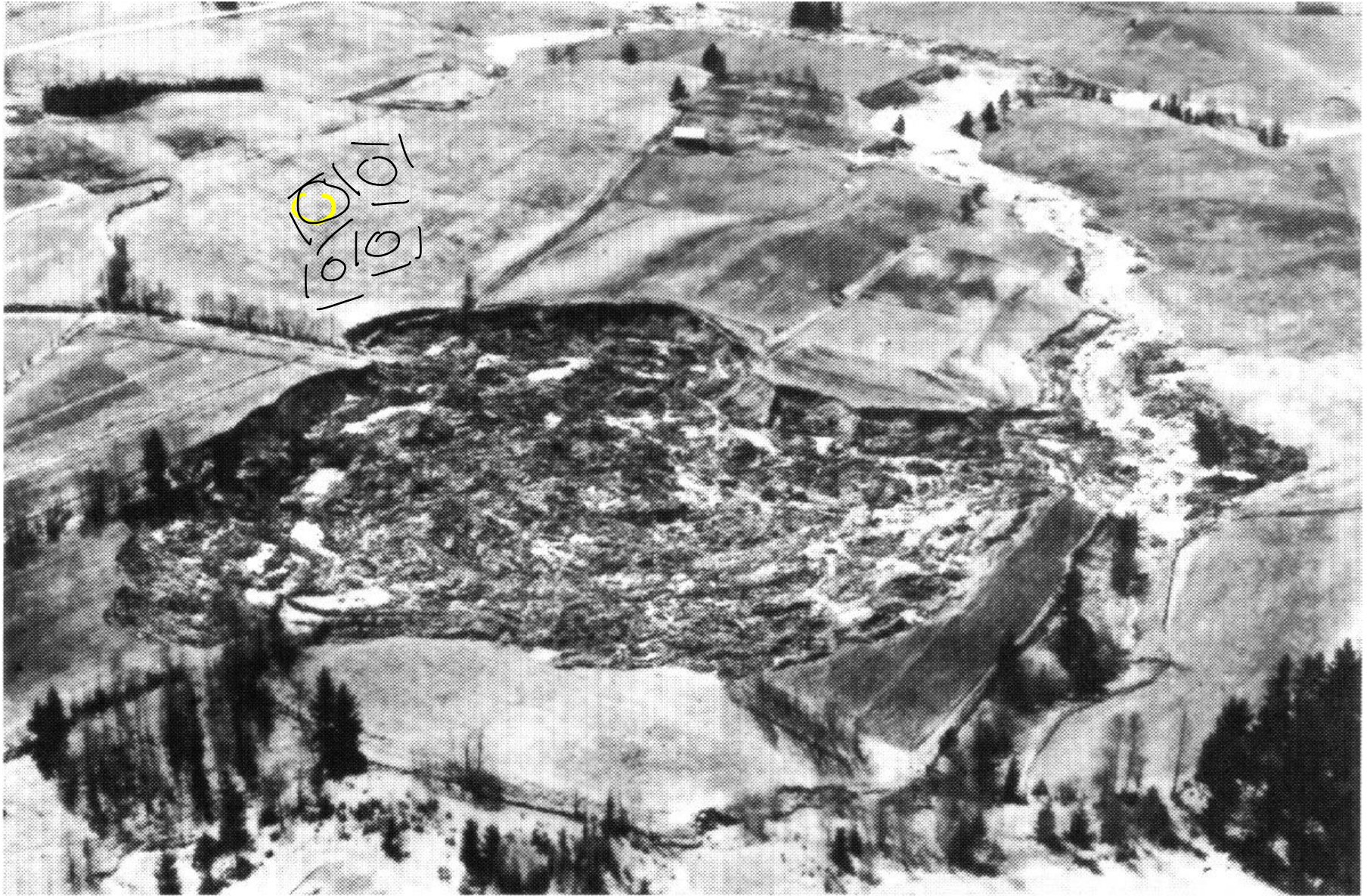


TBM “AUTOSTRADA M30” MADRID

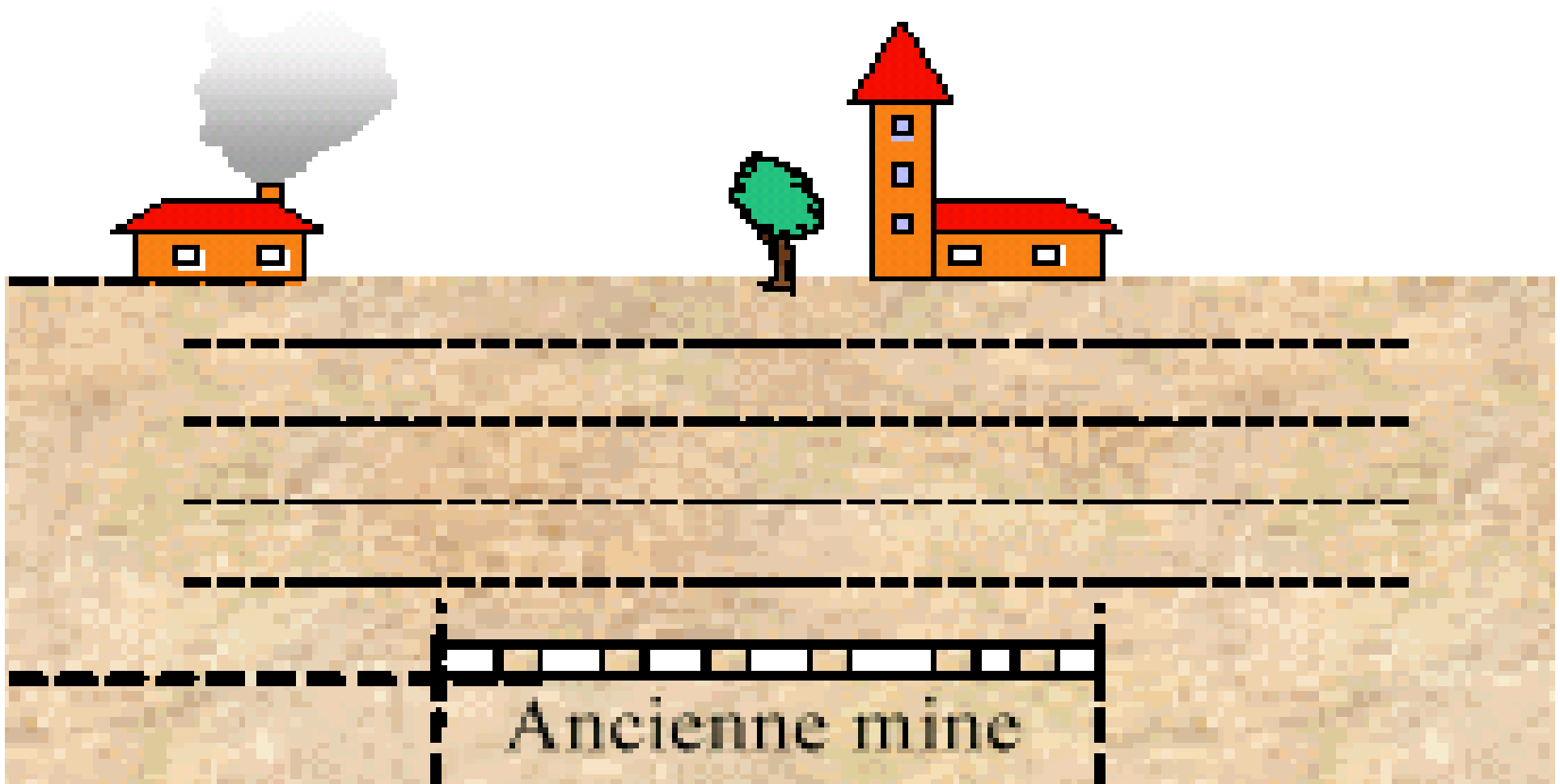
DIAMETRO TBM EPB: 15.2 m



Colline in argilla con elevata porosità



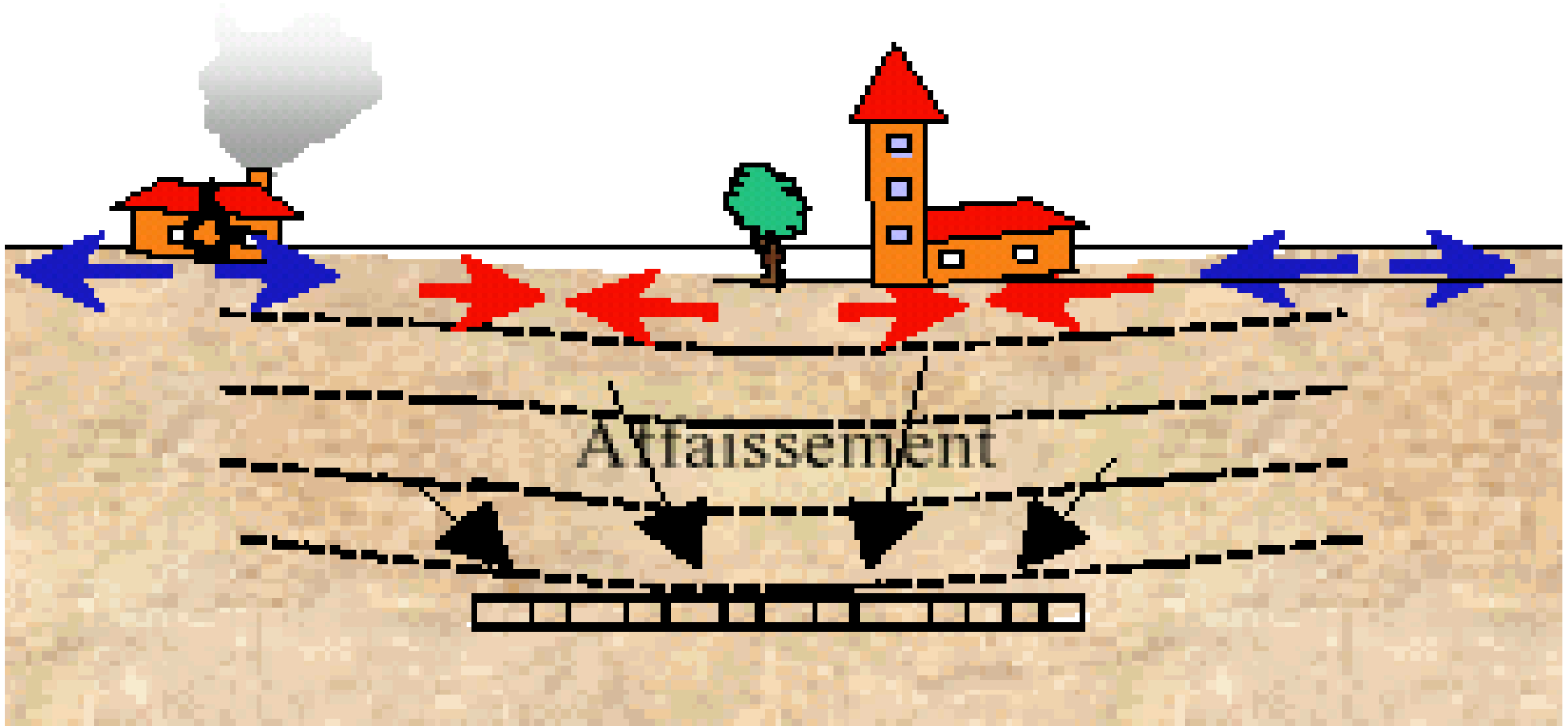
Degradazione pilastri di miniere abbandonate



CEDIMENTI INDOTTI DALLA DEGRADAZIONE DI MINIERE ABBANDONATE

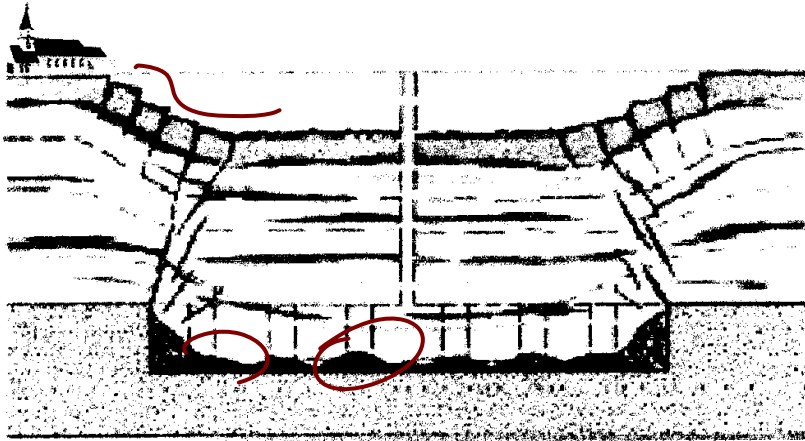
Degradazione pilastri di miniere abbandonate

CEDIMENTI INDOTTI DALLA DEGRADAZIONE DI MINIERE ABBANDONATE



Da Homand *et al.* (2001)

Degradazione pilastri di miniere abbandonate



Il metodo scientifico per l'opera geotecnica

Fasi per la realizzazione di un opera geotecnica:

1) Profilo geologico-tecnico del terreno e/o substrato roccioso (classificazione, mineralogia, presenza acqua, processi geologici)

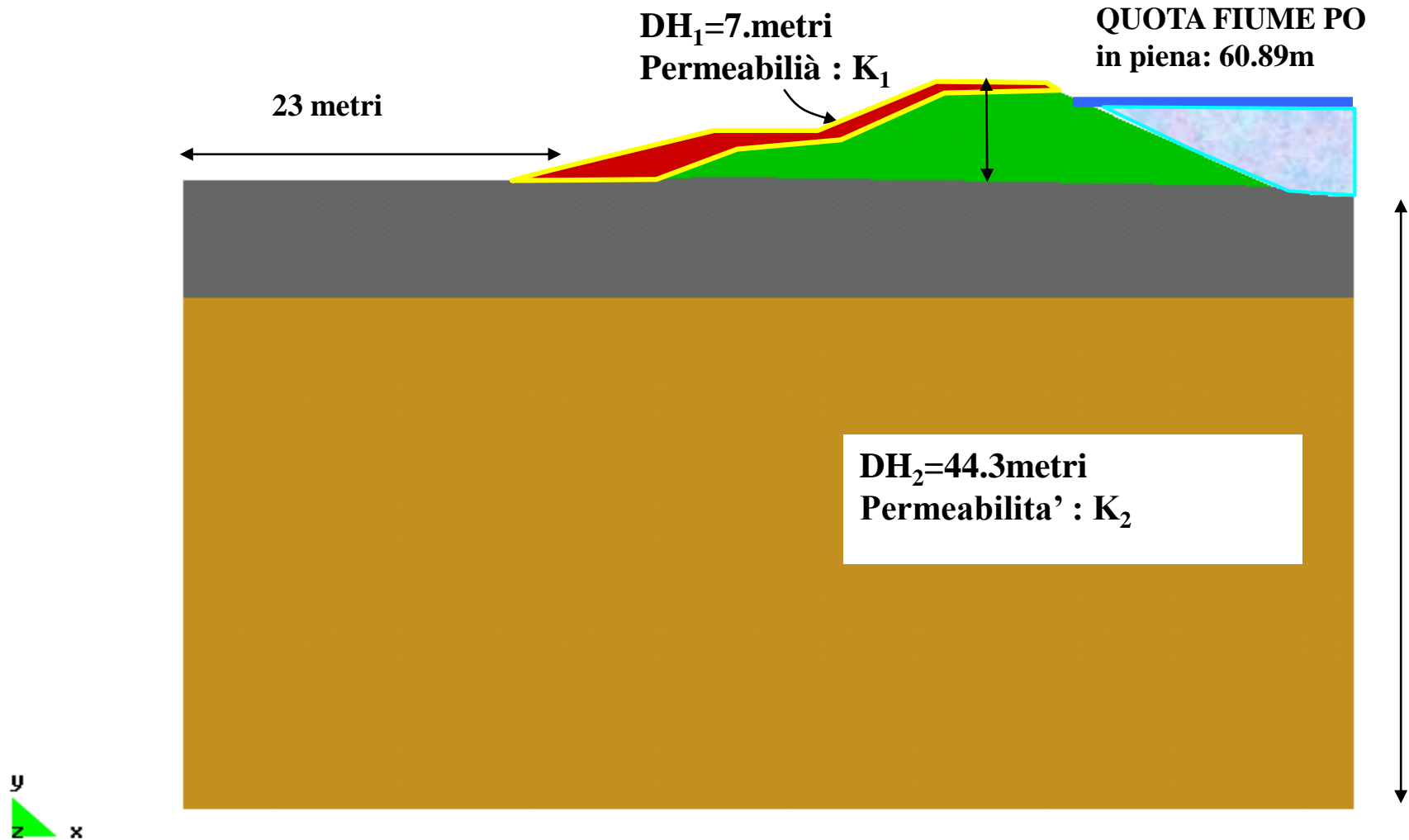
Geologo

2) Studio del comportamento del terreno determinato per mezzo di prove eseguite sia in situ (2a) sia in laboratorio (2b)

Ing.

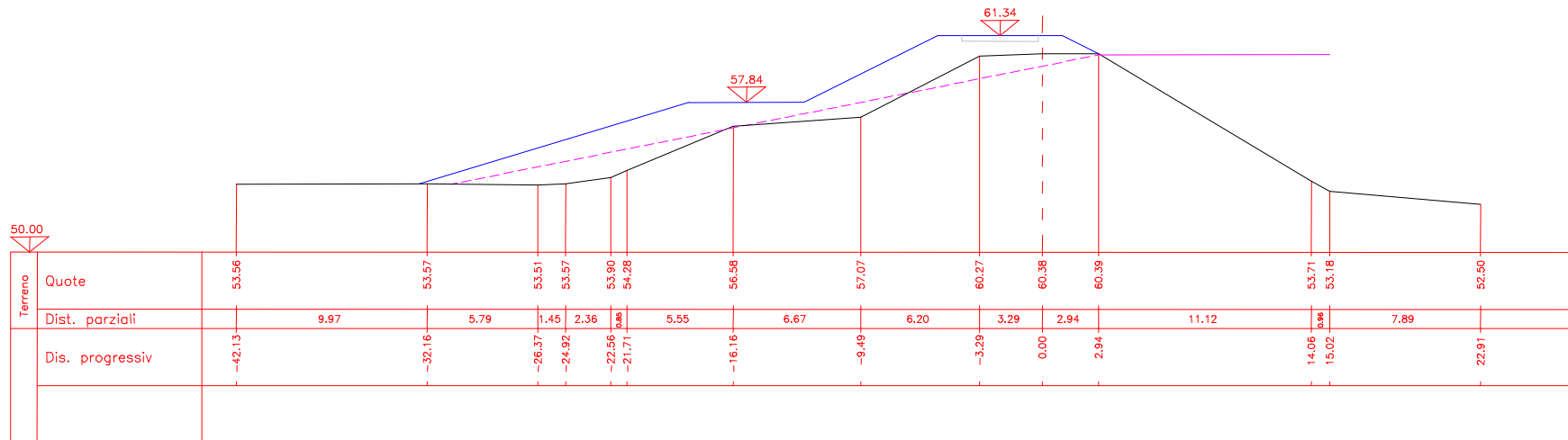
3) Analisi teorica-numerica del problema utilizzando la meccanica applicata (meccanica delle terre e delle rocce). Progettazione, dimensionamento verifiche dell'opera precedenti la sua realizzazione.

Un caso esemplificativo: rialzo argine maestro del Po

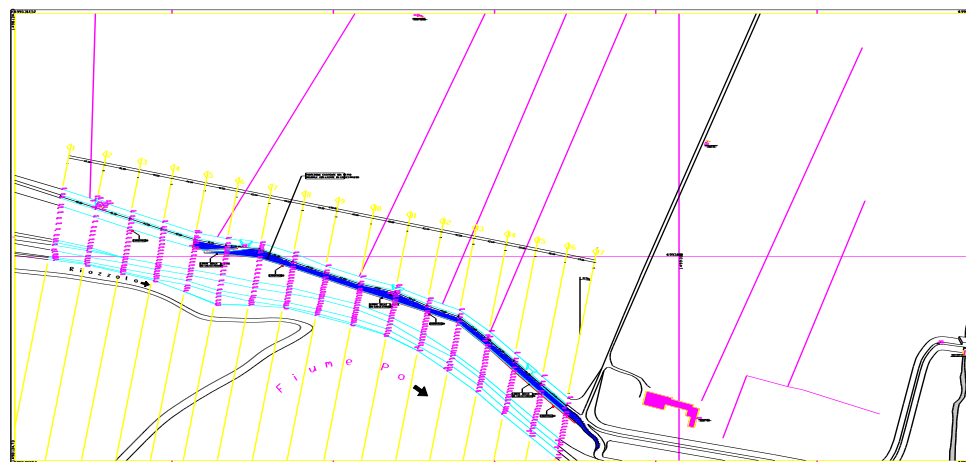


Fase 1: rilievo profilo esistente

SEZ.NUM. 2 Progr. 85.80
PARZ. 43.67



SEZ.NUM. 3 Progr. 137.08
PARZ. 51.28



Fase 1 e 2a: Stratigrafia e indagini in sito

- Ricostruzione stratigrafica (sondaggi e carotaggi)
- Prove di permeabilità in situ
- Prove penetrometriche statiche e dinamiche
- Stima sforzi geostatici

Vantaggi: non altero il materiale e lo studio nelle condizioni reali

Svantaggi: non posso controllare lo stato tensionale

Tecnosuolo s.r.l. 27040 Costiama (PV) S.S. 35 n. 10 Tel. (0383) 891852 Fax (0383) 891847		COMMITTENTE S.V. PROGETTI S.r.l.		SONDAGGIO			
INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOTECNICHE		LOCALITA' PIEVE ALBIGNOLA		N° 1			
		QUOTA ASSOLUTA P.C. piano campagna		DATA 27-04-01			
profondità m	stratigrafia	CAMPIONI tipo	DESCRIZIONE LITOLOGICA	coefficiente di permeabilità K(cm/sec)	modulo di taglio G (MPa)	S.P.T. 15 30 45	NOTE
2.50			Limo toroso argilloso di colore marrone con abbondanti resti vegetali nel tratto iniziale.				
6.90			Sabbia medio-fine di colore marrone con rari ciottoli arrotondati poligenici Ø. max 2-3cm.				
9.80			Sabbia medio grossolana di colore grigio con abbondanti ciottoli arrotondati poligenici Ø max 3-4cm.	mt 7.0 $8,3 \times 10^{-4}$			
10.50			Limo debolmente sabbioso di colore grigio.				
20.00			Sabbia da media a grossolana di colore grigio con abbondanti ciottoli arrotondati poligenici Ø max 3-4cm. Presenza sporadica di livelletti centimetrici di limo sabbioso grigio.	mt 12.0 $2,2 \times 10^{-3}$			
CAMPIONE: <input type="checkbox"/> Rimaneggiato <input type="checkbox"/> Semidisturbato <input type="checkbox"/> Indisturbato		CASSETTE CATALOGATRICI n° 4		LIVELLO FALDA			
ARILLA LIMO SABBIA GHIAIA TERRENO VEGET. TORBA				DATA 27-04-01			
ARILLITE MARCA CALCIARE ARENARIA CONGLOMERATO ROCCE IGREE				Prof. foro m 20.00			
				Prof. rivestim. m 18.50			
				Livello acqua m 5.80			

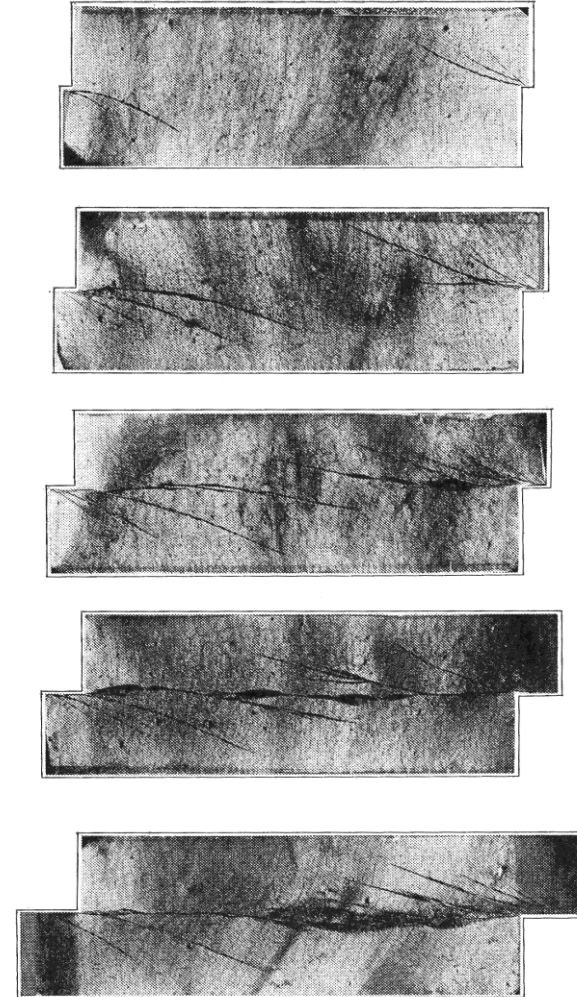
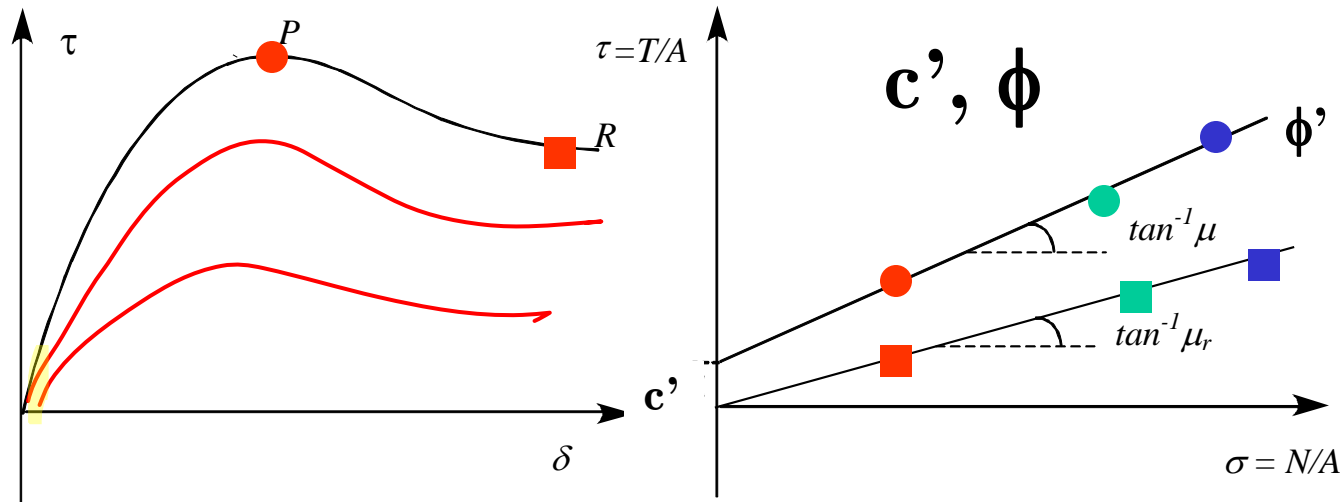
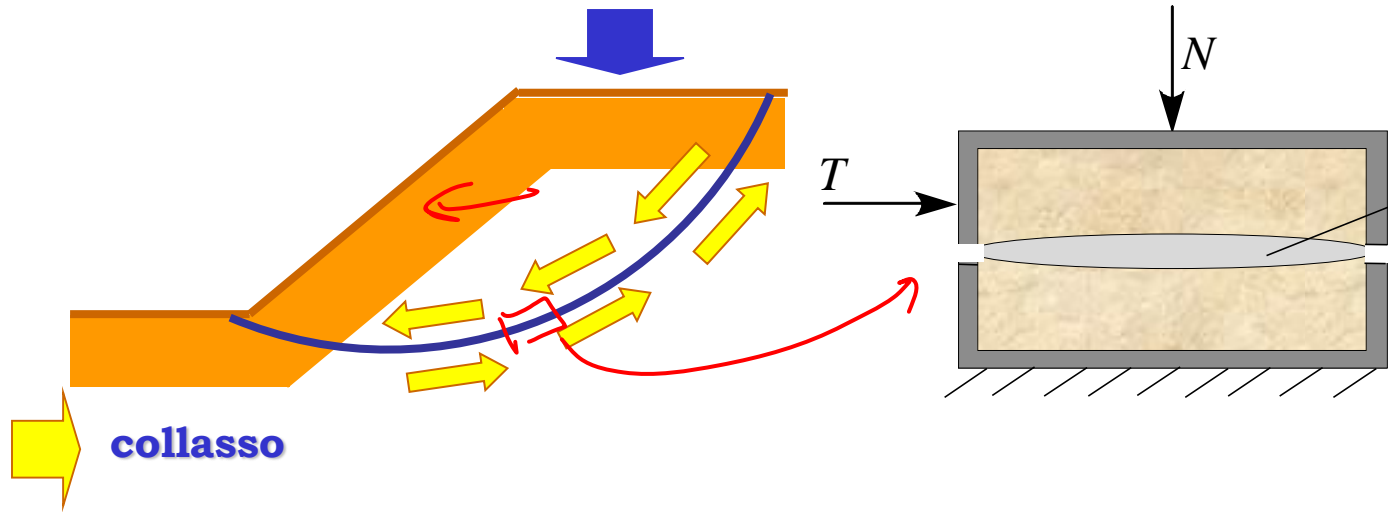
Fase2b: Prove in laboratorio

- Classificazione materiale (terre: analisi granulometriche e limiti di Atterberg; rocce: analisi petrografica tessiturale) e proprietà indice
- Parametri meccanici: determinazione dei parametri di resistenza e deformabilità attraverso: prove edometriche, prove triassiali, prove di taglio diretto (per terreni).
- Parametri idraulici: - prove di permeabilità

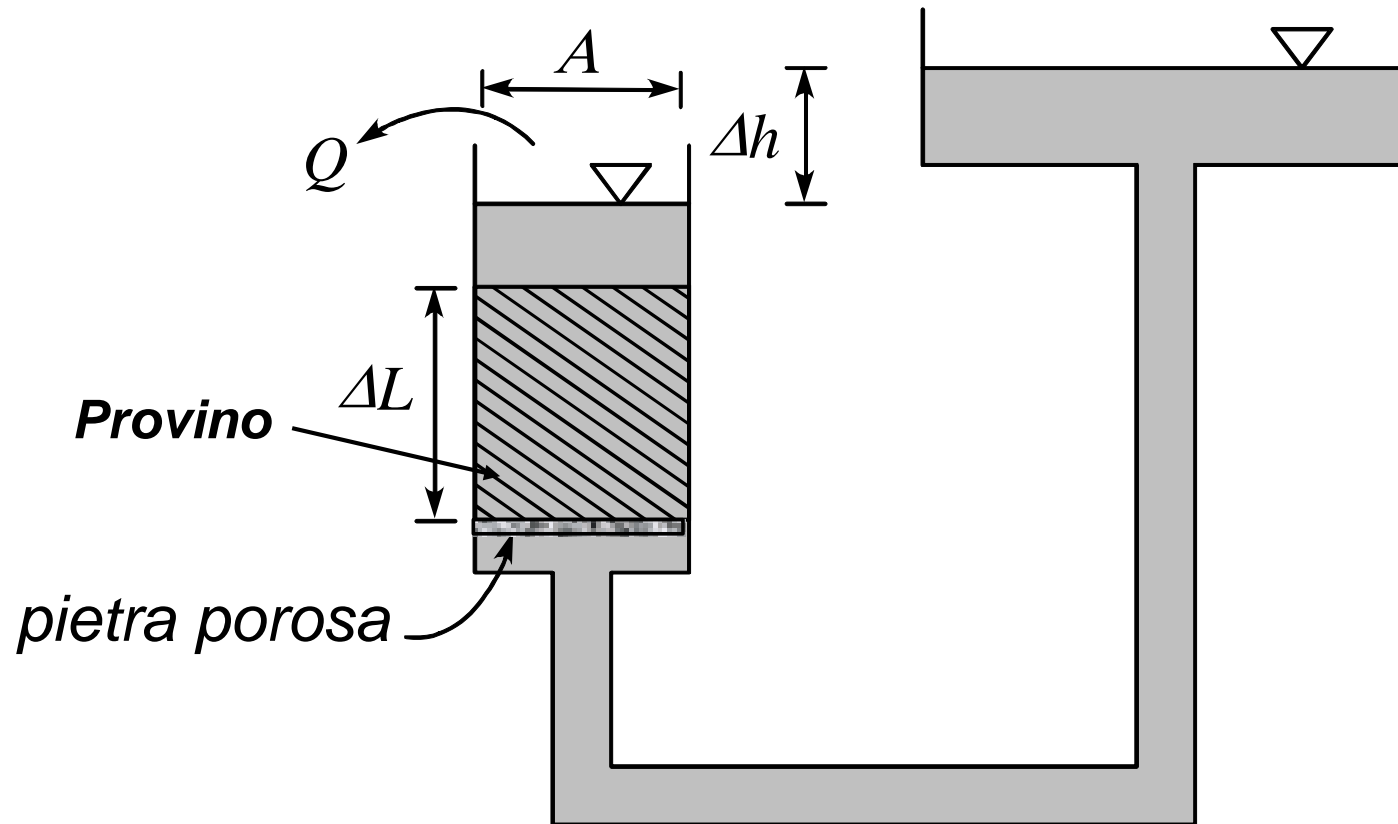
Vantaggi: controllo perfettamente lo stato tensionale; percorsi di carico arbitrari.

Svantaggi: materiale di prova alterato da operazioni di campionamento - effetto scala.

Fase 2b: Prova di taglio diretto



Fase2b: Prova di permeabilità



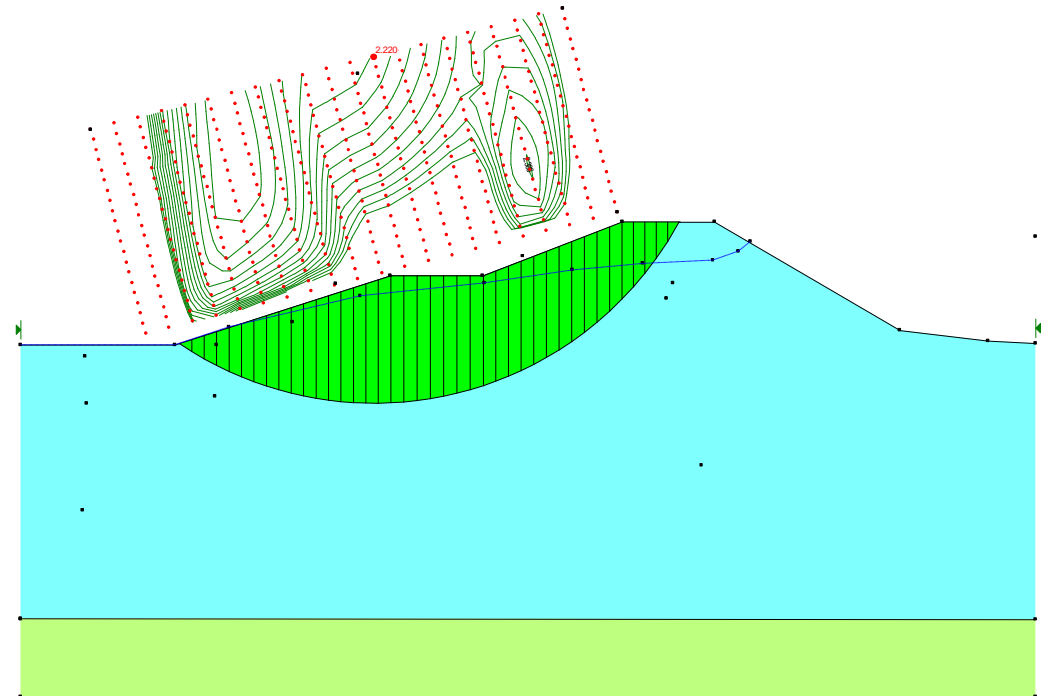
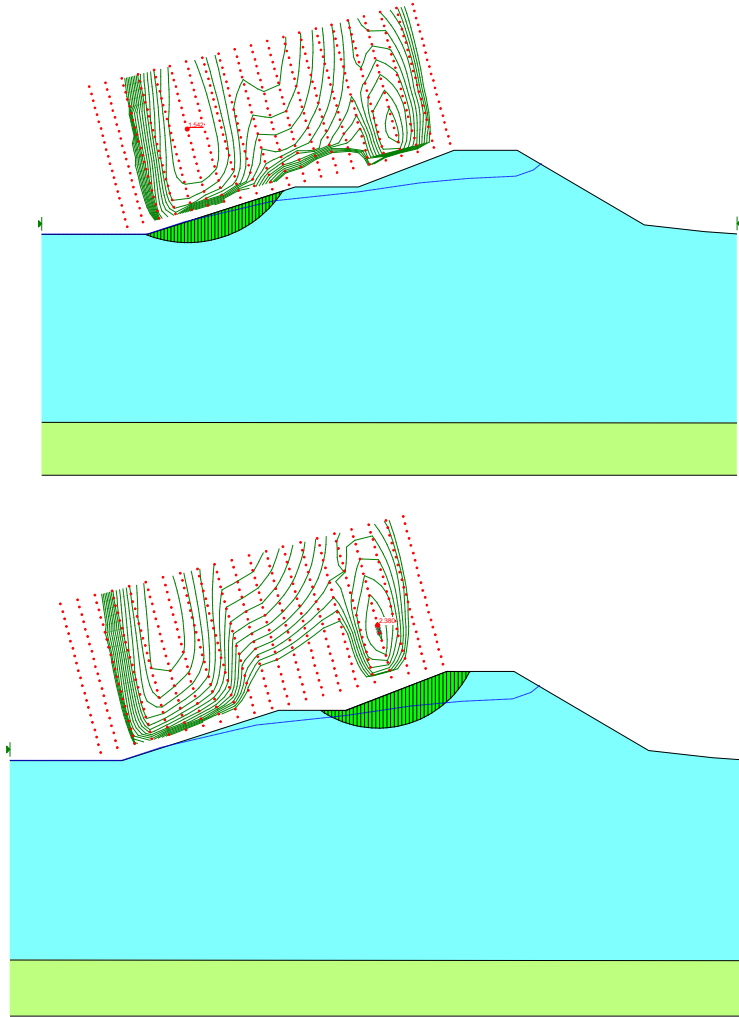
Legge di Darcy

$$v = k \frac{\Delta h}{\Delta l} \quad v = \frac{Q}{A}$$

Ricavo k
(permeabilità [m/sec])

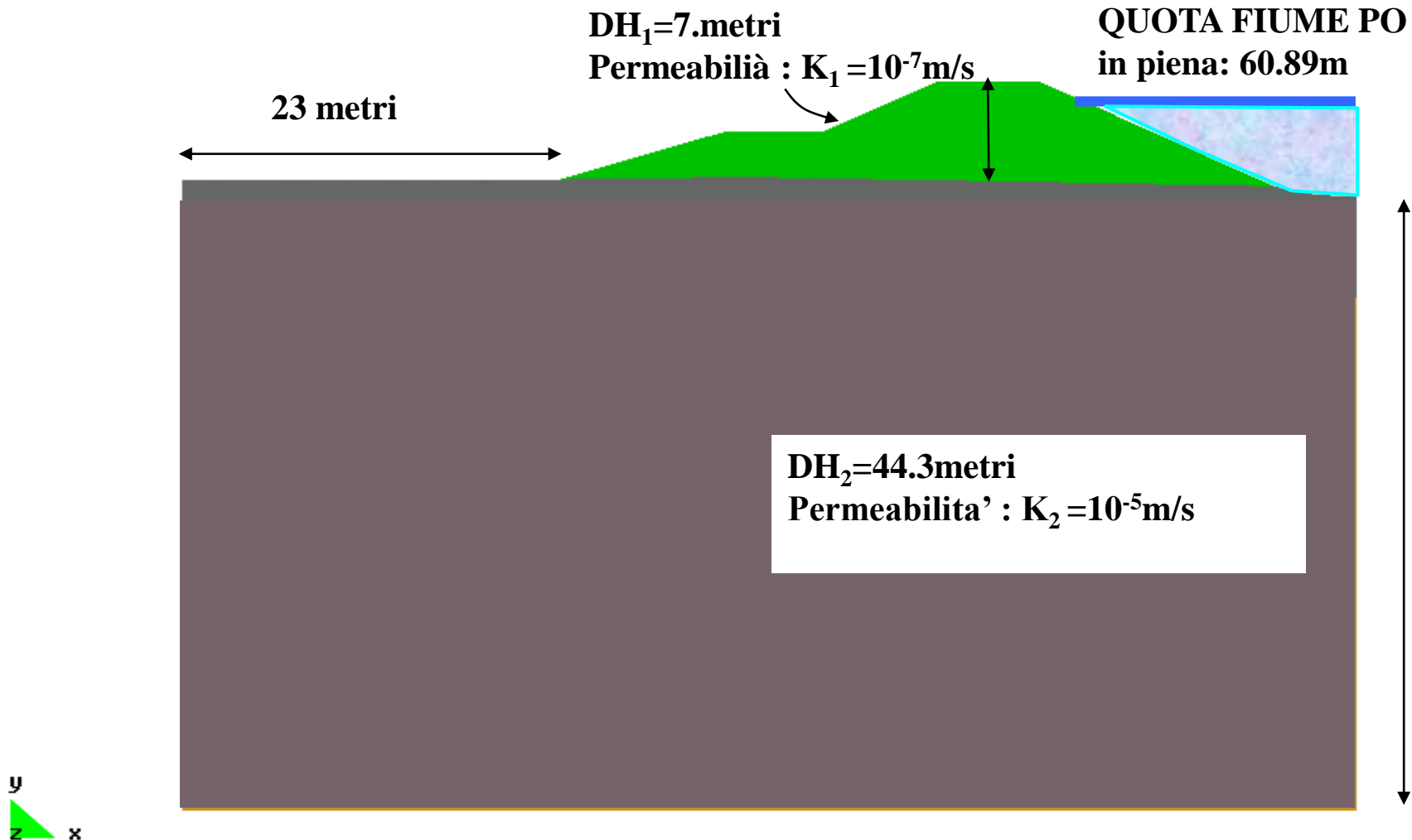
Fase3: Analisi di stabilità dell'argine

Analisi basate sui parametri di resistenza delle prove di Laboratorio.
(ad es. coesione ed attrito interno)

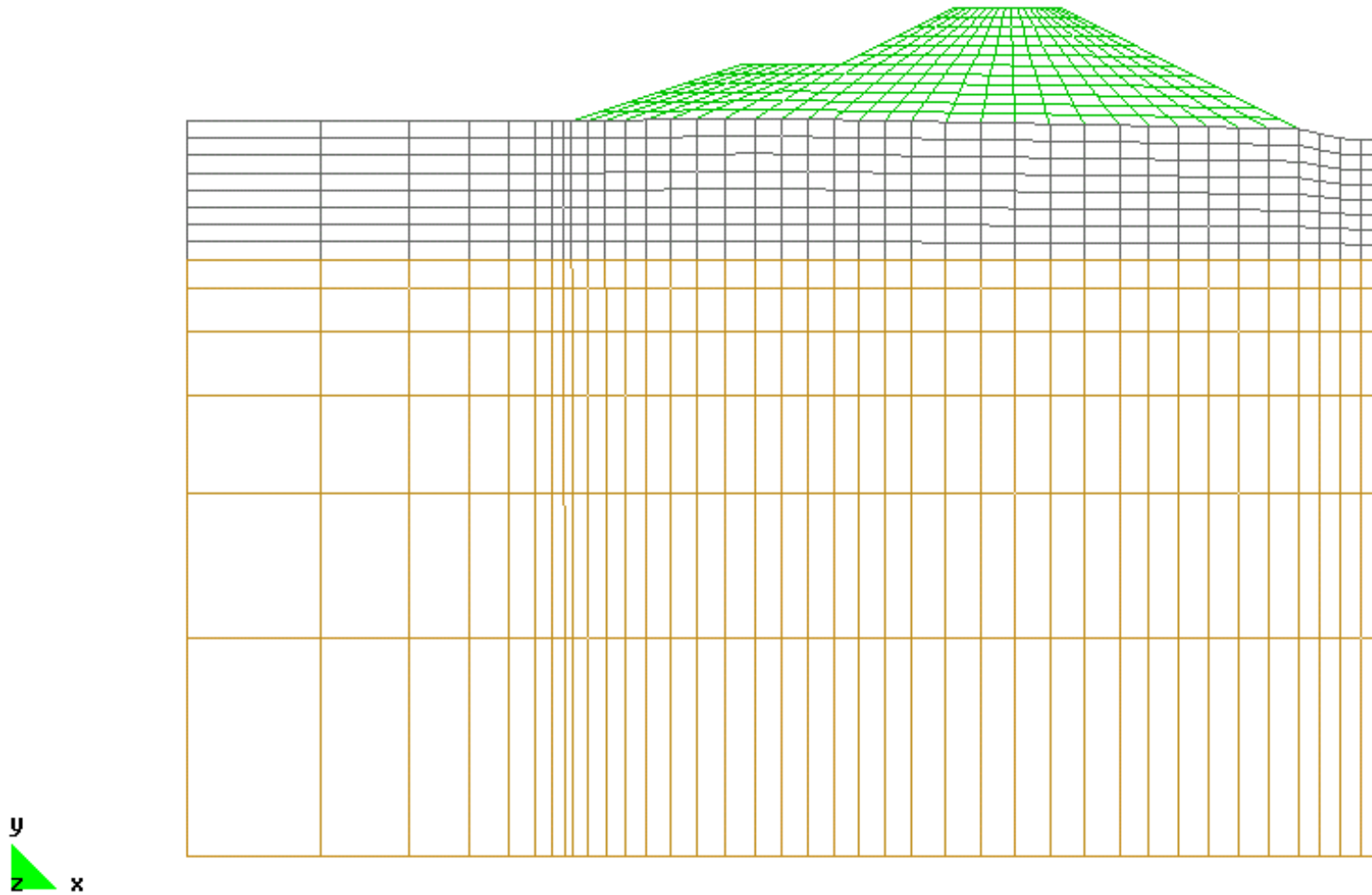


Fattore di sicurezza al ribaltamento
 $F_s > \overline{F_s}$ (da normativa)

Fase3: Modellazione e verifiche idrauliche

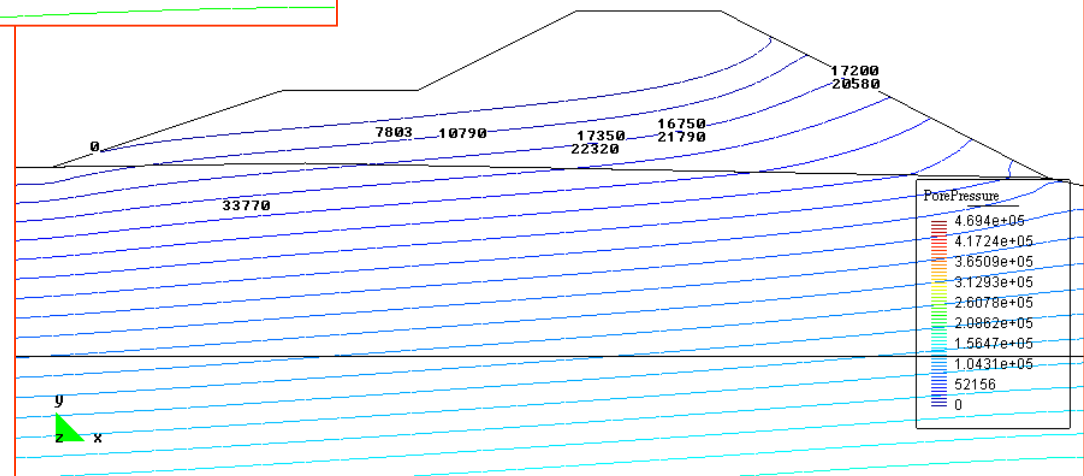
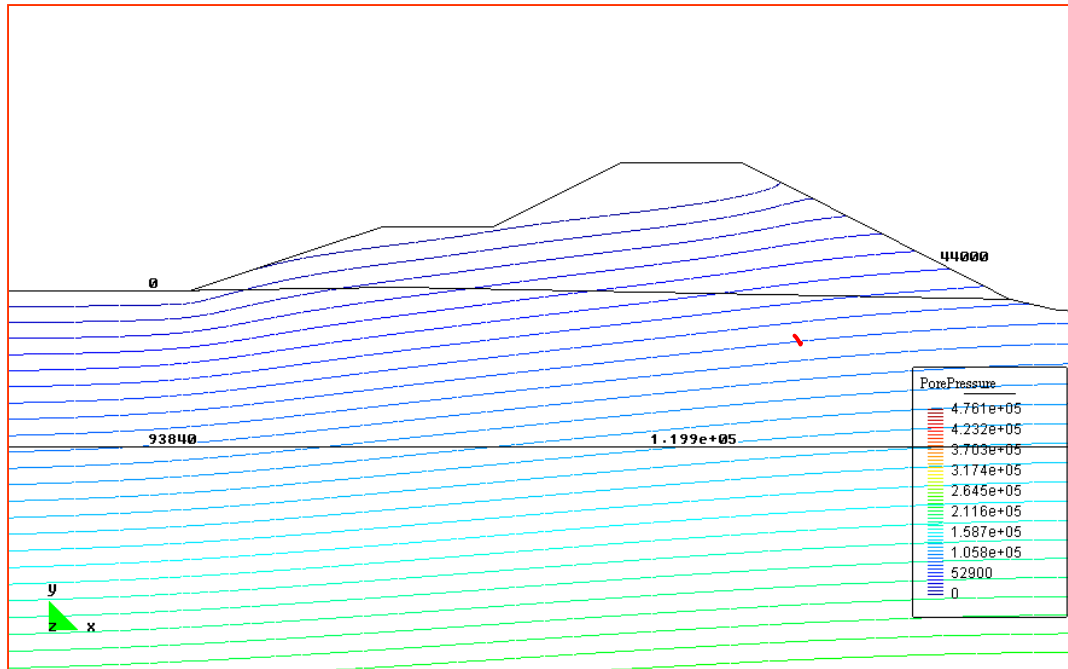


Fase3: Modellazione e verifiche idrauliche



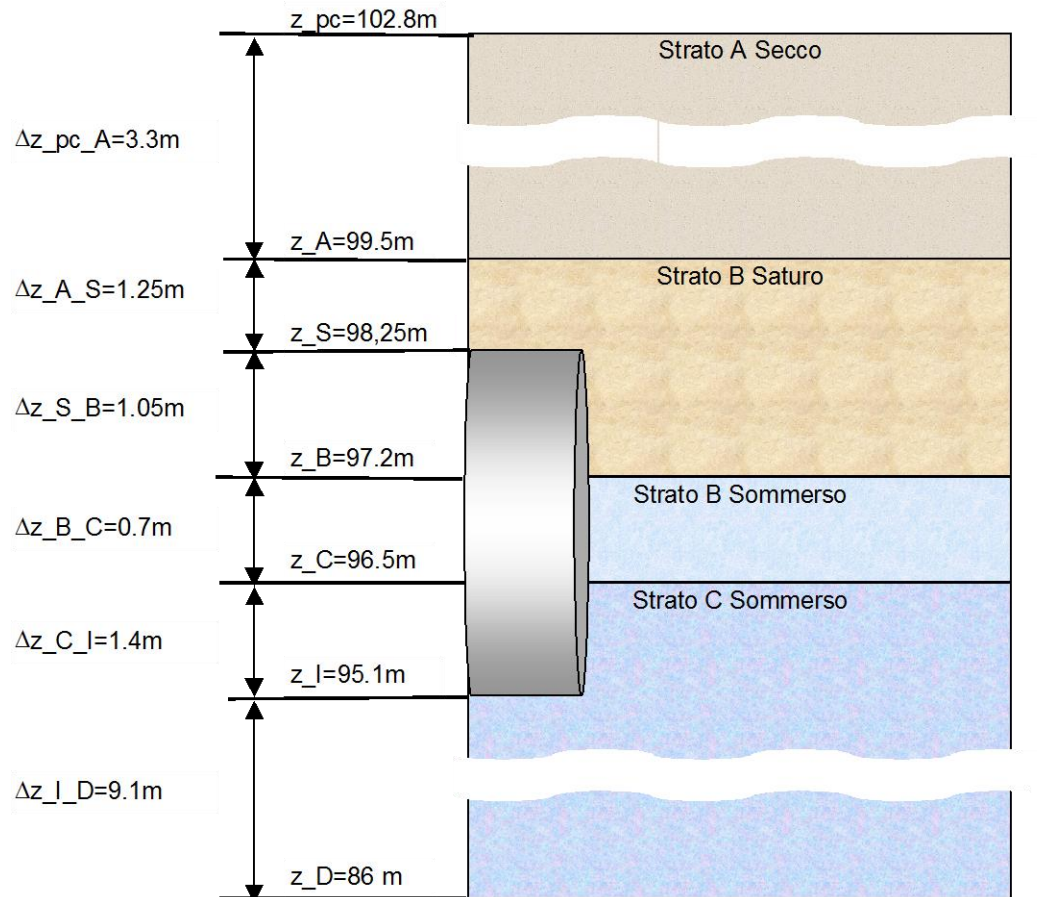
Fase3: Superficie libera in funzione della permeabilità

Caso 1 ($k_1 = 10^{-5} \text{m/s}$, $k_2 = 10^{-5} \text{m/s}$)

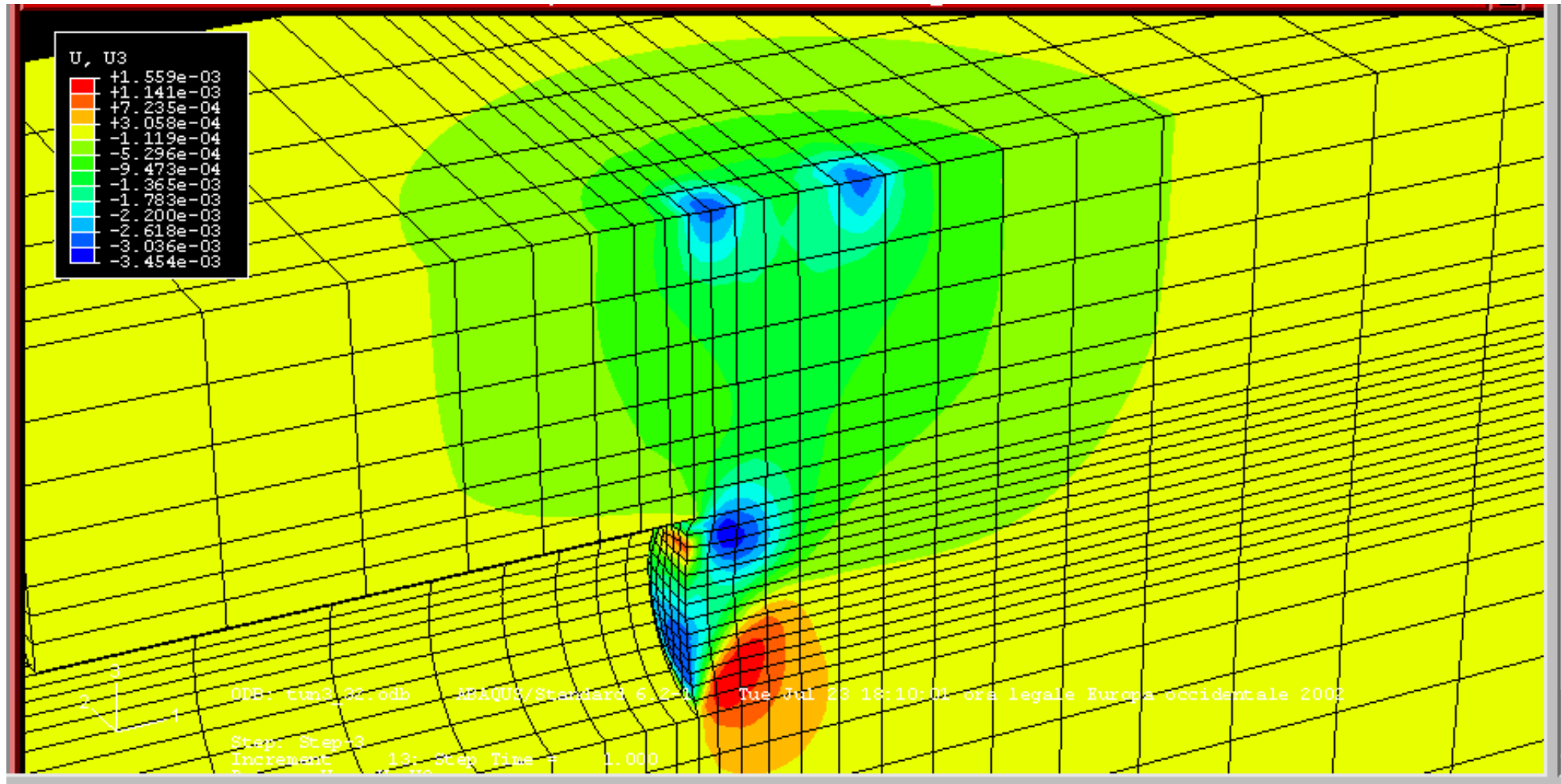


Caso 2 ($k_1 = 10^{-7} \text{m/s}$, $k_2 = 10^{-5} \text{m/s}$)

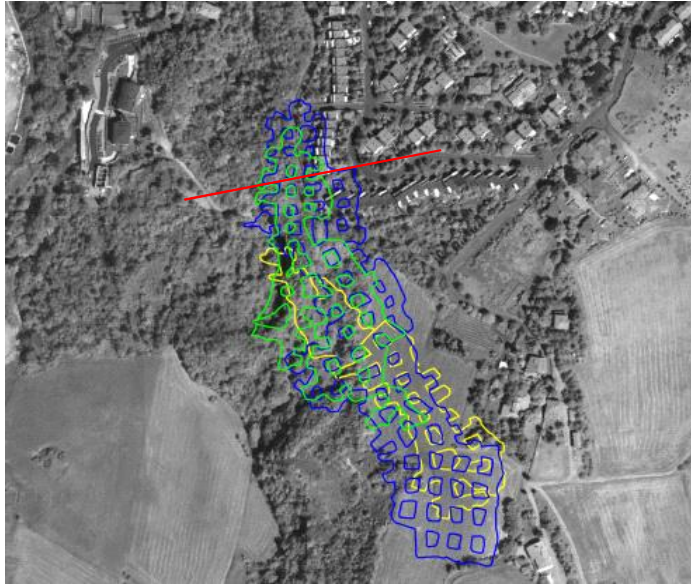
Un 2° caso esemplificativo: *Scavo tunnel - Analisi del problema*



Un 2° caso esemplificativo: Scavo tunnel - Analisi numerica con FEM



Un 3° caso esemplificativo: *Miniere abbandonate*



I Passi della Modellazione Geotecnica

Realtà:
descrizione
fenomeno

Modello:
previsione
comportamento

Opera:
Esecuzione
intervento

Geologia

Geotecnica





I Passi della Modellazione Geotecnica



Partendo dalla definizione dei processi fisici alla base del problema in esame si esaminerà:

Passo 1: Inquadramento preliminare e definizione ipotesi di lavoro

Passo 2: rilievi idro-geologici necessari ad inquadrare il problema in esame e definizione delle caratteristiche geometriche bidimensionali o tridimensionali da inserire nel modello,

Passo 3: esecuzione di adeguate indagini di sito e di laboratorio per la caratterizzazione dei geomateriali sulla base dei modelli fenomenologici che si utilizzeranno,

Passo 4: scelta dei modelli costitutivi e fenomenologici che si intendono utilizzare, stima dei rispettivi parametri e delle variabili di stato sulla base delle evidenze sperimentali,

Passo 5: esecuzione di analisi numeriche (eventualmente per fasi successive), del problema al contorno,

Passo 6: valutazione criticamente dei risultati ottenuti anche mediante il confronto con modelli più semplici di natura analitica e/o empirica.