



Università degli Studi della Basilicata  
Sede di Matera

# CORSO DI Geotecnica

## Testi consigliati

*Geotecnica*, R. Lancellotta, Zanichelli Editore

*Lezioni di Meccanica delle Terre*, A. Bughignoli,  
Editoriale ESA

*Meccanica delle Terre*, T.W. Lambe e R.V.  
Withman, Dario Flaccovio Editore

*Geotecnica – meccanica delle terre e fondazioni*, J.  
Atkinson, McGraw-Hill

# Geotecnica

## **ARTICOLAZIONE DEL CORSO** (circa 90 ore)

### **LEZIONI**

- Introduzione alle applicazioni della Geotecnica;
- Identificazione dei terreni;
- Richiami di meccanica del continuo;
- Principio delle tensioni efficaci;
- Tensioni litostatiche;
- Moti di filtrazione in condizioni stazionarie;
- Misure di pressioni interstiziali in sito;
- Pressioni interstiziali indotte in condizioni non drenate;
- Campionamento indisturbato;
- Compressibilità dei terreni;
- Consolidazione monodimensionale;
- Cedimenti in condizioni monodimensionali;
- Deformabilità e resistenza dei terreni;
- Misure di deformabilità e resistenza in sito;
- Spinte dei terreni sulle opere di sostegno;
- Carico limite per fondazioni superficiali;
- Cedimenti in condizioni bi o tri-dimensionali.

### **ESERCITAZIONI**

- Identificazione di un campione di terreno -  $n$ ,  $\gamma$ ,  $w$ ;
- Tensioni litostatiche con falda in quiete ed in moto;
- Moti di filtrazione;
- Elaborazione di prove edometriche e triassiali;
- Calcolo del carico limite e dei cedimenti.

**L'INGEGNERIA GEOTECNICA STUDIA SU BASI  
FISICO-MATEMATICHE IL COMPORTAMENTO  
MECCANICO DI:**

**TERRENI (ROCCE SCIOLTE)  
e  
ROCCE (ROCCE LAPIDEE)**

**SOGGETTI NELLA LORO SEDE NATURALE  
AD AZIONI ESTERNE,  
MODIFICHE DELLE CONDIZIONI AI LIMITI E  
MODIFICHE DELLE PROPRIETÀ  
A CAUSA DI FENOMENI NATURALI  
O DI INTERVENTI ANTROPICI**

**ESTRATTI DALLA SEDE NATURALE ED IMPIEGATI COME  
MATERIALI DA COSTRUZIONE DI:  
RILEVATI  
ARGINI  
COLMATE  
DIGHE IN MATERIALI SCIOLTI**

# FONDAZIONI

Tutte le strutture civili (edifici, ponti, muri, ecc.) sono vincolate al terreno attraverso una "struttura di fondazione", che va opportunamente dimensionata.

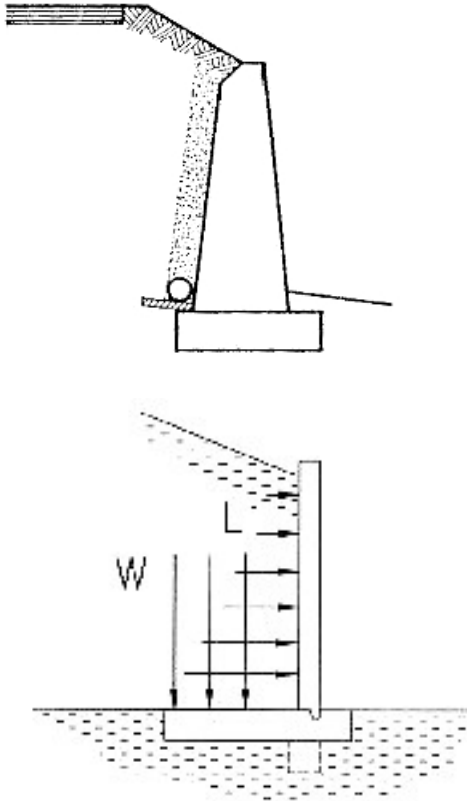


Il vincolo terreno, sollecitato attraverso la fondazione, non deve infatti collassare o essere troppo cedevole (cioè, produrre cedimenti incompatibili con la statica e/o la funzionalità della sovrastruttura).

La soluzione del problema richiede tipicamente la valutazione:

- della capacità portante della fondazione;
- dei cedimenti indotti in condizioni di esercizio.

# OPERE DI SOSTEGNO



Occorre:

- determinare le azioni esercitate dal terreno sulla struttura di sostegno;
- regolare il regime delle acque a tergo del muro;
- determinare le azioni esercitate in fondazione;
- verificare il muro al ribaltamento e allo scorrimento;
- verificare gli elementi strutturali.

# COSTRUZIONI IN TERRA (rilevati e argini)



È necessario:

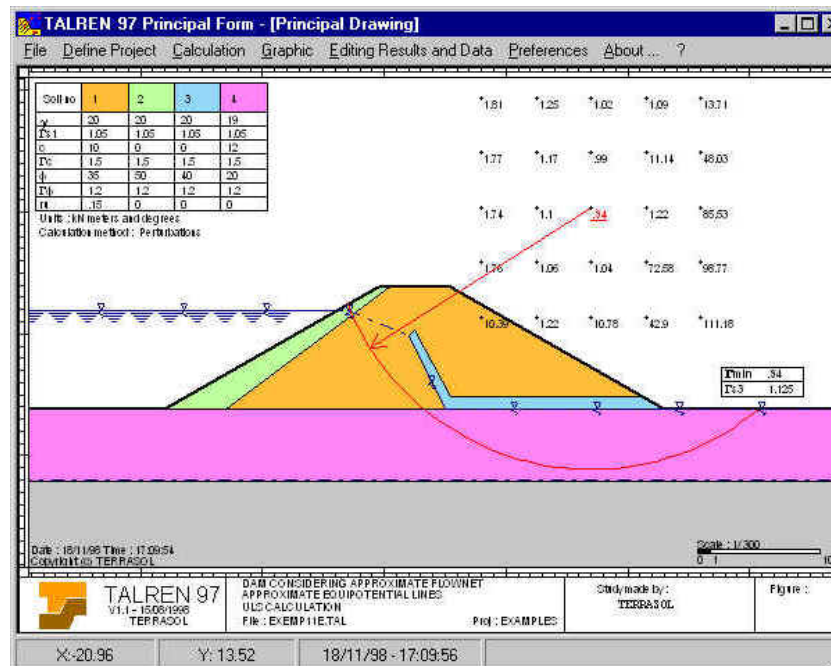
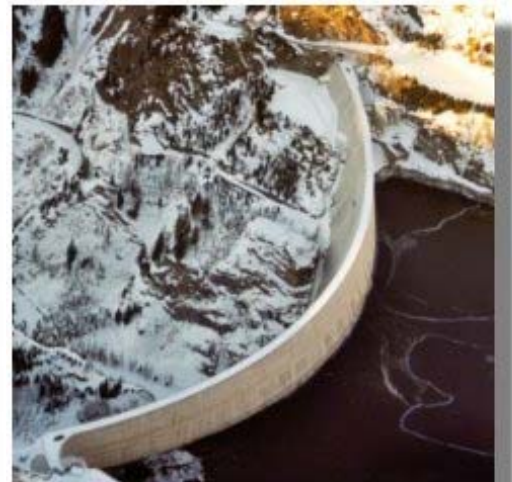
- verificare i cedimenti in condizioni di esercizio;
- valutare la sicurezza nei confronti della stabilità delle scarpate;
- analizzare il comportamento idraulico (ove richiesto).



# COSTRUZIONI IN TERRA

## grandi dighe

La tematica è estremamente ampia e complessa.  
Vi sono numerosi problemi geotecnici associati alla  
costruzione e all'esercizio di tali opere.



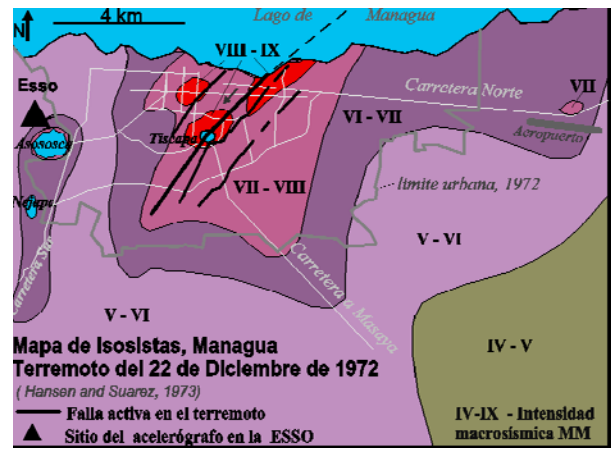
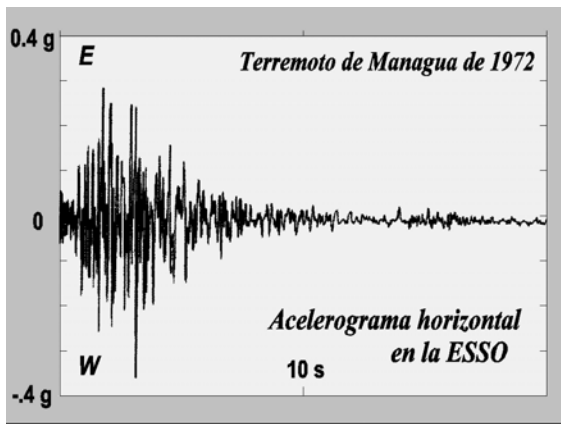
# STABILITA' DEI PENDII



Tipicamente si adoperano procedure sperimentali e teoriche per la valutazione della sicurezza di pendii e per l'analisi diagnostica di movimenti franosi in atto o già avvenuti.



# DINAMICA DELLE TERRE E DELLE ROCCE



# DINAMICA DELLE TERRE E DELLE ROCCE



# MECCANICA DELLE ROCCE



IN TUTTI I PROBLEMI INDICATI OCCORRE TENERE  
CONTO DELLA NATURA DEL  
"MATERIALE" CON CUI SI HA A CHE FARE

LIMITANDOCI AL CASO DEI TERRENI  
(il corso non tratta della meccanica delle rocce)

**IL MEZZO è GRANULARE e POROSO**  
(GRANELLI E SPAZI INTERGRANULARI)

E' COSTITUITO DA **PIÙ FASI**  
(SOLIDA, LIQUIDA E GASSOSA)  
**CHE INTERAGISCONO**

HA COMPORTAMENTO MECCANICO NOTEVOLMENTE  
INFLUENZATO DALLA **STRUTTURA**  
(ossia dall'assetto dei granelli e da eventuali deboli  
legami di cementazione tra di essi)

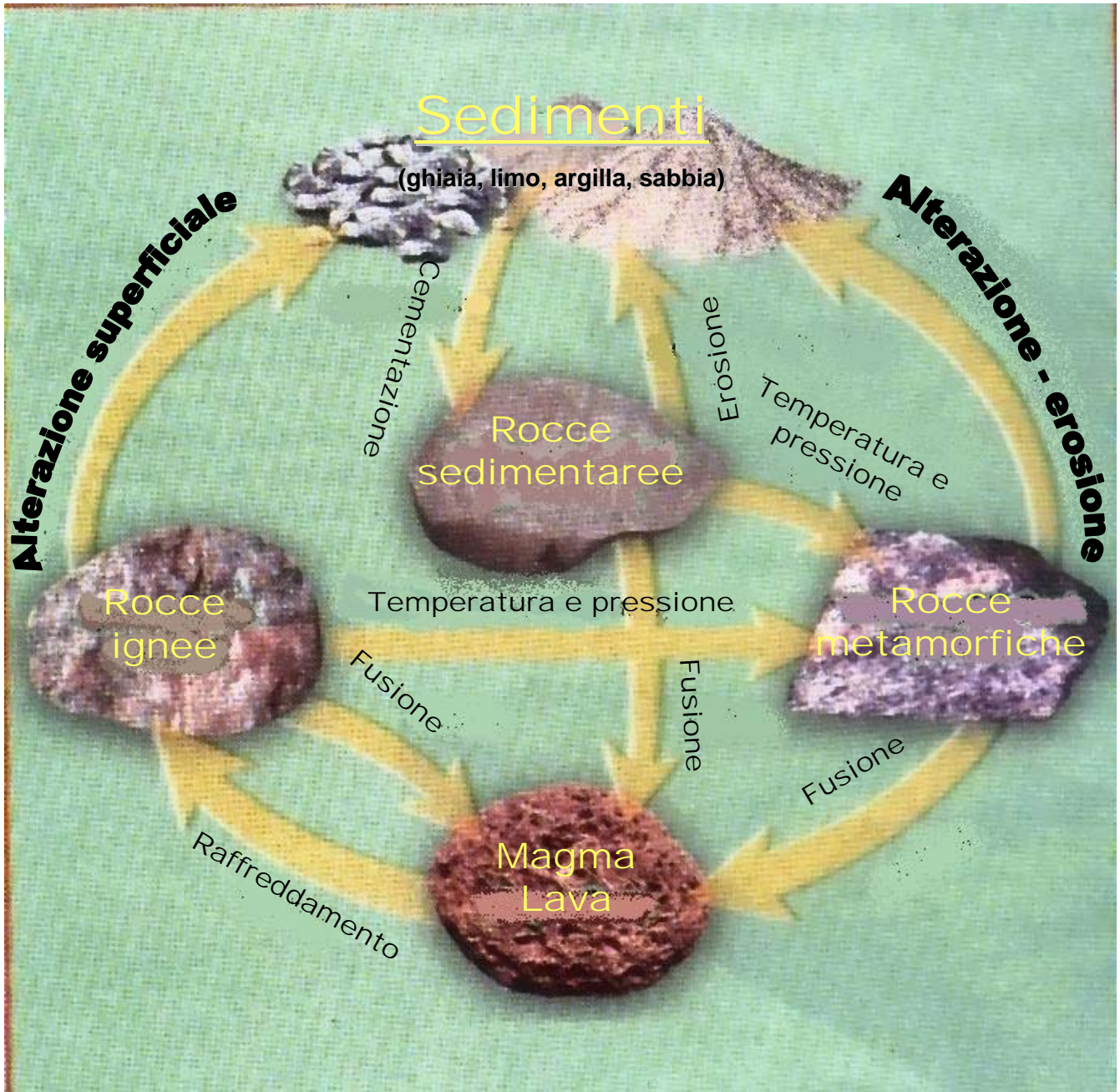
**L'ESTREMA VARIABILITÀ DEI TERRENI E DELLE  
SITUAZIONI NATURALI RENDE SEMPRE NECESSARIO  
ESEGUIRE INDAGINI SPERIMENTALI SPECIFICHE**

**Minerale**: elemento naturale inorganico, omogeneo, di caratteristiche fisiche definite e di composizione chimica esprimibile mediante una formula. I minerali si presentano molto frequentemente allo stato cristallino, cioè come aggregati regolari di ioni, atomi o molecole.

**Terra**: aggregato naturale di grani minerali che possono essere separati mediante semplice azione fisica, come l'agitazione in acqua.

**Roccia**: aggregato naturale di minerali (a composizione molto variabile) connessi da permanenti e forti legami.

# CICLO DELLE ROCCE



I terreni sono aggregati naturali di grani minerali che possono essere separati mediante semplice azione fisica, come l'agitazione in acqua.

Le dimensioni dei grani variano in un intervallo molto ampio

Argille:  $d \leq 2 \mu\text{m}$

Limi:  $2 \mu\text{m} < d \leq 0,06 \text{ mm}$

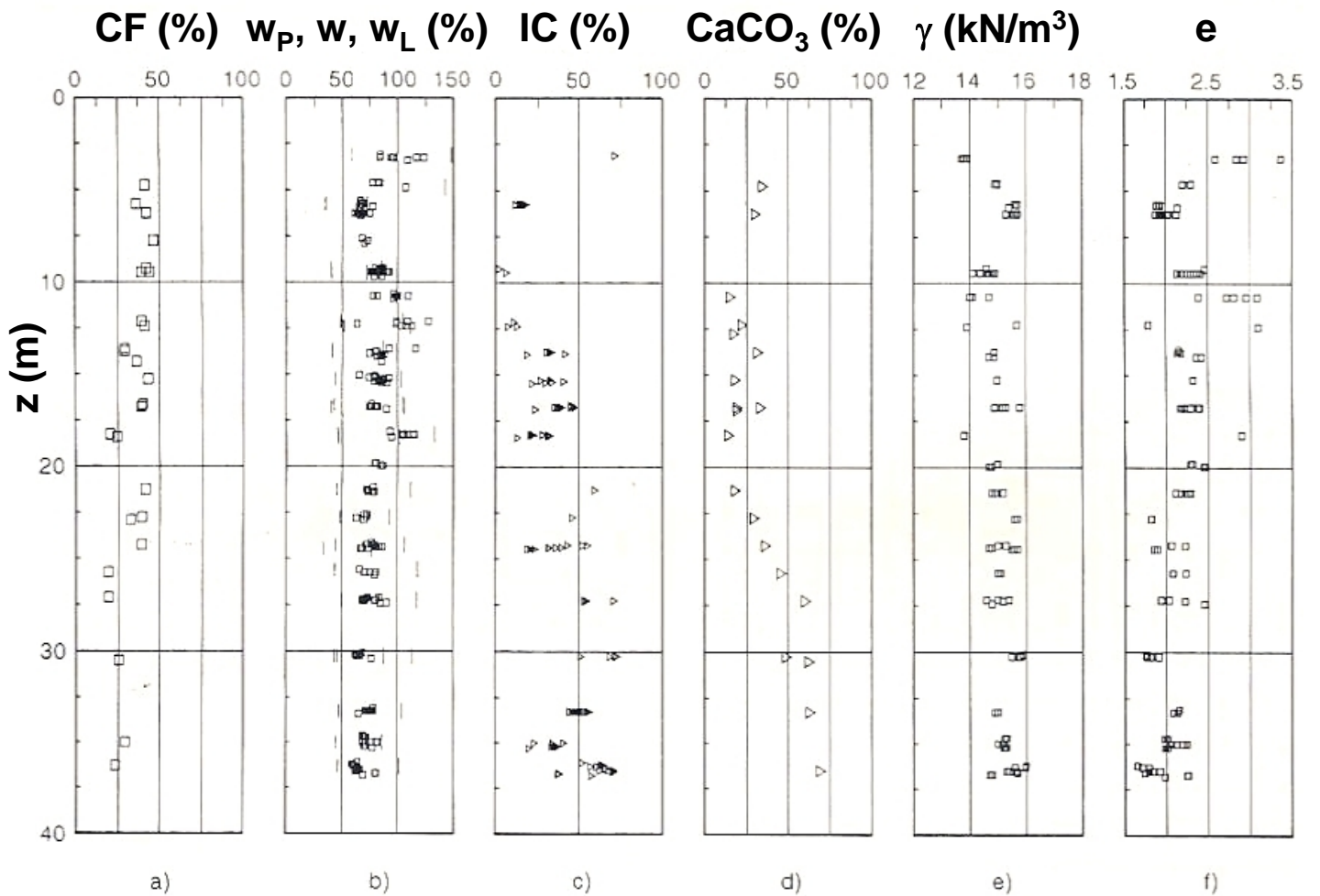
Sabbie:  $0,06 \text{ mm} < d \leq 2 \text{ mm}$

Ghiaie:  $2 \text{ mm} < d \leq 60 \text{ mm}$

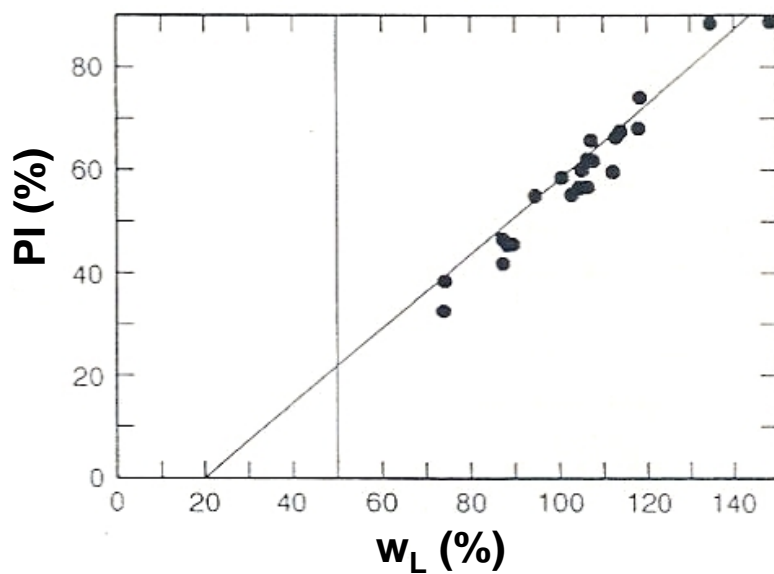
Ciottoli:  $d > 60 \text{ mm}$

[MIT]

# VARIABILITÀ DELLE PROPRIETÀ IN LITOTIPI OMOGENEI



Proprietà indice dell'argilla del Fucino.



Carta di plasticità.



## VARIABILITÀ DELLE PROPRIETÀ IN LITOTIPI OMOGENEI

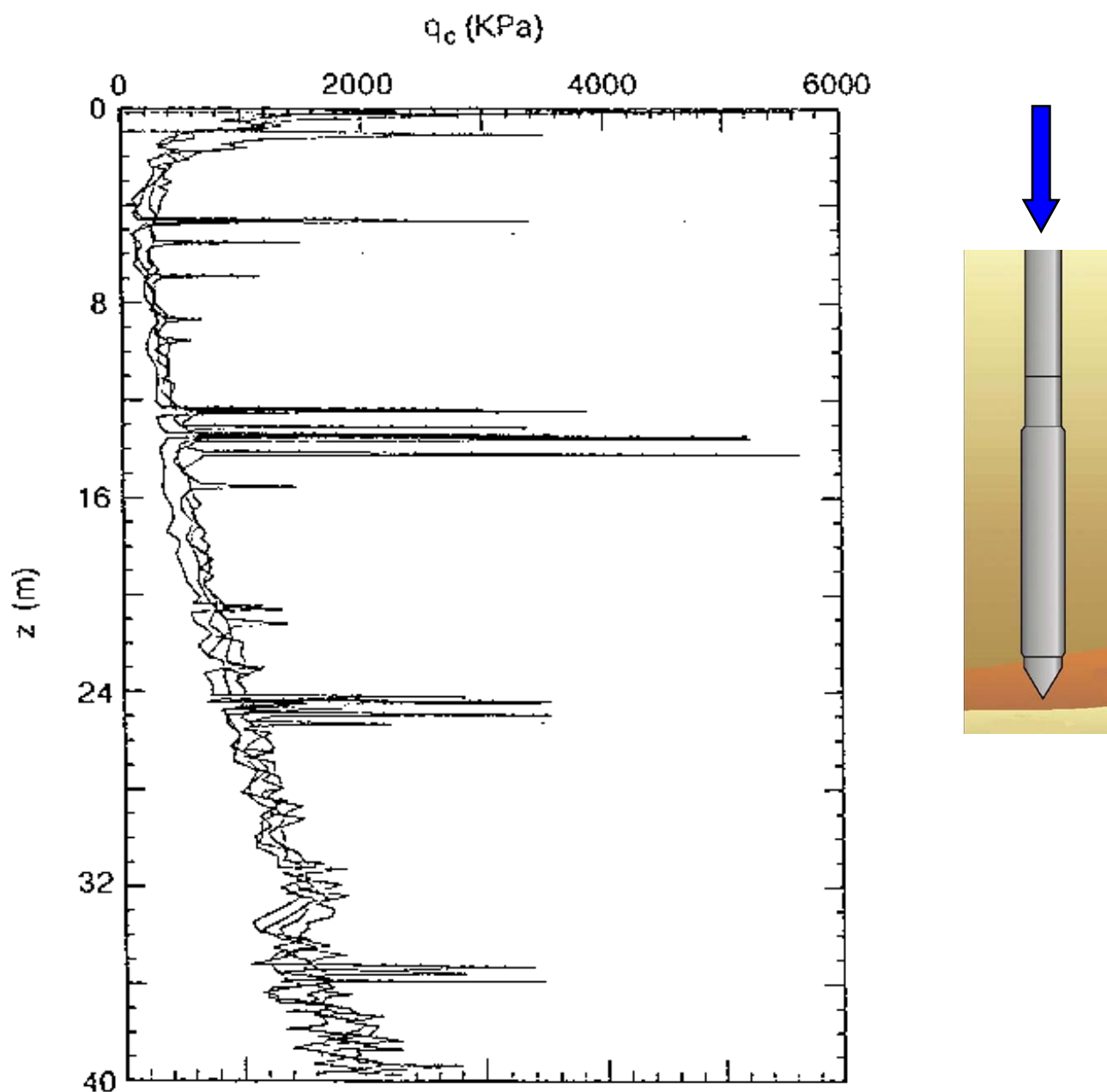
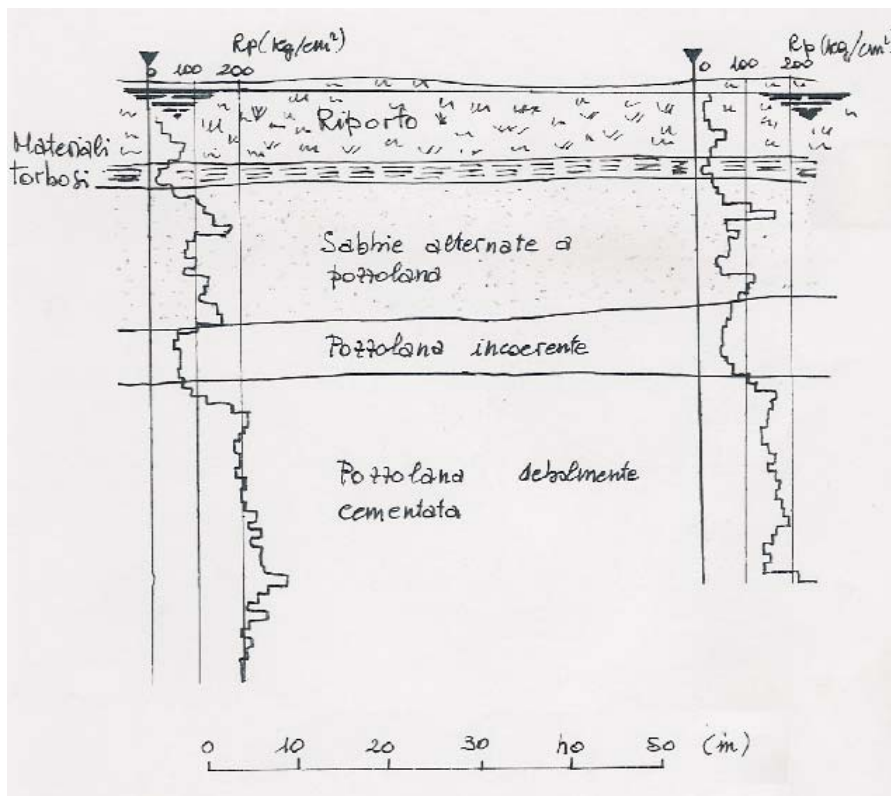
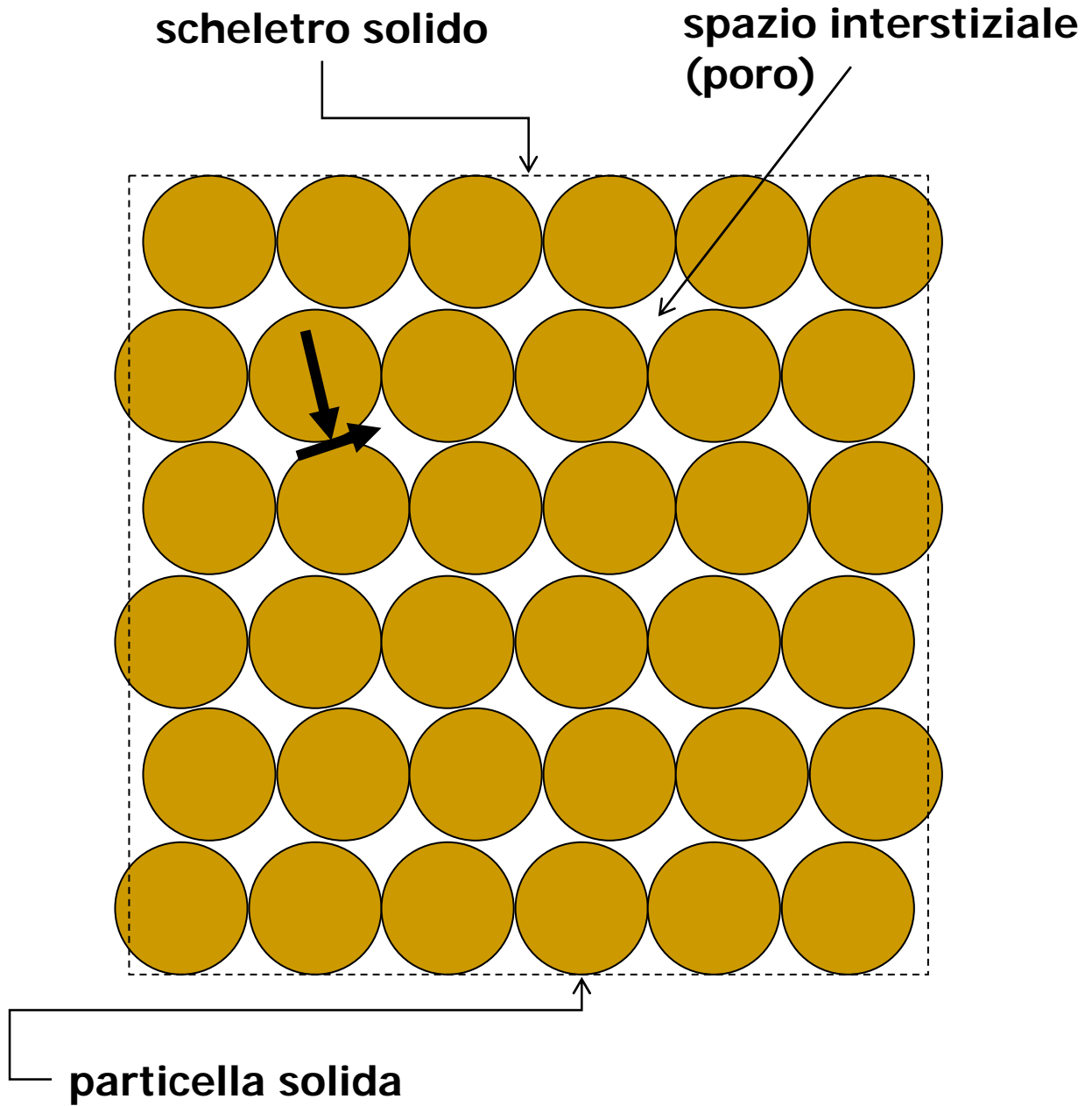


Fig. 2 - Risultati delle prove penetrometriche statiche.

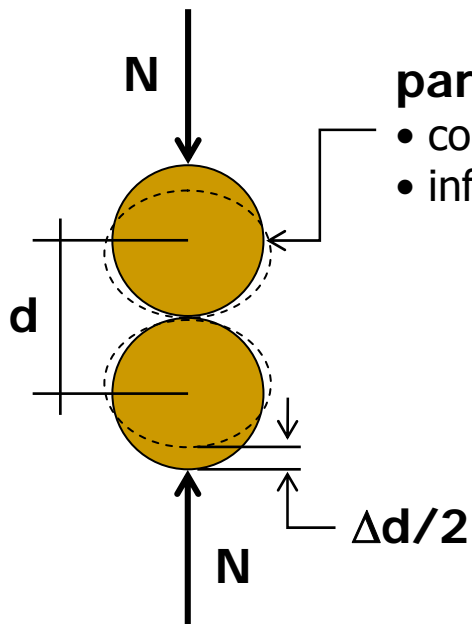
# VARIABILITÀ DELLE PROPRIETÀ IN LITOTIPI OMOGENEI



## MEZZO POROSO ASCIUTTO

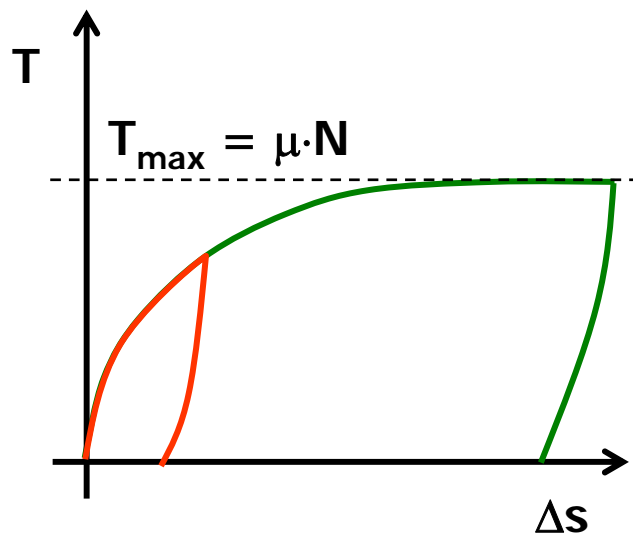
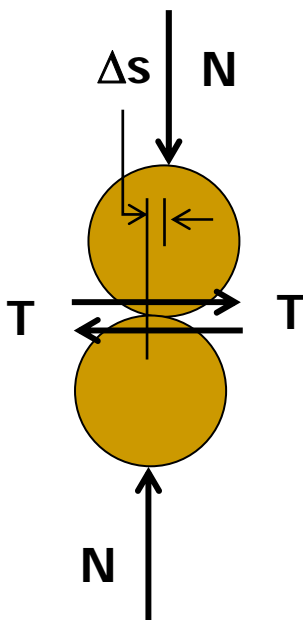
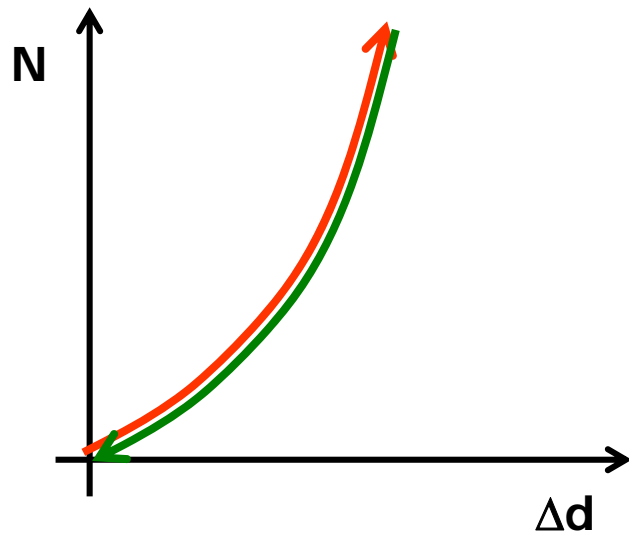


## INTERAZIONE GRANO-GRANO



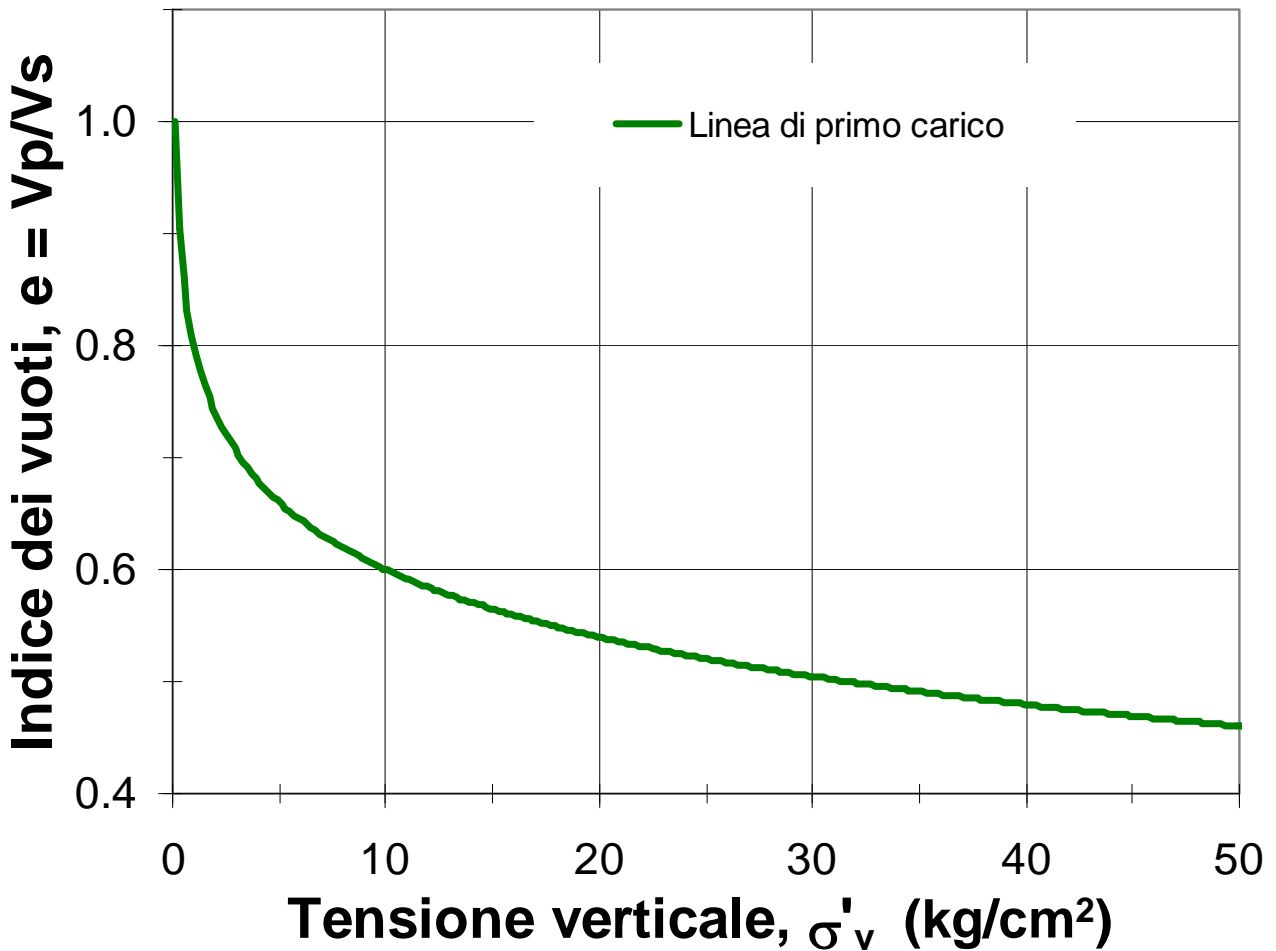
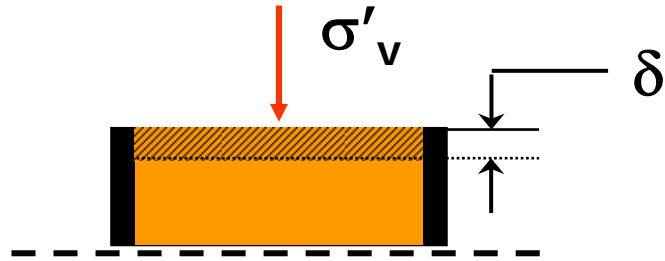
### particella solida

- comportamento elastico, lineare, isotropo
- infinitamente resistente

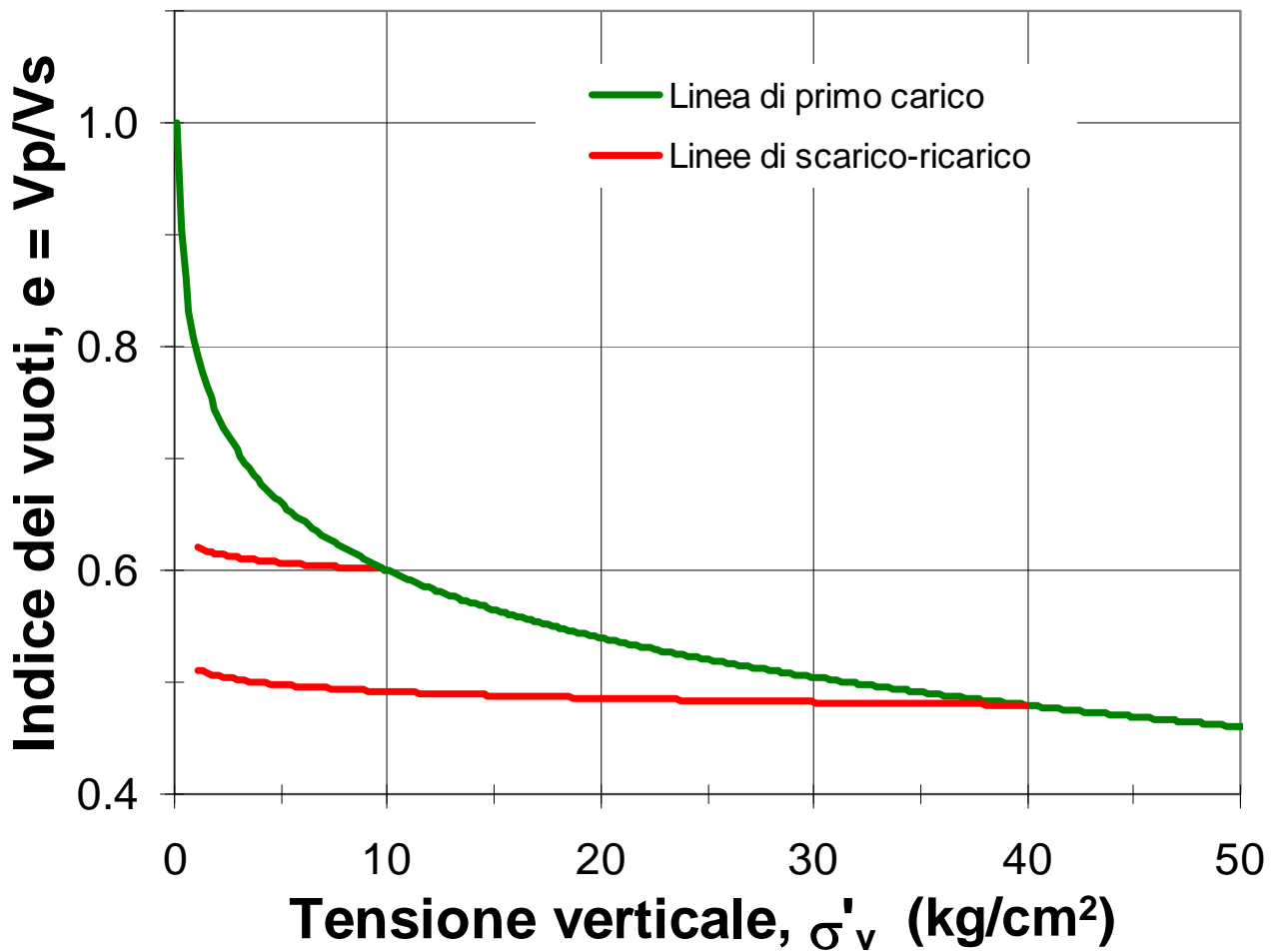
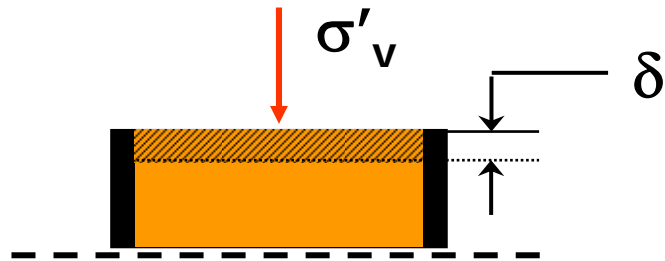


# COMPORTAMENTO NON LINEARE ed ELASTO-PLASTICO

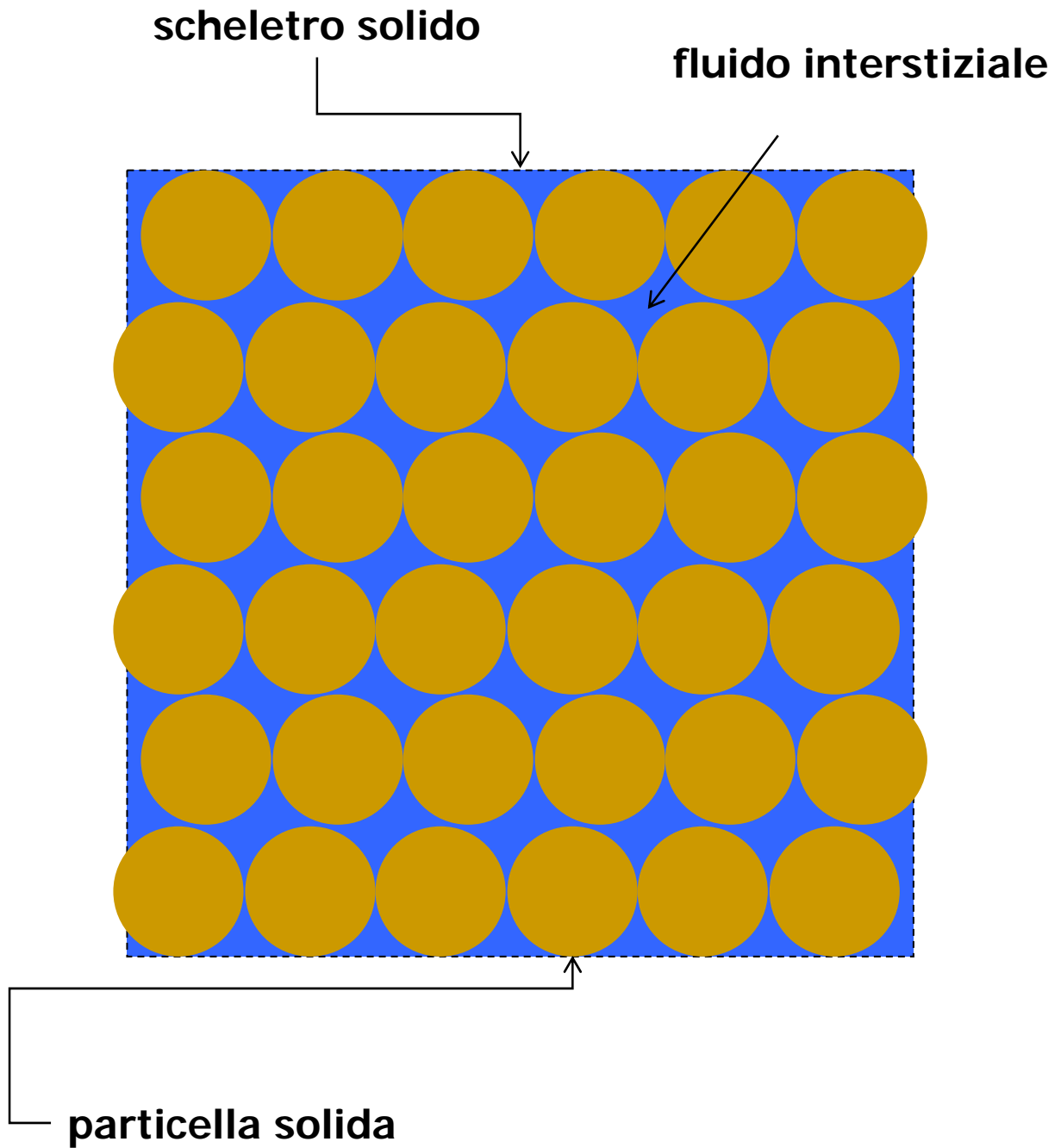
esempio della compressione a sezione trasversale costante



## MEMORIA DELLA STORIA TENSIONALE

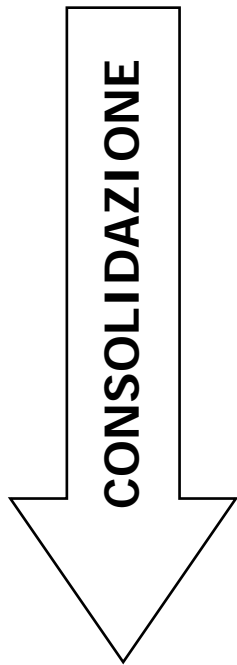


# MEZZO POROSO SATURO

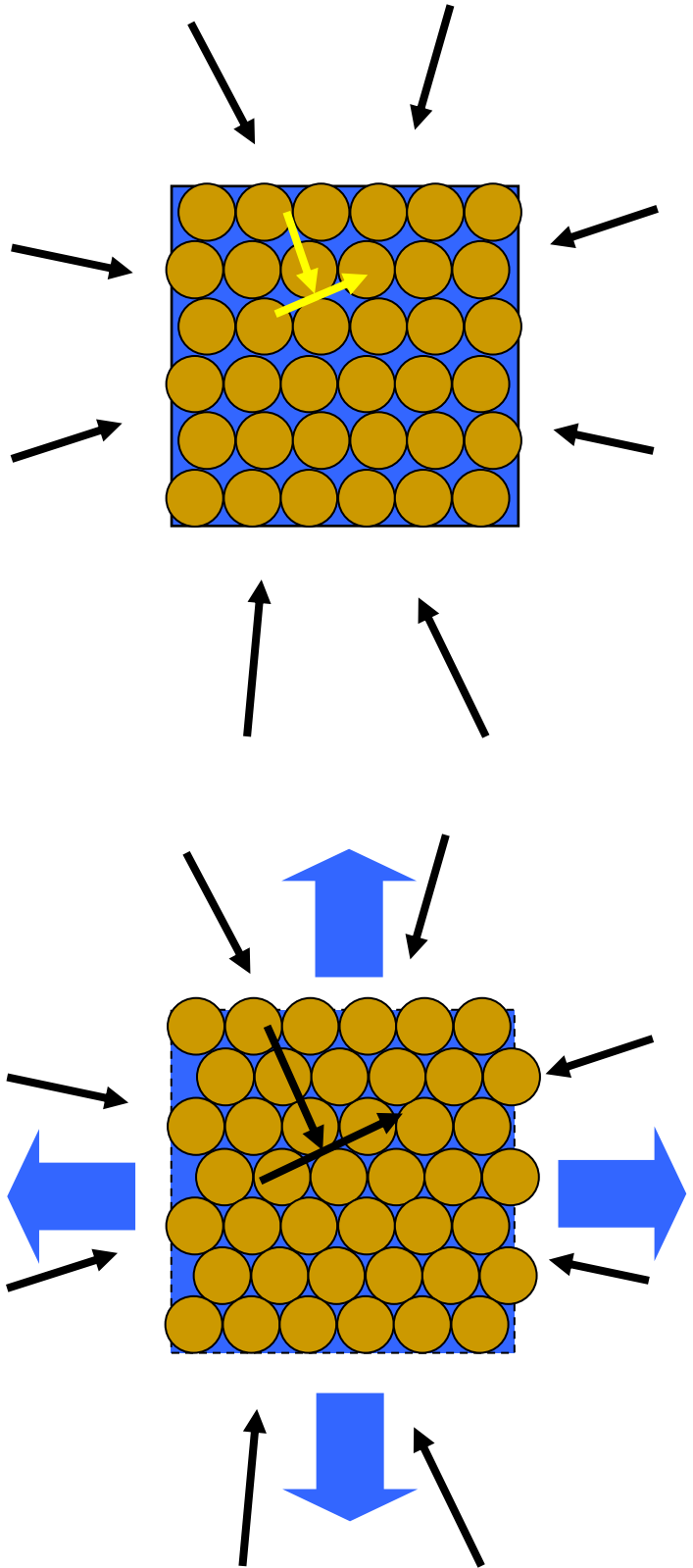


# INTERAZIONE TRA LE FASI

CONDIZIONE INIZIALE  
(NON DRENATA)

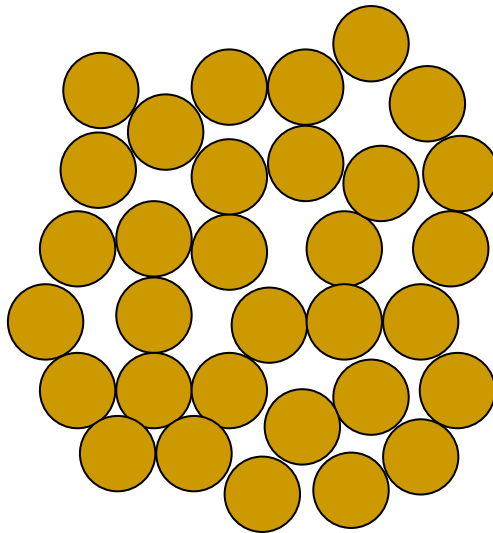
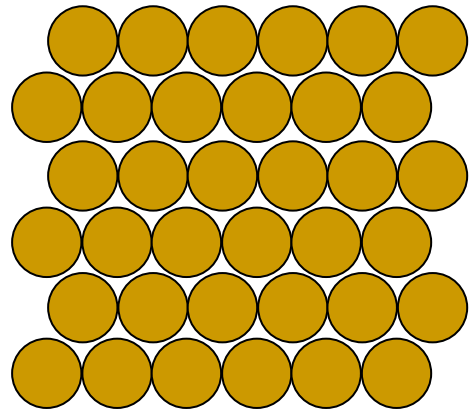
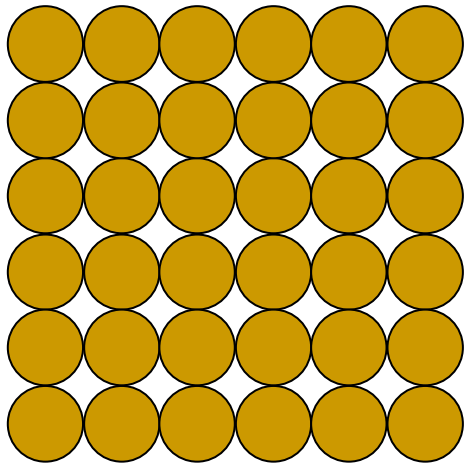


CONDIZIONE FINALE  
(DRENATA)

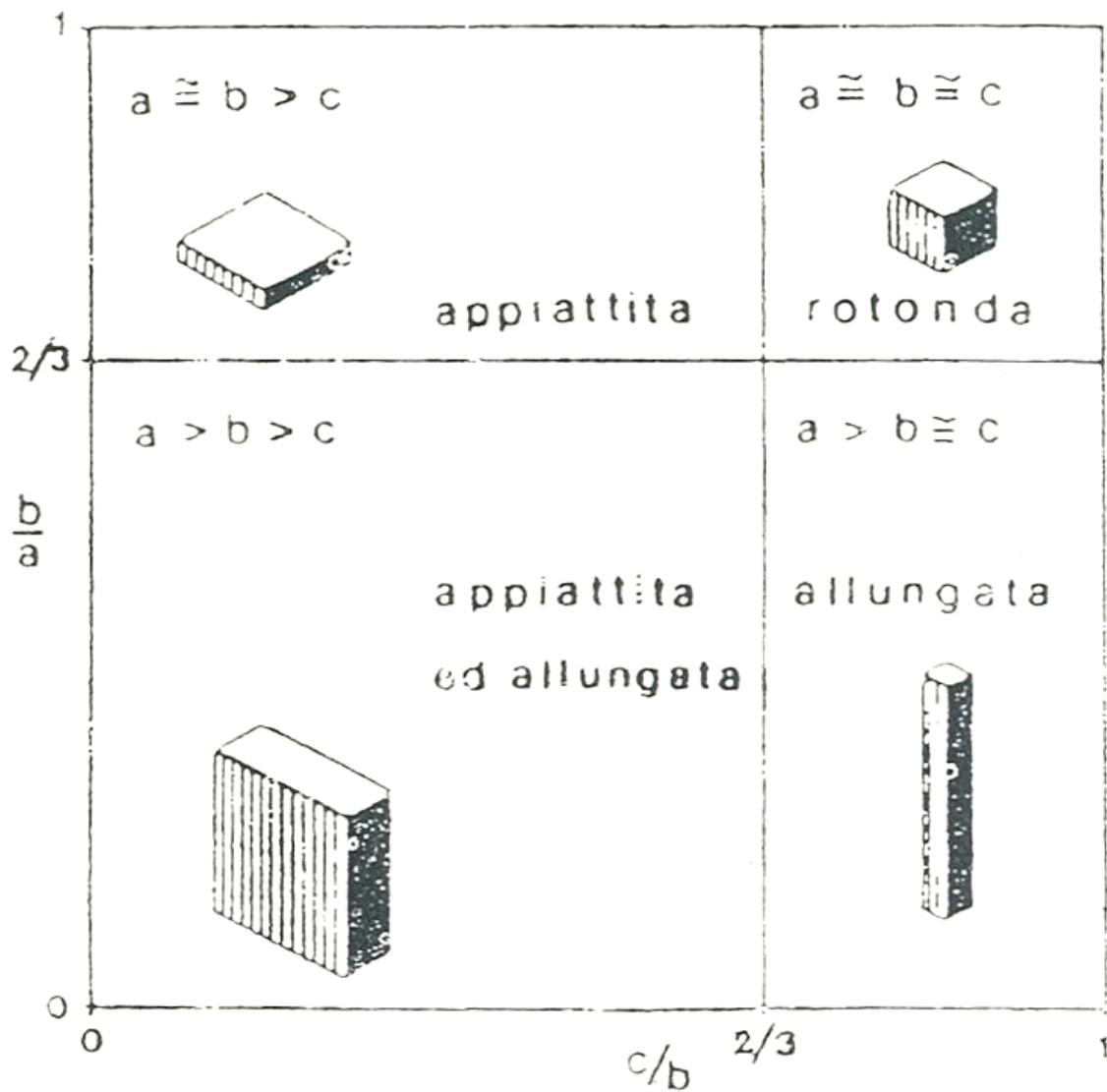
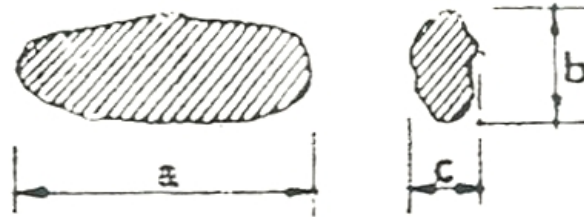




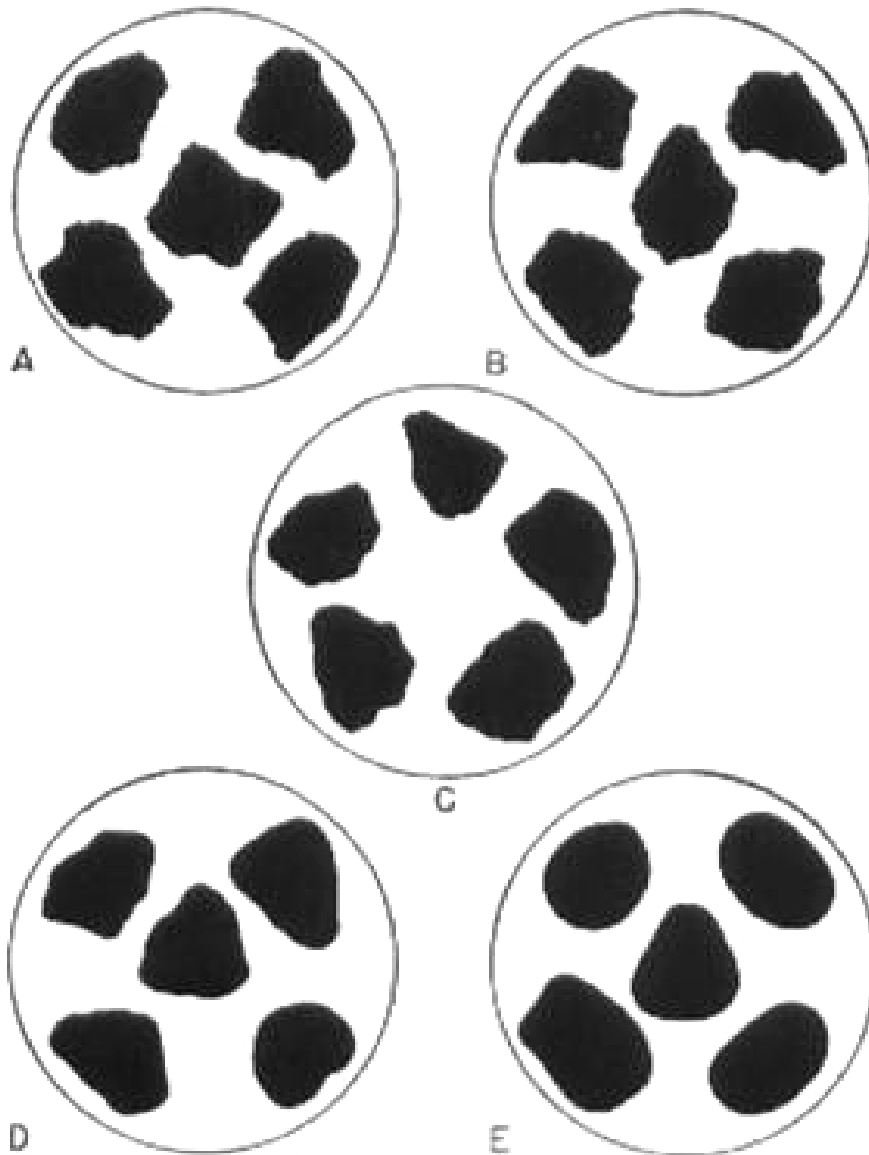
# STRUTTURA DEI TERRENI A GRANA GROSSA



# FORMA DELLE PARTICELLE TERRENI A GRANA GROSSA (SABBIE e GHIAIE)

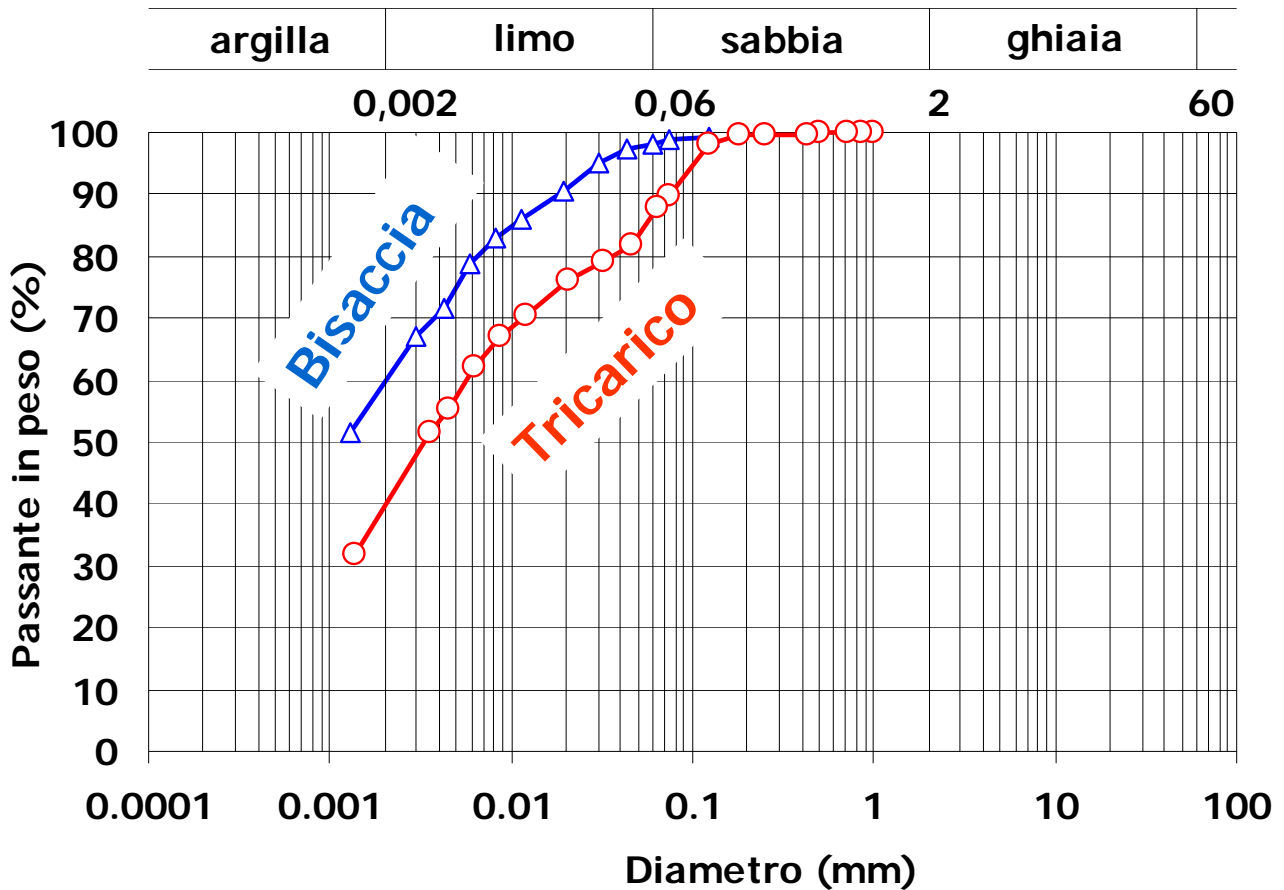


## GRADO DI ARROTONDAMENTO DEI GRANI (SABBIE e GHIAIE)



A: a spigoli vivi; B: a spigoli parzialmente arrotondati; C: subarrotondati; D: arrotondati; E: ben arrotondati.

## CURVE GRANULOMETRICHE DI DUE TERRENI

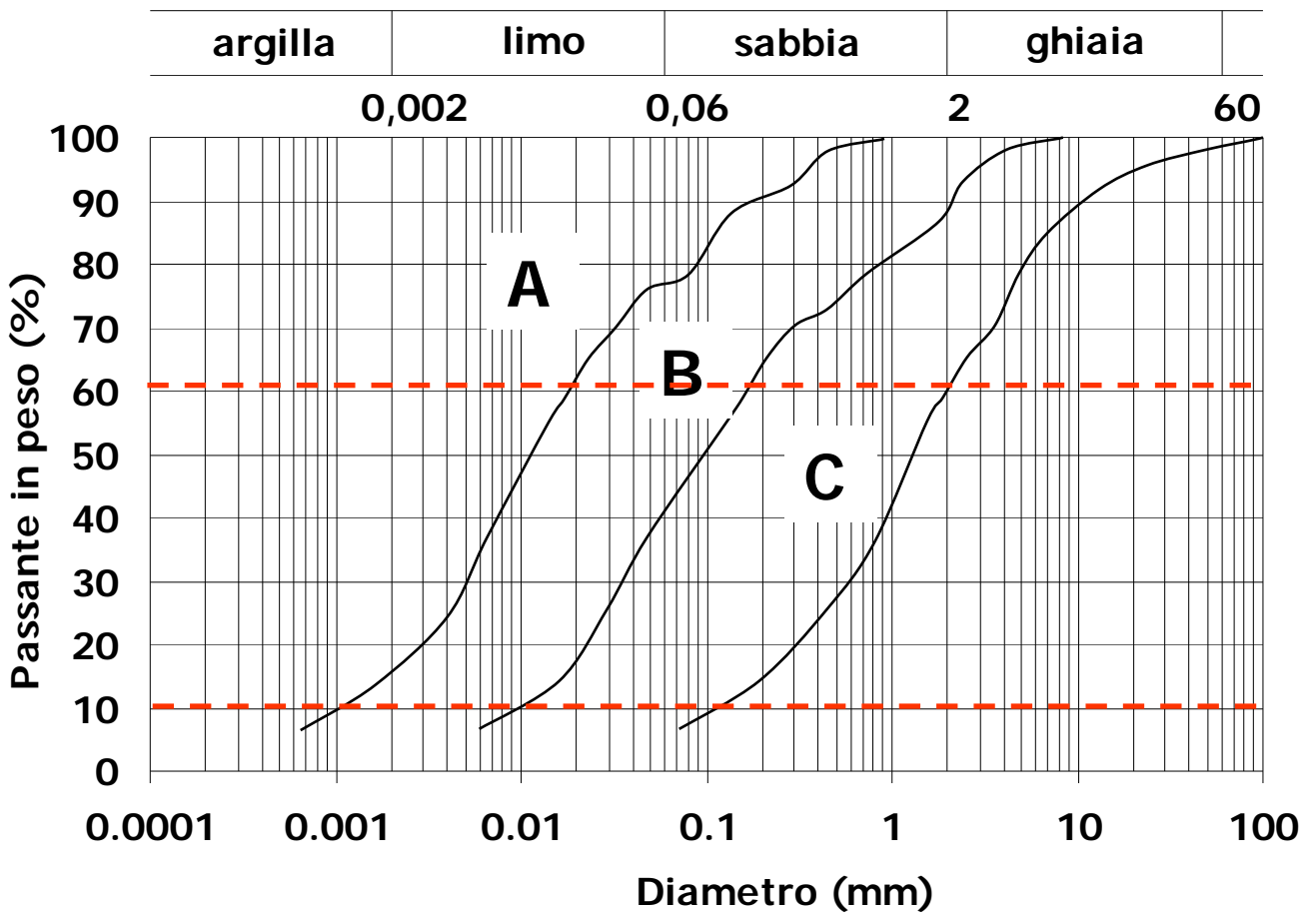


Bisaccia: argilla con limo

Tricarico: limo con argilla sabbioso

NB: Secondo componente preponderante

tra 50% e 25 %	⇒	<b>con</b> + nome
tra 25% e 10%	⇒	nome + <b>oso</b>
tra 10% e 5%	⇒	nome + <b>debolmente oso</b>
< 5%	⇒	-



Coefficiente di uniformità

$$C = \frac{D_{60}}{D_{10}}$$



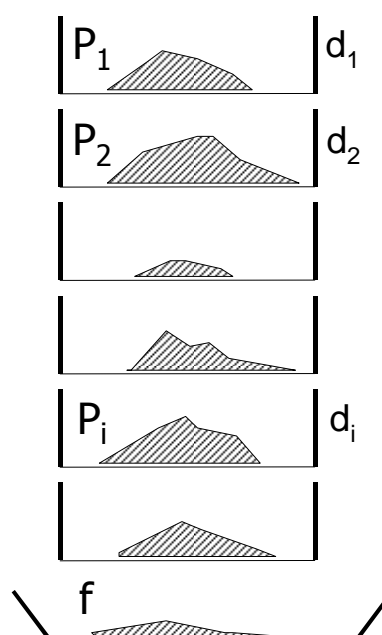
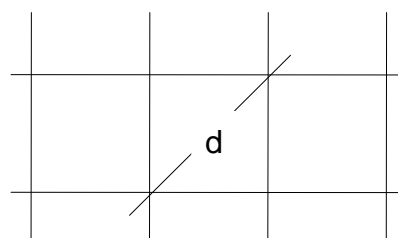
---

**Setaccio    Apertura delle maglie (mm)**

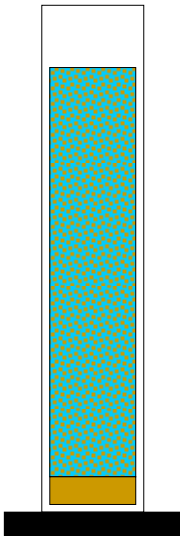
---

4	4.76
6	3.36
8	2.38
10	2.00
12	1.68
16	1.19
20	0.840
30	0.590
40	0.420
50	0.297
60	0.250
70	0.210
100	0.149
140	0.105
200	0.074

---



## SEDIMENTAZIONE



### principio di funzionamento:

la velocità di caduta  $v$  - in moto uniforme - di una sfera di diametro  $d$  in un fluido è proporzionale al quadrato del diametro:

$$v = \frac{\gamma_s - \gamma_w}{1800 \cdot \eta} \cdot d^2 \quad \text{legge di Stokes}$$

$\gamma_s$  (g/cm<sup>3</sup>) = peso specifico del materiale della sfera

$\gamma_w$  (g/cm<sup>3</sup>) = peso specifico dell'acqua

$\eta$  (g·s/cm<sup>2</sup>) = viscosità cinematica dell'acqua = f(T)

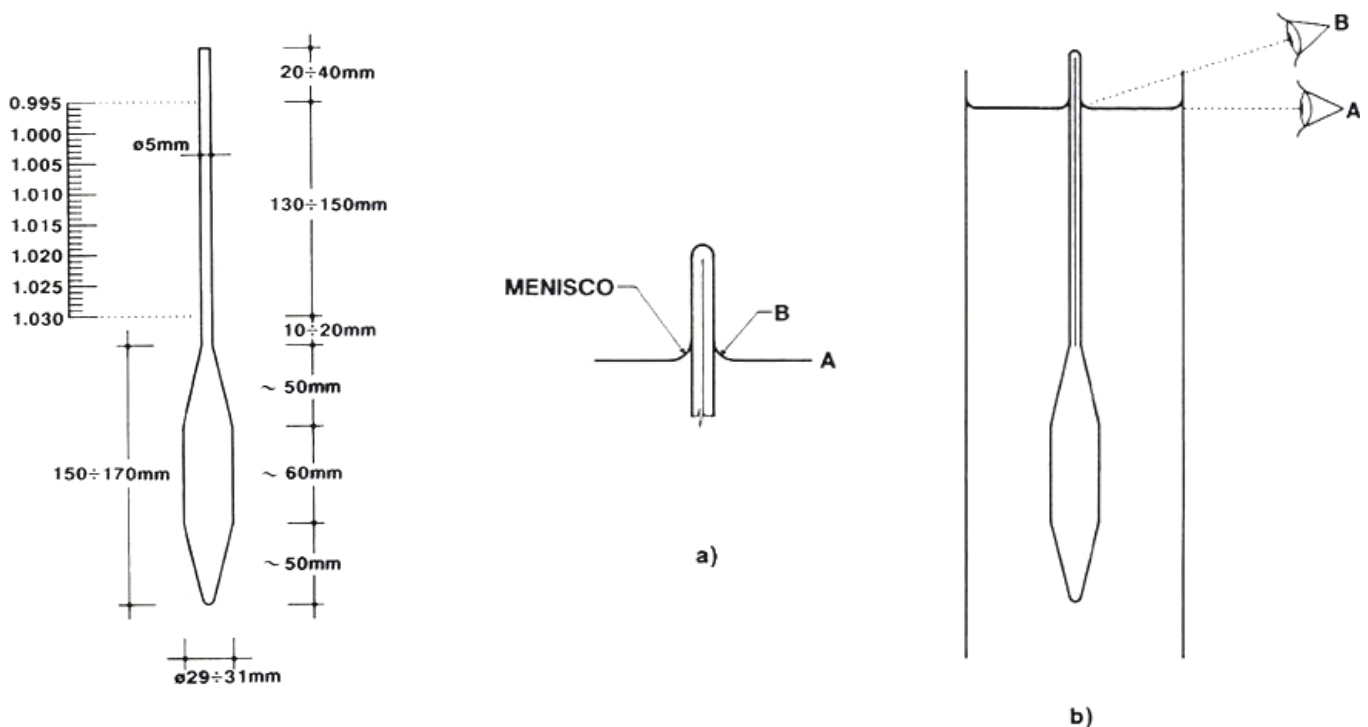
$d$  (mm) = diametro della sfera



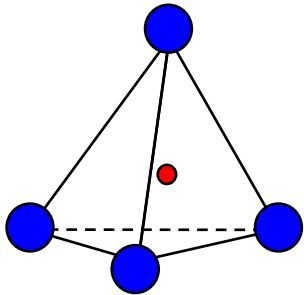
PIUTTOSTO CHE NELLA DETERMINAZIONE DELLA VELOCITÀ DI CADUTA DEI GRANI, LA PROVA CONSISTE NELLA MISURA, AD INTERVALLI DI TEMPO PREFISSATI, DELLA DENSITÀ ( $\rho$ ) DI UNA SOSPENSIONE DI TERRENO (CIRCA 75 g) E ACQUA OPPORTUNAMENTE TRATTATA

provvedimenti particolari consistono in:

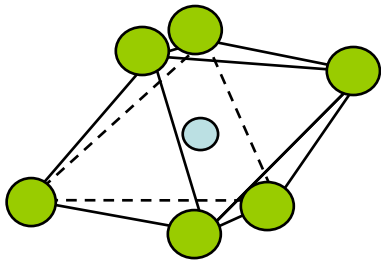
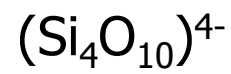
- *adozione di un disperdente  $\Rightarrow$  33 g di esametafosfato di sodio, 7 g di carbonato di sodio e acqua distillata fino a formare una miscela di 1 l (AGI 1994)*
- *controllo temperatura*
- *correzioni per tenere conto di errori di lettura e della presenza del disperdente*



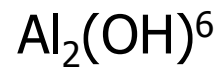
# Unità strutturali dei silicati



● silicio    ● ossigeno



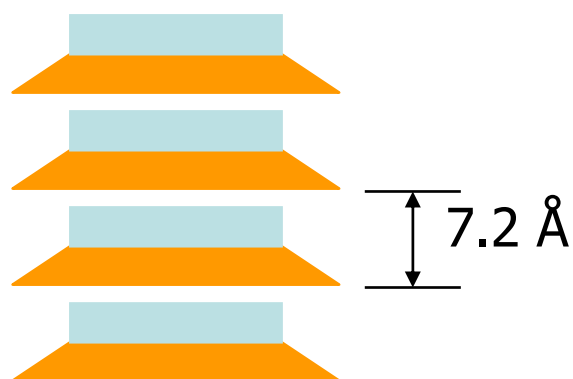
●  $\text{OH}^-$   
○ Alluminio, magnesio, ecc.



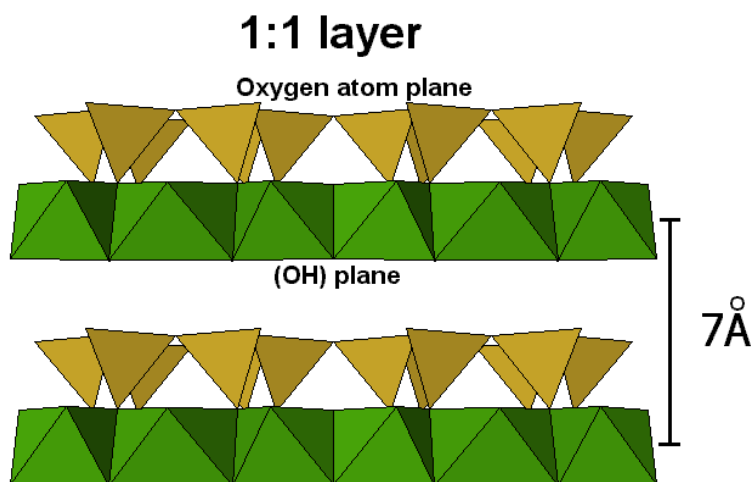
## Caolinite



7.5  $\mu\text{m}$



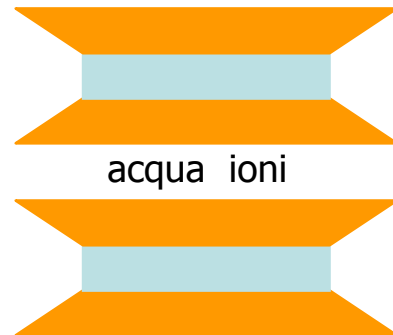
La caolinite è composta da strati tetraedrici alternati a strati ottaedrici. Una particella di caolinite ha un rapporto larghezza-spessore compreso tra 5 e 10 ed è costituita da circa cento pacchetti sovrapposti, tenuti insieme dalle forze di van der Waals e dal legame tra l'idrogeno degli ossidrili e gli ioni ossigeno.



# Montmorillonite

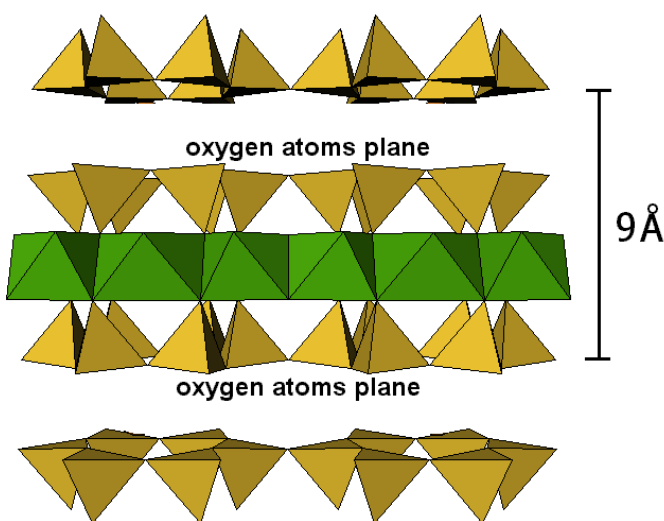


7.5  $\mu\text{m}$

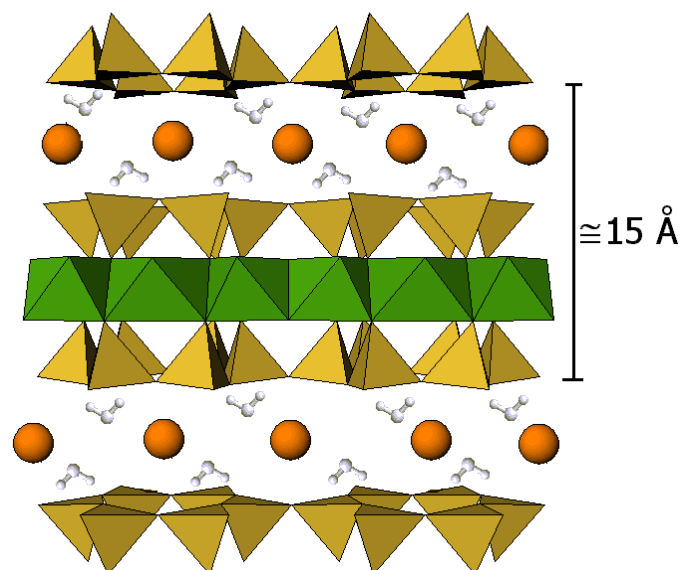


La montmorillonite è composta da uno strato ottaedrico posto tra due strati tetraedrici. Lo spazio tra i pacchetti contiene molecole d'acqua e cationi. Nello strato ottaedrico avviene la parziale sostituzione dell'alluminio con magnesio e del magnesio con ferro. Il conseguente sbilanciamento elettrostatico è compensato da cationi che si dispongono tra i pacchetti, sulla superficie e sui bordi delle particelle. I legami tra pacchetti sono dovuti a forze di van der Waals ed ai cationi.

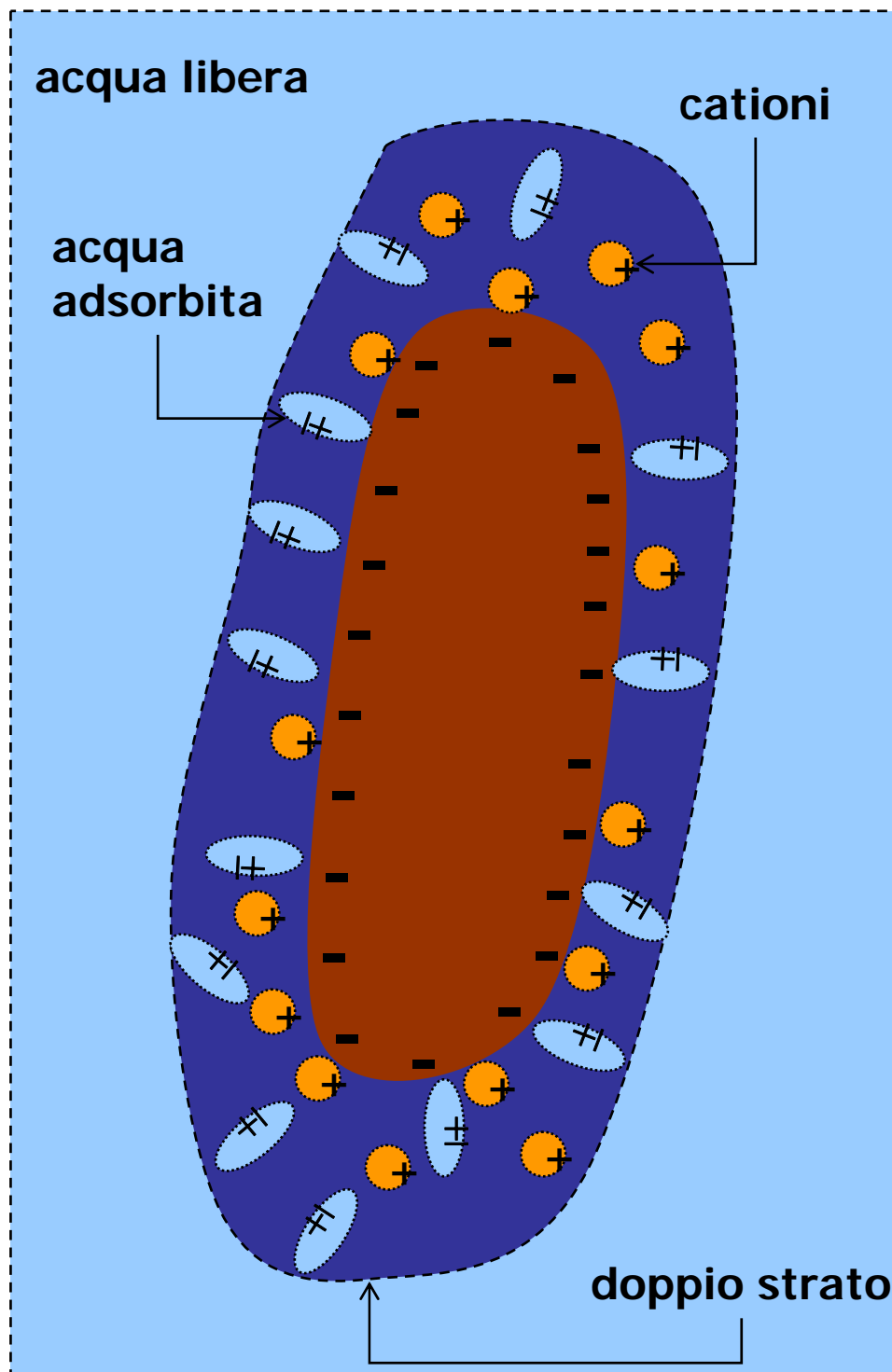
2:1 layer



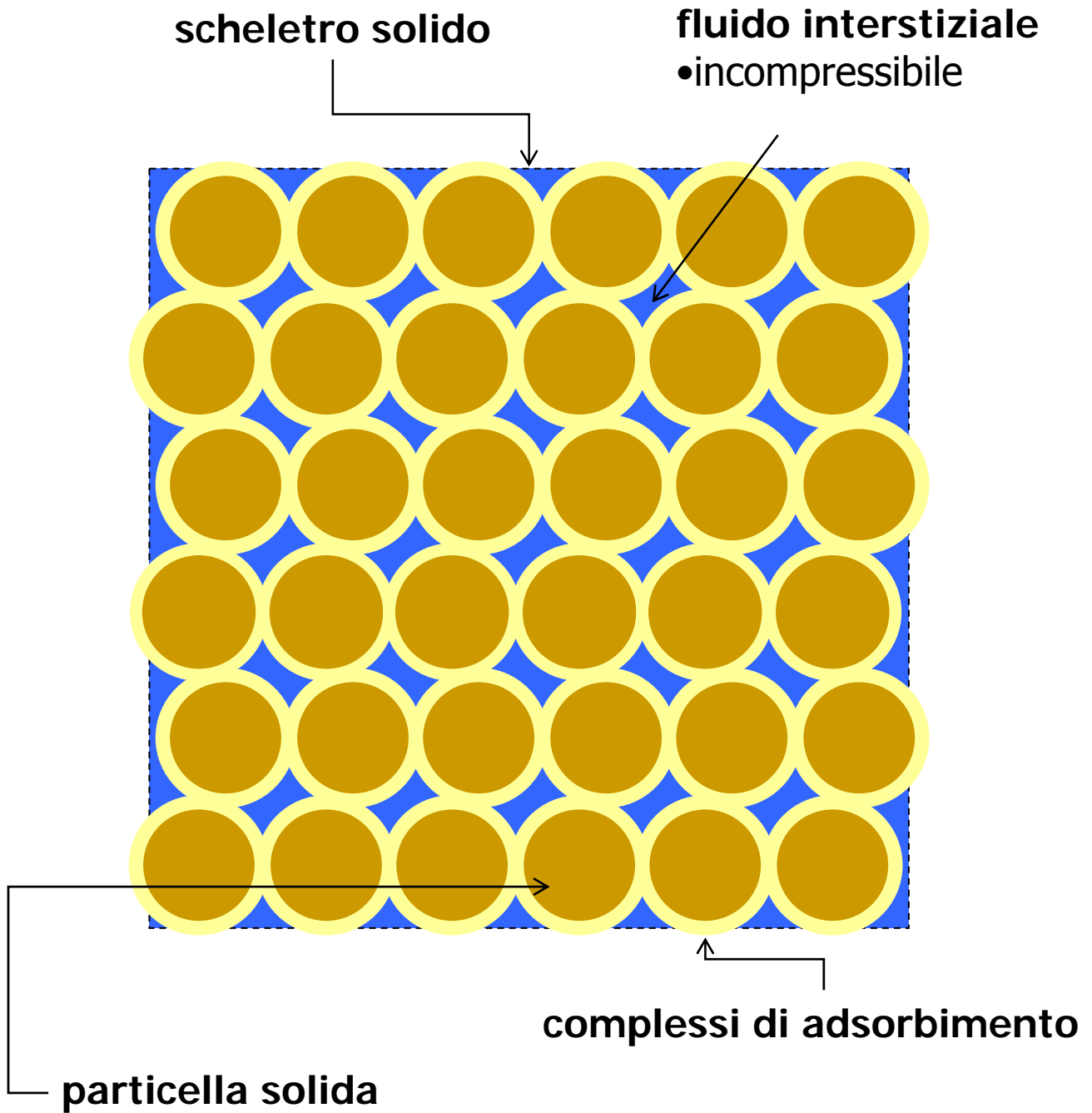
2:1 layer + hydrated interlayer cations



# ACQUA ADSORBITA DA UNA PARTICELLA ARGILLOSA



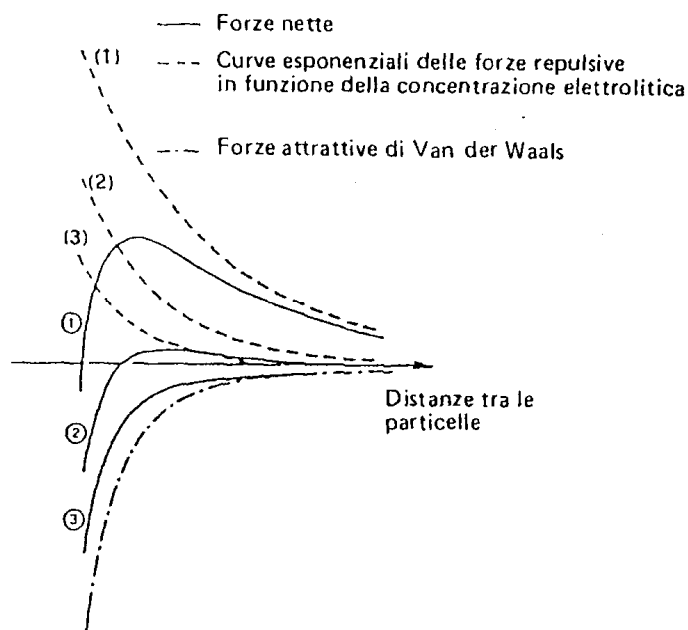
# MEZZO POROSO SATURO



## Struttura dello scheletro solido: forze particellari

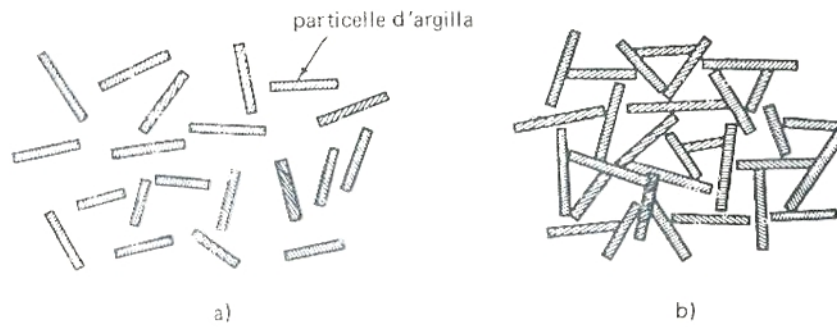
Le forze elettrostatiche di repulsione sono dovute all'interazione tra doppi strati (in particolare, tra cariche elettriche dello stesso segno) e dipendono fortemente dalla concentrazione elettrolitica del fluido interstiziale.

Ad esse si sovrappone un'attrazione dovuta alle forze di Van der Waals. Queste sono prodotte dal campo magnetico generato dal moto degli elettroni attorno ai nuclei e decrescono rapidamente con la distanza.

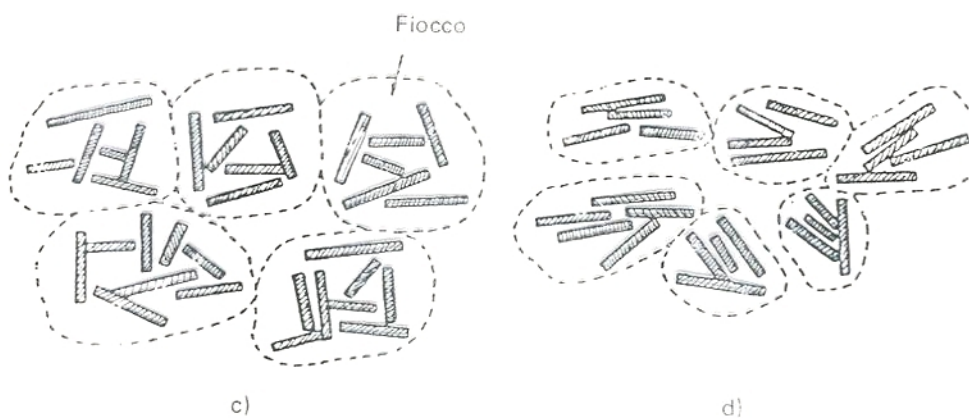
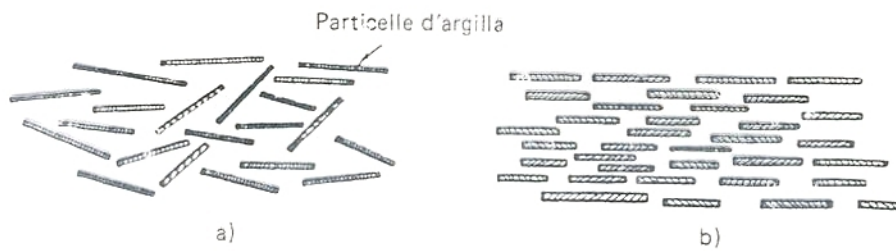


**La forza risultante che si esercita tra due particelle argillose può avere segno diverso a seconda della distanza e della concentrazione elettrolitica.**

# STRUTTURA DISPERSA E FLOCCULATA ARGILLE



Struttura delle argille: (a) dispersa; (b) flocculata

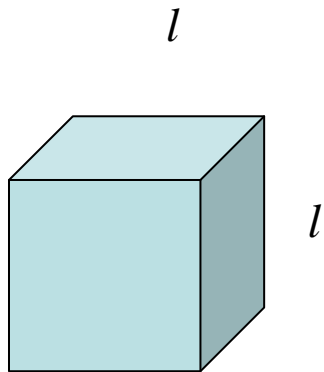


Strutture nelle argille. (a) Parzialmente orientata. (b) Orientata. (c) Flocculato-dispersa. (d) Flocculato-orientata.



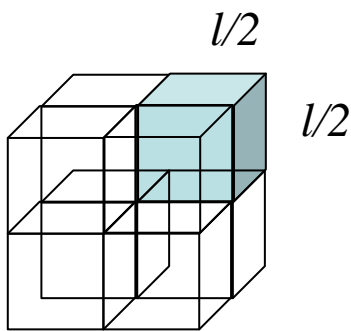
$$P = 1 \text{ g}$$

## Superficie specifica



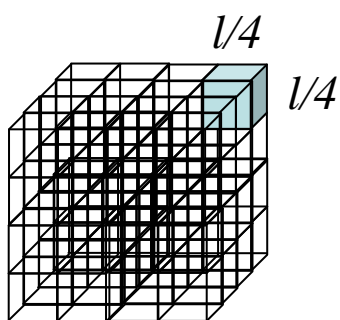
$$S_1 = 6 * l^2$$

$$A_{s1} = S_1 / P = 6 * l^2$$



$$S_2 = 8 * 6 * (l/2)^2$$

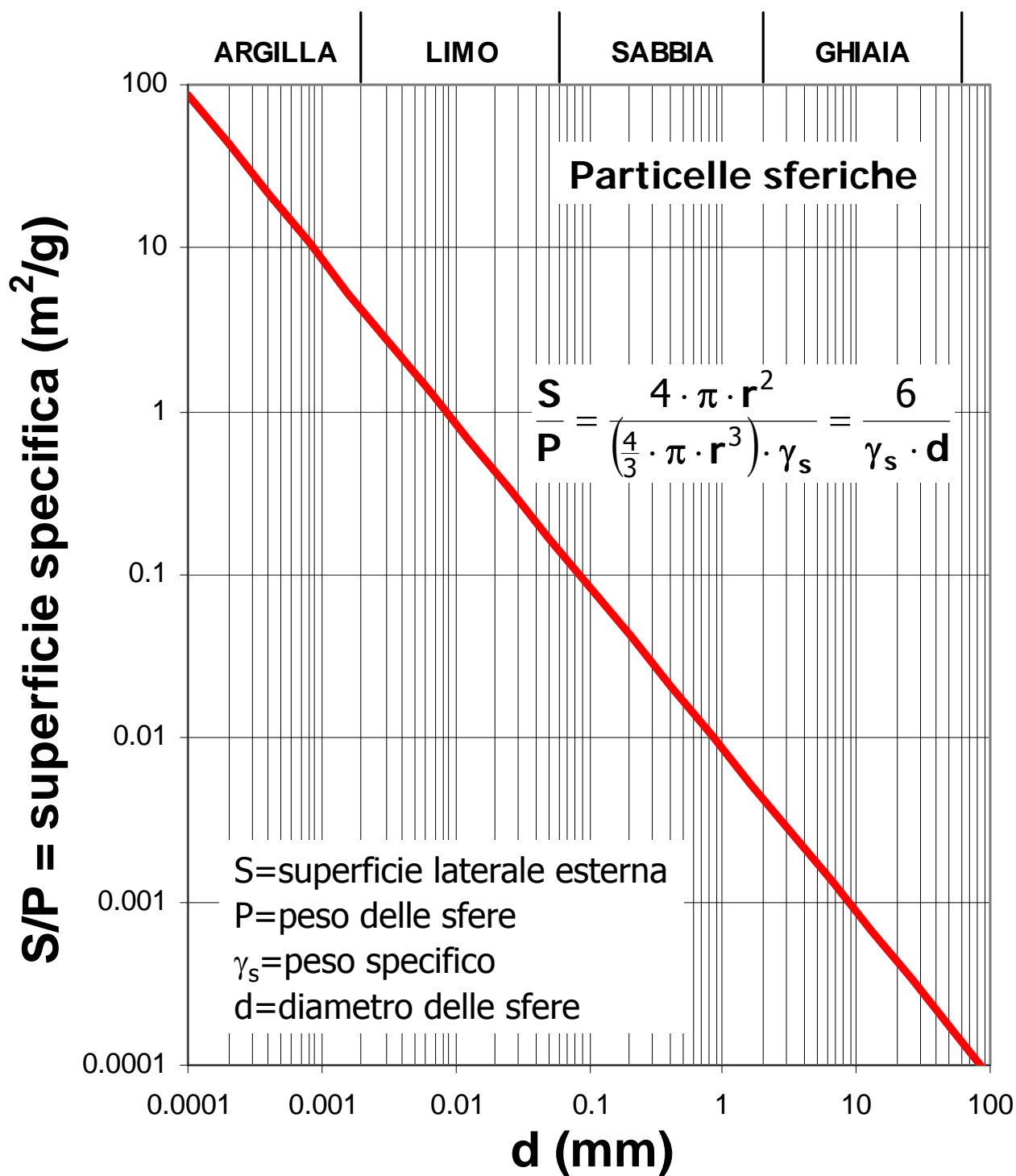
$$A_{s2} = S_2 / P = 8 * 6 * (l/2)^2 = 12 * l^2$$



$$S_3 = 64 * 6 * (l/4)^2$$

$$A_{s3} = S_3 / P = 64 * 6 * (l/4)^2 = 24 * l^2$$

## FORZE DI MASSA E SUPERFICIE



**Le particelle di argilla hanno superficie specifica molto elevata**

- una particella di sabbia di dimensioni medie pari a 2 mm ha una superficie specifica di  $2 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{g}$
- la caolinite ha una superficie specifica di 10 – 20  $\text{m}^2/\text{g}$
- La montmorillonite ha una superficie specifica di 800  $\text{m}^2/\text{g}$  !!!

caolinite

larghezza: 1  $\mu\text{m}$

spessore: 0.1  $\mu\text{m}$



montmorillonite

larghezza: 0.1  $\mu\text{m}$

spessore: 0.001  $\mu\text{m}$

