

# MECCANICA DELLE ROCCE 05BPMMX

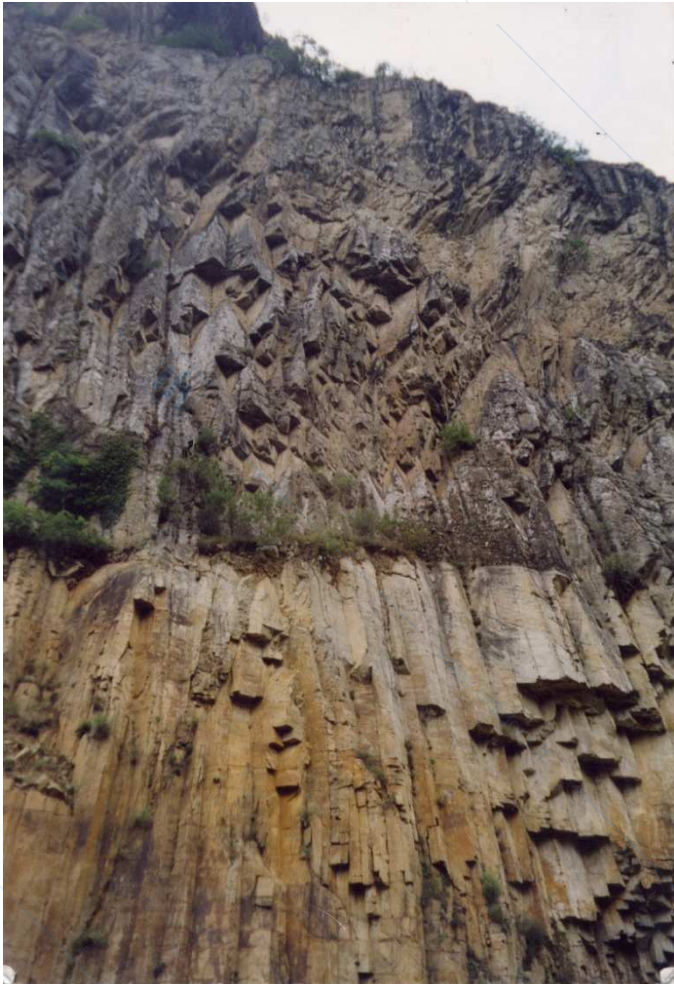
Docente

**Prof. Claudio SCAVIA (011/ 0904823)**  
*[claudio.scavia@polito.it](mailto:claudio.scavia@polito.it)*

Esercitatore

**Prof. Monica BARBERO (011/ 0904888)**  
*[monica.barbero@polito.it](mailto:monica.barbero@polito.it)*





## COMPORTAMENTO MECCANICO DELLA MATRICE ROCCIOSA

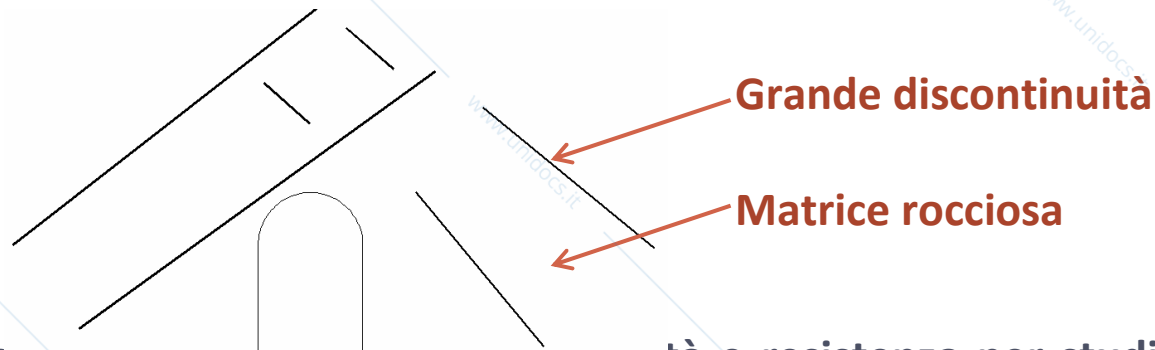


## PROVE DI LABORATORIO su **matrice rocciosa**

La matrice rocciosa contiene solo microdifetti (piccole fratture e vuoti).  
Di conseguenza il provino di laboratorio ha dimensioni sufficientemente grandi da potersi considerare un REV.

E' quindi possibile sostituire la matrice rocciosa con un continuo equivalente. Si effettuano prove di laboratorio su matrice rocciosa per due motivi:

1) Definire i parametri di deformabilità e resistenza da introdurre in un problema di grande dimensione (galleria, pendio) insieme alle caratteristiche delle grandi discontinuità, quando si studia l'ammasso roccioso con il metodo del discontinuo.



2) Definire i parametri di deformabilità e resistenza per studiare il comportamento della matrice rocciosa quando si è utilizzata come pietra da costruzione nell'edilizia.

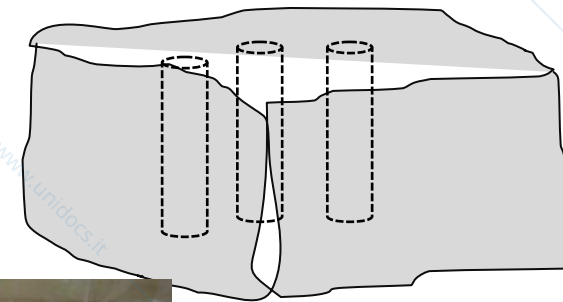


## PROVE DI LABORATORIO- **Campioni**

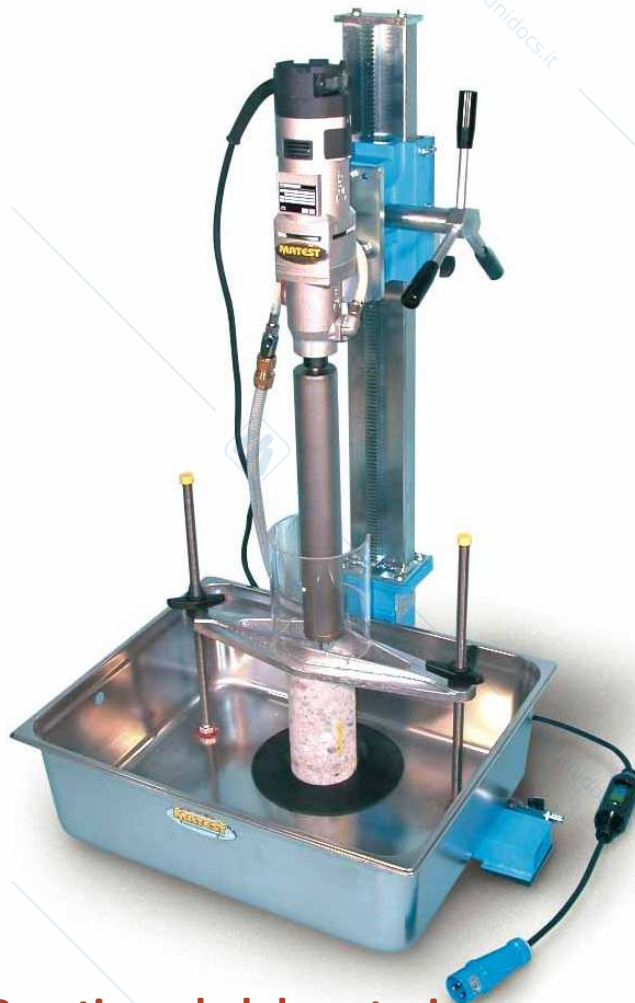
In generali vengono ottenuti da spezzoni di carota recuperati de sondaggi eseguiti a carotaggio continuo, o da blocchi recuperati direttamente da affioramenti rocciosi.

I campioni hanno forma e dimensioni che dipendono dalla prova di laboratorio che deve essere eseguita. Sono in genere standardizzate e si ritrovano nei report dell'ISRM.

I risultati ottenuti dalle prove di laboratorio risentono sia di un effetto scala che di forma del campione. Devono presentare **FORMA** e **DIMENSIONI** precise e regolari



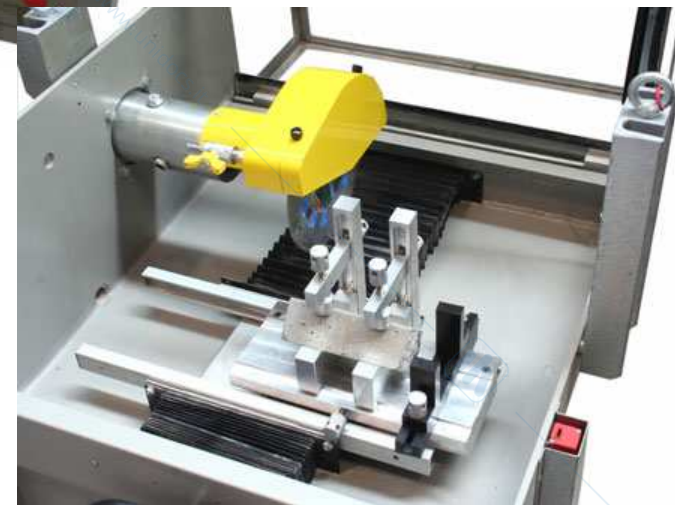
## PROVE DI LABORATORIO- **Campioni (ASTM D4543)**



**Carotiere da laboratorio**  
(coring machine)



**Sega circolare**  
(core trimmer and cut-off machine)



## PROVE DI LABORATORIO su **matrice rocciosa**

### **Classificare e definire le proprietà indice**

classificazione geologica della roccia in classi rappresentative del comportamento (componenti, tessitura, struttura, ...)

**Porosità**

**Permeabilità**

**Velocità sonica**

- **Definire le caratteristiche di deformabilità e resistenza**

**Prove di compressione monoassiale e triassiale**

**Prove di trazione diretta ed indiretta (per flessione, Brasiliane)**

**Prove di taglio**

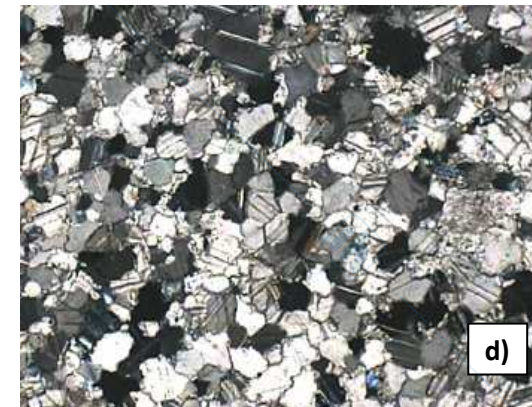
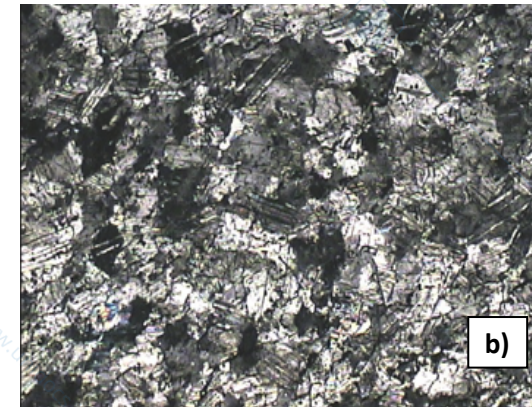
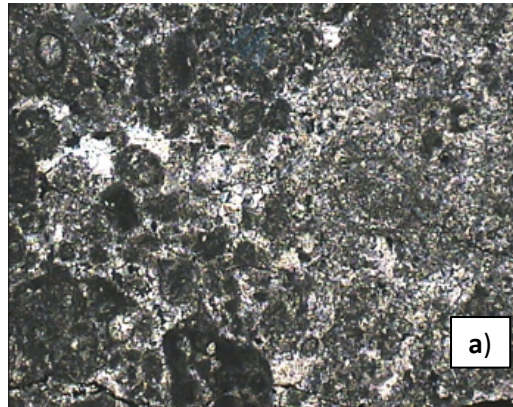


## ANALISI MINERALOGICA E PETROGRAFICA

Servono per definire esattamente il litotipo costituente il campione analizzato ed a determinare i parametri che non possono essere ottenuti da un esame macroscopico del campione di roccia: i costituenti mineralogici, le dimensioni dei grani, la tessitura e le caratteristiche anche microscopiche che possono influenzare il comportamento della matrice rocciosa.

Un comune tipo di analisi microscopica per i materiali (minerali) trasparenti prevede l'uso di **SEZIONI SOTTILI** e della luce rifratta. I materiali opachi possono essere segati, lucidati ed esaminati con tecniche a luce riflessa.

Esempio di sezioni sottili di 4 tipologie di marmo: a) calcare bianco; b) Marmo nero; c) Marmo venato; d) Marmo ordinario. Le reali dimensioni delle sezioni sono 1.8 X 2.4 mm.



## PROPRIETA' INDICE - Porosità

La presenza di pori nella struttura del materiale roccioso diminuisce la sua resistenza ed aumenta la sua deformabilità: anche una piccola frazione di pori può produrre un apprezzabile effetto meccanico.

E' definita come il rapporto tra il volume dei vuoti ed il volume totale della roccia:

$$n = \frac{V_v}{V_{Tot}}$$

Alcune rocce, come le arenarie e le rocce carbonatiche possono essere caratterizzate da un elevato range di porosità (0-90%), così come alcune rocce ignee che hanno subito forti processi di alterazione sono caratterizzate da un'elevata porosità (pietra pomice).

La maggior parte delle rocce sono caratterizzate da una densità dei grani pressoché indipendente dalla roccia: una roccia caratterizzata da una bassa densità è, generalmente, altamente porosa.

Può essere misurata utilizzando diverse tecniche, come ad esempio:

- Misura della densità
- Misura del contenuto d'acqua dopo aver saturato il campione



## PROPRIETA' INDICE – **Peso specifico o Densità**

**Rappresenta il peso dell'Unità di Volume. Si misura (nel S.I.) in  $\text{kN/m}^3$**

**Ha una grande variabilità (può anche essere inferiore a quello dell'acqua) anche se, la maggior parte delle rocce ha un peso dell'unità di volume compreso tra 23 e 30  $\text{kN/m}^3$  (valore tipico è 25-27  $\text{kN/m}^3$ ).**



## PROPRIETA' INDICE – **Velocità sonica**

La prova di velocità sonica consiste nella misura della velocità di propagazione delle onde elastiche longitudinali  $V_L$  nella roccia.

Viene eseguita in laboratorio mediante un'apparecchiatura costituita da:

- un generatore di impulsi ultrasonici
- due trasduttori di ceramica piezoelettrica applicati alla testa del campione per la trasmissione e la ricezione del segnale
- un amplificatore collegato ad un oscilloscopio a raggi catodici
- un misuratore di intervalli di tempo ad alta risoluzione

Ogni tipo di matrice rocciosa ha una velocità caratteristica, dipendente dai suoi minerali costituenti e dai microdifetti. La presenza di discontinuità nell'ammasso roccioso in sito provoca una diminuzione della velocità di tali onde.

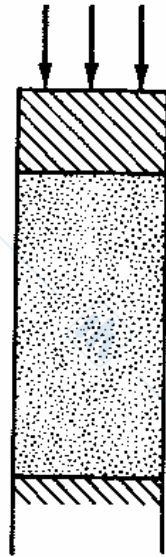
Una volta definita la velocità delle onde elastiche nel campione di roccia intatta, si può confrontare tale valore con quello misurato in sito (prove geofisiche o sismiche) ottenendo indicazioni sul grado di fratturazione

<b>Roccia</b>	<b><math>V_L</math> [m/s]</b>
Gabbro	7.000
Basalto	6.500 – 7.000
Calcere	6.000 – 6.500
Dolomite	6.500 – 7.000
Arenaria	6.000
Roccia granitica	5.500 – 6.000



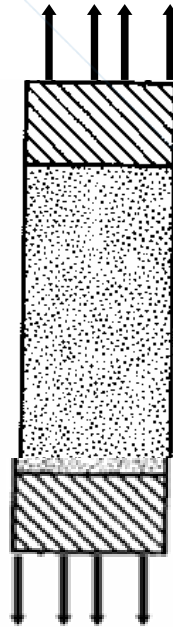
# SCHEMI DELLE PROVE COMUNEMENTE ESEGUITE NELLA M.R.

**Compressione Monoassiale**

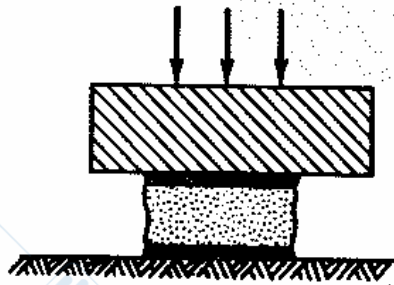


(a)

**Trazione diretta**

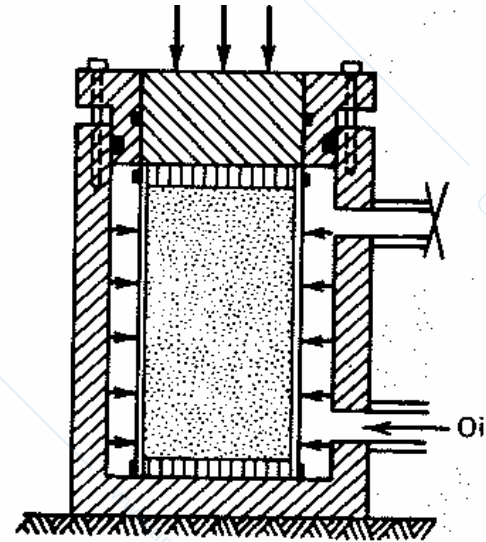


**Brasiliiana**

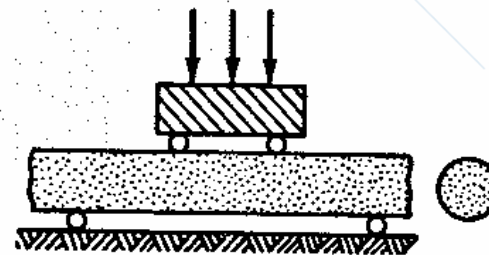


(c)

**Compressione Triassiale**



**Flessione 4 punti**



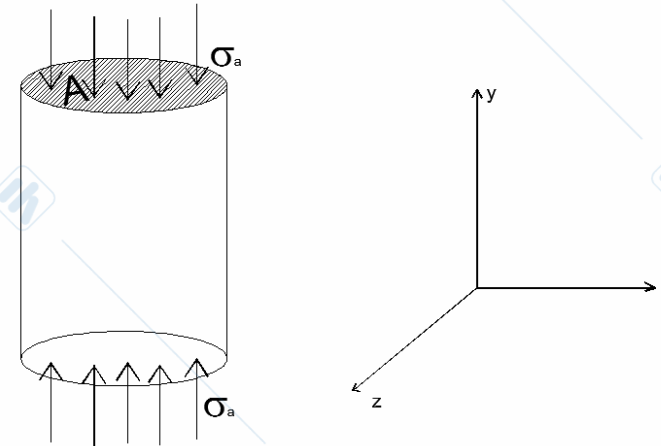
(d)



## Prova Compressione **MONOASSIALE**

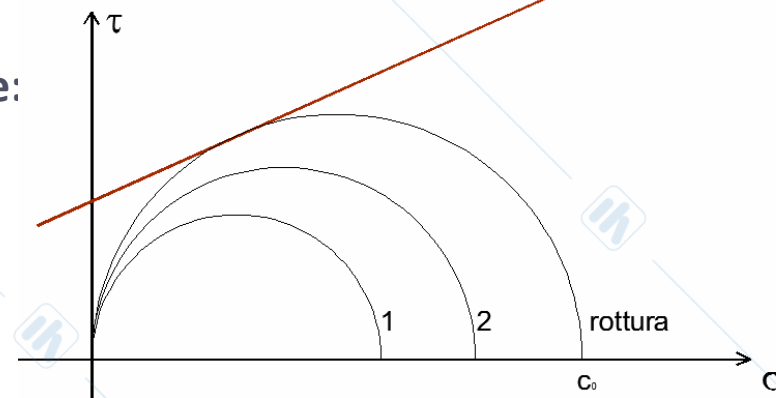
Molto utilizzata in meccanica delle rocce. Nei terreni viene detta compressione non confinata. E' basata sull'ipotesi che in ogni punto del provino si abbia uno stato tensionale:

$$\sigma_{xyz} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & \sigma_a = \sigma_y & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

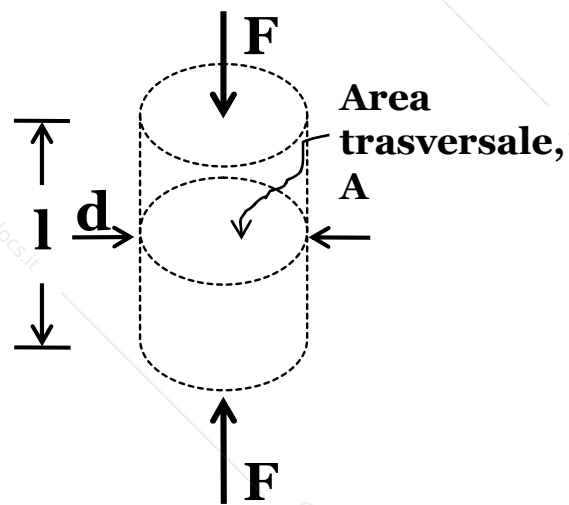


Tutte le tensioni e le deformazioni nel piano di area  $A$ , perpendicolare a  $\sigma_a = F/A$  (tensione assiale), sono uguali in ogni direzione e sono dette tensioni radiali ( $\sigma_r$ ).  $\sigma_x$  e  $\sigma_y$  sono tensioni radiali.  $\sigma_a$  viene aumentata fino ad arrivare a rottura ( $\sigma_a = C_0$ : resistenza a compressione monoassiale).

Mettendosi in una situazione bidimensionale:



## Prova Compressione **MONOASSIALE**



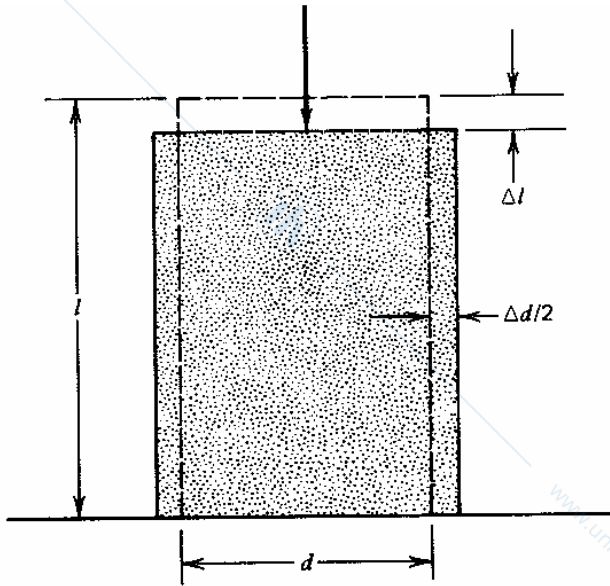
- Campioni cilindrici con un rapporto altezza-diametro compreso tra 2 e 3, con un diametro non inferiore a 5 cm. Il diametro del campione dovrebbe comunque essere almeno 20 volte maggiore della dimensione massima del grano più grosso.
- Il campione deve essere opportunamente preparato rendendo le facce perfettamente piane 0.01mm e perpendicolari all'asse del ( $<0.001$  rad o 0.05 in 50 mm).
- Anche la superficie laterale del campione deve essere lisciata e deve essere "regolare" (il diametro non deve variare lungo l'altezza del campione).
- Il campione deve essere misurato: il diametro (misurato con errore  $<0.1$  mm) viene misurato a coppie nella parte alta, nel mezzo e nella parte bassa del campione. Il valore medio viene utilizzato per calcolare l'area trasversale. L'altezza del campione deve essere misurato con errore  $< 0.1$  mm.
- I campioni dovrebbero essere sottoposti alle prove entro 30 giorni dal loro confezionamento e dovrebbe essere preservato il contenuto d'acqua.
- Il numero di campioni da sottoporre a prova dovrebbe essere rappresentativo tale da ottenere risultati rappresentativi della roccia (inversamente proporzionale alla variabilità dei risultati). E' raccomandato testare almeno 5 campioni per roccia.



# Prova Compressione **MONOASSIALE**

## MISURE

*Deformazioni assiali e deformazioni radiali (pari a quelle della circonferenza)*  
*Carico assiale applicato*



$$\varepsilon_{\text{axial}} = \Delta l / l$$

$$\varepsilon_{\text{lateral}} = -\nu \varepsilon_{\text{axial}}$$

$$\frac{\Delta V}{V} = \varepsilon_{\text{axial}} + 2\varepsilon_{\text{lateral}}$$

- Cella di carico per la misura del carico applicato assialmente al campione

- Estensimetri elettrici per la misura delle deformazioni:

  - assiali:** basette incollate in direzione assiale

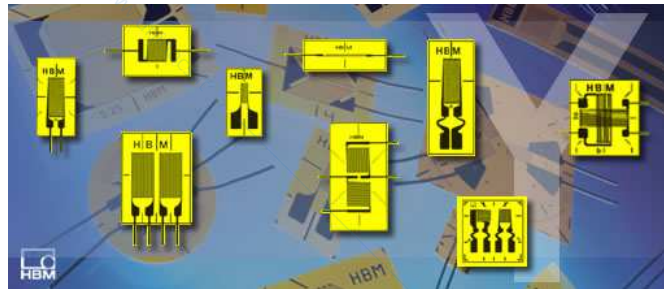
  - circonfenziali:** basette incollate in direzione circonferenziale

- Centralina di acquisizione dei dati

- Elaboratore elettronico per l'interpretazione dei dati



# MISURE DELLE **Deformazioni** e/o **Spostamenti**



**Strain gages per  
misura deformazioni**



**Celle di carico per  
misura forza trasmessa**

**Comparatori per  
misura spostamenti**



# Prova Compressione **MONOASSIALE**

## PROCEDURA

### **COMPORAMENTO FRAGILE**

Applicare il carico in controllo di deformazione assiale ed applicare il carico assiale in modo da mantenere una **VELOCITA'** di **DEFORMAZIONE ASSIALE** pari a  
 $0.001 \text{ mm/mm/s}$

fino al raggiungimento di circa il 70% del carico di picco atteso. Quindi passare al controllo della **DEFORMAZIONE CIRCONFERENZIALE** riducendo la velocità di deformazione a  
 $0.0001 \text{ mm/mm/s}$

fino a che la forza applicata non scende sino al 50% di quella misurata al picco. Dopo tornare alla velocità di deformazione assiale di  $0.001 \text{ mm/mm/s}$  finì a che la curva completa sforzi-deformazioni non sia ottenuta (30-40% del picco).



# Prova Compressione **MONOASSIALE**

## **PARAMETRI di RESISTENZA e DEFORMABILITA'**

**RESISTENZA a COMPRESSIONE MONOASSIALE  $\sigma_c$  o  $C_0$**  Tensione calcolata in corrispondenza del picco considerando la forza divisa per l'area trasversale iniziale. U.M. rappresentativa GPa

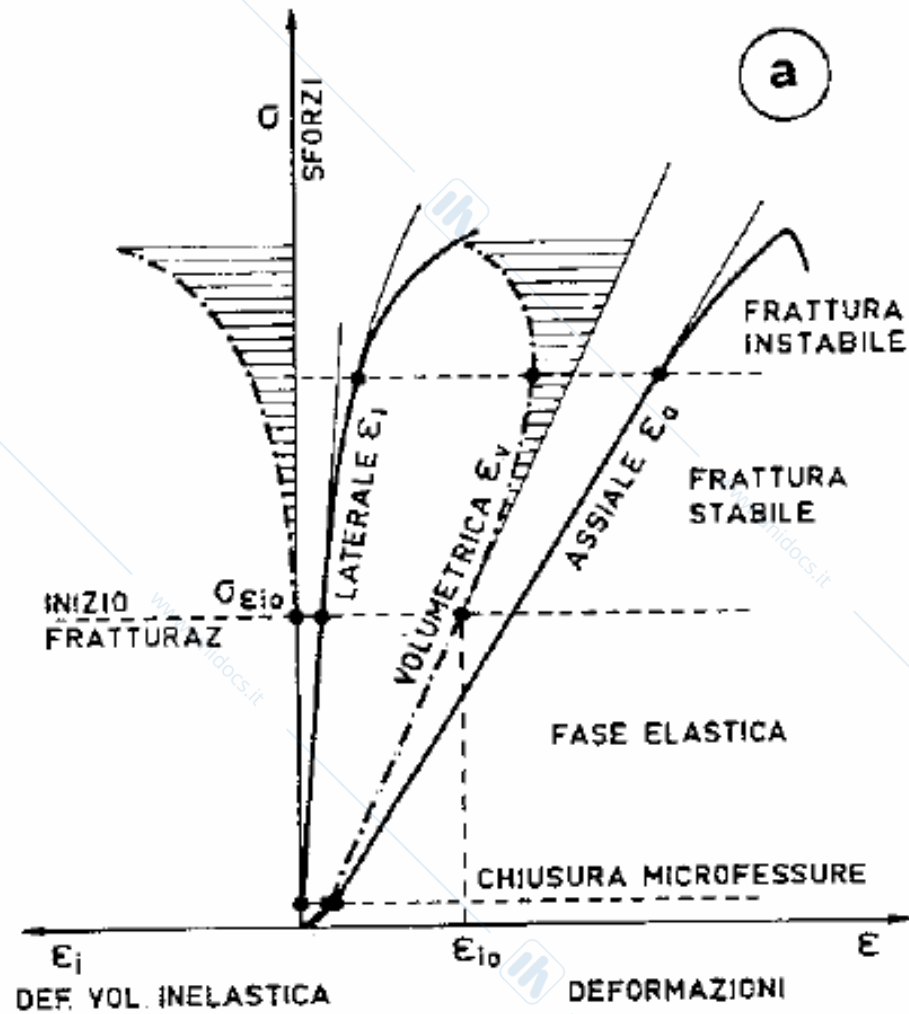
**MODULO ELASTICO o di YOUNG E** Rappresenta la pendenza della curva sforzi-deformazioni assiali nella zona di comportamento elastico. Si fa riferimento al livello di tensione corrispondente al 50% della tensione di picco. U.M. rappresentativa GPa.

$$E_{\tan} = \left( \frac{\Delta \sigma_a}{\Delta \varepsilon_a} \right)_{C_0/2} \quad E_{\sec} = \left( \frac{\sigma_a}{\varepsilon_a} \right)_{C_0/2}$$



# Prova Compressione **MONOASSIALE**

## LA CURVA



# Prova Compressione **MONOASSIALE**

## **PARAMETRI di RESISTENZA e DEFORMABILITA'**

**RAPPORTO di POISSON  $\nu$**  Rappresenta il rapporto tra le deformazioni diametrali (negative) ed assiali (positive). Se ne considera il valore assoluto la pendenza della curva sforzi-deformazioni assiali nella zona di comportamento elastico. Si determina nelle stesse condizioni viste per il modulo elastico.

$$\nu = \left| \frac{\varepsilon_d}{\varepsilon_a} \right|$$

**DEFORMAZIONE VOLUMETRICA  $\varepsilon_V$**  Positiva quando la variazione di volume ne indica una diminuzione, negativa se indica un aumento di volume (pari a zero se volume costante).

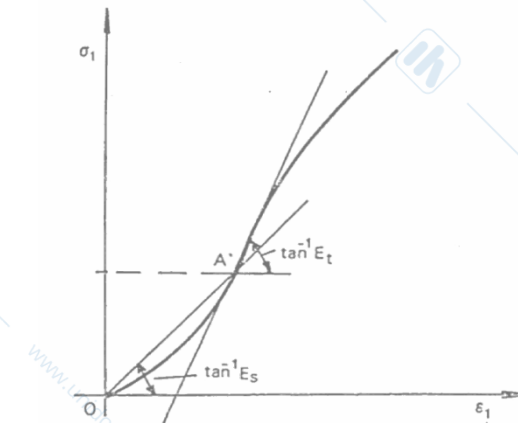
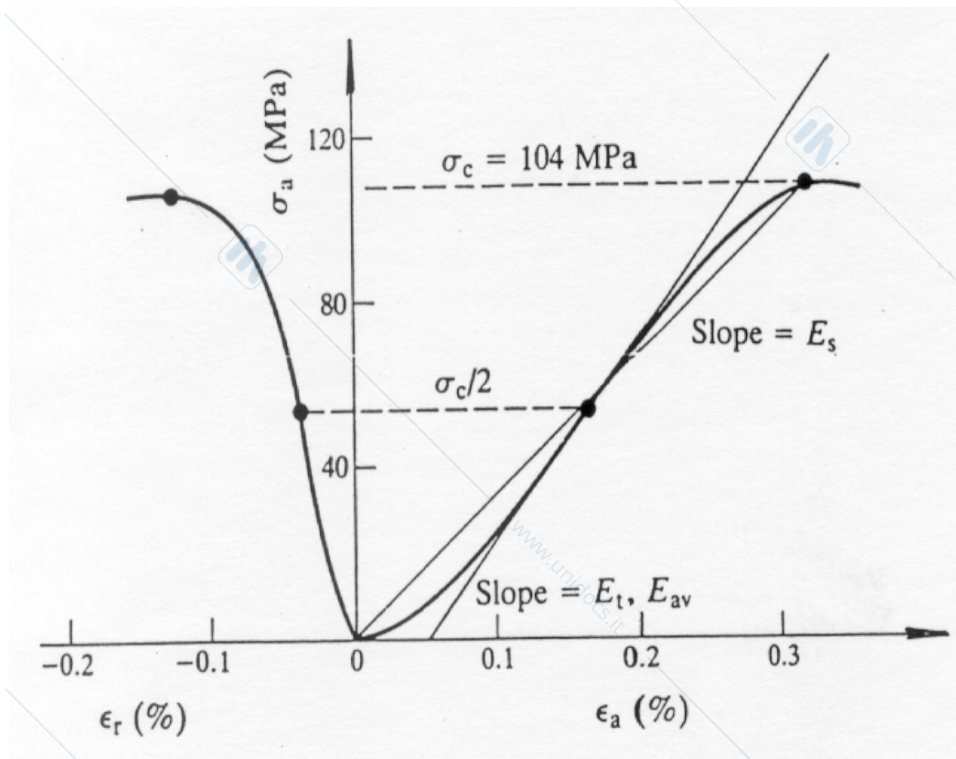
$$\varepsilon_V = \varepsilon_a + 2\varepsilon_d$$

$$\varepsilon_V = \varepsilon_a (1 - 2\nu)$$



## Prova Compressione **MONOASSIALE**

*Per convenzione, i parametri di deformabilità (MODULO ELASTICO  $E$  e RAPPORTO di POISSON  $\nu$ ) della roccia intatta vengono determinati riferendosi al livello tensionale pari a  $\sigma_c/2$  (livello di tensione in cui si è ancora in campo elastico)*



**Modulo elastico tangente  
e secante**



# Prova Compressione **MONOASSIALE**

**Resistenza a compressione monoassiale**  
 **$C_o$**

**Modulo di Young e rapporto di Poisson**  
 **$E, \nu$**

<b>Roccia</b>	<b><math>C_o</math> [MPa]</b>	<b><math>E</math> [GPa]</b>	<b><math>\nu</math></b>
GRANITO	100-250	20-60	0.25
DIORITE	180-300	70-100	
GABBRO	180-300	10-110	
BASALTO	150-300	60-100	
ARDESIA	100-200		
MARMO	100-250		
QUARZITE	150-300		
GNEISS	50-200		
DOLOMIA	80-250	40-84	
CALCARE	30-250	10-80	
ARENARIA	20-170	5-80	
ARGILLITE	10-100	10-35	
CARBONE	5-50		



## Prova Compressione **MONOASSIALE**

I risultati della prova di compressione monoassiale possono essere utilizzati per definire classi di qualità della Roccia INTATTA (Deere, 1978)

CLASSE	DESCRIZIONE	Co [MPa]	esempi
<b>A</b>	MOLTO ALTA	< 200	Quarziti, alcuni basalti
<b>B</b>	ALTA	100 – 200	Molte rocce ignee, alcune metamorfiche, calcari e dolomie
<b>C</b>	MEDIA	50 – 100	Arenarie e calcari porosi
<b>D</b>	BASSA	25 – 50	Arenarie, tufi, rocce saline, rocce alterate o degradate
<b>E</b>	TENERA	10 – 25	
	MOLTO TENERA	<10	

La classificazione prevede la definizione del rapporto tra i moduli, ovvero il rapporto tra  $E_t$  e  $C_0$

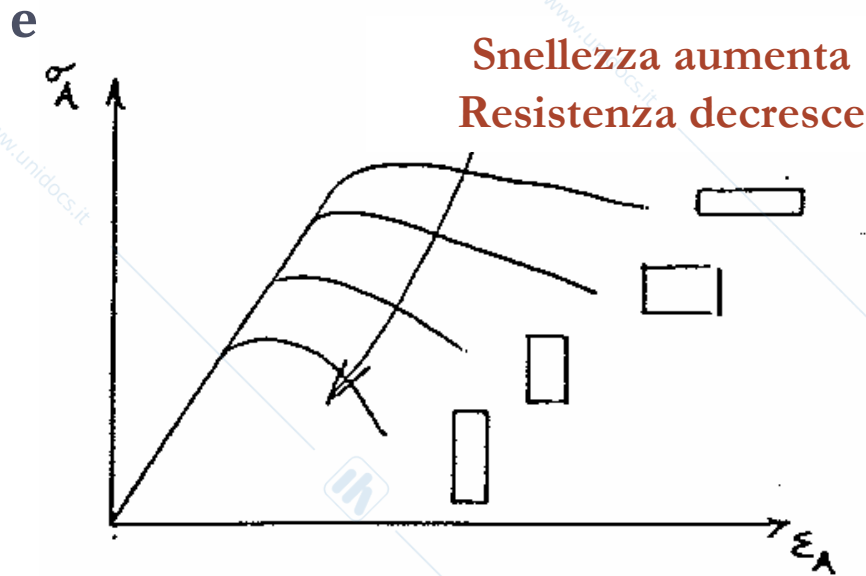
**BASSO <200**

**MEDIO 200-500**

**ALTO >500**

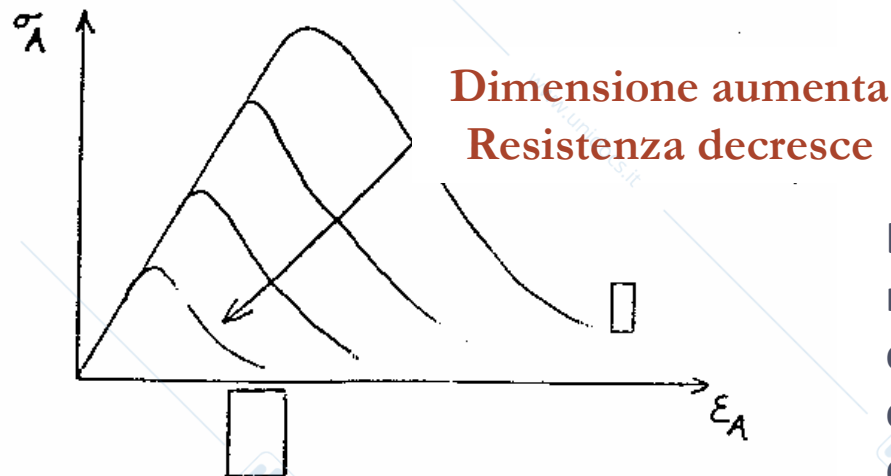
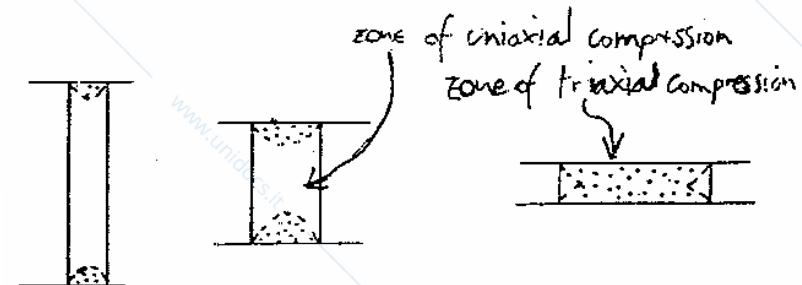


# EFFETTO FORMA E DIMENSIONE DEI CAMPIONI (size and shape)



La deformabilità delle piastre è differente da quella delle rocce e quindi si formano delle tensioni tangenziali al contatto e, quindi, insorgono delle zone con condizioni triassiali di compressione

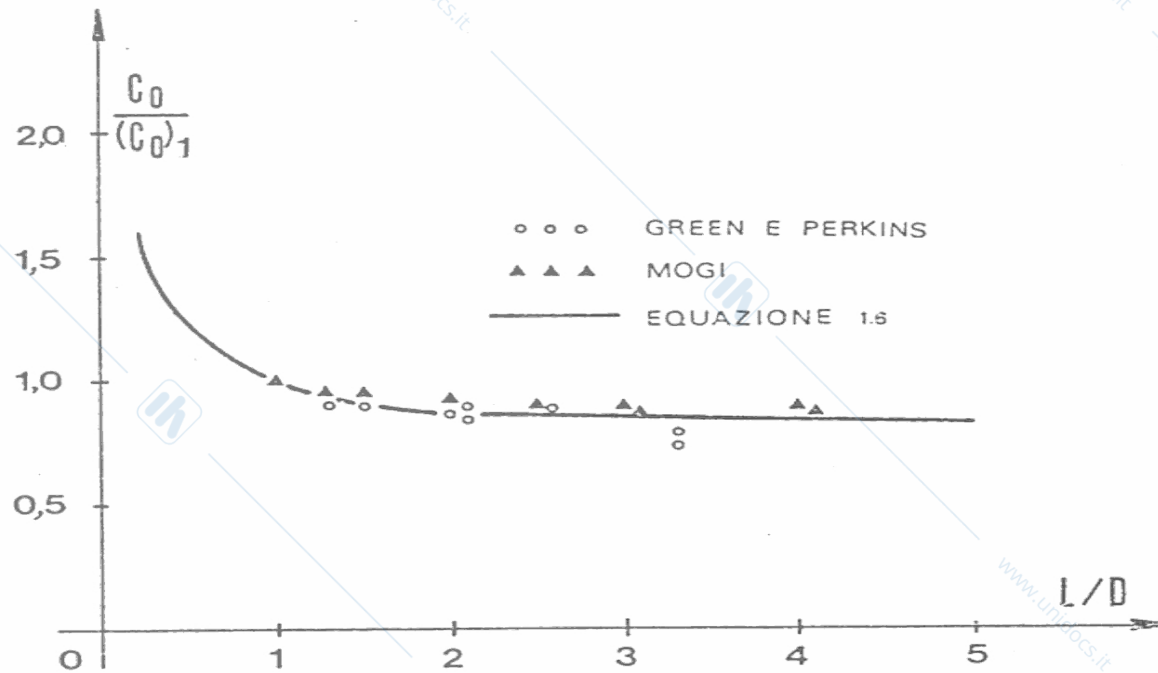
$$(E, \nu)_{\text{plattens}} \neq (E, \nu)_{\text{specimen}}$$



La roccia contiene microcracks e maggiori sono le dimensioni del campione, più è facile che contenga un microcrack grande e quindi più critico per la resistenza



## EFFETTO FORMA E DIMENSIONE DEI CAMPIONI (size and shape effect)

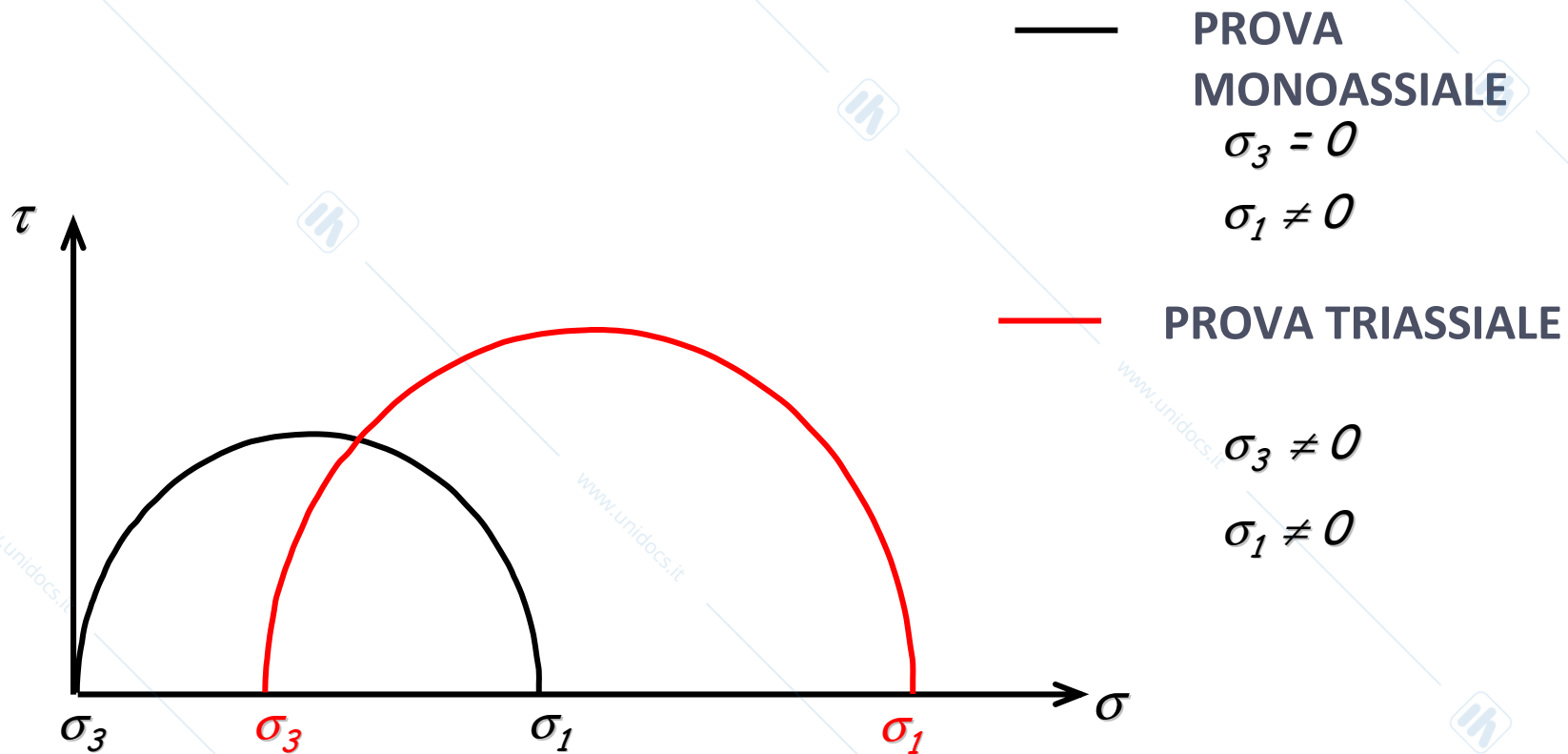


**Variatione della resistenza a compressione monoassiale in funzione del rapporto L/D (dati da Green e Perkins, 1968; Mogi, 1966)**

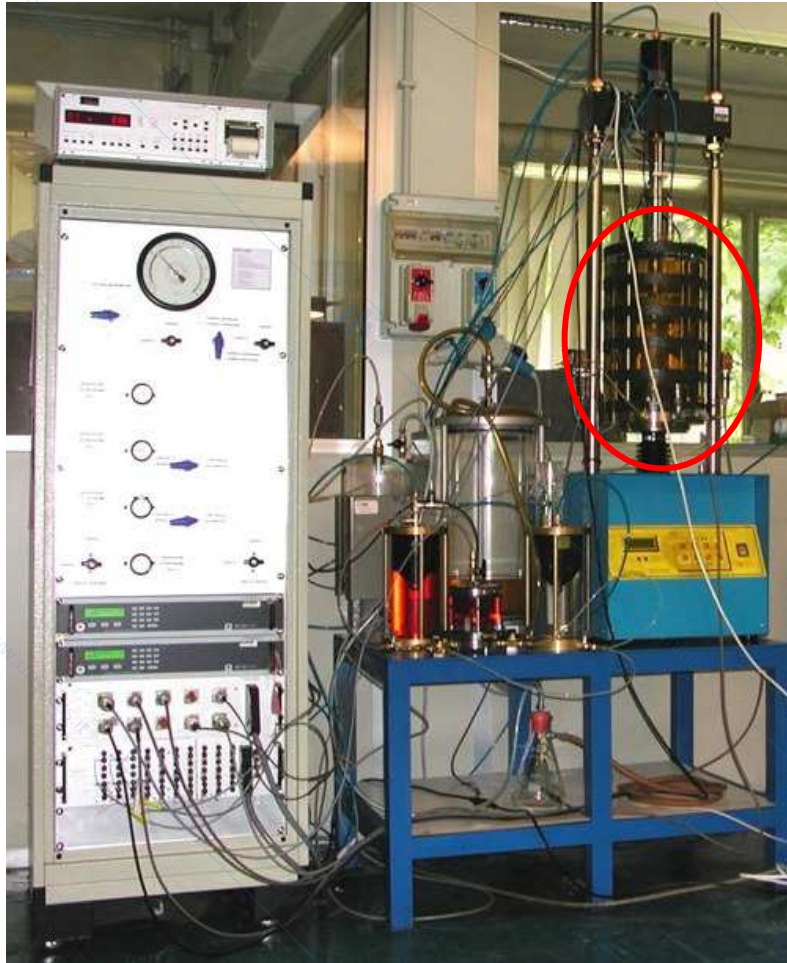


# PROVA DI COMPRESSIONE TRIASSIALE

Da prove di compressione monoassiale a prove di compressione triassiale:

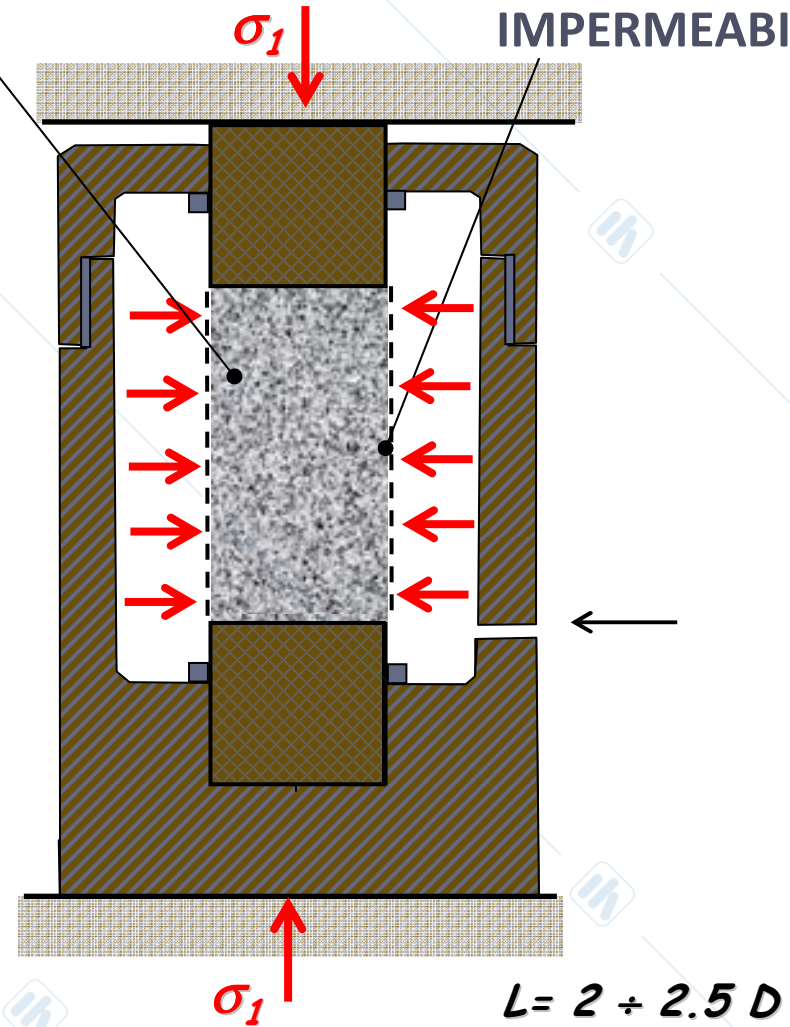


# PROVA DI COMPRESSIONE TRIASSIALE



PROVINO

MEMBRANA IMPERMEABILE

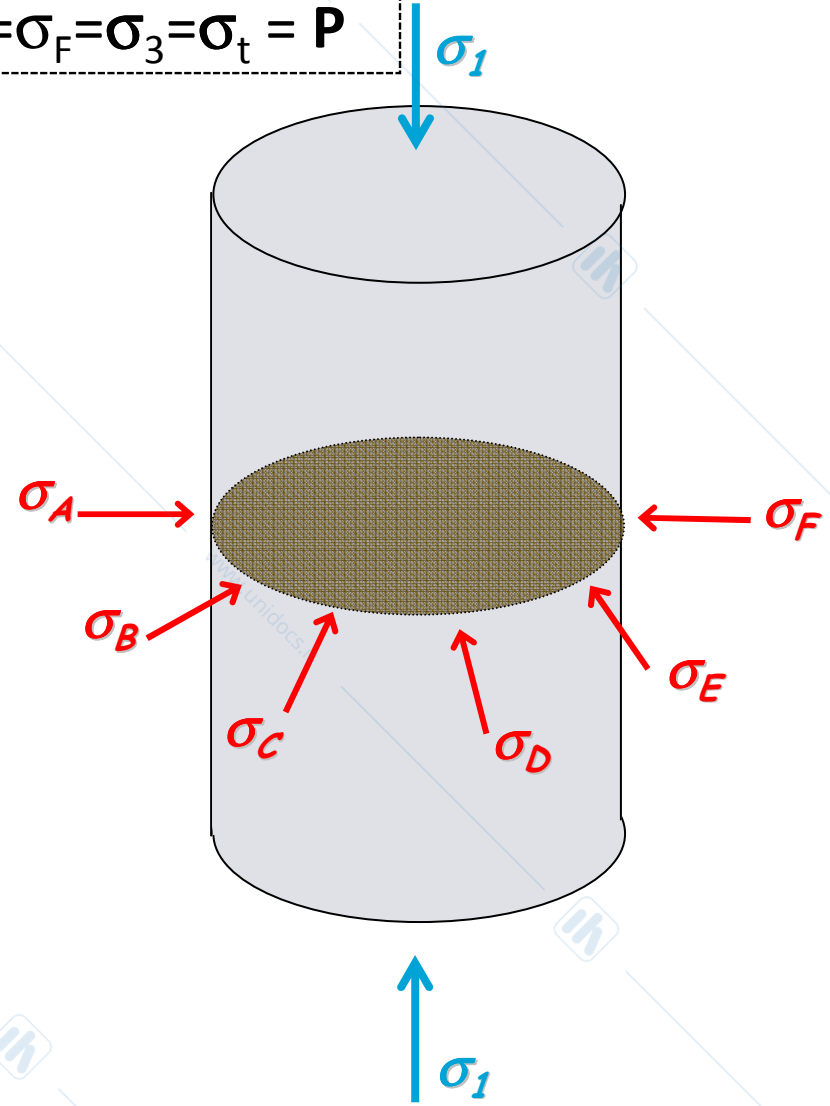
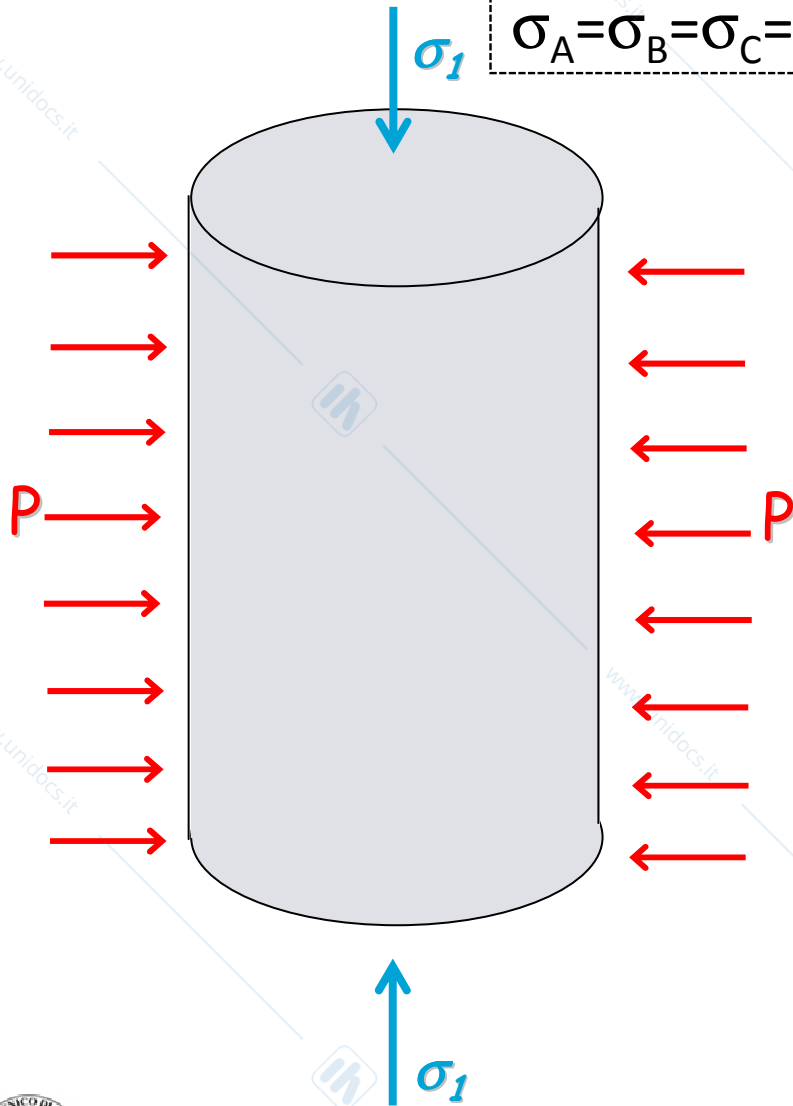


POLITECNICO DI TORINO

CORSO DI MECCANICA DELLE ROCCE

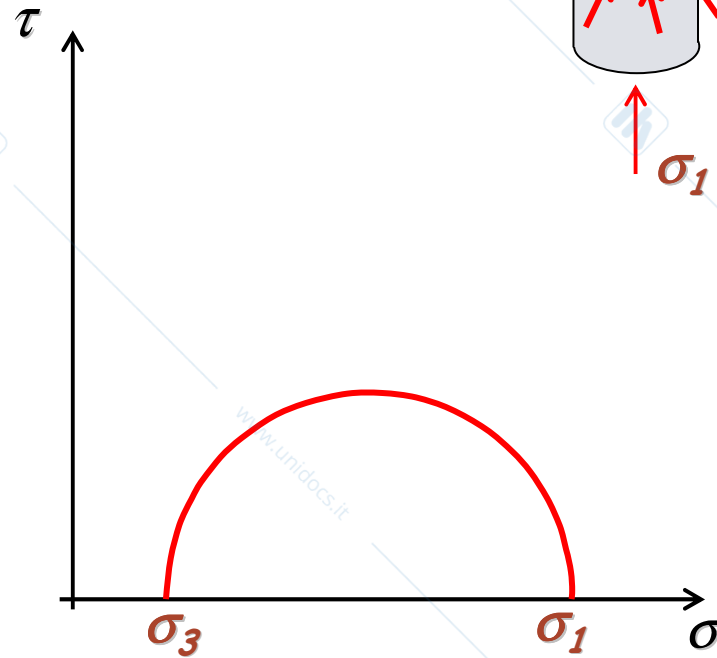
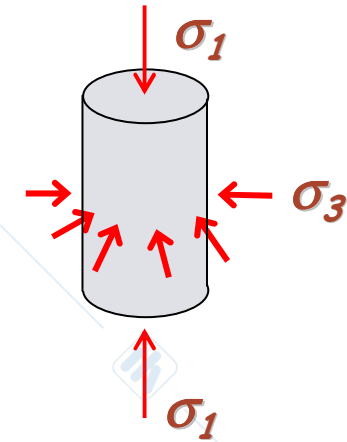
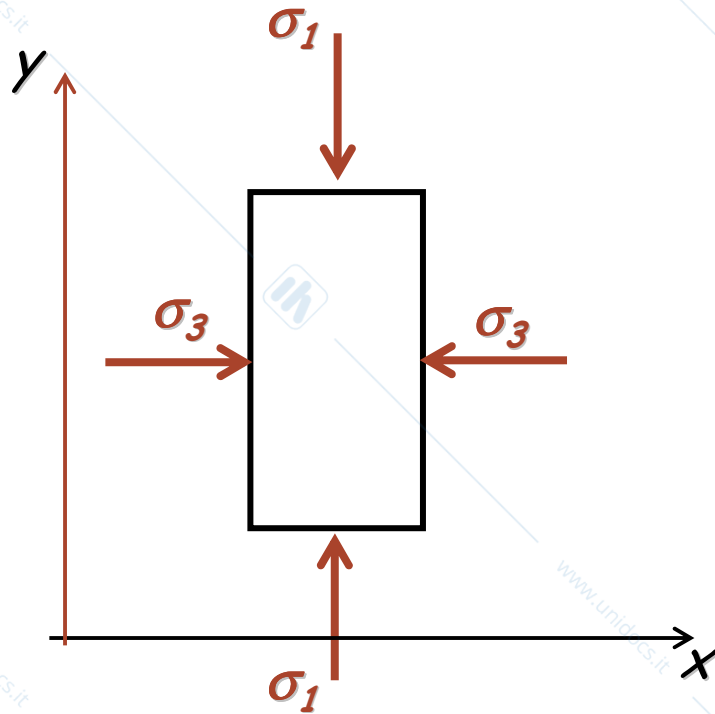
# PROVA DI COMPRESSIONE TRIASSIALE

$$\sigma_A = \sigma_B = \sigma_C = \sigma_D = \sigma_E = \sigma_F = \sigma_3 = \sigma_t = P$$



# PROVA DI COMPRESSIONE TRIASSIALE

Per ogni coppia di valori  $\sigma_y - \sigma_x$



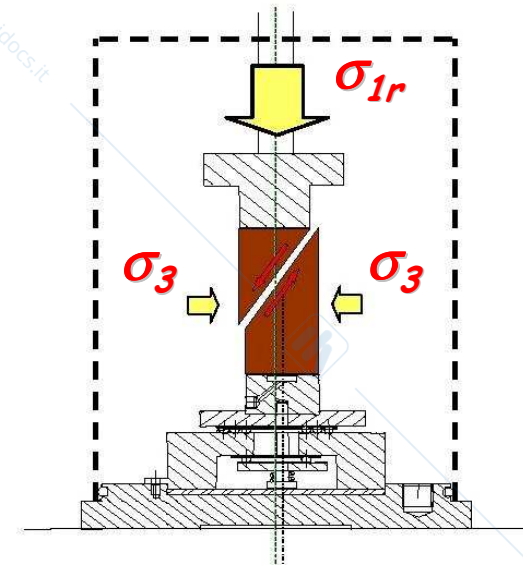
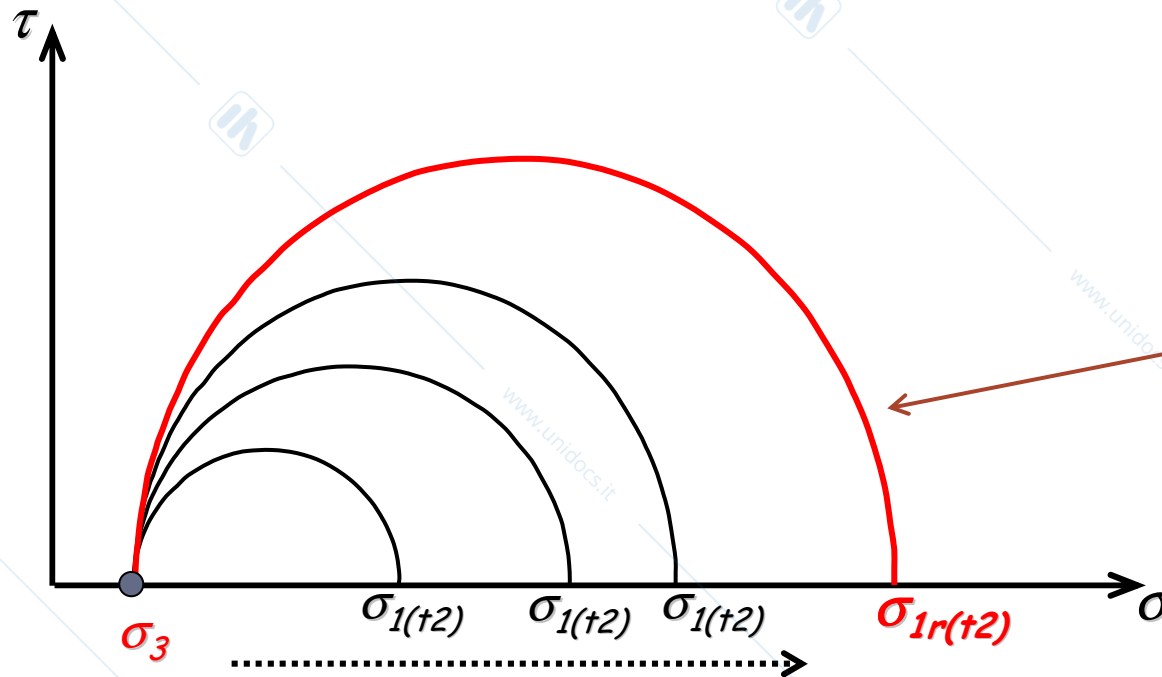
$$\sigma = \begin{bmatrix} \sigma_x & 0 \\ 0 & \sigma_y \end{bmatrix}$$

$$\begin{cases} \sigma_x = \sigma_3 \\ \sigma_y = \sigma_1 \end{cases}$$



## ESEMPIO DI PROVA TRIASSIALE

La prova viene eseguita mantenendo  $\sigma_3$  ( $\sigma_r$ ) **costante** e **aumentando progressivamente il valore di  $\sigma_1$  ( $\sigma_a$ )** fino ad arrivare al valore di  $\sigma_1$  a rottura

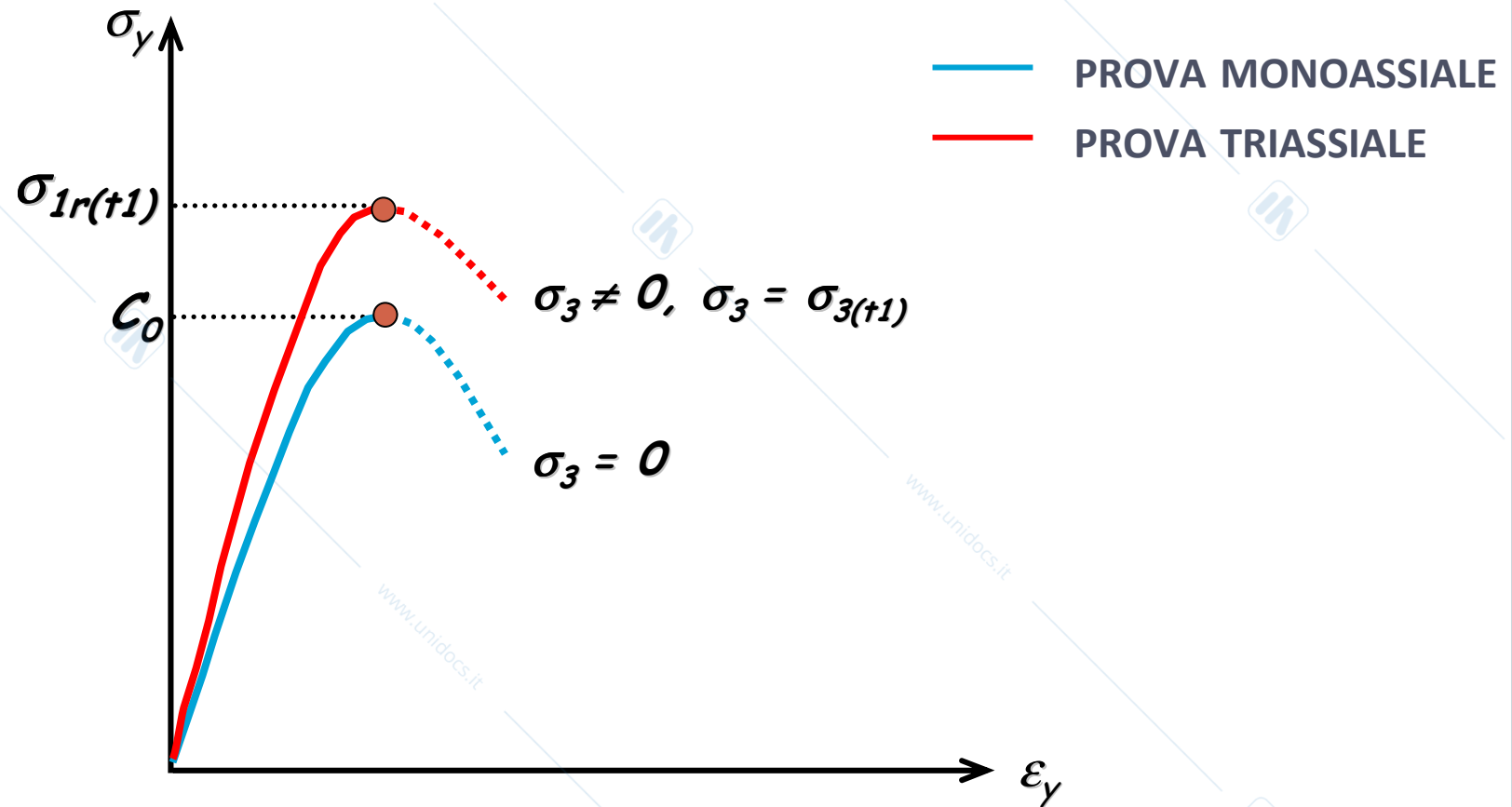


A ROTTURA



# PROVA DI COMPRESSIONE TRIASSIALE

Pressione di confinamento,  $\sigma_3$

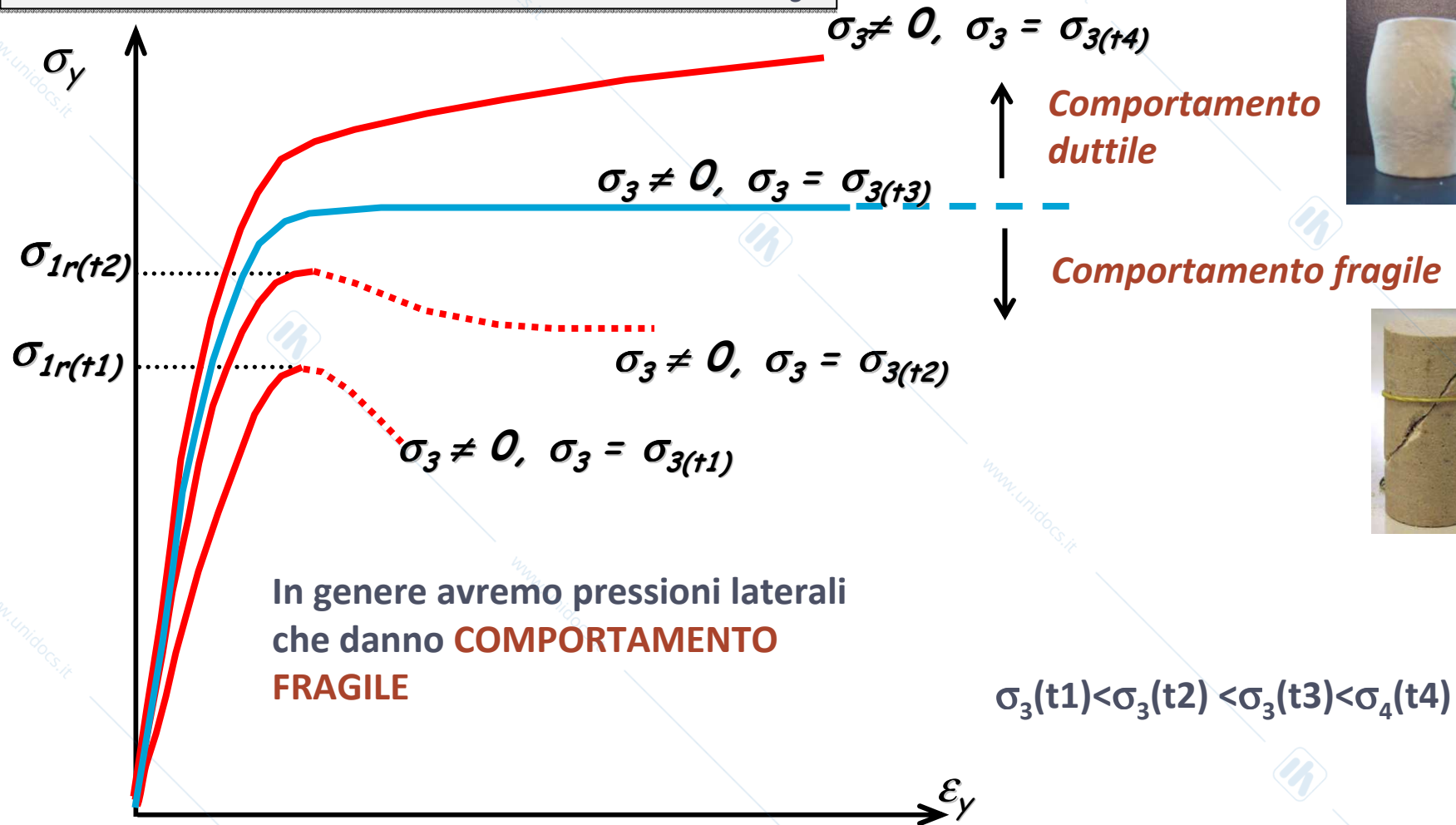


Compressione monoassiale = Compressione triassiale con  $\sigma_3=0$



# PROVA DI COMPRESSIONE TRIASSIALE

Incremento della pressione di confinamento,  $S_3$



All'aumentare della pressione di confinamento si ha un graduale passaggio da **comportamento fragile a comportamento duttile**



# PROVA DI COMPRESSIONE TRIASSIALE

## Come individuare l'involuppo di rottura

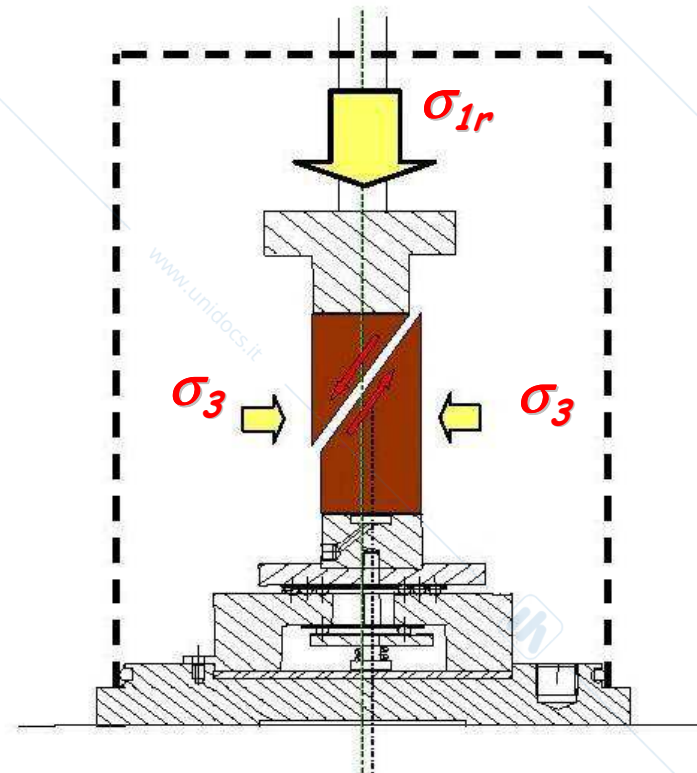
Eseguo diverse prove su provini dello stesso materiale, ciascuna prova si distingue dall'altra per una diversa pressione di confinamento  $\sigma_3$ .

Per ciascun provino si ricava una  $\sigma_1$  di rottura diversa a seconda della  $\sigma_3$  applicata

Prova 1	$\sigma_{1r(t1)}$	$\sigma_{3(t1)}$
Prova 2	$\sigma_{1r(t2)}$	$\sigma_{3(t2)}$
Prova 3	$\sigma_{1r(t3)}$	$\sigma_{3(t3)}$
.....	.....	.....
Prova n	$\sigma_{1r(tn)}$	$\sigma_{3(tn)}$

In genere avremo pressioni laterali che danno **COMPORTAMENTO FRAGILE** per cui ci basta conoscere il limite di resistenza

$\sigma_{1r}$



# PROVA DI COMPRESSIONE TRIASSIALE

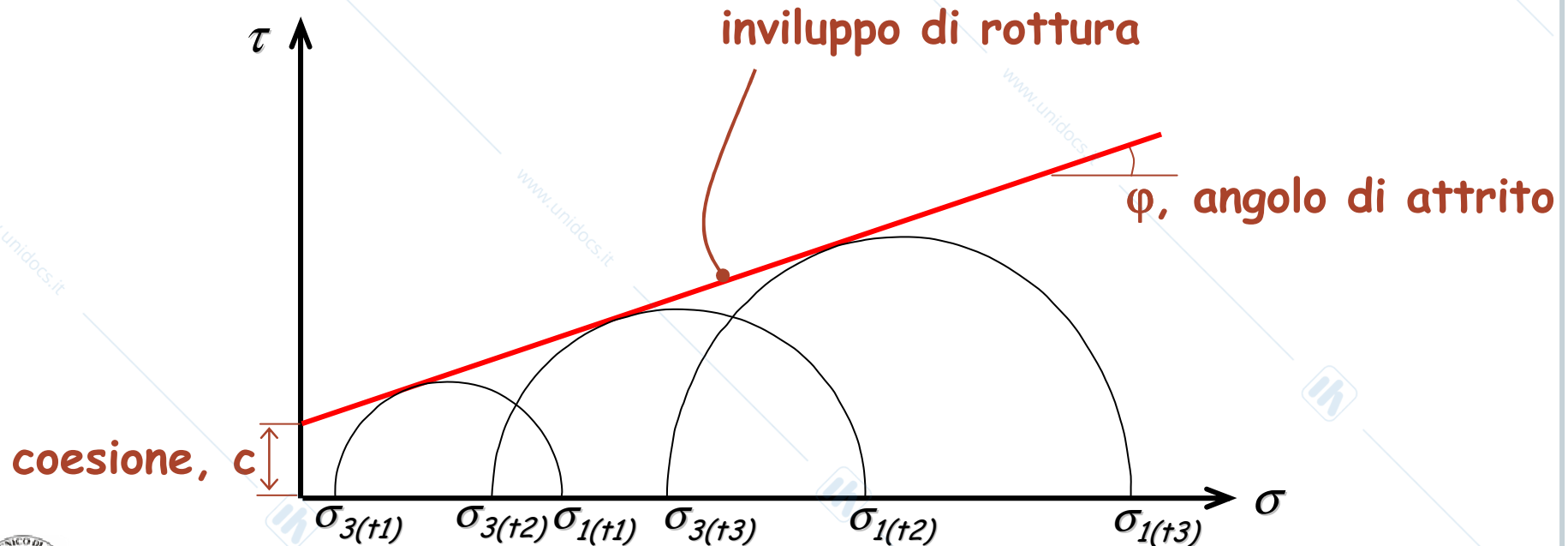
## Rappresentazione del criterio di resistenza sul piano $\tau$ - $\sigma$

Prova 1	$\sigma_{1r(t1)}$	$\sigma_{3(t1)}$
Prova 2	$\sigma_{1r(t2)}$	$\sigma_{3(t2)}$
Prova 3	$\sigma_{1r(t3)}$	$\sigma_{3(t3)}$
.....	.....	.....
Prova n	$\sigma_{1r(tn)}$	$\sigma_{3(tn)}$

Criterio di resistenza

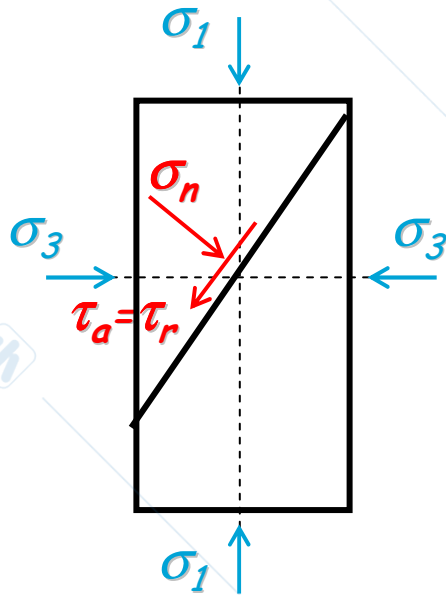
**Criterio di Coulomb**

$$\tau_n = c + \sigma_n \tan \varphi$$



# PROVA DI COMPRESSIONE TRIASSIALE

## Caratterizzazione piano di rottura

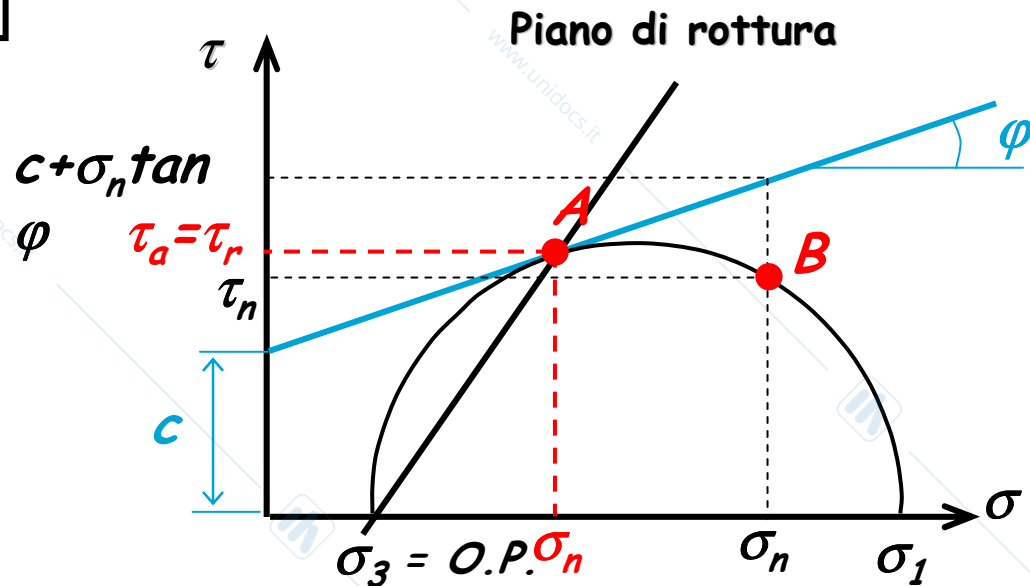


La rottura avviene sul piano dove

$$\tau_{\text{agente}} = \tau_{\text{resistente}}$$

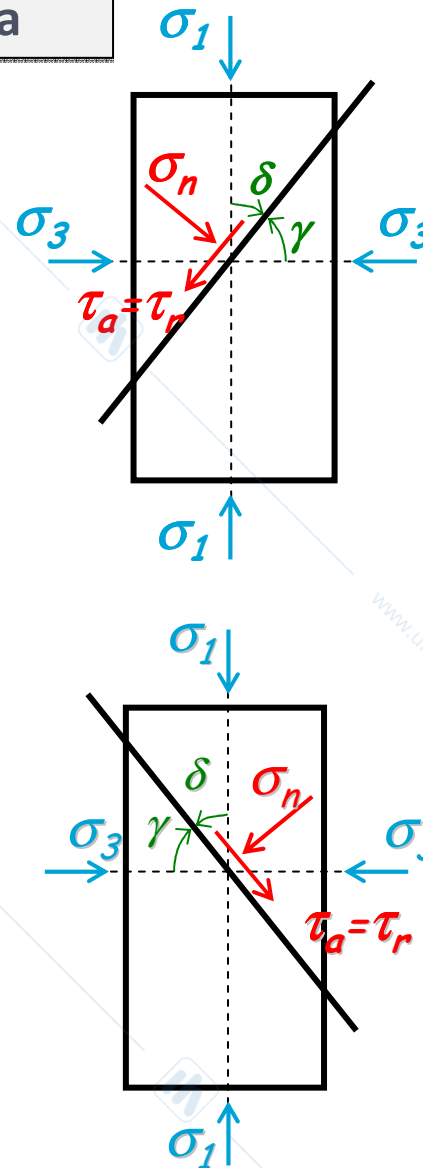
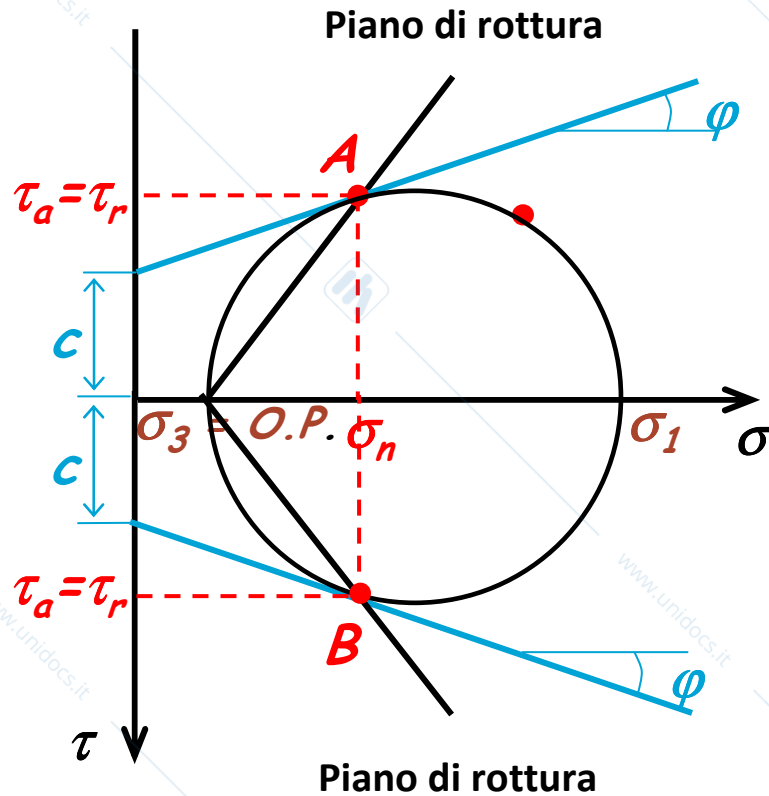
Questa condizione è data dal punto di tangenza tra il cerchio di Mohr e l'involuppo di rottura

E' A o B il punto rappresentativo del piano di rottura?



# PROVA DI COMPRESSIONE TRIASSIALE

## Caratterizzazione del piano di rottura



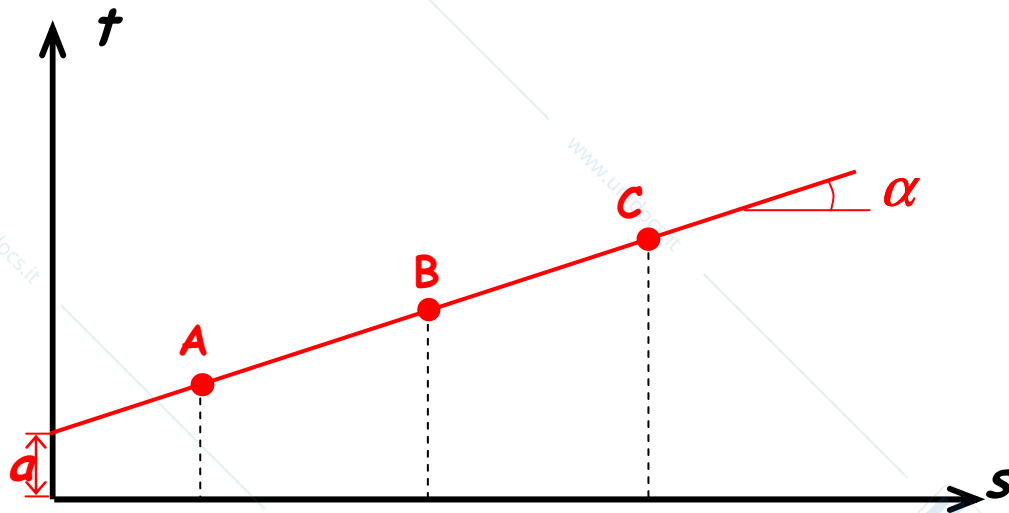
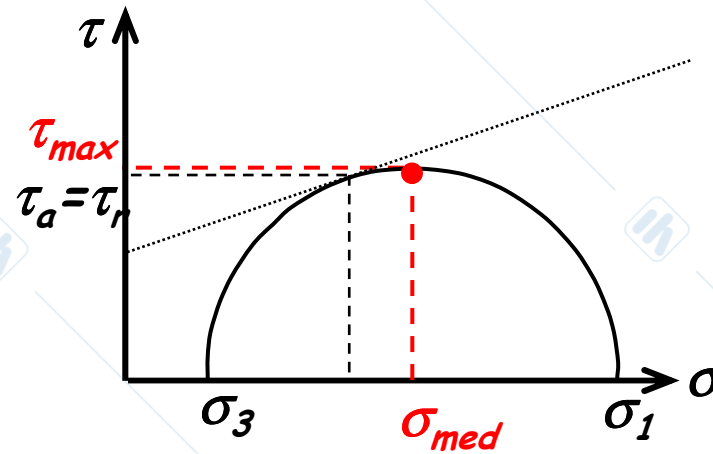
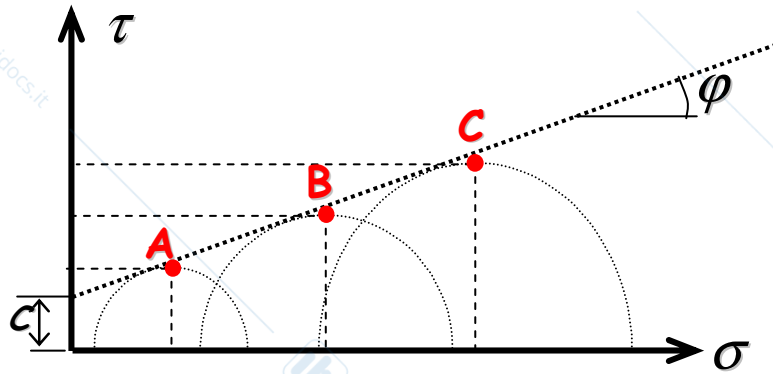
$\gamma$  : angolo tra la direzione principale minima ( $\sigma_3$ ) e il piano di rottura

$\delta$  : angolo tra la direzione principale massima ( $\sigma_1$ ) e il piano di rottura



# PROVA DI COMPRESSIONE TRIASSIALE

## Rappresentazione del criterio di resistenza – piano t-s ( $\tau_{\max}$ - $\sigma_{\text{med}}$ )



$$s = \frac{\sigma_1 + \sigma_3}{2} = \sigma_{\text{med}}$$

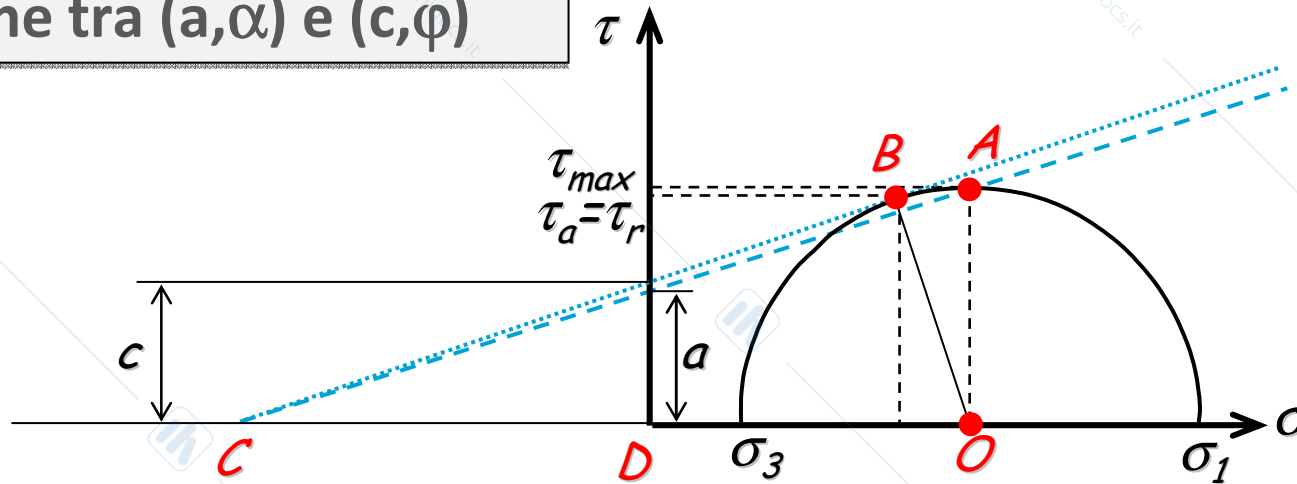
$$t = \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2} = \tau_{\max}$$

$$t = a + s \tan \alpha$$



# PROVA DI COMPRESSIONE TRIASSIALE

## Legame tra $(a, \alpha)$ e $(c, \varphi)$



$$\overline{OB} = \overline{OA} = \tau_{max}$$

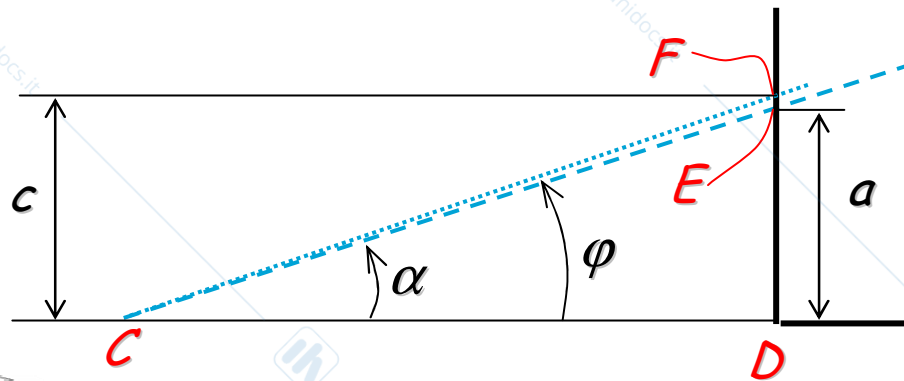
Se consideriamo  $\widehat{AOC}$

$$\longrightarrow \overline{OA} = \overline{OC} \tan \alpha$$

$$\varphi = \arcsen(\tan \alpha)$$

Se consideriamo  $\widehat{OBC}$

$$\longrightarrow \overline{OB} = \overline{OC} \sen \varphi$$



$$\overline{CD} = a / \tan \alpha = c / \tan \varphi$$

$$\boxed{\text{ma } \tan \alpha = \sen \varphi}$$

$$c = a / \cos \varphi$$

$$a / \sen \varphi = c / \tan \varphi$$



# PROVA DI COMPRESSIONE TRIASSIALE

## Rappresentazione del criterio di resistenza – PIANO $\sigma_1$ - $\sigma_3$

$$t = a + s \cdot \tan \alpha = c \cdot \cos \varphi + s \cdot \sin \varphi$$

Sostituendo

$$t = \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2} \quad s = \frac{\sigma_1 + \sigma_3}{2}$$

Si ottiene:

$$\frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2} = c \cdot \cos \varphi + \frac{\sigma_1 + \sigma_3}{2} \sin \varphi$$

$$\sigma_1 - \sigma_3 = 2c \cdot \cos \varphi + \sigma_1 \cdot \sin \varphi + \sigma_3 \cdot \sin \varphi$$

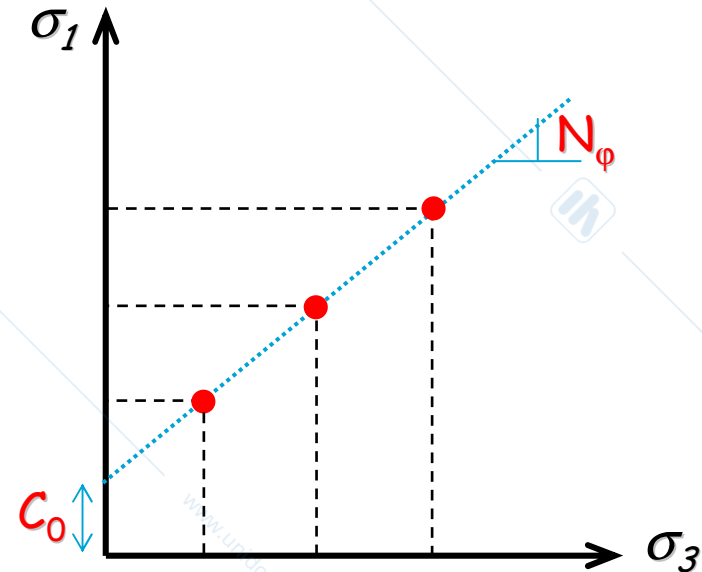
$$\sigma_1 (1 - \sin \varphi) = 2c \cdot \cos \varphi + \sigma_3 (1 + \sin \varphi)$$

$$\sigma_1 = \frac{2c \cdot \cos \varphi}{(1 - \sin \varphi)} + \sigma_3 \frac{(1 + \sin \varphi)}{(1 - \sin \varphi)}$$

$$\rightarrow \sigma_1 = C_0 + \sigma_3 N_\varphi$$

$$C_0 = \frac{2c \cdot \cos \varphi}{(1 - \sin \varphi)}$$

$$N_\varphi = \frac{(1 + \sin \varphi)}{(1 - \sin \varphi)}$$



## PROVA DI COMPRESSIONE TRIASSIALE

### Legame tra $(C_0; N_\varphi)$ e $(c; \varphi)$

$$C_0 = \frac{2c \cdot \cos \varphi}{(1 - \sin \varphi)}$$

$$N_\varphi = \frac{(1 + \sin \varphi)}{(1 - \sin \varphi)}$$

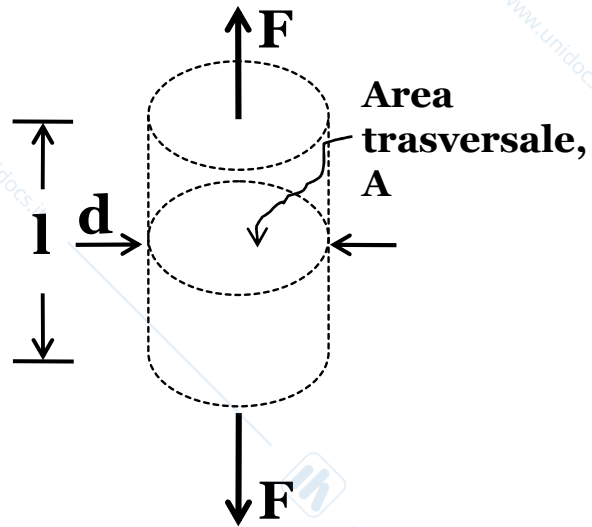
N.B.  $N_\varphi$  non è un angolo ma è il coefficiente angolare!

$$c = \frac{C_0}{2\sqrt{N_\varphi}}$$

$$\varphi = \arcsen \left( \frac{N_\varphi - 1}{1 + N_\varphi} \right)$$

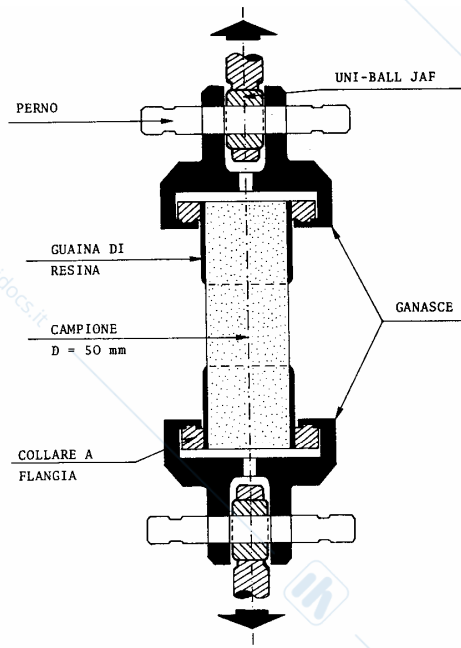
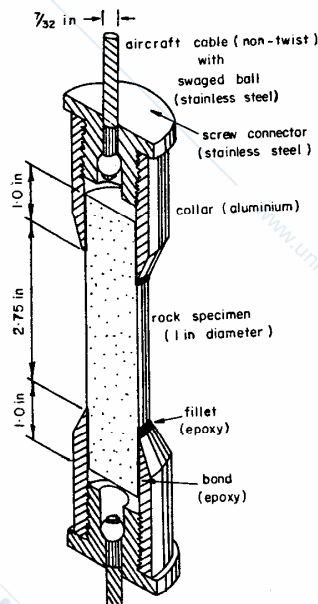
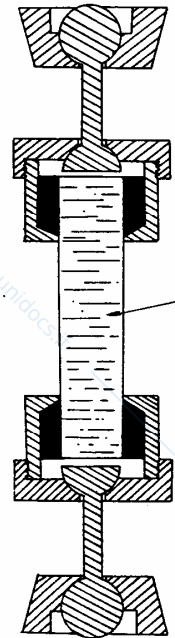


# RESISTENZA A TRAZIONE DIRETTA



$$\sigma_{TD} = \frac{T_D}{A}$$

$$\sigma_{TD} \cong \frac{1}{10} \div \frac{1}{25} C_o$$



ROCCIA	To [MPa]
GRANITO	7-25
DIORITE	15-30
GABBRO	15-30
BASALTO	10-300
ARDESIA	7-20
MARMO	7-20
QUARZITE	10-30
GNEISS	5-20
DOLOMIA	15-25
CALCARE	5-25
ARENARIA	4-25
ARGILLITE	2-10
CARBONE	2-5



## RESISTENZA A TRAZIONE INDIRETTA - **PROVA BRASILIANA**

**Consiste nel portare a rottura un disco di roccia intatta applicando un carico di compressione diametrale.**

Dimensioni Campione

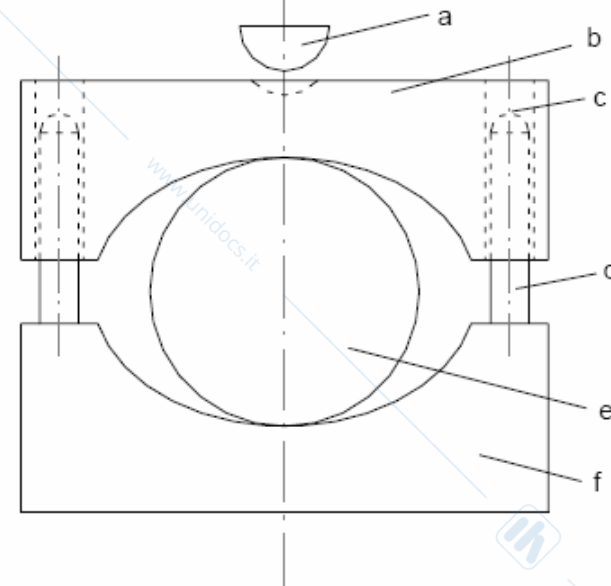
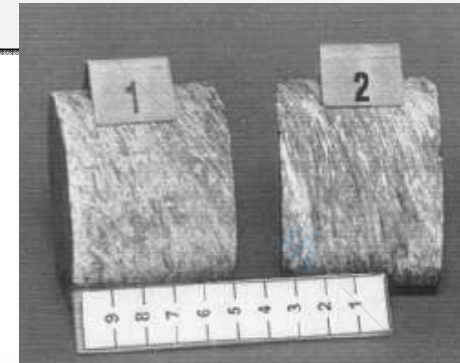
$D > NX (54 \text{ mm}) \pm 0.125 \text{ mm}$   
Spessore  $t = 12.7 \text{ mm} \pm 0.125 \text{ mm}$

Velocità di carico :

222 N/s

Numero campioni

almeno una decina



Attrezzatura per la prova brasiliana:

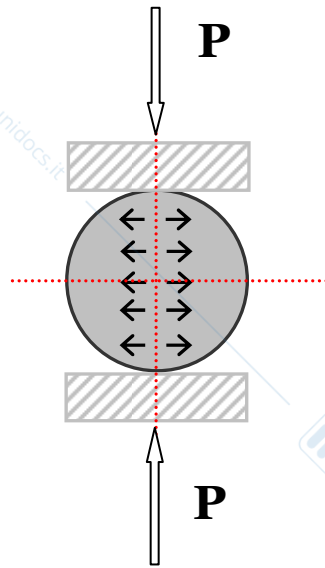
- a) semisfera per la trasmissione del carico
- b) ganaschia superiore
- c) foro con tolleranza per il perno
- d) perno di guida
- e) provino
- f) ganaschia inferiore



POLITECNICO DI TORINO

CORSO DI MECCANICA DELLE ROCCE

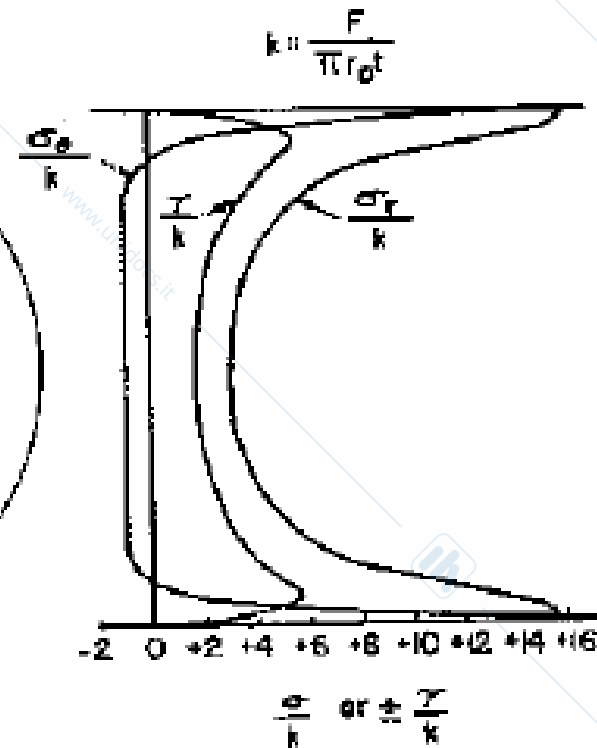
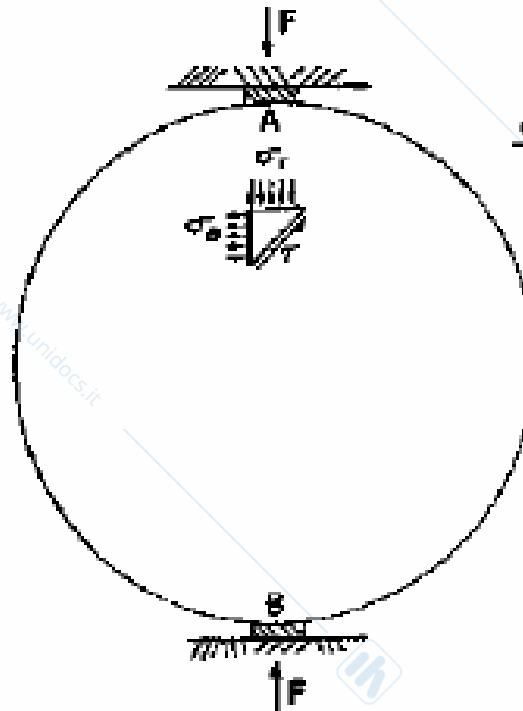
# RESISTENZA A TRAZIONE INDIRETTA - PROVA BRASILIANA



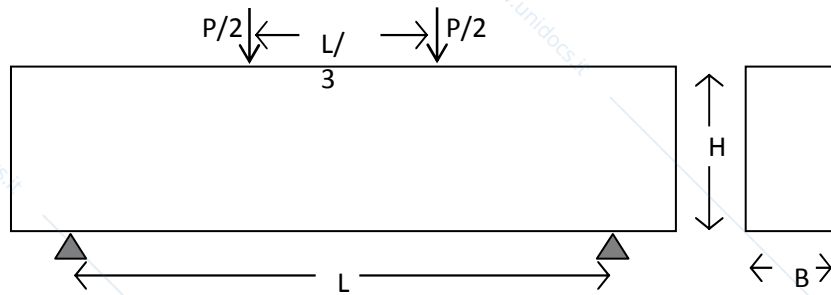
Il campione cilindrico viene sollecitato da uno sforzo di compressione diametrale, che induce delle sollecitazioni di trazione.

In particolare, nel centro del campione, la tensione verticale (di compressione) è pari, in modulo, a circa 3 volte la tensione orizzontale (di trazione)

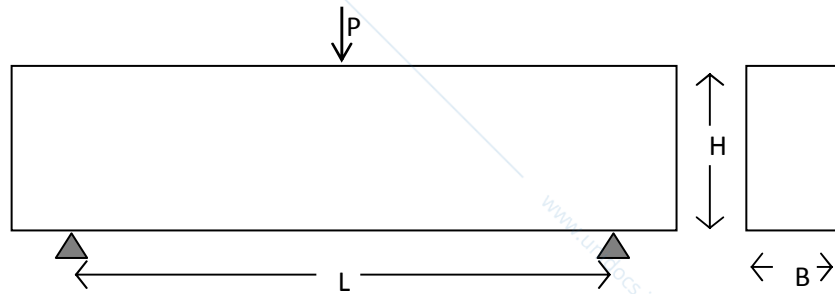
$$\sigma_{td} = \frac{2P}{\pi LD}$$



# RESISTENZA A TRAZIONE INDIRETTA - TRAZIONE PER FLESSIONE



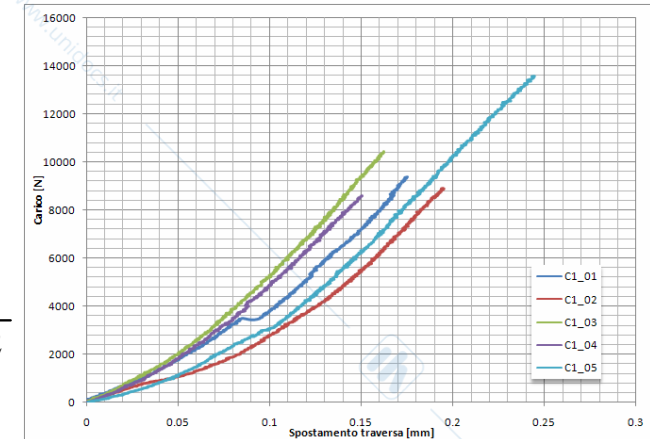
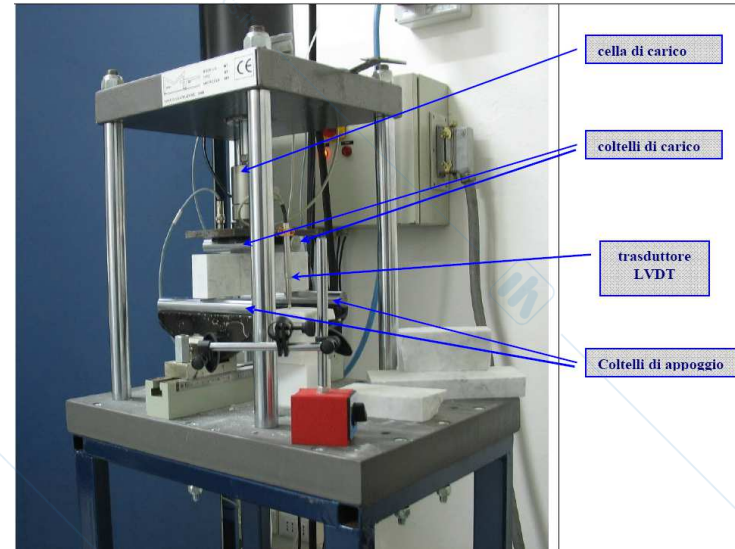
$$T_o = \frac{PL}{BH^2}$$



$$M = \frac{PL}{4}, \sigma = \frac{M}{W}, W = \frac{I}{h} \cdot 2 = \frac{b \cdot h^3}{12}$$

$$T_o = \frac{PL}{4} \cdot \frac{12}{BH^2}$$

$$T_o = \frac{3}{2} \cdot \frac{PL^2}{BH^2}$$



## POINT LOAD TEST

E' una prova "speditiva" che viene eseguita portando a rottura un campione di roccia applicando due carichi concentrati ai suoi estremi. Viene eseguita con apparecchiature portatili e su campioni di forma anche irregolare: per tali motivi può essere eseguita anche in sito. Consente di definire un indice di resistenza  $I_s$  correlato, ad esempio, alla resistenza a compressione monoassiale.

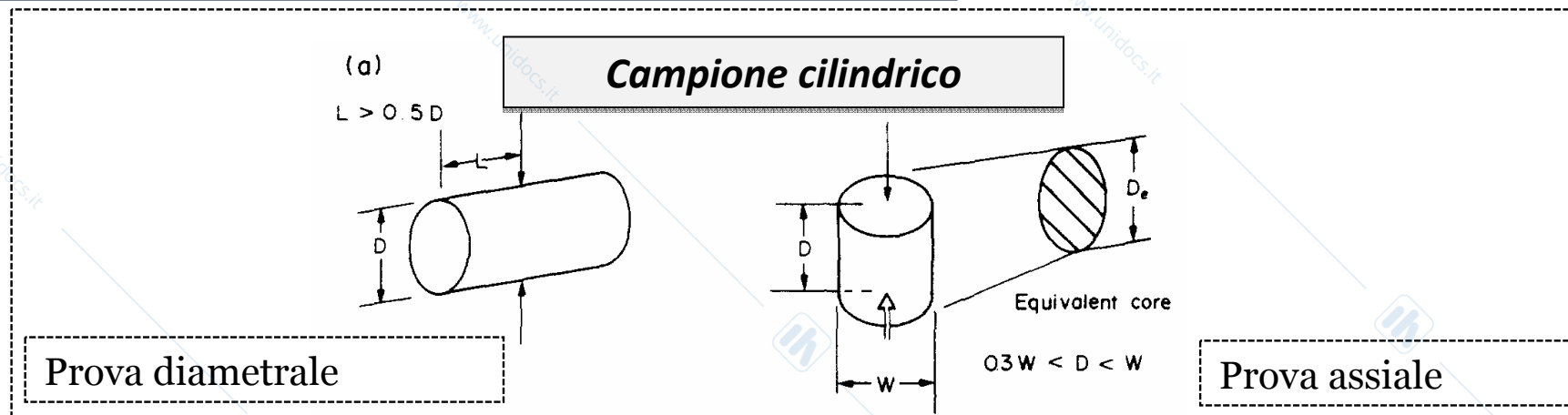
Il carico viene applicato mediante due punte di forma standardizzata, manualmente

- Viene letto su manometro il valore del carico  $P$  applicato alle punte, che porta il campione a rottura
  - Viene misurata su di un'asta graduata la distanza tra le punte  $D$ , prima e dopo l'applicazione del carico a rottura
- L'indice di resistenza è fornito dalla relazione

$$I_s = \frac{P}{D^2}$$



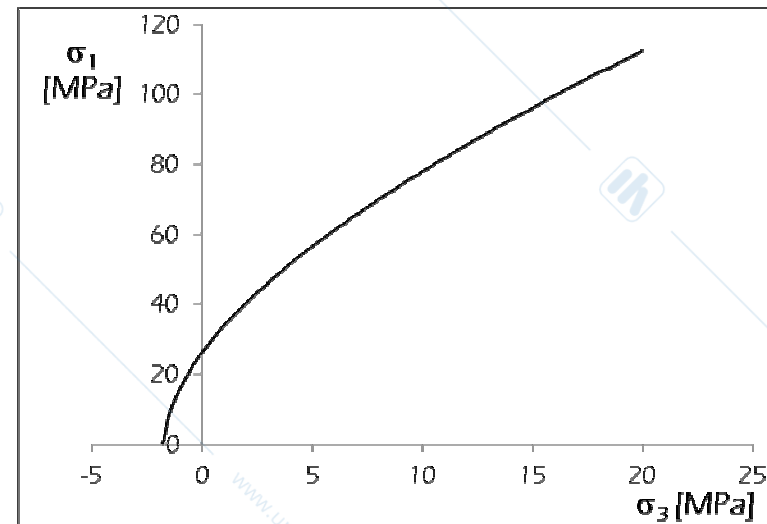
# POINT LOAD TEST - FORMA DEI CAMPIONI



## CRITERIO DI RESISTENZA DI HOEK E BROWN

Il criterio di Hoek e Brown è un criterio di resistenza **NON LINEARE** espresso nel piano delle tensioni principali  $\sigma_1$  e  $\sigma_3$ .

$$\sigma'_1 = \sigma'_3 + \sigma_{ci} \left( m \frac{\sigma'_3}{\sigma_{ci}} + s \right)^{0.5}$$



- dove
- $\sigma'_1$  e  $\sigma'_3$  sono le tensioni principali efficaci a rottura
  - $\sigma_{ci}$  è la resistenza a compressione monoassiale della roccia intatta (Co)
  - **m** ed **s** sono due costanti caratteristiche del materiale

m: litotipo

s: qualità dell'ammasso roccioso (s=1 per roccia



# CRITERIO DI RESISTENZA DI HOEK E BROWN

SE -  $\sigma_3 = 0 \rightarrow$

$$\sigma'_1 = \sigma_{ci}$$

-  $\sigma_1 = 0 \rightarrow$

$$T_0 = -\sigma_3$$

$$T_o = \frac{\sigma_{ci}}{2} \left[ (m^2 + 4)^{1/2} - m \right]$$

**m** dipende dal tipo di matrice rocciosa

-m = 7

rocce carbonatiche (dolomite, calcare, marmo)

-m = 10

rocce argillose litoidi (mudstone, siltiti, scisti, ardesie)

-m = 15

rocce arenacee (arenarie, quarzite)

-m = 17

rocce ignee cristalline (andesiti, diabasi, rioliti)

-m = 25

rocce ignee e metamorfiche (anfiboliti, gabbri, dioriti, gneiss, graniti, noriti)

