

RELAZIONI FRA STRESS E STRAIN

Il comportamento dei materiali varia in funzione del tipo di materiale, delle sue caratteristiche e delle condizioni esistenti al momento della deformazione.

I materiali possono quindi essere definiti come:

omogenei: se le proprietà di una porzione del materiale sono le stesse in un'altra qualsiasi porzione dello stesso materiale

non omogenei: se le proprietà di una porzione del materiale sono *diverse* da un'altra qualsiasi porzione dello stesso materiale

continuo (od isotropo): se le caratteristiche composizionali variano gradatamente da un punto ad un altro del materiale

discontinuo (od anisotropo): se le caratteristiche composizionali variano bruscamente da un punto ad un altro del materiale

Con lo stesso criterio può anche essere definito il campo di stress che così può essere **omogeneo** se il vettore dello stress ha la stessa entità ed orientazione indipendentemente dalla posizione della superficie su cui il vettore agisce; il campo di stress è invece **non omogeneo** nel caso opposto.

Le valutazioni sulla relazione fra stress e deformazione sono fatte generalmente basandosi sui concetti di “omogeneità” e “continuità”, questo perchè la trattazione matematica risulta più semplice.

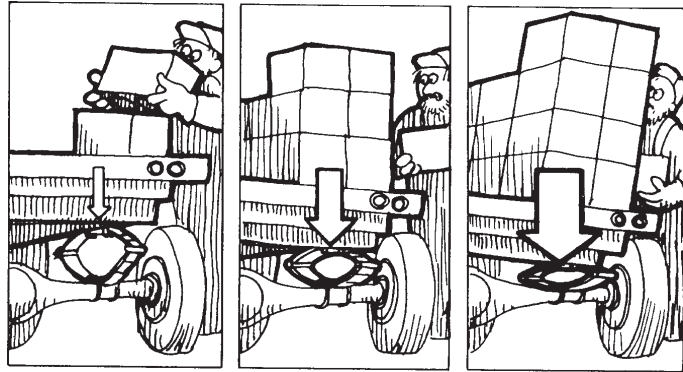
L'esperienza dimostra che le condizioni di omogeneità e continuità, sia del campo di stress che del materiale, non sono verificabili in natura (né probabilmente sono possibili) ma che i risultati della trattazione sui materiali ideali sono applicabili a quella della trattazione dei materiali reali.

VEDREMO QUINDI PRIMA IL COMPORTAMENTO IDEALE DEI MATERIALI E
POI IL COMPORTAMENTO REALE

COMPORTAMENTO IDEALE

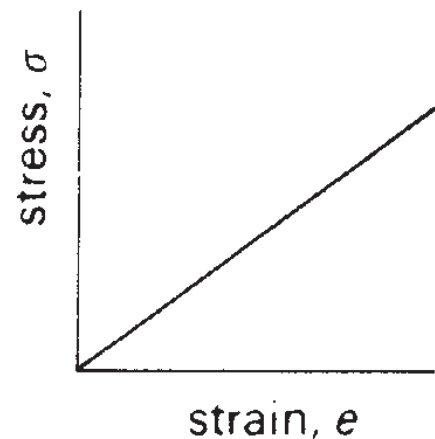
Si possono distinguere i seguenti comportamenti ideali:

COMPORTAMENTO ELASTICO: si determina un comportamento elastico quando, eliminando lo stress, il corpo assume la sua forma e dimensione originaria (es.: il comportamento di una molla). La deformazione elastica é ad esempio quella indotta dalla propagazione delle onde sismiche attraverso la Terra.



Il comportamento idealmente elastico segue la **legge di Hook:**

$e = \sigma/E$ cioè stress/strain = costante
 $e = l_1 - l_0$,
 σ é lo stress applicato
 E = modulo di Young o modulo di elasticità, caratteristico del materiale



lo stress e lo strain hanno una relazione lineare, esprimibile con una retta.

Altri importanti parametri del comportamento elastico sono il:

coefficiente di Poisson: $\nu = e_{lat}/e_{long}$

rapporto fra quanto il campione si allunga e quanto si accorcia

Bulk modulus: $K = \Delta P/\Delta V$

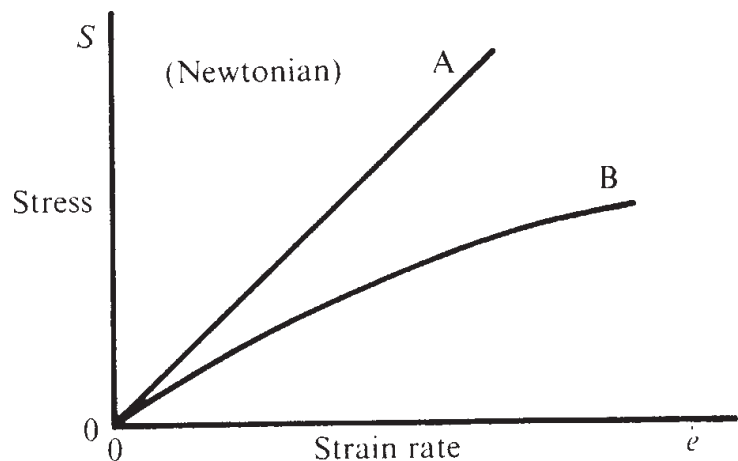
rapporto fra la variazione della pressione idrostatica e la variazione del volume

Shear modulus: $G = \tau/\psi$

rapporto fra lo sforzo di taglio e l'angolo di taglio

COMPORAMENTO VISCOSO (o newtoniano) Il modo migliore per realizzare

il comportamento viscoso è pensare ad un liquido che viene posto in un contenitore e poi il contenitore viene inclinato. Maggiore sarà la velocità del flusso (cioè la velocità di deformazione), maggiore sarà lo stress applicato. Una volta eliminato lo stress, il corpo a comportamento viscoso non recupera la condizione iniziale: la deformazione è permanente.



L'equazione che regola la relazione fra stress e velocità di deformazione (strain rate) è:

$$\sigma = \eta \dot{\epsilon}$$

dove:

$\dot{\epsilon}$ = tasso di deformazione (e/t - in secondi)

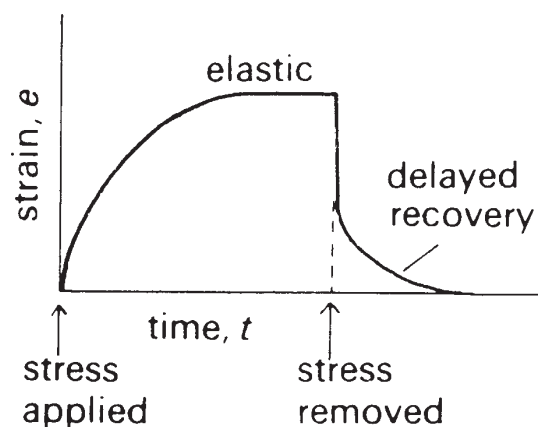
σ = stress

η = viscosità (costante, propria di ogni materiale)

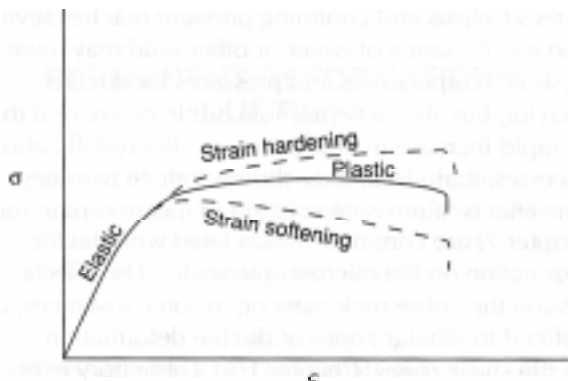
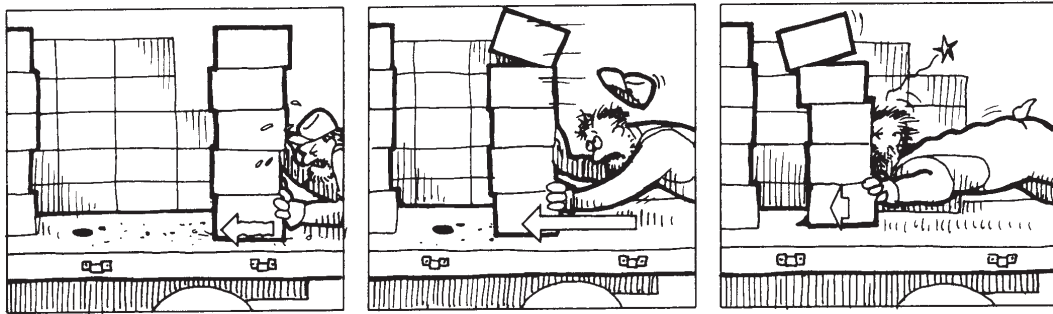
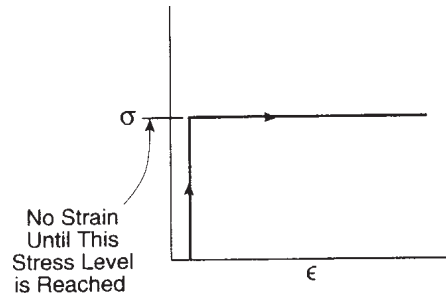
In un materiale a comportamento ideale newtoniano, la relazione fra stress e tasso di deformazione (strain rate) è espressa da una retta. Maggiore è lo stress applicato maggiore è la velocità della deformazione.

COMPORAMENTO VISCOELASTICO: Il comportamento viscoso e quello elastico possono essere combinati insieme dando origine al comportamento VISCOELASTICO.

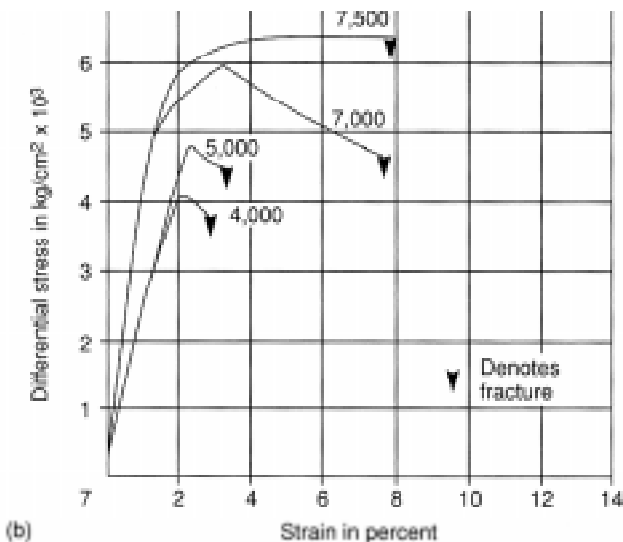
Una volta tolto lo stress applicato, il corpo impiega un certo tempo per riprendere la sua condizione iniziale. Questo periodo di tempo è responsabile, per esempio degli aftershocks.



COMPORTAMENTO PLASTICO: Il materiale non subisce deformazione fino al raggiungimento di un valore soglia dello stress applicato. E' idealmente assimilabile allo sforzo necessario per spostare un cumulo di mattoni. La deformazione, una volta avvenuta non è recuperabile.



E' stato comunque riscontrato che, una volta raggiunto il valore di soglia (yield point = punto da cui si passa dalla deformazione elastica alla plastica), per continuare ad avere deformazione, possa essere necessario aumentare (strain hardening) o diminuire (strain softening) lo stress applicato. Lo sviluppo dell'una o dell'altra condizione dipende dalla pressione di contenimento.

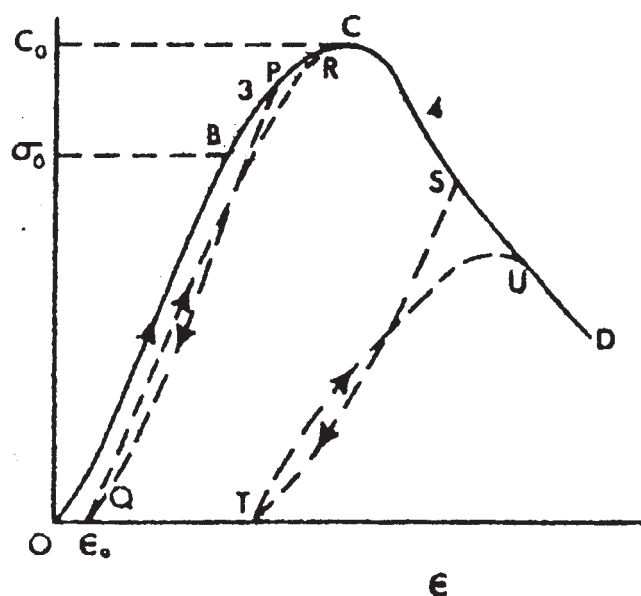


COMPORAMENTO REALE

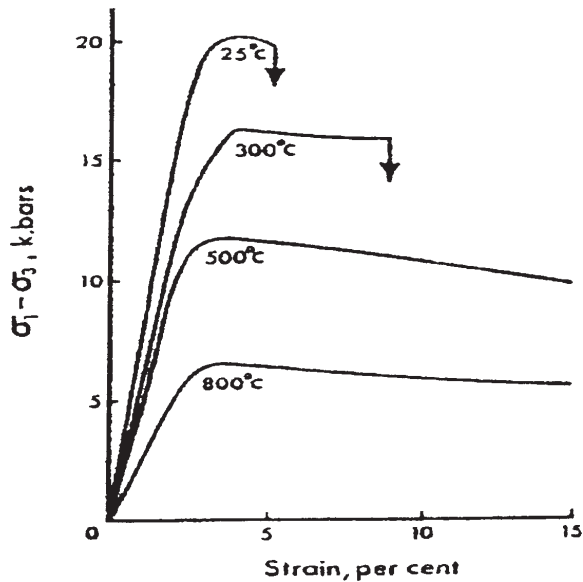
Il comportamento reale delle rocce si discosta nel suo insieme da quello ideale. Nonostante cio' possono essere individuati settori in cui il comportamento é ideale.

Il comportamento di una roccia soggetta a compressione uniassiale può essere visualizzata in una curva stress/strain. L'origine degli assi corrisponde al valore zero di deformazione e stress.

Nella curva si possono individuare quattro settori. Il primo settore della curva, OB, ha un andamento più o meno lineare: in questo tratto della curva il comportamento della roccia é ritenuto **elastico**. Nel tratto di curva BC, invece quando lo stress viene eliminato, il percorso di scarico ci indica che una parte della deformazione viene elasticamente recuperata mentre una parte rimane come deformazione permanente nel campione di roccia; applicando nuovamente lo stress, osserviamo che é necessaria una forza maggiore per continuare a deformare ulteriormente. Questo tipo di comportamento viene definito come comportamento **duttile** (o plastico, anche se alcuni autori ritengono preferibile lasciare questo termine ai comportamenti ideali). Se la forza supera il punto C_0 il campione si rompe. superato il punto C occorre sempre meno forza per rompere ulteriormente il campione. La roccia perde coesione e questo tipo di comportamento si definisce **fragile**.

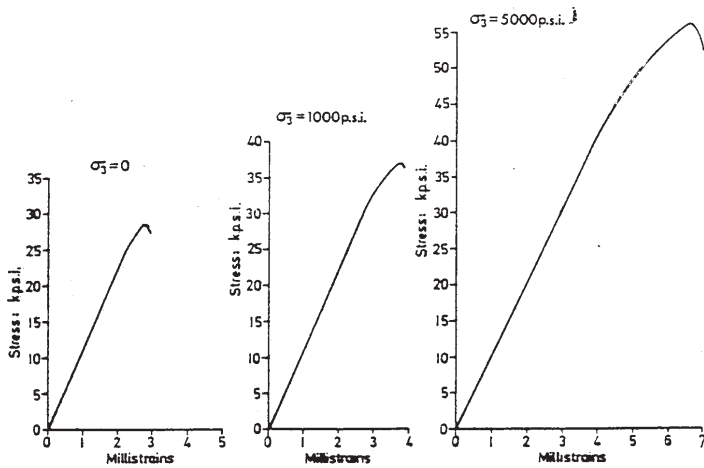


il passaggio dal comportamento duttile a quello fragile (e cioè la posizione del punto c) dipende da altri fattori, oltre che dalla stress applicato.



TEMPERATURA

A parità di materiale l'aumento della temperatura comporta un aumento del settore a comportamento duttile.

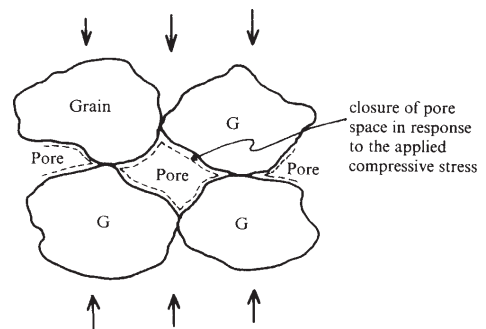


PRESSIONE DI CONTENIMENTO

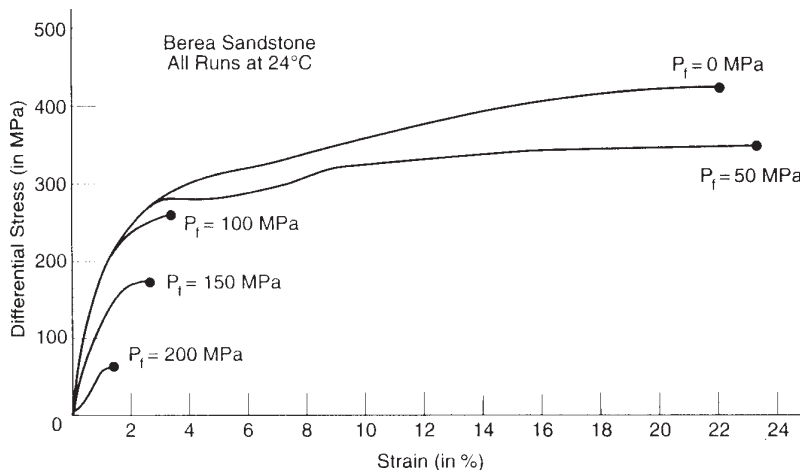
L'aumento della pressione di contenimento (*confining pressure*) comporta un aumento della resistenza alla fratturazione della roccia e quindi un aumento della deformazione duttile.

PRESSIONE INTERSTIZIALE

E' legata alla presenza di fluidi nei pori della roccia. i fluidi posti fra i granuli esercitano una pressione opposta a quella della pressione litostatica o di contenimento, avendo come effetto quello di



diminuire la re-

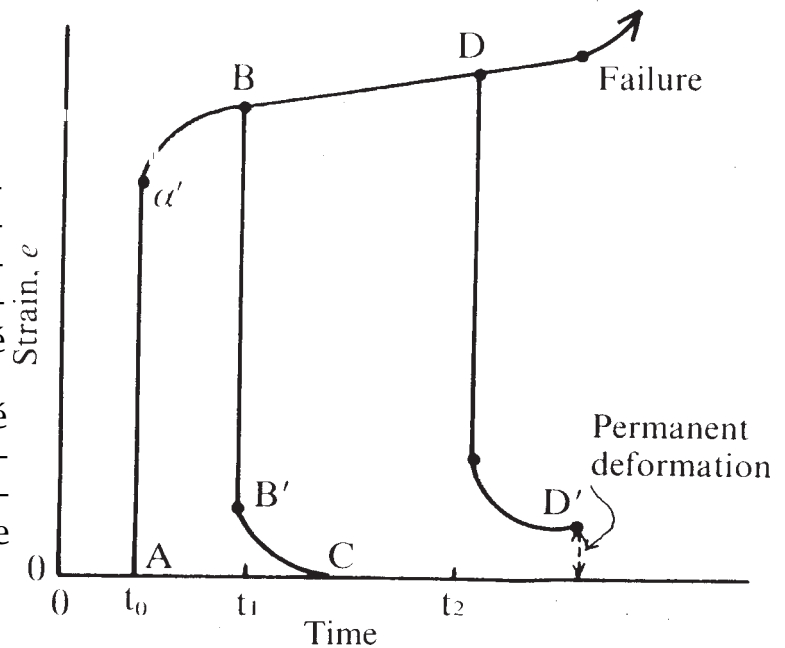


sistenza della roccia.

IL TEMPO

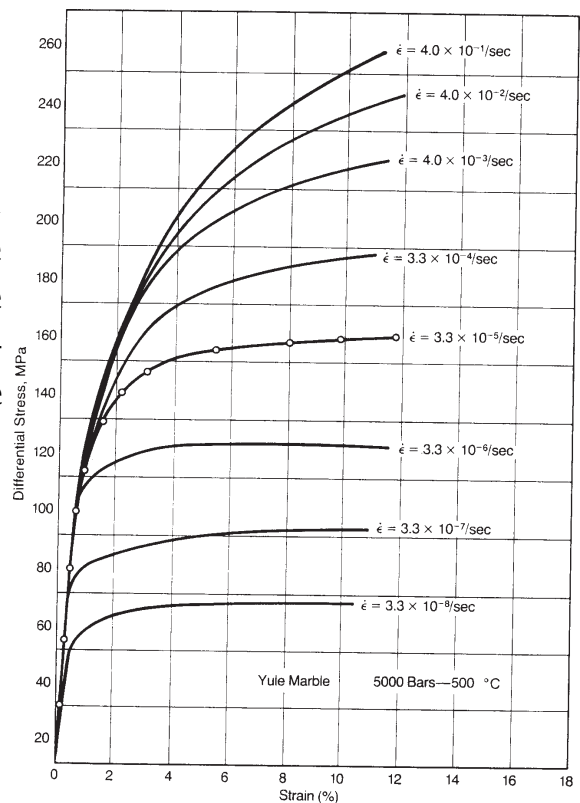
Un campione di roccia se sottoposto a stress per un periodo di tempo significativamente lungo può fratturarsi anche se lo stress applicato è piccolo.

Il nome dato a questo effetto è **creep**. L'esperimento prevede che il campione sia sottoposto ad un ciclo di carico e scarico a stress costante.



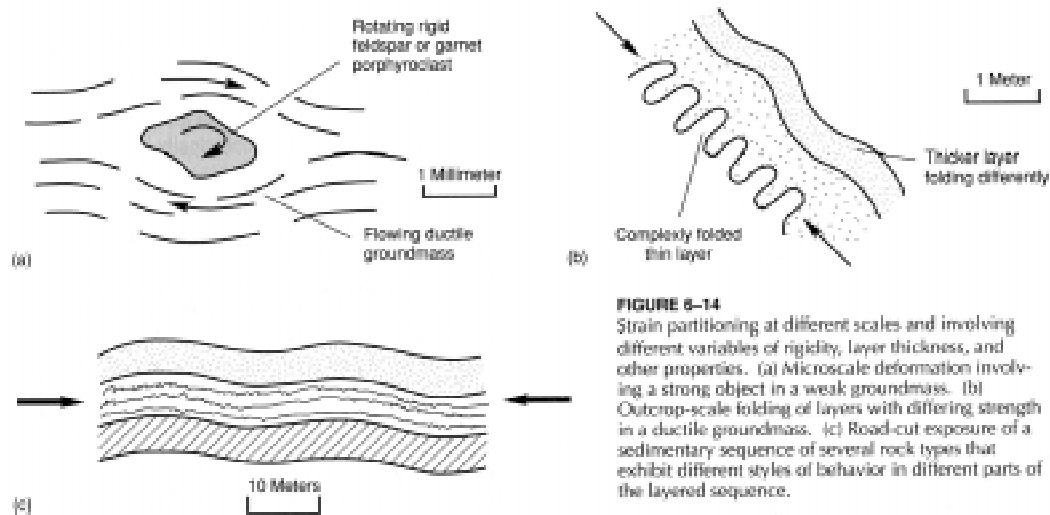
Il tratto AA' indica un *comportamento elastico*; nel tratto A'B la velocità di deformazione diminuisce. Se adesso togliamo lo stress applicato, il campione non ha deformazione permanente. Il tratto AB è detto di **primary creep**. Il tratto BD è invece caratterizzato da deformazione permanente (**secondary creep** oppure **steady-state creep** - *comportamento viscoso*). Dopo il punto B si osserva una accelerazione nella deformazione prima di raggiungere la fratturazione (**tertiary creep**, *comportamento viscoso più rapido*).

Un altro modo di osservare l'effetto del tempo sulla deformazione è quello di considerare il tasso di deformazione (strain-rate): più è rapida l'azione deformativa, maggiore è lo stress necessario per raggiungere la fratturazione del campione.



STRAIN PARTITIONING

Il comportamento delle rocce puo' variare nel tempo e nello spazio. La deformazione puo' concentrarsi in specifici luoghi in funzione della litologia, dello spessore e della presenza di fluidi anche a parità di temperatura e pressione.



CONCLUSIONI

- La deformazione fragile é tipica di rocce a bassa temperatura e piccola pressione di confinamento.
- La deformazione fragile é favorita dalla presenza di fluidi
- La deformazione duttile si sviluppa ad alte temperature ed elevate pressioni di contenimento
- Lo stress, anche se di piccola entità, porta al raggiungimento della fratturazione, se applicato per un tempo relativamente lungo.