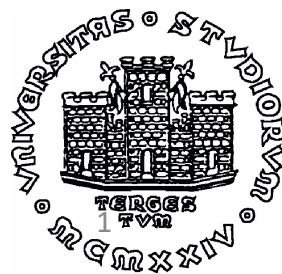


# GEOLOGIA 2 E PRINCIPI DI RILEVAMENTO GEOLOGICO - SECONDA PARTE -

DOCENTI:  
GIAN ANDREA PINI  
LORENZO BONINI



# LEZIONE 4

- **Proiezioni stereografiche sul reticolo di Wulff**

Principi su cui si basa la proiezione di piani e rette

Nomenclatura

Tecnica di proiezione

Proiezione della traccia ciclografica di un piano

Proiezione di un polo di un piano

Proiezione del polo di una retta

# Principio su cui si basa la proiezione di piani e rette

Si considera la metà inferiore di una sfera (emisfero inferiore) collocata in modo che per il suo centro passi il piano  $\pi$  o la retta  $r$  che si intende proiettare.

- Il piano  $\pi$  (fig. 1) interseca l'emisfero inferiore secondo una linea curva; tutti i punti di questa linea vengono proiettati dal punto  $P$  (situato all'apice dell'emisfero superiore) sul piano equatoriale, orizzontale. Si ottiene in tal modo una nuova linea curva che è detta **traccia ciclografica del piano  $\pi$**
- Analogamente (fig. 2), la retta  $r$  interseca la semisfera in un dato punto  $X$ , la cui proiezione dal punto  $P$  sul piano equatoriale è rappresentata da un nuovo punto  $X'$ , detto : **polo della retta  $r$**
- Oltre che mediante la traccia ciclografica, un piano può essere identificato proiettando il polo della retta normale al piano stesso.

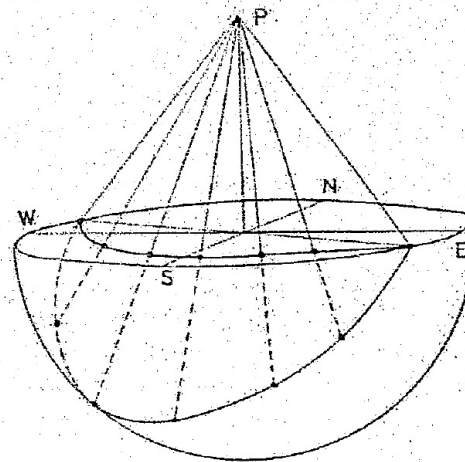


Fig. 1 - Stereographic projection of a plane

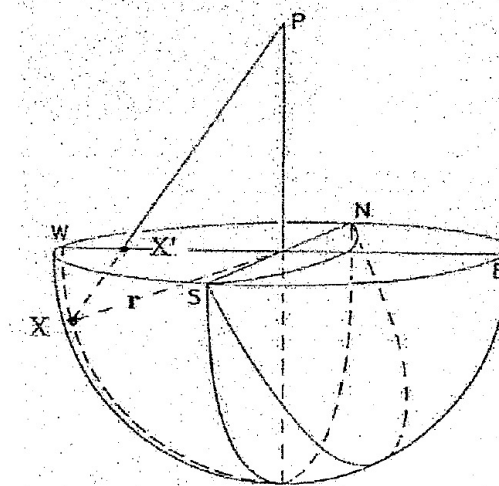


Fig. 2 - Cyclographic and polar projection of a plane.

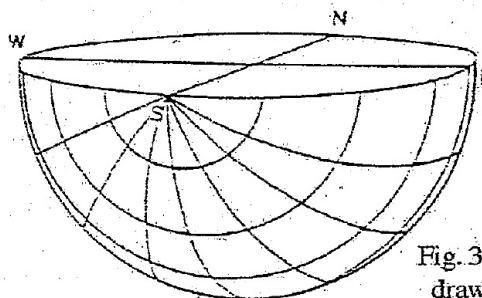


Fig. 3 - Small circles centred at S, drawn on the lower hemisphere

Proiezioni stereo, 1

In figura 2 la retta  $r$  è stata scelta in modo che fosse ortogonale al piano immergente a Est. Il punto  $X'$ , la cui definizione corretta sarebbe «polo della retta ortogonale al piano», è detto, per brevità, **polo del piano**. Analogamente, ad esempio, il centro del cerchio equatoriale rappresenta al tempo stesso il polo della retta verticale e del piano orizzontale. Si noti che nella figura 2 è stato inserito anche il piano verticale avente direzione N-S. La sua intersezione con la semisfera inferiore è un semicerchio la cui proiezione da  $P$  sul piano equatoriale è rappresentata dal diametro avente direzione N-S.

# Nomenclatura

- **Stereonet:** il reticolo di Wulff, orientato rispetto ai punti cardinali.
- **Primitivo:** il cerchio massimo dello stereonet.
- **Lucido, o trasparente:** il foglio di carta lucida sul quale sono disegnati il cerchio massimo (con lo stesso diametro del primitivo), una traccia (**N'**) indicante il Nord ed il centro (**C'**).
- **C, C':** centro, rispettivamente dello stereonet e del lucido.
- **N, N':** nord, rispettivamente del primitivo e del lucido.

Lo stereonet consta di un cerchio massimo (proiezione del piano orizzontale passante per il centro C della sfera), di due diametri  $=-180$  (N-S) e  $90-270$  (E-W), proiezioni dei due piani verticali aventi tali direzioni e passanti per C (v. Fig. 2), e di due famiglie di curve, rappresentanti le proiezioni dei seguenti piani:

1) Archi «meridiani» (passanti da 0 e da 180): piani aventi direzione N-S e immersione a W (archi compresi tra C e 270) o a E (archi compresi tra C e 90); la loro inclinazione varia da  $0^\circ$  (=cerchio massimo) a  $90^\circ$  (=diametro N-S);

2) Archi «paralleli»: piani verticali con direzione E-W, di cui solo quello proiettato nel diametro E-W dello stereonet passa per C; per gli altri., la distanza da C (analogamente ai paralleli terrestri) è valutata in gradi, misurati sul diametro N-S (fig. 3). Possono anche essere visti come proiezioni delle intersezioni tra la semisfera ed una famiglia di coni doppi ad asse orizzontale avente direzione N-S ed angoli varianti tra  $180^\circ$  (parallelo equatoriale) e  $0^\circ$  (punti N e S dello stereonet).

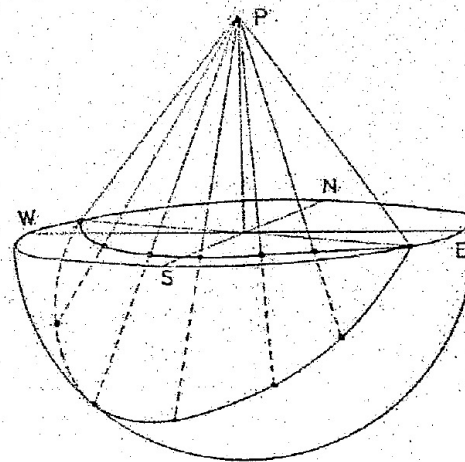


Fig. 1 - Stereographic projection of a plane

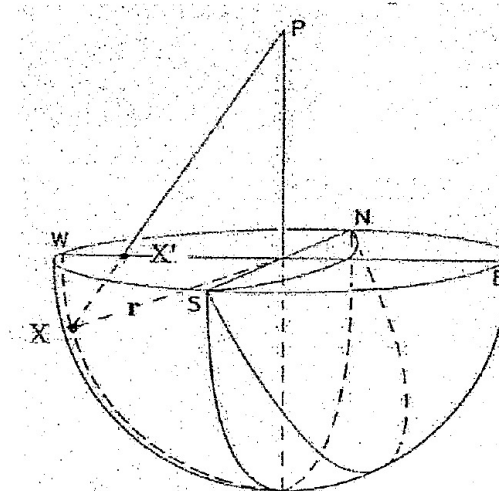


Fig. 2 - Cyclographic and polar projection of a plane.

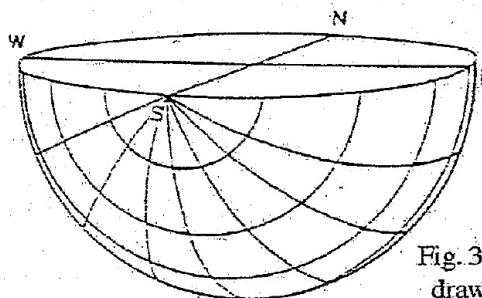
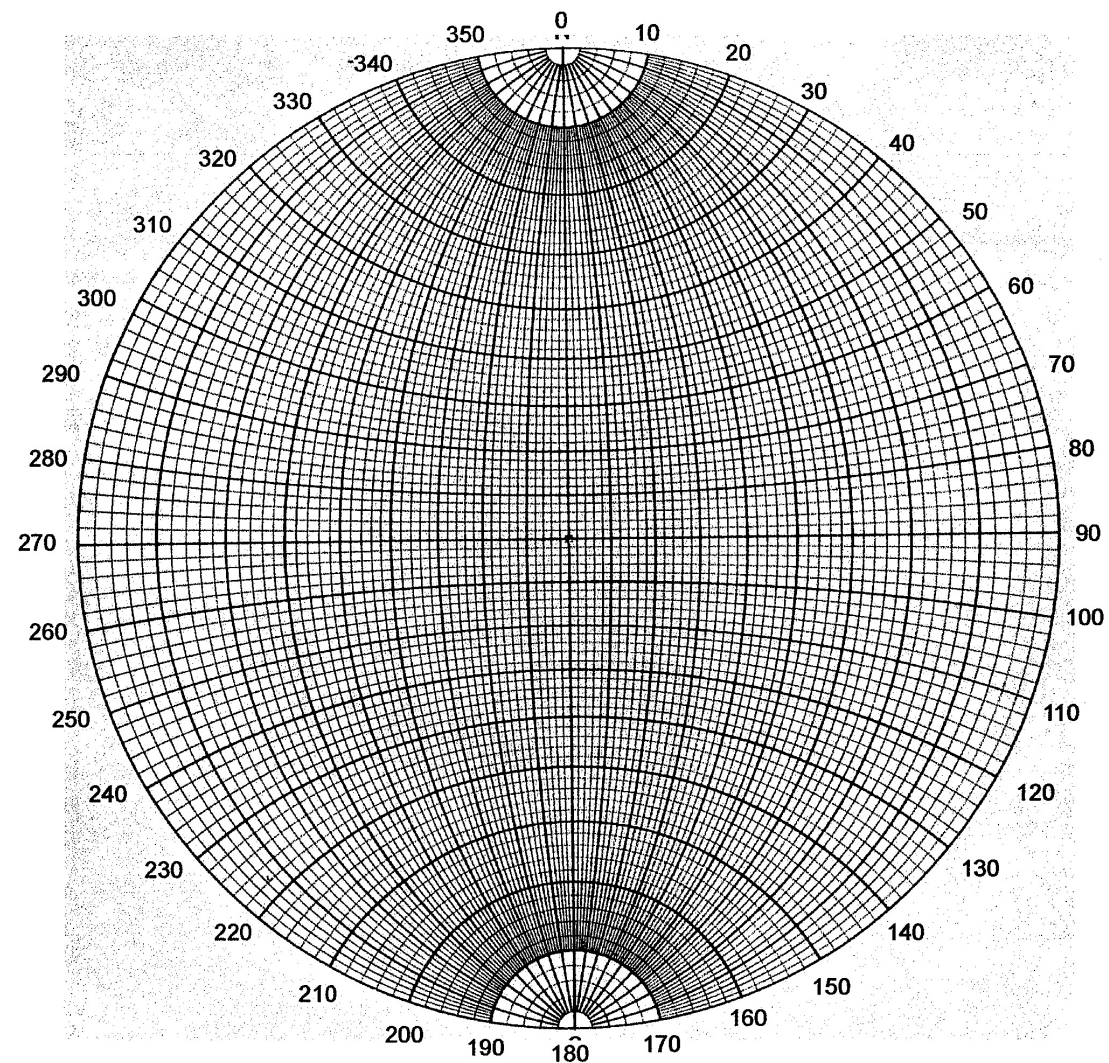


Fig. 3 - Small circles centred at S, drawn on the lower hemisphere

Proiezioni stereo, 1

# Stereonet: il reticolo di Wulff



Il reticolo di Wulff

# Tecnica di proiezione

Comporta un numero variabile di operazioni, di cui due preliminari e fondamentali.

1) **Posizionamento:** consiste nel disporre il lucido sullo stereonet, con C ed N coincidenti rispettivamente con C' ed N'.

2) **Visualizzazione:**

- *di un piano:* disporre il palmo (o se più comodo il dorso) della mano sinistra verso l'alto e portare le dita a coincidere con la direzione del piano; ruotare il palmo e inclinarlo secondo l'inclinazione del piano;
- *del polo del piano:* tenendo la mano come nel caso precedente, inserire tra le dita, perpendicolarmente al palmo delle mani, una matita;
- *di una linea:* disporre nello spazio una matita parallelamente alla linea.

Eeguire tutte le operazioni, si raccomanda vivamente di ripetere l'operazione 1 e 2 in modo da avere un controllo visivo delle proiezioni effettuate

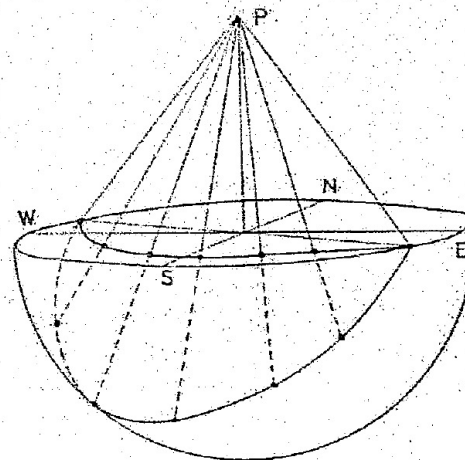


Fig. 1 - Stereographic projection of a plane

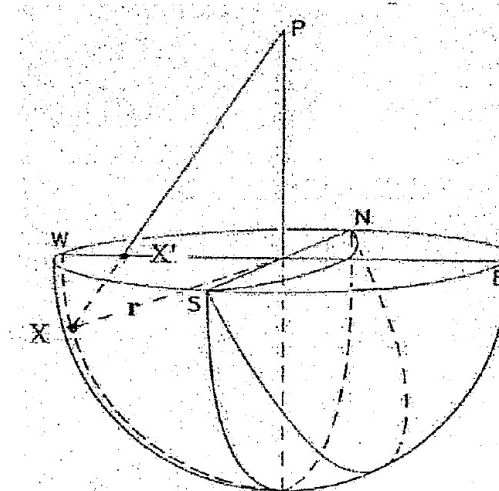


Fig. 2 - Cyclographic and polar projection of a plane.

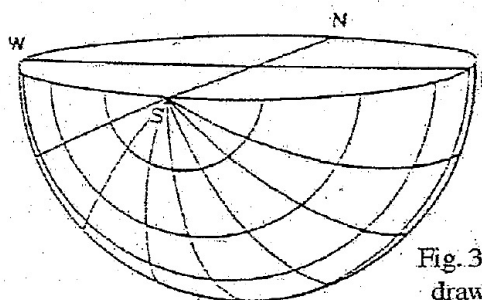


Fig. 3 - Small circles centred at S, drawn on the lower hemisphere

Proiezioni stereo, 1

## **Esempi**

**A) Piano  $\delta$ : immersione  $N30^\circ W$ , inclinazione  $50^\circ$  (fig. 4)**

- 1) Si trasforma in valore angolare l'immersione del piano ( $330^\circ N$ ) e si trova il relativo punto sul primitivo: si ricalca tale punto sul cerchio massimo del lucido: sia il punto A.**
- 2) Si ruota il lucido attorno a C, portando A a coincidere con W del primitivo.**
- 3) A partire da W, sul diametro E-W dello stereonet si contano  $50^\circ$  e si ricalca sul lucido il "meridiano" passante per il punto  $50^\circ$  così trovato e per i punti N, S dello stereonet.**

**B) Piano  $\beta$ : immersione  $S70^\circ E$ , inclinazione  $30^\circ$  (fig. 5)**

- 1) Si trasforma in valore angolare l'immersione del piano ( $110^\circ N$ ) e si trova il relativo punto sul primitivo: si ricalca tale punto sul cerchio massimo del lucido: sia il punto A.**
- 2) Si ruota il lucido attorno a C, portando A a coincidere con E del primitivo.**
- 3) Sul diametro E-W dello stereonet si contano, a partire da E,  $30^\circ$  e si ricalca sul lucido il "meridiano" passante per il punto  $30^\circ$  così trovato e per i punti N, S dello stereonet.**

GRAZIE PER L'ATTENZIONE



# PREPARAZIONE ALL'ESCURSIONE

# Superfici e linee misurabili sul terreno

**Superfici:** superficie di stratificazione, clivaggio, superficie di piano assiale, superfici di faglia, superfici di frattura

**Linee:** asse di pieghe, lineazioni di intersezione, indicatori cinematici sulle superfici di faglia (es. strie)



# Superfici e linee misurabili sul terreno

**Superfici:** superficie di stratificazione, clivaggio, superficie di piano assiale, superfici di faglia, superfici di frattura

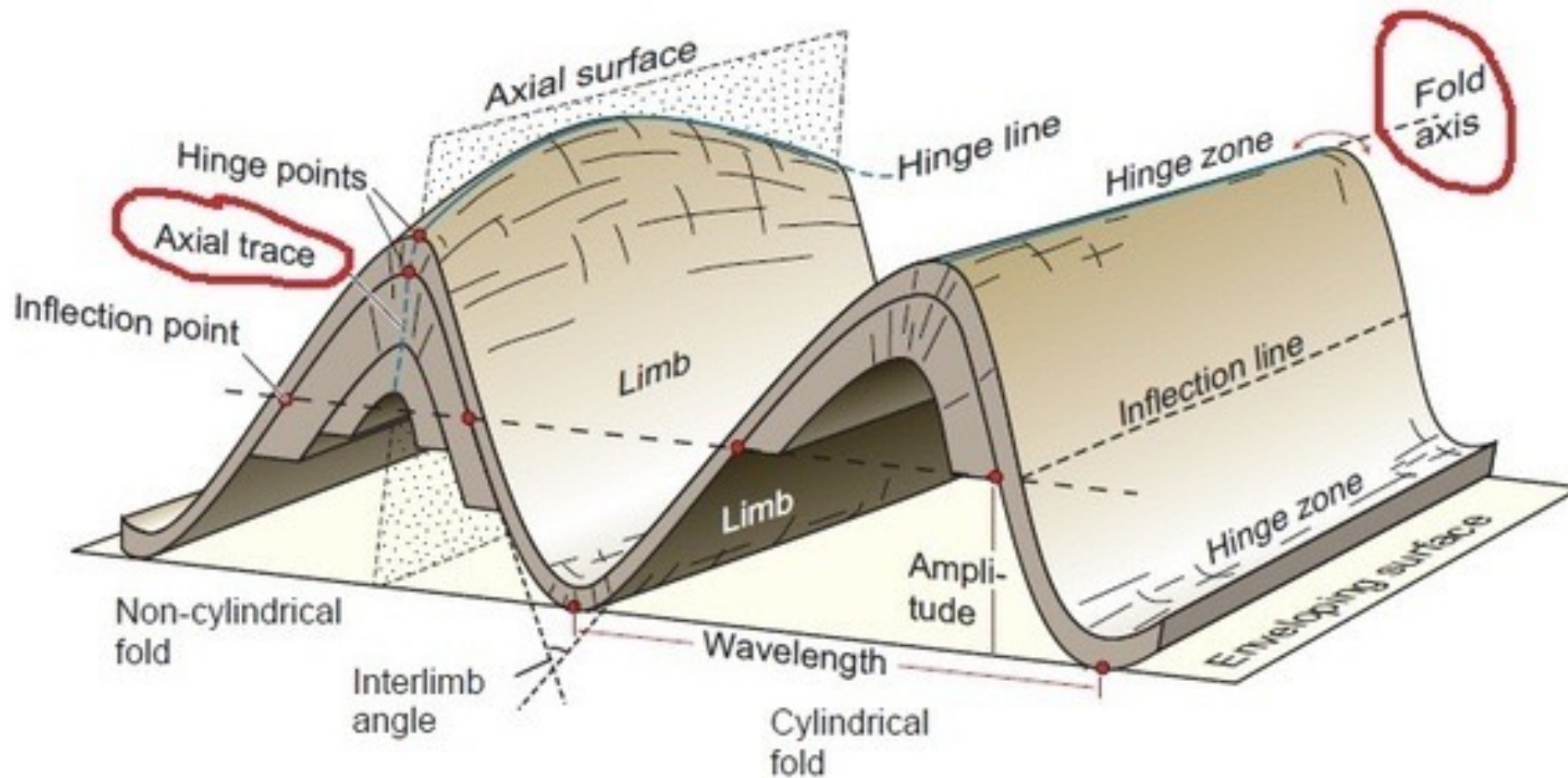
**Linee:** asse di pieghe, lineazioni di intersezione, indicatori cinematici sulle superfici di faglia (es. strie)



# Superfici e linee misurabili sul terreno

**Superfici:** superficie di stratificazione, clivaggio, superficie di piano assiale, superfici di faglia, superfici di frattura

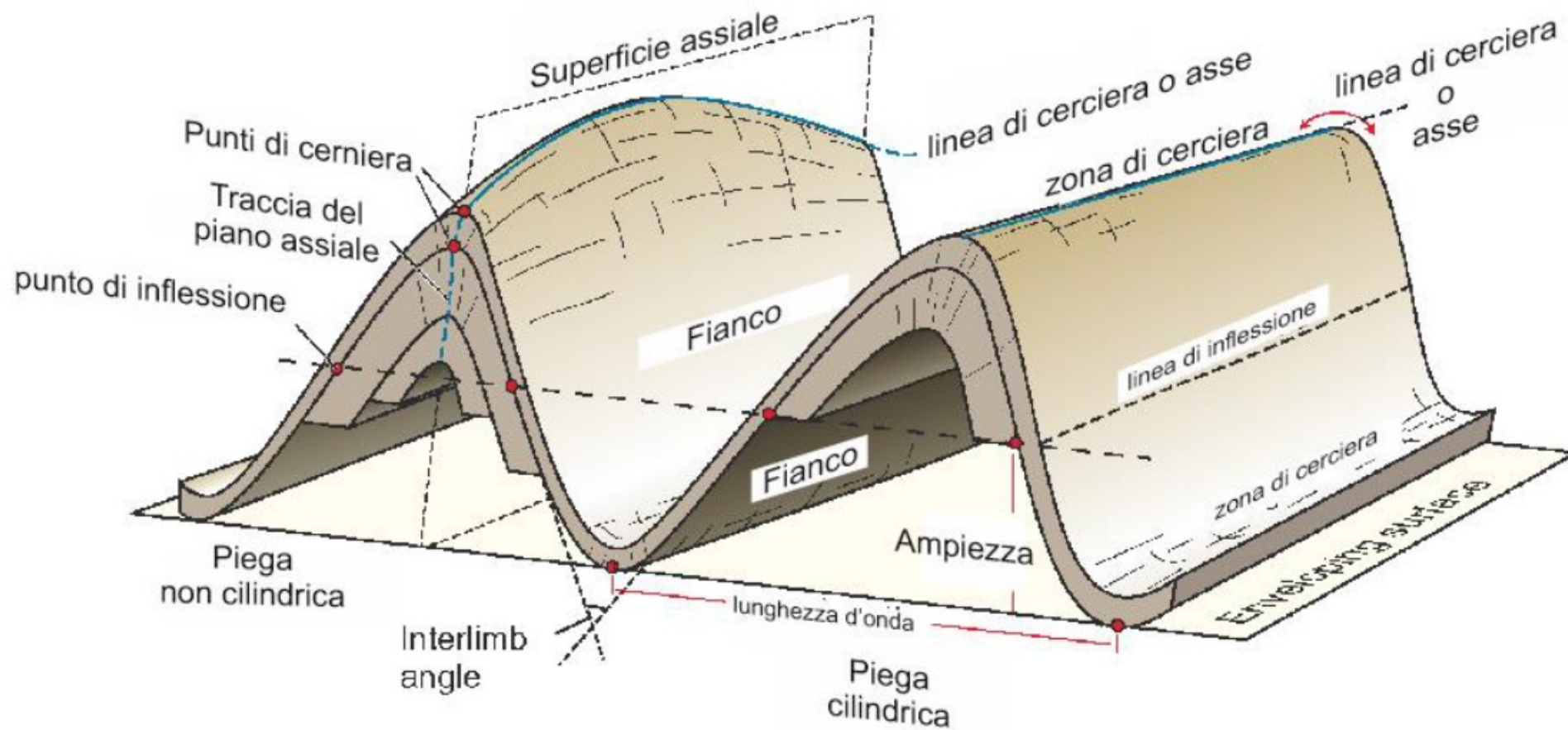
**Linee:** asse di pieghe, lineazioni di intersezione, indicatori cinematici sulle superfici di faglia (es. strie)



# Superfici e linee misurabili sul terreno

**Superfici:** superficie di stratificazione, clivaggio, superficie di piano assiale, superfici di faglia, superfici di frattura

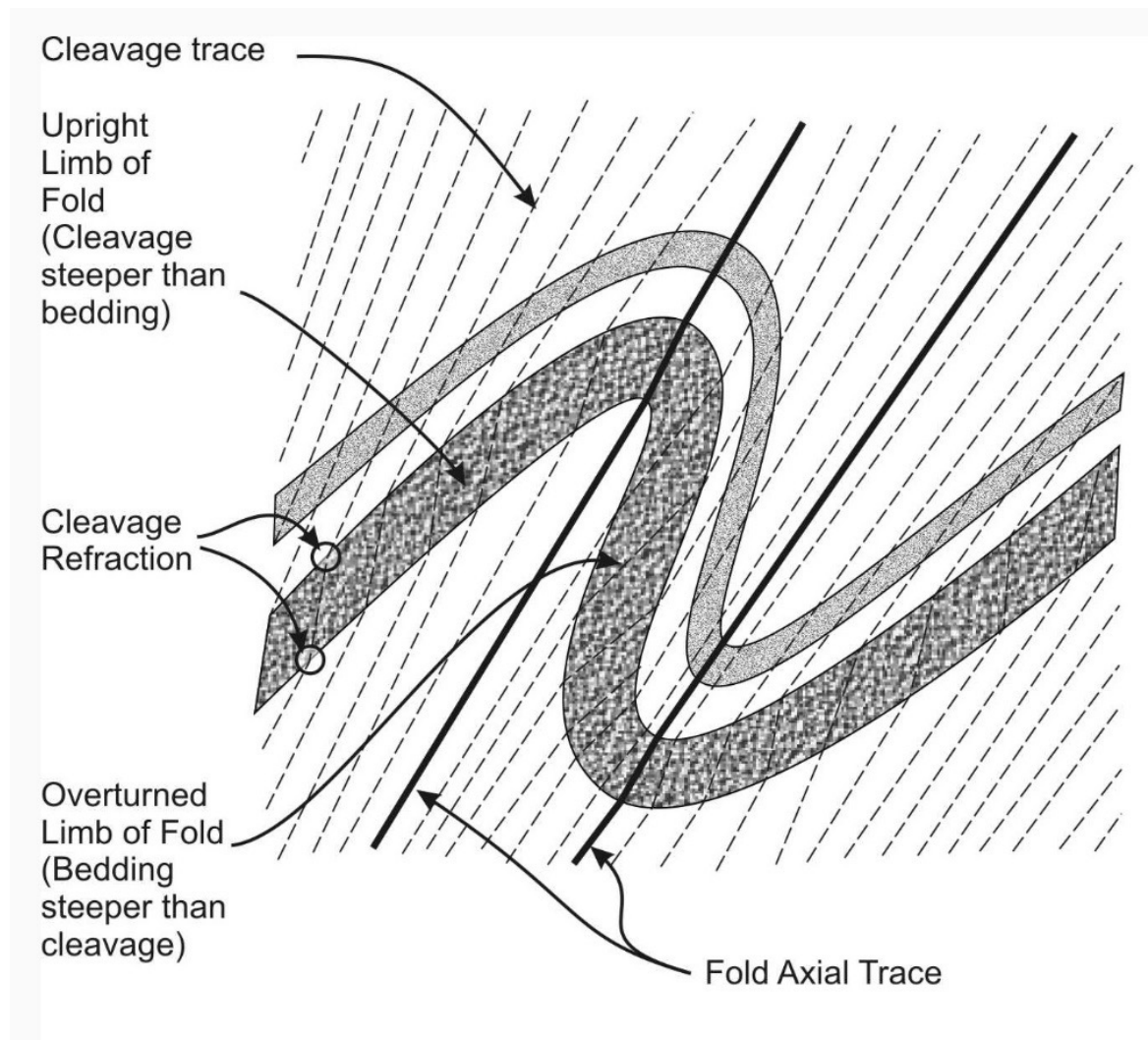
**Linee:** asse di pieghe, lineazioni di intersezione, indicatori cinematici sulle superfici di faglia (es. strie)



# Superfici e linee misurabili sul terreno

**Superfici:** superficie di stratificazione, clivaggio, superficie di piano assiale, superfici di faglia, superfici di frattura

**Linee:** asse di pieghe, lineazioni di intersezione, indicatori cinematici sulle superfici di faglia (es. strie)



# Superfici e linee misurabili sul terreno

**Superfici:** superficie di stratificazione, clivaggio, superficie di piano assiale, superfici di faglia, superfici di frattura

**Linee:** asse di pieghe, lineazioni di intersezione, indicatori cinematici sulle superfici di faglia (es. strie)



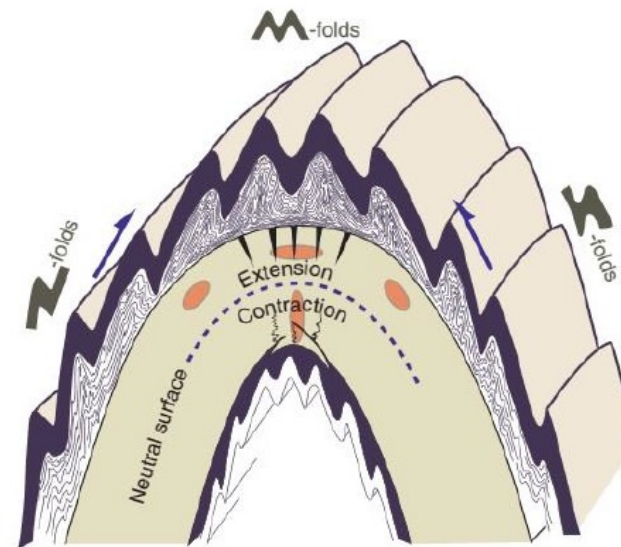
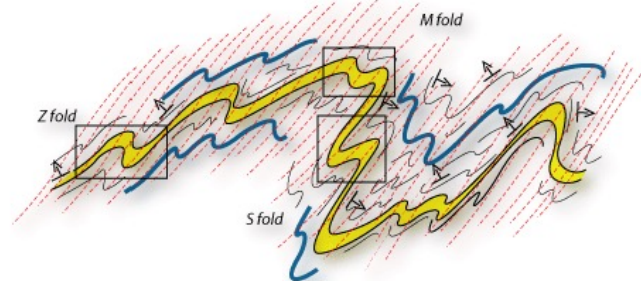
# Superfici e linee misurabili sul terreno

**Superfici:** superficie di stratificazione, clivaggio, superficie di piano assiale, superfici di faglia, superfici di frattura

**Linee:** asse di pieghe, lineazioni di intersezione, indicatori cinematici sulle superfici di faglia (es. strie)



## PIEGHE PARASSITE



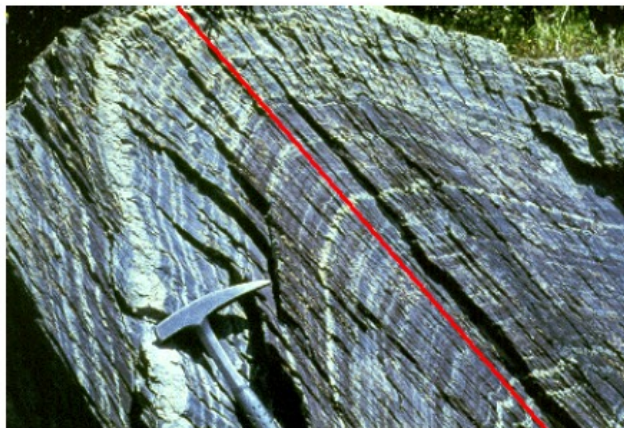
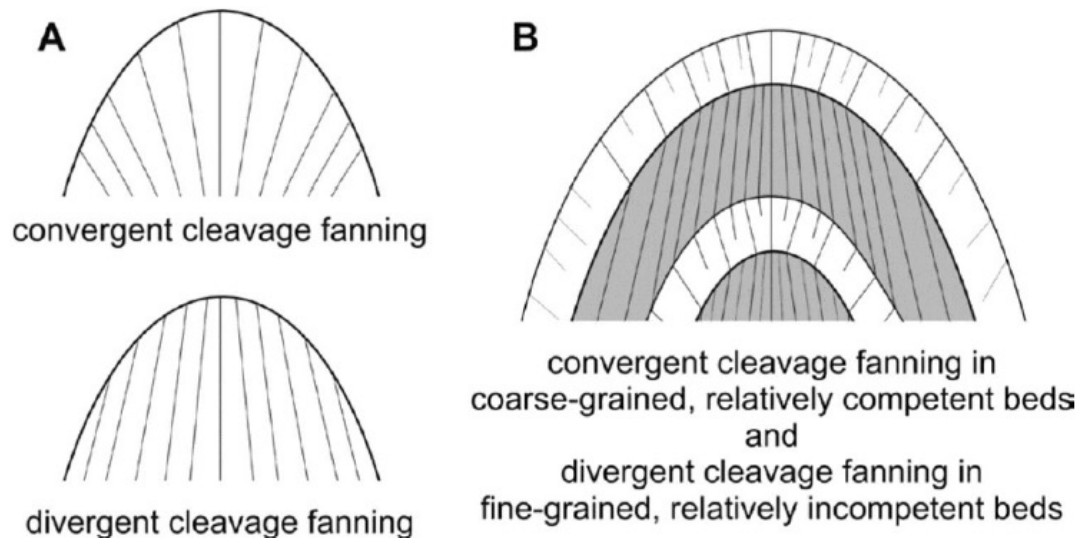


# Superfici e linee misurabili sul terreno

**Superfici:** superficie di stratificazione, clivaggio, superficie di piano assiale, superfici di faglia, superfici di frattura

**Linee:** asse di pieghe, lineazioni di intersezione, indicatori cinematici sulle superfici di faglia (es. strie)

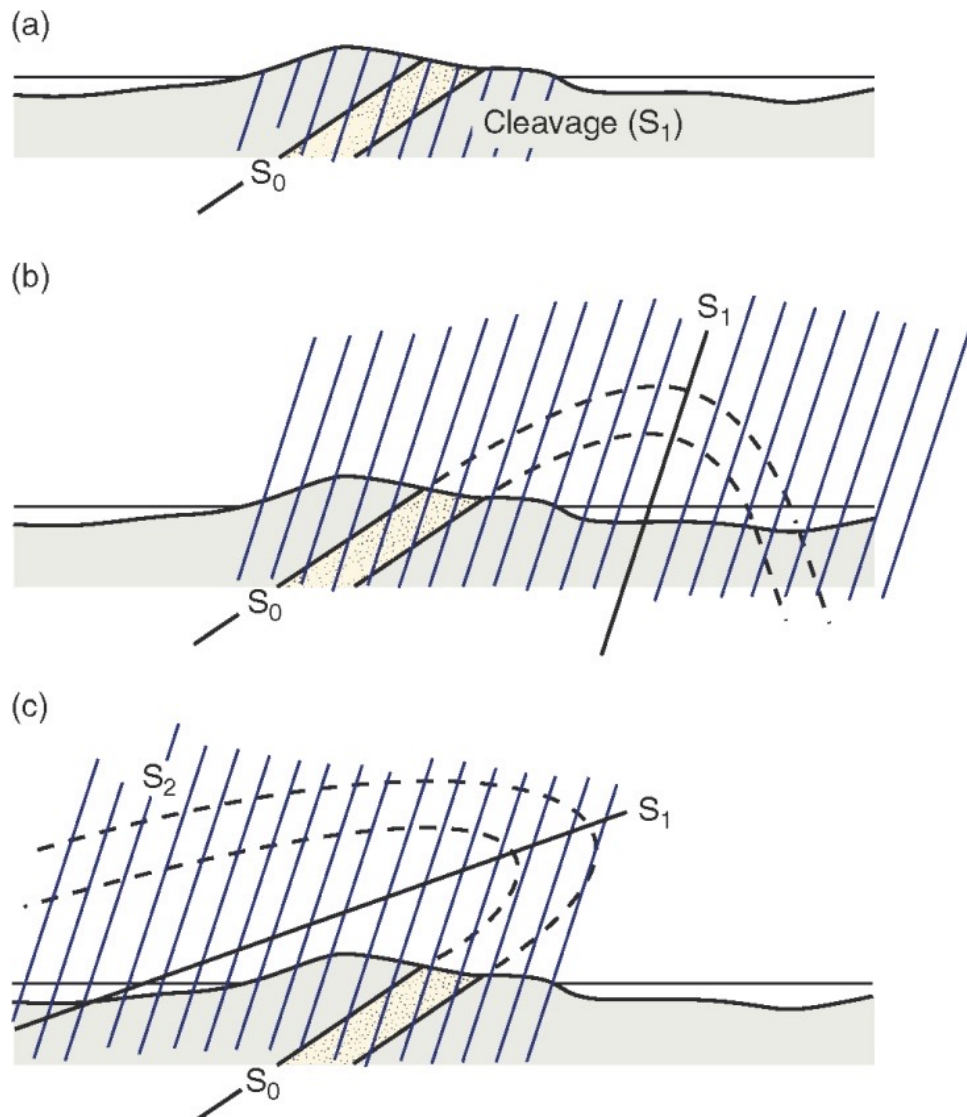
## STRUTTURE FRAGILI: CLIVAGGIO



# Superfici e linee misurabili sul terreno

**Superfici:** superficie di stratificazione, clivaggio, superficie di piano assiale, superfici di faglia, superfici di frattura

**Linee:** asse di pieghe, lineazioni di intersezione, indicatori cinematici sulle superfici di faglia (es. strie)



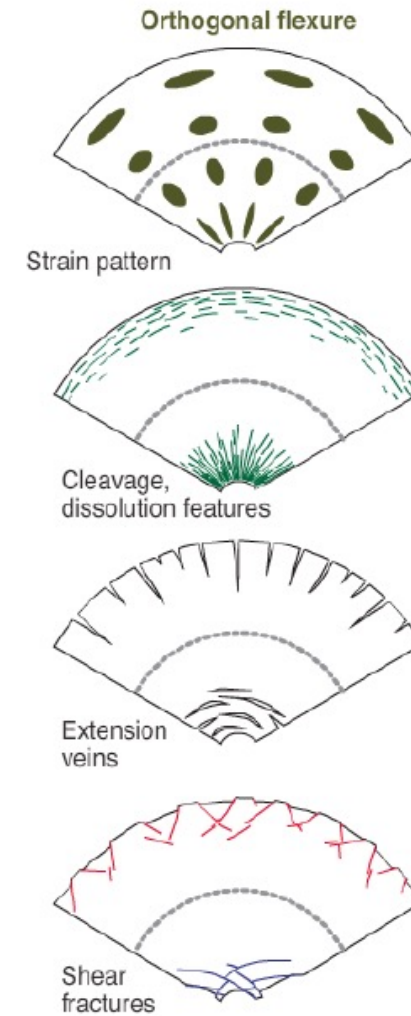
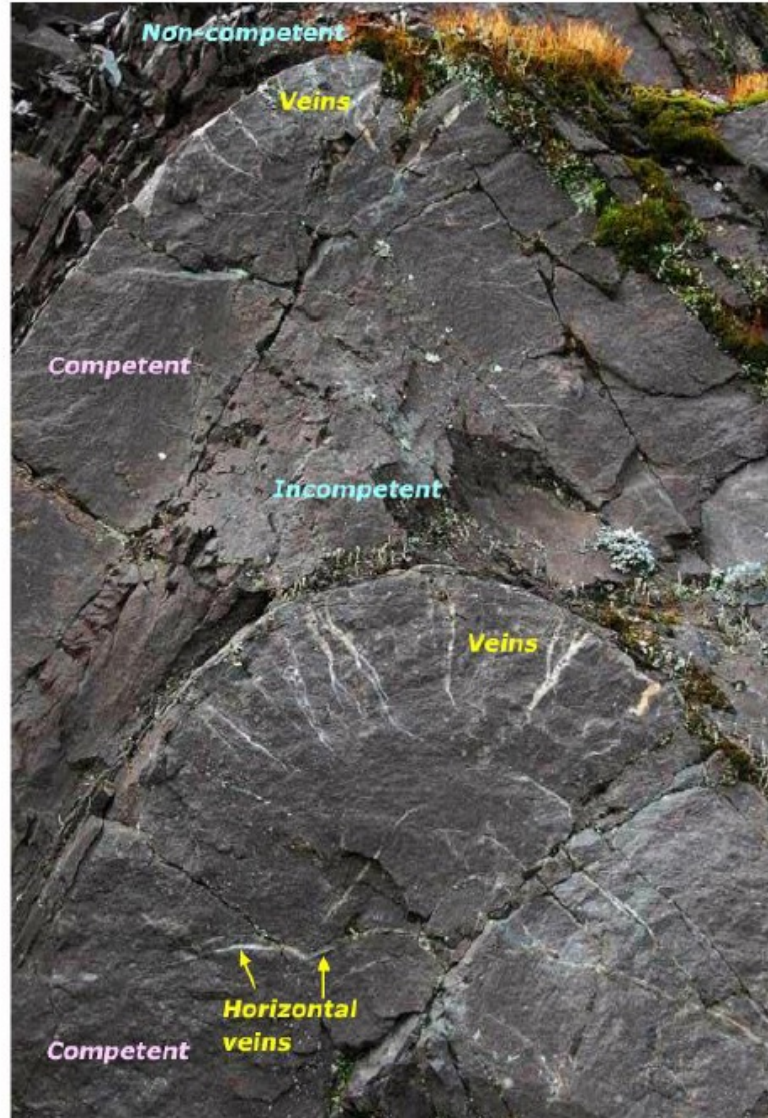
# Superfici e linee misurabili sul terreno

## Lineazioni di intersezione



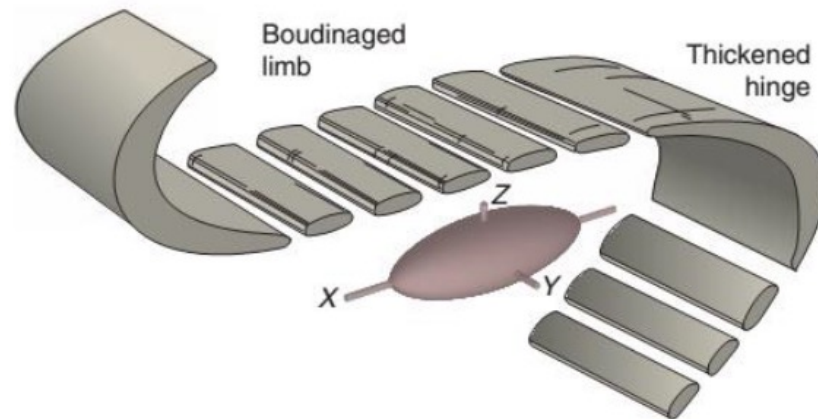
# Superfici e linee misurabili sul terreno

## STRUTTURE FRAGILI: CLIVAGGIO



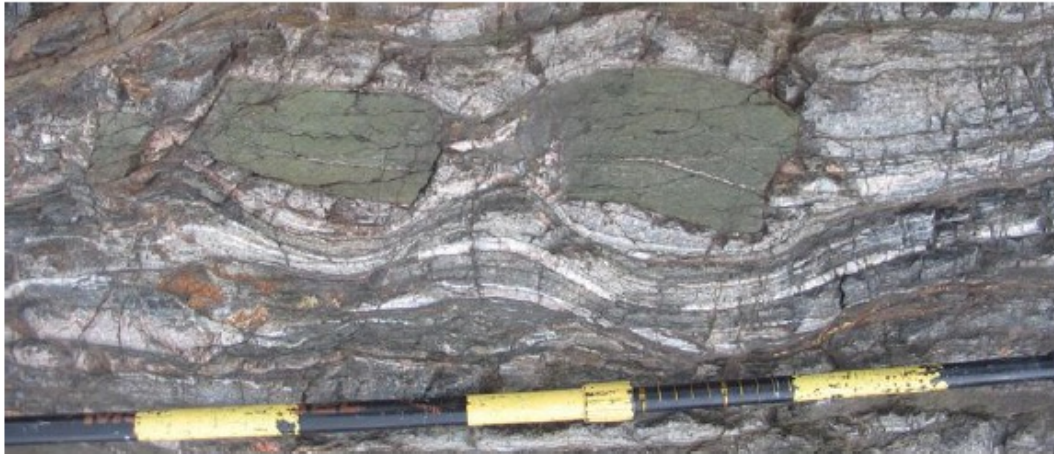
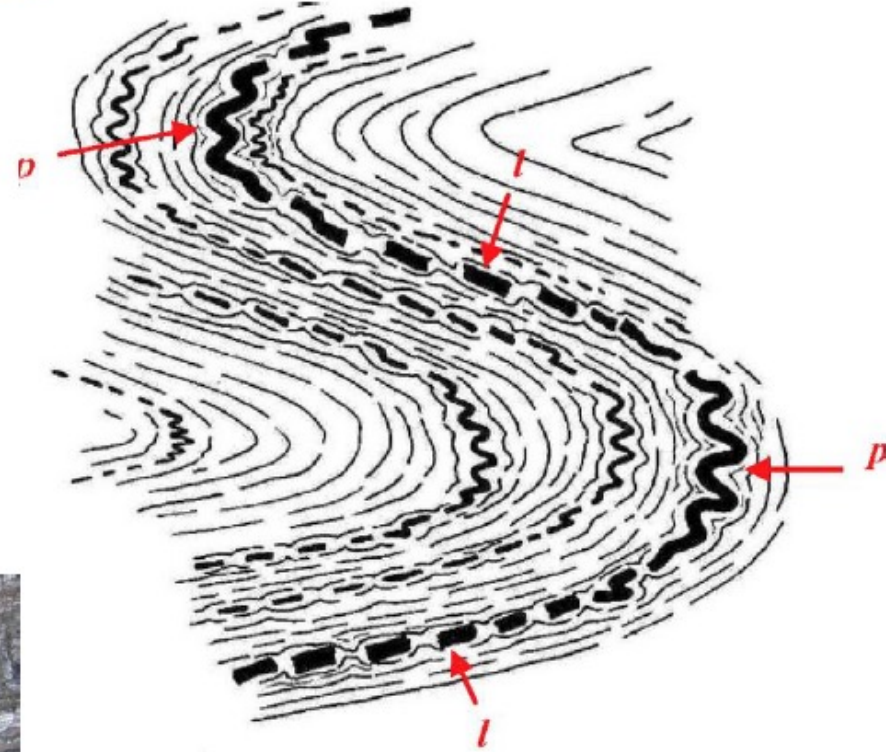
# Superfici e linee misurabili sul terreno

## STRUTTURE FRAGILI: BOUDINS



# Superfici e linee misurabili sul terreno

## Boudins

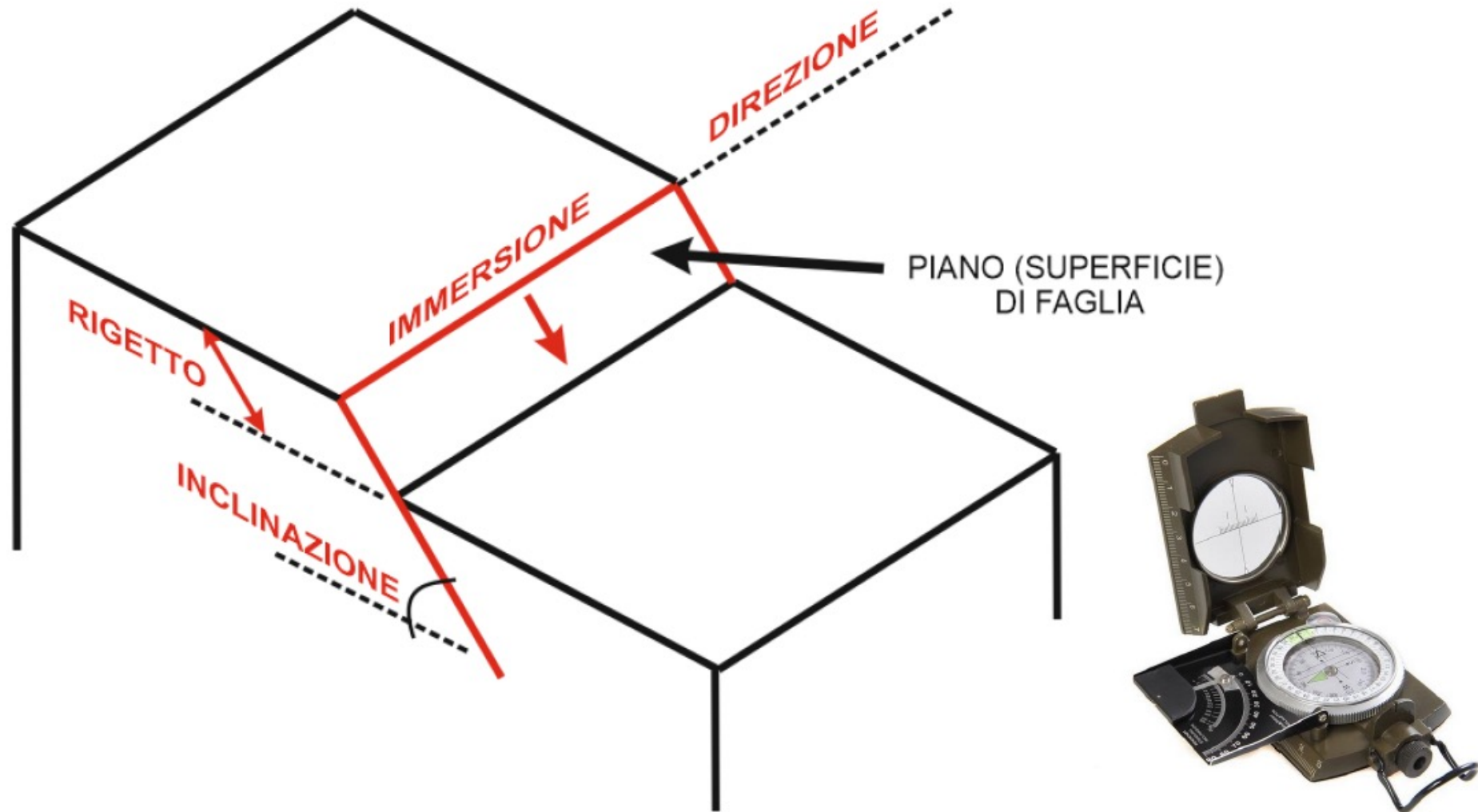


# Superfici e linee misurabili sul terreno

**SECONDO ESERCIZIO:**

**DISEGNARE SUL SISTEMA DI PIEGHE PRECEDENTI IL CLIVAGGIO DI  
PIANO ASSIALE**

# Superfici e linee misurabili sul terreno: FAGLIE





# Superfici e linee misurabili sul terreno

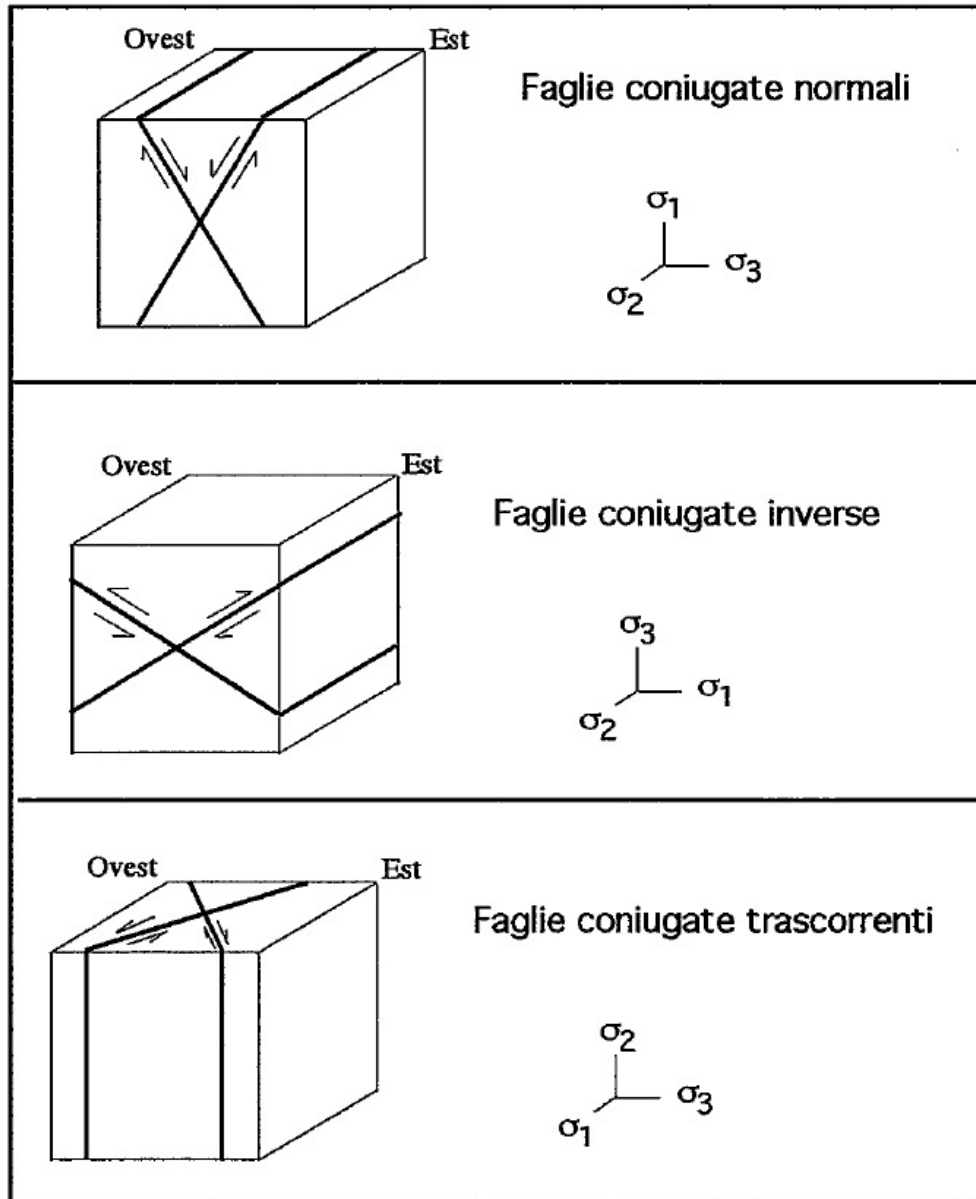


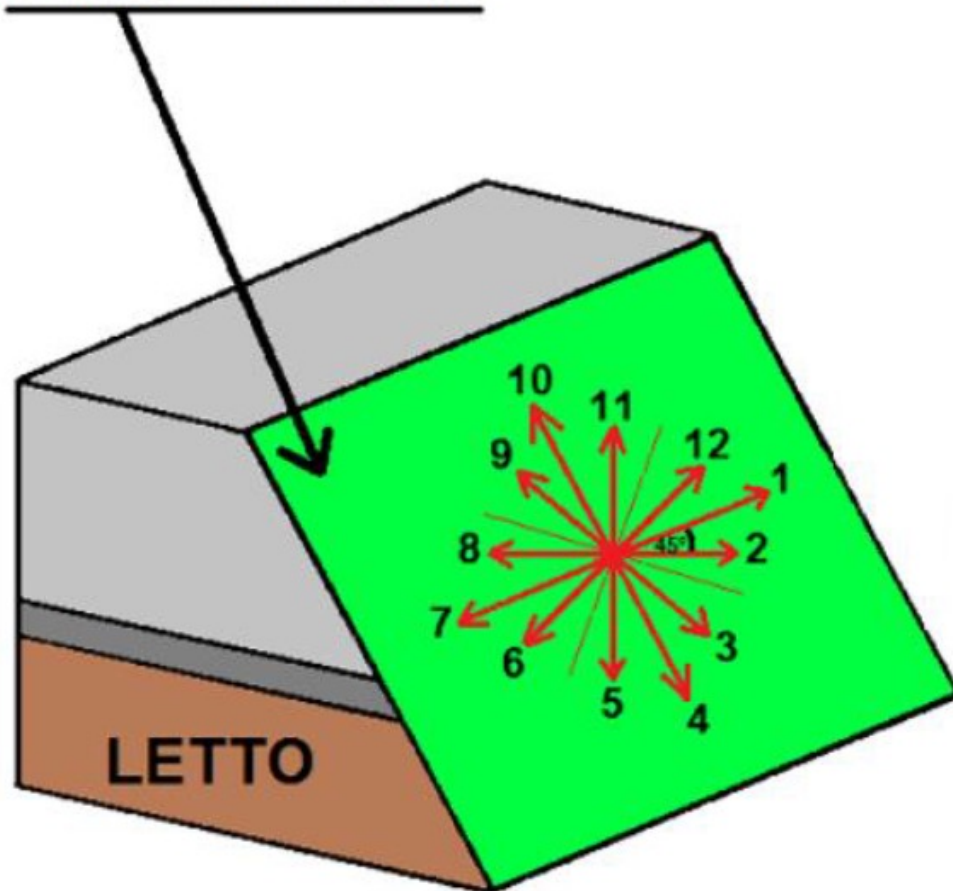
Fig. 16 - Modello di Anderson  
Valido per deformazioni omogenee, irrotazionali

# Superfici e linee misurabili sul terreno



# Superfici e linee misurabili sul terreno

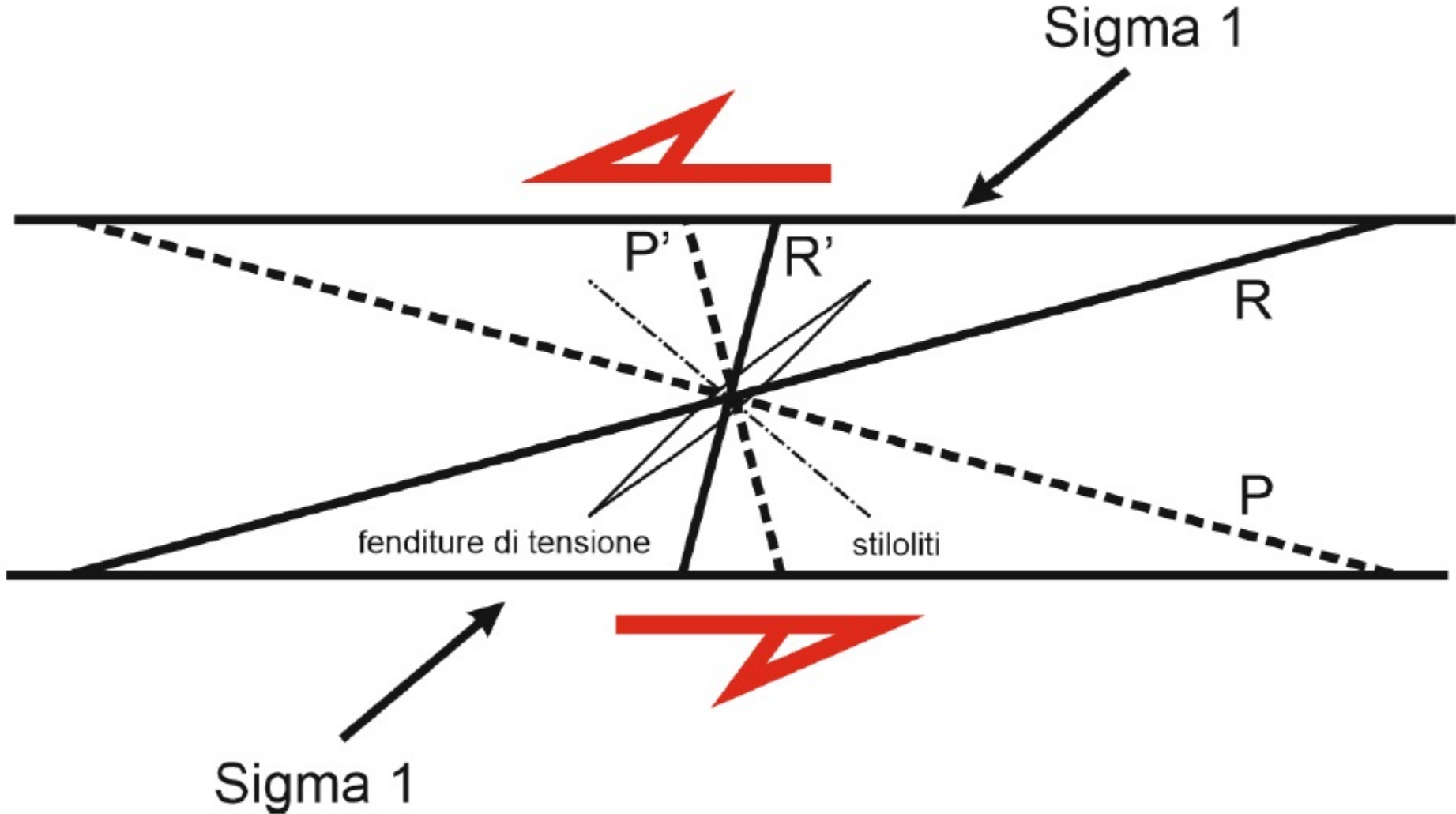
**PIANO DI FAGLIA**



## LEGENDA:

- 1)Trascorrente sinistra
- 2)Trascorrente sinistra-normale
- 3)Normale- trascorrente sinistra
- 4)Normale
- 5)Normale- trascorrente destra
- 6)Trascorrente destra- normale
- 7)Trascorrente destra
- 8)Trascorrente destra- inversa
- 9)Inversa- trascorrente destra
- 10)Inversa
- 11)Inversa- trascorrente sinistra
- 12)Trascorrente sinistra- inversa

# Superfici e linee misurabili sul terreno



# Superfici e linee misurabili sul terreno



# Superfici e linee misurabili sul terreno

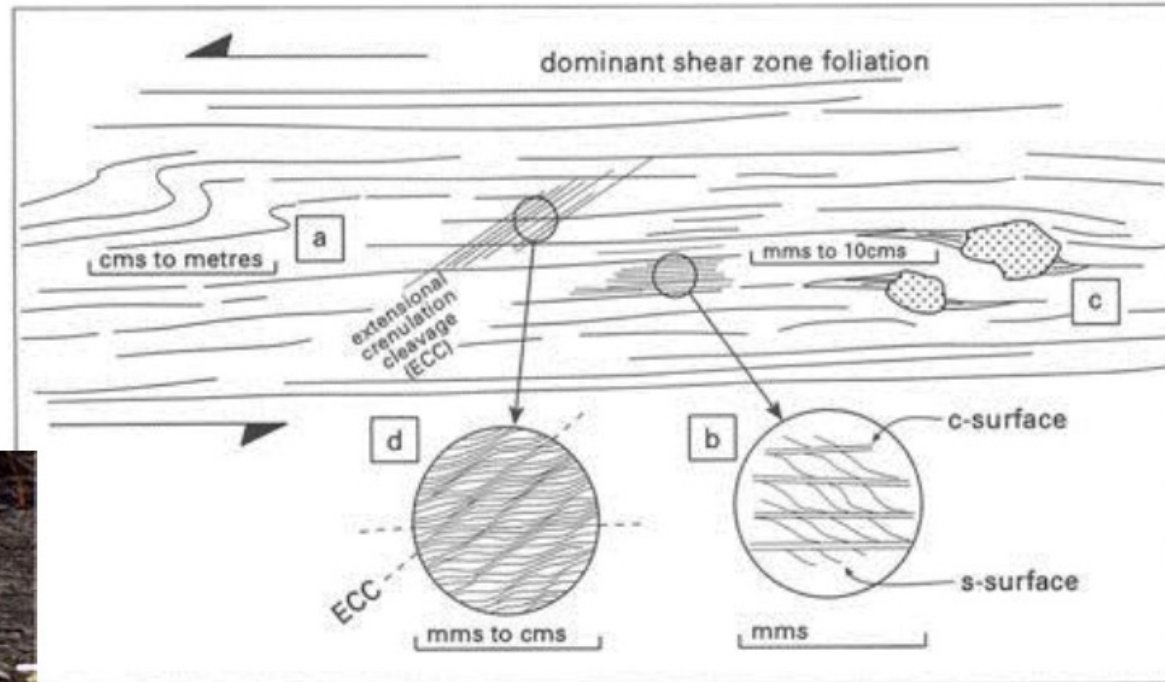


# Superfici e linee misurabili sul terreno



# Superfici e linee misurabili sul terreno

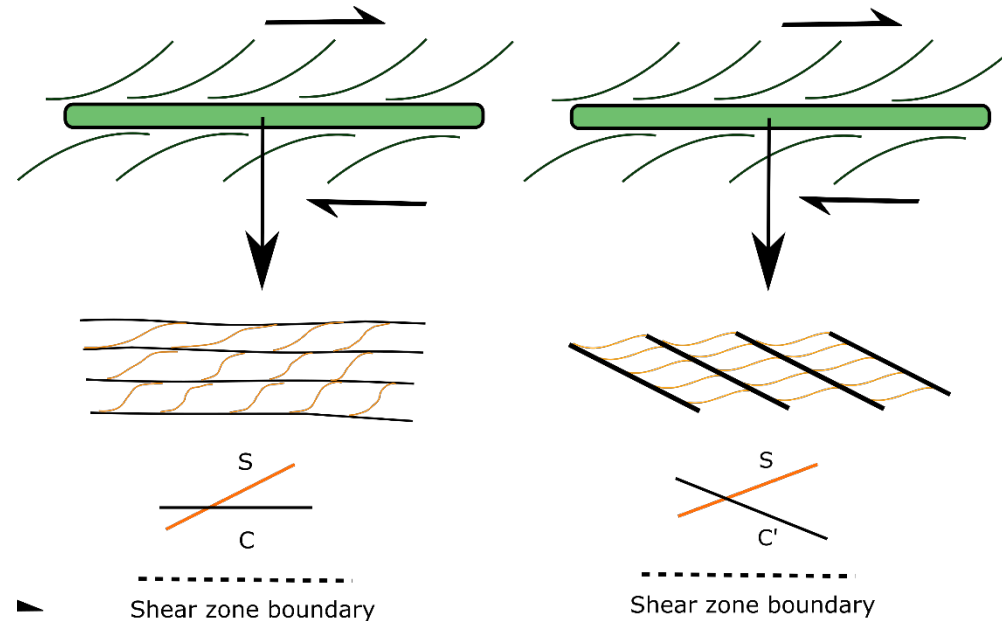
## Zona di taglio fragile duttile





# Superfici e linee misurabili sul terreno

## Zone di taglio fragile/duttile



### Shear Bands

#### C-Type Shear Bands

Preferred orientation of micas or distinct compositional layering (foliation) may be transected at a small, oblique angle by sets of sub-parallel minor shear zones. These small scale shear zones (millimetre to centimetre) are known as shear bands. Foliation is often denoted as S (for schistosity) or “schistosity”) and shear bands as C (French for “cisaillement”). Well foliated mylonitic rocks often feature single sets of C (shear bands) that form at an oblique angle (between 25-45°) to S (schistosity), with the relationship between the two indicating sense of shear. Sigmoidal curvature of shear bands in shear zones serves as the most direct shear sense indicator, however shear bands may form relatively late during the evolution of a shear zone and may only reflect part of the deformation history ([Fossen, 2010](#); [C. W. Passchier & Trouw, 1996](#); [Ramsay, 1980](#))

#### C'-Type Shear Bands

If shear strain is significantly high in a shear zone, the angle between C and S becomes sub-parallel and indiscernible. This forms a composite foliation consisting of rotated S and C surfaces. Simple S-C relationships typically seen in mylonites are also disturbed by heterogeneities in the deforming rock and slip along micaceous elements in the foliation. High strain fabrics result in the formation of C' shear bands oblique to shear zone margins, this second generation of shear bands is only distinguishable from C where their orientations in relation to shear zone boundaries is known ([Fossen, 2010](#); [Ji et al., 2004](#)) ([Hanmer & Passchier, 1991](#); [Platt, 1984](#))

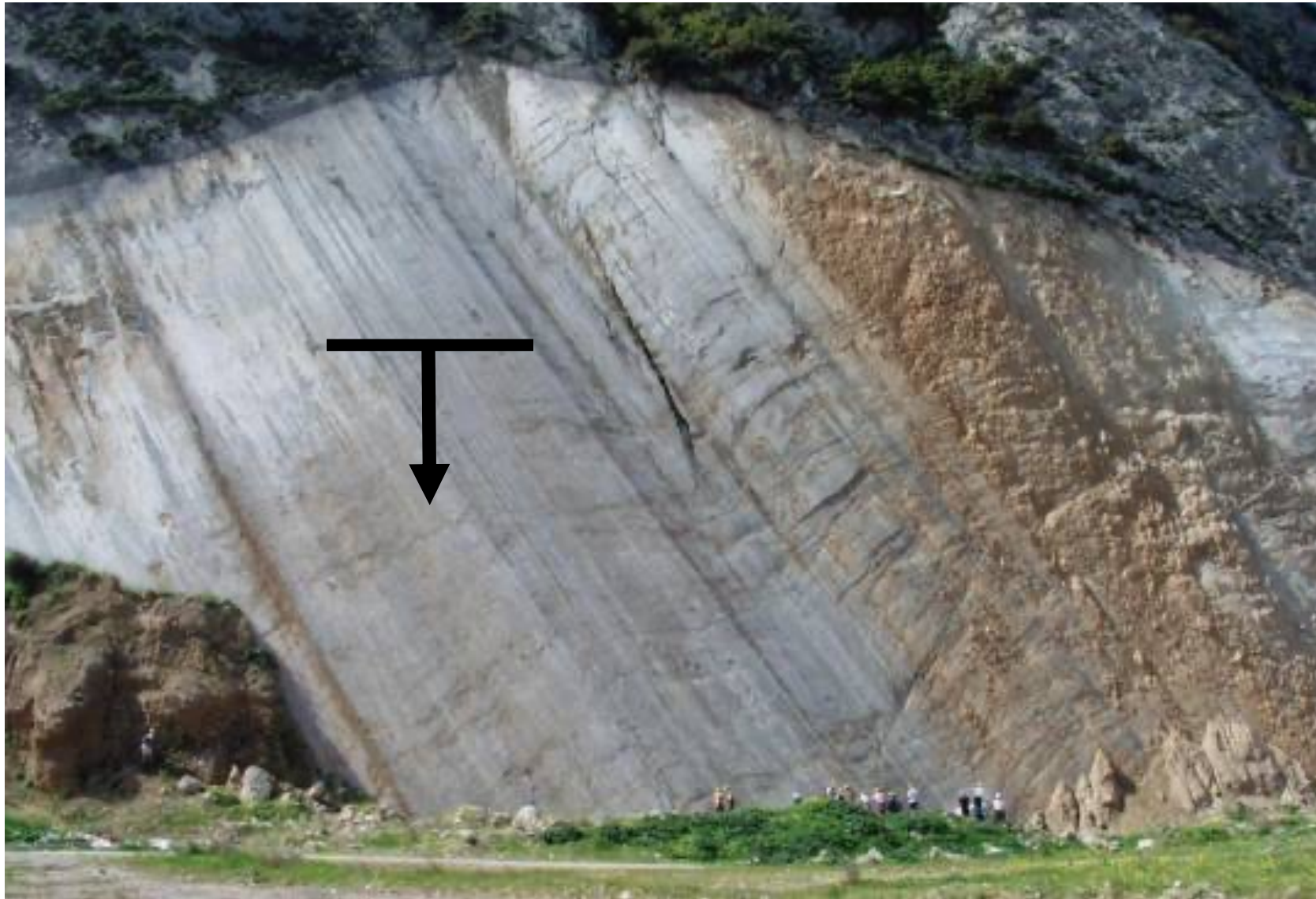
# Superfici e linee misurabili sul terreno

Faglie e indicatori cinematici



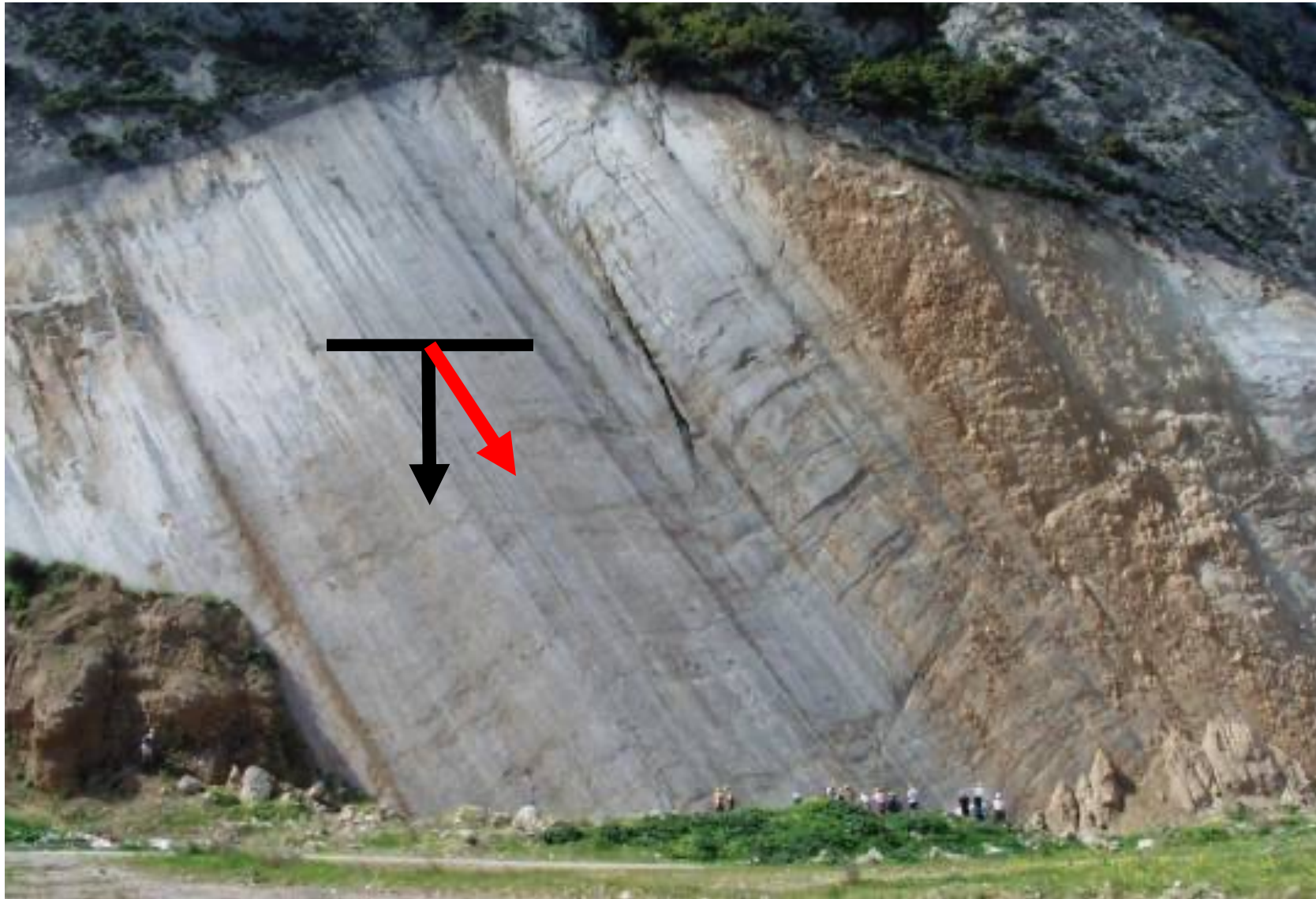
# Superfici e linee misurabili sul terreno

Faglie e indicatori cinematici



# Superfici e linee misurabili sul terreno

Faglie e indicatori cinematici



# Tettoniti e tettoglifi

## GRADINI



GRAZIE PER L'ATTENZIONE