

Docente
Prof. Aldino Bondesan

Geomorfologia strutturale

Forme strutturali



Geomorfologia strutturale

Argomenti trattati in questa lezione:

- Definizione di geomorfologia strutturale
- Rilievi monoclinali
- Hogback e cuestas
- Tettonica
- Scarpate di faglia
- Rilievi giurassici e appalachiani
- Neoettonica

Premessa

La geomorfologia strutturale studia le diverse relazioni che intercorrono tra **struttura e rilievo**.

Struttura geologica: si intende

- la litologia
- le condizioni giaciture (rapporti di posizione tra le masse rocciose, direzione e inclinazione degli strati, dei piani di scistosità)
- tettonica: pieghe, fratturazione, sistemi di debolezza, ecc.

I fattori strutturali guidano i processi erosivi

Forme strutturali & forme tettoniche

Forme strutturali (o forme strutturali derivate): forme influenzate dalla struttura geologica in senso passivo. Sono modellate dai processi esogeni che agiscono in modo diverso a seconda della struttura geologica.

Forme tettoniche: forme causate direttamente da movimenti tettonici, cioè influenzate in senso attivo dalla struttura geologica. Sono forme prevalentemente endogene

Morfotettonica: comprende i fenomeni che implicano relazioni tra tettonica e rilievo

Morfostrutture e morfosculture

Secondo la scuola russa (ripresa anche in Italia), si distinguono:

- **Morfostrutture**: elementi del rilievo con predominanti fattori endogeni (e con il contributo degli agenti esogeni);
- **Morfosculture**: elementi del rilievo con predominanti fenomeni esogeni

Erosione selettiva o differenziale

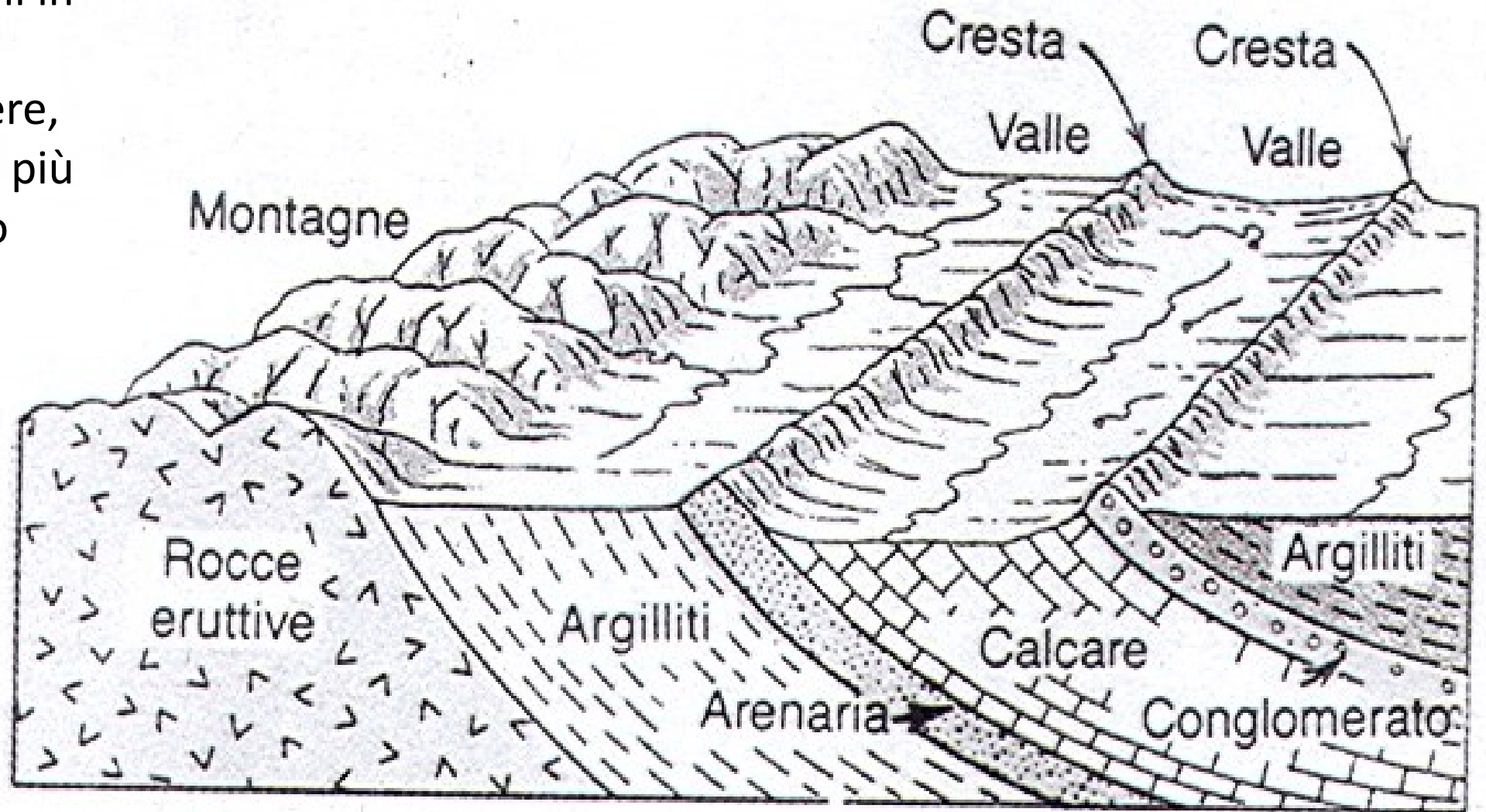
Le rocce tenere sono erose maggiormente rispetto alle rocce dure.

La resistenza all'erosione va considerata in termini relativi.

Le differenze possono riguardare la petrografia, fratturazione, cementazione, stratificazione ecc.

Rocce identiche, ma in ambiente diverso, possono essere considerate “dure” o “tenere”.

L'erosione scava
delle depressioni in
corrispondenza
delle rocce tenere,
mentre le rocce più
resistenti danno
luogo a creste a
rilievi



Erosione selettiva

+ resistente

-resistente
fratturato

-resistente
alterazione

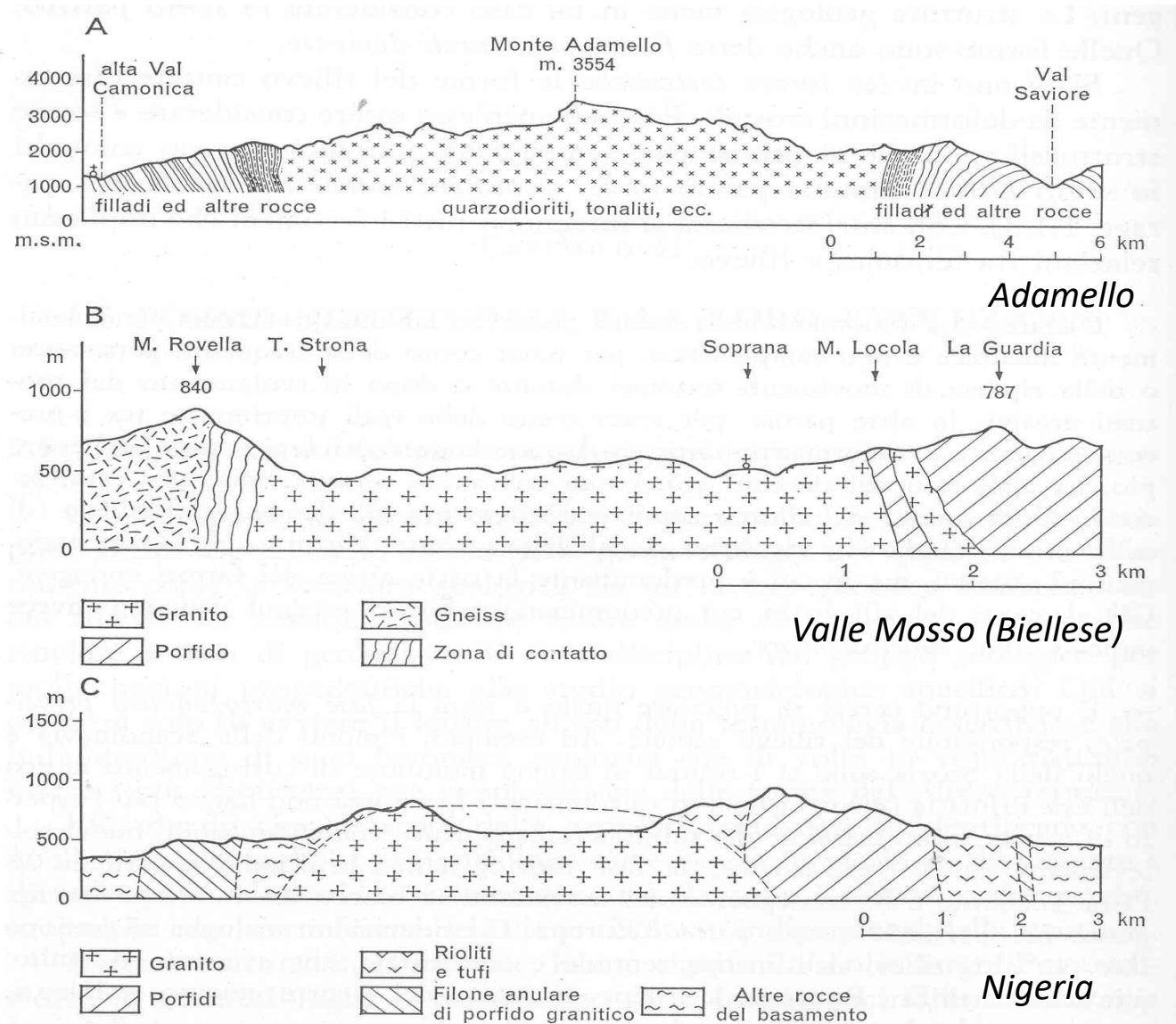
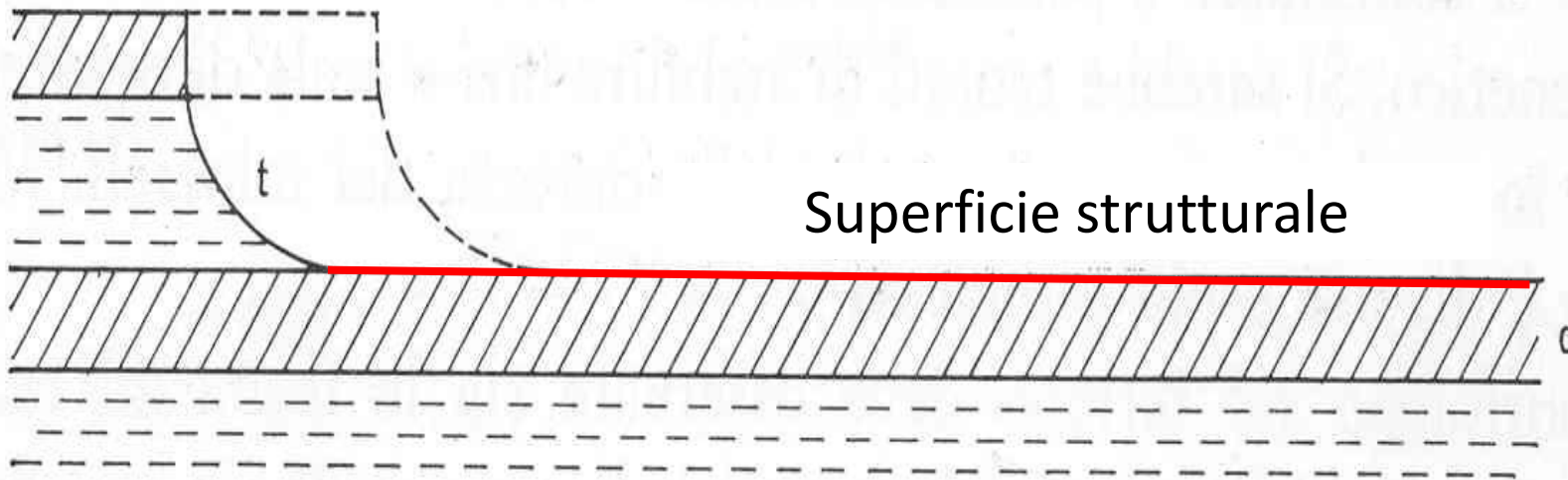


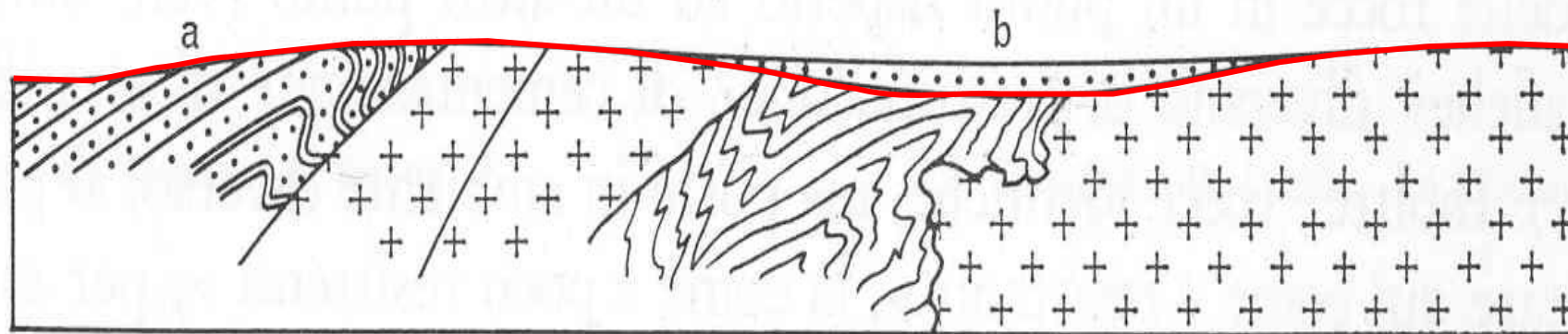
Fig. 2.1. Rilievi d'erosione su rocce granitiche, in ambienti diversi.



Superficie strutturale

Coincide col piano stratigrafico superiore di un banco di roccia resistente

Superficie di spianamento



Superficie pianeggiante formata dall'erosione di rilievi precedenti e che tronca rocce e strutture differenti (occorre molto tempo)

Se si hanno residui delle rocce tenere soprastanti o intaccamento della roccia dura si parla di : SUPERFICIE SUBSTRUTTURALE



Superfici strutturali



Superficie strutturale

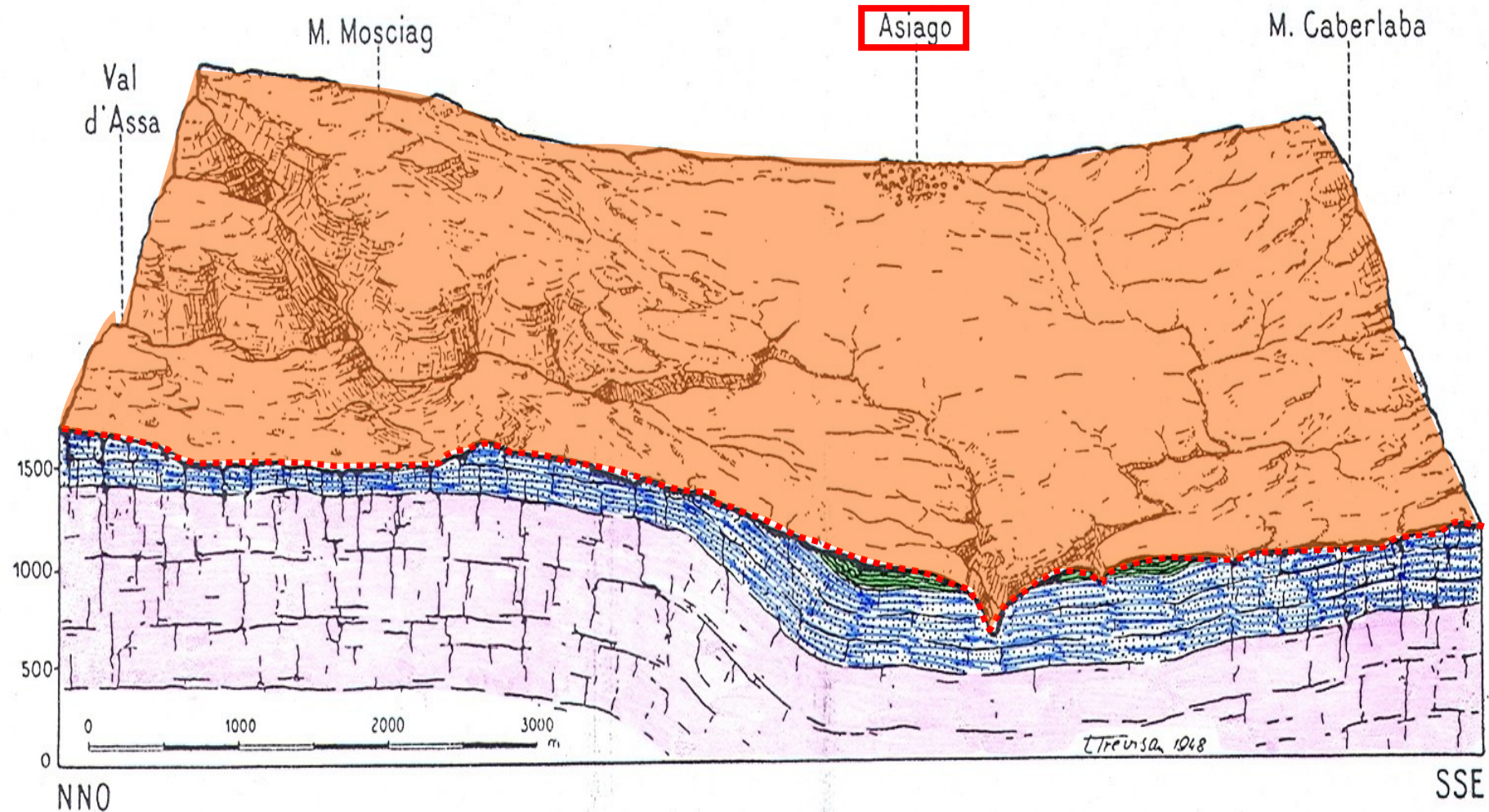


Fig. 1 - Stereogramma corrispondente a gran parte della metà orientale del quadro 3. (Altipiano dei Sette Comuni). Nella sezione in primo piano sono figurati i tre grandi complessi rocciosi che formano l'ossatura dell'altipiano: dal basso in alto: *dolomia* del Trias superiore; calcari bianchi, grigi, rosei e rossi del Giurese; calcari lastriformi, talora con liste di selce e interstrati argillosi (biancone) del Cretaceo inferiore.

(MARINELLI O., 1948)

Superficie
strutturale



Superficie
strutturale



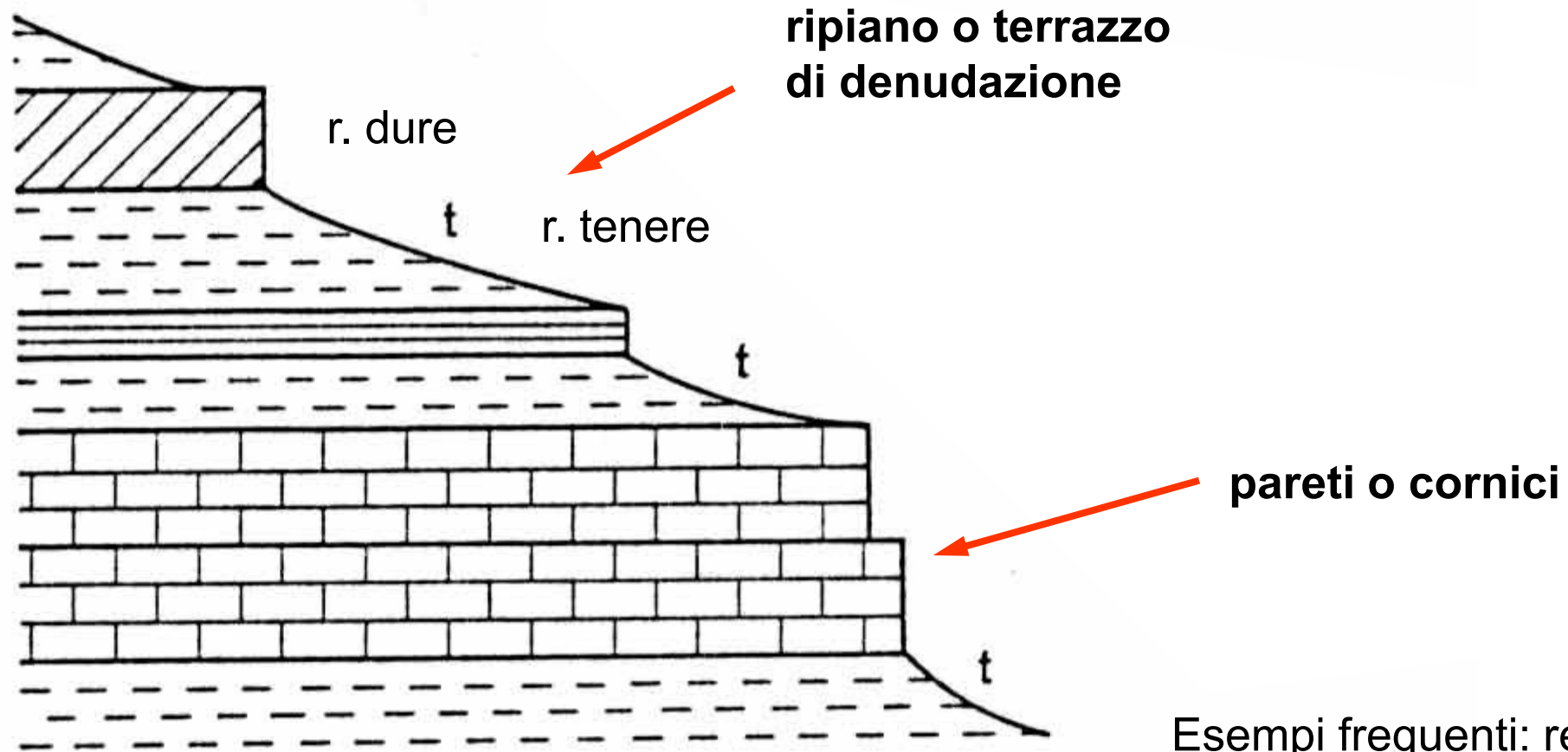
Discordanza angolare

Arenarie triassiche
su scisti carboniferi
Praia do Telheiro
(Vila do Bispo).
Foto João Moedas
Duarte.



Forme in rocce stratificate
(giacitura piano-parallela orizzontale)

Versanti a gradinata o a gradoni



Esempi frequenti: regione dolomitica



Parete o cornice

Ripiano di denudazione

Parete o cornice

Ripiano di denudazione

Parete o cornice

Ripiano di denudazione

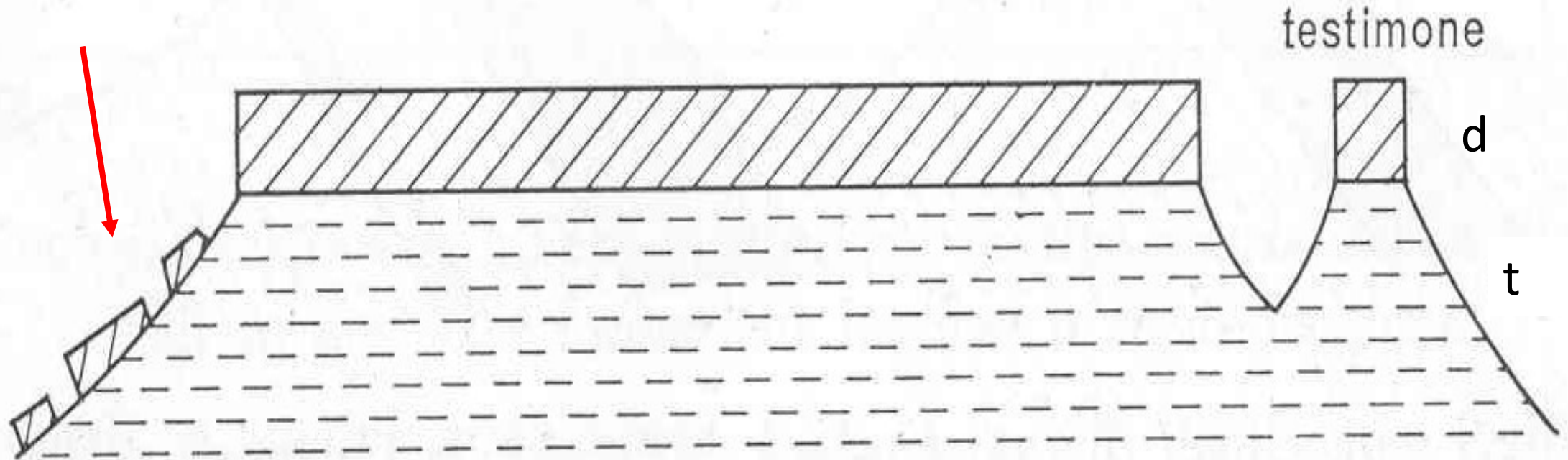
Scala dei Turchi



Rilievo tabulare o mesa

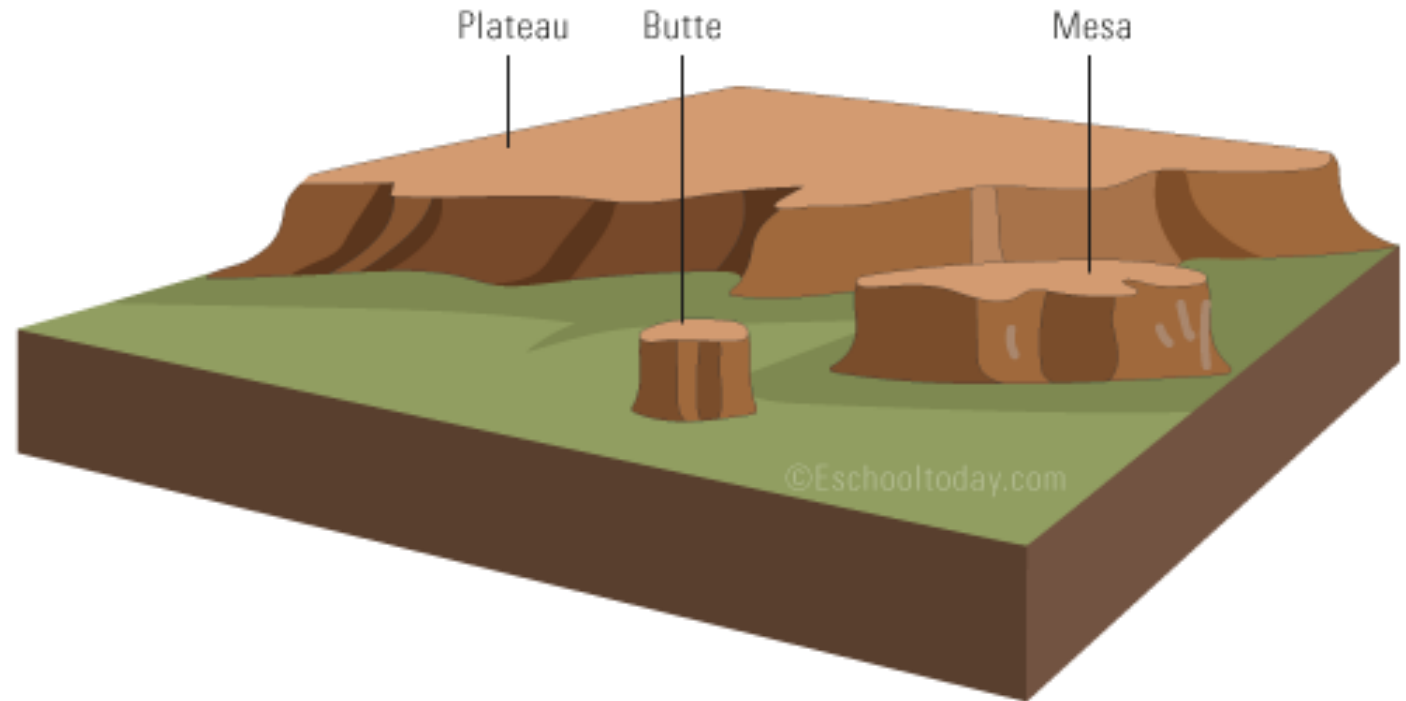
t = rocce tenere
d = rocce dure

Frane: fenomeni di
lateral spread
(espansione laterale)

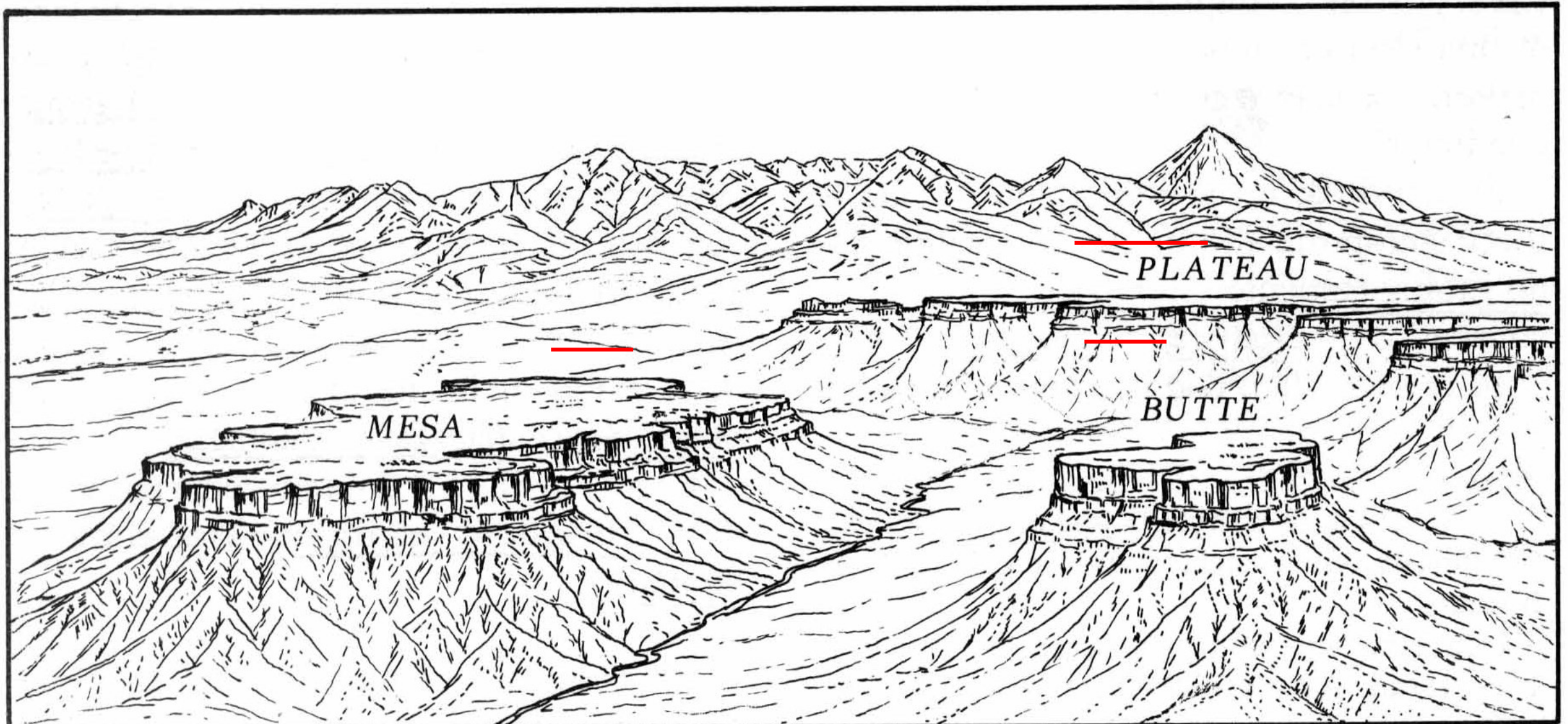


Rilievi tabulari (tavolati o mesas)

- Plateau (10 km)
- Mesa (1 km)
- Butte (100 m)
- Pinnacle o testimone (10 m)



Rilievi tabulari





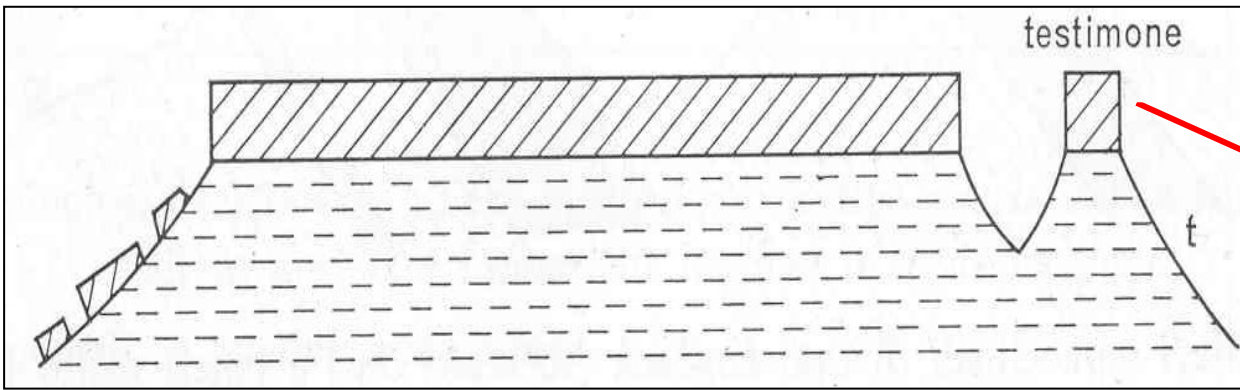
Rilievi tabulari

Mesa



Butte





Rilievo testimone





Oasi di El Qara

Depressione di El Qattara, Egitto



Butte

Qaret El Himeimat – El Alamein (Egitto)

Arretramento per sottoescavazione dello strato duro

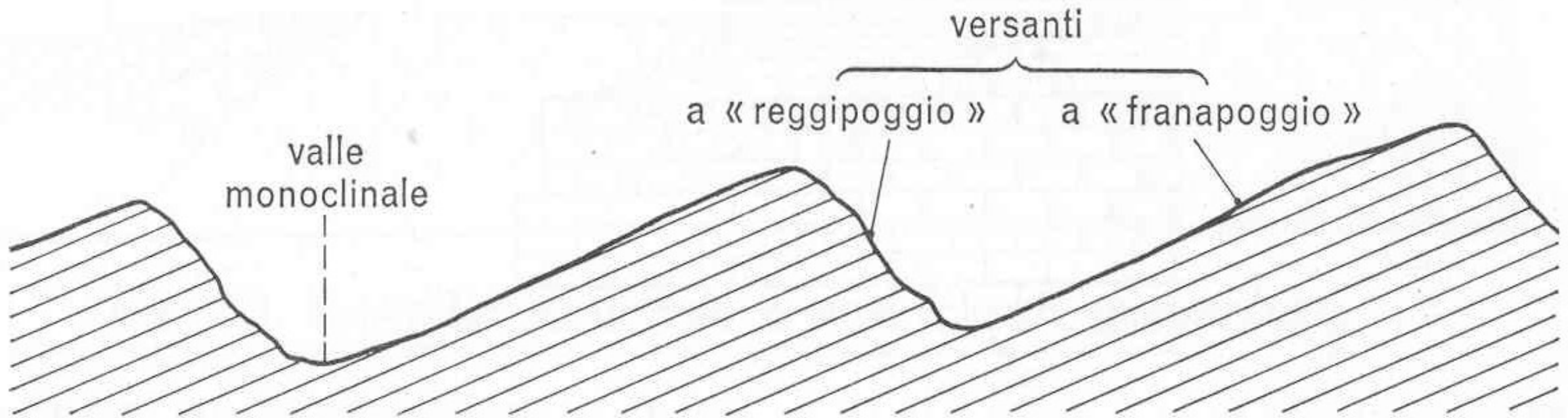




Rilievi tabulari con erosione a spese dello strati teneri

Rilievi monoclinali (o omoclinali)

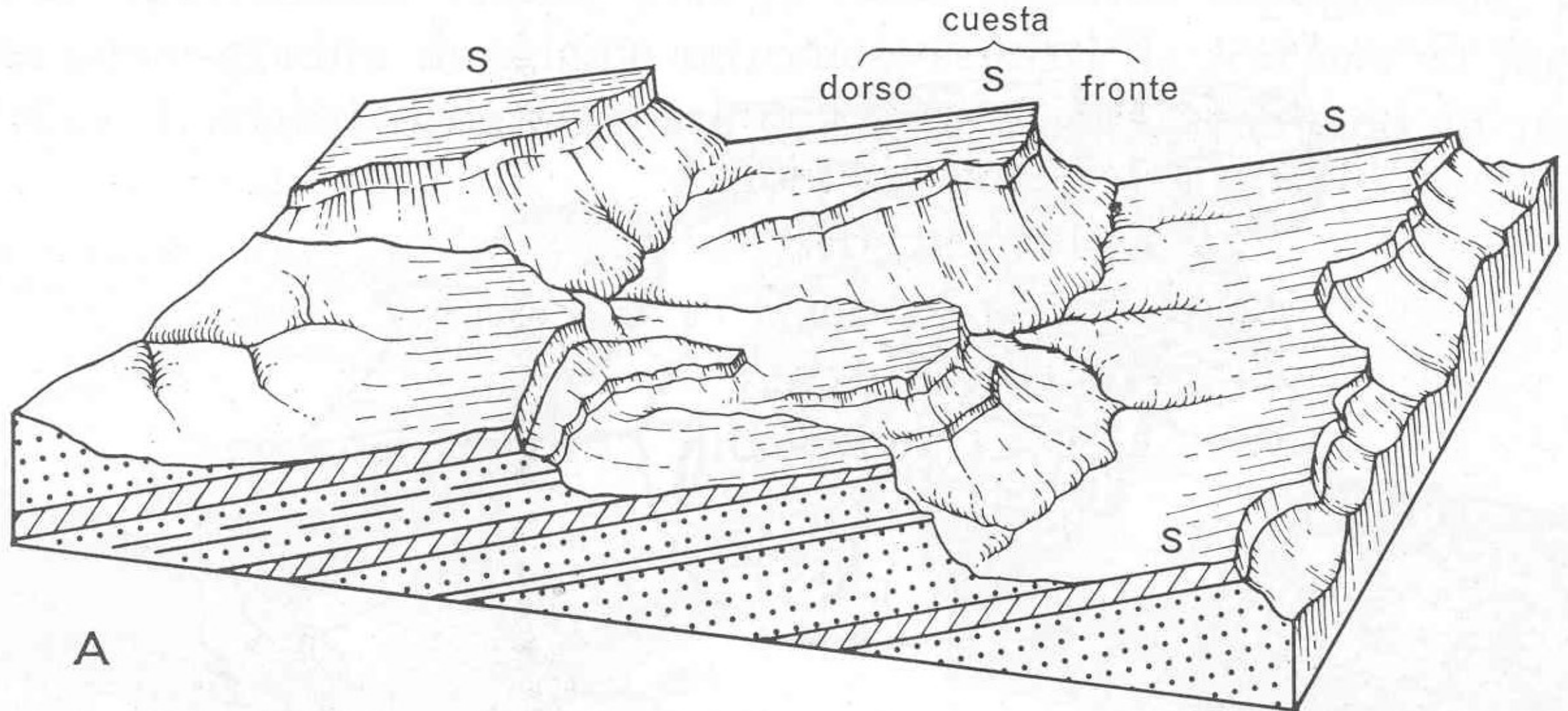
Rilievi monoclinali



2.6. Asimmetria strutturale delle valli e dei rilievi « monoclinali » (strati inclinati).

Cuesta

Inclinazione degli strati < 10-15°



Hogback

se gli strati sono verticali si usa il termine: RAZORBACK

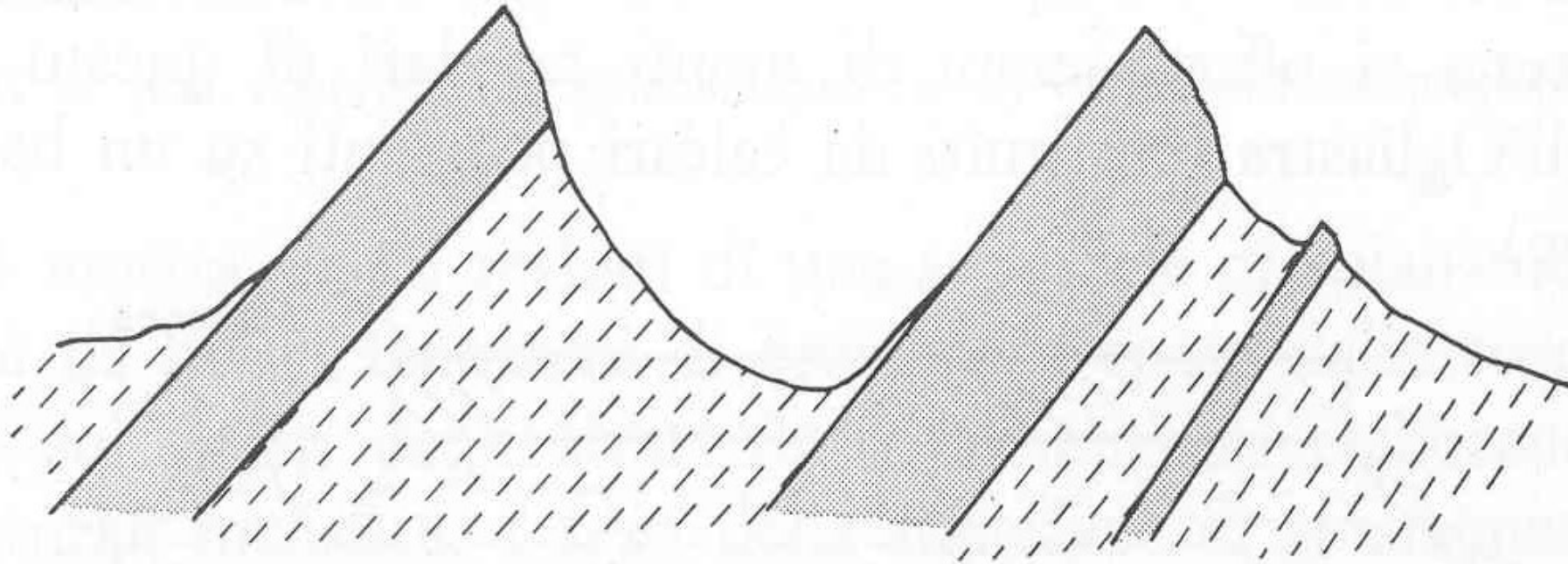
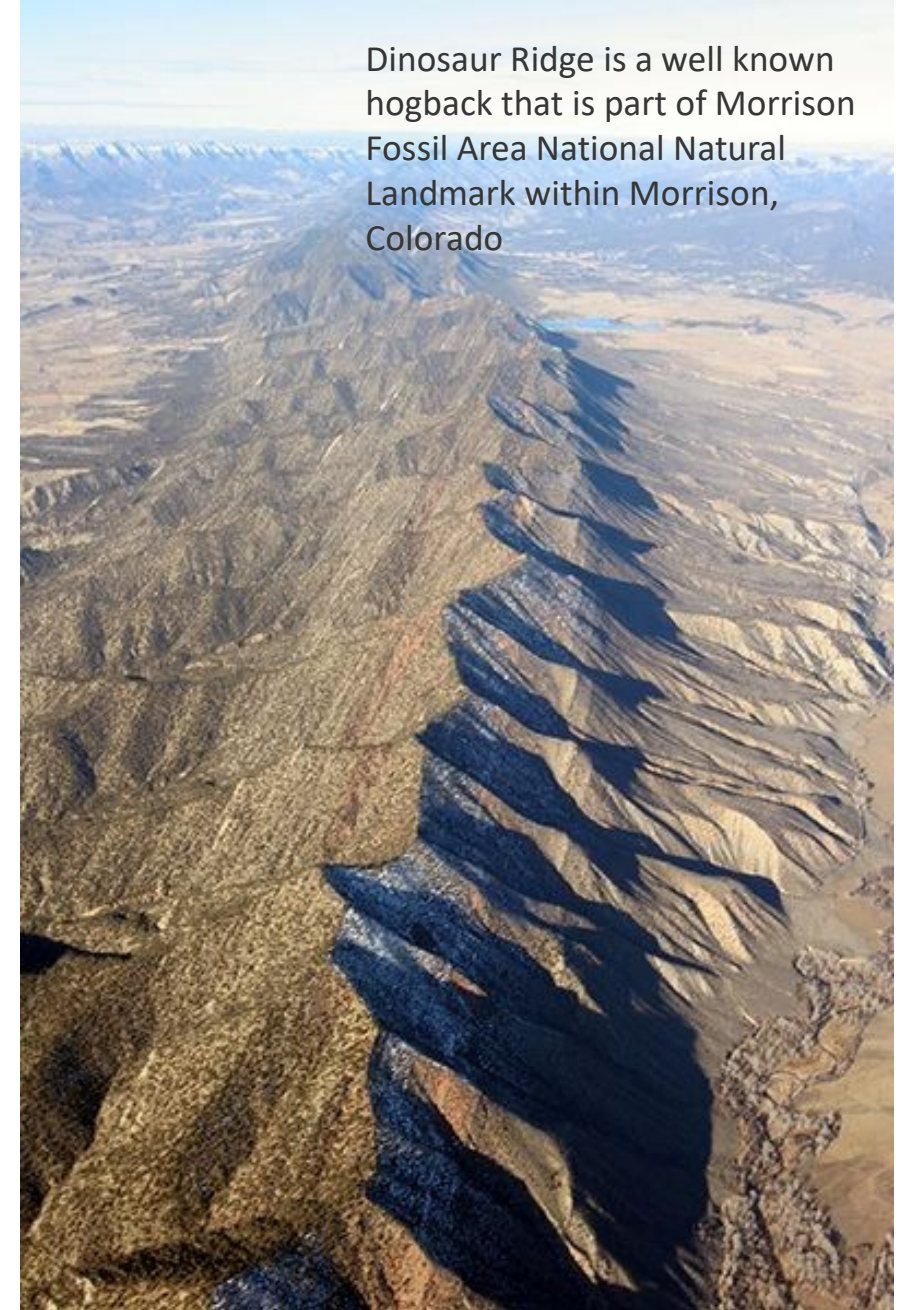


fig. 2.7. Rilievi monoclinali di tipo *hogback* (su strati duri e teneri molto inclinati).

Hogback



Hogback - Mojave Desert south of Blythe, CA



Dinosaur Ridge is a well known hogback that is part of Morrison Fossil Area National Natural Landmark within Morrison, Colorado



Hogback- Belucistan

Strutture
tabulari e
monoclinali

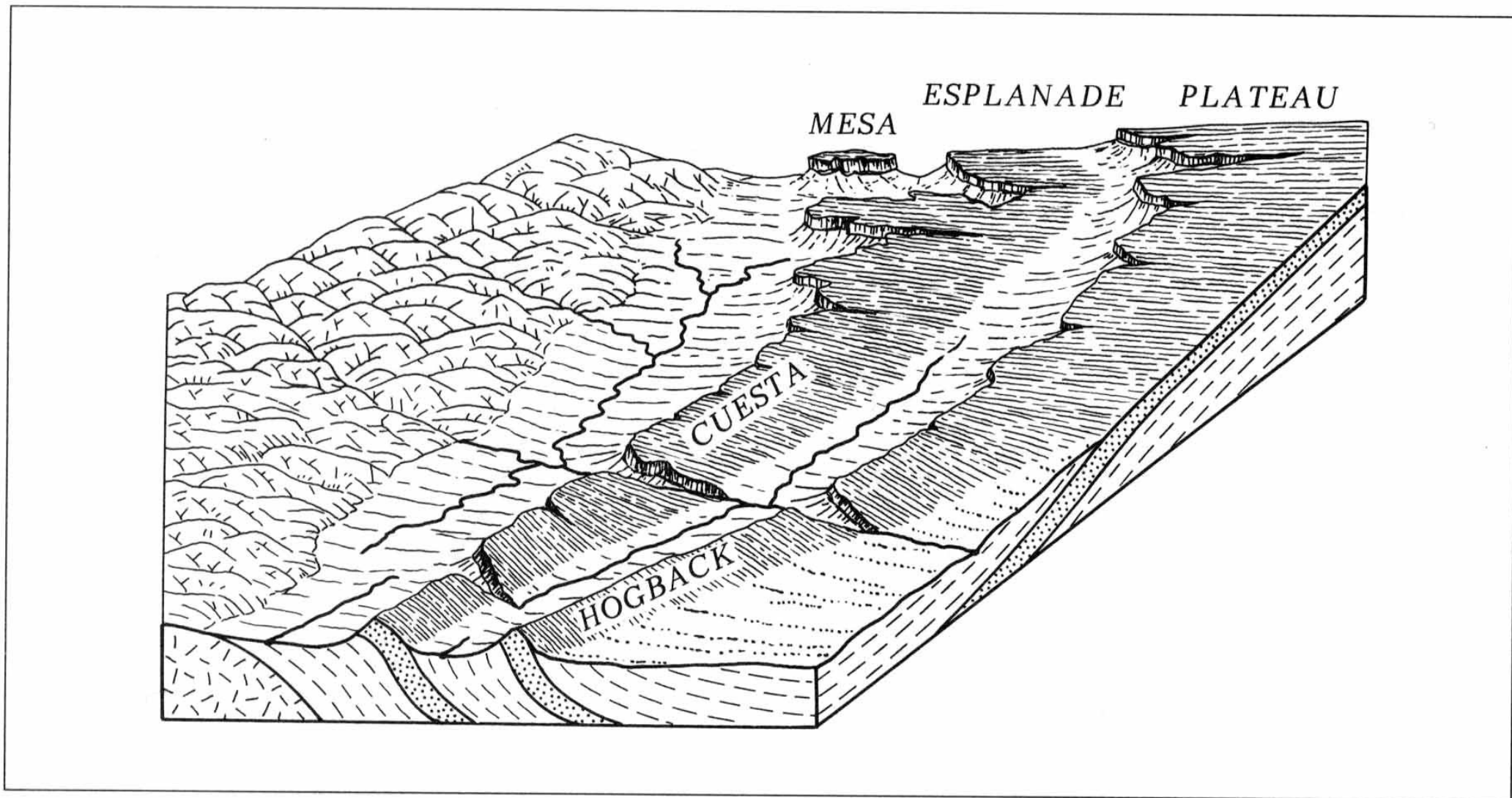


Figura 5.2.1. Principali forme strutturali impostate su una struttura tabulare che passa lateralmente ad una struttura monoclinale. La valle interposta fra le due dorsali omoclinali è detta, (vedi nel testo), valle omoclinale (da Strahler, ridisegnato).

Bevelled cuestas o bevels

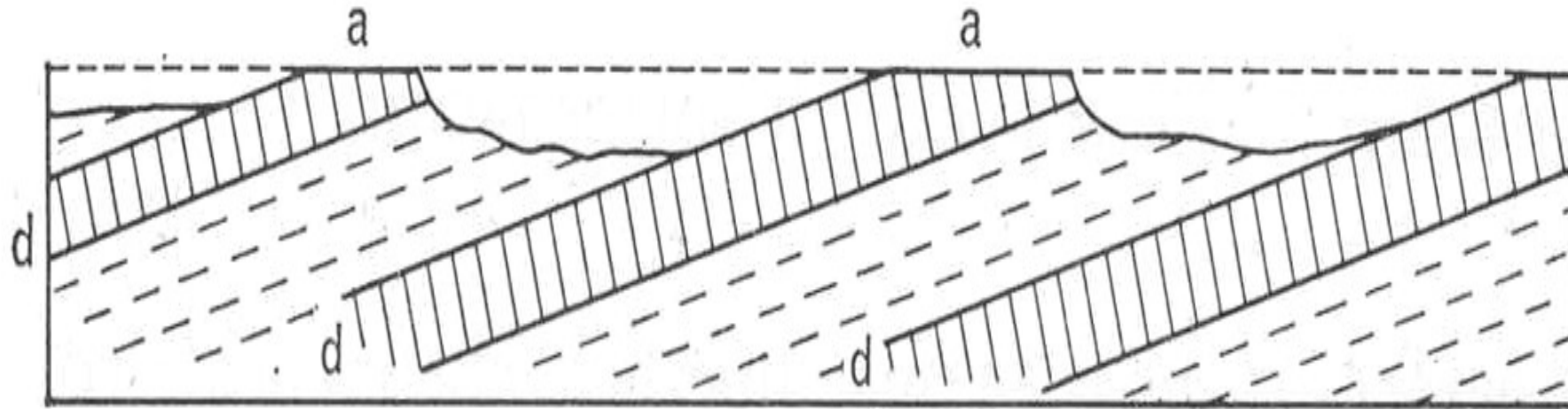
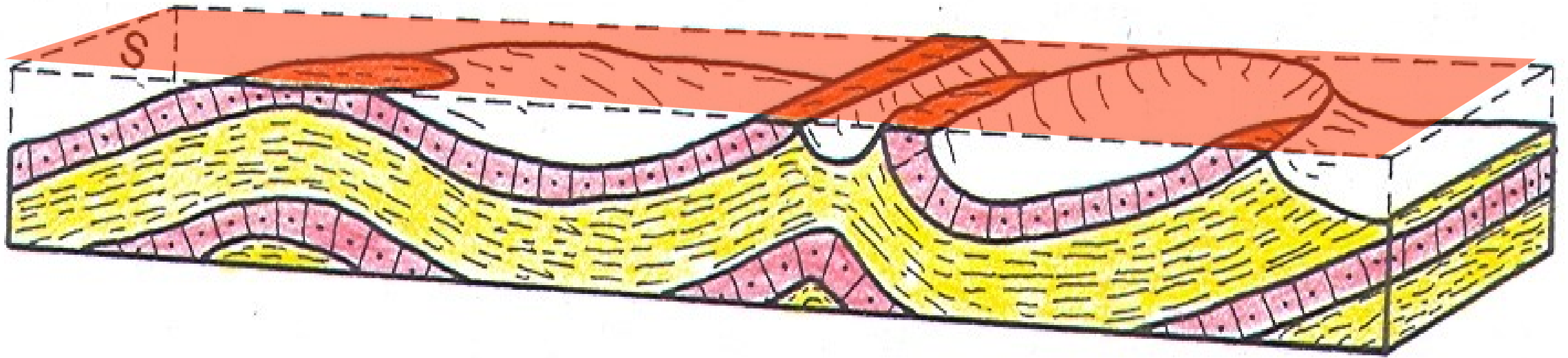


Fig. 2.3. Resti di una superficie di spianamento (a - a) conservati su rocce dure (d).

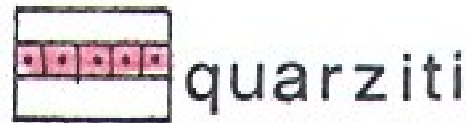
a: bevelled cuesta (o bevel)

E' la testimonianza di un'antica superficie di spianamento

Bevelled cuestas o bevels



S superficie di
spianamento



quarziti



scisti

Cuesta



Cuesta



Chevron o flat irons (ferri da stiro)

Sono cuestas rimodellate
dall'erosione



The flank of the
Panamint Range
in Death Valley,
California.

Flat irons (ferri da stiro)

In the southeastern part of Utah, USA, the San Juan River intersects a mountain ridge called the Comb Ridge, on whose slopes flatirons – zig-zag- formations of rocks – can be discerned.

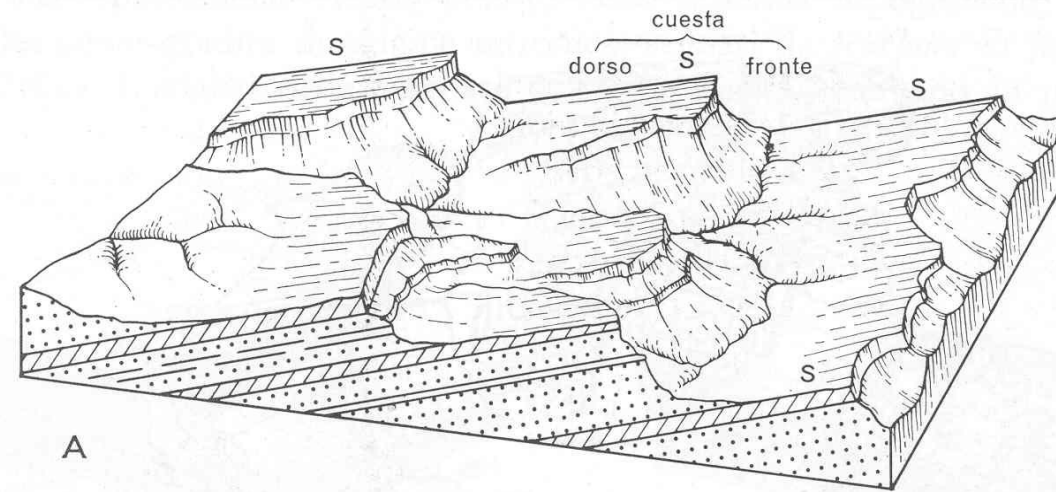


Flat irons a Comb
Ridge (USA), in
arenaria rossa

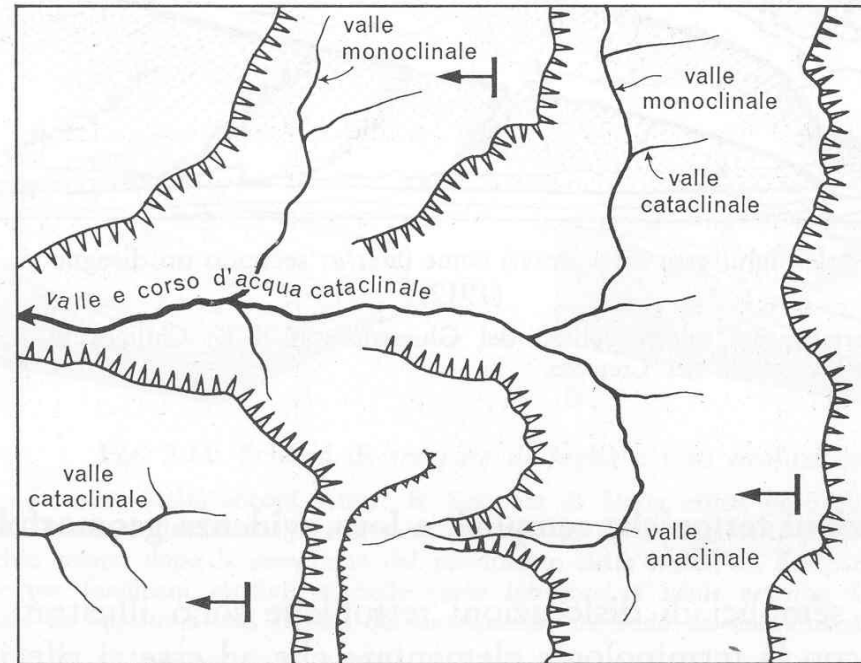




Colorful flatirons in the Serranía de Hornocal of Jujuy Province, Argentina



A



B

Valli Cataclinali

lungo la pendenza
degli strati

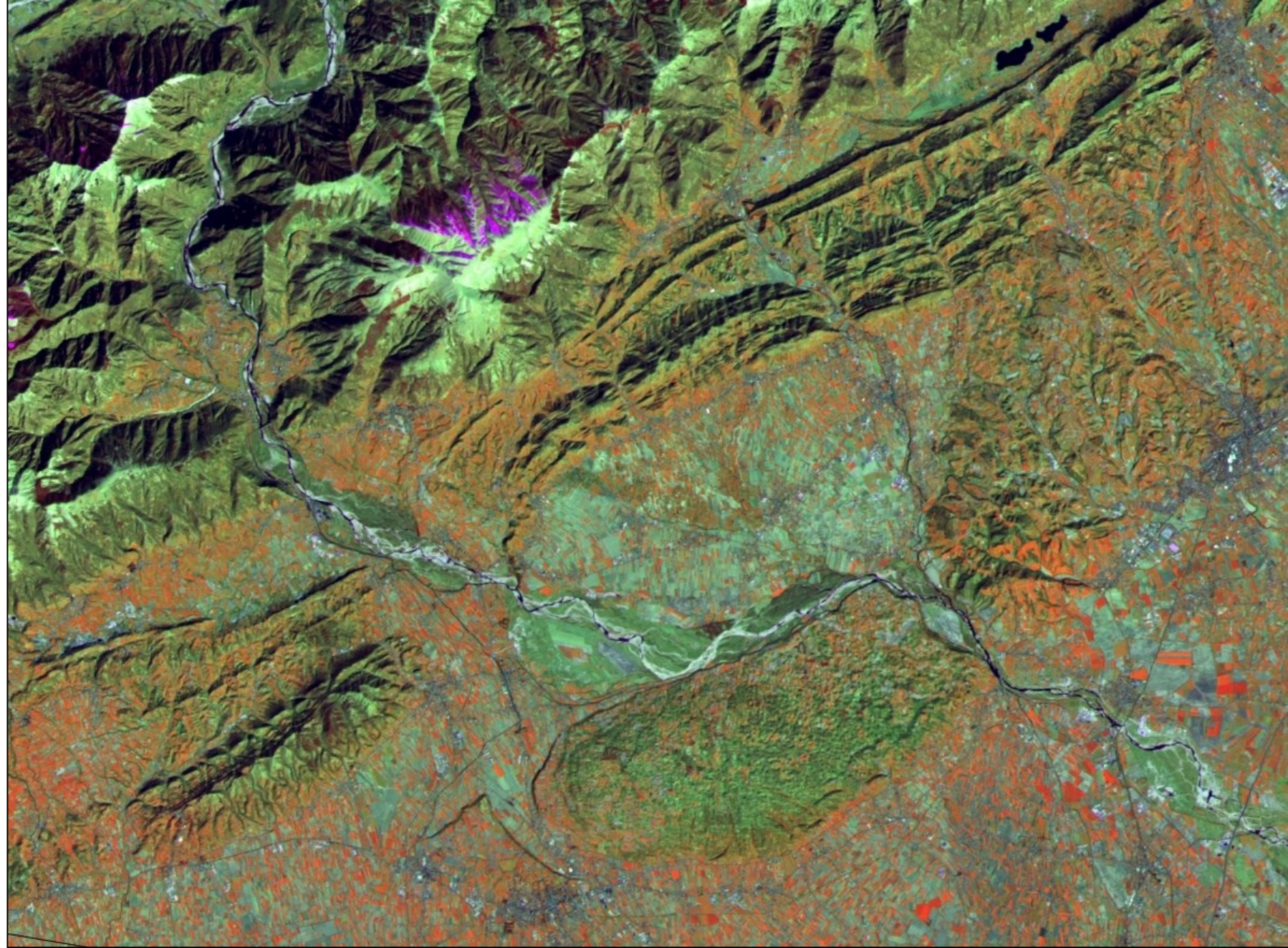
Valli Anaclinali

contrari alla pendenza
degli strati

Fig. 2.8. Terminologia relativa ai rilievi monoclinali di tipo *cuesta* e alla disposizione delle valli in aree con formazioni rocciose a strati inclinati.

S. Superfici strutturali. A *puntini*: rocce tenere.

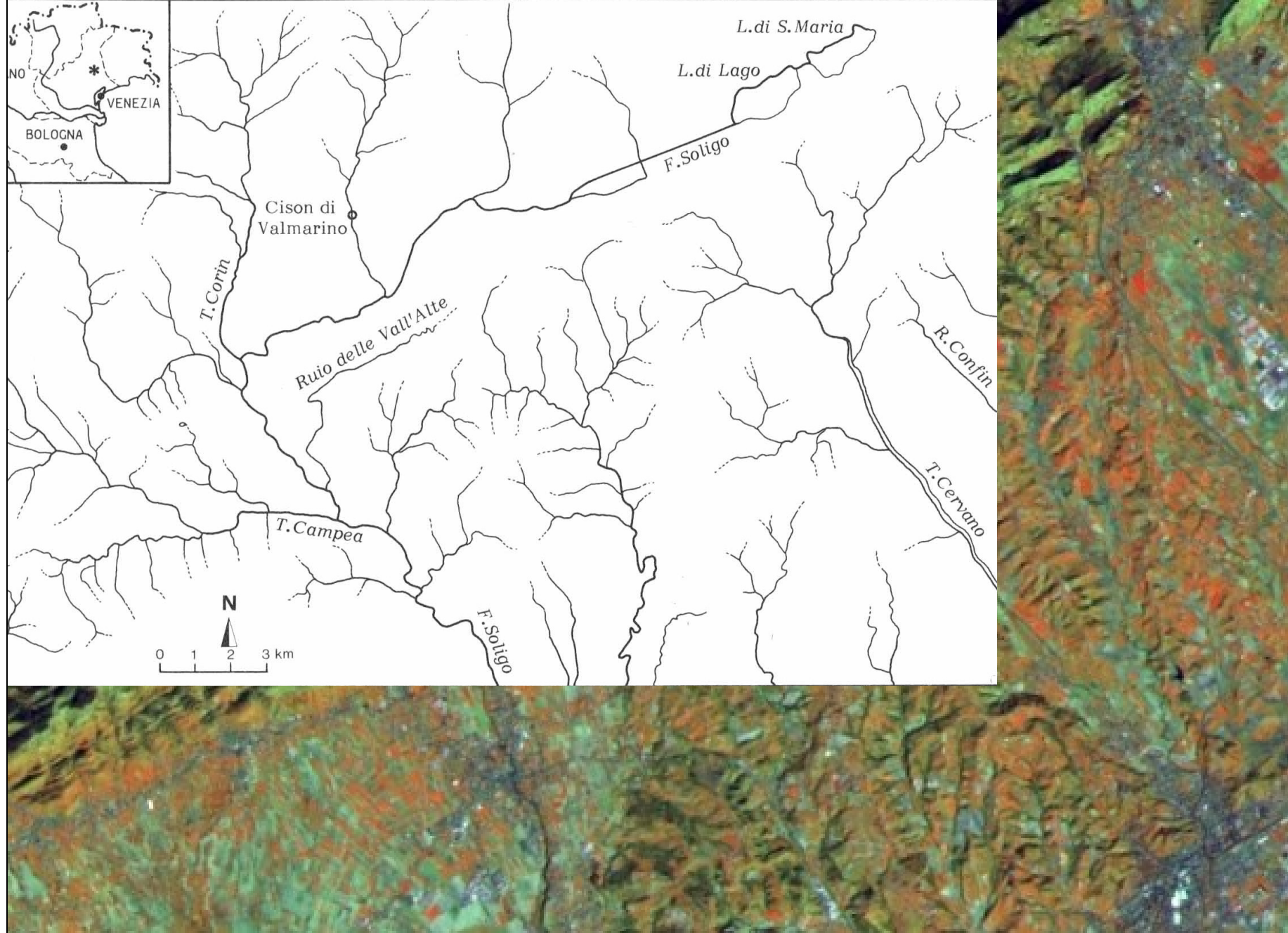
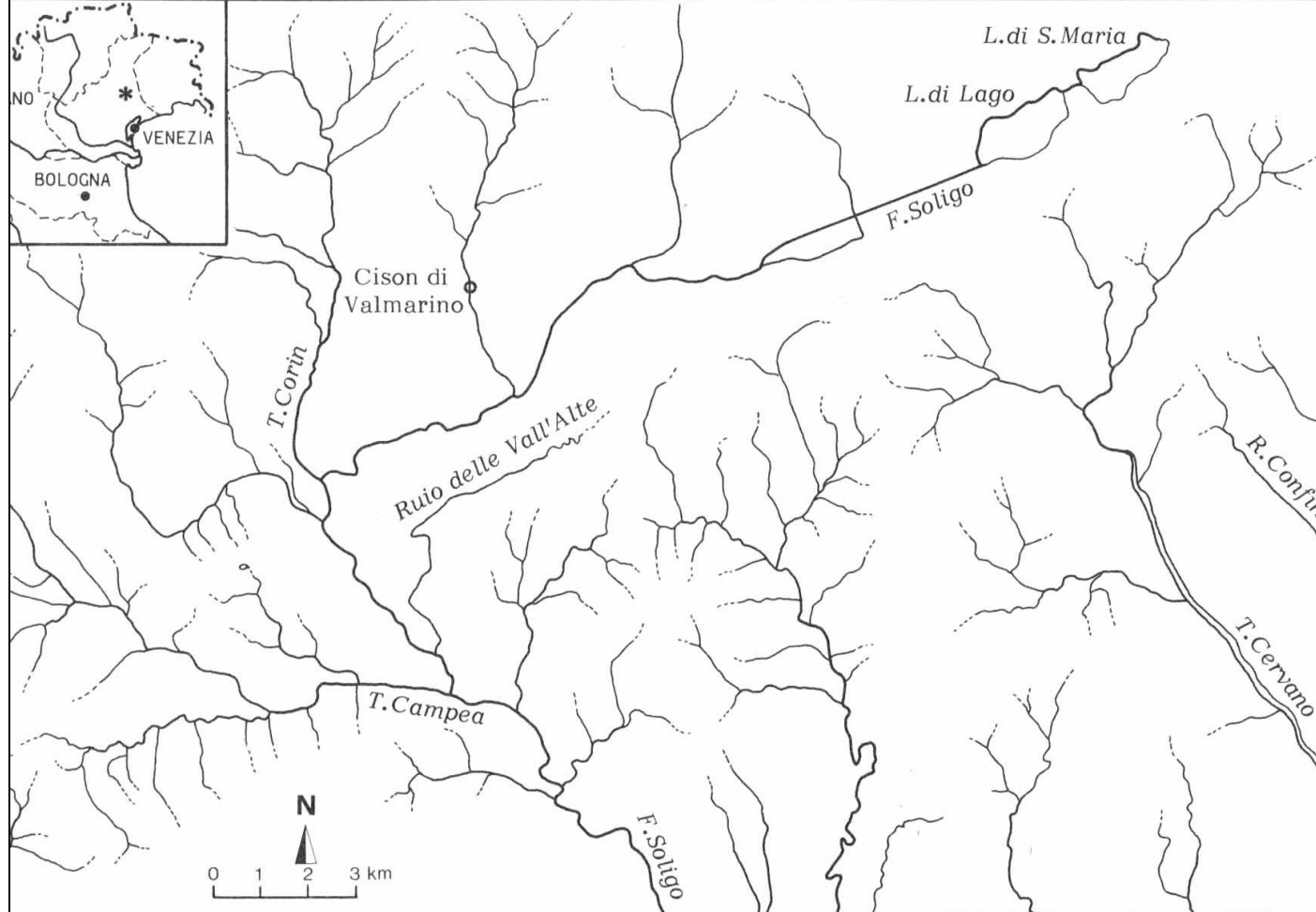
Le “corde di Vittorio Veneto”. Si tratta di una sequenza fitta di hogback





Le “corde di Vittorio Veneto”

Reticolo a traliccio



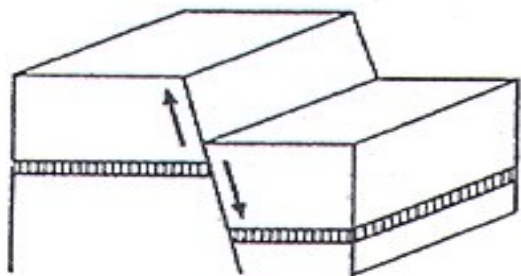
Docente
Prof. Aldino Bondesan

Geomorfologia strutturale Tettonica

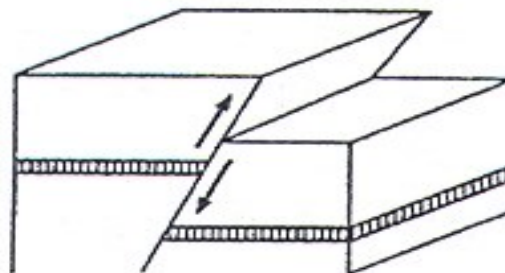


Deformazioni tettoniche semplici e loro evidenza morfologica

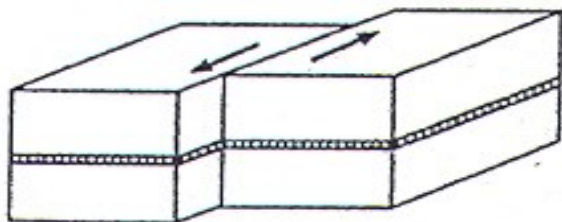
diretta



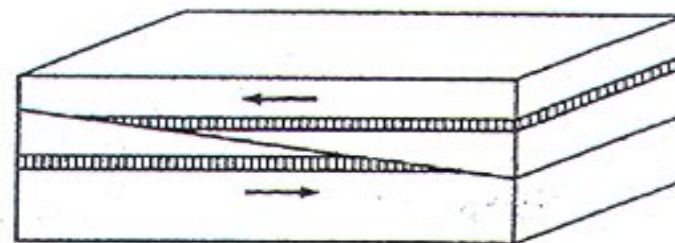
inversa



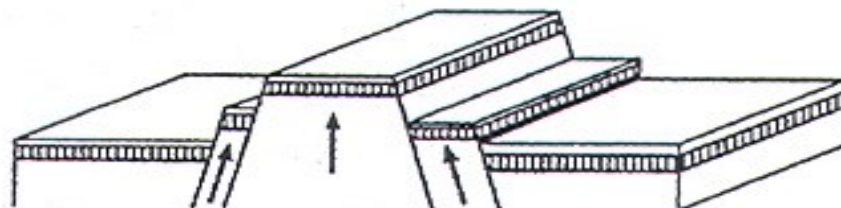
trascorrente



sovrascorrimento

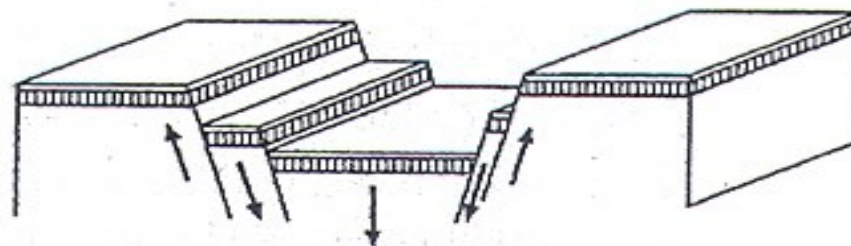


(e)



Horst
"pilastro"

(f)



Graben

Faglie e loro evidenza morfologica

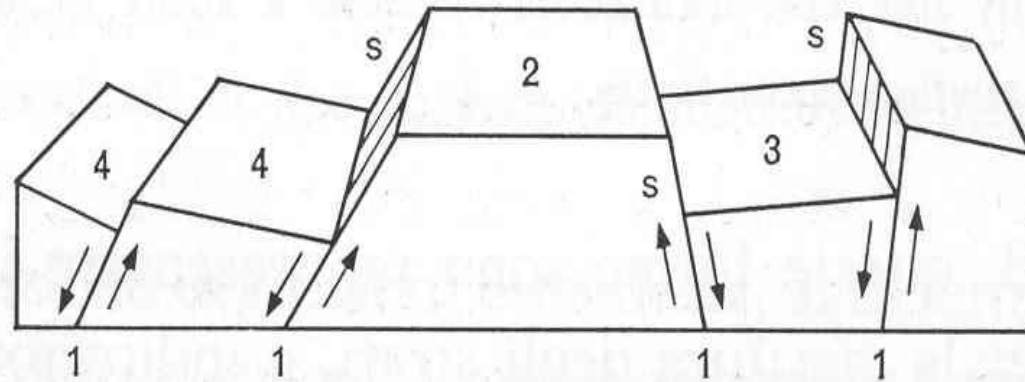
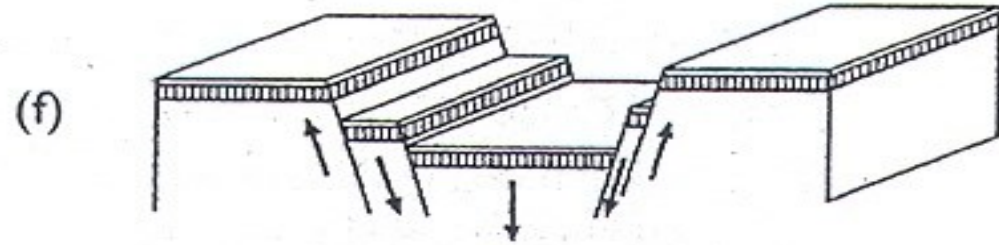
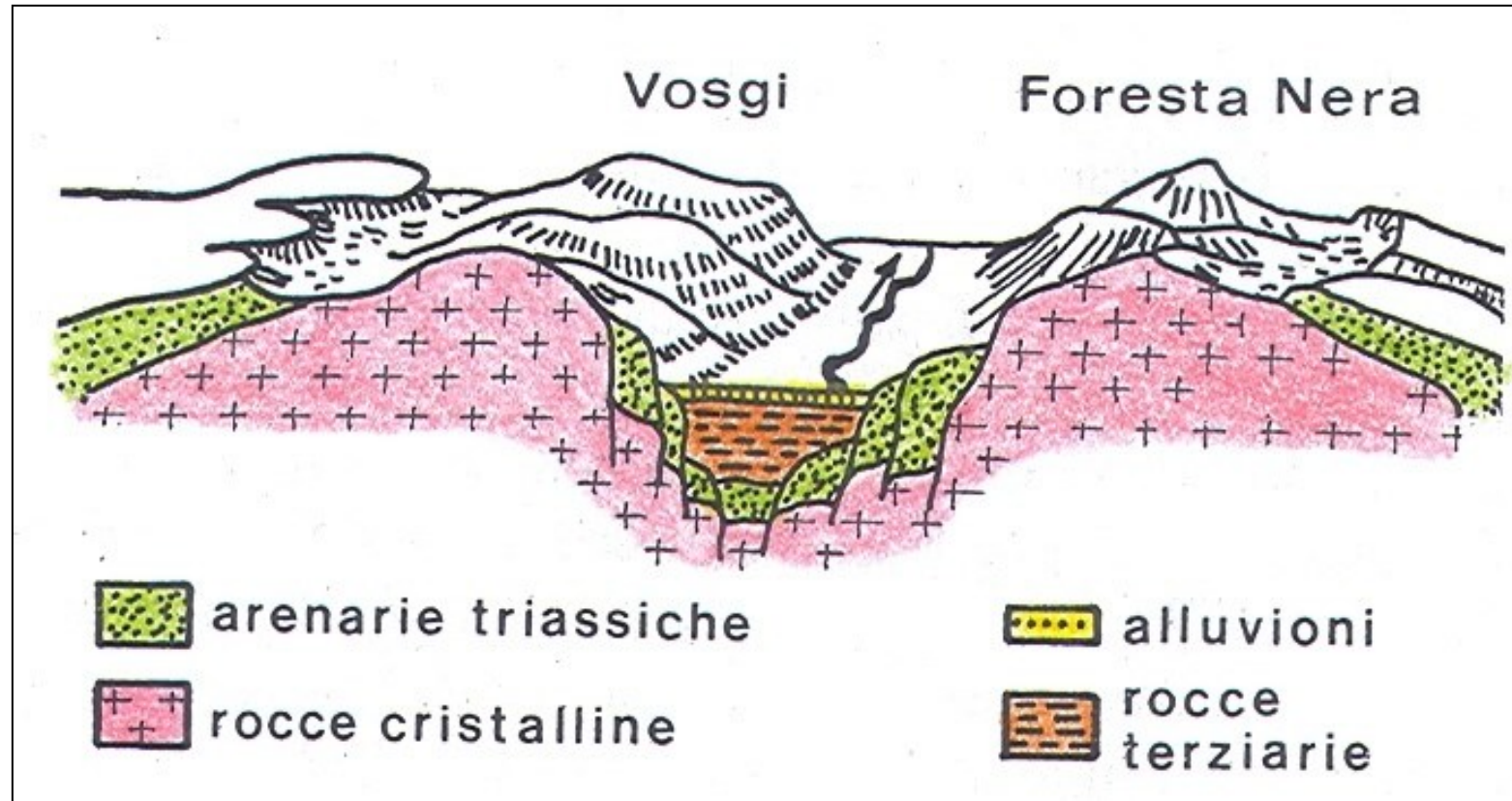


Fig. 2.10. Blocchi a comportamento rigido, dislocati da faglie.

1. *Piani di faglia* (qui per semplicità sono considerati solo esempi di « faglie dirette »); 2. Blocco sollevato, che forma un *Horst* o *pilastro tettonico*; 3. Blocco abbassato, che forma un *Graben* o *fossa tettonica*; 4. Blocchi inclinati, che danno luogo a *depressioni di angolo di faglia*. — S. *Scarpate di faglia*.



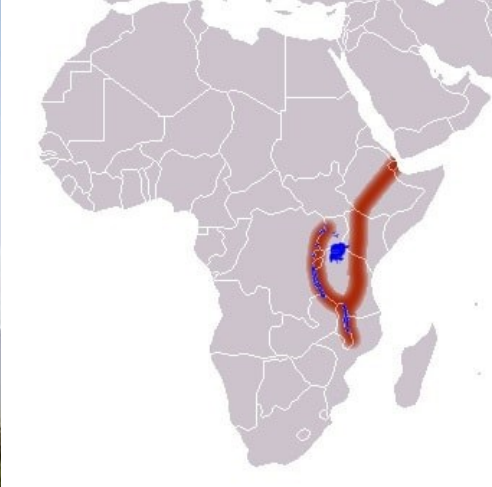
Graben del Reno



Graben del Reno

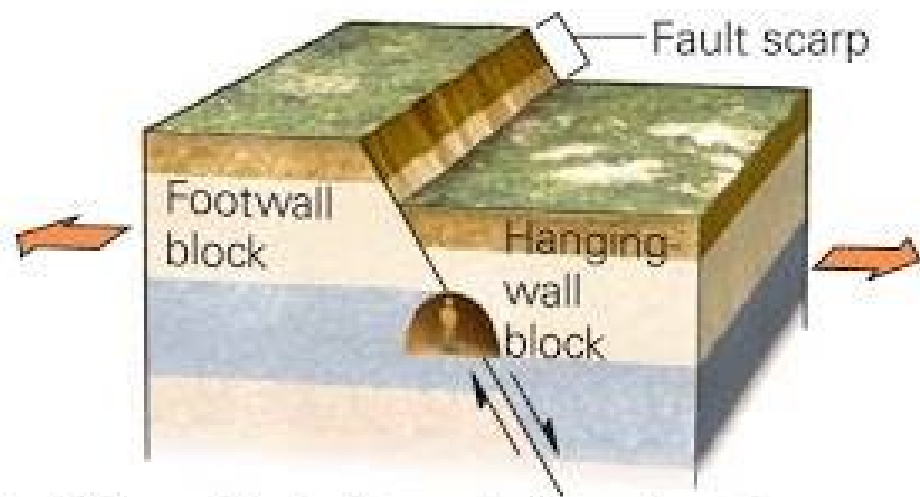


Rift africano

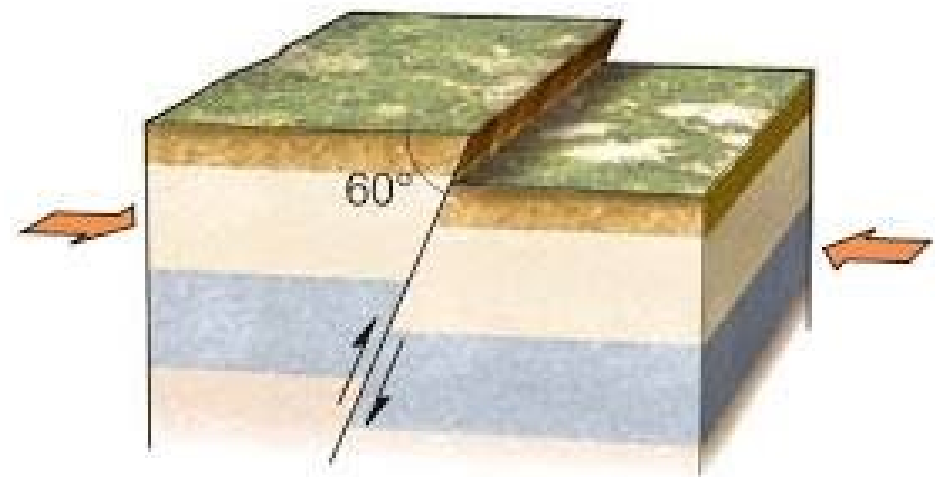




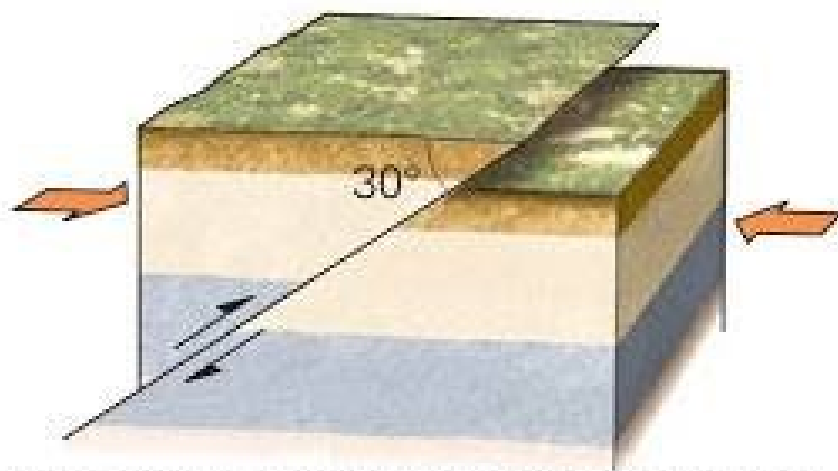
**La Frattura di Narok nella
Rift Valley del Kenya**



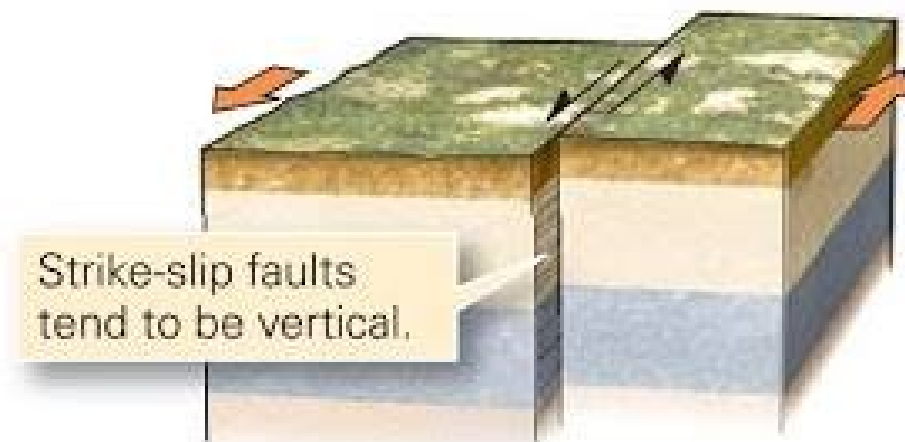
(a) Normal faults form during extension of the crust. The hanging wall moves down.



(b) Reverse faults form during shortening of the crust. The hanging wall moves up and the fault is steep.

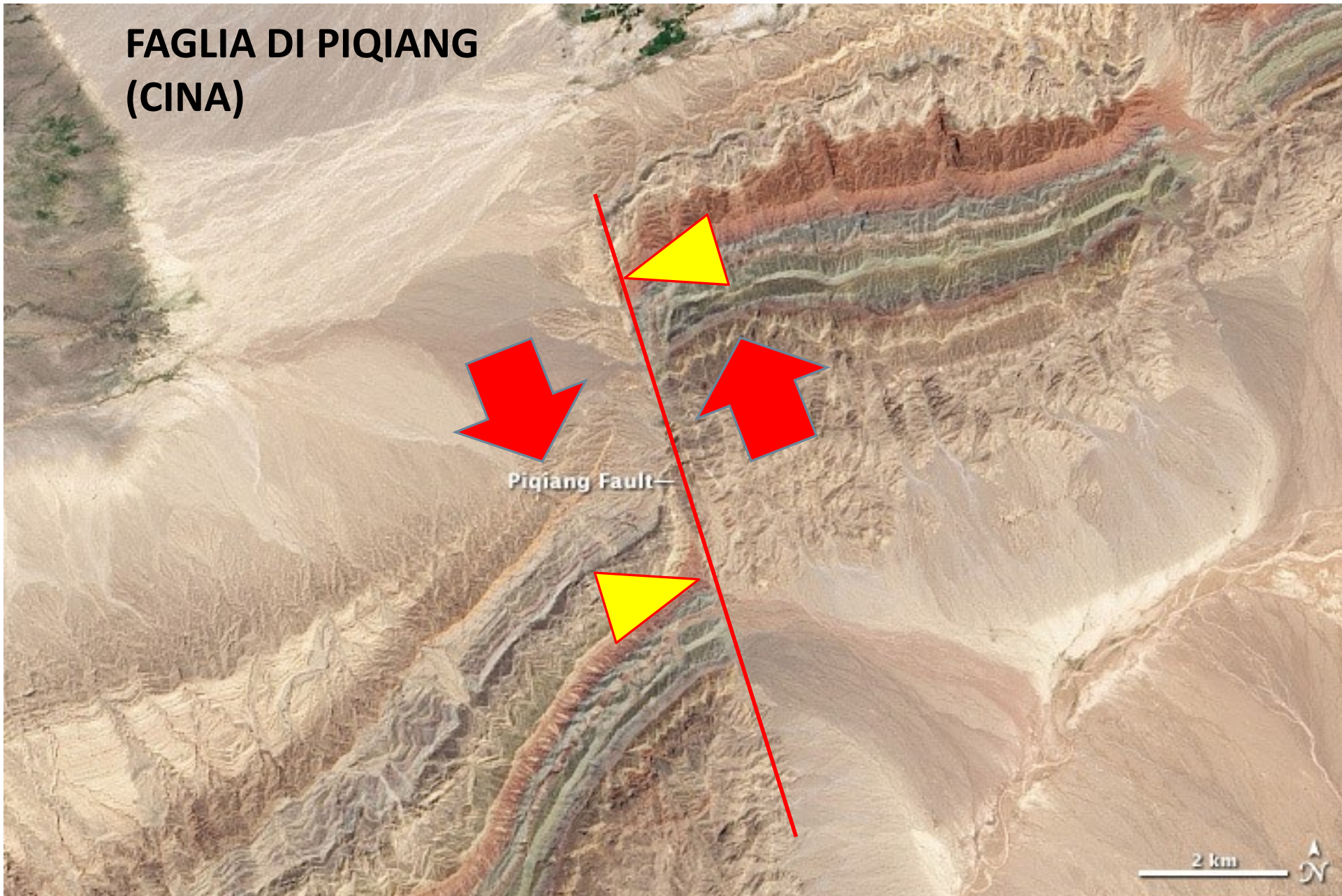


(c) Thrust faults also form during shortening. The fault's slope is gentle (less than 30°).



(d) On a strike-slip fault, one block slides laterally past another, so no vertical displacement takes place.

FAGLIA DI PIQIANG (CINA)







California Geological Survey geologists, Ellie Spangler and Nick Graehl, measure 3.75 feet of uplift at the Naval Air Weapons Station China Lake. (Courtesy of Brian Olson)

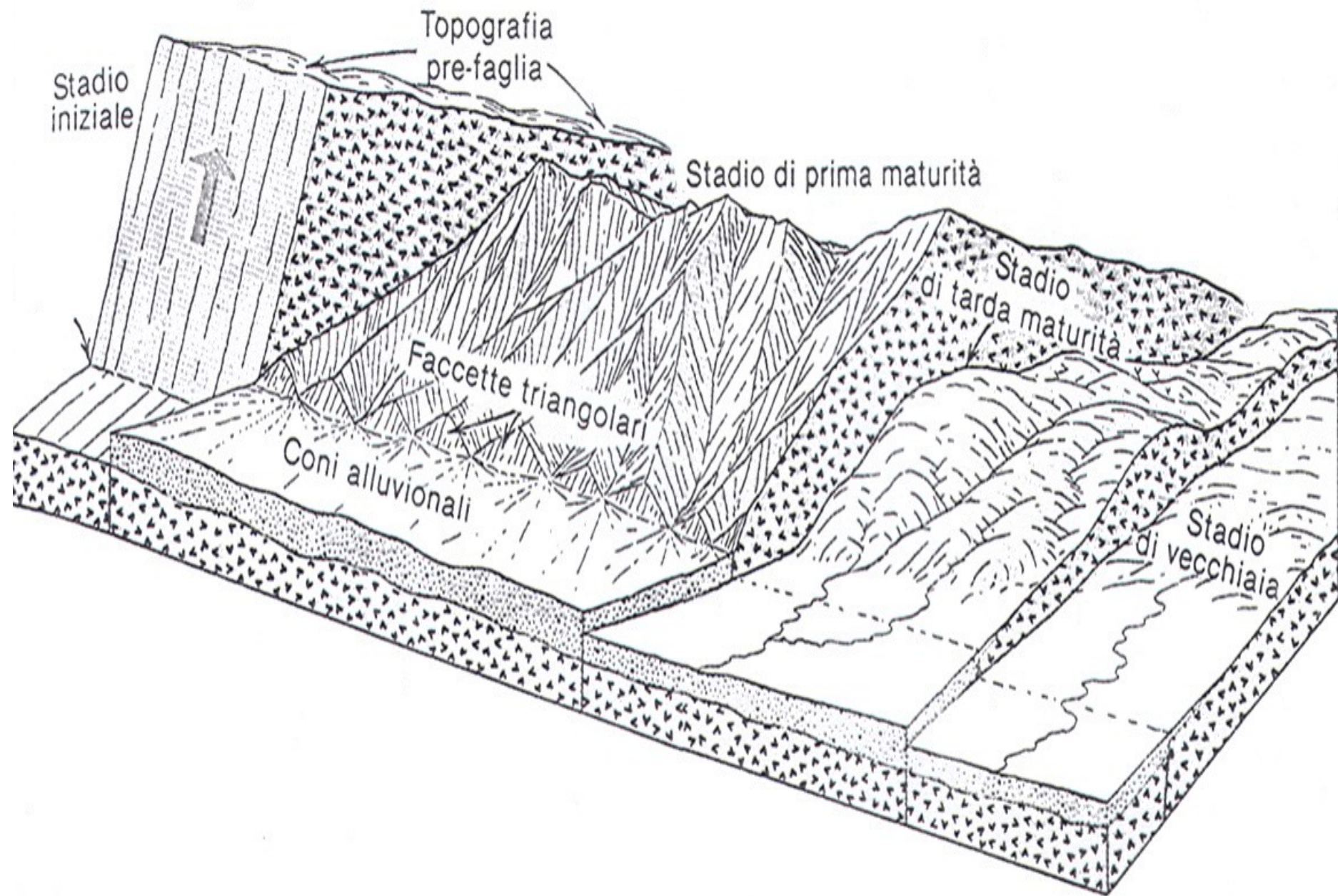
During the quake, the [Papatea Fault](#) produced a 19km-long surface rupture and shunted a large area of mountainous country up by 8 metres in a matter of seconds.
(New Zealand. 2016)



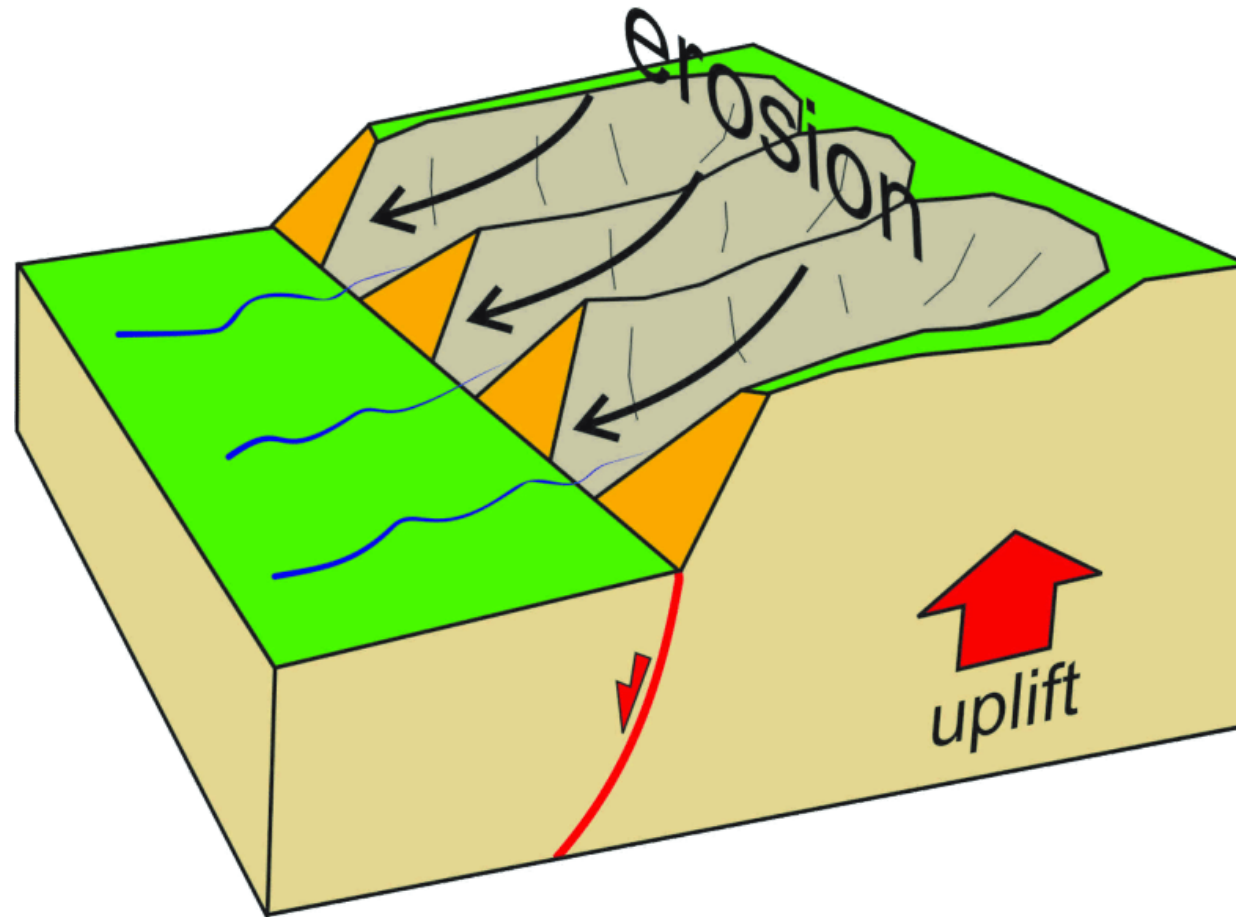


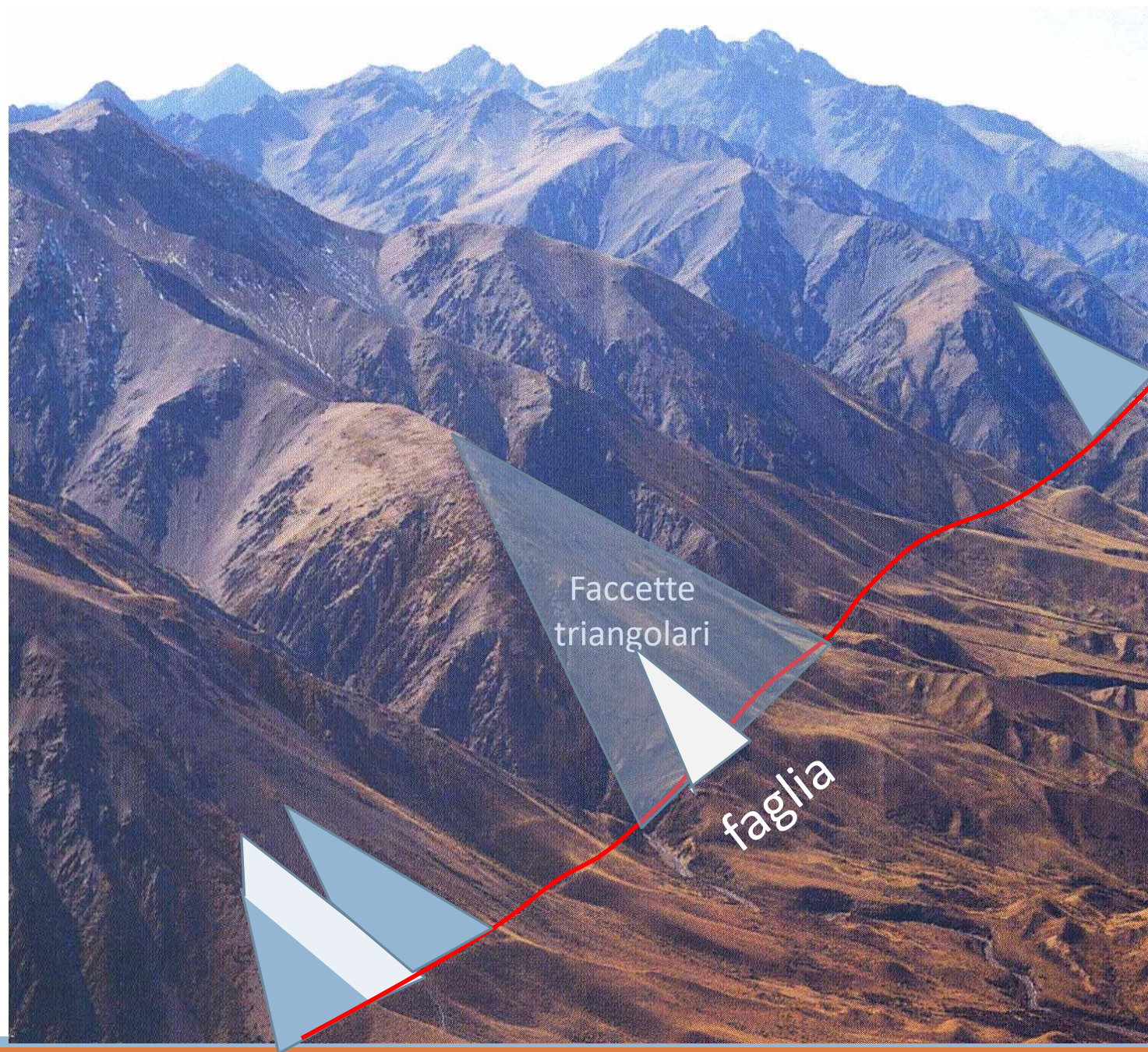
This fault scarp in Italy's Apennine Mountains, an example of surface-rupturing normal faulting, formed during the complex 2016 Amatrice-Norcia earthquake sequence.
Photo Credit: Maxime Godano

Stadi dell'erosione di un blocco sollevato da faglie (secondo W. M. Davis)

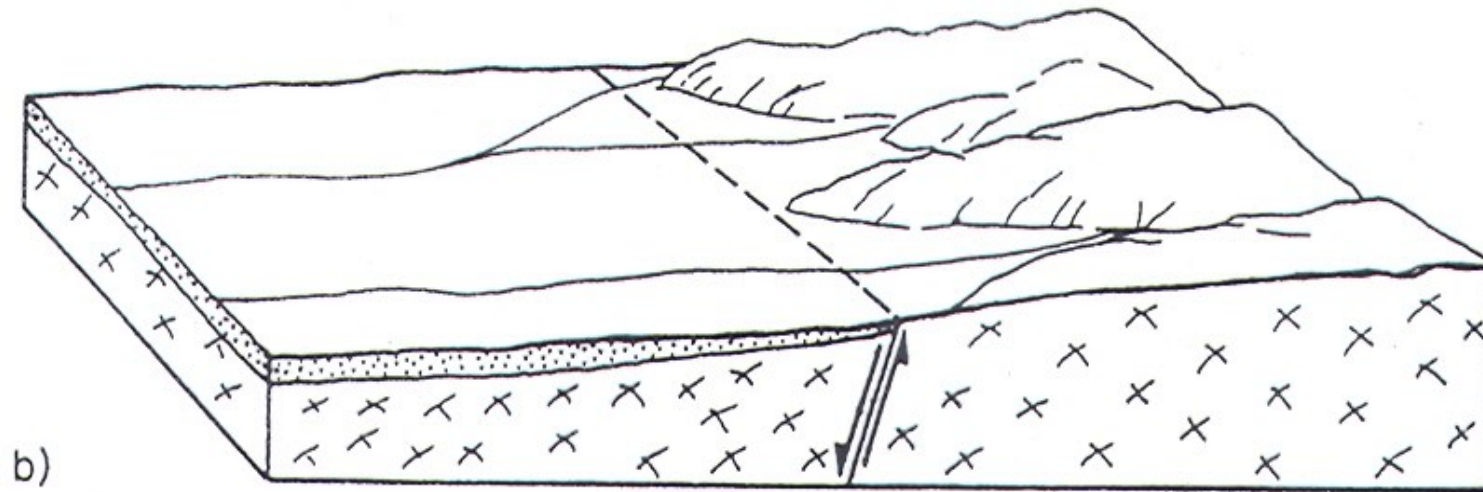
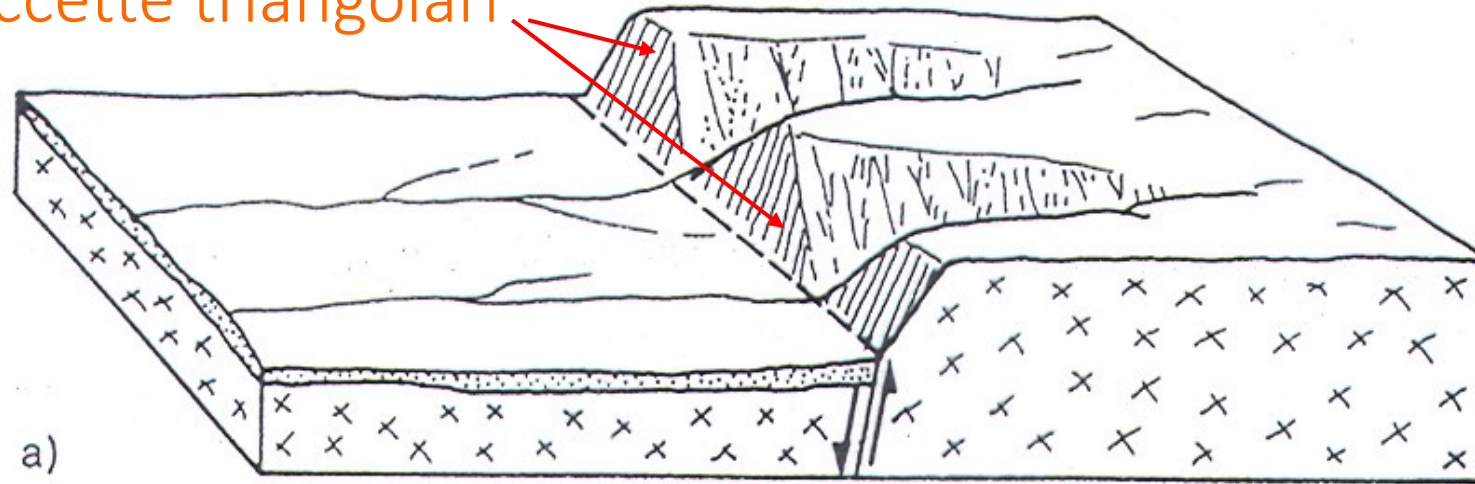


Faccette triangolari





Faccette triangolari



Scarpate di faglia

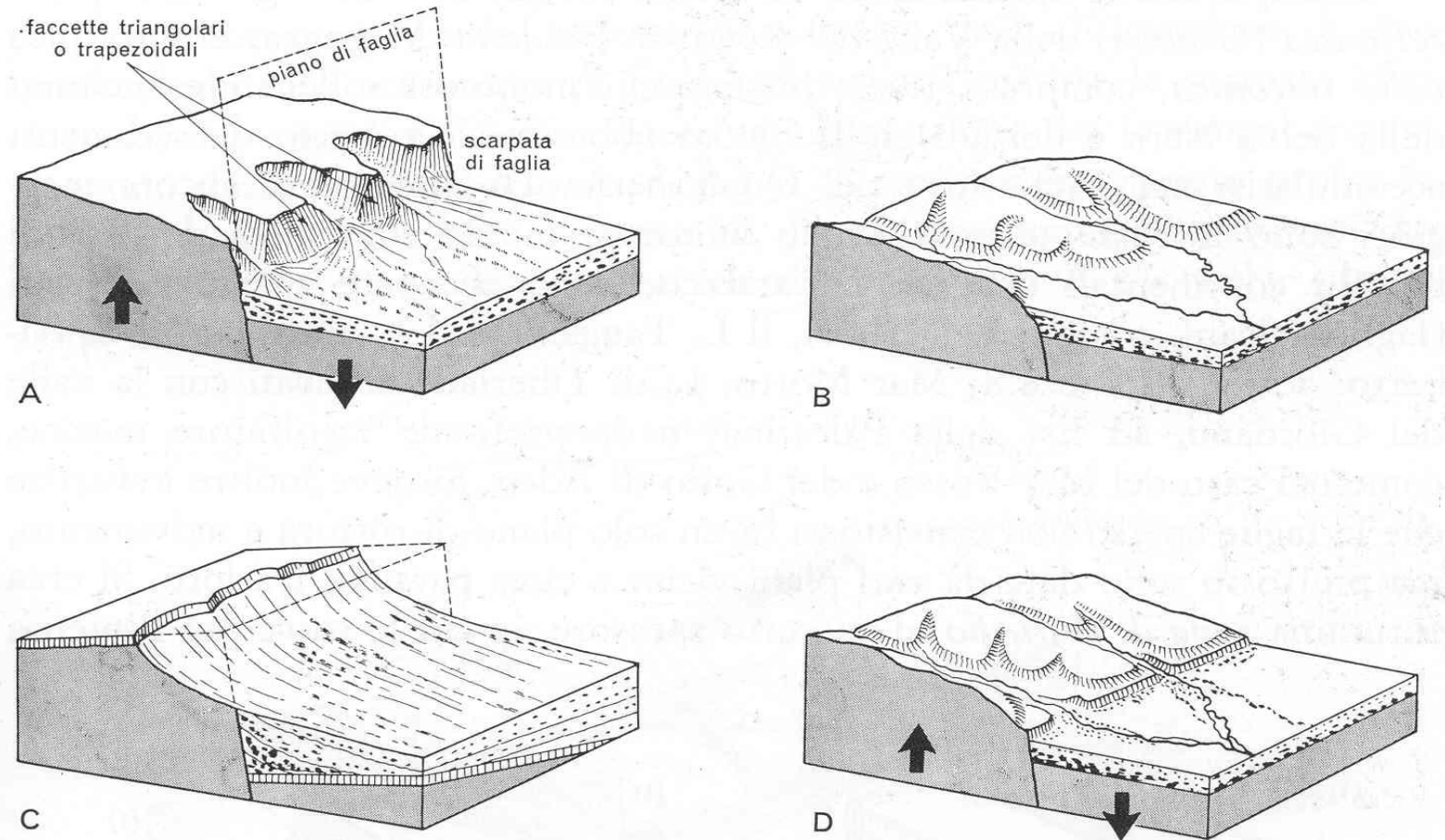


Fig. 2.11. Schemi di *scarpate di faglia* e loro evoluzione.

A. Scarpata « fresca », faglia ancora attiva; B. Scarpata di faglia ormai poco riconoscibile in seguito all'erosione del blocco sollevato e alla sedimentazione su quello abbassato. Questo esempio può derivare da A, parecchio tempo dopo la cessazione del movimento della faglia; C. Scarpata di faglia che tende a retrocedere per fenomeni erosivi, e, nella parte inferiore, a venir sepolta; D. Scarpata di faglia « ringiovanita » in seguito a una ripresa del movimento, partendo da una situazione del tipo schematizzato in B.

Scarpata di faglia



Scarpata di faglia



Scarpata di linea di faglia

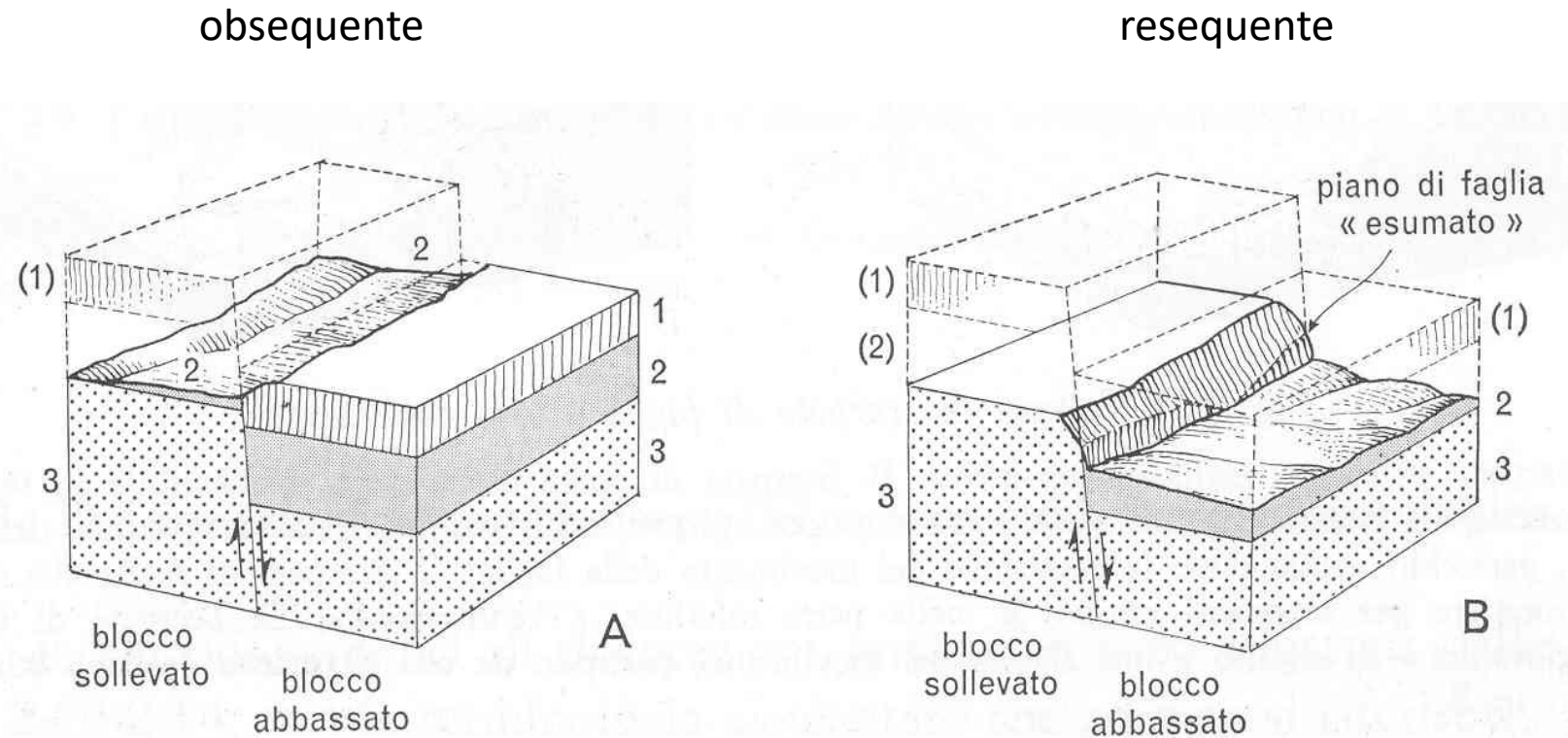
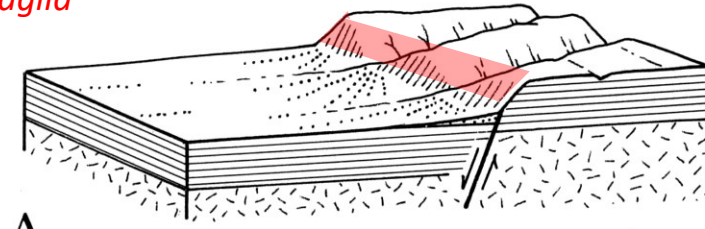


Fig. 2.12. *Scarpate di linea di faglia* (schemi):

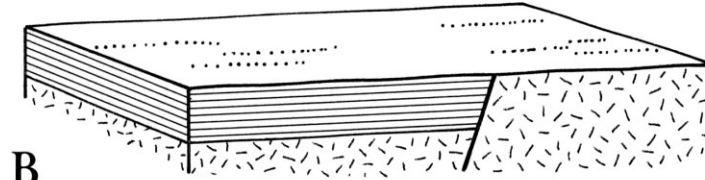
A. *Scarpata di linea di faglia di senso opposto al rigetto*: l'erosione ha eliminato la roccia 1 e quasi completamente anche la roccia 2 sul blocco sollevato. Un nuovo gradino si è formato per erosione selettiva, in quanto la roccia 2 è più tenera della roccia 1. C'è « inversione del rilievo »; B. *Scarpata di linea di faglia nello stesso senso del rigetto*: l'erosione è in uno stadio più avanzato; la roccia 1 e in parte la roccia 2 sono state eliminate anche sul blocco abbassato. Anche questo gradino si è formato per erosione selettiva, la roccia 2 è più tenera della roccia 3.

Scarpata di linea di faglia e scarpata composita

Scarpata di faglia

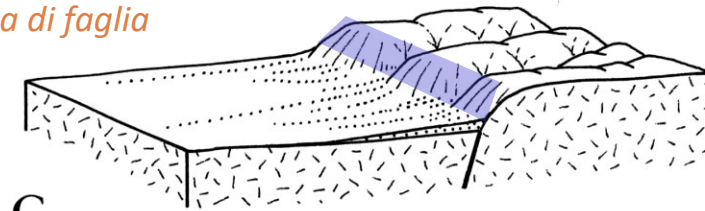


A



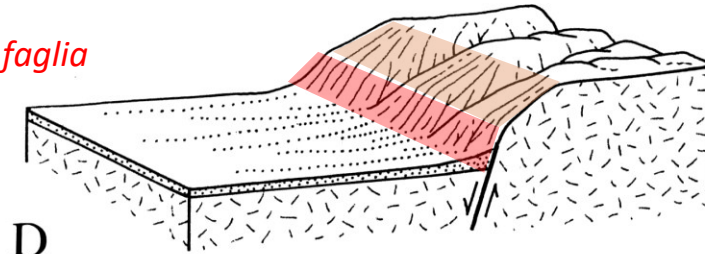
B

Scarpata di linea di faglia



C

Scarpata di faglia



D

Figura 5.4.19. Sviluppo di una scarpata composita: scarpata di faglia nel settore inferiore, più acclive, e scarpata di linea di faglia, dovuta ad erosione selettiva (verificatasi in seguito alla ripresa di erosione, fase C) in corrispondenza della stessa faglia. Le frecce indicano in quali fasi la faglia è stata attiva (da D. Johnson, ridisegnato).

Docente
Prof. Aldino Bondesan

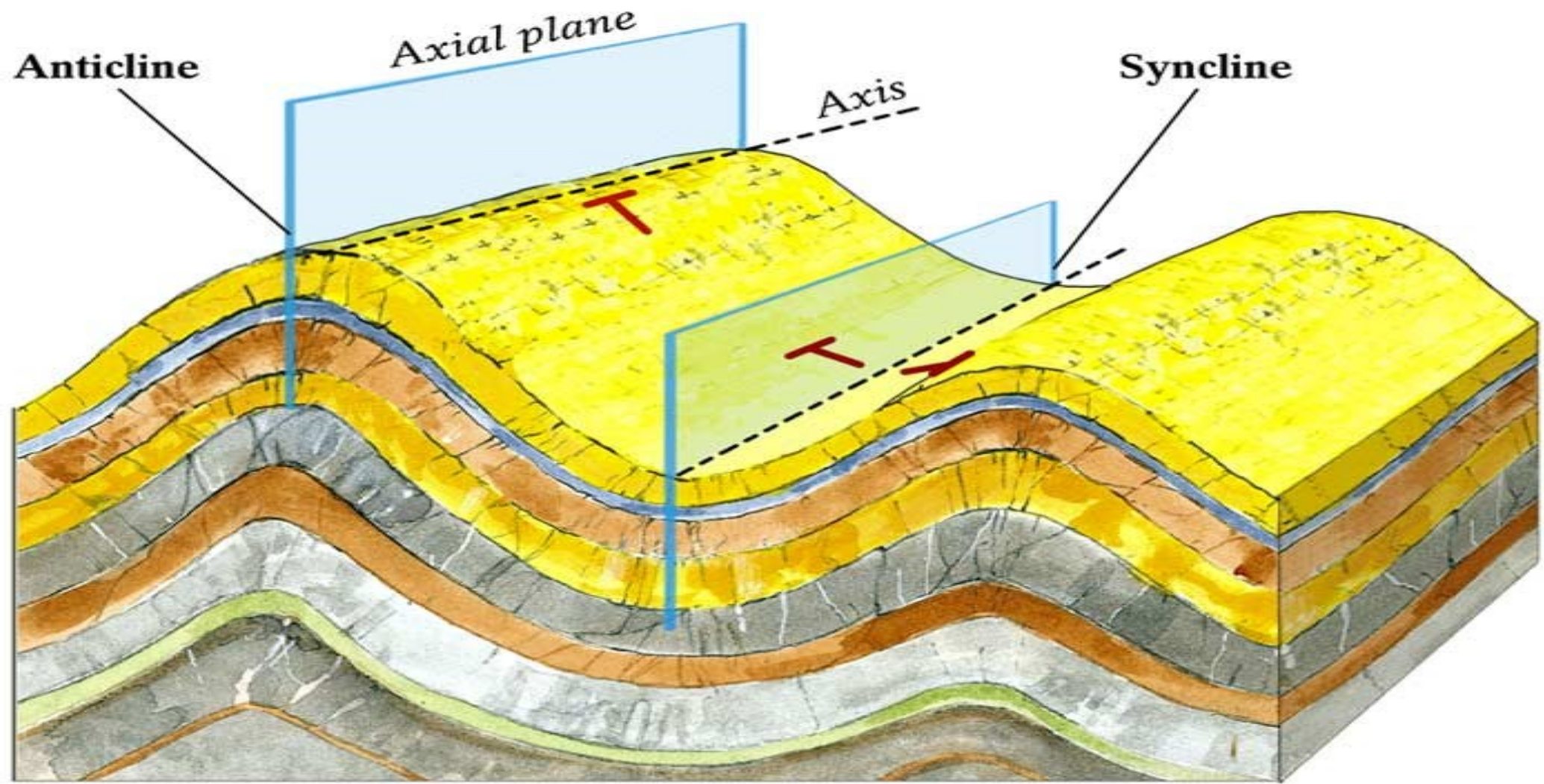
Geomorfologia strutturale

Catene a pieghe

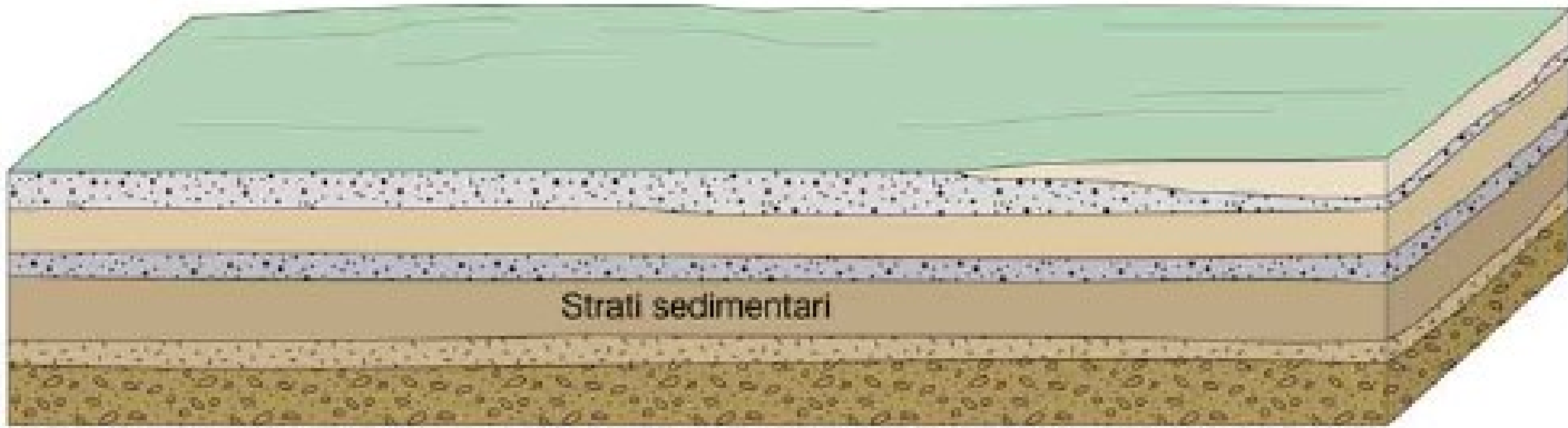


Pieghe
anticlinali e
sinclinali
(antiformi e sinformi)

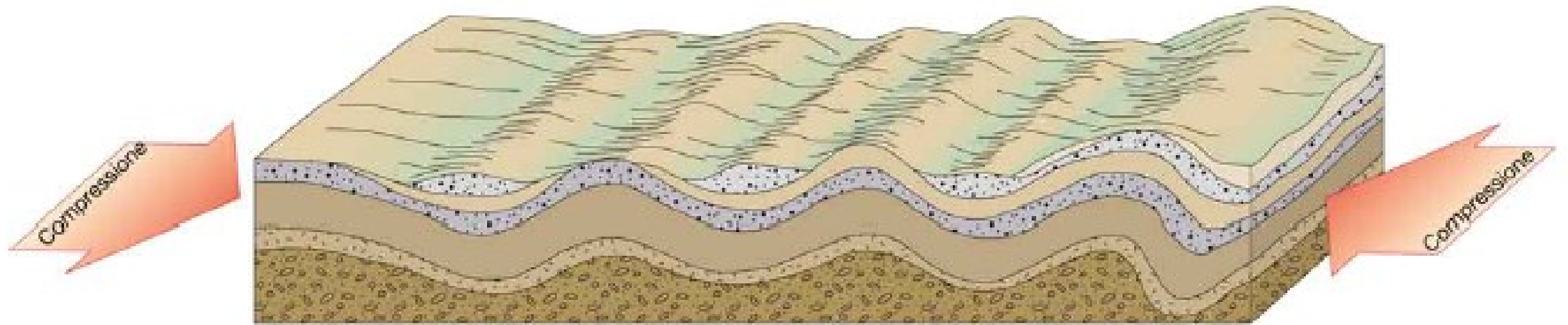


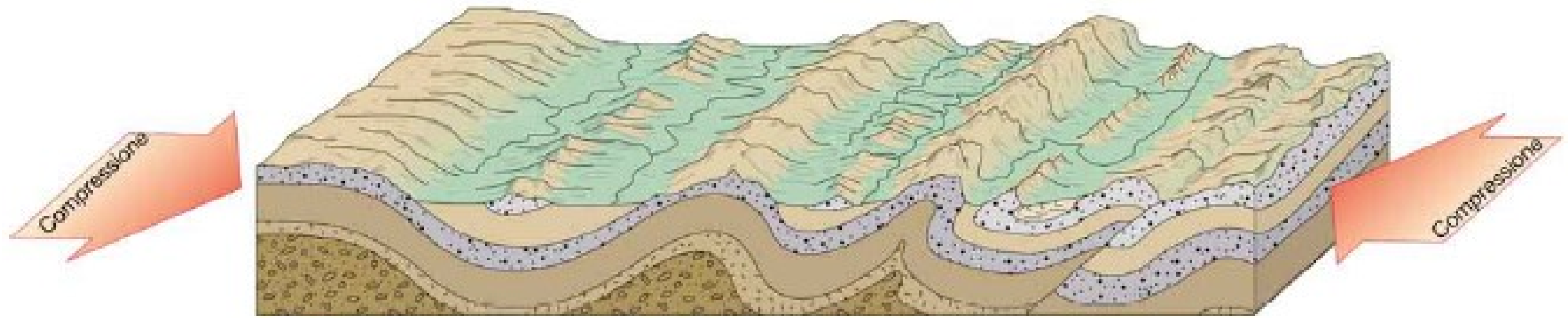


1 Folded rocks before erosion



Strati sedimentari





(a)

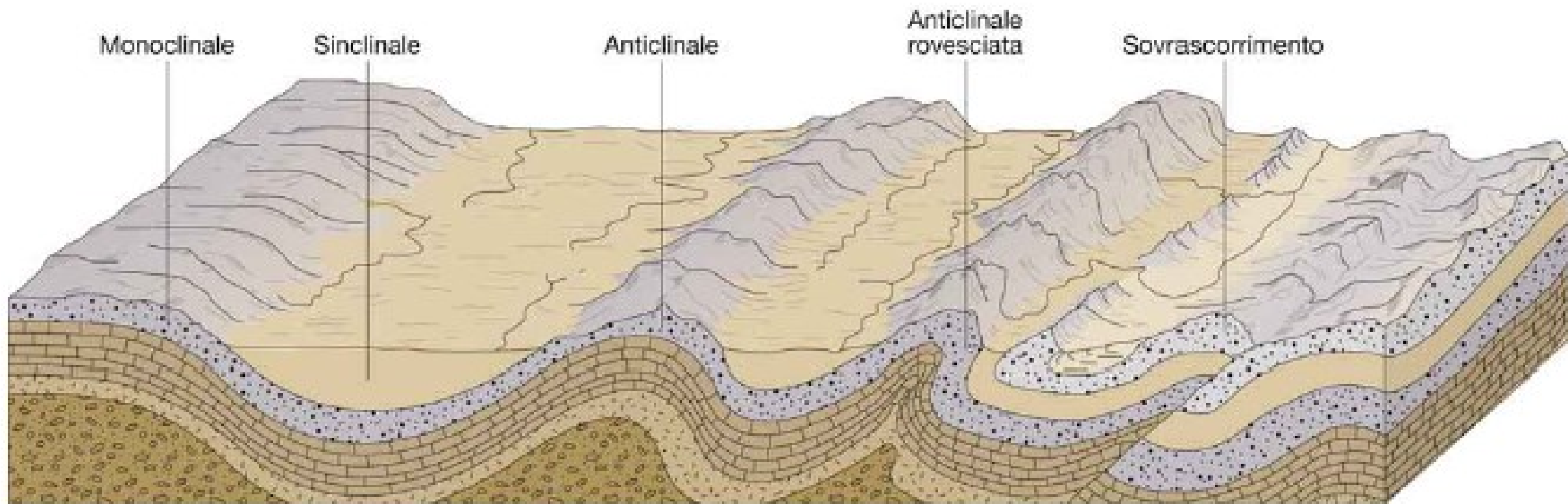
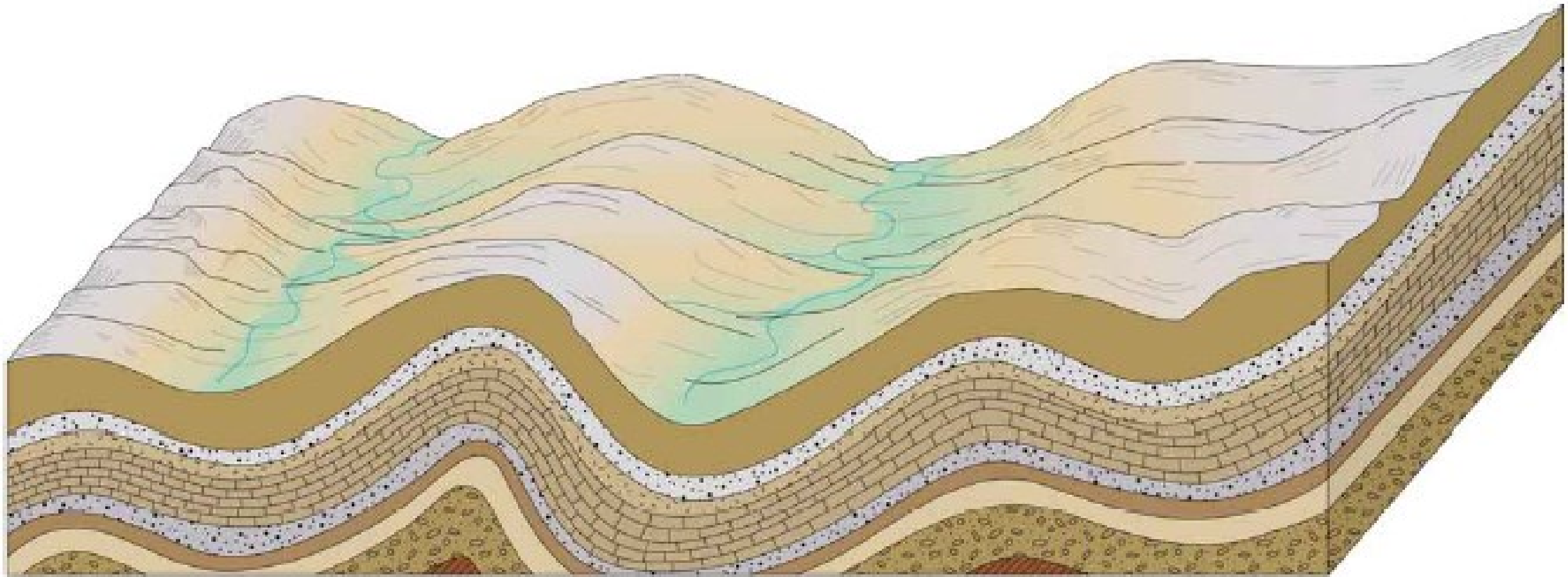
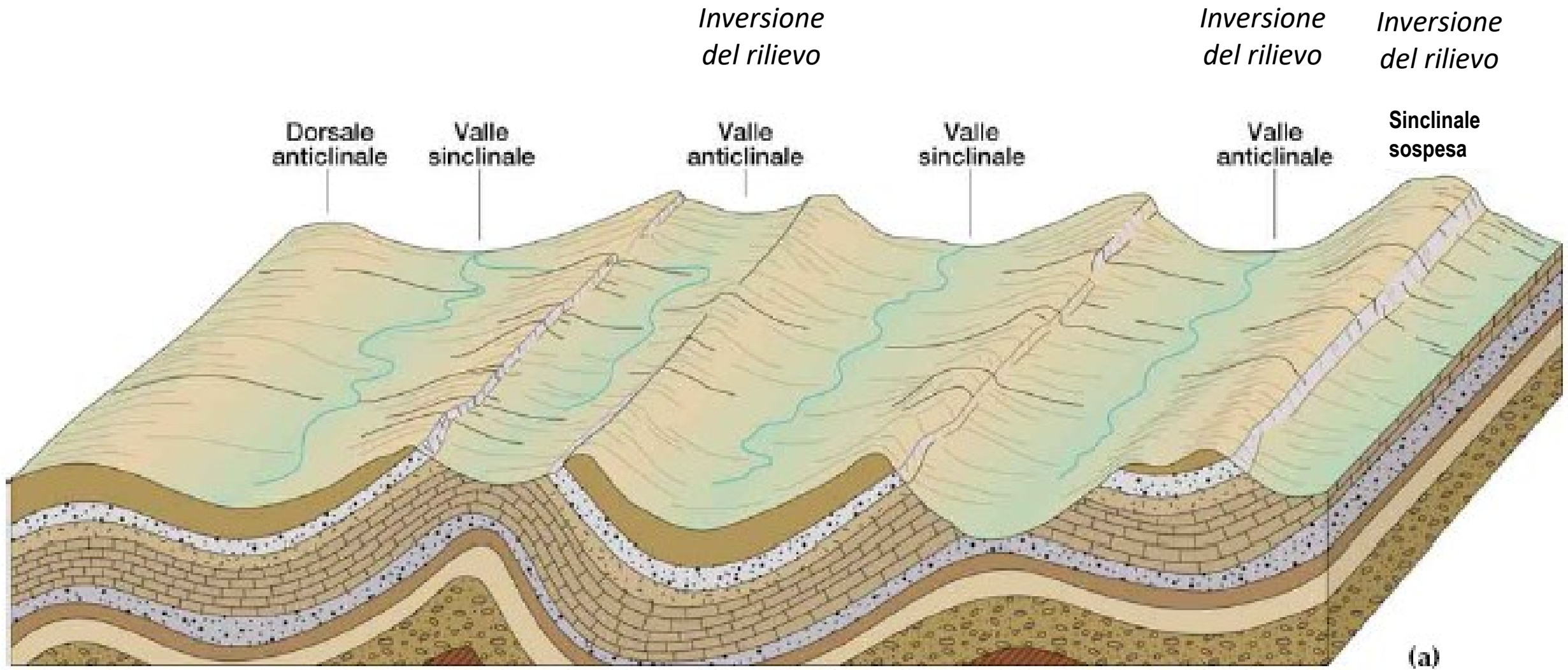


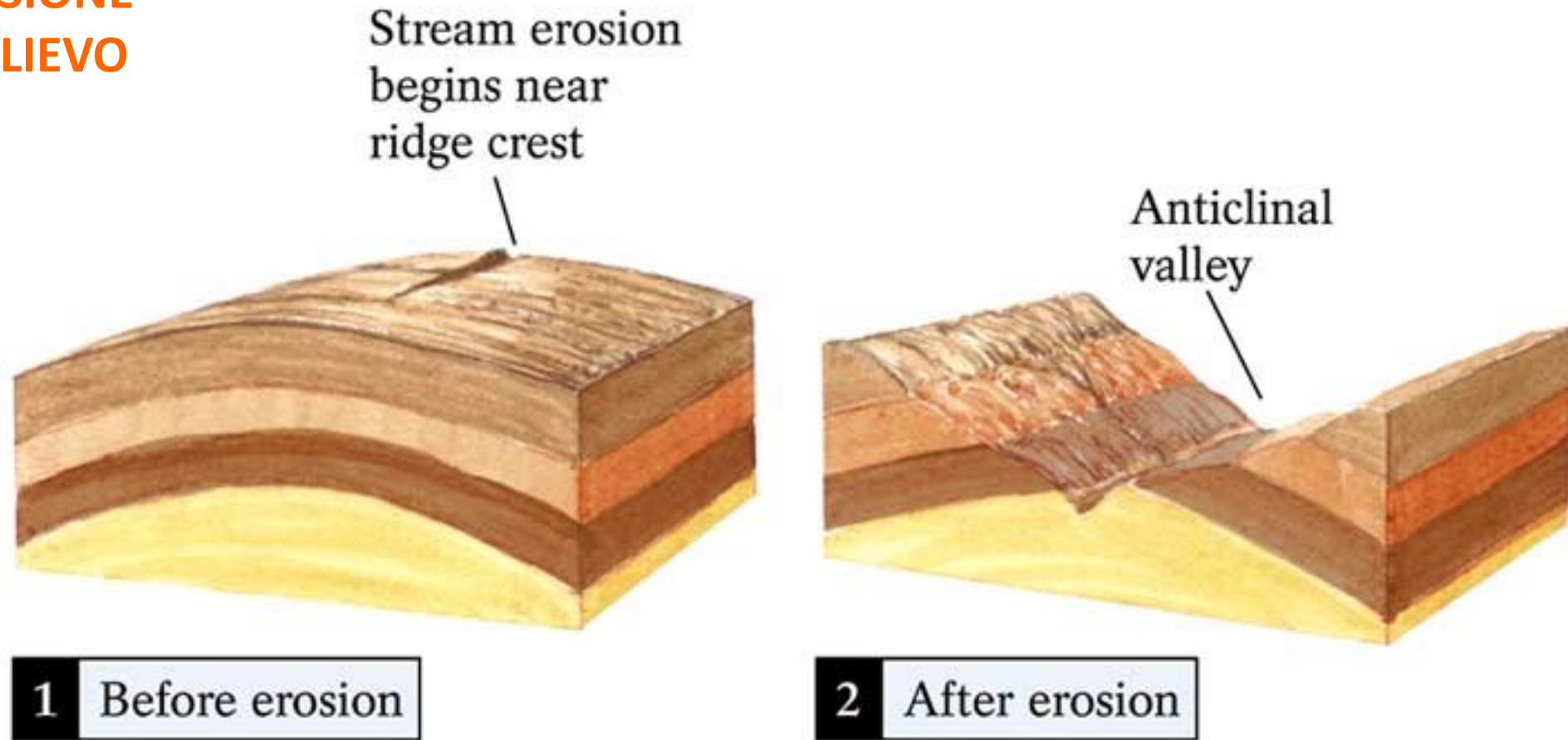
Figura 14-33. I principali tipi di pieghe.

Figura 14-34 (a) Formazione di valli d'anticlinali e dorsali



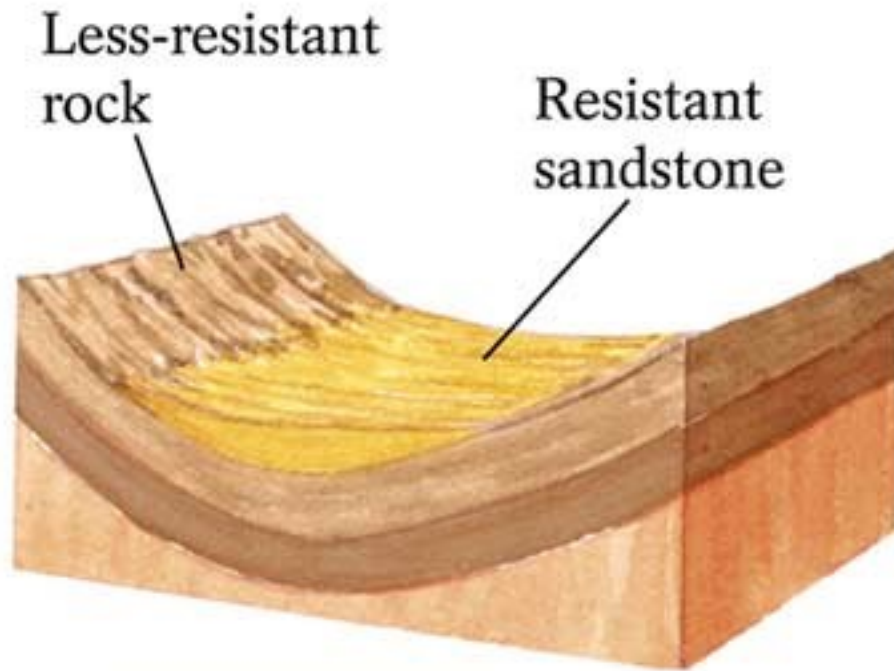


INVERSIONE DEL RILIEVO

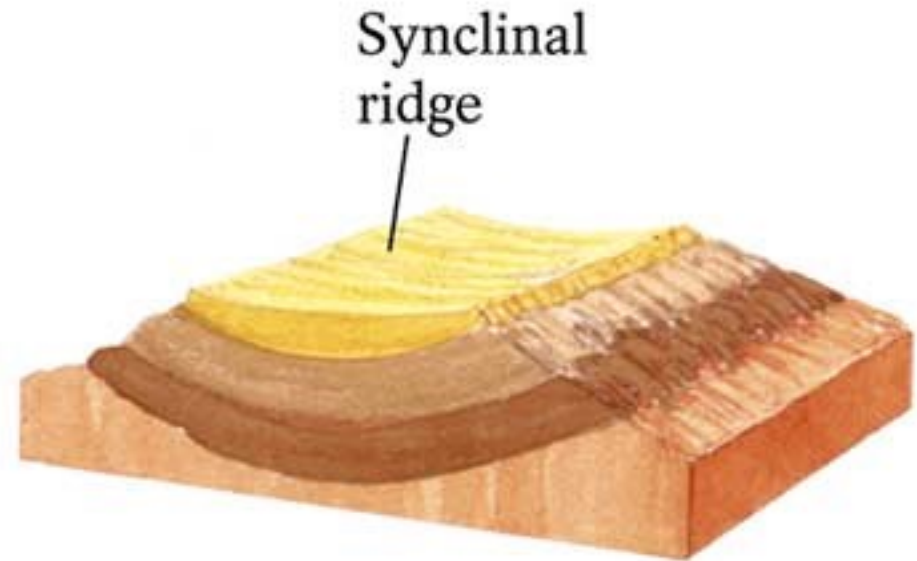


(a) Anticline with highly erodible surface

INVERSIONE DEL RILIEVO



1 Before erosion



2 After erosion

(b) Syncline with resistant rock at axis

Pieghe e loro evidenza morfologica

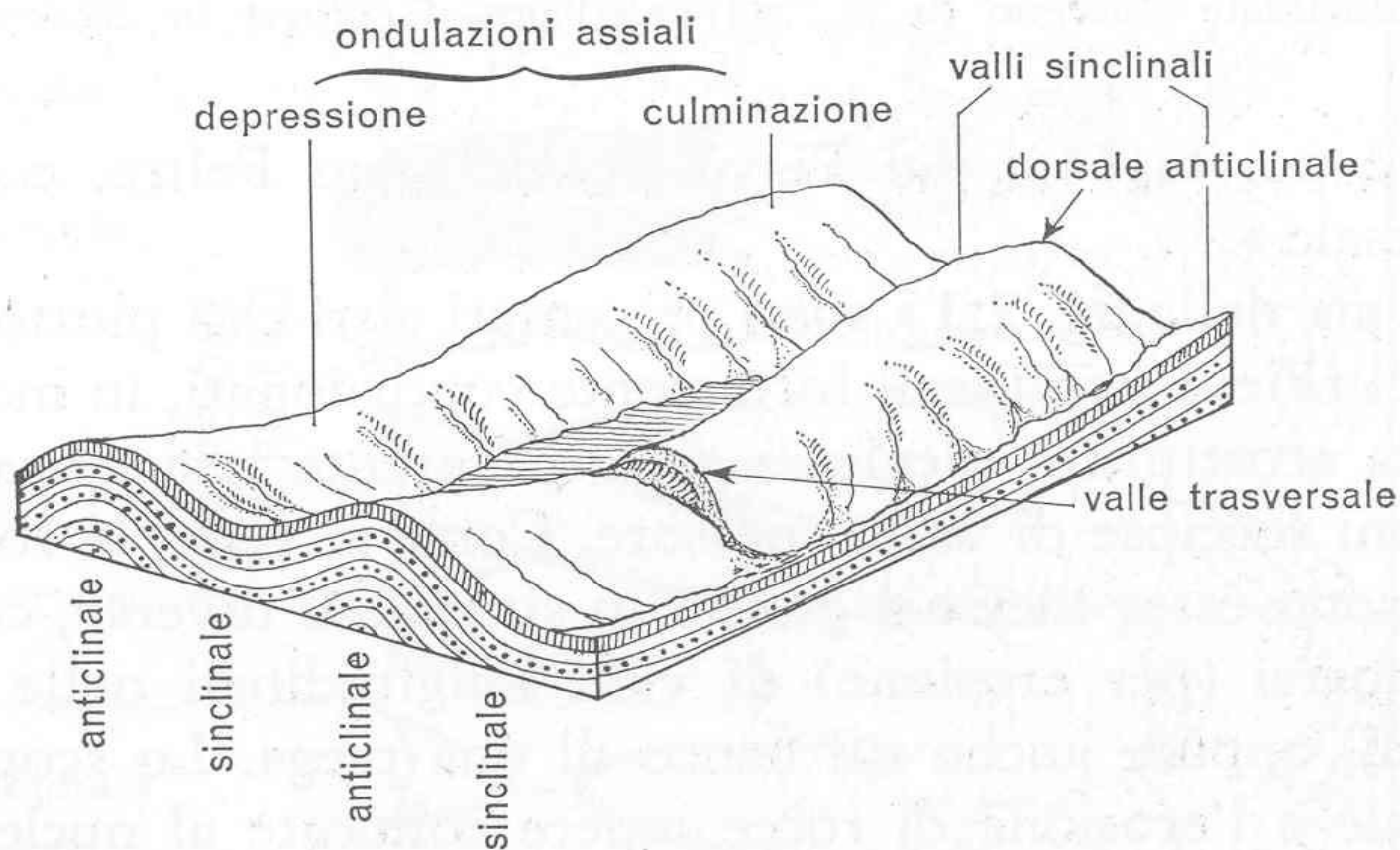


Fig. 2.13. Terminologia relativa a *strutture a pieghe* e a rilievi tettonici risultanti. Qui si immaginano limitatissimi gli effetti dell'erosione; si è impostata una rete idrografica che segue le pendenze determinate dal piegamento della superficie, ed è in corso di erosione una valle trasversale.

Rilievi di tipo giurassico e rilievi di tipo appalachiano

Rilievi di tipo giurassico

Struttura data da pieghe regolari anticlinali e sinclinali, circa parallele. La loro demolizione è poco avanzata e sono rare le inversioni di rilievo. Semplicità delle strutture.

Rilievi di tipo appalachiano

Fenomeni di corrugamento con strutture a pieghe irregolari. Superfici di spianamento che hanno annullato o attenuato i dislivelli; è seguito un sollevamento regionale che ha causato la ripresa dell'erosione fluviale; formazione di un reticolo con sommità dei rilievi piatte; formazione di valli susseguenti e lunghe dorsali.

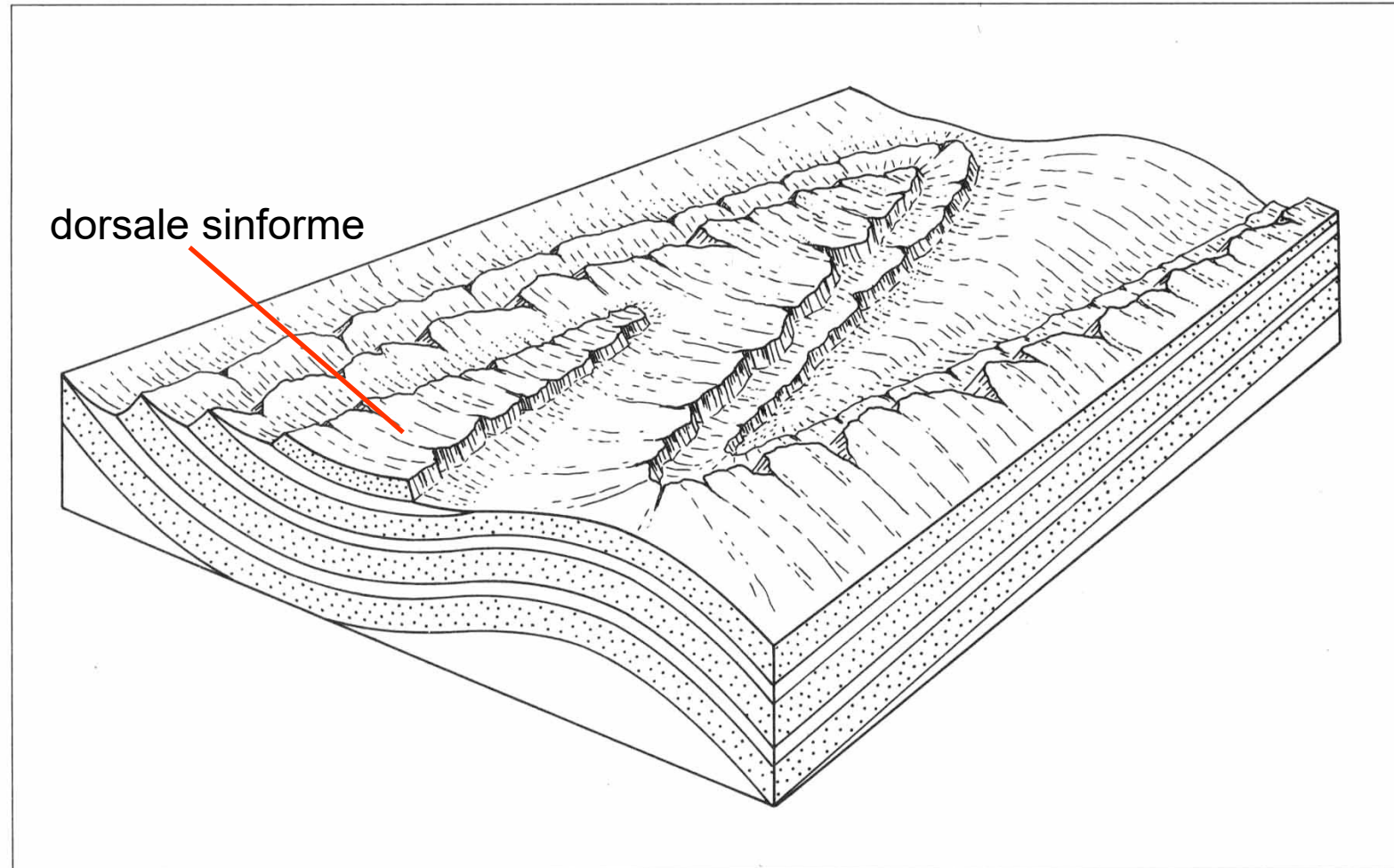
Appalachi

Figura 14-34 (a) Formazione di valli d'anticlinali e dorsali di sinclinali; (b) immagine da satellite del rilievo a pieghe dei Monti Appalachi negli Stati Uniti orientali (*Worldsat International Inc./Science Photo Library/Photo Researchers, Inc.*).



(b)

Rilievi appalachiani



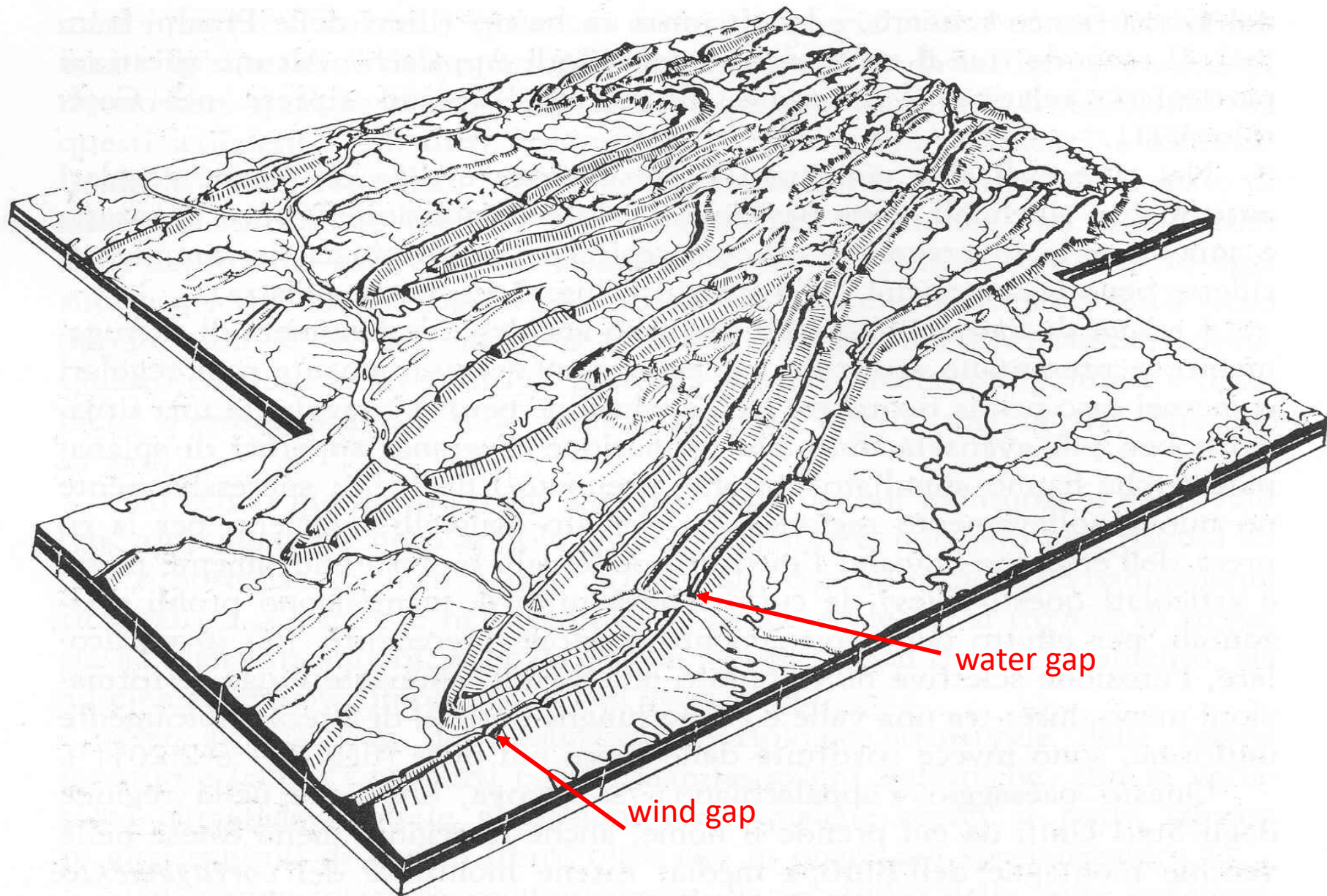
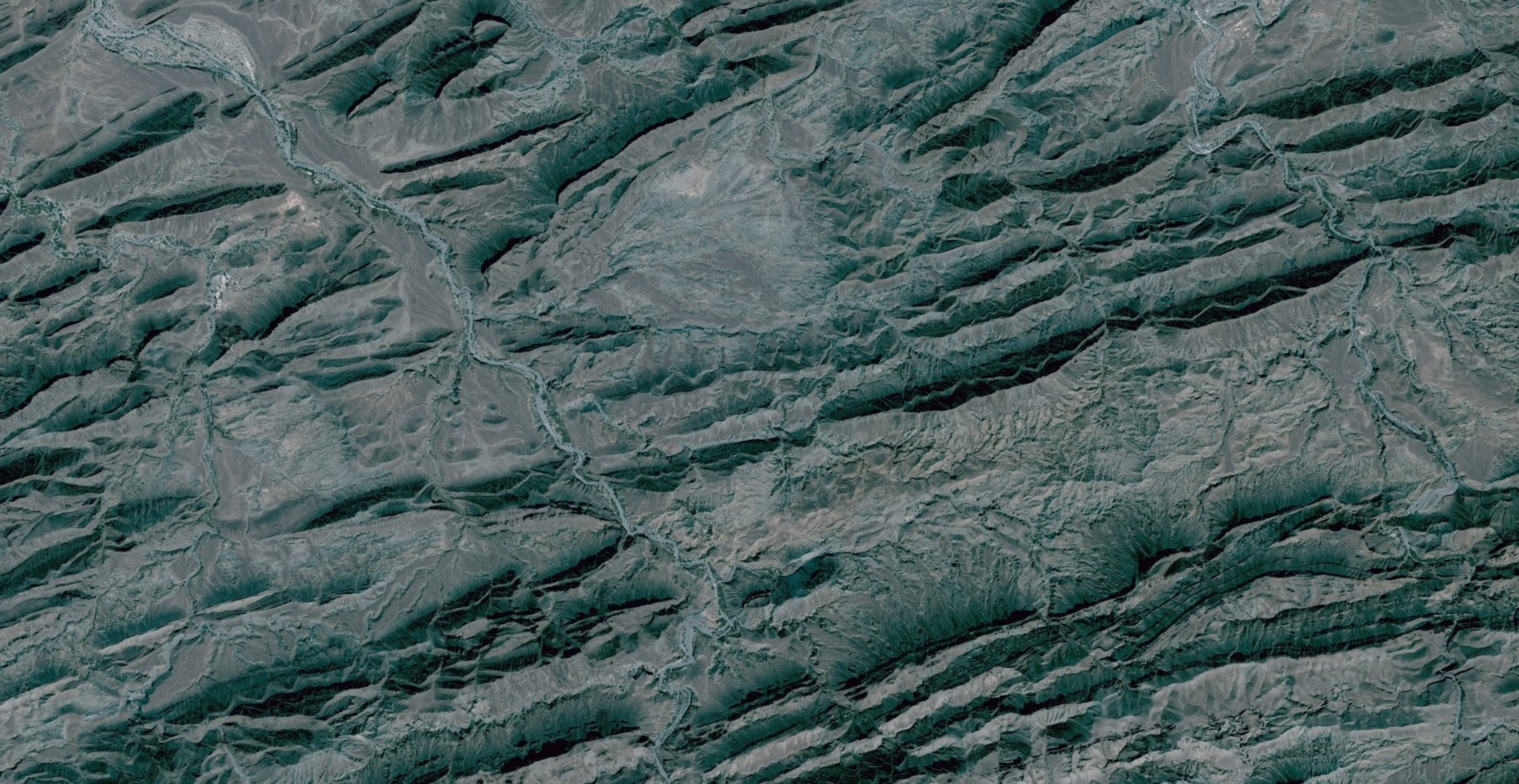


Fig. 2.20. Catene con rilievi di « tipo appalachiano », in Pennsylvania (dis. di C. SOROTCHINSKY).

Il fiume trasversale, dal tracciato incongruente rispetto alle catene, è il Susquehanna.





Docente
Prof. Aldino Bondesan

Geomorfologia strutturale Neotettonica



Neotettonica

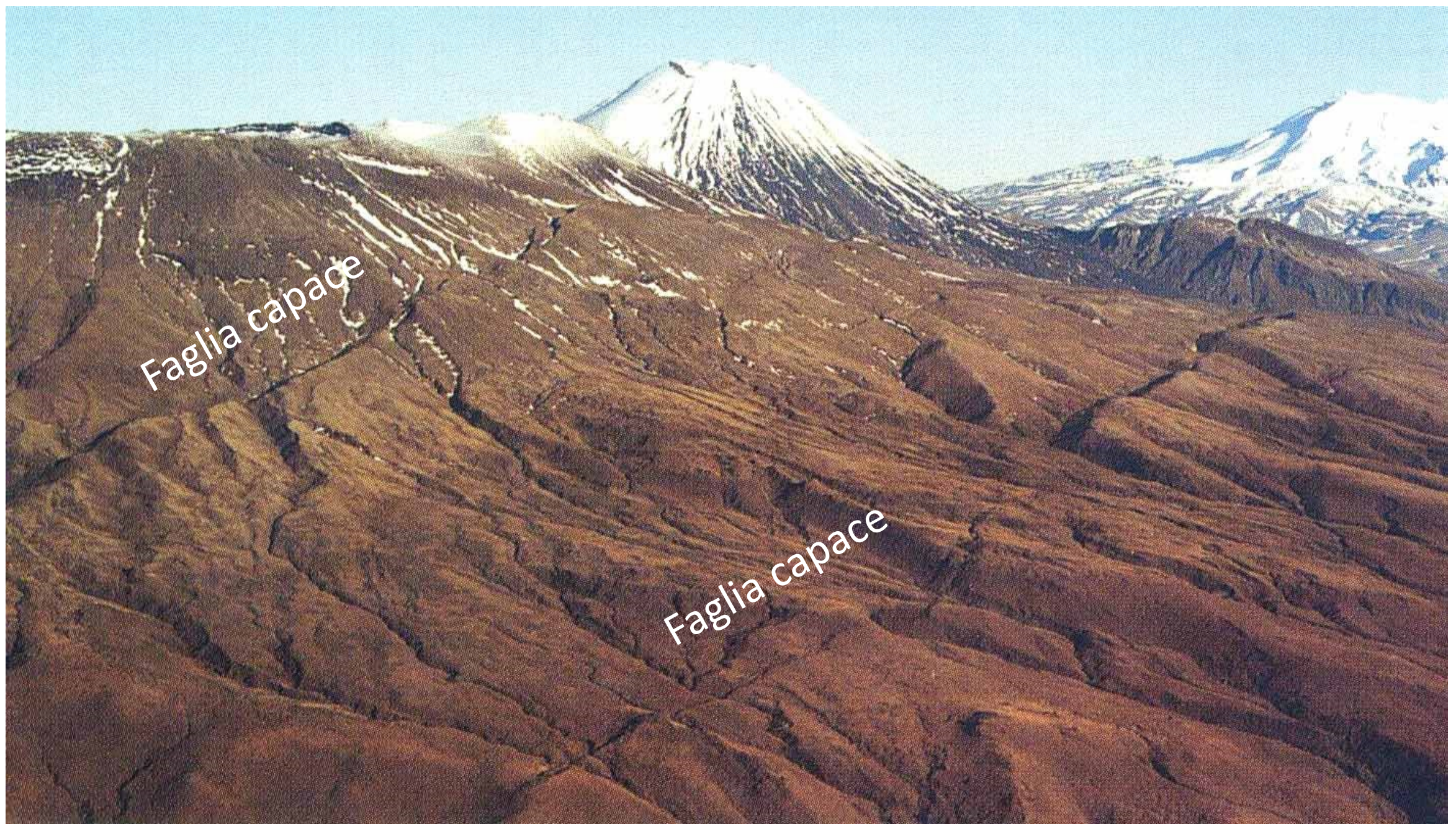
Neotettonica: movimenti tettonici recenti ed attuali, in particolare nel Pliocene e nel Quaternario (ultimi 5 milioni di anni)

Studio delle Faglie Attive e Capaci

Evidenze di neotettonica:

- deformazioni o dislocazioni di rocce o depositi
- deformazione di forme del rilievo (ad esempio terrazzi marini o fluviali)
- misure geodetiche di precisione
- effetti dei terremoti
- distacco di speleotemi

Contributo della geomorfologia nello studio della neotettonica



Faglia capace

Faglia capace



Neotettonica

Fasi in cui si articola una ricerca di neotettonica:

- Ricerca bibliografica
- Interpretazione di immagini da satellite (individuazione lineamenti)
- Fotointerpretazione (lineamenti ed indizi geomorfologici di neotettonica)
- Misure geodetiche e geofisiche
- Rilevamento sul terreno (verifiche e acquisizione di nuovi dati relativi alle forme e ai depositi)

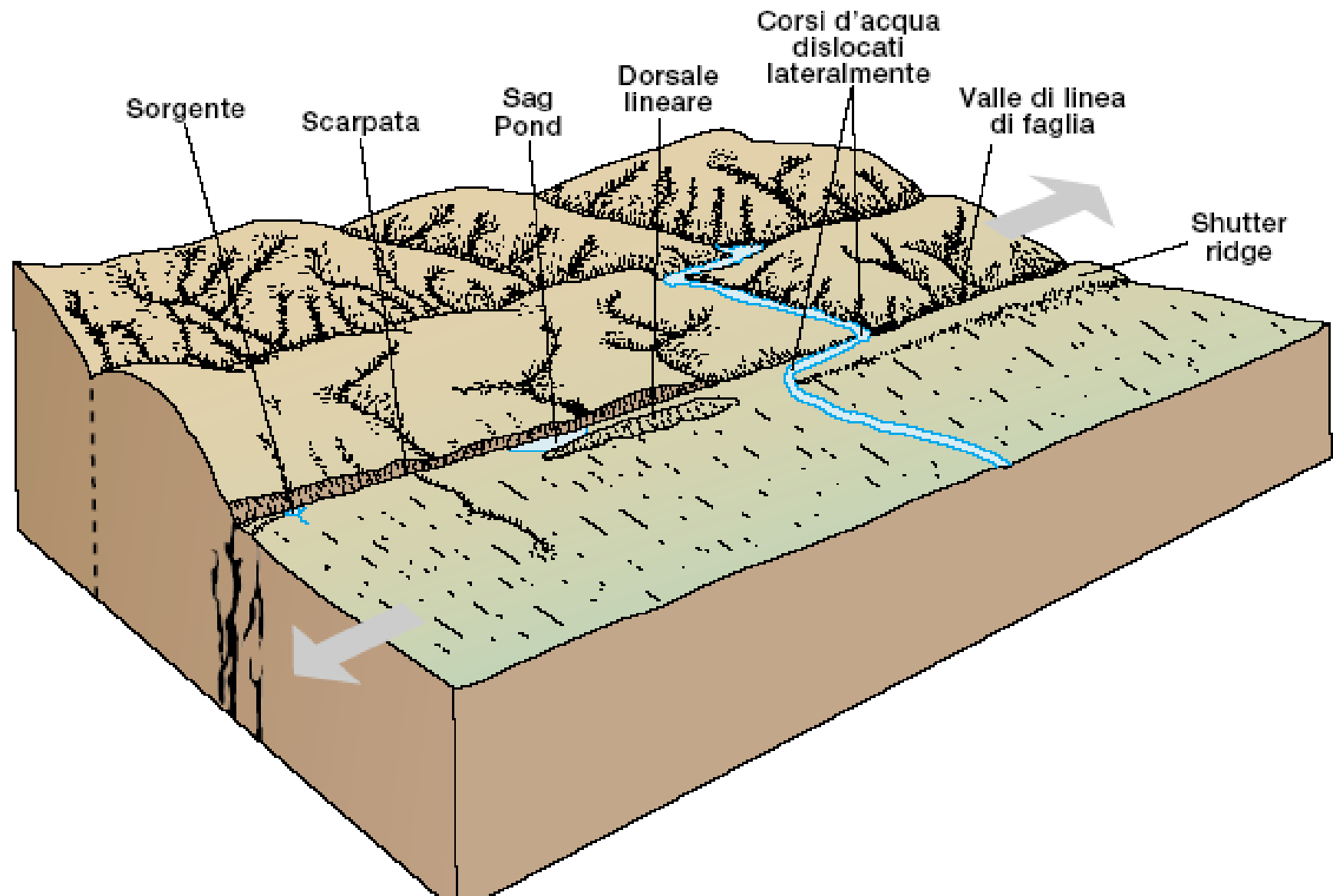
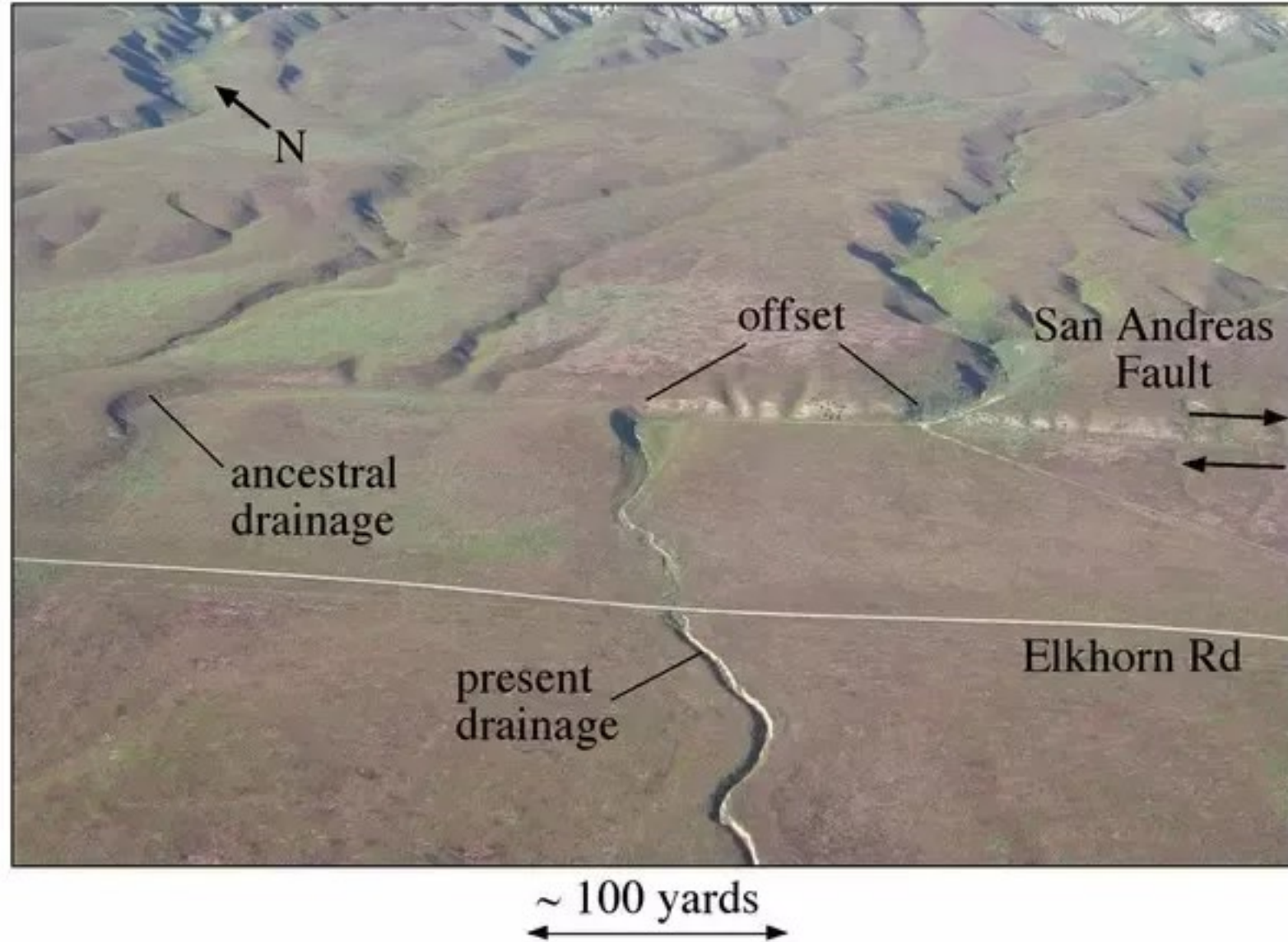


Figura 14-41. Paesaggi comunemente prodotti dalle faglie trascorrenti.



Faglie superficiali trascorrenti




Faglia del Monte Vettore

La faglia responsabile del
devastante terremoto del 30
ottobre 2016, situata sul Monte
Vettore (la montagna più alta del
sistema dei Monti Sibillini),

Rigetto verticale





Faglia del Monte
Vettore.
Dislocamento
avvenuto nel 2016





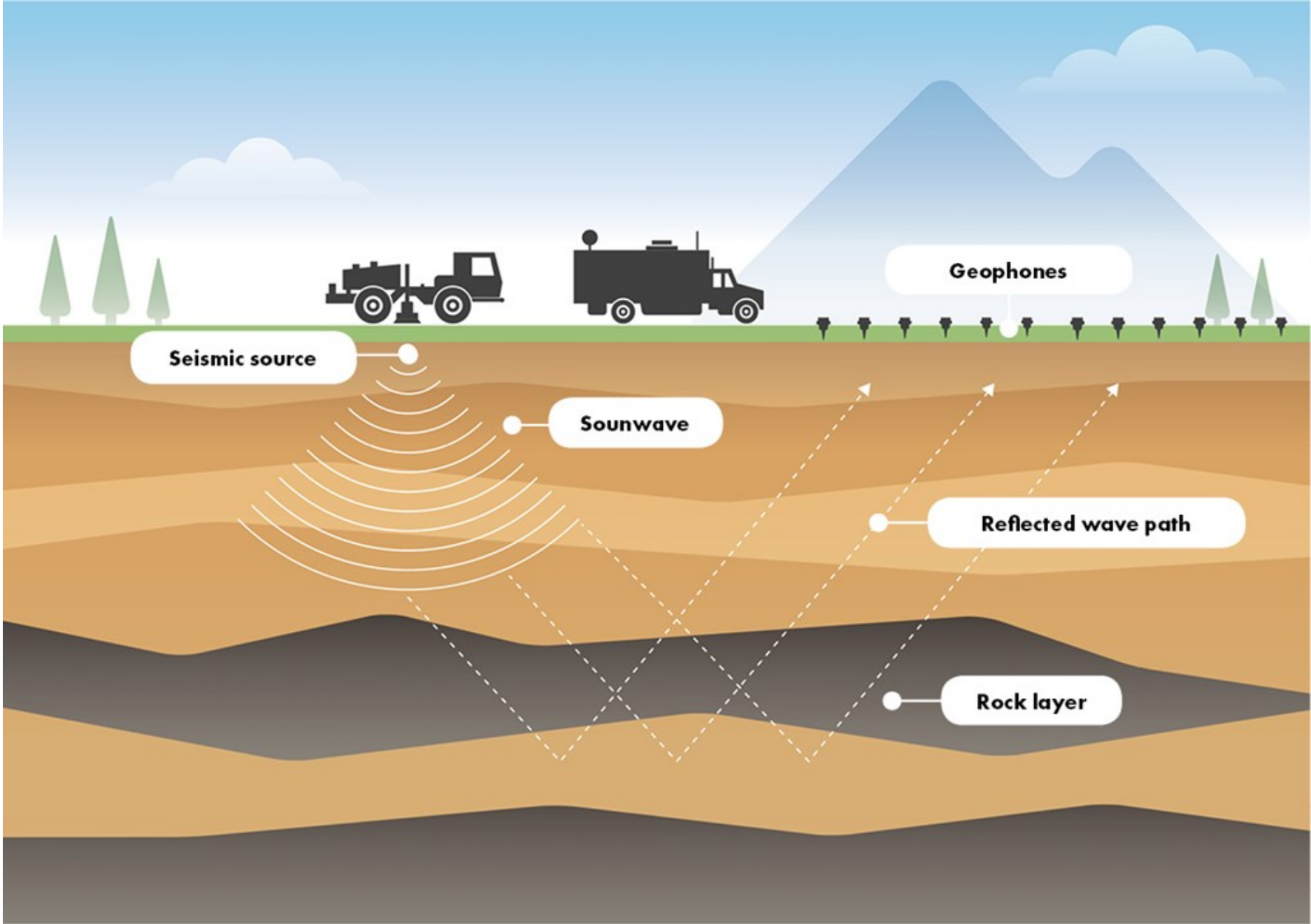


Scarpata di
faglia

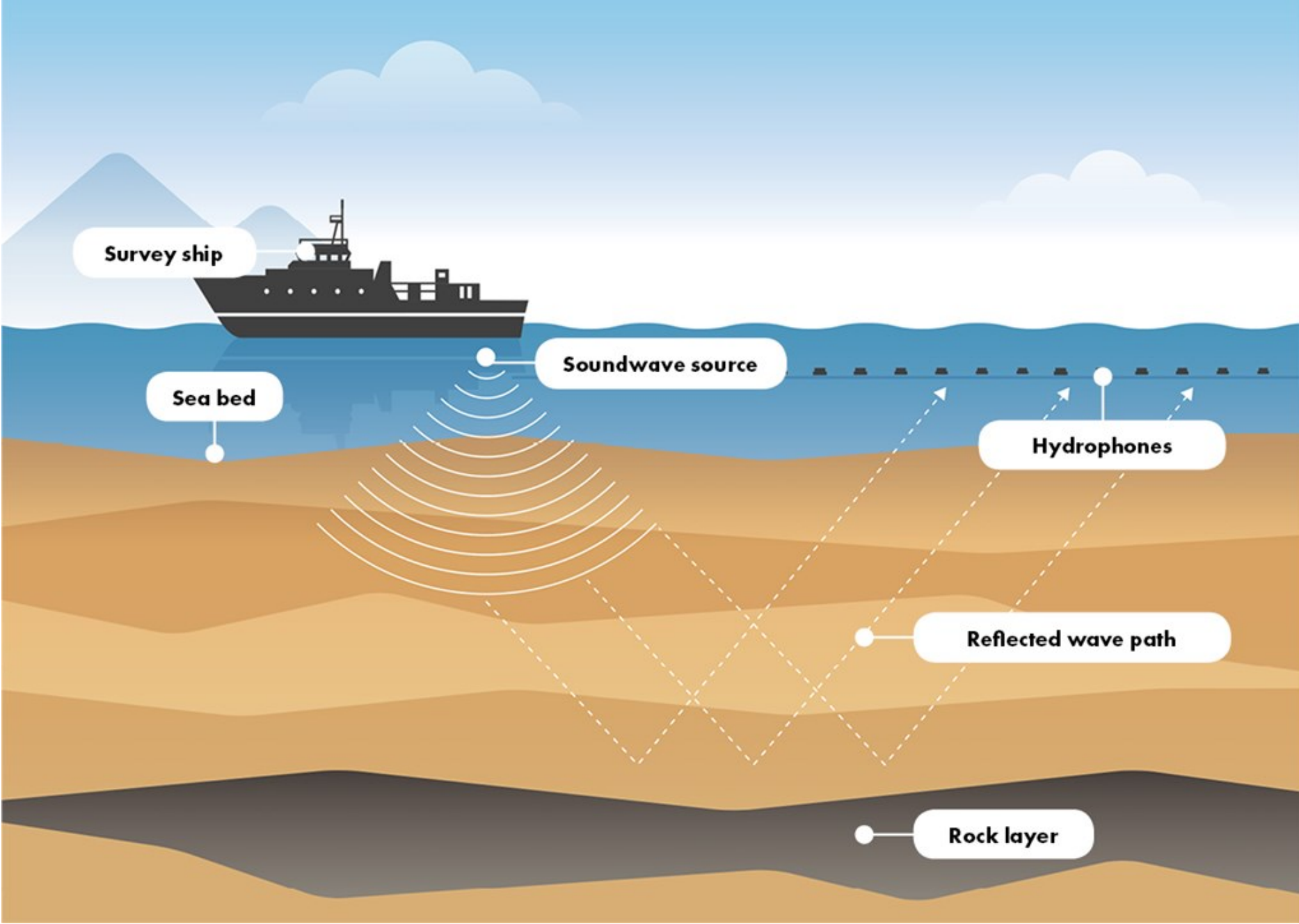
Flessura che indica la presenza di
una faglia sepolta



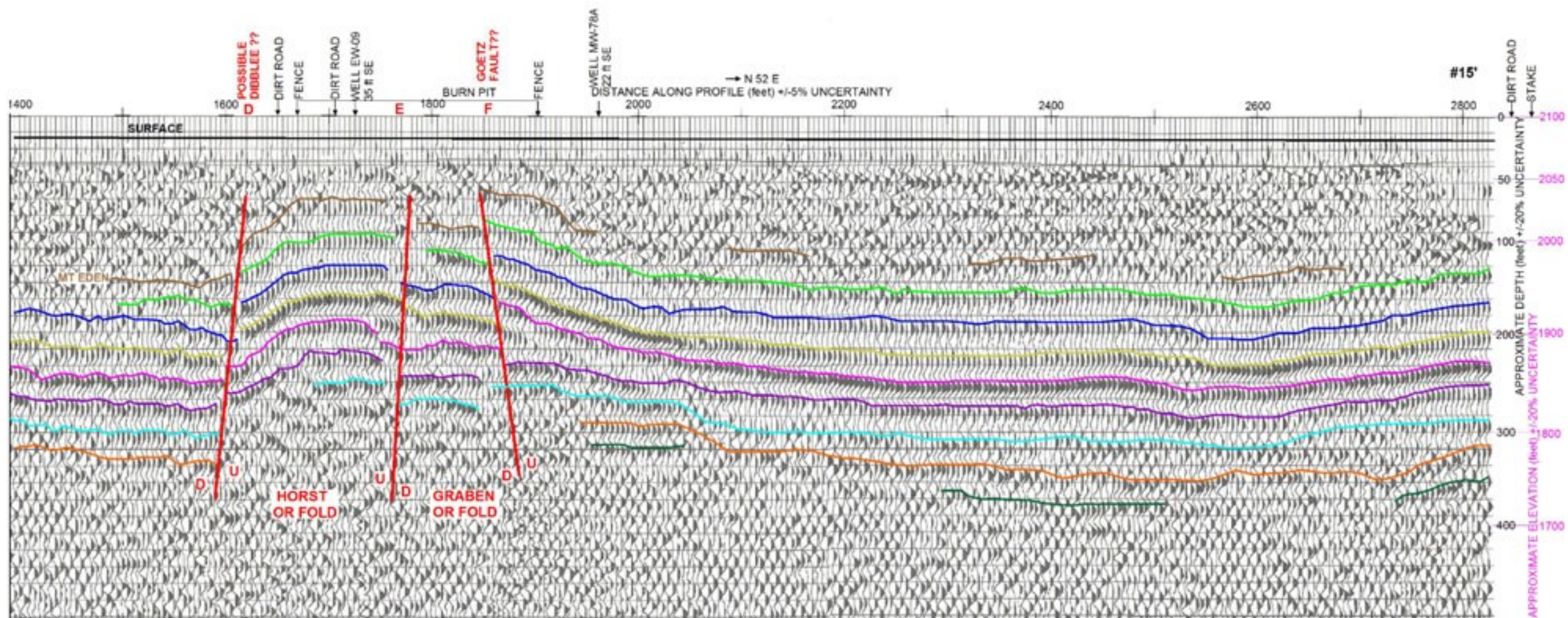
Rilievi sismici a terra



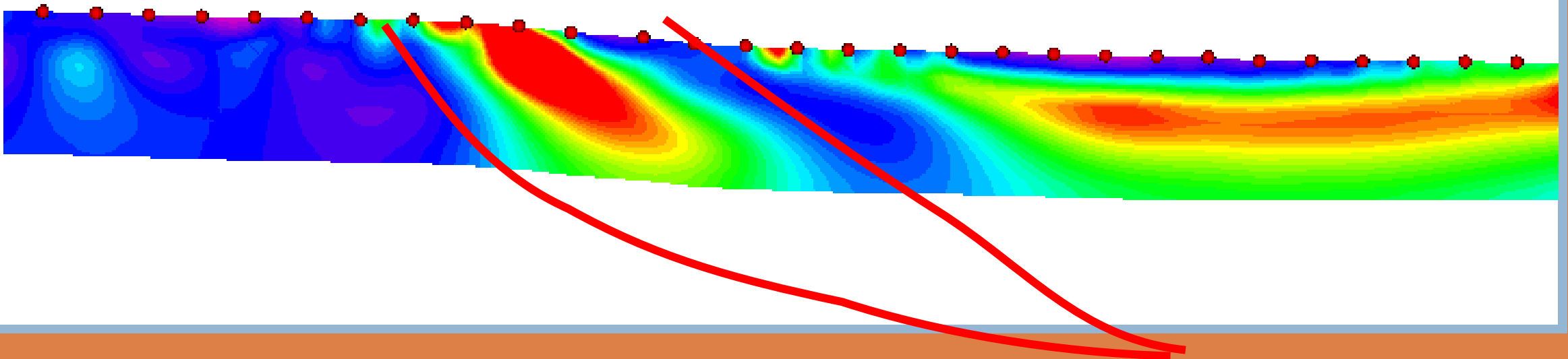
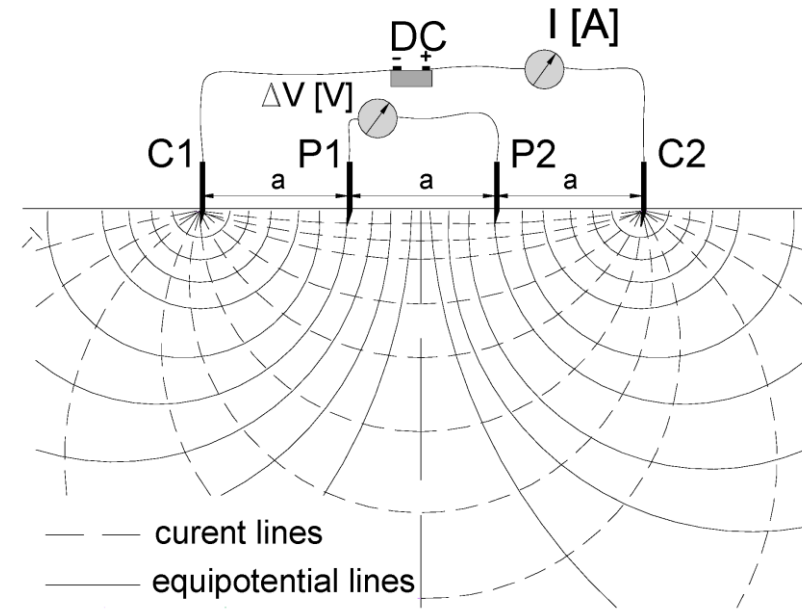
Rilievi sismici in mare



Sezione sismica

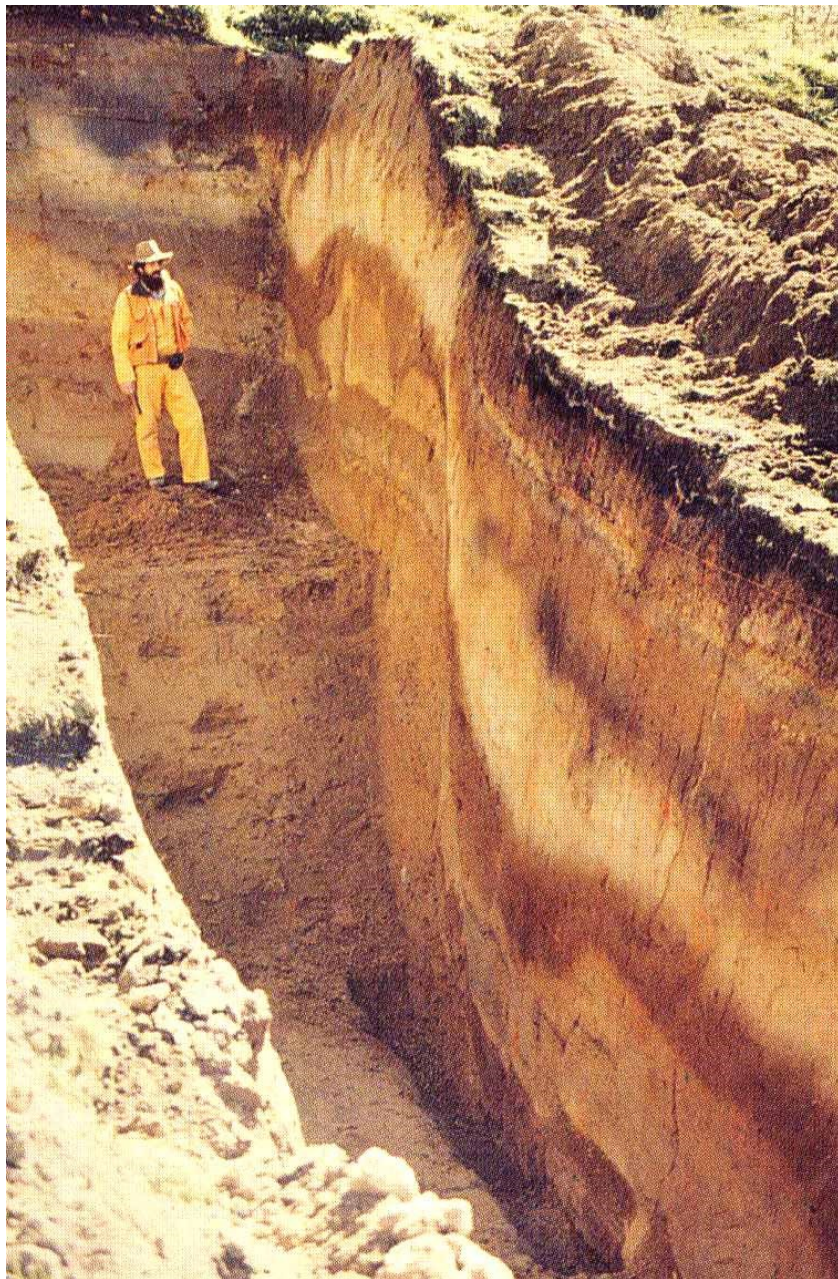


Rilievi geoelettrici

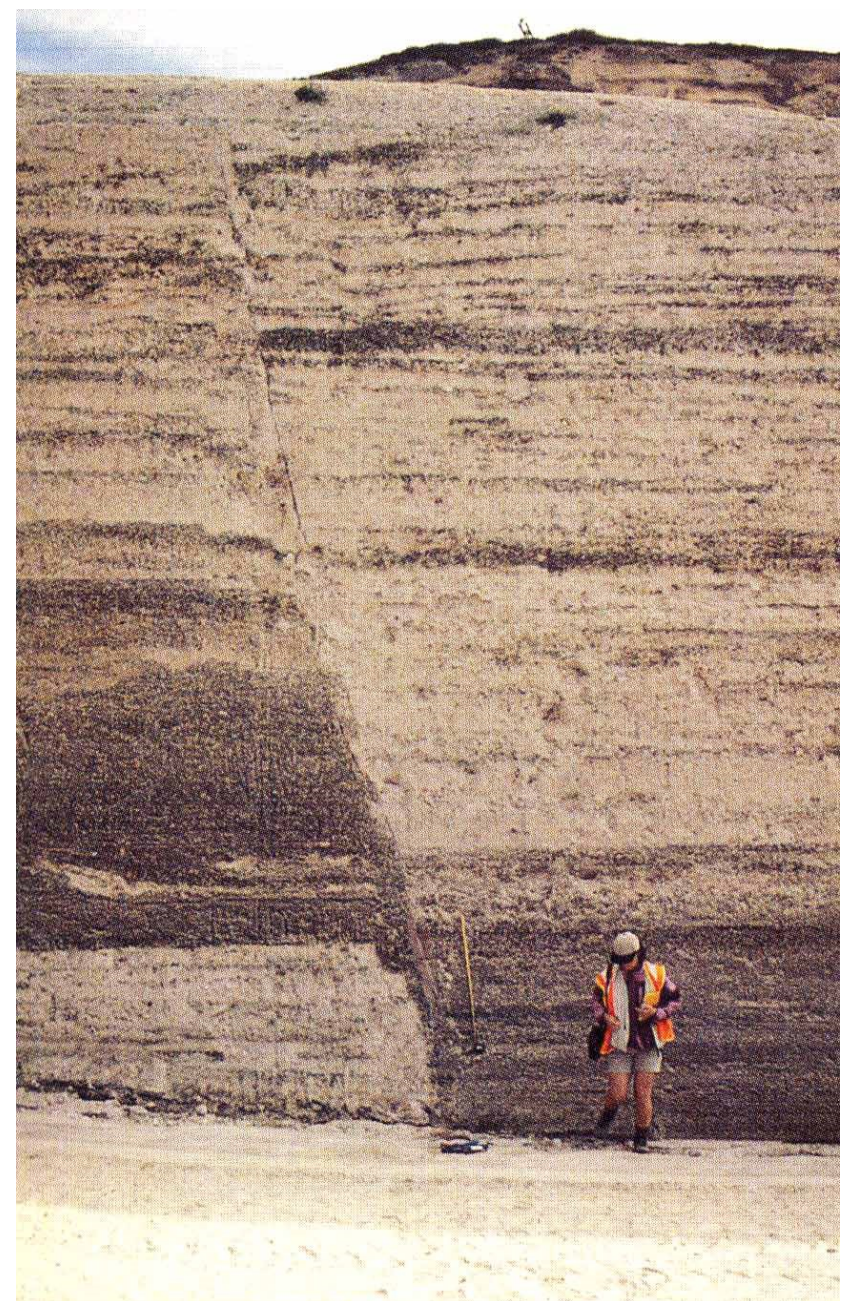


Rigetto di
faglia in
trincea
paleosismica





Rigetto di
faglia in
trincea
paleosismica



Rigetto di
faglia in cava

fine

