

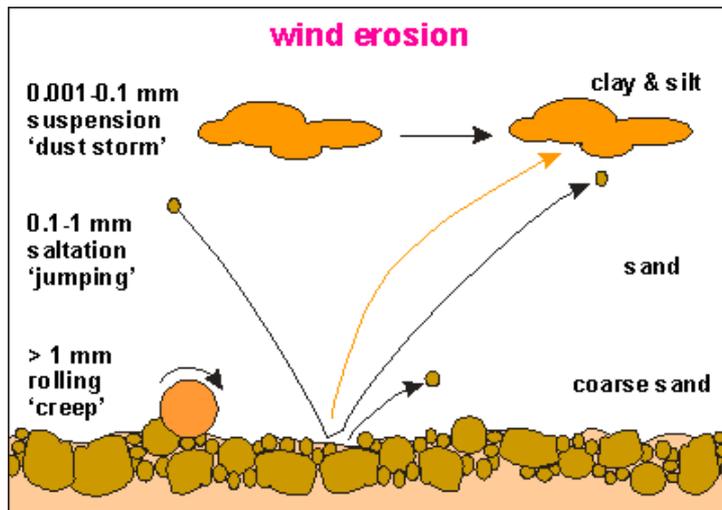
# Trasporto

## Trasporto

Una volta che il detrito è stato formato dalla degradazione, può essere preso in carico da agenti diversi (erosione) e trasportato a valle, come segue:

- Trasporto per mezzo del vento (tempeste di sabbia)
- Trasporto per mezzo della gravità sotto forma di soil creep e frane
- Trasporto per mezzo dell'acqua (fiumi, correnti marine)
- Trasporto glaciale

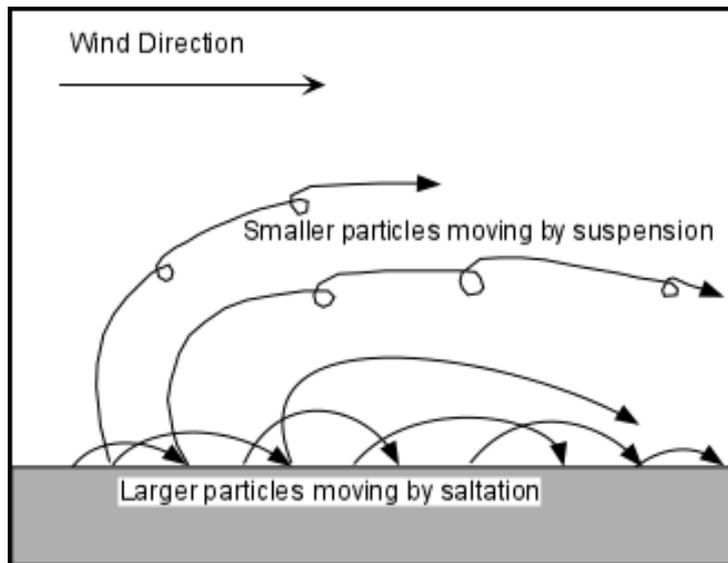
# Modalità di trasporto del vento



Wind transports sediment near the surface by saltation. Just as in the bed load of streams, saltation refers to short jumps of grains dislodged from the surface and jumping a short distance.

As the grains fall back to the surface they may dislodge other grains that then get carried by wind until they collide with ground to dislodge other particles.

Smaller particles can become suspended in the wind and may travel for longer distances.





Sabbia sollevata dal vento sulla cima di una duna



www.FunOnTheNet.in

## Dust Storms

They are known by many names: Haboob, Simum, Black Blizzards. A solid wall of dust almost a mile high, moving whole sand dunes and bringing Biblical darkness to the huge areas of the world. Scorching hot winds (up to 40 degrees Celsius) blowing the sand around with hurricane speeds... What seems extreme to us is actually a common occurrence in Africa and the Middle East. The similar sand-saturated hurricane-speed storms over Mediterranean are called Sirocco, Yugo and Ghibli. The dust (or desert sand) particles become airborne and held in suspension, creating a moving front. The convection of cold air over the heated ground maintains the storm and keeps the dust rolling.

A dust storm crossing the Red Sea from Egypt to Saudi Arabia on May 13, 2005

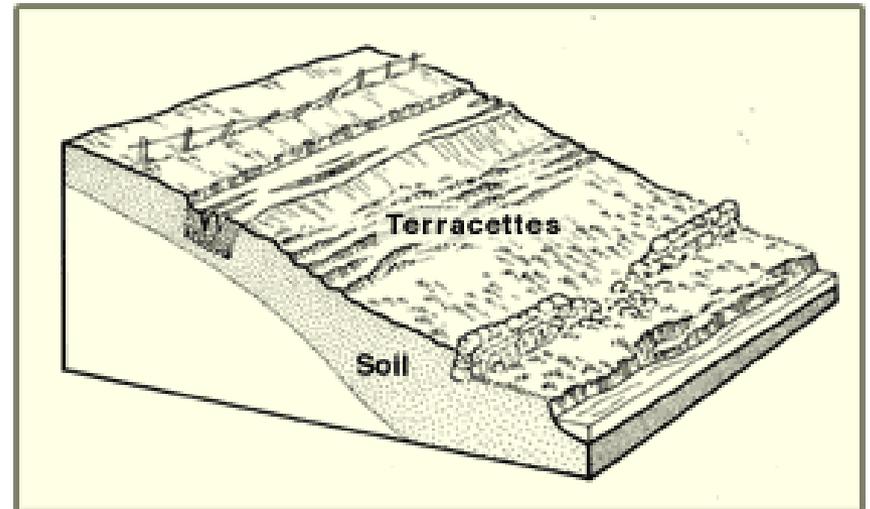
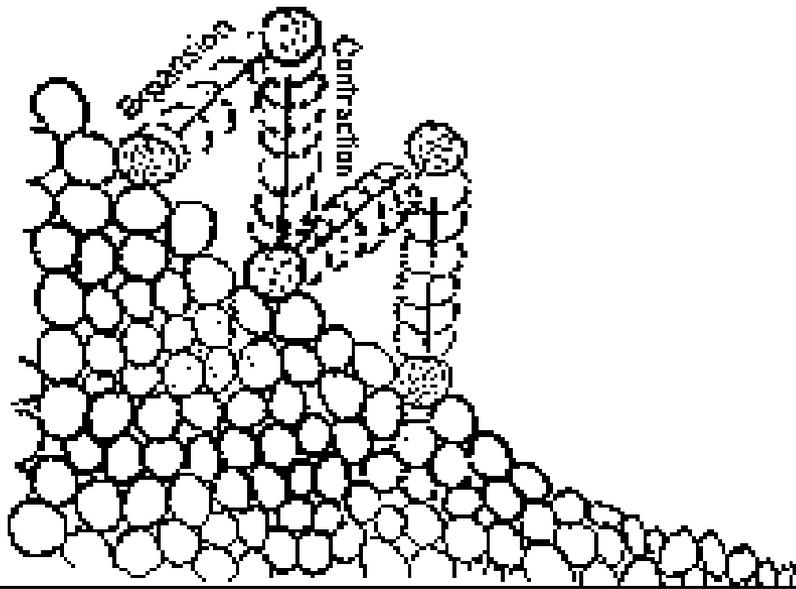




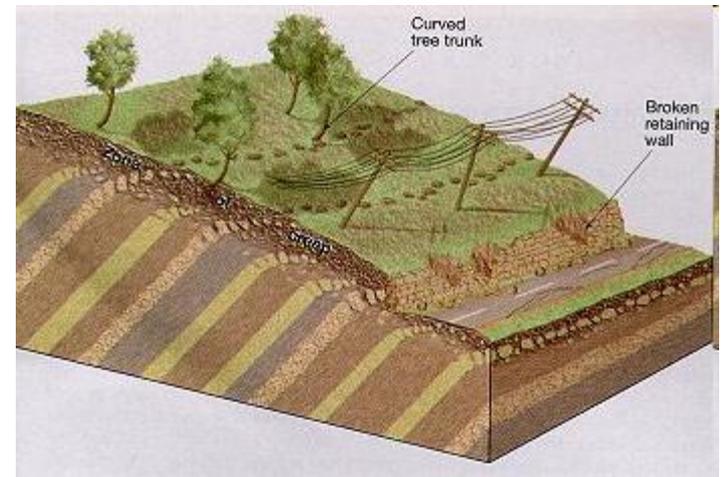
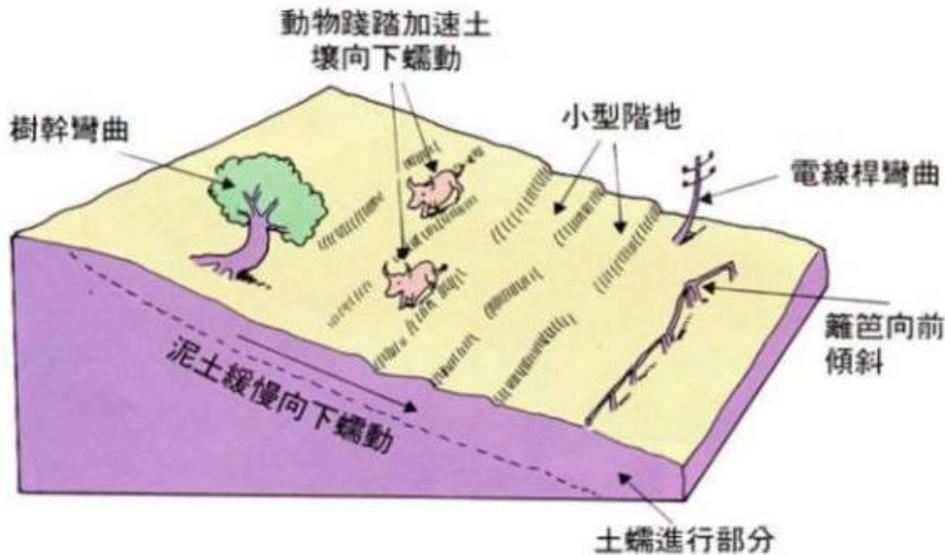
# Trasporto per gravità

**Soil creep** is a very slow movement, occurring on very gentle slopes because of the way soil particles repeatedly expand and contract in wet and dry periods. When wet, soil particles increase in size and weight, and expand at right angles. When the soil dries out, it contracts vertically. As a result, the soil slowly moves down slope

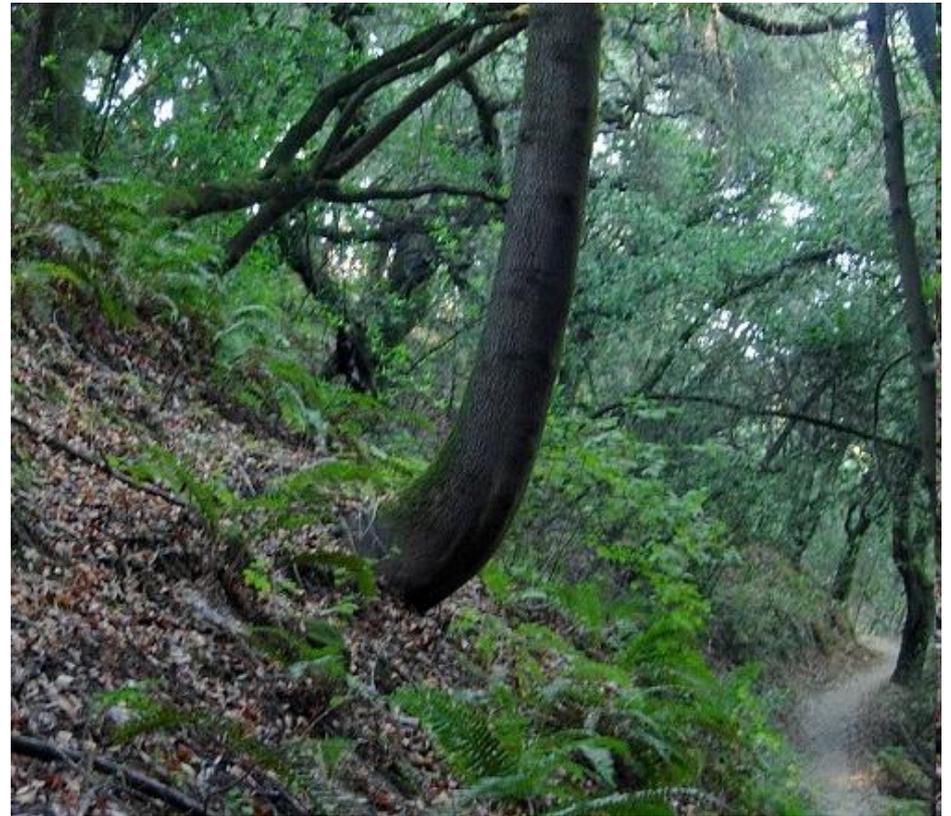
<http://www.bbc.co.uk/bitesize/higher/geography/physical/lithosphere/revision/8/>



# Soil creep



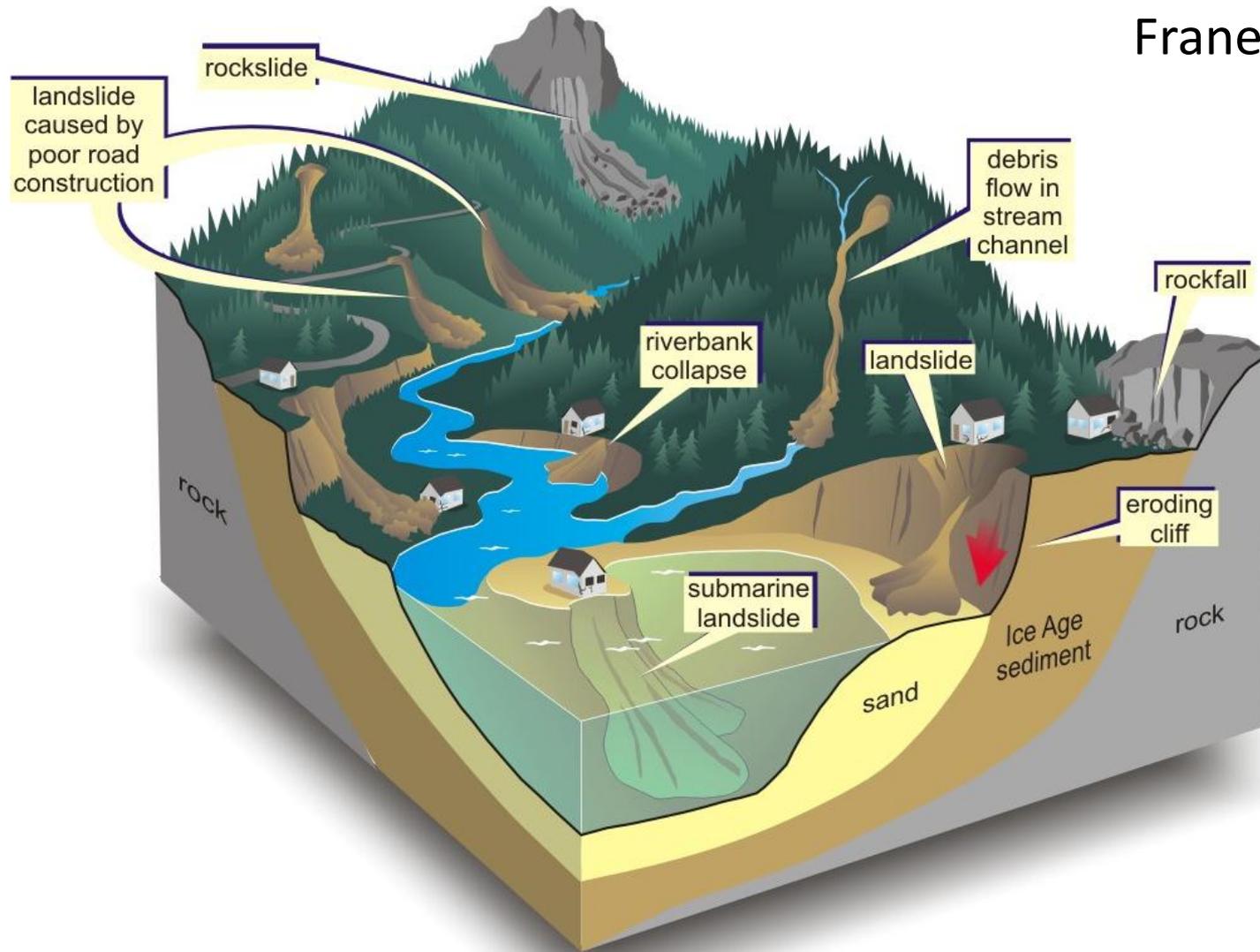
## Effetti del soil creep





## Effetti del fenomeno del soil creep

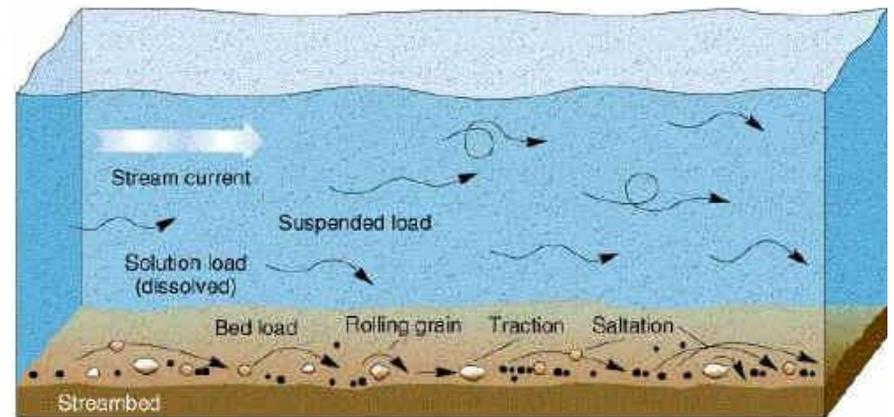
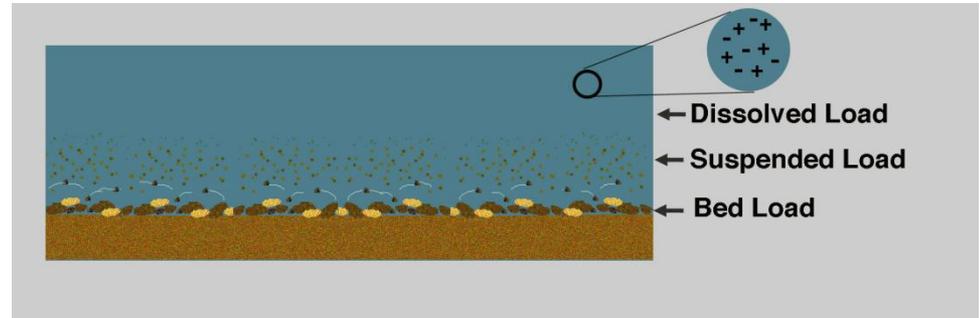
# Frane



Erosione, **trasporto** e deposizione dovuti alla gravità

# Trasporto dovuto alle correnti d'acqua

Water is the main transportation medium. The quantity of sediment carried by a flow of water is directly proportional to the water velocity, i.e., the greater the flow, the greater the load of sediment carried both in suspension and along the bed. The maximum size of particle moved or carried also increases with increasing velocity.



## ***Bed Load – Trasporto di fondo***

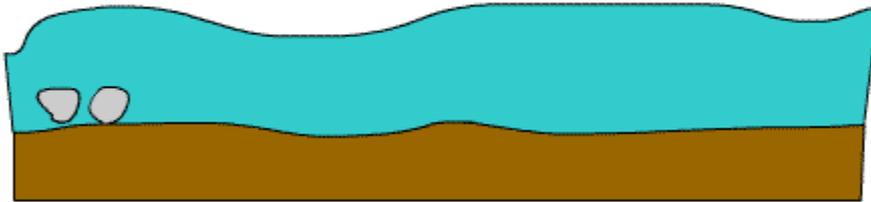
coarser and denser particles that remain on the bed of the stream most of the time but move by a process of saltation (jumping) as a result of collisions between particles, and turbulent eddies. Note that sediment can move between bed load and suspended load as the velocity of the stream changes.

Oltre al movimento per saltazione, il sedimento sul fondo del fiume si muove per trazione (scivolamento) e per rotolamento, a seconda che le particelle di detrito siano piatte o arrotondate.

Il movimento per rotolamento avverrà per velocità della corrente più basso rispetto al movimento per trazione in quanto le particelle piatte hanno attrito maggiore al movimento rispetto alle particelle rotondeggianti

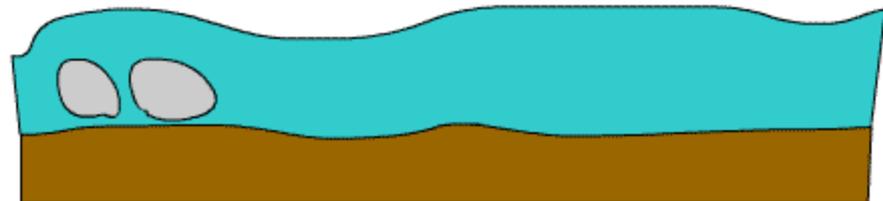
## ***Trasporto di fondo***

saltation



Large particles such as gravel and coarse sand are lifted and dropped along the river, so they bounce along the river bed in a series of bed.

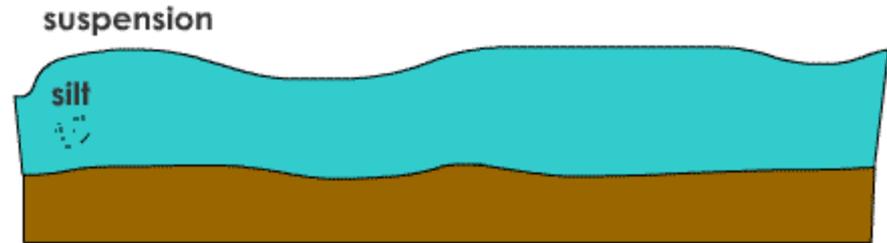
rotolamento



Larger particles like pebbles and boulders roll and slide along the river bed.

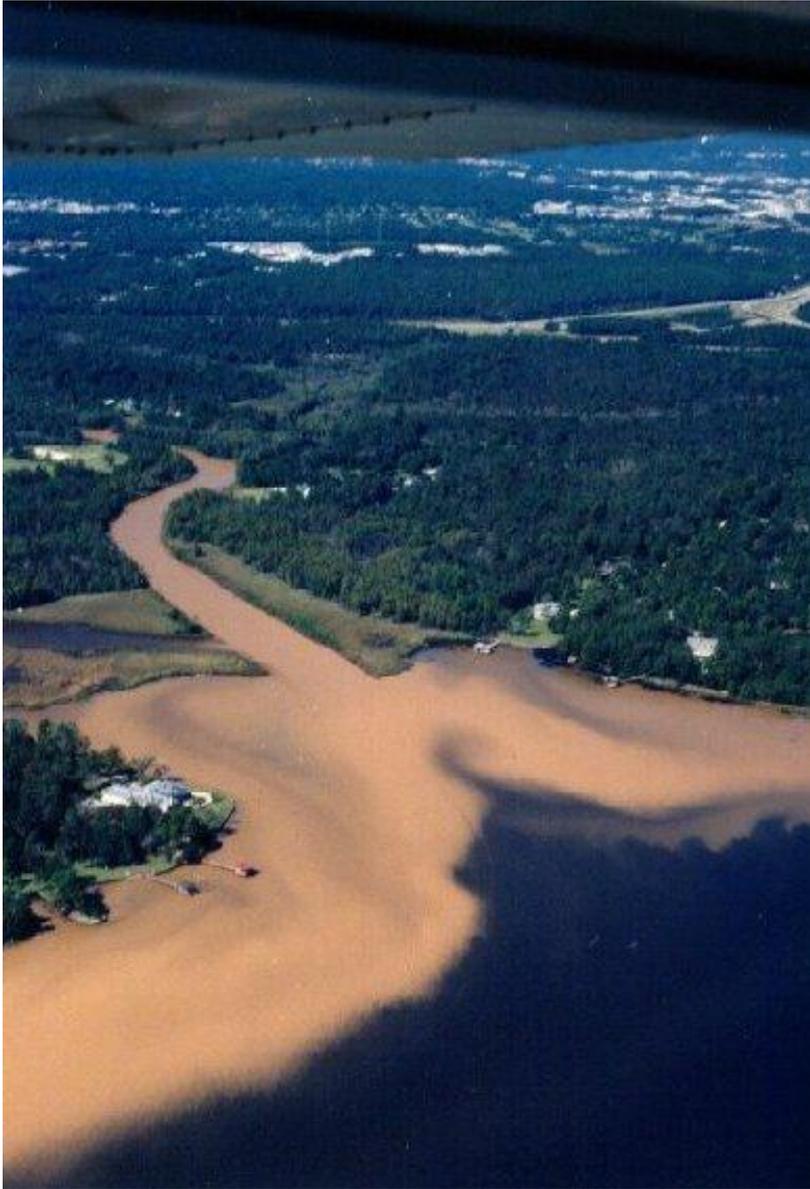
## ***Trasporto per sospensione***

Smaller particles such as clay, silt and fine sand are carried along without contact with the river bed. Materials carried in suspension usually forms the greatest part of the total river bed.



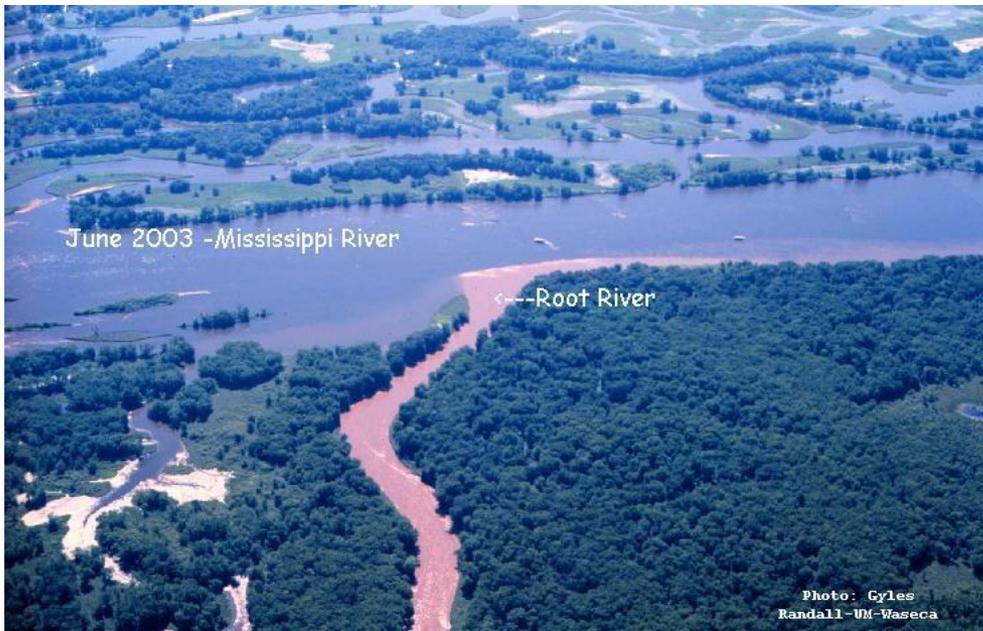
## **Correnti superficiali con materiale in sospensione**





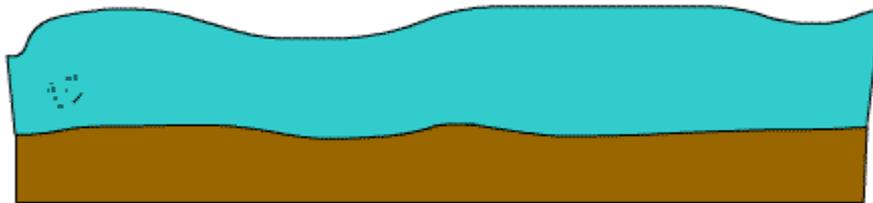
***Suspended Load*** - particles that are carried along with the water in the main part of the streams. The size of these particles depends on their density and the velocity of the stream. Higher velocity currents in the stream can carry larger and denser particles

Il colore giallo del fiume è dovuto al materiale che trasporta in sospensione, usualmente argilla e silt. Il colore del sedimento è quello delle rocce o del suolo da cui deriva il detrito



***Dissolved Load*** - ions that have been introduced into the water by chemical weathering of rocks. This load is invisible because the ions are dissolved in the water. The dissolved load consists mainly of  $\text{HCO}_3^-$  (bicarbonate ions),  $\text{Ca}^{+2}$ ,  $\text{SO}_4^{-2}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Na}^{+2}$ ,  $\text{Mg}^{+2}$ , and  $\text{K}^+$ . These ions are eventually carried to the oceans and give the oceans their salty character.

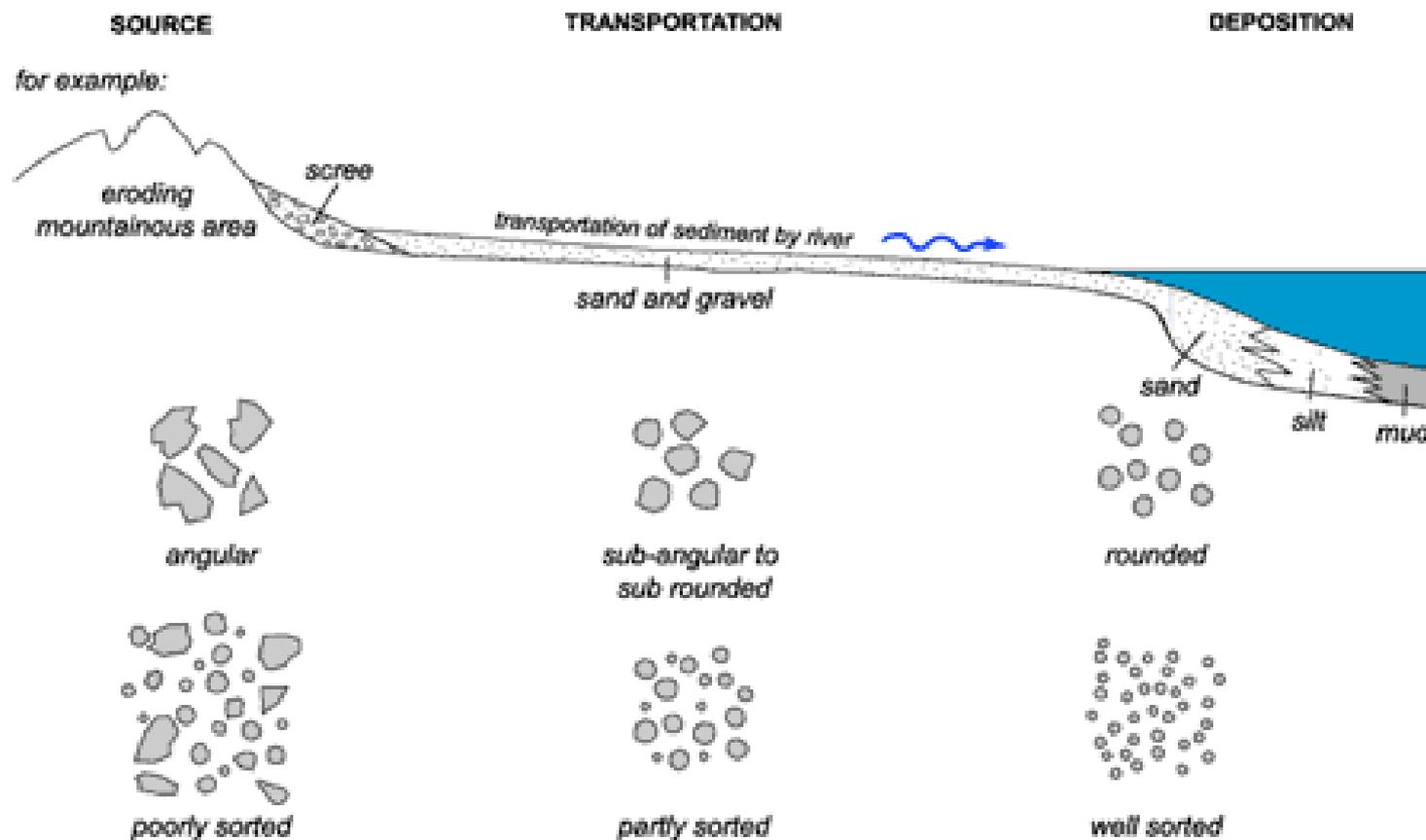
Streams that have a deep underground source generally have higher dissolved load than those whose source is on the Earth's surface.



Dissolved materials containing minerals like calcium and sodium are carried in the water. Trying to look out for these type of load in a river? Too bad, they cannot be seen by a naked eye

# Effetti del trasporto in acqua sul sedimento

## SEDIMENT TRANSPORTATION & SORTING



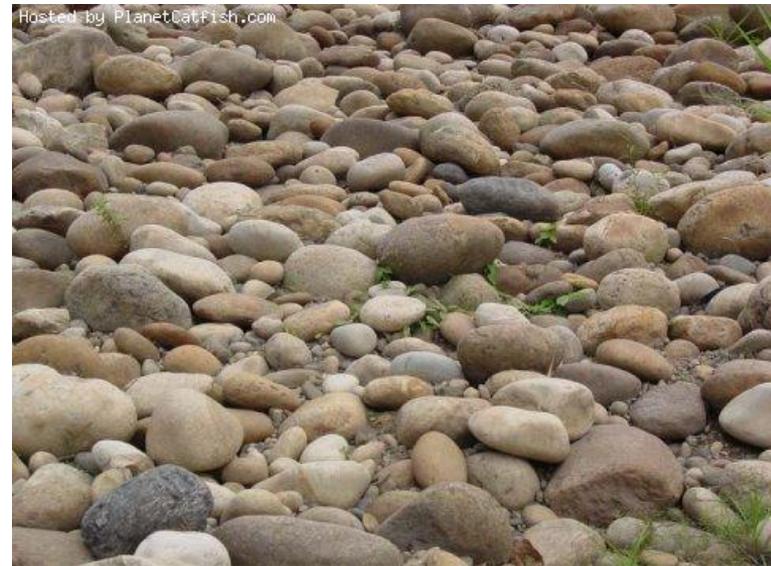
Transportation imparts important characteristics to the sediments as follows:

1. **Sediment particles become more rounded the longer the transportation process (both in time and distance)**, i.e., angular fragments close to sediment source, rounded grains furthest from source. Rate of rounding will increase in high-energy situations, e.g. floods.
2. **Sediment particles become better sorted the longer the transportation process (both in time and distance)**, i.e., badly sorted deposits with a jumble of all sizes (boulders to sands) close to source, well sorted deposits of one particular size of grains (sands, silts) furthest from source.
3. **Size decreases with increasing distance from source**, i.e., large boulders closest to source, finest silts and clays furthest from source.

## Trasporto fluviale

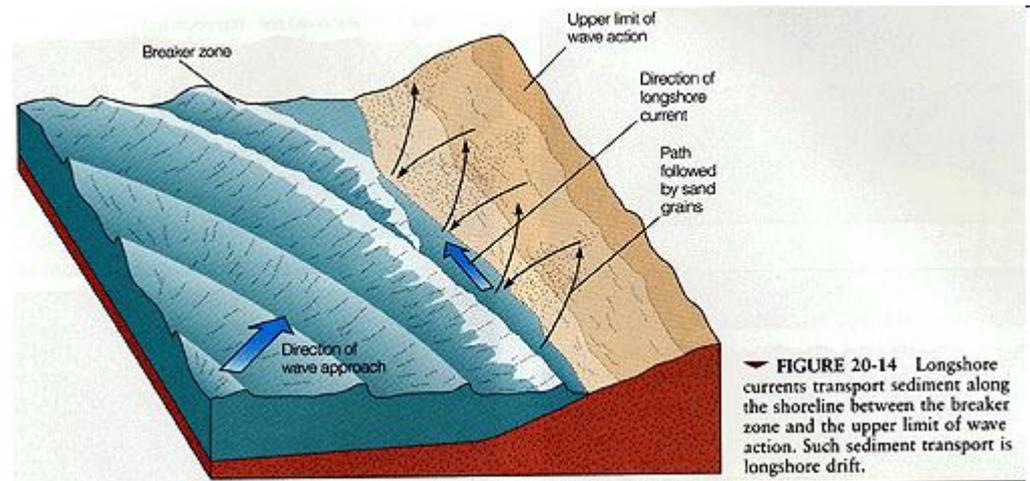


L'arrotondamento delle particelle di detrito (ciottoli, ghiaia, sabbia), durante il trasporto in acqua corrente, è dovuto ai processi di usura che si instaurano a causa degli impatti tra i ciottoli stessi e tra i ciottoli e il fondo.

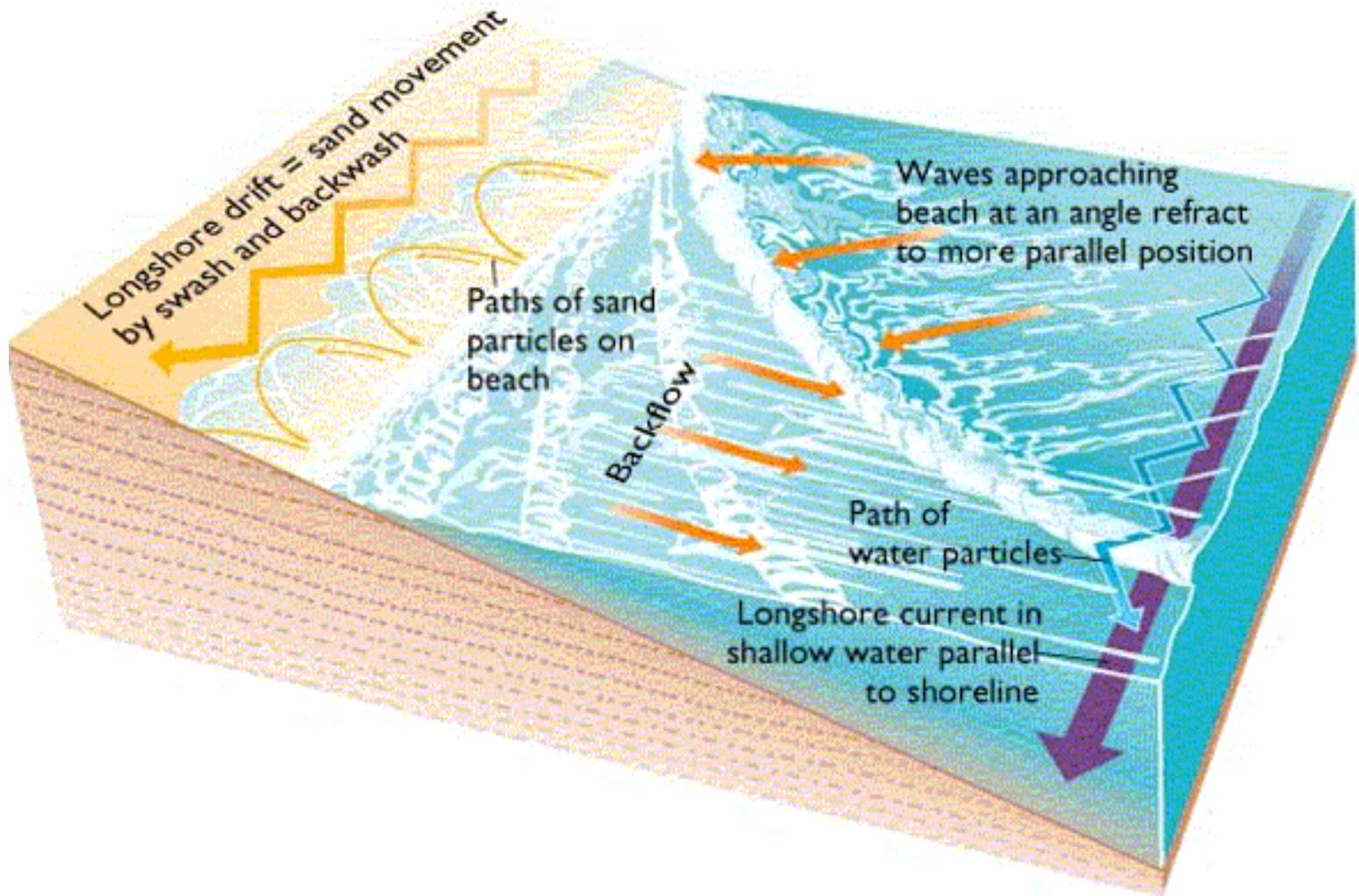




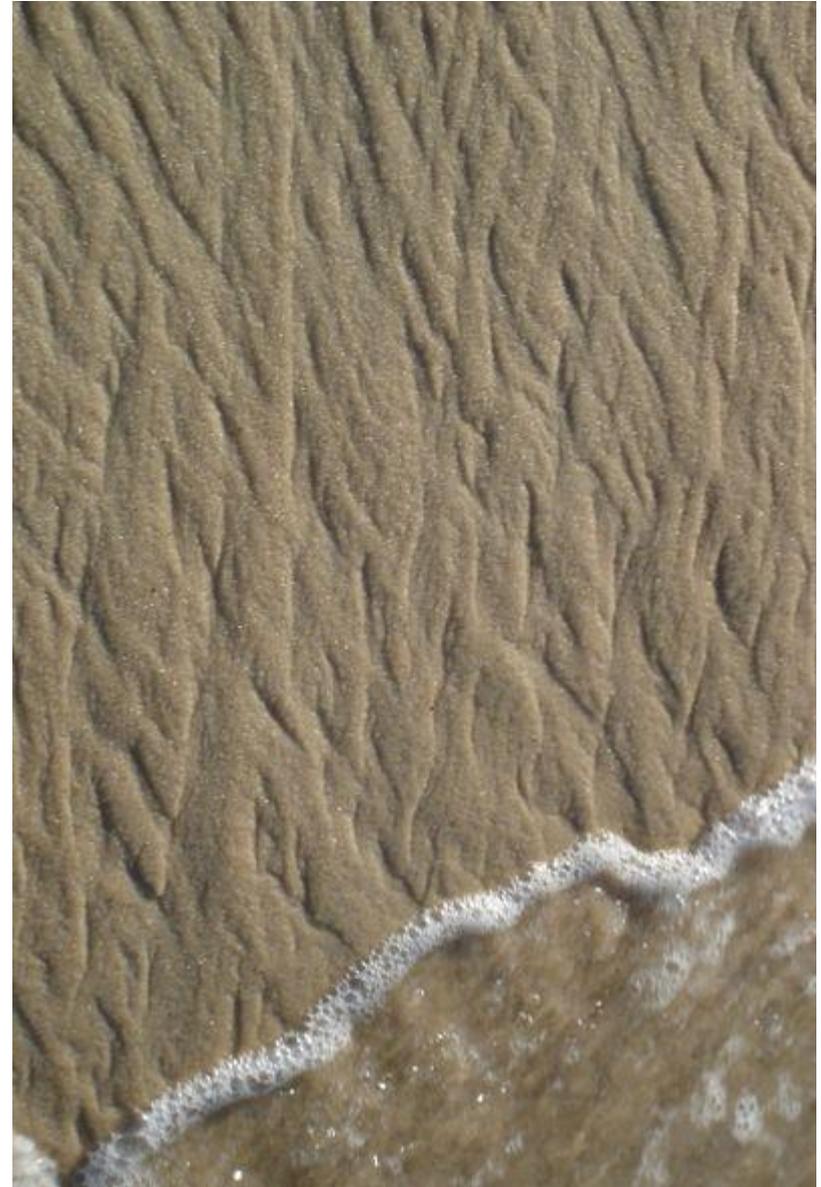
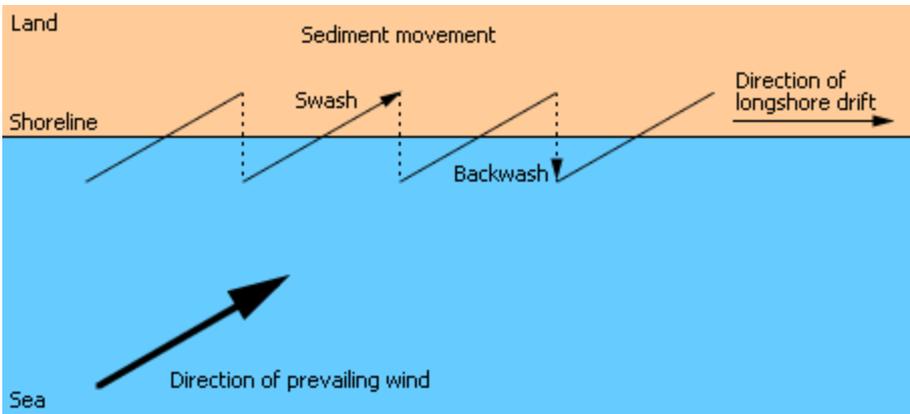
Trasporto solido lungo  
la linea di costa



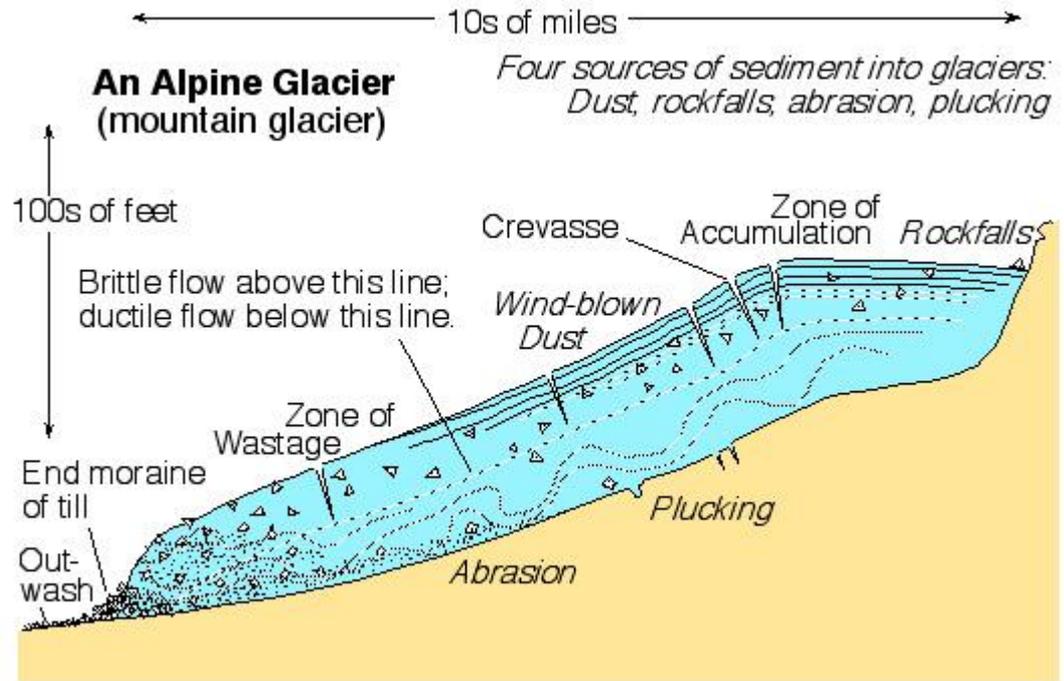
<http://www.bbc.co.uk/schools/gcsebitesize/geography/coastal/coastalprocessesrev4.shtml>



Waves striking the shore at an angle drive the longshore current. Waves breaking in shallow water are pushing water (translational movement) in the direction the waves hit. The effect of many waves striking the shore at an angle moves water "down-current".



## Trasporto ad opera dei ghiacciai



Glaciers can transport debris, rocks and stones, picked up by plucking at the base. Material can be transported in the middle or at the surface of the glacier. Smaller material may be carried in suspension or washed along in the melt water streams that run underneath the glacier.

## Mechanisms of glacial movement

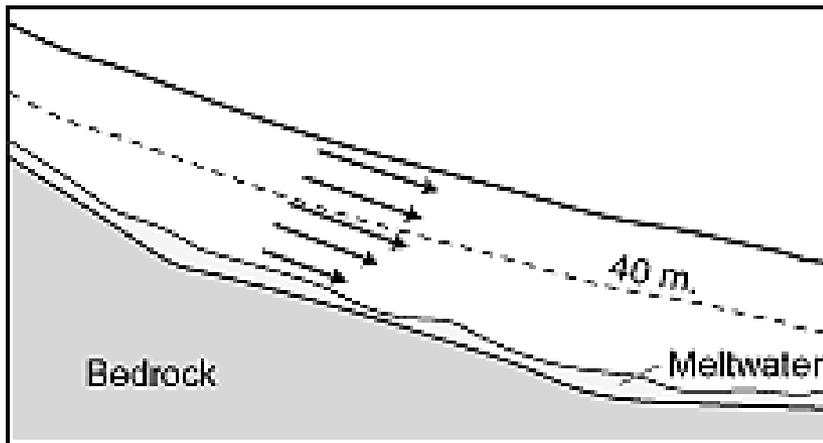
**Ductile flow:** Movement caused by the ductile deformation of compressed ice. The top 40 m of ice ride along and deform brittlely.

**Basal slip:** The bottom of the glacier can be heated by friction with the bedrock, causing a small amount of melting. This lubricates the rock-ice interface, allowing the glacier to move faster. This is the same process that allows ice skating.

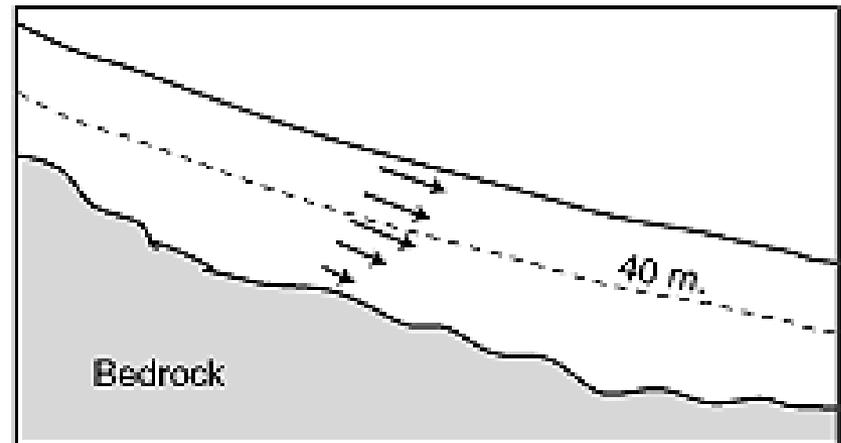
Climatic influence:

**Dry glaciers:** In colder climates, basal melting is minimal or absent, and flow is entirely through ductile flow.

**Wet glaciers:** In warmer climates, basal slip can predominate.



Wet glacier



Dry glacier

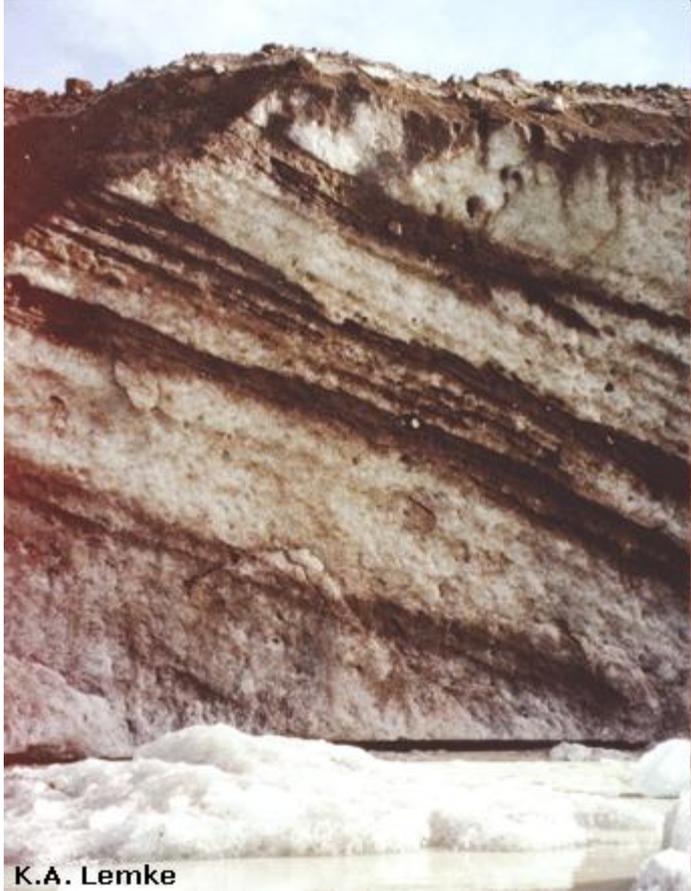
<http://www.geol.umd.edu/~jmerck/geol100/lectures/35.html>

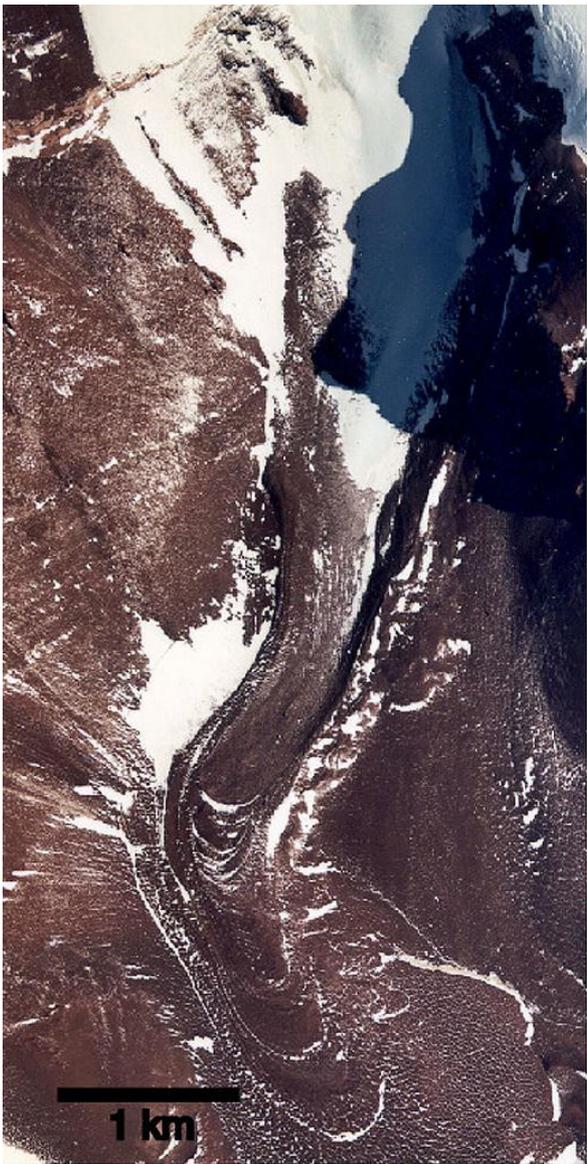


Detrito trasportato in superficie e dentro i crepacci



Material falling onto the surface (often the result of freeze-thaw activity, or frost shattering, on the surrounding rock walls) is also transported, and often finds its way down through crevasses to the base of the glacier. Material held within the glacier is called 'englacial moraine'. It is this material trapped in the ice, that allows the glacier to erode its surroundings.





A satellite photo of a debris-covered glacier in Antarctica.



A debris-covered glacier on Mars.

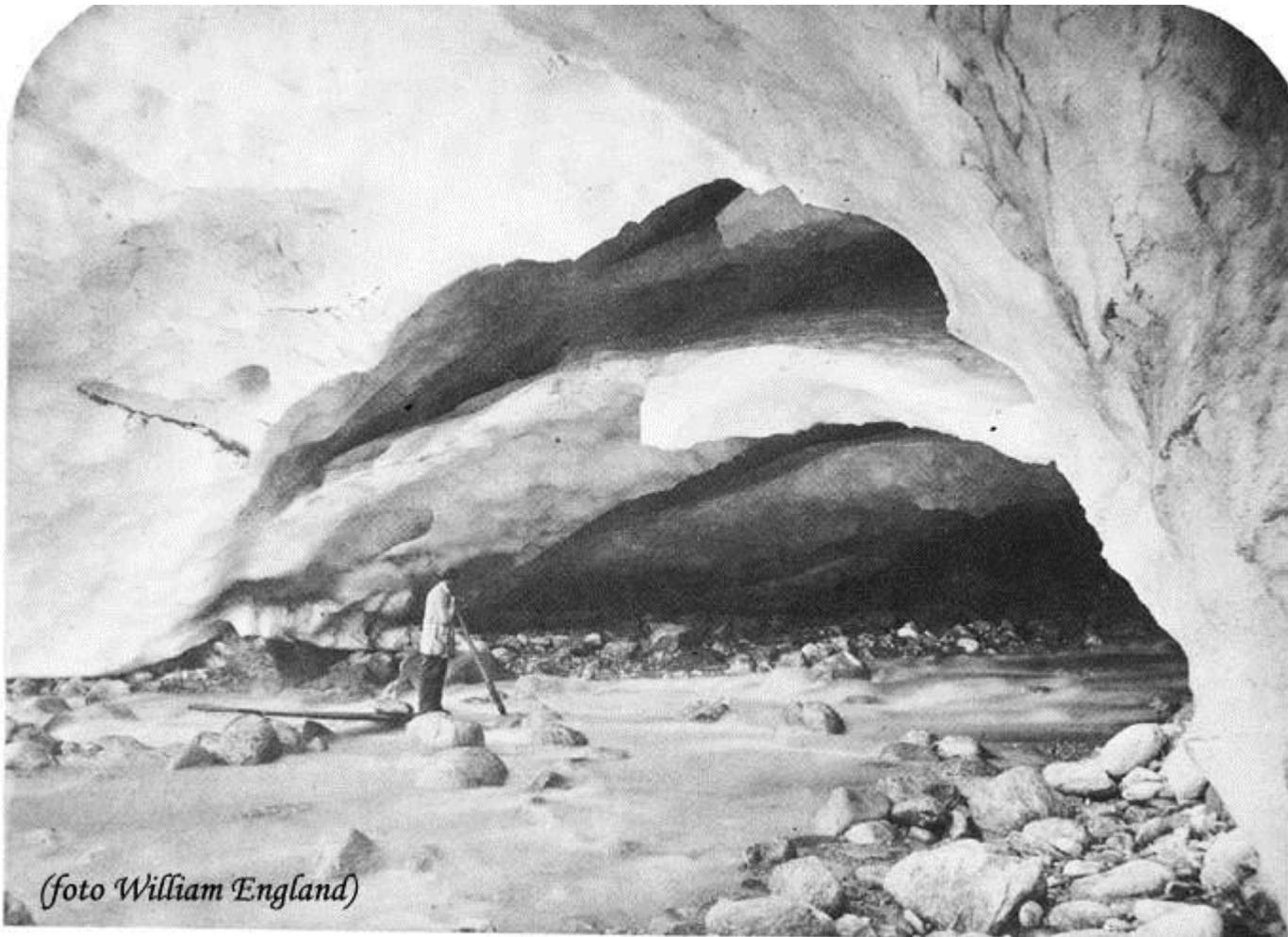
<http://en.wikipedia.org/wiki/Glacier>



Ghiacciaio dei Forni (Valle dei Forni, alta Valtellina, Sondrio), il più grande dei ghiacciai vallivi italiani. Sono visibili i bacini di alimentazione e le due morene mediane generate alla confluenza tra le tre colate principali.

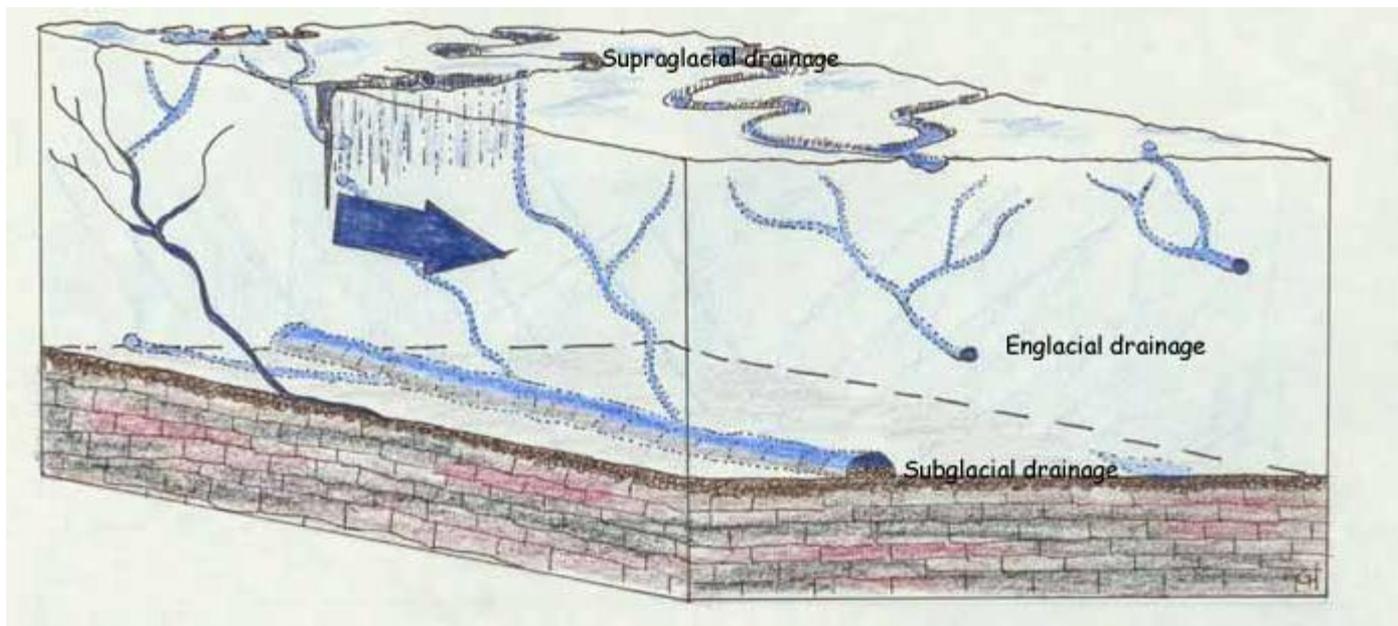


Contorted moraines (Sisitua Glacier, Alaska).



Detrito alla bocca del ghiacciaio e torrente subglaciale dovuto al continuo scioglimento del ghiaccio





# Frane

Con il termine **frana** si indicano tutti i fenomeni di movimento o caduta di materiale roccioso o sciolto dovuti alla rottura dell'equilibrio statico preesistente.

“movimento di roccia, detrito e/o terra lungo un versante, sotto l’influenza della gravità”  
(Varnes, 1958; Cruden, 1991, Crozier, 1999)

**Cause predisponenti** (ovvero proprie dell'ambiente naturale): natura del terreno, litologia, giacitura, andamento topografico, acclività dei versanti, clima, precipitazioni, escursioni termiche, idrogeologia ecc. (carte della pericolosità da frana);

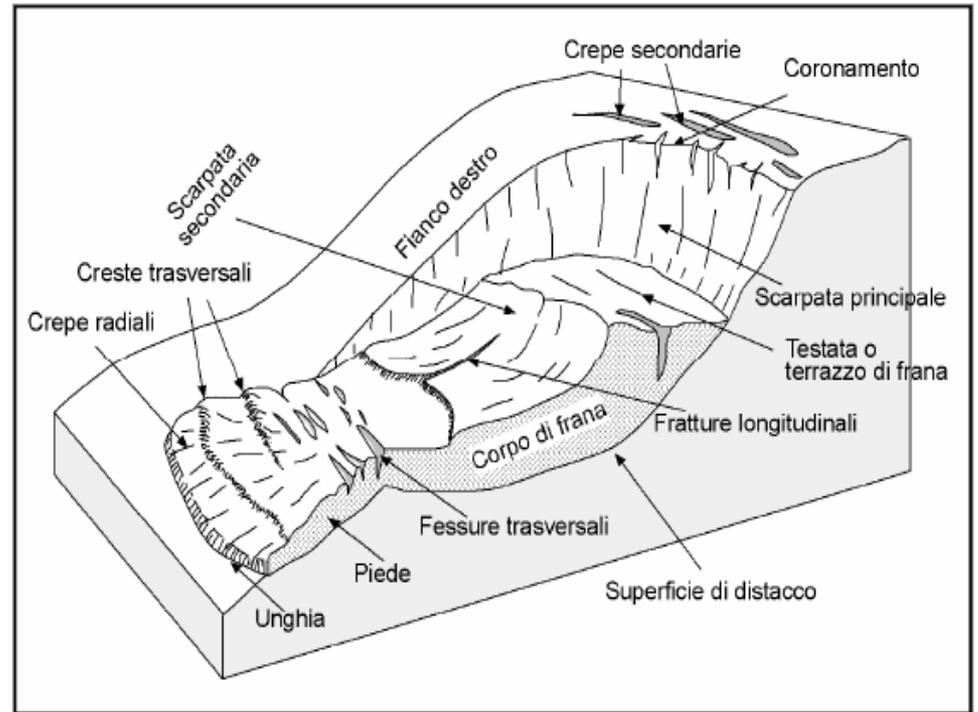
**Cause preparatorie:** disboscamento, piovosità, erosione delle acque, variazione del contenuto d’acqua, azioni antropiche ecc;

**Cause innescanti:** abbondanti piogge, erosione delle acque, terremoti, scavi e tagli ecc;

<http://it.wikipedia.org/wiki/Frana> modificato



Aerial photograph of the Grant Creek Landslide near Missoula, Montana



<http://www.youtube.com/watch?v=UdffLRqXaQ8>

<http://www.youtube.com/watch?v=0Vf7P-hKDpM&feature=related>

**CORONAMENTO** (crown; couronne): materiale rimasto praticamente in posto nella parte alta della "scarpata principale".

**SCARPATA PRINCIPALE** (main scarp; escarpement principal): superficie generalmente ripida che delimita l'area quasi indisturbata circostante la parte sommitale della frana, generata dal movimento del "materiale spostato" . Rappresenta la parte visibile della "superficie di rottura"

**TESTATA** (head, tete): parti più alte della frana lungo il contatto fra il "materiale spostato" e la "scarpata principale" .

**SCARPATA SECONDARIA** (minor scarp; escarpement secondaire): ripida superficie presente sul "materiale spostato" della frana prodotta da movimenti differenziali all'interno del " materiale spostato " .

**CORPO PRINCIPALE** (main body; corps): parte del " materiale spostato " che ricopre la " superficie di rottura " fra la " scarpata principale " e l' "unghia della superficie di rottura" .

**PIEDE** (foot; pied): porzione della frana che si è mossa oltre l' "unghia della superficie di rottura" e ricopre la "superficie originaria del versante" .

**UNGHIA** (toe, front): margine inferiore, generalmente curvo, del "materiale spostato" della frana, situato alla maggior distanza dalla "scarpata principale" (2).

**SUPERFICIE DI ROTTURA** (surface rupture, surface de rupture): superficie che forma (o che formava) il limite inferiore del "materiale spostato" sotto la "superficie originaria del versante" . L'idealizzazione della " superficie di rottura" può essere definita "superficie di scorrimento".

**UNGHIA DELLA SUPERFICIE DI ROTTURA** (toe of the surface of rupture, pied de la surface de rupture): intersezione (generalmente sepolta) fra la parte inferiore della "superficie di rottura" della frana e la "superficie originaria del versante" .

**MATERIALE SPOSTATO** (o **FRANATO**) (displaced material; mat&egacuterie; riau déplacé) materiale spostato dalla sua posizione originaria sul versante a causa del movimento della frana. Esso forma sia la "massa distaccata" che l' "accumulo" (18).

**ZONA DI ACCUMULO** (zone of accumulation; zone d'accumulation): parte delta frana entro la quale il " materiale spostato" giace al di sopra della "superficie originaria del versante" .

**ACCUMULO** (accumulation; accumulation): volume del "materiale spostato" che giace al di sopra della "superficie originaria del versante" .

**FIANCO** (flank; flanc): materiale non spostato adiacente ai margini della "superficie di rottura" . I fianchi possono essere identificati mediante l'azimut misurato con la bussola oppure dai termini "destra" e "sinistra", riferiti a chi guarda la frana dal "coronamento" .

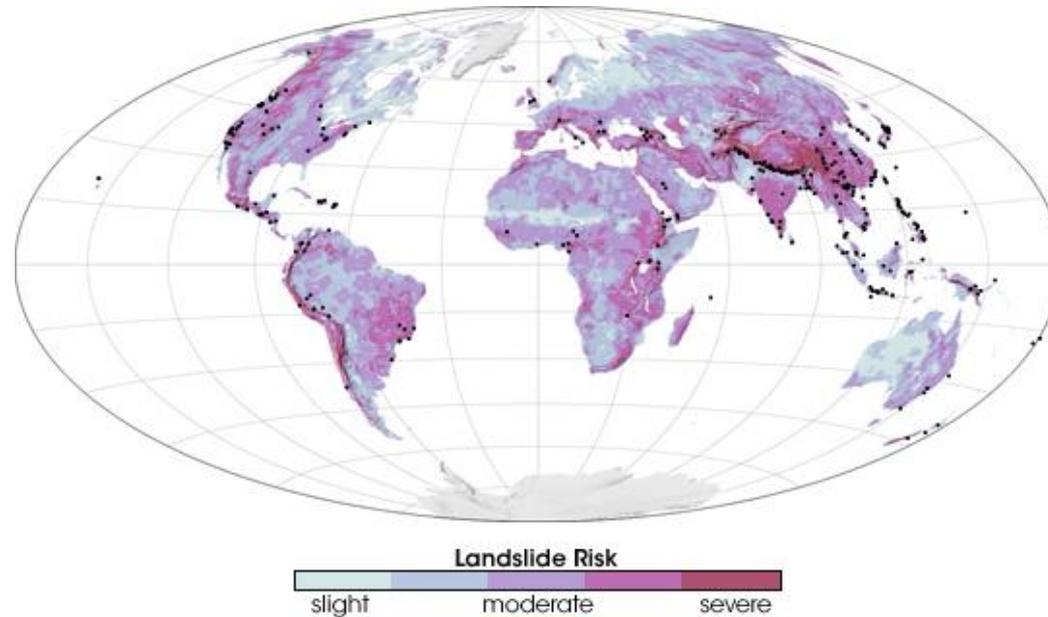
**SUPERFICIE ORIGINARIA DEL VERSANTE** (original ground surface; surface topographique originate): superficie del versante che esisteva prima che avvenisse il movimento franoso.

<http://www.geoenv.it/lezioni/frane.htm>

# Carta della predisposizione del territorio a franare

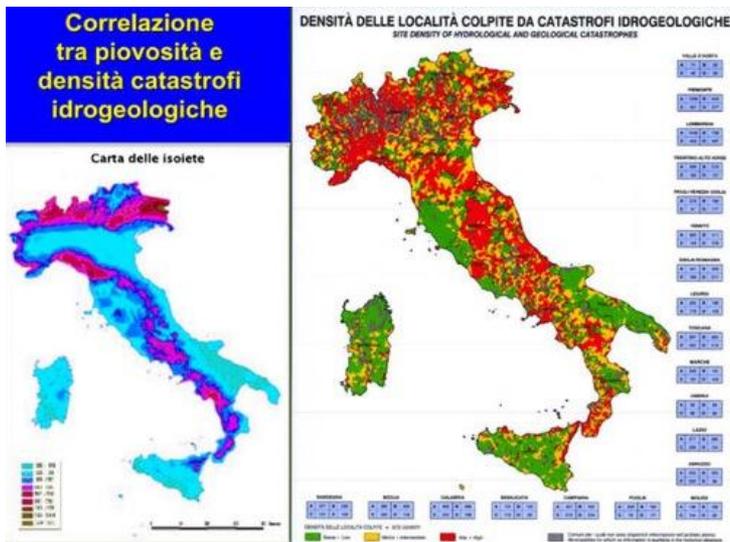
## Carta della pericolosità da frana

### Susceptibility map

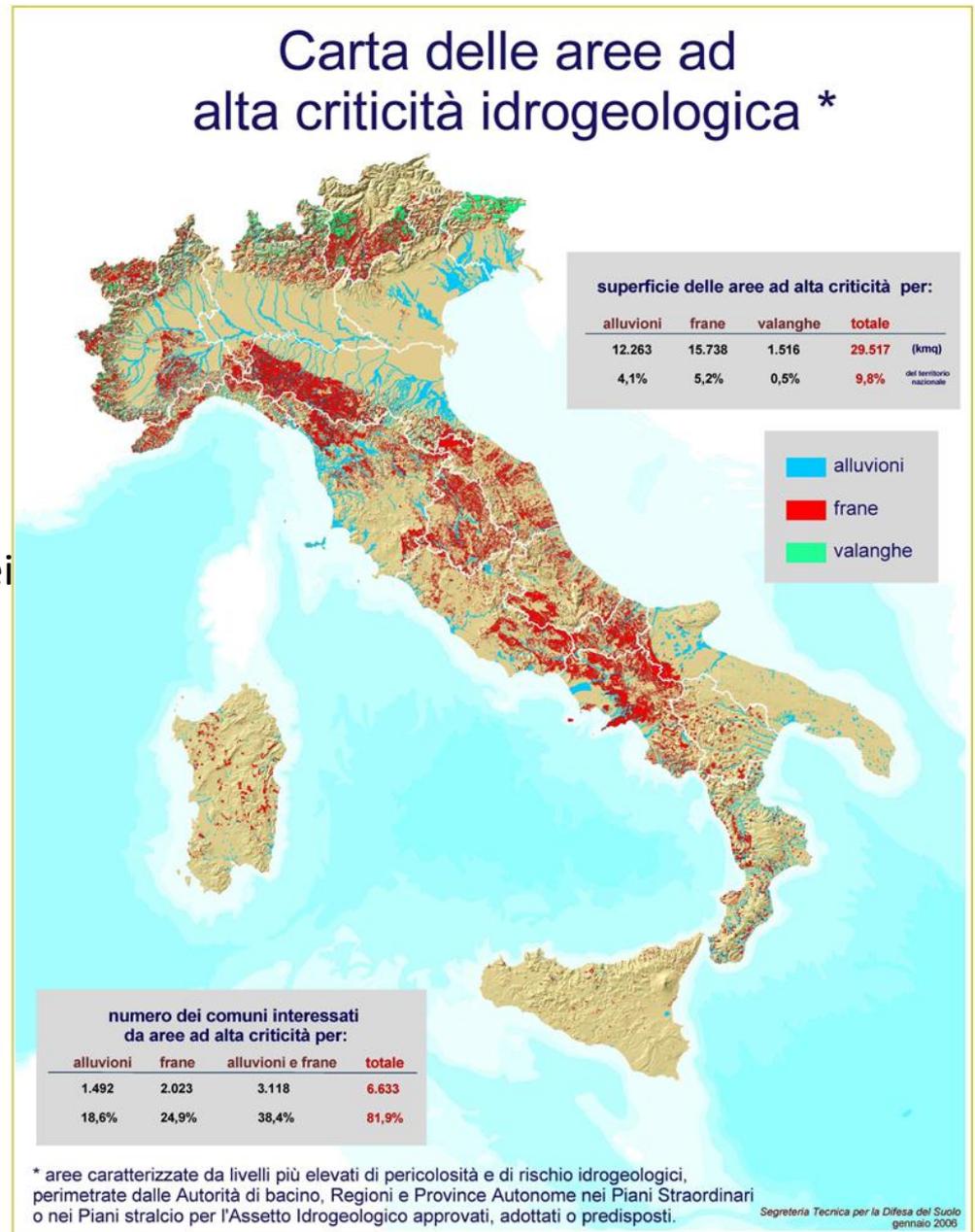


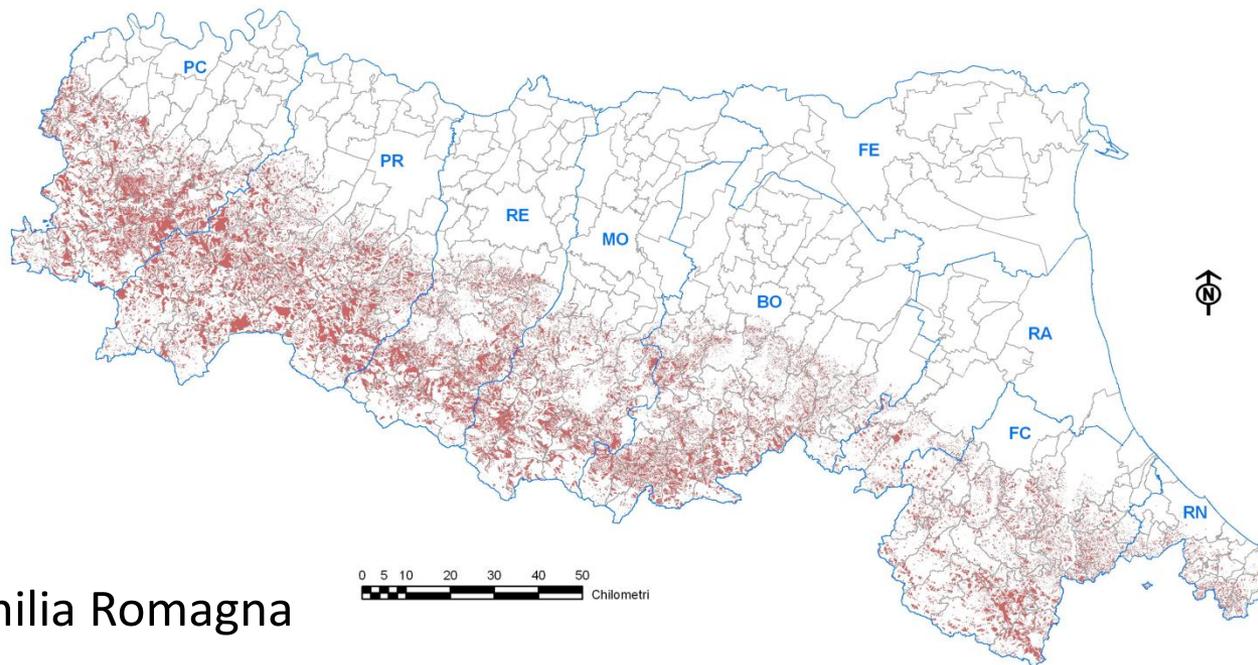
The most important factors are the slope and soil type. Steep slopes and coarse soil types are more susceptible to landslides. In terms of land cover, bare soil contributes more to landslides. The landslide susceptibility map provides a background against which the scientists could predict the effect of rainfall.

<http://earthobservatory.nasa.gov/Features/LandslideWarning/> modificato

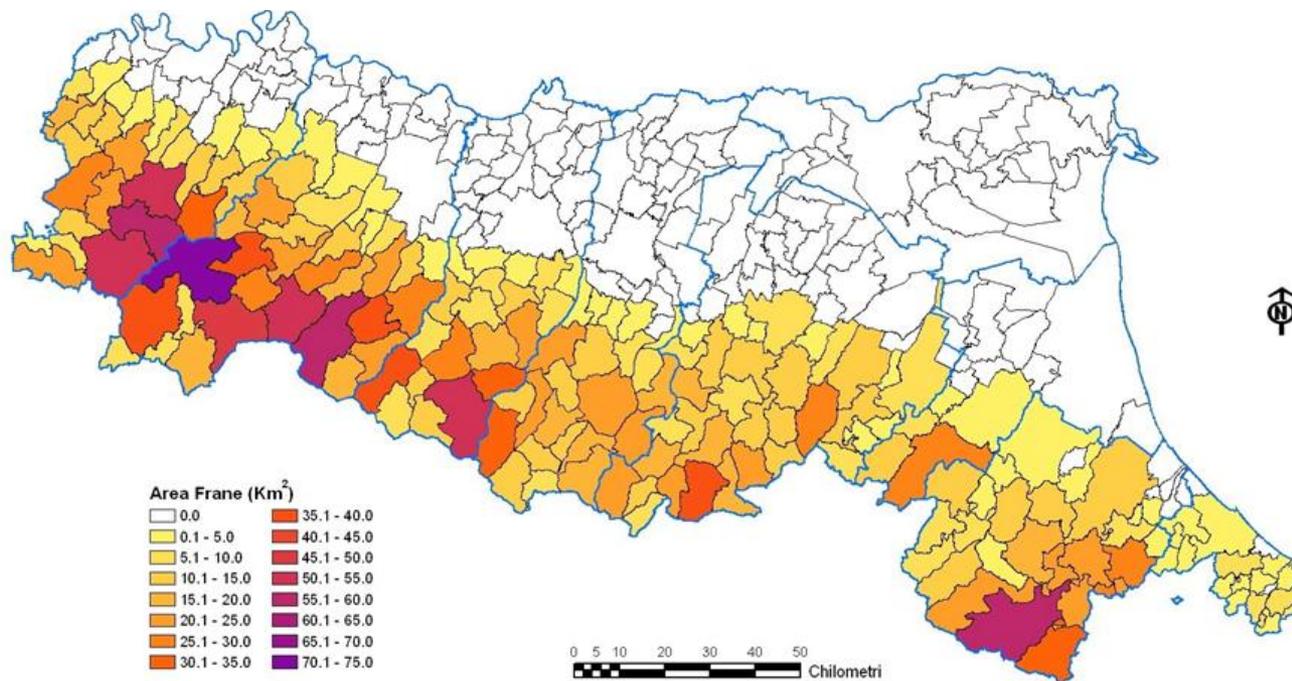


Il **dissesto idrogeologico** è l'insieme di quei processi (dall'erosione alle frane) che modificano il territorio in tempi relativamente rapidi o rapidissimi, con effetti spesso distruttivi sulle opere, le attività e la stessa vita dell'uomo. Abusivismo edilizio, estrazione illegale di inerti, disboscamento indiscriminato, cementificazione selvaggia, abbandono delle aree montane, agricoltura intensiva: sono tutti fattori che contribuiscono in maniera determinante a sconvolgere l'equilibrio idrogeologico del territorio.





## Fransità Emilia Romagna

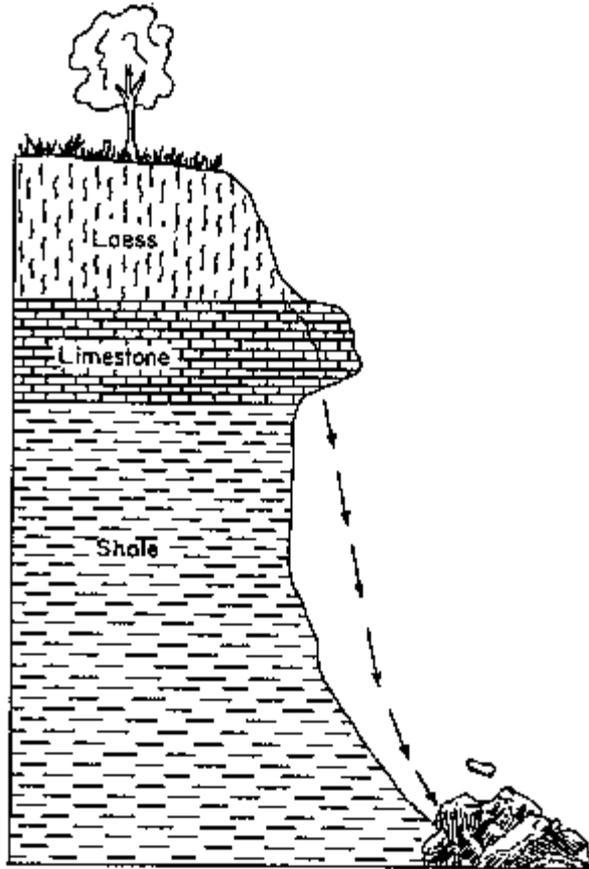


Classificazione di Varnes (1978), integrata da Cruden (1996).

Questa classificazione suddivide le frane secondo 5 tipi di movimento e 3 classi di materiali.

tipo di movimento		tipo di materiale		
		<a href="#">rocce</a>	<a href="#">terreni grossolani</a>	<a href="#">terreni fini</a>
crolli ( <i>falls</i> )		crolli di roccia	crolli di detrito	crolli di terra
ribaltamenti ( <i>topples</i> )		ribaltamento di roccia	ribaltamento di detrito	ribaltamento di terra
Scorrimenti o scivolamenti ( <i>slides</i> )	rotazionali	scorrimento rotazionale di roccia	scorrimento rotazionale di detrito	scorrimento rotazionale di terra
	traslazionali	scorrimento traslativo di roccia	scorrimento traslativo di detrito	scorrimento traslativo di terra
espandimenti laterali ( <i>lateral spreads</i> )		espandimenti laterali di roccia	espandimenti laterali di detrito	espandimenti laterali di terra
colate ( <i>flows</i> )		colate di roccia (deformazioni gravitative profonde di versante)	colate di detrito	colate di terra
frane complesse/composite ( <i>complex</i> )		combinazione di 2 o più tipi nello spazio e/o nel tempo		

<http://it.wikipedia.org/wiki/Frana> modificato



I crolli sono caratterizzati dallo spostamento dei materiali in caduta libera e dal successivo movimento, per salti e/o rimbalzi, dei frammenti di roccia. Generalmente si verificano in versanti interessati da preesistenti discontinuità strutturali (*faglie e piani di stratificazione*) e sono, di norma, improvvisi con velocità di caduta dei materiali elevata.

# Crollo

Distacco e conseguente caduta di una massa di materiale da un pendio molto ripido.

Il materiale si muove in caduta libera poi, dopo aver raggiunto il versante, si può muovere per rimbalzo e/o rotolamento

<http://freedom.dicea.unifi.it/massimo.rinaldi/Geoapp%20CIV%200607/4.%20Frane.pdf>

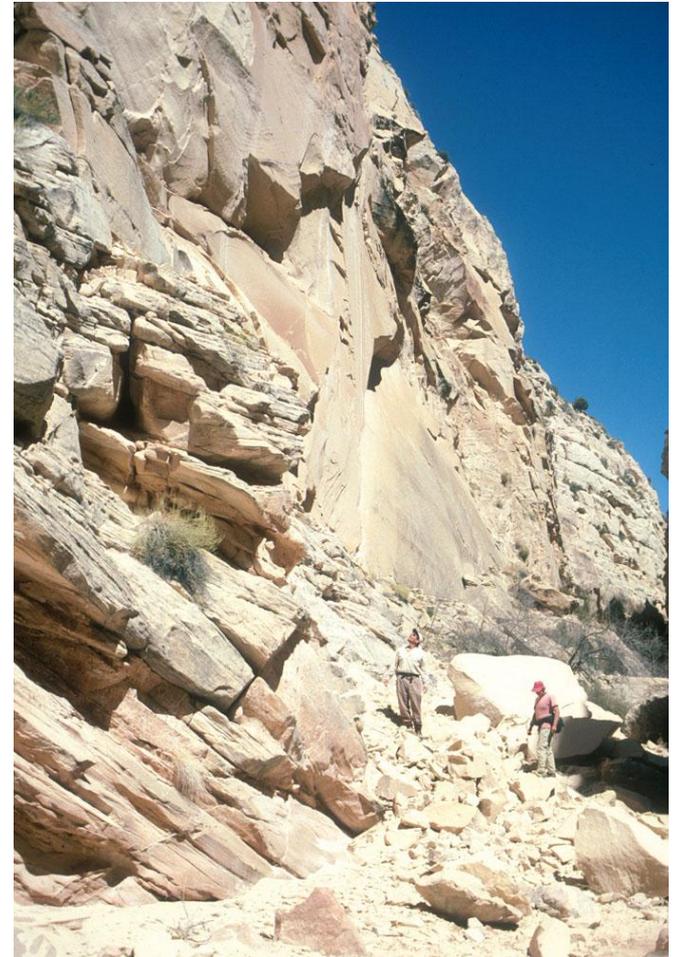
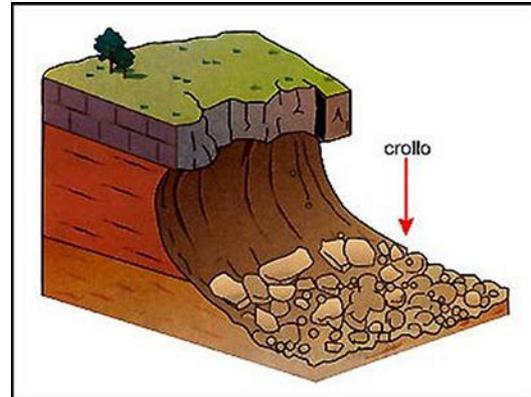
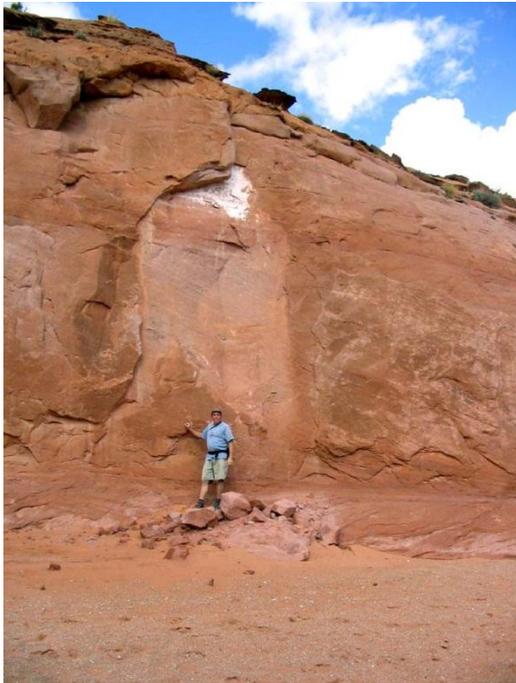


Il crollo si attua quando la resistenza del materiale lungo una superficie diventa minore del peso proprio del blocco di roccia o terreno identificato da tale superficie. Questi tipi di frane sono caratterizzati da un'estrema rapidità. Il deposito conseguente alla frana è un accumulo al piede del pendio di materiale di dimensioni variabili e comunque sempre spigolosi.

Causa predisponente è l'esistenza di sistemi di fratturazione o scistosità. Cause innescanti sono i terremoti, il crioclastismo, la pioggia, lo sviluppo vegetale di apparati radicali, lo scalzamento del piede del versante ad opera dell'uomo o naturale (erosione).

<http://it.wikipedia.org/wiki/Frana> modificato

# Crollo di roccia



# Crollo di terreni sciolti



© Original Artist  
Reproduction rights obtainable from  
[www.CartoonStock.com](http://www.CartoonStock.com)

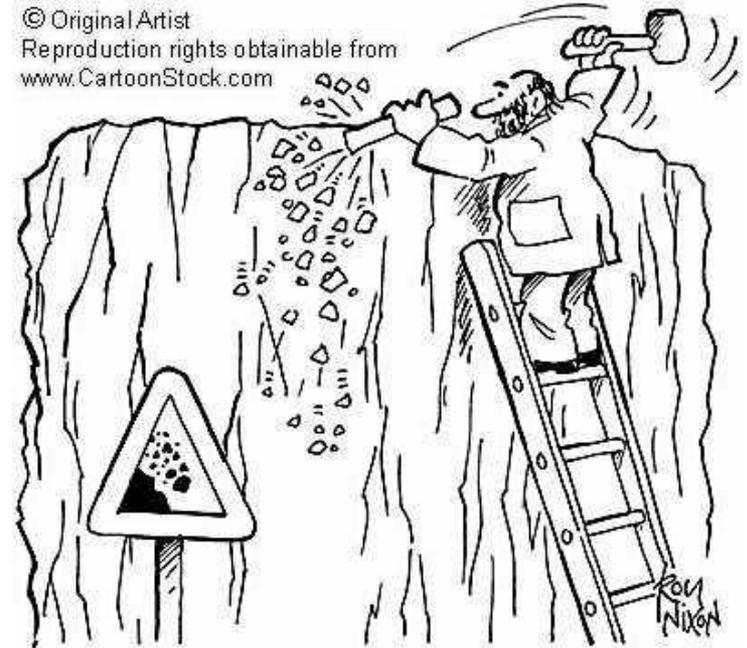


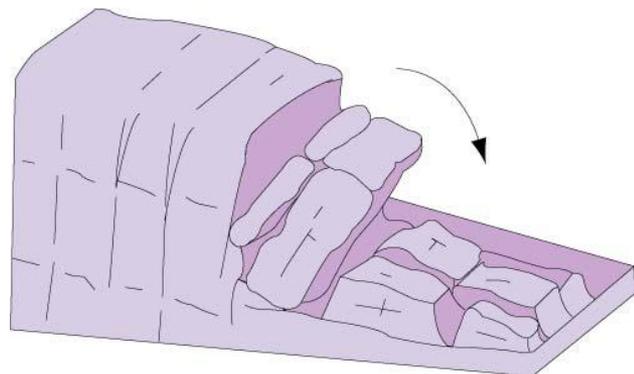
search ID: mbcn406

"Stop your whining. Don't you know that what doesn't kill you will make you stronger?"

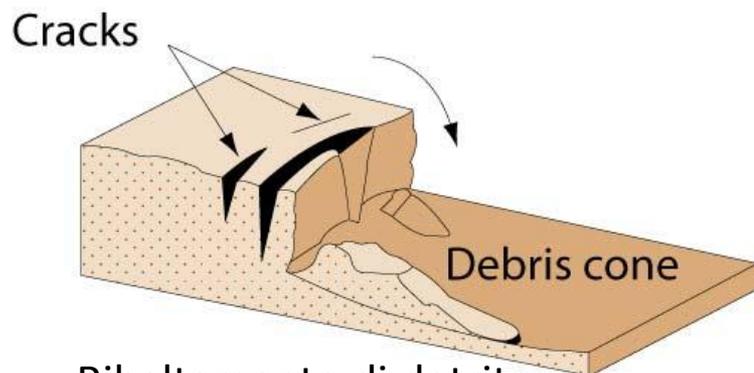


Esempio di rocce aggettanti,  
che possono essere soggette a  
crollo

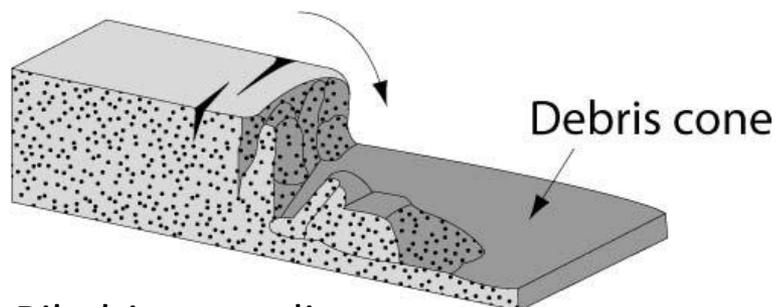




Ribaltamento di roccia



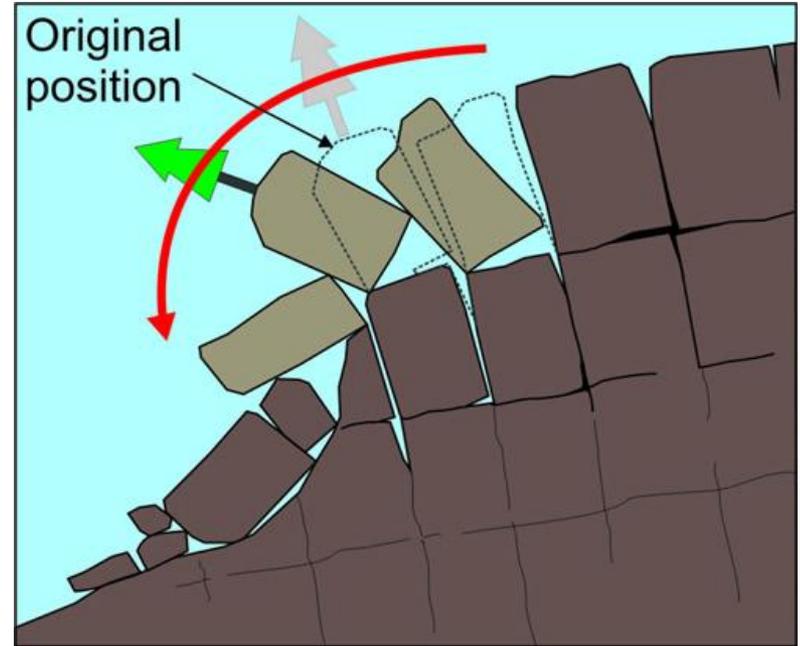
Ribaltamento di detrito



Ribaltamento di terra

**Frane di *ribaltamento*:** sono denominate ribaltamenti quelle frane in cui la forza di gravità, la pressione dell'acqua o la spinta dei blocchi adiacenti generino nel terreno o nella roccia un movimento rotazionale secondo un centro di rotazione posto al di sotto del baricentro della massa. Il tipo di deposito che genera è molto simile a quello dei crolli.

<http://it.wikipedia.org/wiki/Frana>





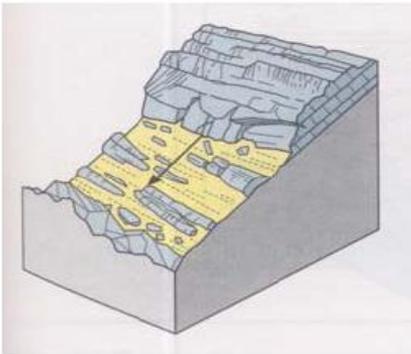
# Frane per scivolamento (slides)

Movimento lungo una superficie di rottura o entro una fascia relativamente sottile di intensa deformazione di taglio.

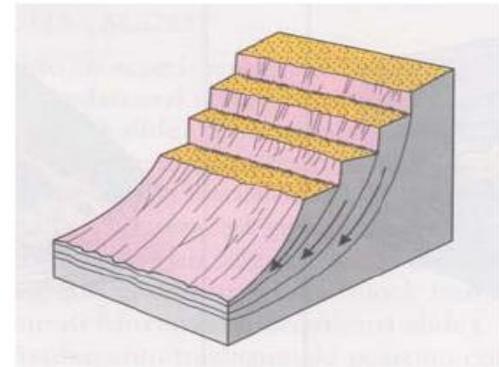
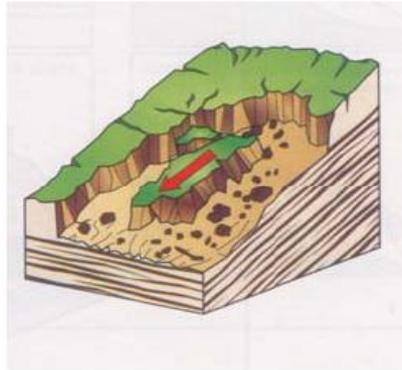
Si distinguono ulteriormente, in funzione della geometria della superficie di scivolamento, in:

Frane per scorrimento traslativo (translational slide): movimento lungo una (o più) superficie piana

Frane per scorrimento rotazionale (rotational slide): movimento lungo una superficie curva, concava verso l'alto



Scivolamento traslativo

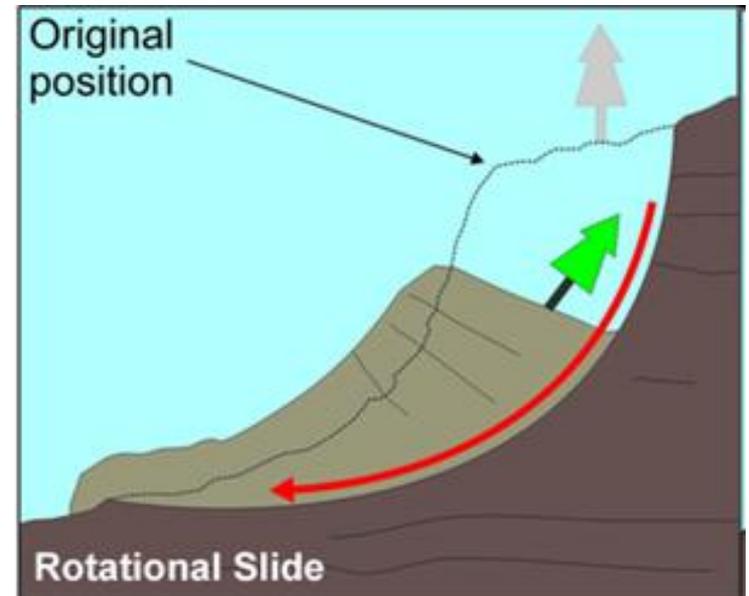


Scivolamento rotazionale  
multiplo



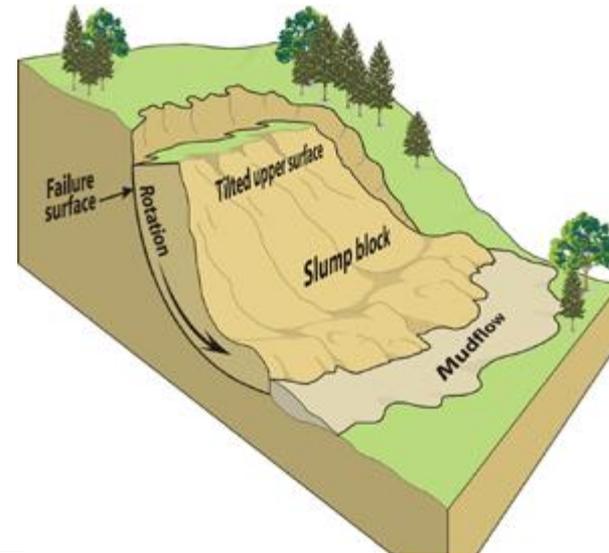
## Scivolamento rotazionale (rotational slide – slump)

La superficie lungo cui avviene il movimento è concava

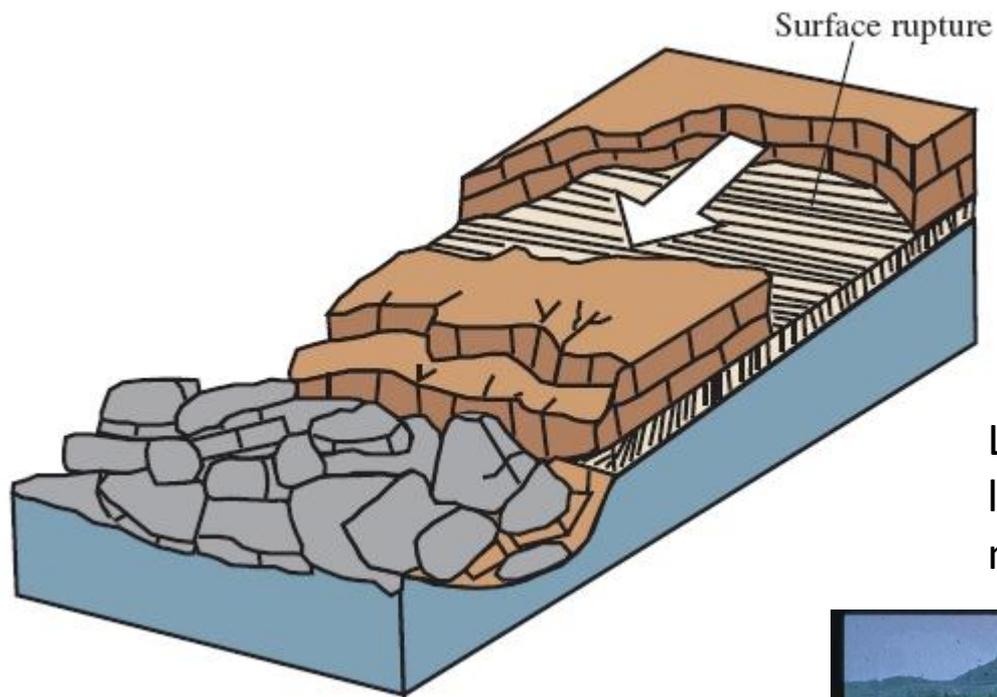




# Scivolamento rotazionale

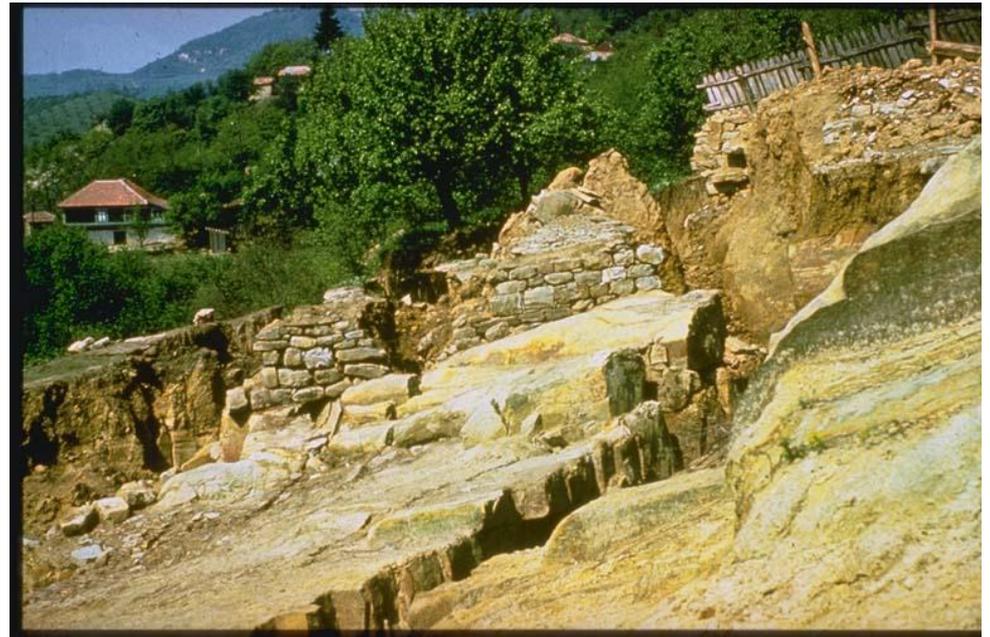
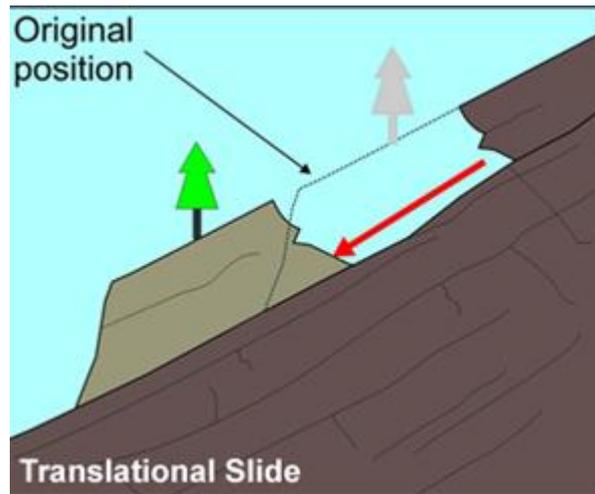






## Scivolamento traslativo (translational slide)

La superficie di movimento è piana e la direzione del movimento è lungo la massima pendenza



## Inferno, Canto XII

Qual è quella **ruina** che nel fianco  
di qua da Trento l'Adice percosse,  
o per tremoto o per sostegno manco,  
che da cima del monte, onde si mosse,  
al piano è sí la roccia discoscisa,  
ch'alcuna via darebbe a chi su fosse;  
cotal di quel burrato era la scesa;

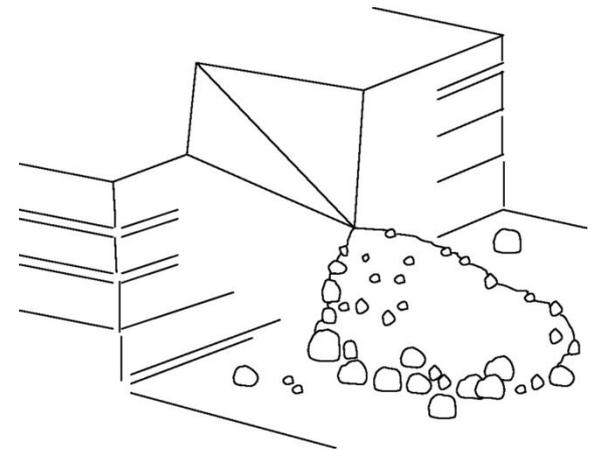


I lavini di Marco, Rovereto,  
Trentino



## Scivolamento di cuneo

Il blocco è individuato da almeno 2 piani e la direzione di movimento è determinata dalla retta intersezione di tali piani

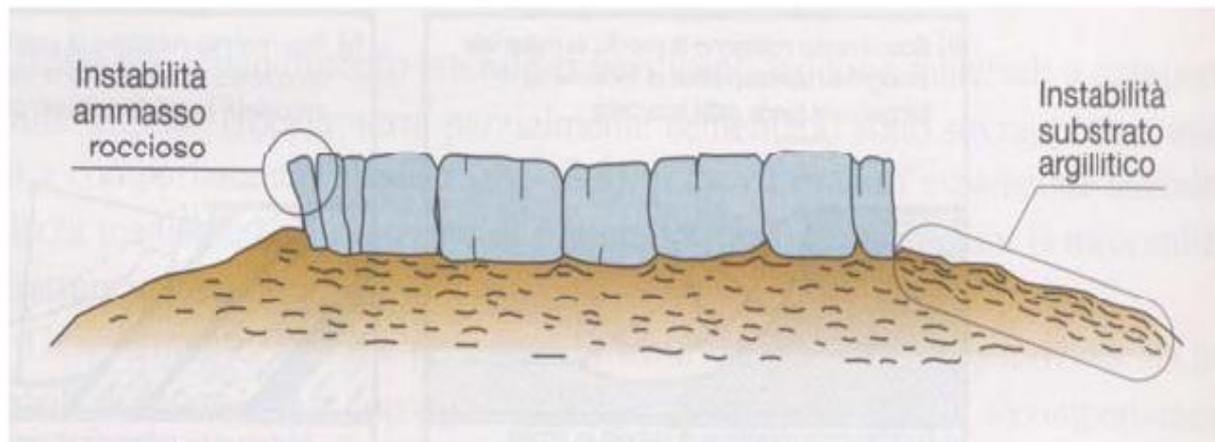


## Espandimenti laterali (lateral spreads)

Si verificano nel caso di un materiale a comportamento “rigido” (competente) (roccia, terra parzialmente cementata) è sovrapposto a materiale a comportamento plastico (meno competente).

Si verifica una estensione e conseguente fratturazione del materiale rigido in seguito al flusso plastico del materiale sottostante (argilla, argillite, gesso, ecc.)

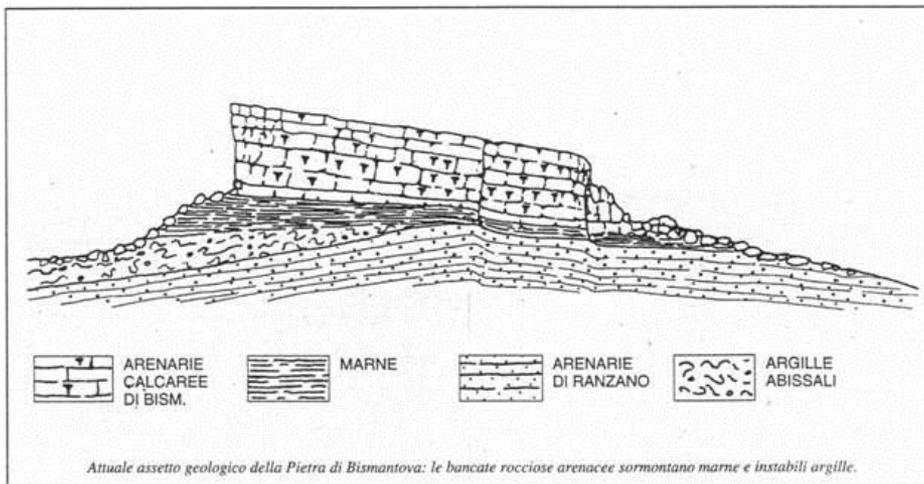
<http://freedom.dicea.unifi.it/massimo.rinaldi/Geoapp%20CIV%200607/4.%20Frane.pdf>





« Vassi in Sanleo e discendesi in Noli,  
 montasi su Bismantova in cacume  
 con esso i piè; ma qui convien ch'om voli;  
 dico con l'ale snelle e con le piume  
 del gran disio, di retro a quel condotto  
 che speranza mi dava e facea lume »  
 (Dante, Purgatorio, canto IV, vv.25-30)

La Pietra di Bismantova  
 comune di Castelnuovo ne'  
 Monti, provincia di Reggio  
 Emilia



# Frane per colamento (flows)

Movimento distribuito in maniera continua nella massa spostata, con superfici di taglio multiple e temporanee.

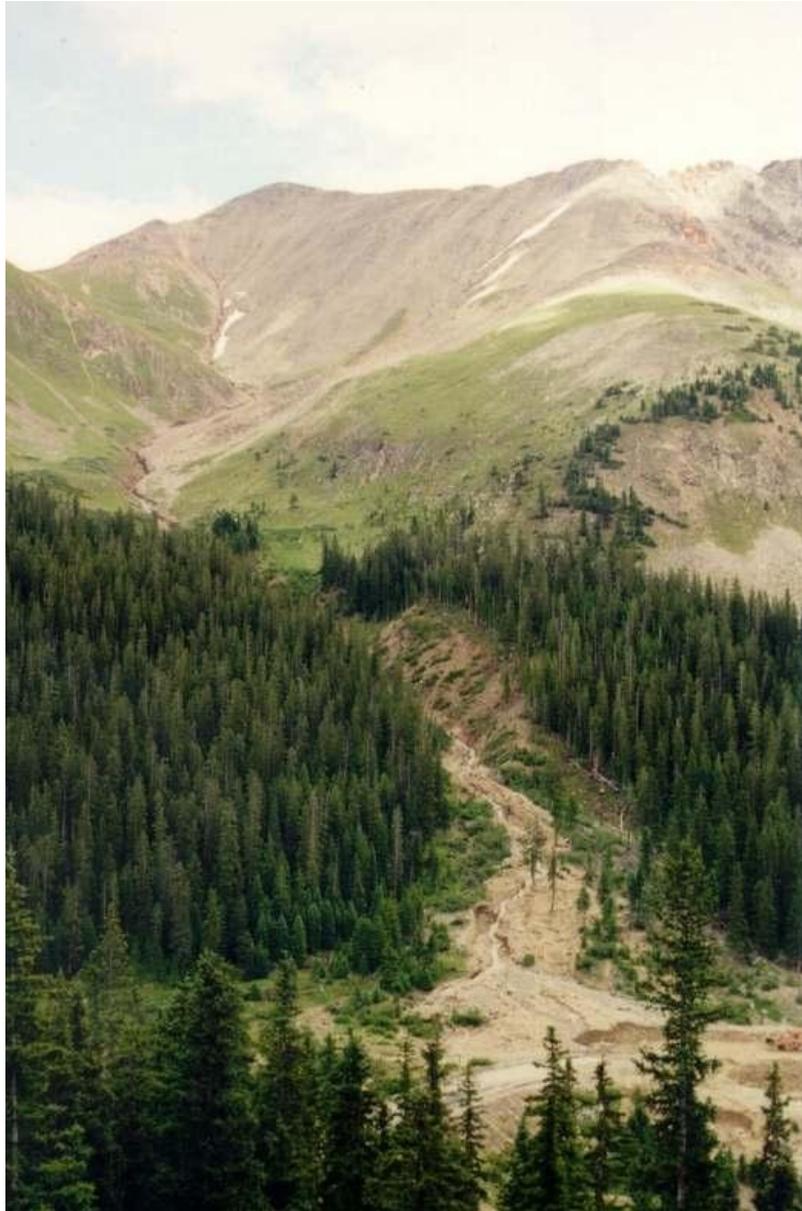
Frane per colamento in roccia (flows in bedrock): fenomeni lenti, continui, più o meno costanti nel tempo, simili a movimento di un fluido viscoso (“creep”) (Deformazioni gravitative profonde di versante – DGPV)

Frane per colamento in terreni e in detriti (earth flows, debris flows): caratterizzate da contenuti d’acqua e velocità estremamente variabili (colamenti di terreni) oppure fenomeni rapidi, innescati da precipitazioni intense e che si muovono per lunghe distanze entro aste torrentizie (colate di detrito incanalate)

<http://freedom.dicea.unifi.it/massimo.rinaldi/Geoapp%20CIV%200607/4.%20Frane.pdf> modificato

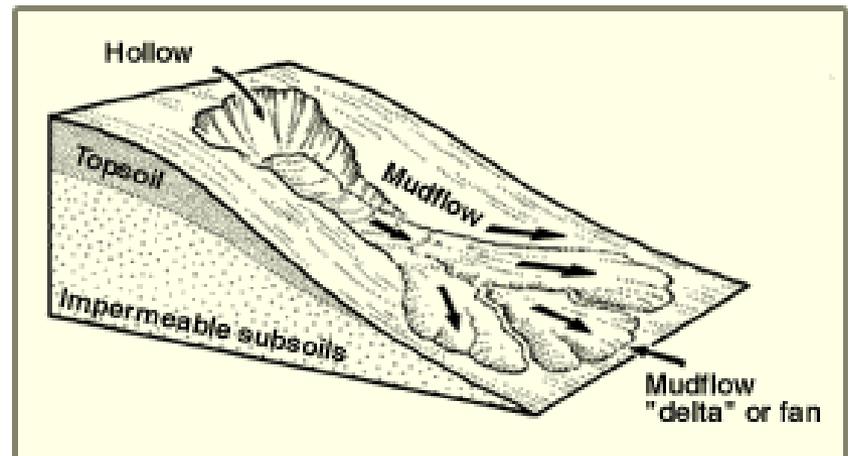
Sono caratteristici di terre ed ammassi detritici, avvengono lungo superfici non visibili che si attivano durante il movimento stesso. Sono generalmente da ricondurre all'elevato contenuto d'acqua con superamento del limite di liquidità (WLL) nel caso di terreni argillosi

[http://geoappunti.altervista.org/Geomorfologia\\_Applicata/Frane/4-Pericolo%20e%20classificazione%20delle%20Frane.pdf](http://geoappunti.altervista.org/Geomorfologia_Applicata/Frane/4-Pericolo%20e%20classificazione%20delle%20Frane.pdf) modificato



## Mudflow (colata di fango) Earthflow (colata di terra)

occurs on steep slopes over  $10^\circ$ . It is a rapid sudden movement which occurs after periods of heavy rain. When there is not enough vegetation to hold the soil in place, saturated soil flows over impermeable sub soil, causing great devastation and endangering lives.

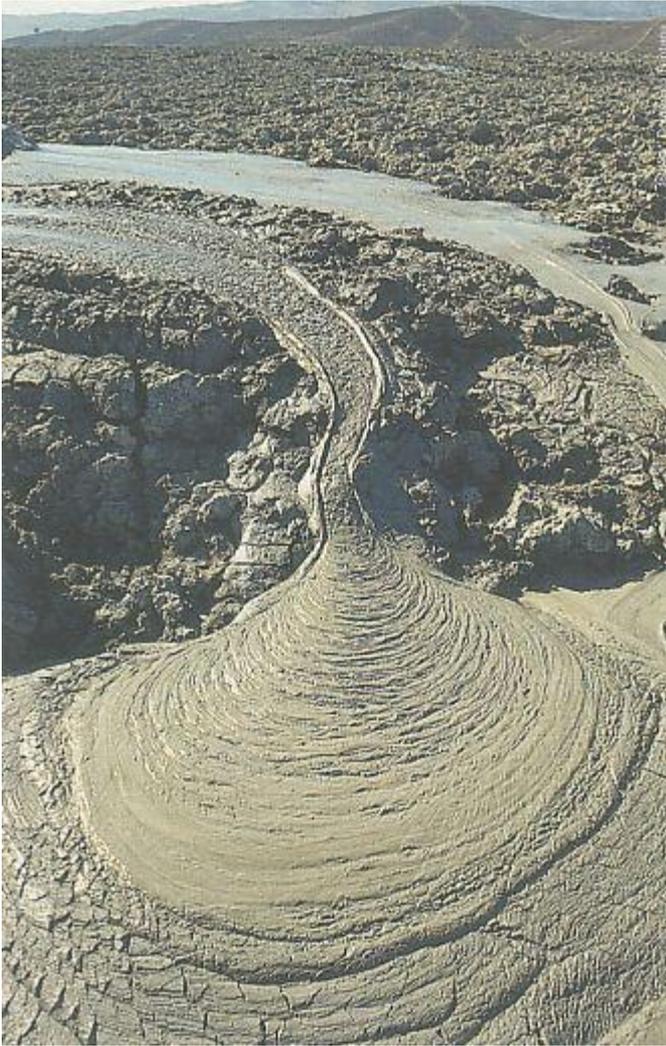




Esempi di colate di terra  
(earth flow)

La frana di  
Sarno, Irpinia,  
1998





Colata di fango nelle Macalube,  
riserva naturale in Sicilia



Frana del Tèssina (Belluno)

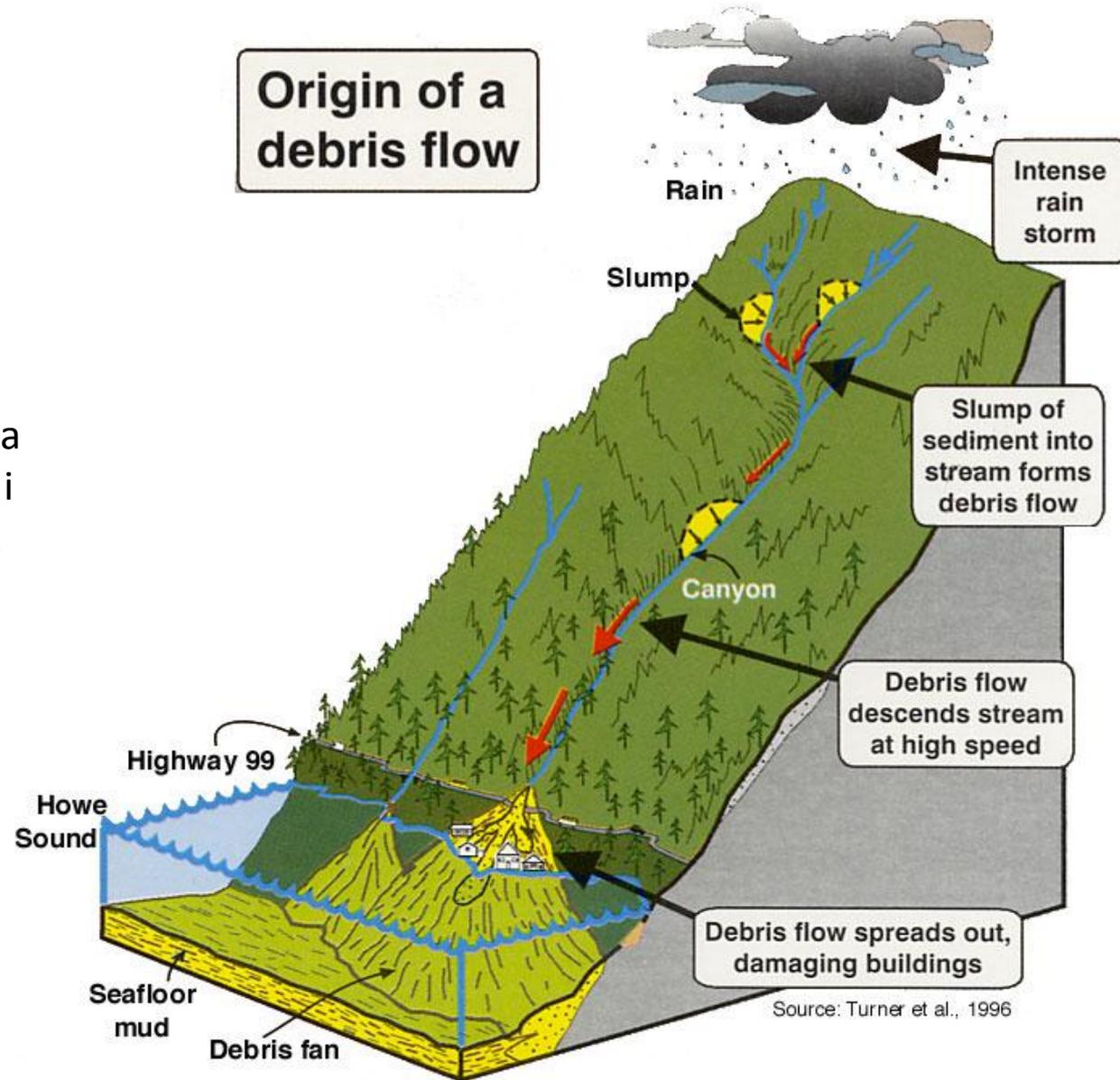
<http://www.youtube.com/watch?v=VMJiibdVYjE&feature=related>





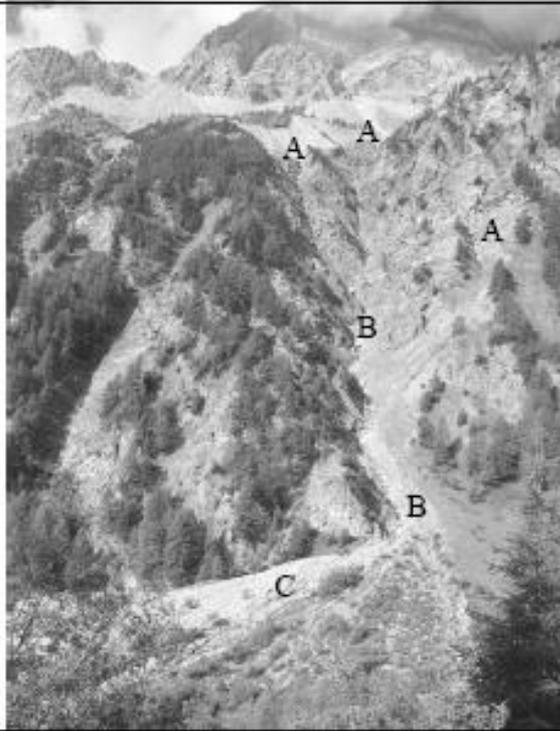
## Debris flow

Le colate di detrito (debris flow) sono una mistura di acqua, aria e detrito delle dimensioni variabili dall'argilla ai massi che scendono lungo i versanti a fortissima velocità, travolgendo tutto quello che trovano sul loro cammino



**Suddivisione di una colata detritica in tre parti:**

- A) zona di origine (o sorgente, o testata);
- B) zona (o canale) di trasporto;
- C) zona di deposito (o accumulo – conoide detritico-alluvionale).



*[da Tropeano e Turconi, 1999]*



<http://www.youtube.com/watch?v=i5nuwPVIHKU&feature=related>

<http://www.youtube.com/watch?v=8mKC3eID074&feature=related>

<http://www.youtube.com/watch?v=k3W-wDIR-Os&feature=related>



## Esempi di colate di detrito

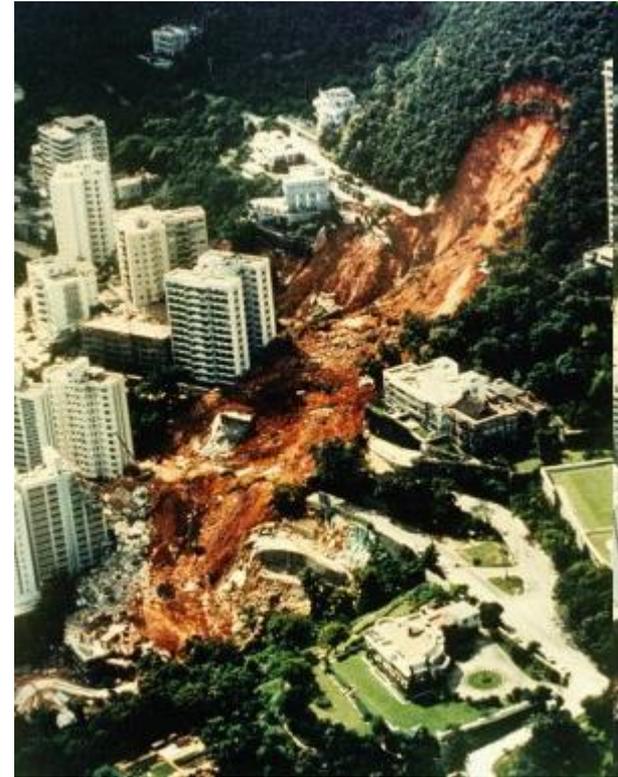
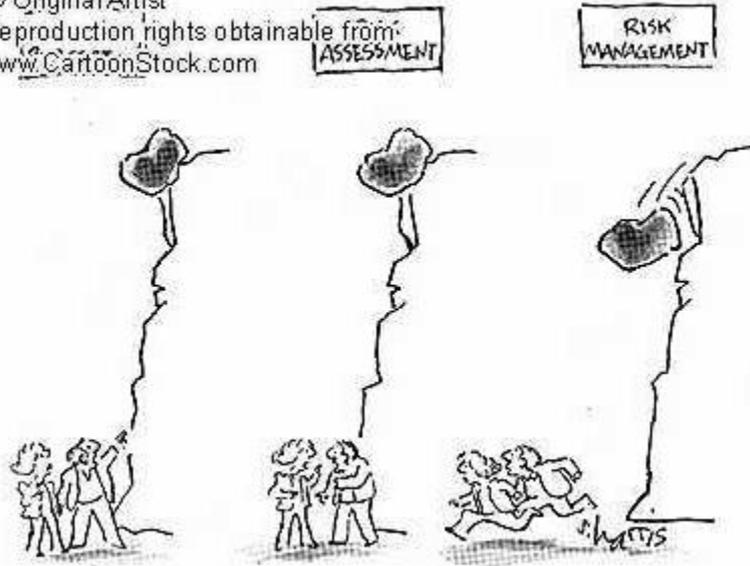


## Briglie rinforzate per la difesa dai debris flow

# Frane complesse

[http://higheredbcs.wiley.com/legacy/college/strahler/0471238007/animations/ch15\\_animations/animation1.html](http://higheredbcs.wiley.com/legacy/college/strahler/0471238007/animations/ch15_animations/animation1.html)

© Original Artist  
Reproduction rights obtainable from  
[www.CartoonStock.com](http://www.CartoonStock.com)



Risk Perception / Risk Assessment / Risk Management.