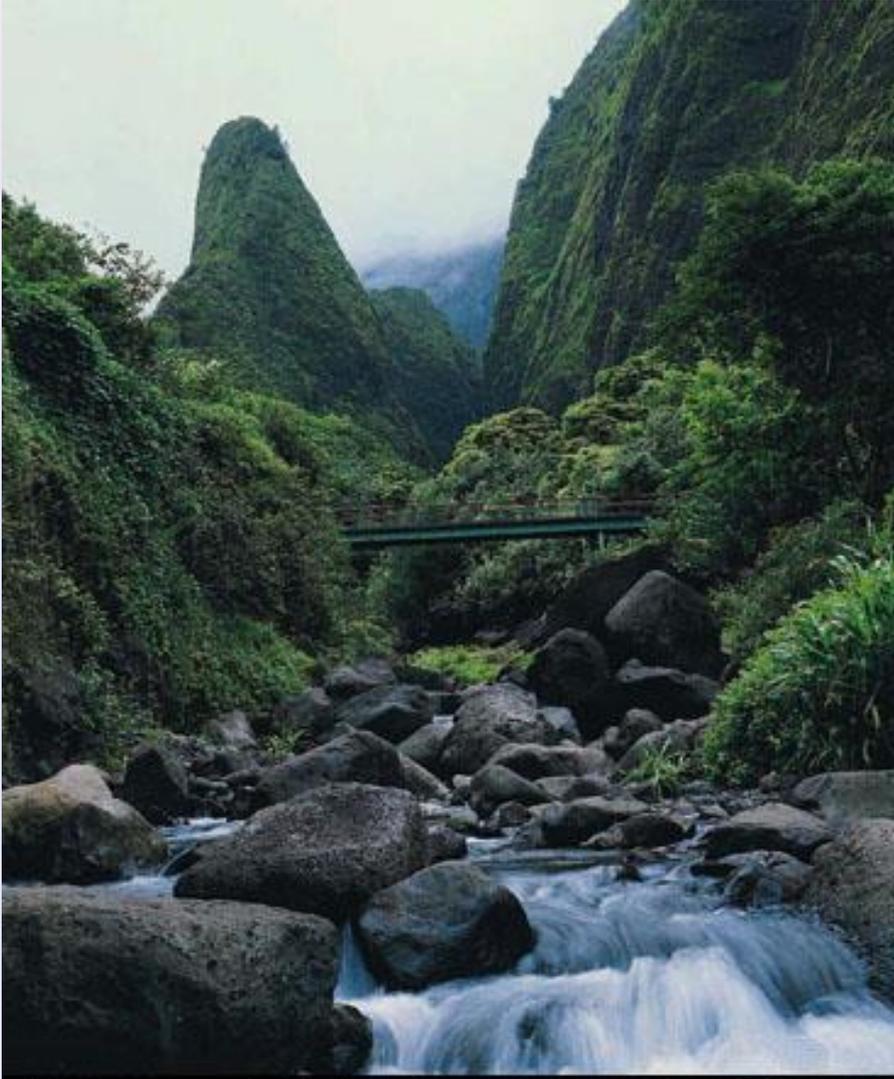


Erosione fluviale



A river erodes its bed and sides. When vertical erosion occur, the channel is deepen and thus the river is able to hold more water. When lateral erosion occur, the sides are eroded and the channel is widen.

There are four major ways of river erosion:

Abrasion/corrasion

Hydraulic action

Attrition

Solution/ Corrosion

Aziende delle acque correnti sulle sponde, sul fondo e sul detrito trasportato

Abrasion/corrasion

Rocks that are carried in the river grind and erode the river side and bed. Some of the rock at the sides and bed of the channel are washed away. This type of erosion widens the channel through lateral erosion and deepens the channel by vertical erosion.

Hydraulic action

Water traveling at a high speed may enter the line of weakness of rock when it hit against these rocks at the side of the channel. The force may cause the rock to break and the broken pieces of rock are swept away

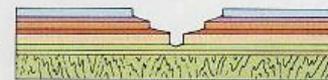
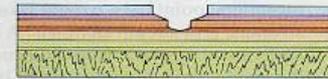
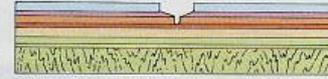
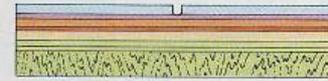
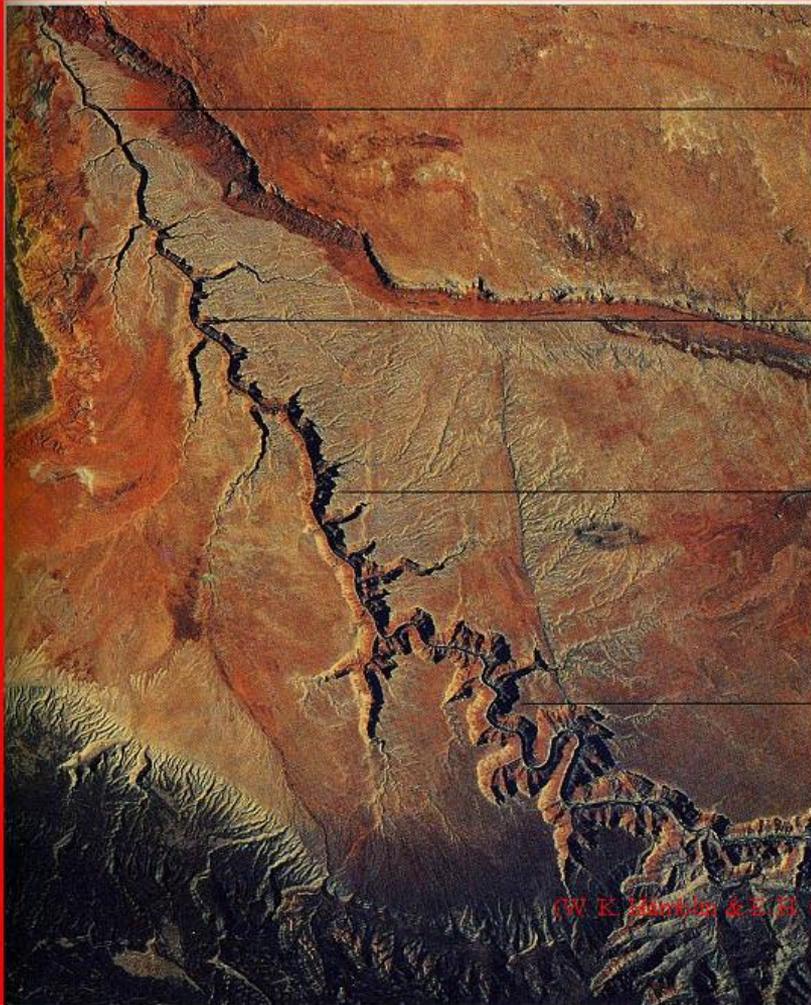
Attrition

When material in the water collide with one another, they break and become smaller particles. These particles become smoother and rounded.

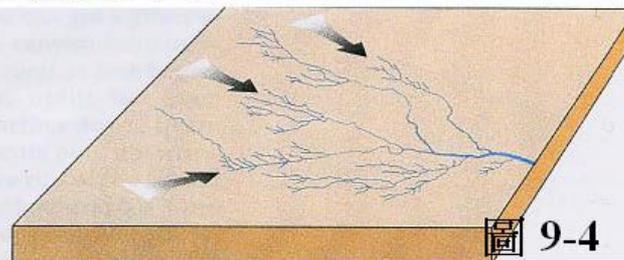
Solution/ Corrosion

The river water may also dissolve the minerals in the rock and carry them down the river. Limestone may be dissolved quickly in the river water, especially when there is high concentration, to form soluble calcium hydrogen carbonate

Erosione fluviale

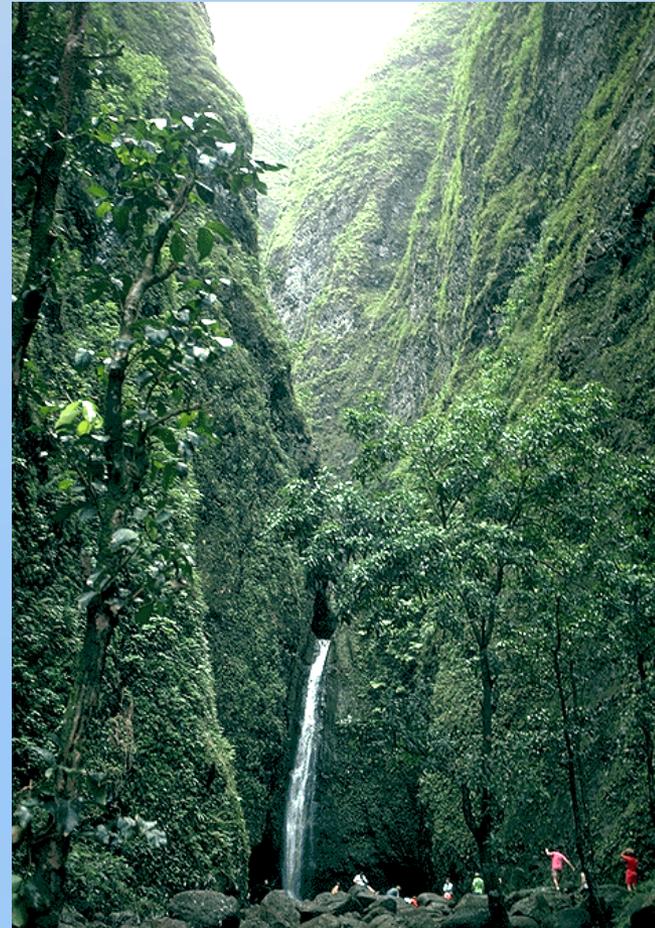


(W. E. Mearns & E. M. Christiansen, 1998)





Ampliamento laterale e
approfondimento dell'alveo del
fiume

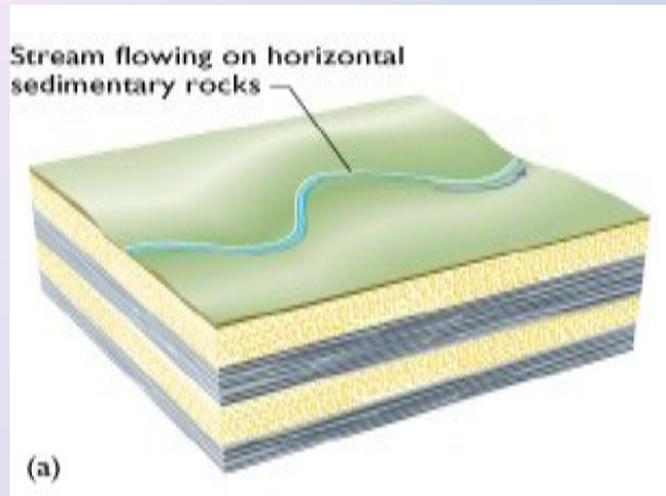




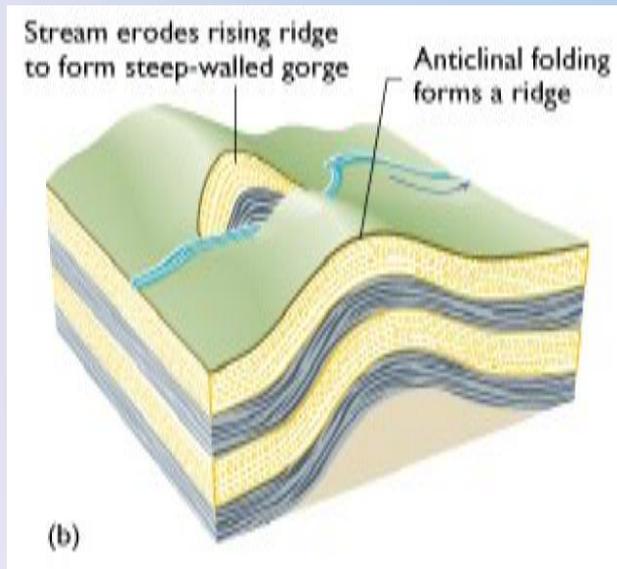
Forra – Burrone – Gola - Orrido

Ravines are deep, narrow valleys that have been eroded by the running water of a stream or river. The running water of streams and rivers is a powerful agent of rock erosion; some minerals are dissolved, and the stones that are carried with the current scour and wear away the banks and beds.

Fiume antecedente



a) il fiume esisteva prima della deformazione



b) La deformazione provoca la formazione di un gola fluviale

http://fenzi.dssg.unifi.it/dip/materiali/3101/17_fiumi.pdf modificato

Azione di modellazione del torrente sui massi trasportati



Boulders rounded by impacts and abrasion



Erosione di sponda in terreni sciolti o in rocce tenere (scalzamento al piede)

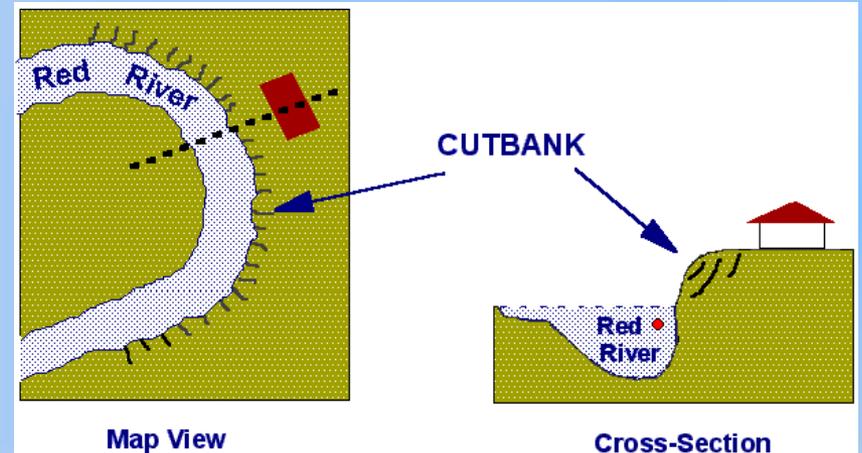
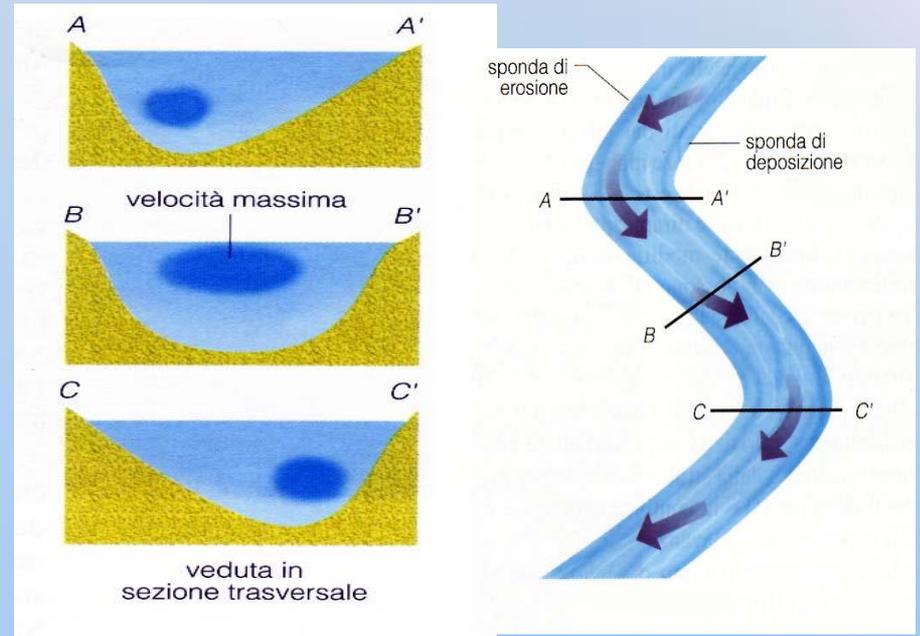


Erosione nei meandri

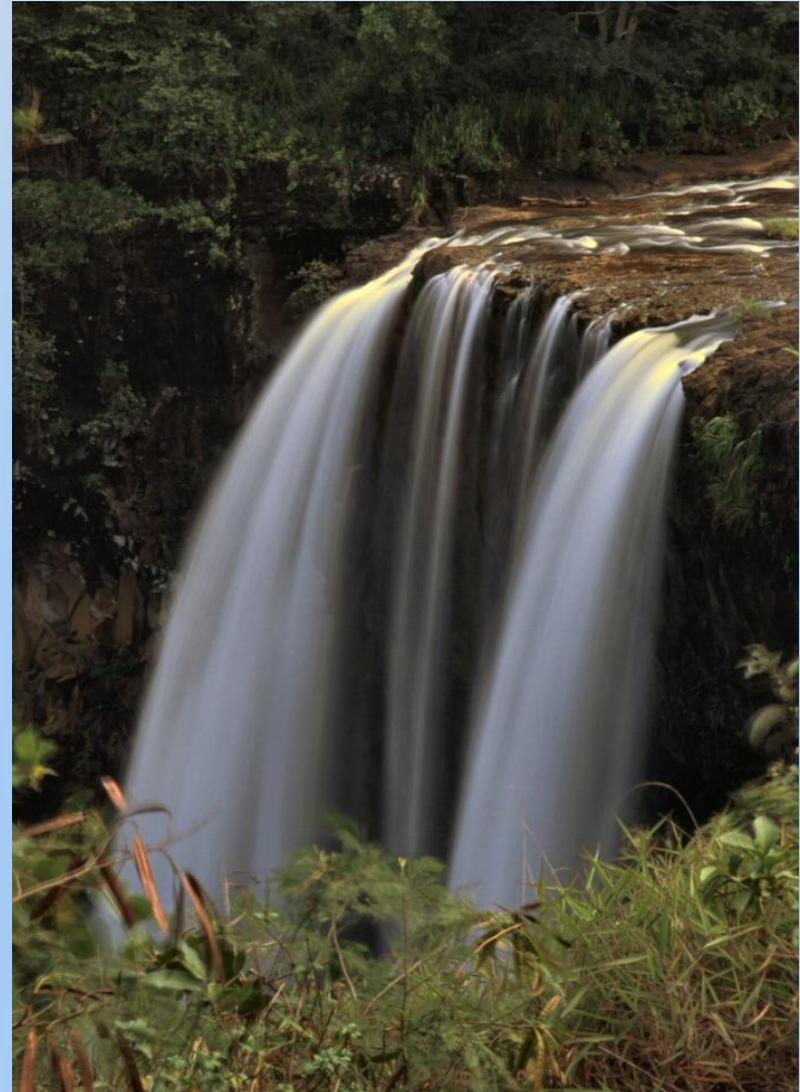


IKONOS satellite image of Little Susitna River, Alaska

Space Imaging/USDA



Formazione delle cascate - Waterfall

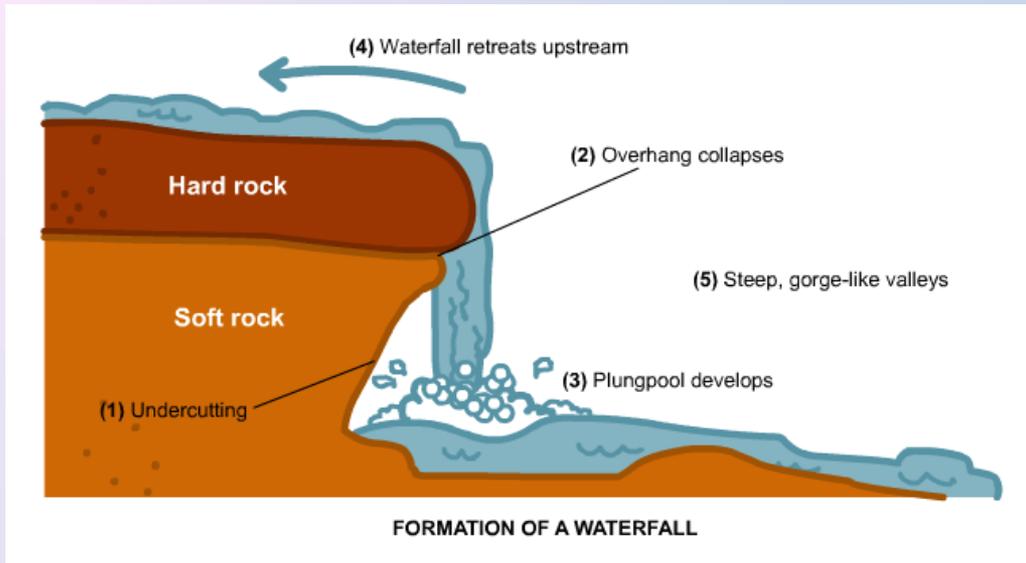


Erosione provocata da una piccola cascata su rocce dure

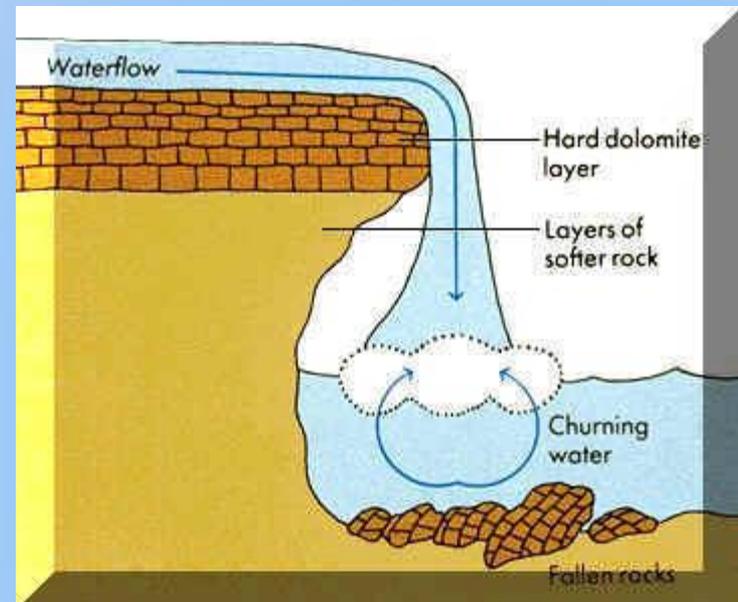
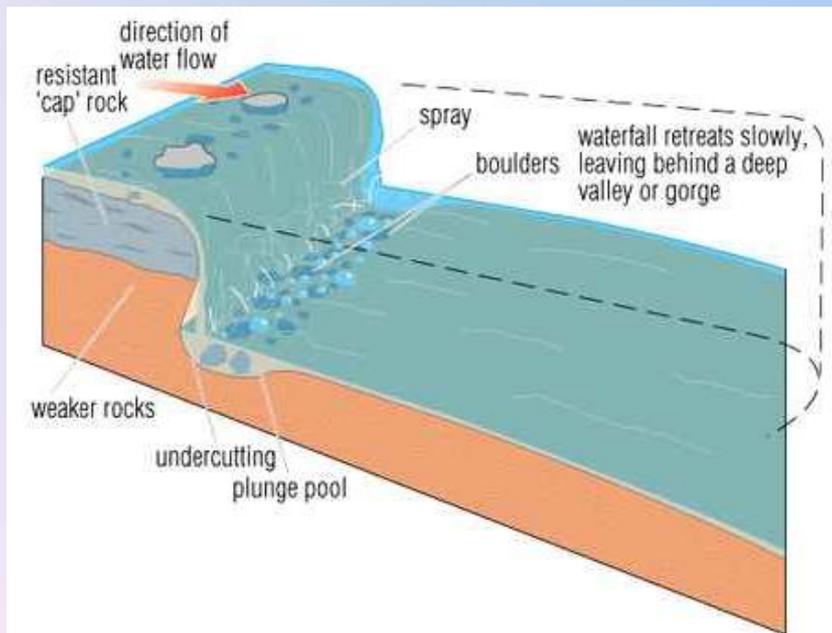


Cascate del Nilo Blu uscente dal Lago Tana in Etiopia

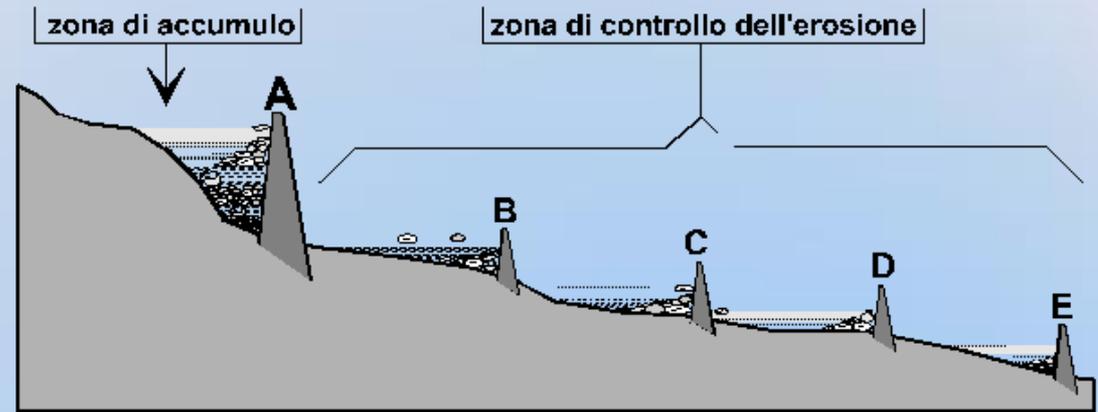




When water flows over hard rock and soft rock, the soft rocks erode creating waterfalls. As the erosion processes continue, the falls move backwards, in the opposite direction of the water



Opere di difesa e prevenzione contro l'erosione torrentizia

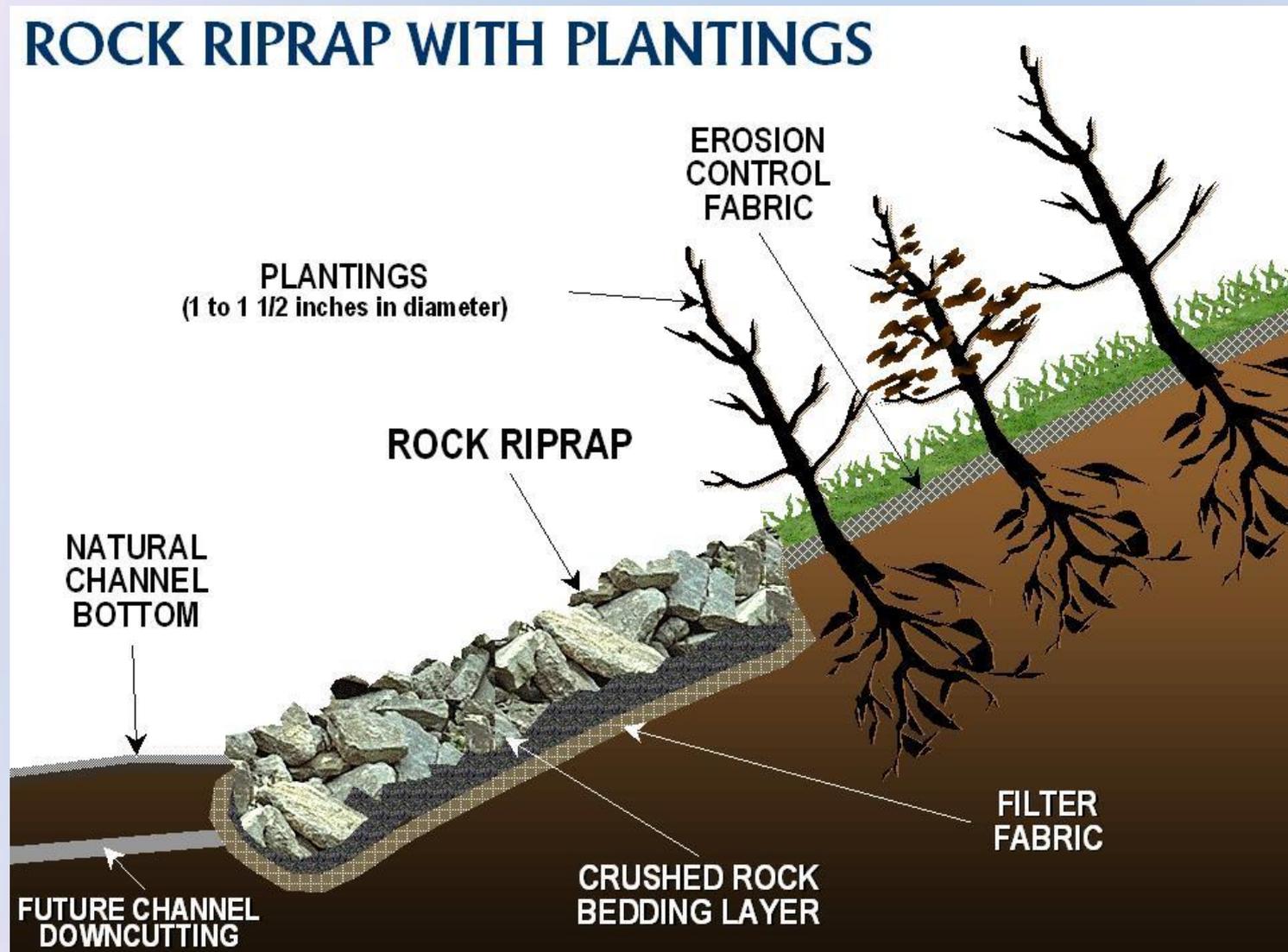


Esempio schematico di successione di **briglie**. Quella più a monte è finalizzata all'accumulo di materiali detritici, quelle a valle per il controllo dell'erosione.

Briglie in cemento armato per il controllo dell'erosione torrentizia



ROCK RIPRAP WITH PLANTINGS



Paesaggi dominati dall'erosione fluviale

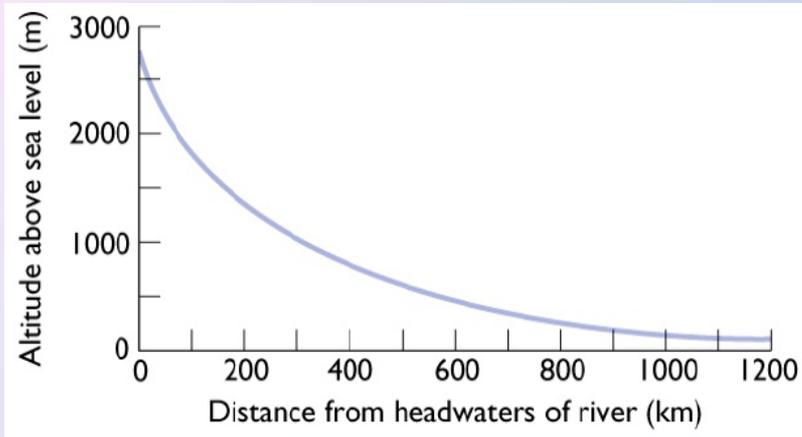


Parte settentrionale del deserto di Atacama, nelle vicinanze della città cilena di Calama. Gli effetti dell'erosione fluviale sono chiaramente visibili in questa foto aerea, che mostra un tratto del fiume Loa.



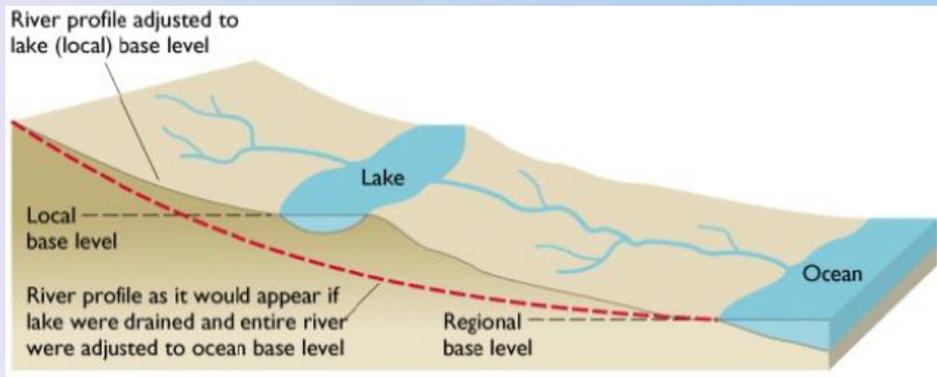
Il Grand Canyon è il prodotto dell'opera di erosione del fiume Colorado, iniziata circa 6 milioni di anni fa: l'immensa gola si estende per 446 km con una larghezza massima di 29 km e una profondità di 1.500 m

Formazioni rocciose di impareggiabile bellezza, composte di strati di calcare, arenaria, argilla, scisto e gneiss, ne formano le pareti. La spettacolare formazione qui fotografata è nota con il nome di *Alligator* (Alligatore).



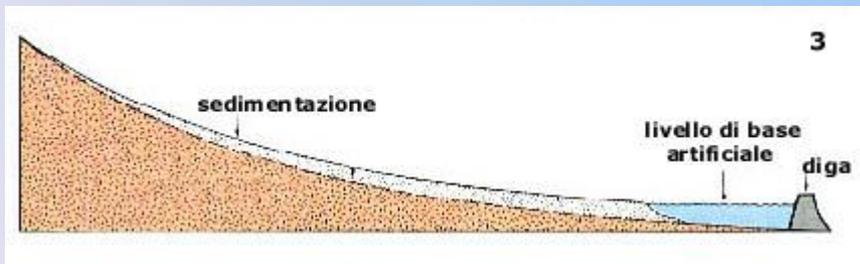
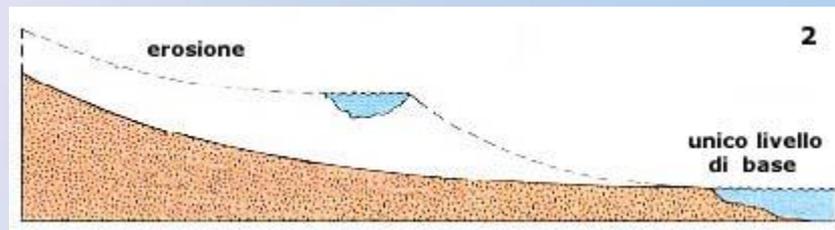
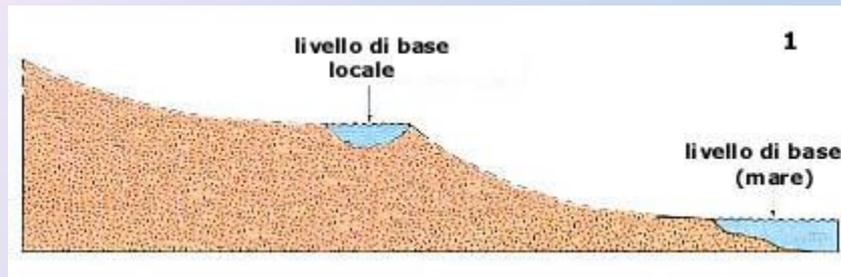
Profilo di equilibrio di un fiume

Un fiume si dice aver raggiunto il suo profilo di equilibrio quando lungo il suo corso non si verificano né erosione né sedimentazione, per raggiunte condizioni di equilibrio fra pendenza, velocità e portata



Ruolo del livello di base nel controllo del profilo longitudinale di un fiume

http://fenzi.dssg.unifi.it/dip/materiali/3101/17_fiumi.pdf modificato



Ruolo del livello di base nel controllo del profilo longitudinale di un fiume

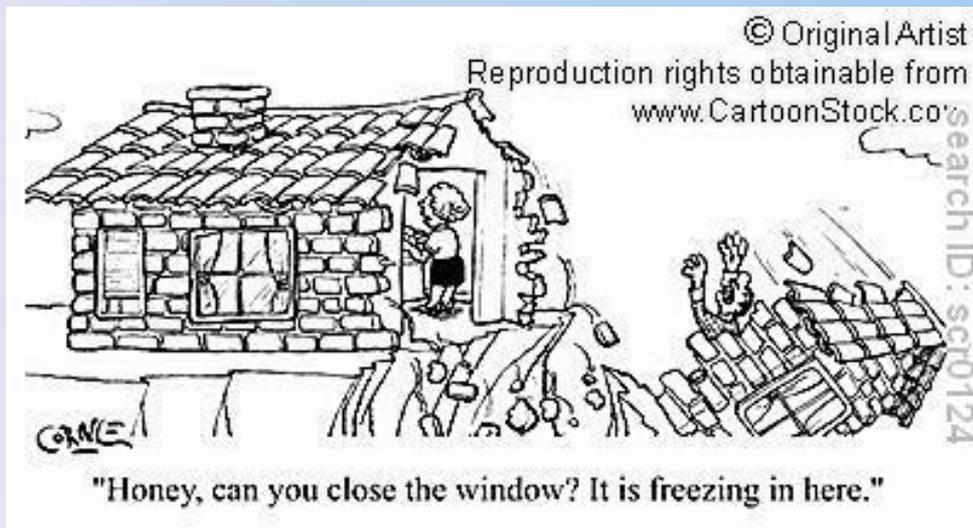
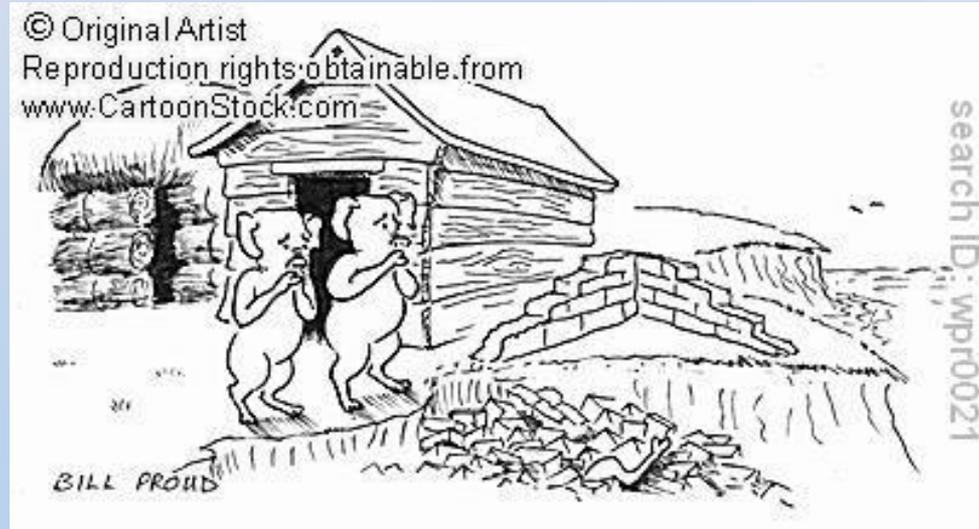
Il livello di base di un fiume o torrente è il punto più basso al quale esso può scorrere, definito spesso come l'imboccatura del fiume. Per i grandi fiumi, il livello di base è di solito il livello del mare, ma un grande fiume o lago è parimenti il livello di base per i corsi d'acqua tributari.

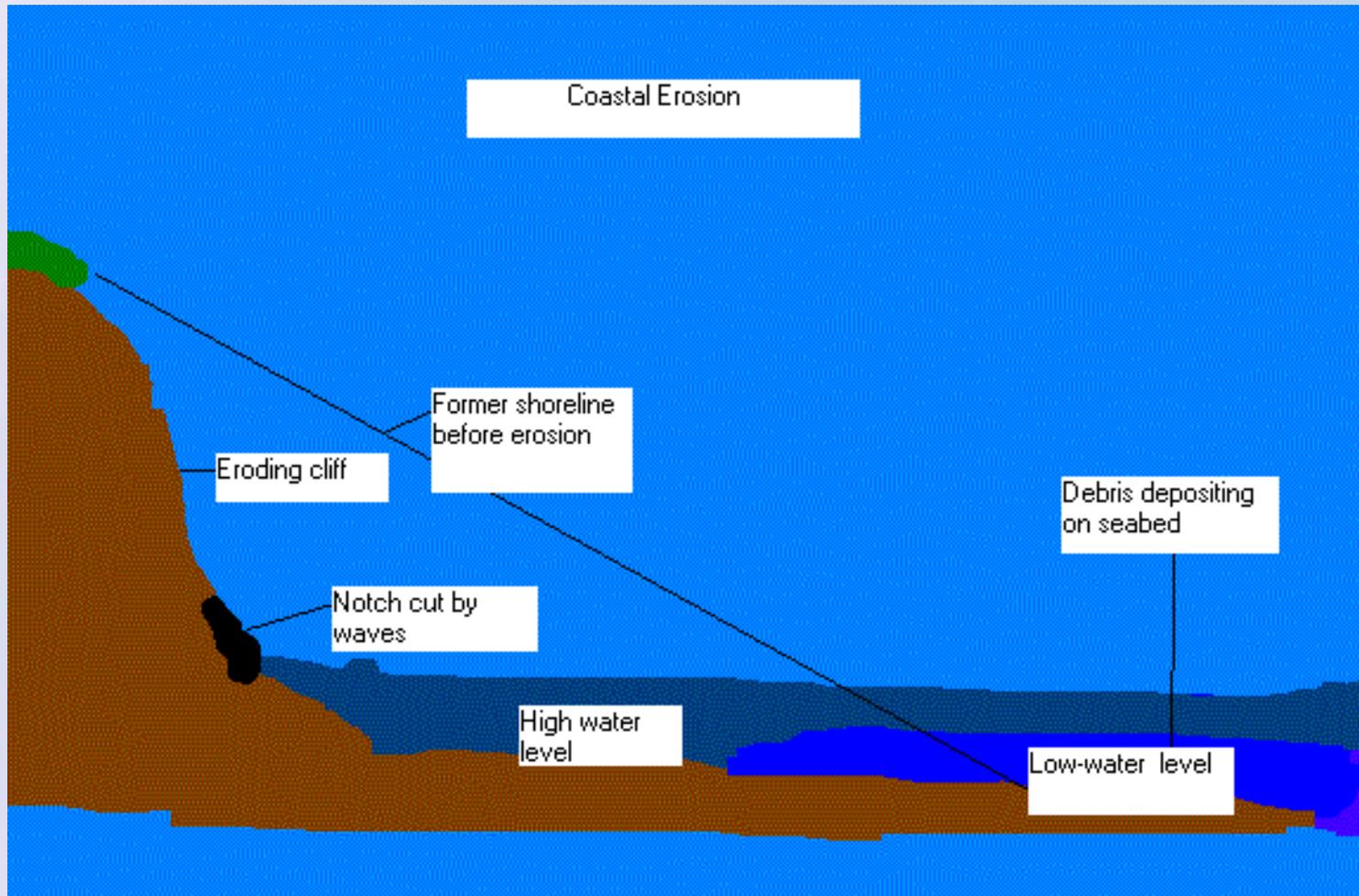
http://it.wikipedia.org/wiki/Livello_di_base

http://www.geologia.com/area_raga/fiumi/fiumi2.html modificato

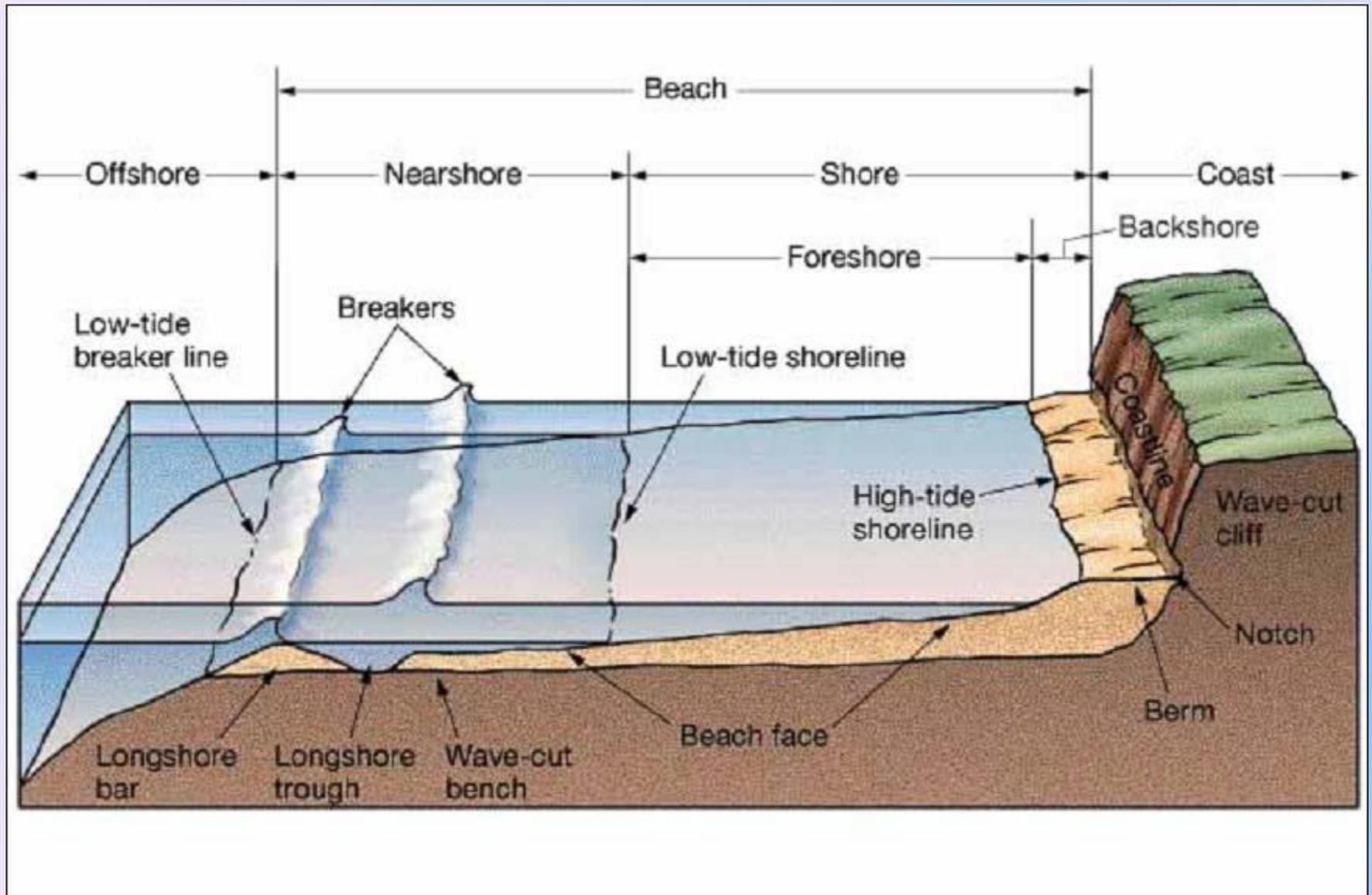
<http://www.bbc.co.uk/schools/gcsebitesize/geography/coastal/coastalprocessesrev3.shtml>

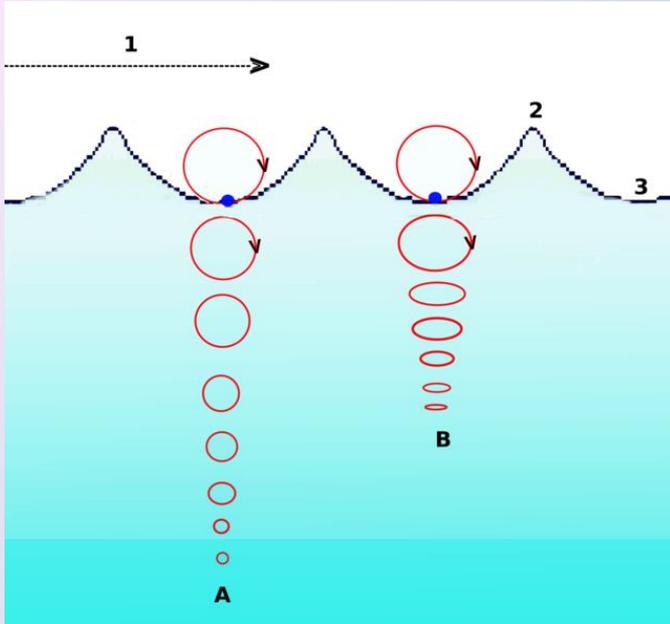
Erosione marina





L'ambiente della costa





A = In deep water.

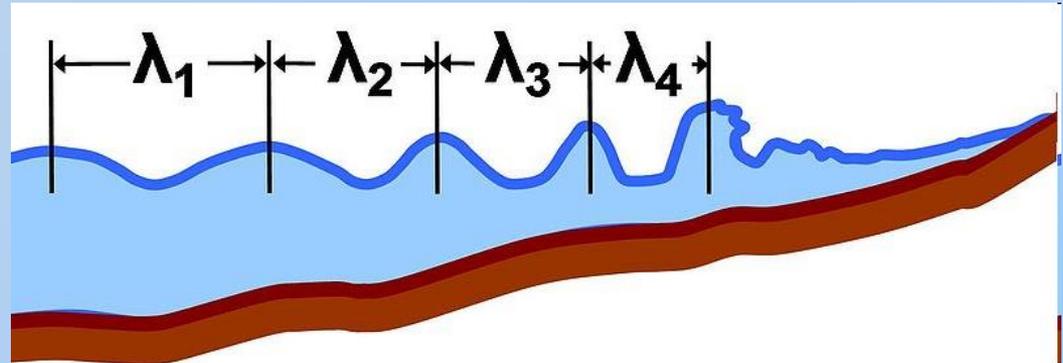
B = In shallow water. The elliptical movement of a surface particle becomes flatter with decreasing depth.

1 = Progression of wave

2 = Crest

3 = Trough

Various local wavelengths on a crest-to-crest basis in an ocean wave approaching shore



Esempi di frangenti



L'erosione marina è legata all'azione di diversi agenti tra i quali dominano le **onde**, le **correnti marine** ed il **vento**.

Nel caso di coste costituite da scarpate rocciose (falesie), hanno notevole importanza la **gravità** ed i processi di **degradazione sia fisica che chimica** legati alla presenza delle acque marine, oltre che **l'azione d'urto delle onde e dei detriti** che le onde riescono a smuovere

Azione delle acque del mare sulle coste rocciose

The four main types of wave action are:

- **Hydraulic action** occurs when waves striking the cliff face compresses air in cracks on the cliff face. This puts tremendous pressure on the surrounding rock. The air then expands explosively, forcing out pieces of rock. Over time, the cliff face crack grows, sometimes forming a cave. The rock from the cliff face which was removed falls to the bottom of the sea bed and is used for another further wave action.

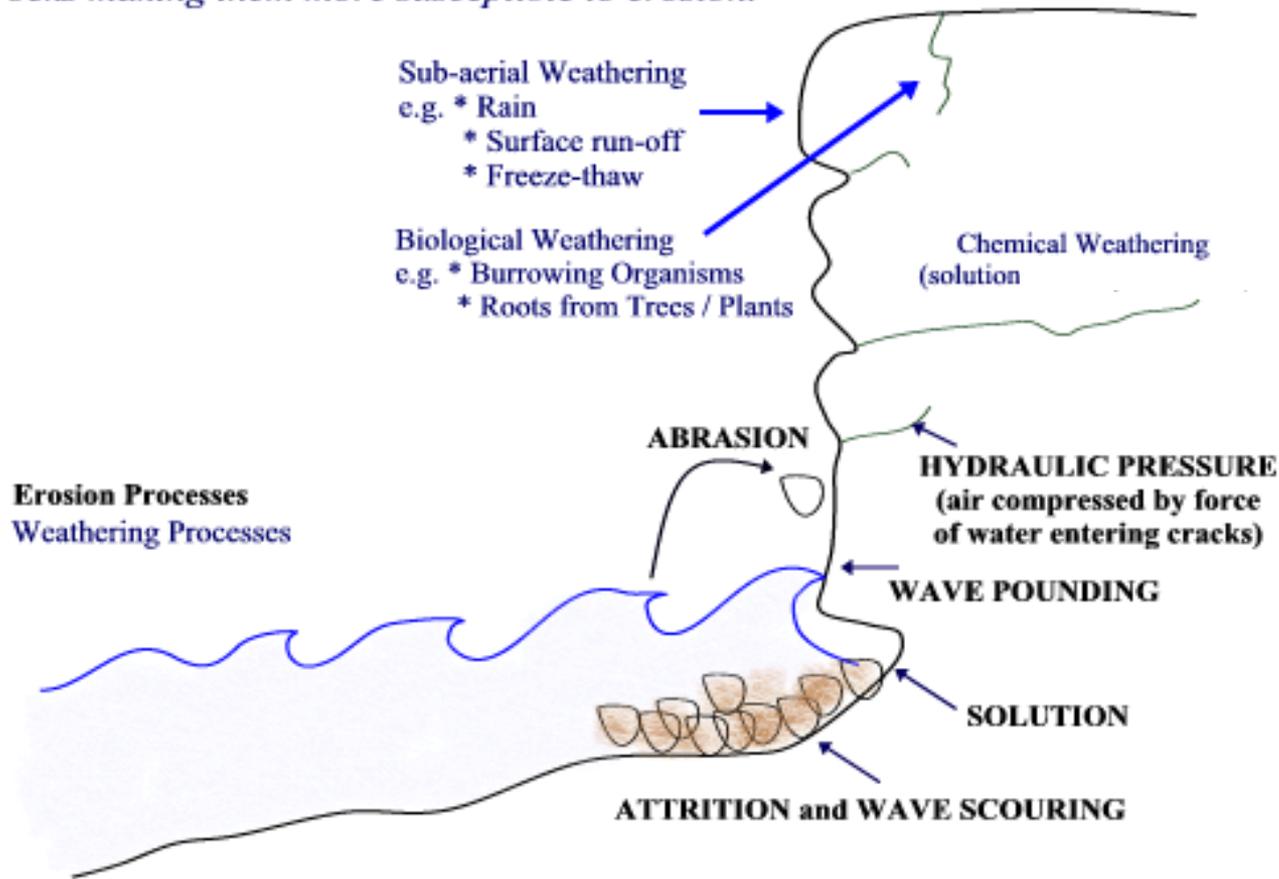
- **Attrition** occurs when the sea grinds rocks together, causing them to become smoother and reduced in size. As the sea rocks (scree) from side to side it moves the scree causing pieces of scree to collide with other pieces of scree thus causing them to become reduced in size, smoothed and rounded. As well as colliding with other scree, the scree also collides with the cliff face base causing pieces of rock to break off the base of the cliff face contributing to this wave action and to corrasion (abrasion).

- **Corrasion (abrasion)** occurs when the waves break on the cliff face pounding the cliff face and slowly eroding it. As the sea pounds the cliff faces it also uses the scree from other wave actions to batter and break off pieces of rock from higher up the cliff face which can be used for this same wave action and to attrition.

- **Corrosion or solution** occurs when the sea's water corrodes the rocks on the cliff face. Usually the cliff faces to be greatly eroded in this manner are limestone cliff faces. The rocking action of the sea also increases the rate of reaction by removing the reacted material.

Coastal Erosion and Weathering Processes

Remember weathering and erosion do the most damage at the weakest points. Weathering also helps to weaken rocks making them more susceptible to erosion.



Wave pounding is the 'sledge hammer' effect of tonnes of water crashing against cliffs. It shakes and weakens the rocks leaving them open to attack from hydraulic action and abrasion. Eroded material gets carried away by the wave. Wave Pounding is particularly fierce in a storm, where the waves are exceptionally large, and have a lot of energy.

http://en.wikipedia.org/wiki/Wave_pounding

ROCK TYPE

Some rock is easily eroded (e.g. clay and shale). These rocks tend to form wide beaches. Other rocks are very resistant to erosion (e.g. limestone and chalk). These rocks tend to form steep cliffs or rocky outcrops (Headlands)

TYPE OF WAVE

The amount of energy a wave has will also determine the amount of erosion that will take place. Destructive waves have a steep angle of break and are high in energy. They degrade the beach due to the scouring action of the strong backwash.

Factors affecting Coastal Erosion



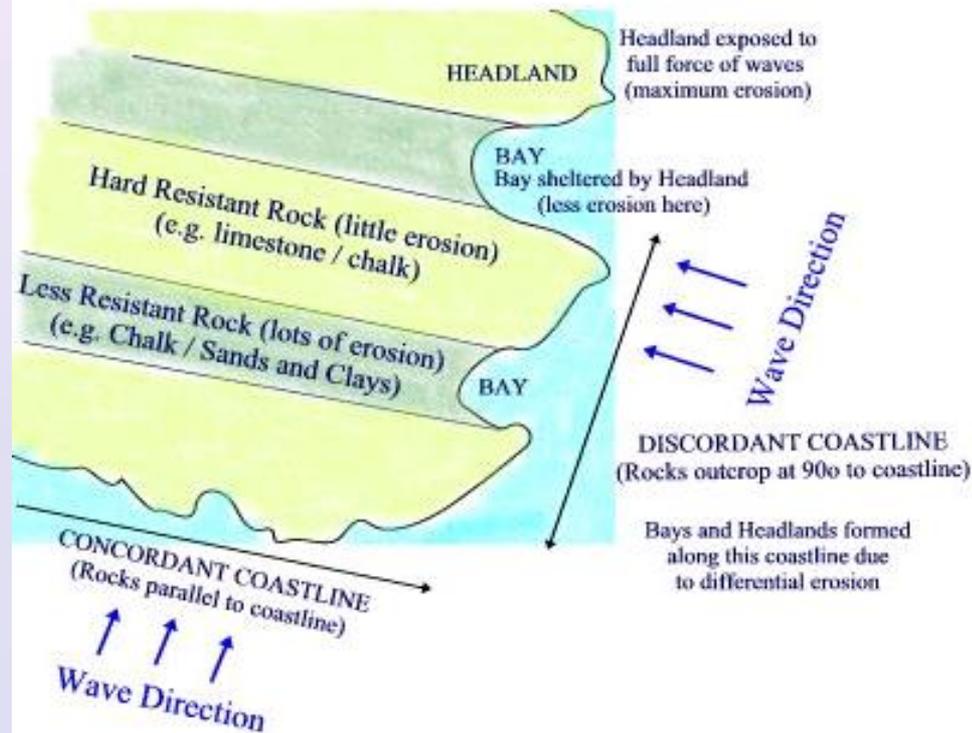
ROCK STRUCTURE

Where rocks are parallel to the coastline, the coastline is **CONCORDANT** and the amount of erosion will be determined by the resistance of the rock type forming the coastline. Where the rocks outcrop at right angles to the coast, the coastline is known as **DISCORDANT** and differential erosion may occur due to bands of hard and soft rock forming headlands and bays.

SHAPE OF THE COASTLINE

Where there are rocky outcrops (Headlands) these are exposed to the full force of the seas energy. However headlands can protect surrounding bays (inlets in the coastline) which can be sheltered from erosion)

Impact of Rock Structure and Shape of Coastline on Erosion Rates



Scogliera in argillite





Calcarea



Granito

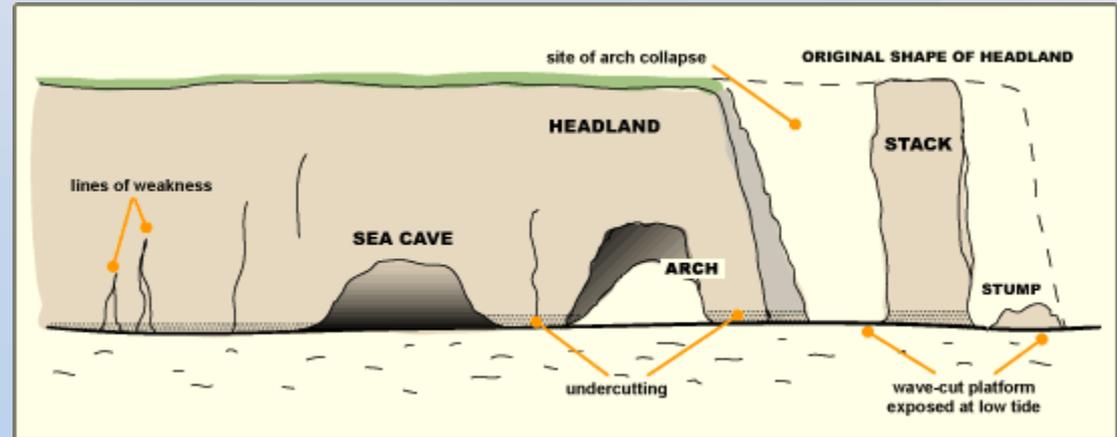


Chalk (calcarea fine porosa)

Gneiss



Erosione marina su una costa rocciosa



All rocks have lines of weakness. The sea and its waves use hydraulic action, abrasion, attrition and solution to erode along any lines of weakness. Undercutting takes place all around the headland.

These lines of weakness get enlarged and develop into small sea caves.

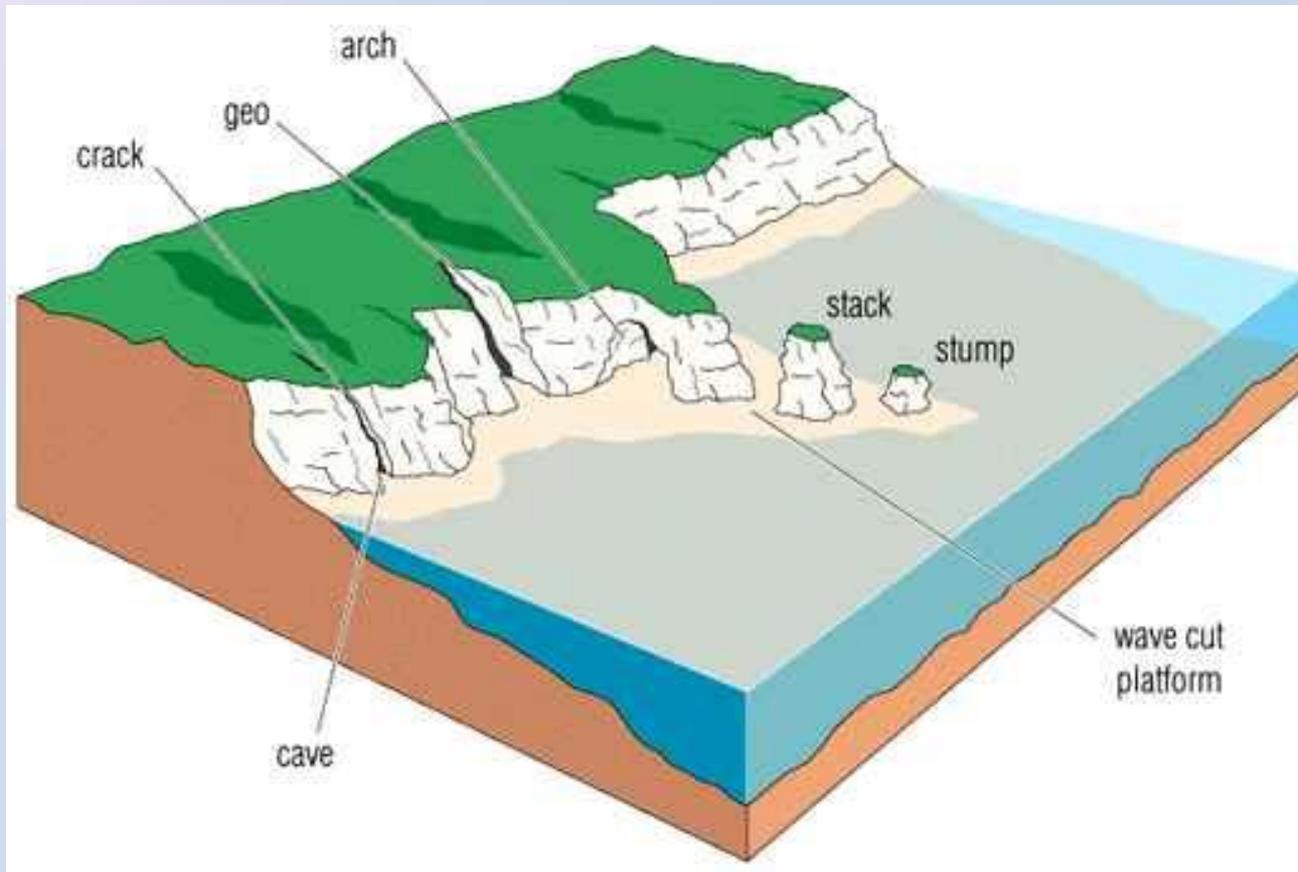
The caves are deepened and widened on both sides of the headland until eventually the sea cuts through the headland, forming an arch.

The rock at the top of the arch becomes unsupported as the arch is enlarged, eventually collapsing to form a stack.

The stack gets eroded until only a stump remains.

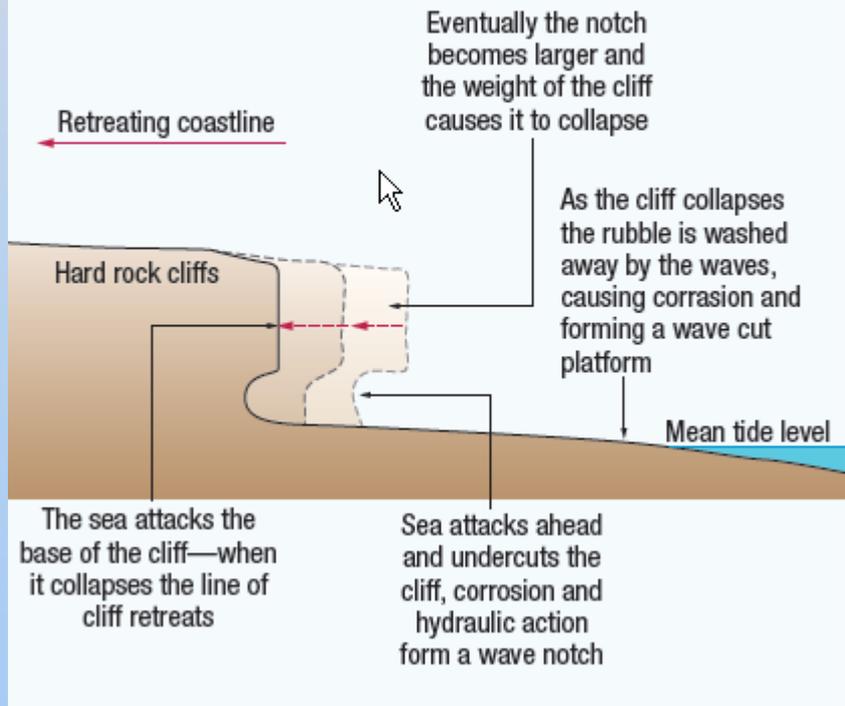
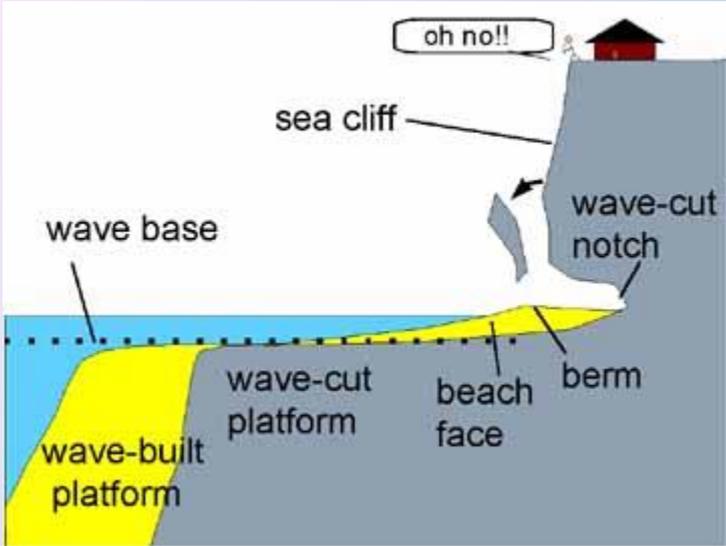
Over time the stump will disappear.

As the headland retreats under this erosion, the gently sloping land at the foot of the retreating cliff is called a wave-cut platform.



Typical features of coastal erosion: from the initial cracks in less resistant rock through to arches, stacks (faraglioni), and stumps (mozzicone – scoglio) that can occur as erosion progresses.

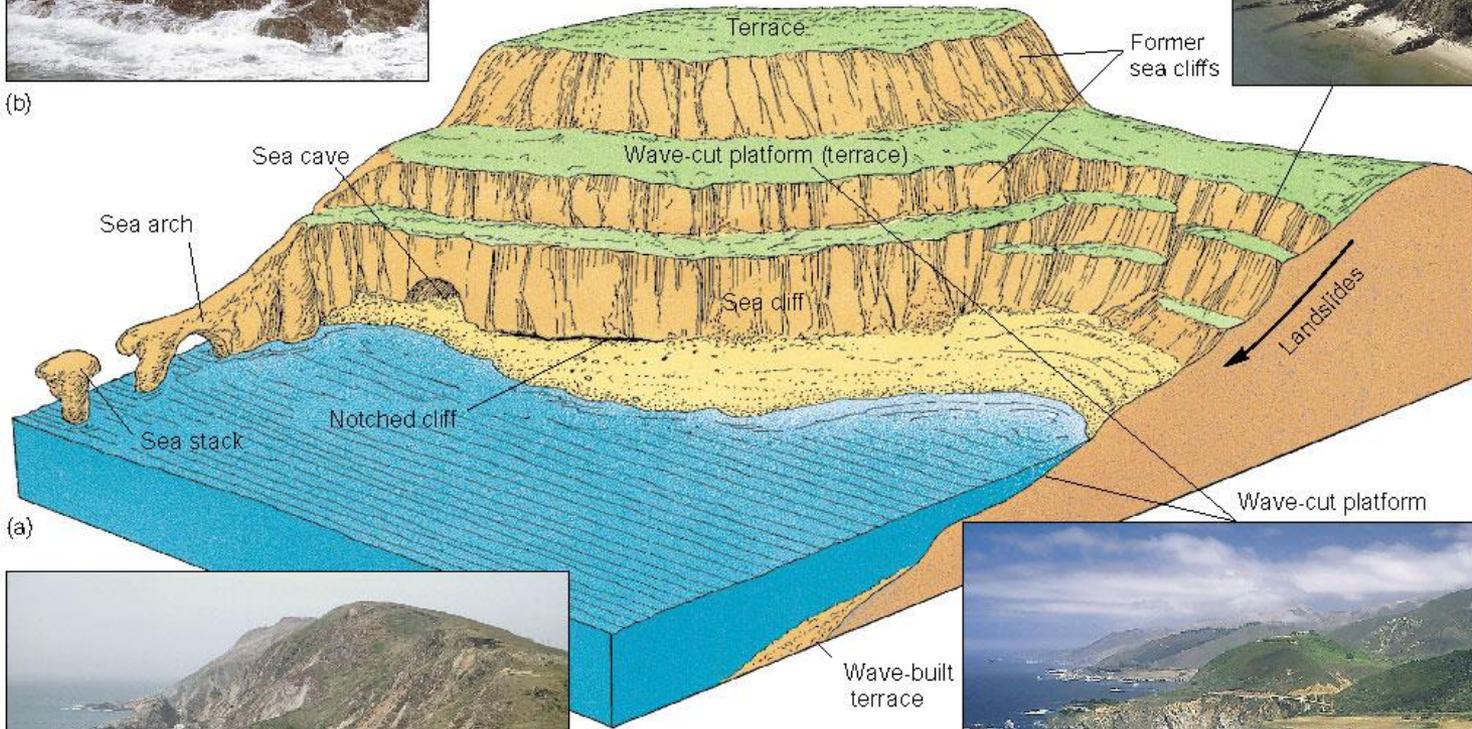
7.8 Headland and wave-cut platform



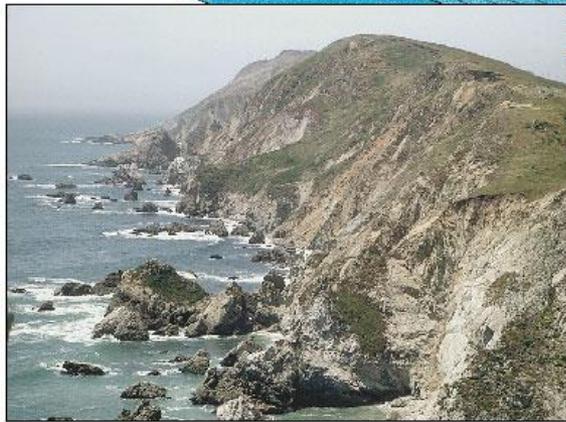
La **sottoescavazione** (scalzamento al piede) alla base della scogliera induce il crollo della stessa con conseguente arretramento



(b)



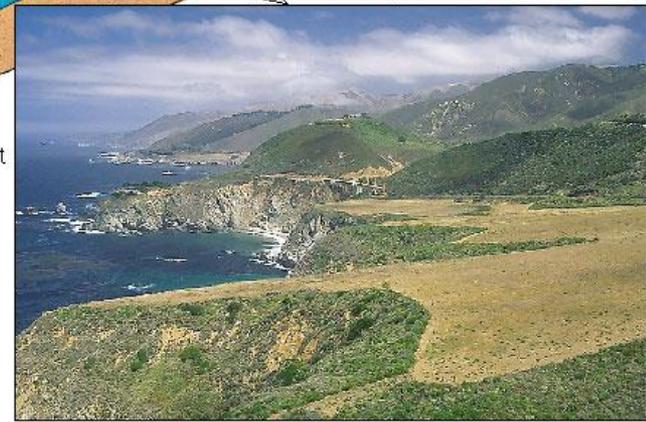
(a)



(c)



(d)



(e)



Terrazzo marino





Vista aerea della costa scozzese



Costa salentina

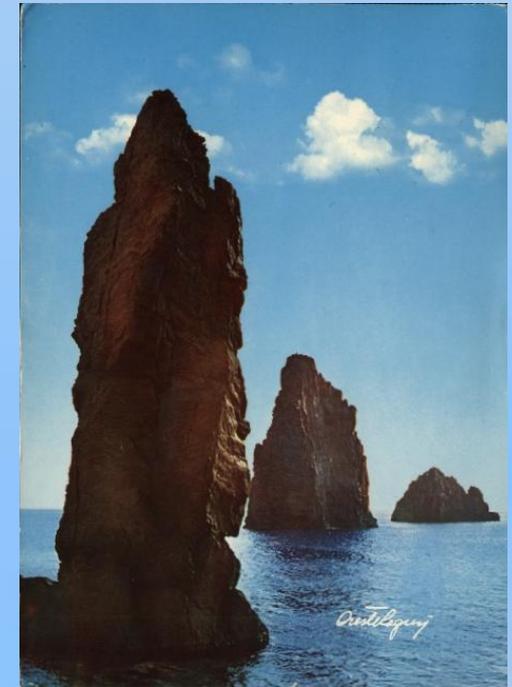
Conero



Sardegna



Gargano



Lipari

Ecola State Park - Oregon



Scozia



Faraglioni di Capri



Durdle Door, Wessex Coast

Durdle Door in unusually calm weather, after the partial solar eclipse of 3 October 2005.
Jan West & Tonya West (c) 2005.

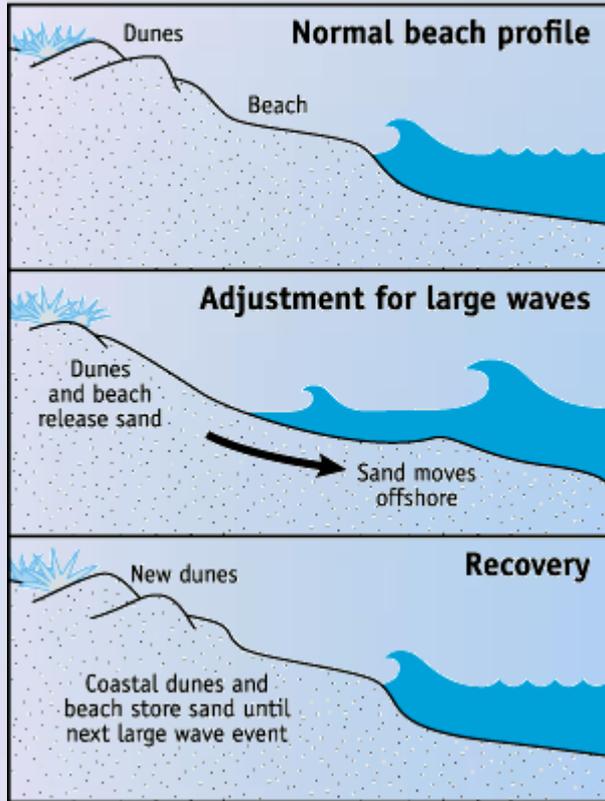




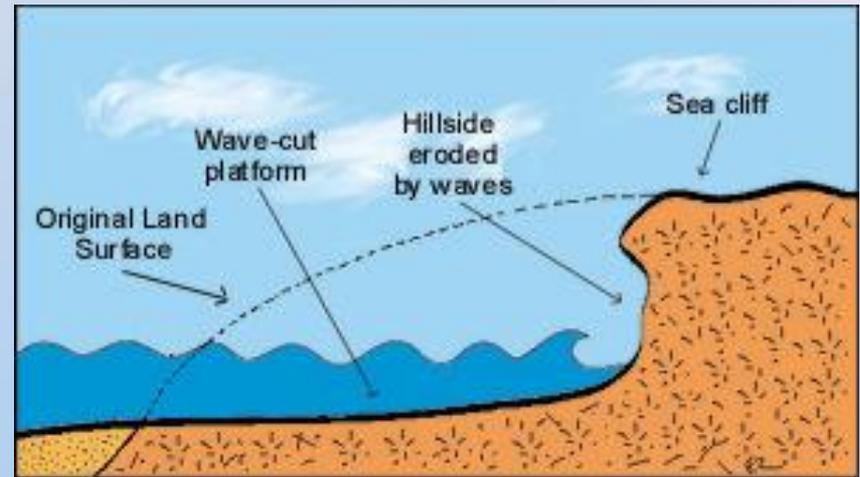
Shipwreck coast, Victoria Australia

Erosione di coste sabbiose

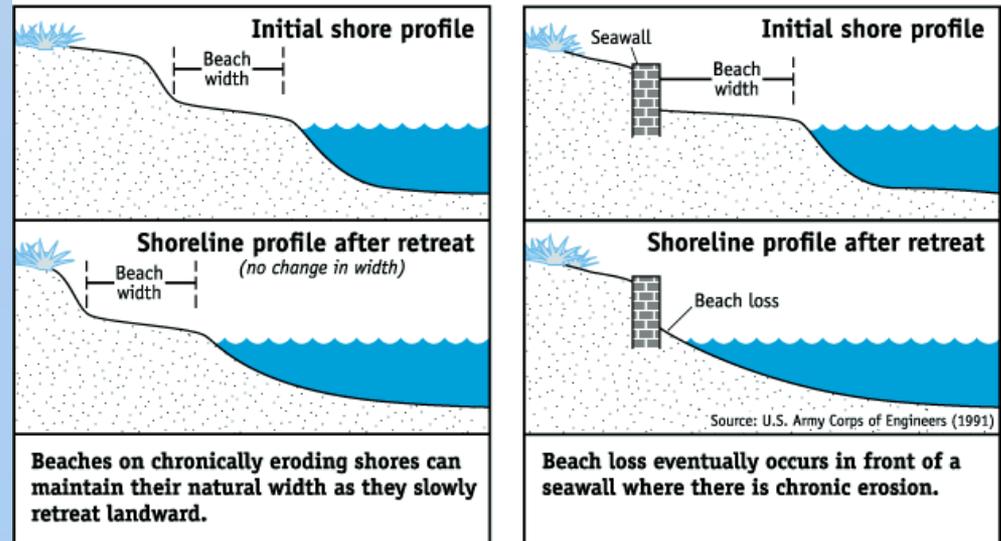
Seasonal beach profile adjustments



Spiaggia in equilibrio

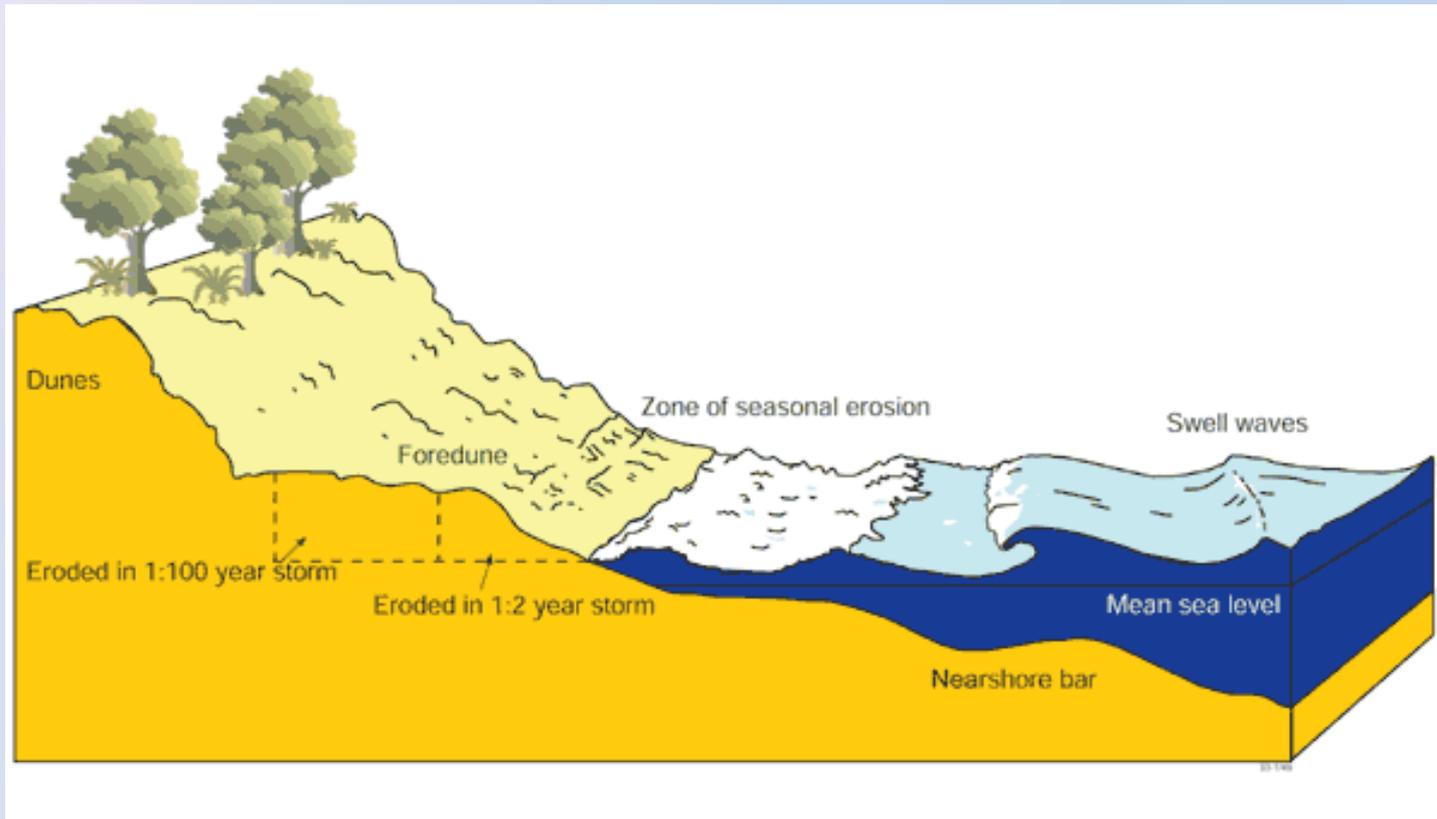


Shoreline Hardening and Beach Loss



Spiaggia in arretramento

Erosione marina su una costa sabbiosa



Cross-section of a sandy beach showing the significant difference in the volume of sediment eroded in high-magnitude storms (1:100 year) compared to seasonal erosional events.

Un evento ha tempo di ritorno di 100 anni se in 100 anni mediamente si verifica una volta.



Exposure of European regions to coastal erosion

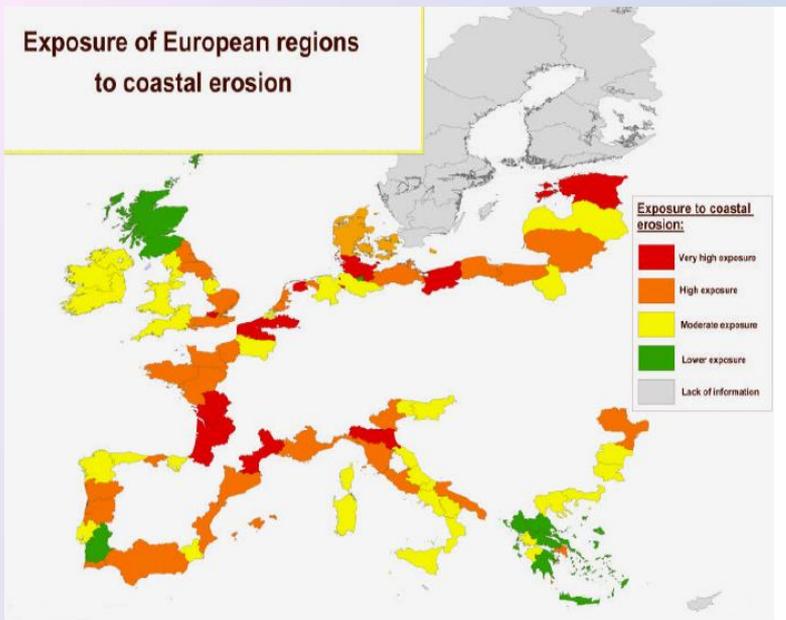


Fig. 1.2.1 - Regioni europee esposte al rischio di erosione costiera.

Engineered frontage in 2001

Red spots represents artificial coastline (e.g. harbours, jetties) or hard defence works (e.g. groins, breakwaters etc.)

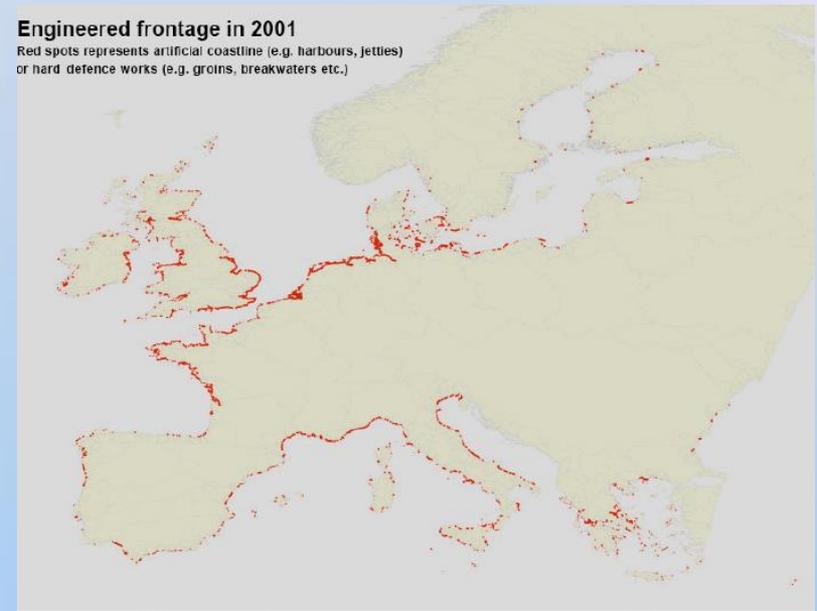


Fig. 1.2.3 - Coste europee protette da opere di difesa.

Coastal erosion despite coastal protection (2001)

Red spots depict areas which are eroding though protected

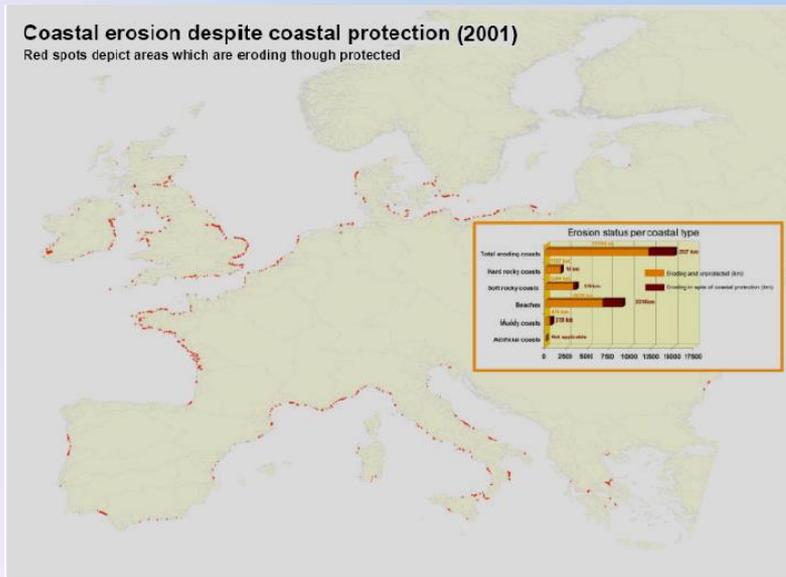


Fig. 1.2.4 - Coste europee soggette all'erosione nonostante le opere di difesa.



Esempio di erosione di una spiaggia sul litorale romagnolo.

L'erosione costiera è un fenomeno di importanza globale, soprattutto perché queste aree sono sempre più intensamente popolate.

I fattori che le rendono vulnerabili sono:

- la **subsidenza**
- la **forte urbanizzazione**
- la drastica **riduzione degli apporti di sabbia da parte dei fiumi**
- l'**innalzamento globale del livello del mare**



logia - Sc



Livelli di abbassamento del suolo della Pianura Padana orientale negli anni 1960-1980.

La **subsidenza** è il fenomeno di abbassamento della superficie terrestre causato da cambiamenti che avvengono nel sottosuolo. Questo processo, che può avere cause sia naturali che artificiali, diviene un vero e proprio fattore di rischio quando l'abbassamento del terreno è particolarmente forte o quando la topografia è già depressa e vicina, o al di sotto, del livello del mare. Per una pianura alluvionale come quella dell'Emilia-Romagna i valori di subsidenza naturali attesi sono dell'ordine di 0,1-0,3 cm/anno mentre i valori effettivamente misurati nelle ultime decine d'anni sono quasi ovunque maggiori di 0,4 cm/anno e con punte di 5 cm/anno

I numerosi studi eseguiti negli ultimi decenni sulla subsidenza in Pianura Padana hanno consentito di capire che i valori di subsidenza così elevati sono da attribuire al massiccio prelievo di fluidi dal sottosuolo (acqua e idrocarburi) che è stato protratto in tutto il secondo dopoguerra. Infatti il prelievo di un fluido dal sottosuolo determina la diminuzione del volume del sedimento in cui è contenuto (in particolare se si tratta di argille e limi) che, conseguentemente, si costipa e la sua superficie topografica scende di quota.

Il **trasporto verso mare dei sedimenti** è ostacolato dall'intensa escavazione degli alvei fluviali (prelievo di sabbia in alveo), dalla realizzazione di dighe e di sbarramenti, per cui il materiale che viene asportato ad opera delle onde e delle correnti costiere non è compensato da quello riversato a mare dai fiumi.





La costruzione di lunghe dighe foranee per i porti, e di barriere artificiali per la protezione delle spiagge, hanno spesso accentuato il fenomeno dell'erosione, perché impediscono il naturale trasferimento di materiale lungo costa





Scie 



FGS Archives



Elementi di Geologia - Scienze e tecnologie
per i Beni Culturali - Maria Chiara Turrini -
Università degli Studi di Ferrara



La gran parte dei tratti delle spiagge italiane che non risultano in erosione deve la propria stabilità a **massicce opere di difesa**, che modificano l'ambiente e il paesaggio costiero, rendono più difficile l'uso balneare della spiaggia e inducono spesso l'erosione nei tratti di costa adiacenti. Ne è un esempio la breve costa molisana: dei suoi 36 km, ben 25 sono difesi da scogliere; nonostante ciò su 22 km di spiagge 20 km sono in erosione (il 91%).

Le spiagge più riparate dall'erosione si ritrovano in Friuli, in Veneto e in Emilia-Romagna, regioni in cui sono stati realizzati importanti interventi di difesa dei litorali, facendo spesso ricorso al ripascimento artificiale con sabbie prelevate sui fondali marini.

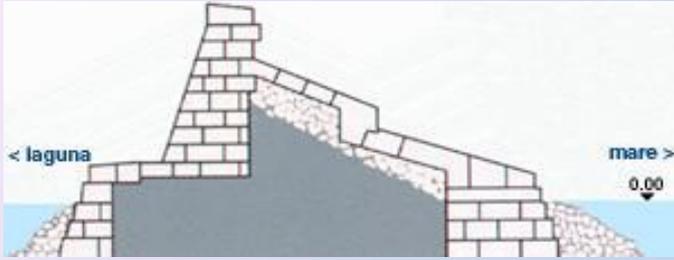


Scogliera radente

Elementi di Geologia
per i Beni Culturali - Maria Chiara Turrini -
Università degli Studi di Ferrara

Muro a mare





I Murazzi sono un'imponente diga in Pietra d'Istria (calcare microcristallino a bassa porosità) costruita dalla Repubblica di Venezia per difendere gli argini della laguna dall'erosione del mare. Andarono a sostituire le precedenti palade, delle palafitte riempite di sassi la cui durata era assai breve.



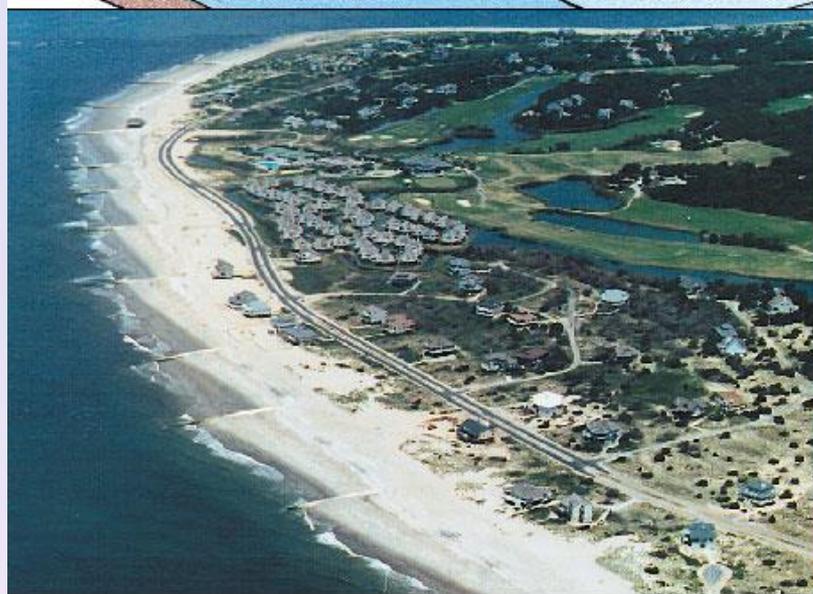
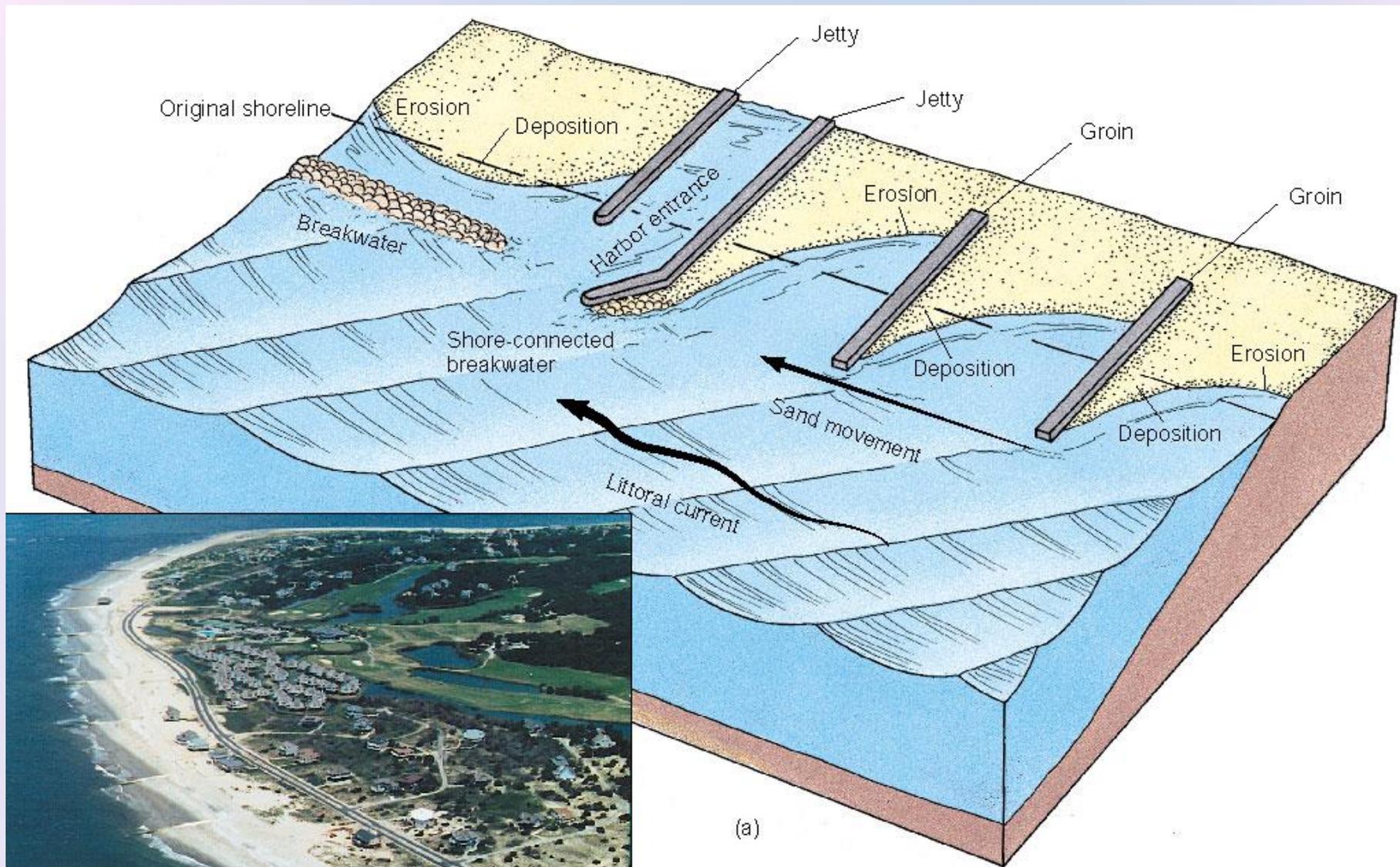
La costruzione, iniziata nel 1744, fu completata nel 1782. Vennero danneggiati dalle mareggiate nel 1825 e soprattutto il 4 novembre 1966 quando il loro cedimento fu una delle cause dell'eccezionale acqua alta che sommerse la città di Venezia. Recentemente sono stati integrati con una serie di pennelli frangiflutti, posti perpendicolarmente all'opera principale, il cui scopo è favorire la formazione di bassifondi e di tratti di spiaggia.



Coastal erosion at West Beach, Selsey, West Sussex, UK



Elementi di Geologia - Scienze e tecnologie
per i Beni Culturali - Maria Chiara Turrini -
Università degli Studi di Ferrara



Azione di moli, pennelli e frangiflutti



Azione dei moli sull'energia delle onde



Elementi di Geologia - Scienze e tecnologie
per i Beni Culturali - Maria Chiara Turrini -
Università degli Studi di Ferrara

Azione di un molo sulla sedimentazione

Non c'è la spiaggia

La spiaggia si è formata grazie all'azione del molo





Foto aerea obliqua di Porto Garibaldi

In presenza di strutture trasversali alla costa – moli e pennelli – si ha l'accrescimento asimmetrico della spiaggia; si individua in questo modo il lato sottoflutto e il lato sopraflutto e quindi la direzione predominante del flusso sedimentario lungo costa.

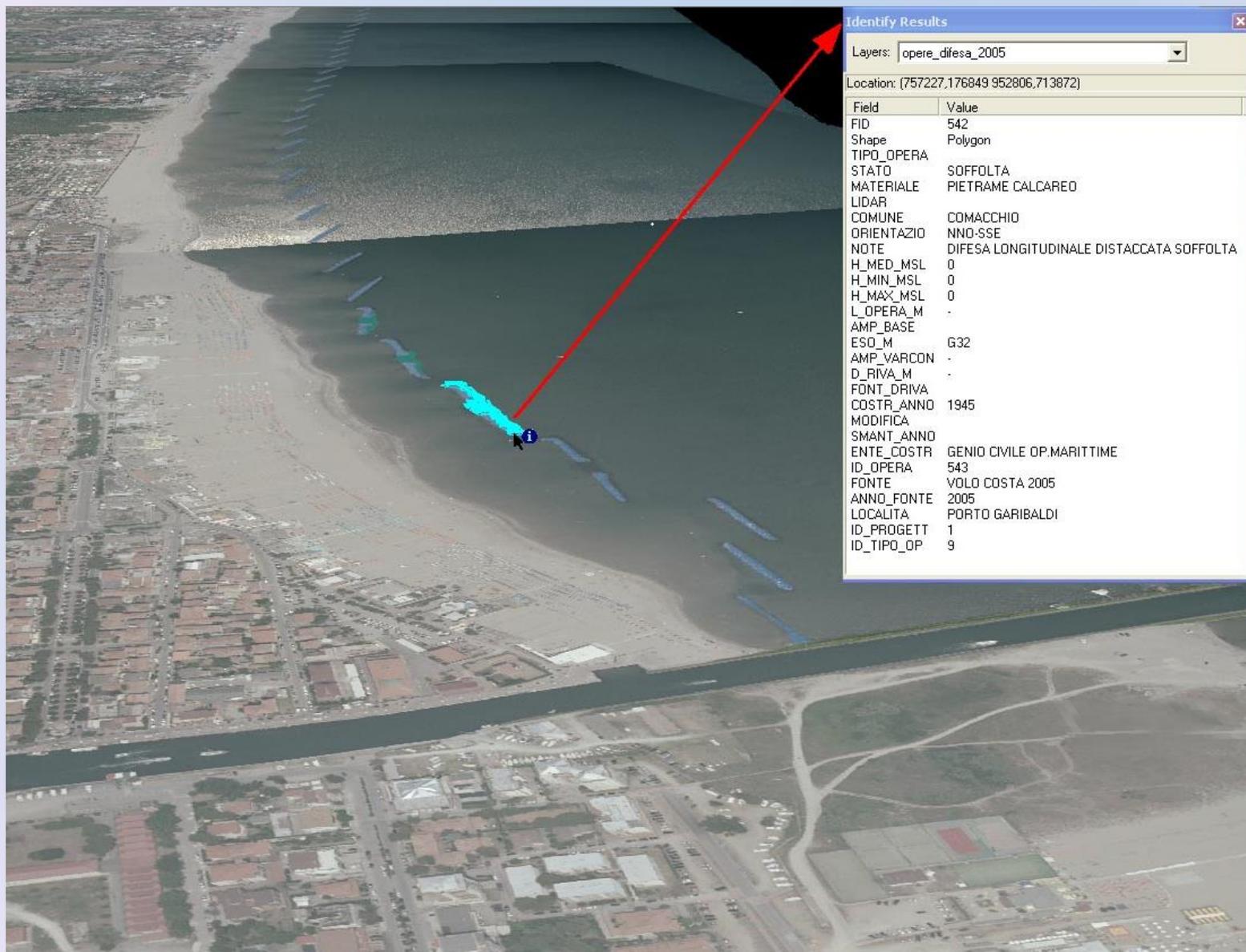
Nella maggioranza dei casi, lungo la costa adriatica, il trasporto solido lungo costa così valutato è diretto da sud verso nord.

In presenza dei moli questo effetto può essere molto importante e si osservano differenze nell'ampiezza della spiaggia emersa di alcune centinaia di metri tra i due lati delle strutture.

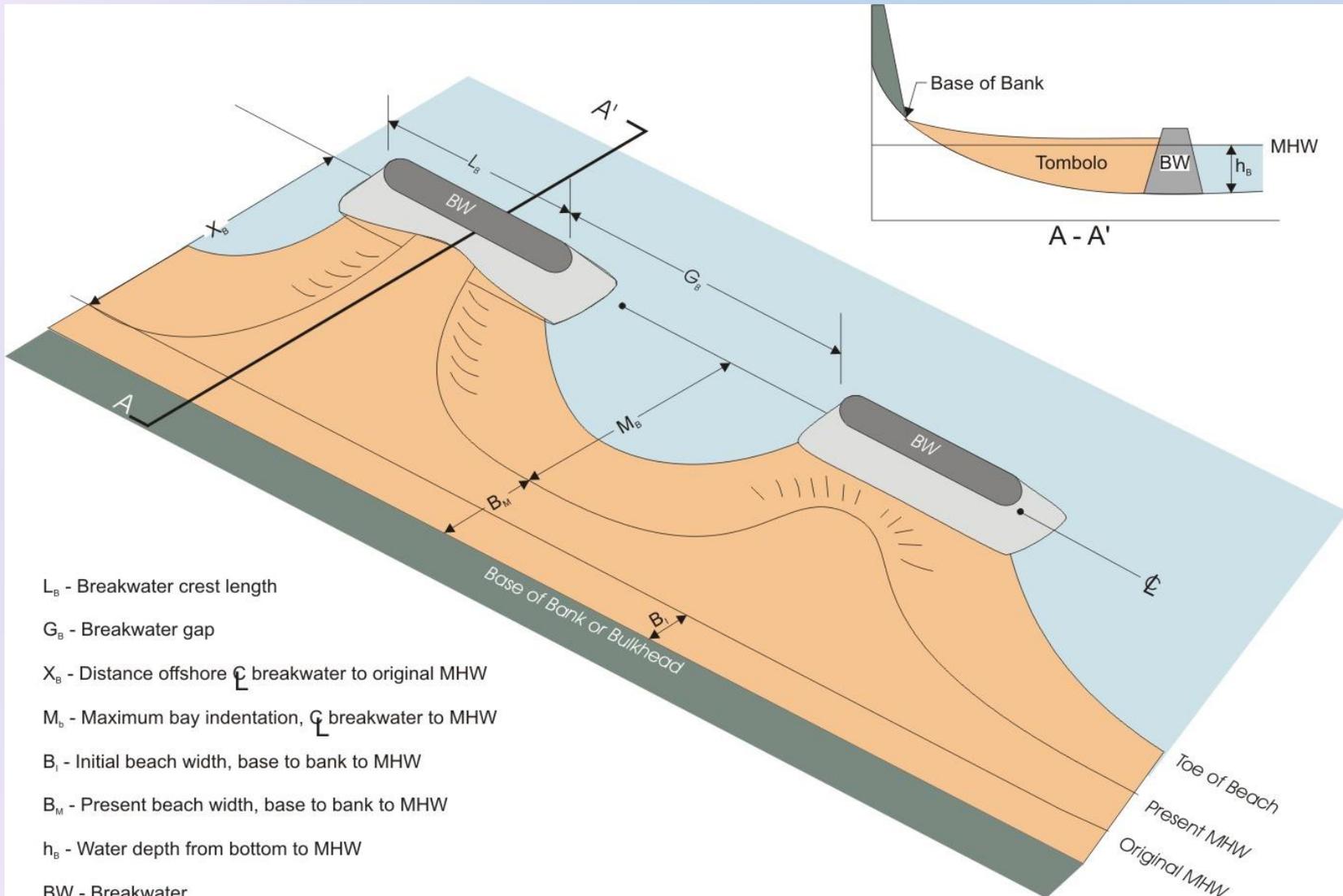
Pennelli perpendicolari alla linea di costa



Scogliere a mare



Barriere frangiflutti a mare, parallele alla linea di costa SCOGLIERE



Tomboli retroscogliera con formazione di nuova spiaggia



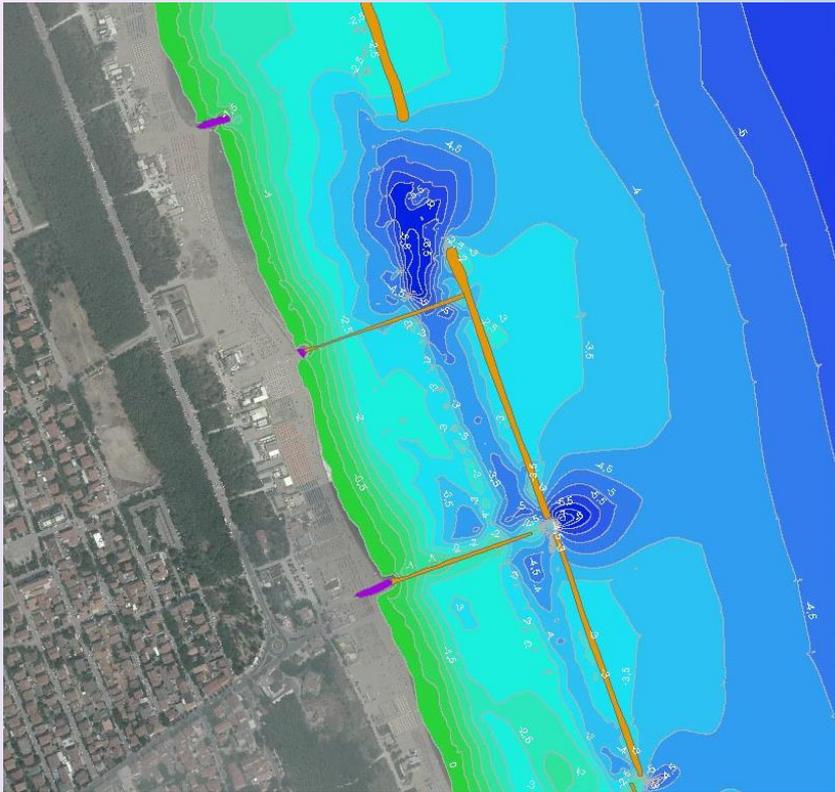
In presenza di strutture longitudinali distaccate (scogliere):

nel tratto di mare riparato da queste opere l'energia del moto ondoso è minore e si possono depositare le sabbie trasportate dal flusso litoraneo, formando estesi bassifondi e le tipiche morfologie a tombolo.

Sottoflutto (spesso al margine nord dei sistemi di scogliera, per quanto riguarda la costa adriatica) è quasi sempre presente un tratto di spiaggia più arretrato, dove si manifesta una marcata erosione.

In corrispondenza dei varchi tra due scogliere consecutive, a causa della diffrazione delle onde e in presenza di tombolo, la linea di riva assume un andamento circolare, mentre, nella spiaggia sommersa, in corrispondenza dei varchi, è frequente la formazione di truogoli talora profondi.

Il lato a mare (esterno) delle strutture è molto spesso caratterizzato da un sensibile approfondimento dei fondali. Il dislivello che si registra tra il lato interno e quello esterno è anche superiore al metro. Questo fenomeno origina problemi di stabilità all'opera.



Difesa mista

Truogoli prodotti dalla corrente di reflusso in corrispondenza dei varchi interposti tra due scogliere attigue

Azione delle scogliere a mare sull'energia delle onde



Scogliera sommersa

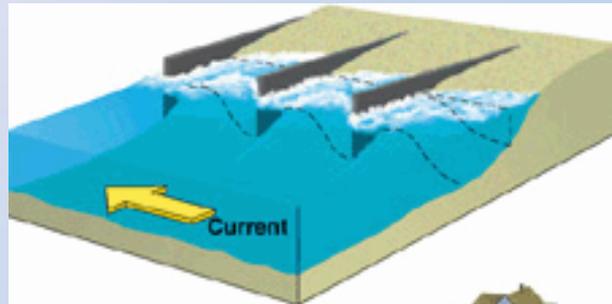


Ripascimento artificiale con prelievo di sabbia dal largo (Lido di Spina, FE)

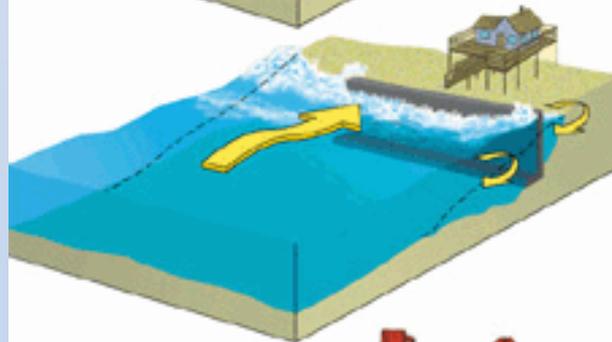




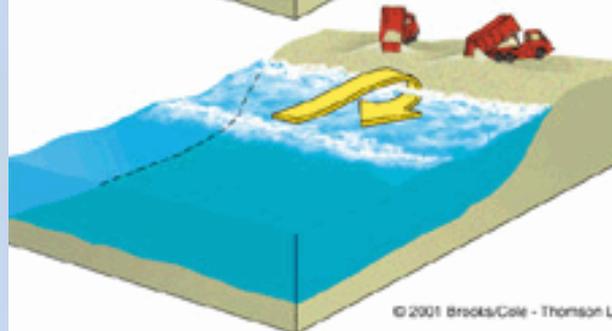
Grottamare (AP) - Ripascimento della spiaggia



a Groin
Groins are structures that extend from the beach into the water. They help counter erosion by trapping sand from the current. Groins accumulate sand on their updrift side, but erosion is worse on the downdrift side, which is deprived of sand.



b Seawall
Seawalls protect property temporarily, but they also increase beach erosion by deflecting wave energy onto the sand in front of and beside them. High waves can wash over seawalls and destroy both the seawalls and the protected property.



c Importing sand
Importing sand to a beach is considered the best response to erosion. The new sand is often dredged from offshore and can cost tens of millions of dollars. Because it is often finer than beach sand, dredged sand erodes more quickly.

© 2001 Brooks/Cole - Thomson Learning



- Suddivisione della linea di costa ricavata dalle immagini del volo RER 2005 nei tratti:
- **Fittizia:** si intende un tratto di costa con varchi che interrompono la linea di riva. Questo accade in prossimità delle foci fluviali e dei porti.
 - **Naturale:** si intende un tratto di costa non protetto da opere di difesa artificiali.
 - **Protetta:** si intende un tratto di costa protetto da opere di difesa artificiali ben distinguibili da foto aerea.
 - **Lagunare protetta:** ha le caratteristiche di un tratto protetto in ambiente lagunare (Sacca di Goro).

Ghiacciaio



Corpo di ghiaccio che copre completamente o quasi un tratto di terreno, con chiare evidenze di movimento in atto o in passato.

I ghiacciai si formano laddove la quantità di neve che si accumula nella stagione fredda è maggiore di quella che si scioglie durante la stagione calda.

Classificazione dei ghiacciai in base alla loro forma

Alpine glaciers form on the crests and slopes of mountains and are also known as "mountain glaciers", "niche glaciers", or "cirque glaciers". An alpine glacier that fills a valley is sometimes called a **valley glacier**

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



The Aletsch Glacier, the largest glacier of the Alps, in Switzerland
Valley glacier



*A **cirque glacier** in the Norwegian Alps. Note the small niche glaciers on the adjacent mountain*



Niche glacier at the base of a rock wall



Niche glaciers are patches of both glacial ice that occupy small topographic hollows and gully's on north facing mountain slopes. In contrast to other glacier types, their small size ensures that they have little geomorphic impact.

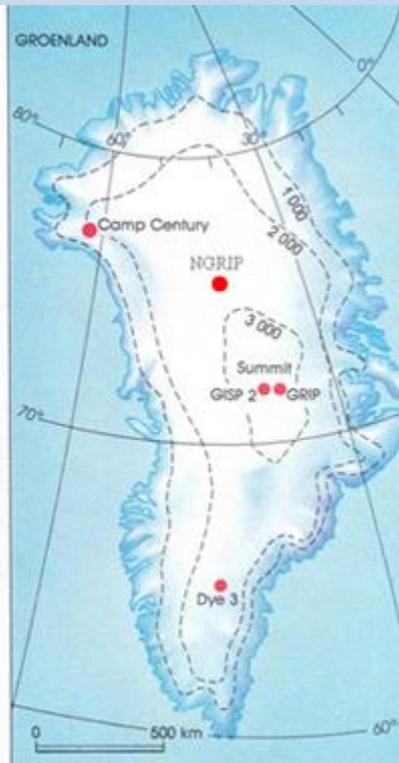
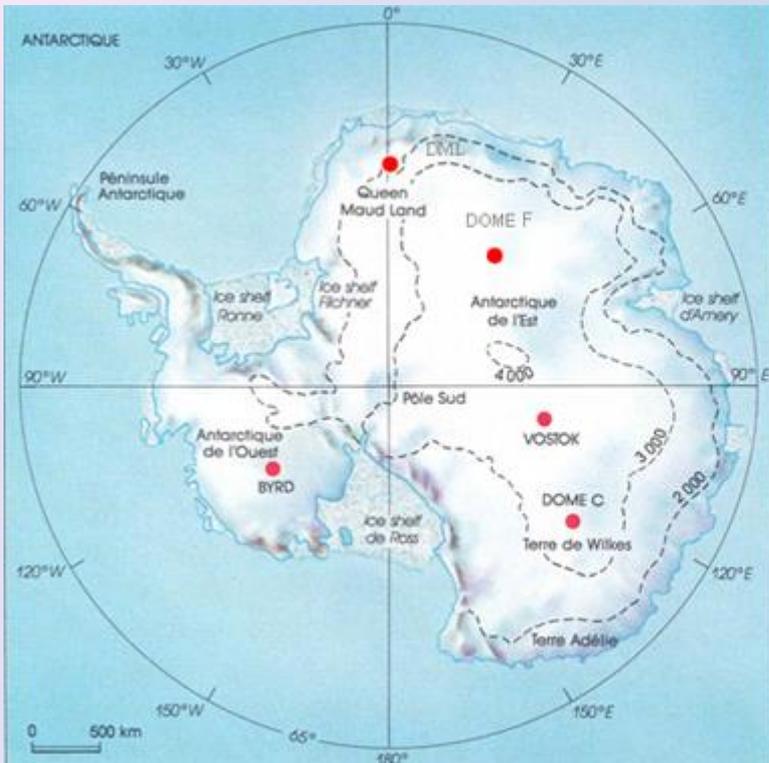


Cirque glaciers are ice masses that occupy cirque basins, i.e. arm-chaired shaped hollows. Many glaciers within cirque basins may spill over the front and flow downhill to feed valley glaciers.



Valley glaciers are large streams of ice that flow within a valley from an upslope ice cap and cirque glacier.

<http://bgrg.org/pages/education/alevel/coldenvirons/Lesson%204.htm>



The largest glacial bodies, **ice sheets or continental glaciers**, cover more than 50,000 km². Several kilometres deep, they obscure the underlying topography. The only existent ice sheets are the two that cover most of Antarctica and Greenland.

http://en.wikipedia.org/wiki/Ice_sheet modificato

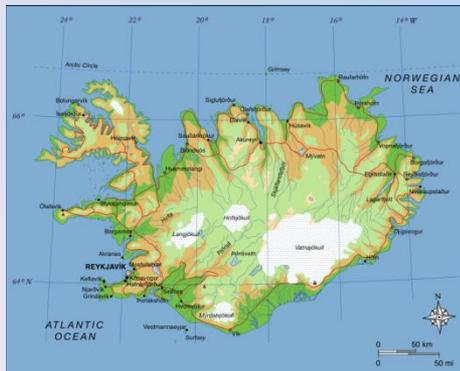
A satellite composite image of Antarctica





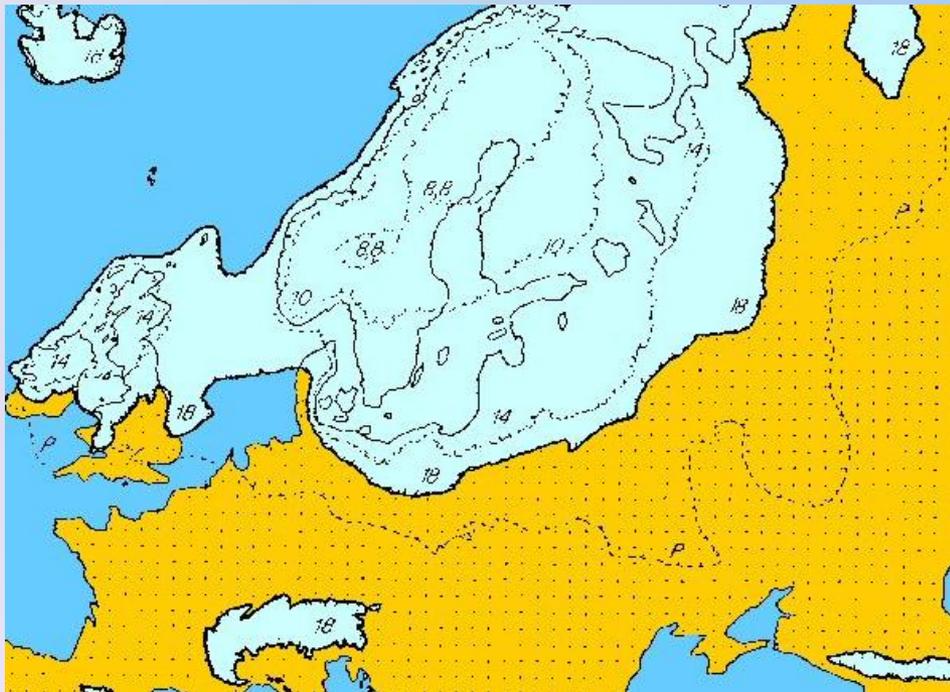
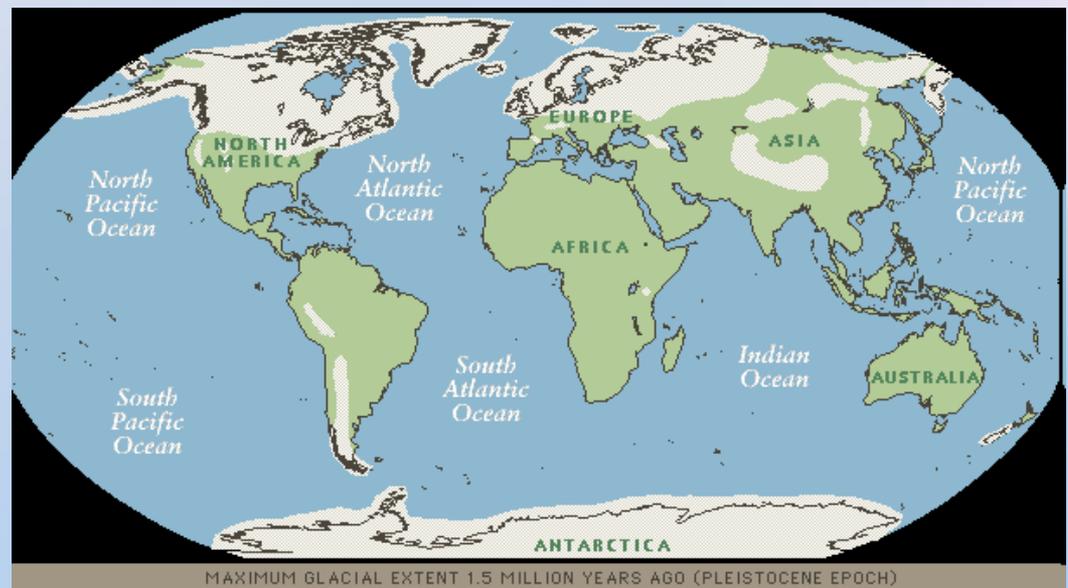
An **ice cap** is an ice mass that covers less than 50 000 km² of land area (usually covering a highland area). The dome of an ice cap is usually centred on the highest point of a massif. Ice flows away from this high point (the ice divide) towards the ice cap's periphery

Vatnajökull, Iceland



http://en.wikipedia.org/wiki/Ice_cap modificato

Massima espansione dei ghiacciai nel Pleistocene



Espansione dei ghiacciai durante l'ultima grande glaciazione in Europa

http://www.arch.unige.it/sla/geositi/lab_dispense/04.htm





Grossglockner (A)
(1910-2000)



Gepatschferner (D)
(1904-2005)



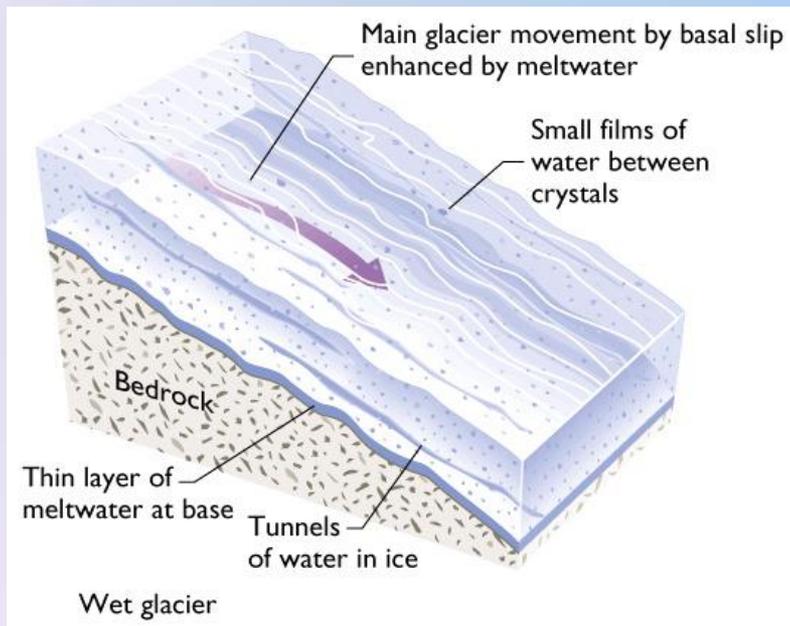
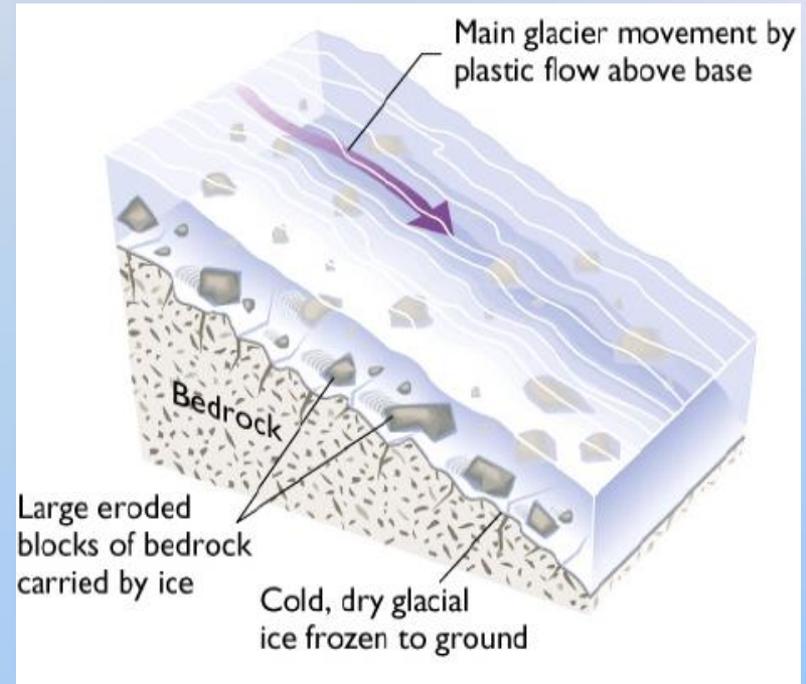
Aletsch (CH)
(1900-2005)



Solda (Alto Adige)
(1905-2002)



A base fredda - ghiaccio sul fondo del ghiacciaio
Dry glacier



A base calda - acqua sul fondo del ghiacciaio
Wet glacier

http://fenzi.dssg.unifi.it/dip/materiali/3101/19_ghiacciai.pdf modificato

