

LAUREA TRIENNALE IN GEOLOGIA E RISORSE NATURALI
CORSO DI GEOLOGIA 1
Anno 2011 - A. Ronchi

STRATIGRAFIA DEGLI AMBIENTI SEDIMENTARI I

Ambienti continentali



EONE	ERA	PERIODO	EPOCA	LIMITI (Millioni di anni)			
Eone Fanerozoico	Cenozoico	Quaternario	Olocene	0.01			
			Pleistocene	1.75			
		Terziario	Neogene	Pliocene	5.3		
				Miocene	23.5		
			Paleogene	Oligocene	33.7		
				Eocene	53		
				Paleocene	Upper	65	
					Lower	135	
				Mesozoico	Cretaceo	Upper	203
						Lower	250
	Giurassico	Upper	296				
		Lower	355				
	Paleozoico	Triassico	410				
		Permiano	435				
Carbonifero		500					
Devoniano		540					
Eone Proterozoico	Neoproterozoico	Siluriano	540				
		Ordoviciano	540				
		Cambriano	540				
Eone Archeano	Mesoproterozoico	Paleoproterozoico	comprende circa l'87% della scala dei tempi geologici	2500			
			Manca la documentazione stratigrafica	4550			

IUGS, 2000

CLASSIFICAZIONE DEGLI AMBIENTI DEPOSIZIONALI IN FUNZIONE DEI MODELLI DI FACIES NOTI (SISTEMI DEPOSIZIONALI)

CONTINENTALI

- Fluviale o alluvionale
 - di conoide
 - di pianura
- Lacustre
- Eolico-desertico

MISTI

- Deltizio
 - Litorale (T o C)
 - aperto → di spiaggia
 - protetto
 - di barriera e laguna
 - di marea (piana di marea ed estuario)
-] dominato dalle onde
-] dominato dalle maree

MARINI

- Di piattaforma (o mare basso, o neritico) (T o C)
- Di mare profondo
 - torbido → scarpata e canyon
 - torbido → conoide sottomarina
 - torbido → piana sottomarina
 - pelagico

a parte

- Di scogliera organogena
- Di bacino semichiuso o interno: eusinico ed evaporitico

T = terrigeno
C = carbonatico

AMBIENTI SEDIMENTARI

1. CONTINENTALI

ALLUVIONALE (conoide pedemontana e pianura)

DESERTICO – EOLICO (sebkhas, playas)

LACUSTRE

GLACIALE

2. TRANSIZIONALI (COSTIERI)

DELTIZIO

TIDALE (paina di marea)

LITORALE (dune costiere e spiagge)

3. MARINI

PIATTAFORMA (mare basso)

MARGINE DI PIATTAFORMA (scogliere)

SCARPATE E CONOIDI SOTTOMARINE (torbiditi)

BACINI MARINI PROFONDI (pelagici)

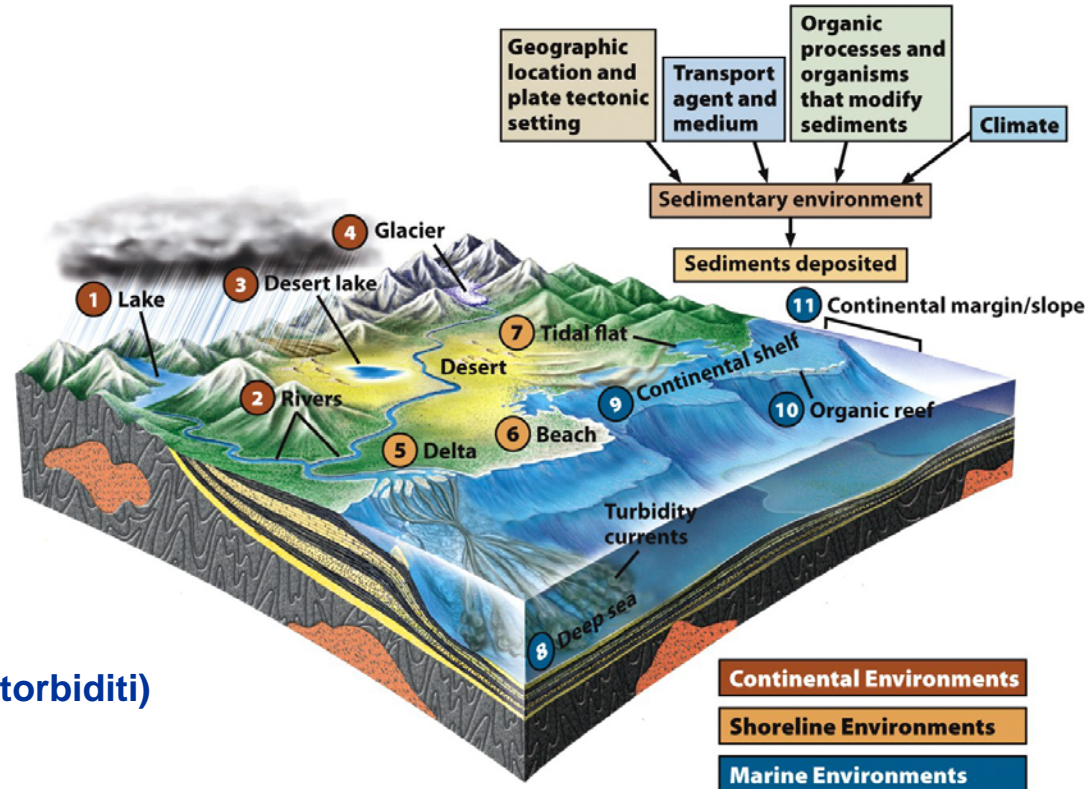


Figure 5.9 part 1
Understanding Earth, Sixth Edition
© 2010 W. H. Freeman and Company

3. Sedimentary Environments

Continental Environments		1	2	3	4
Transport agent		Lake	Alluvial	Desert	Glacial
Sediments		Lake currents, waves	River currents	Wind	Ice, meltwater
Climate		Sand and mud, saline precipitates in arid climates	Sand, mud, and gravel	Sand and dust	Sand, mud, and gravel
Biological processes		Arid to humid	Arid to humid	Arid	Cold
		Freshwater organisms and precipitates	Organic matter in muddy flood deposits and wetlands	Little biological activity	Little biological activity
Shoreline Environments		5	6	7	
Transport agent		Delta	Beach	Tidal flats	
Sediments		River currents, waves	Waves, tidal currents	Tidal currents	
Climate		Sand and mud	Sand and gravel	Sand and mud	
Biological processes		Arid to humid	Arid to humid	Arid to humid	
		Burial of plant debris	Little biological activity	Organisms mix sediments	
Marine Environments		8	9	10	11
Transport agent		Deep sea	Continental shelf	Organic reefs	Continental margin/slope
Sediments		Ocean currents Turbidity currents	Waves and tides	Waves and tides	Ocean currents and waves
Biological processes		Mud and sand	Sand and mud	Calcified organisms	Mud and sand
		Deposition of remains of organisms	Deposition of remains of organisms	Secretion of carbonates by corals and other organisms	Deposition of remains of organisms

Figure 5.9 part 2
Understanding Earth, Sixth Edition
 © 2010 W. H. Freeman and Company

L'AMBIENTE FLUVIALE



Photo A. Ronchi

Montana, USA



Photo A. Ronchi

Montana, USA

MORFOLOGIE DI ESCAVAZIONE FLUVIALE

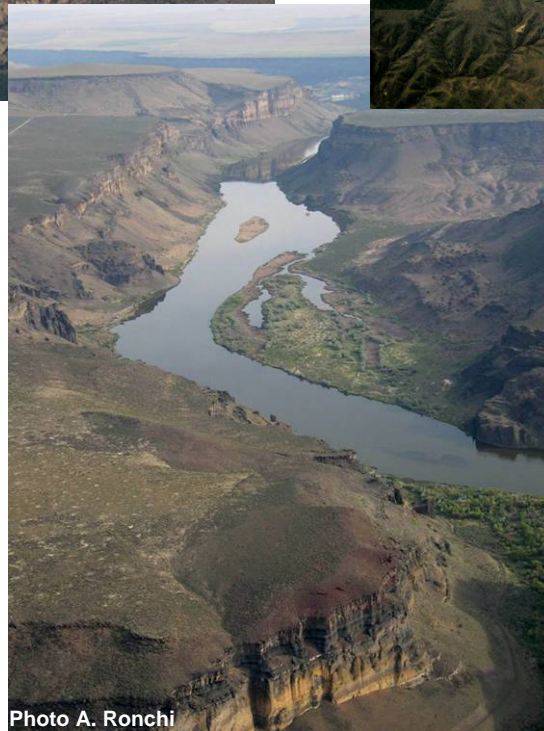
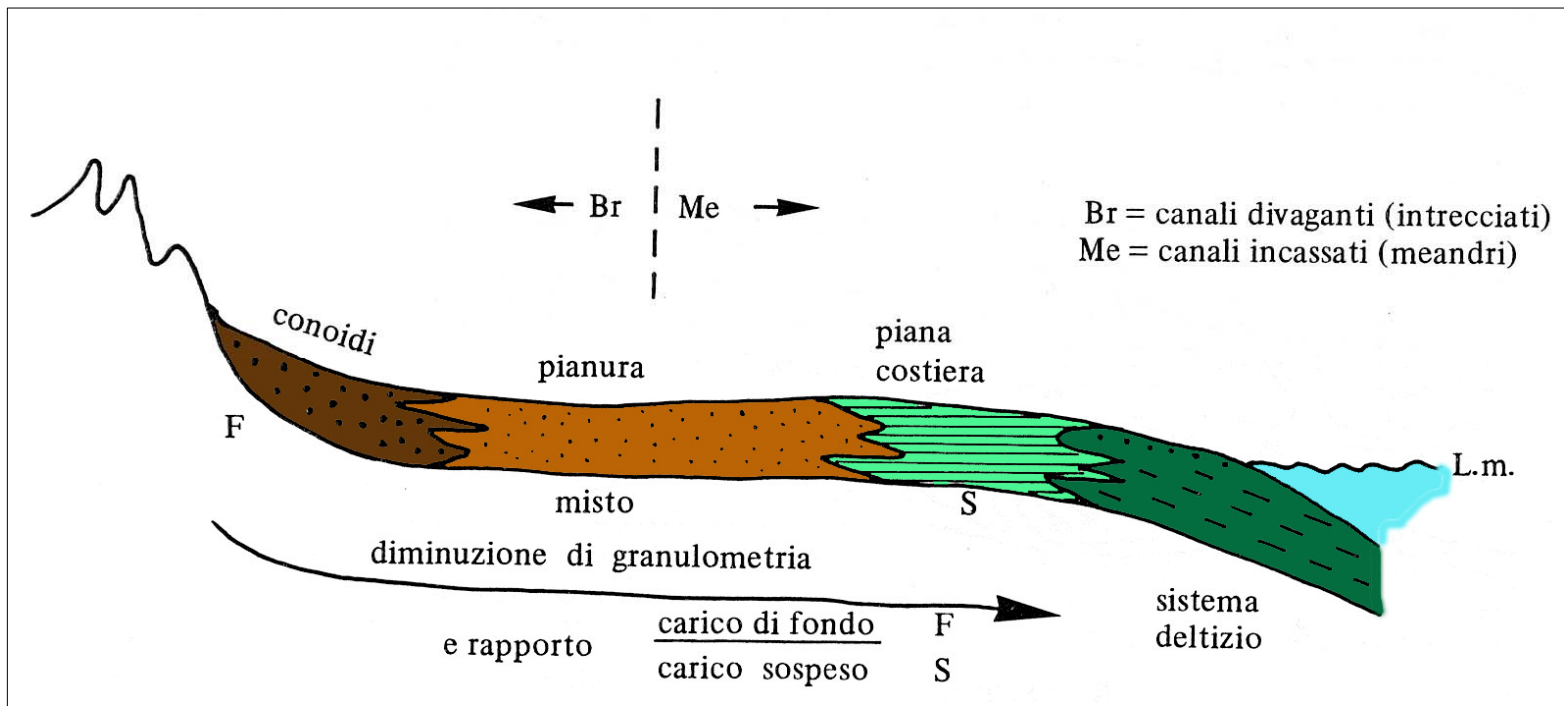


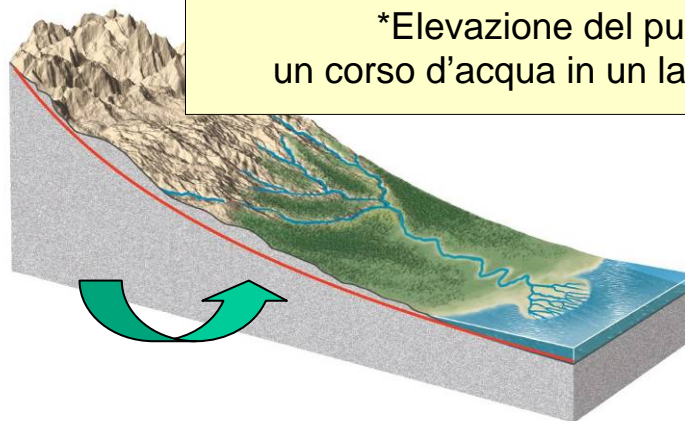
Photo A. Ronchi

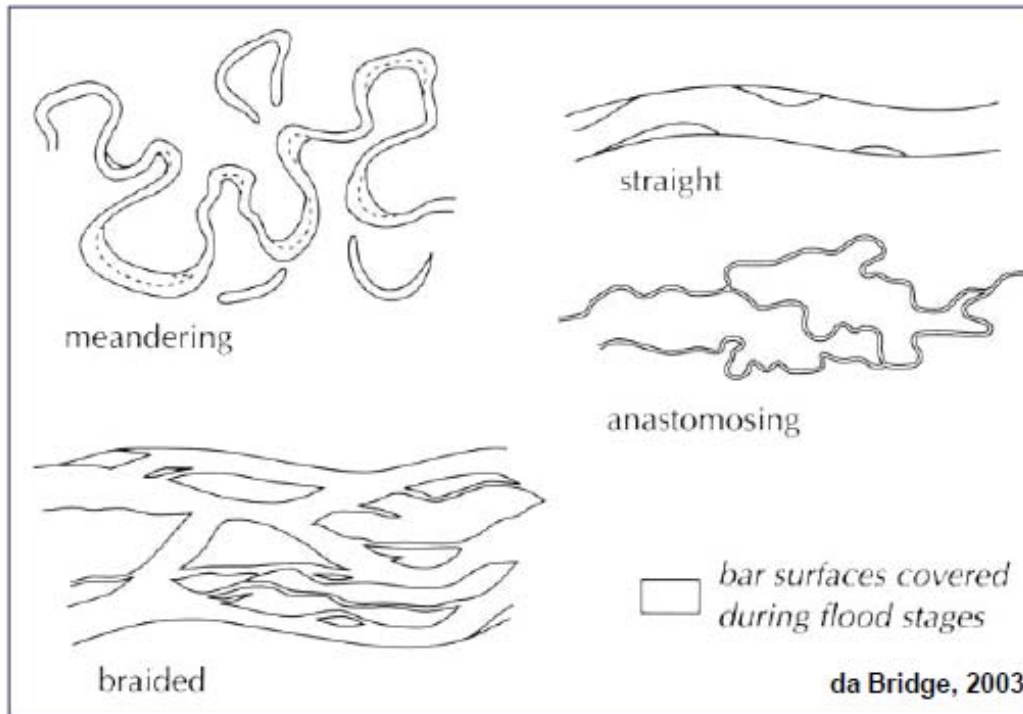
Snake River, Idaho



Un sistema fluviale, dalle conoidi al delta, tende all'equilibrio con il Livello di Base *

*Elevazione del punto di entrata di un corso d'acqua in un lago o nel mare

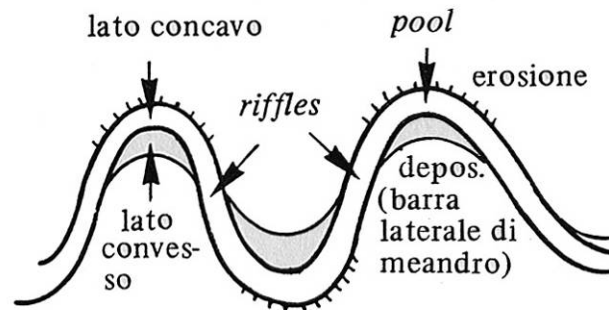
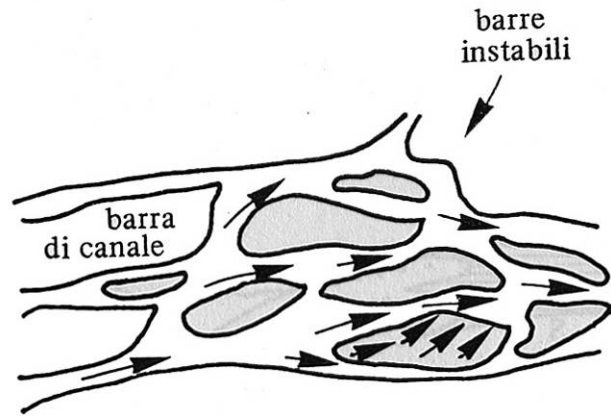
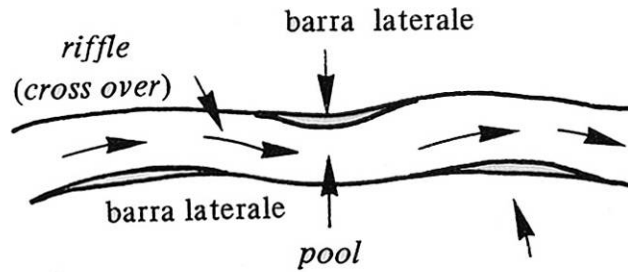




Una classificazione basata su semplici caratteri morfologici (grado di sinuosità, presenza/assenza di canali coalescenti) risulta certamente la più efficace.

In tale contesto possono essere pertanto distinti sistemi a canali isolati o intrecciati (multipli). Nell'ambito dei canali isolati si possono differenziare canali a bassa o alta sinuosità, mentre la sinuosità è un parametro che perde di significato nel caso i canali intrecciati, dove invece si distinguono sistemi di tipo braided o anastomizzati. In realtà questa classificazione mostra dei limiti, poiché ad esempio niente vieta di trovare un tratto di canale rettilineo che rappresenta una parte di un sistema intrecciato di tipo braided. Questo tipo di classificazione risulta però facilmente utilizzabile nello studio del record fossile.

2.1. Geometria idraulica dei canali fluviali



riffle: tratto rettilineo e meno profondo

pool: tratto più profondo (eroso)

indice di sinuosità: $\frac{\text{lunghezza canale}}{\text{lunghezza valle}} = \frac{\text{distanza lungo il canale}}{\text{distanza in linea retta}}$

A. Canale rettilineo:

forma tratti indipendenti (gradiente elevato, carico di fondo prevalente, regime effimero) o associati (alternati) a fiumi meandriiformi (gradiente basso, carico so-speso prevalente, deflusso continuo).

Sezione

B. Canali intrecciati (braided)

Sezione: $\frac{L}{H} > 40$

Sinuosità: $< 1,5$

Carico: di fondo (in eccesso)
maggiori

Portata media, gradiente topografico,
granulometria

minori

C. Canale meandriiforme

Sezione $\frac{L}{H} < 10$

Sinuosità: $> 1,5$

Carico: in sospensione

Coesione e cernita materiale

Fig. 14

1. Corsi d'acqua intrecciati o a treccia (*braided rivers*)

I corsi d'acqua intrecciati sono caratterizzati dalla presenza di canali multipli che si dividono e si ricongiungono, dando il tipico aspetto a treccia. Questi fiumi si sviluppano su gradienti abbastanza inclinati e portano in carico sedimenti medio-grossolani (*bed load* prevalente).

Inoltre la portata d'acqua e il flusso che li contraddistingue è **molto variabile**: di conseguenza questi corsi d'acqua si trovano in corrispondenza di regioni montuose, specialmente con ghiacciai. I depositi dei corsi d'acqua intrecciati sono spesso **grossolani** e contenuti all'interno dei numerosi canali.



Canali intrecciati

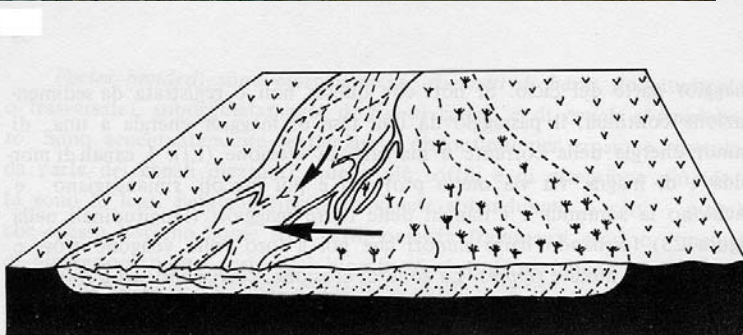
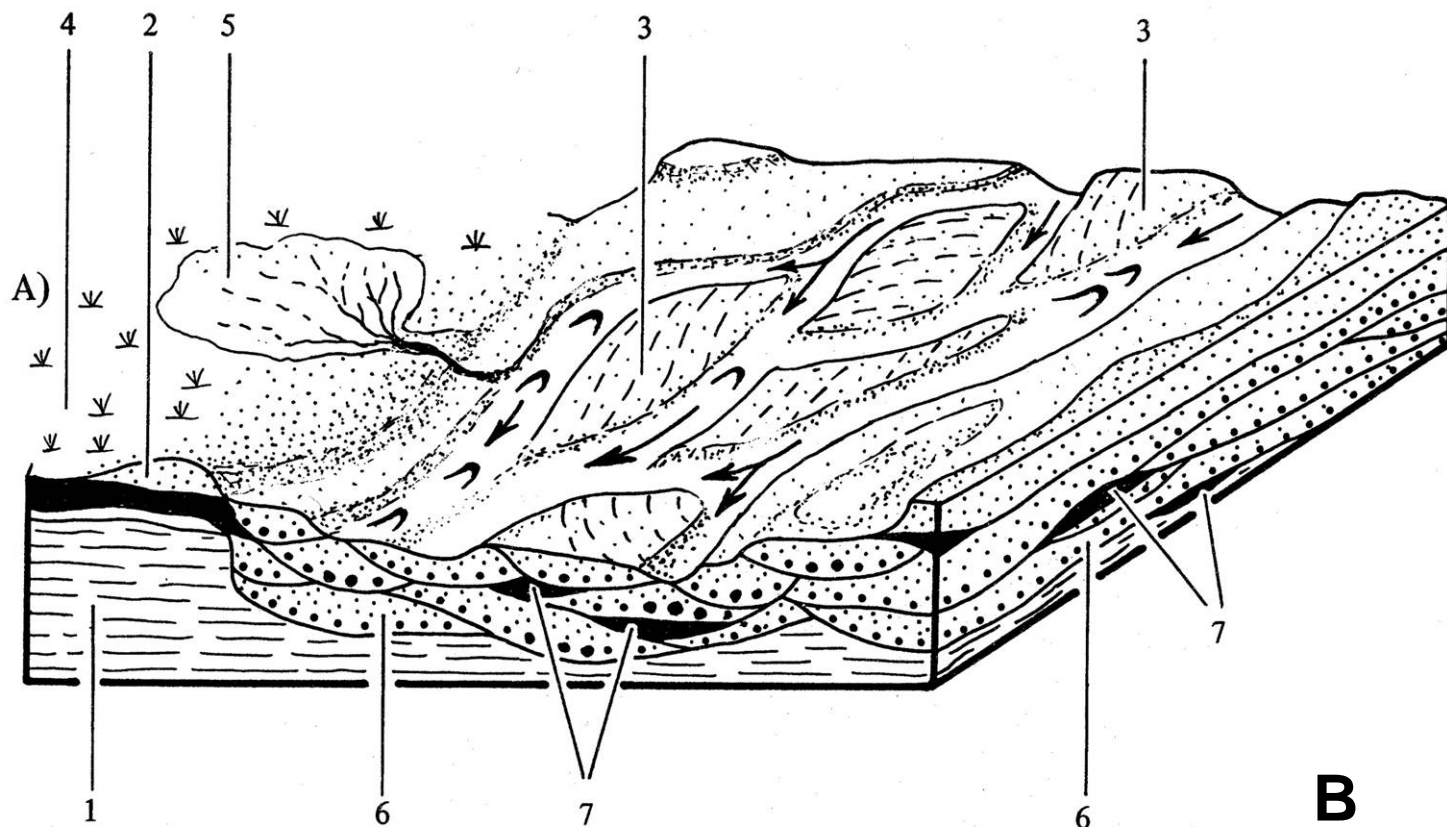


Fig. 25 – Migrazione laterale di un fiume intrecciato → prisma alluvionale.



Sottoambienti e depositi fluviali: A) corso a canali intrecciati (da ALLEN, 1965 e 1970)

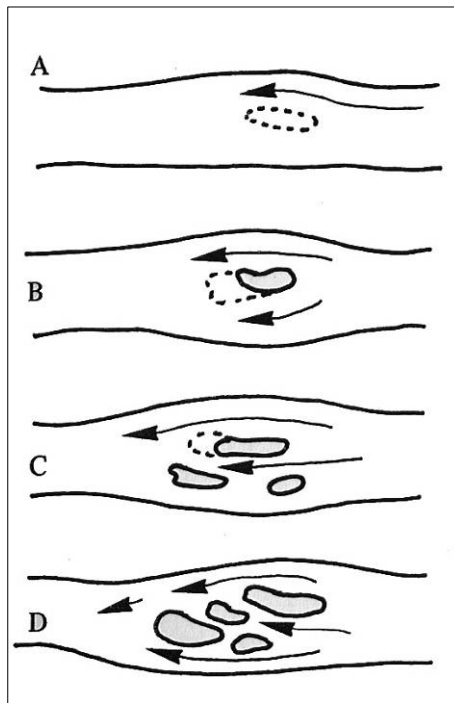
1. alluvium più antico; 2. argine naturale; 3. barra: di centro-canale o laterale in A, di meandro in B;
 3. sommità di barra: cordoni e solchi; 4. piana inondabile (bacino di piena) —→ stagni; 5. lingua o
 ventaglio di rotta; 6. pavimento residuale o fondo canale (*lag*).

Sedimentazione *laterale*: dovuta a migrazione delle barre nei canali attivi(3).

Sedimentazione *verticale*: dovuta a tracimazione o *overbank* (2,3,4,5) o riempimento di canali morti(7).

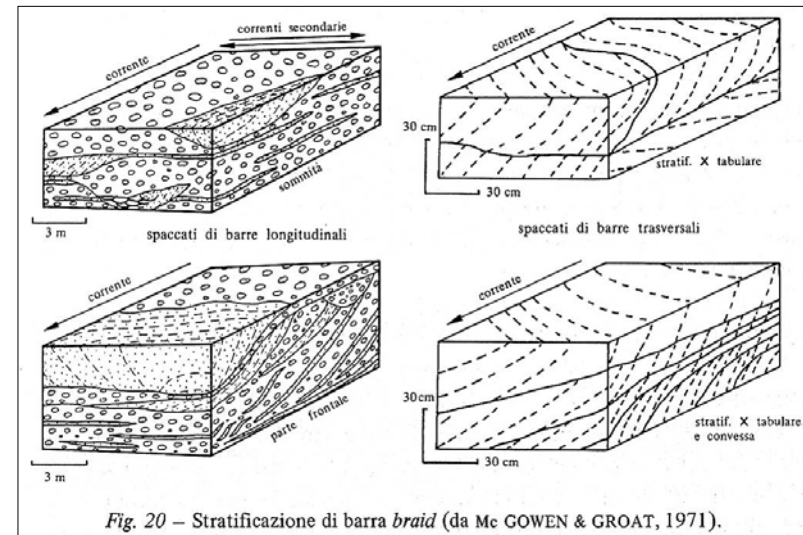
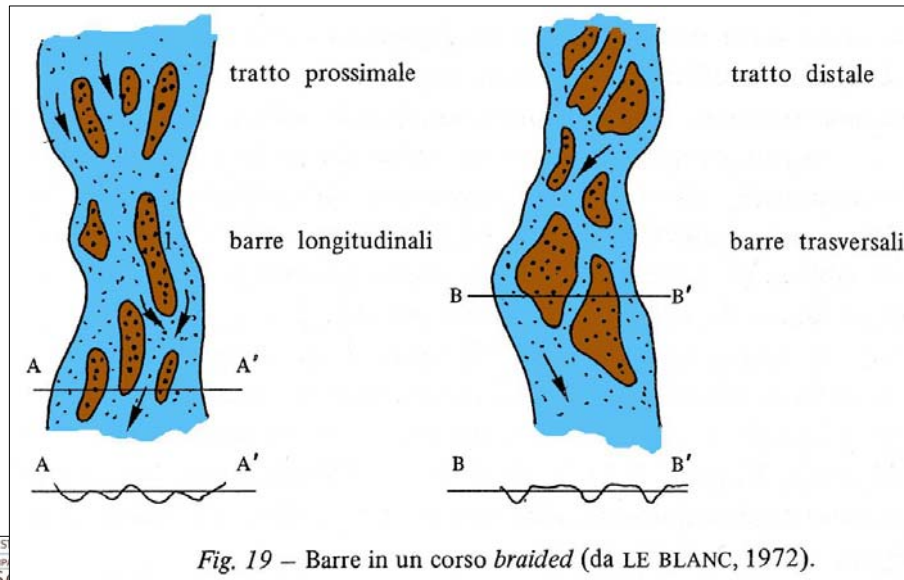
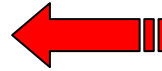
Valle del Kaligandaki, Nepal





Origine dei corsi d'acqua intrecciati (da Coleman, 1969)

- A. Piena calante: deposito locale di carico in eccesso; crescita verticale di una barra;
- B. Calo del livello dell'acqua; emersione della sommità della barra; biforcazione della corrente; continua la crescita subacquea della barra (zona "d'ombra");
- C. L'effetto ostacolo si riproduce: crescono altre barre; la restrizione della sezione obbliga la corrente a erodere lateralmente (allargamento del canale);
- D. cresciute le barre oltre un certo limite, la corrente in magna le incide (isole fluviali).



Da Ricci Lucchi, 1980

ZONA PROSSIMALE
Barra longitudinale

ZONA DISTALE
Barra trasversale

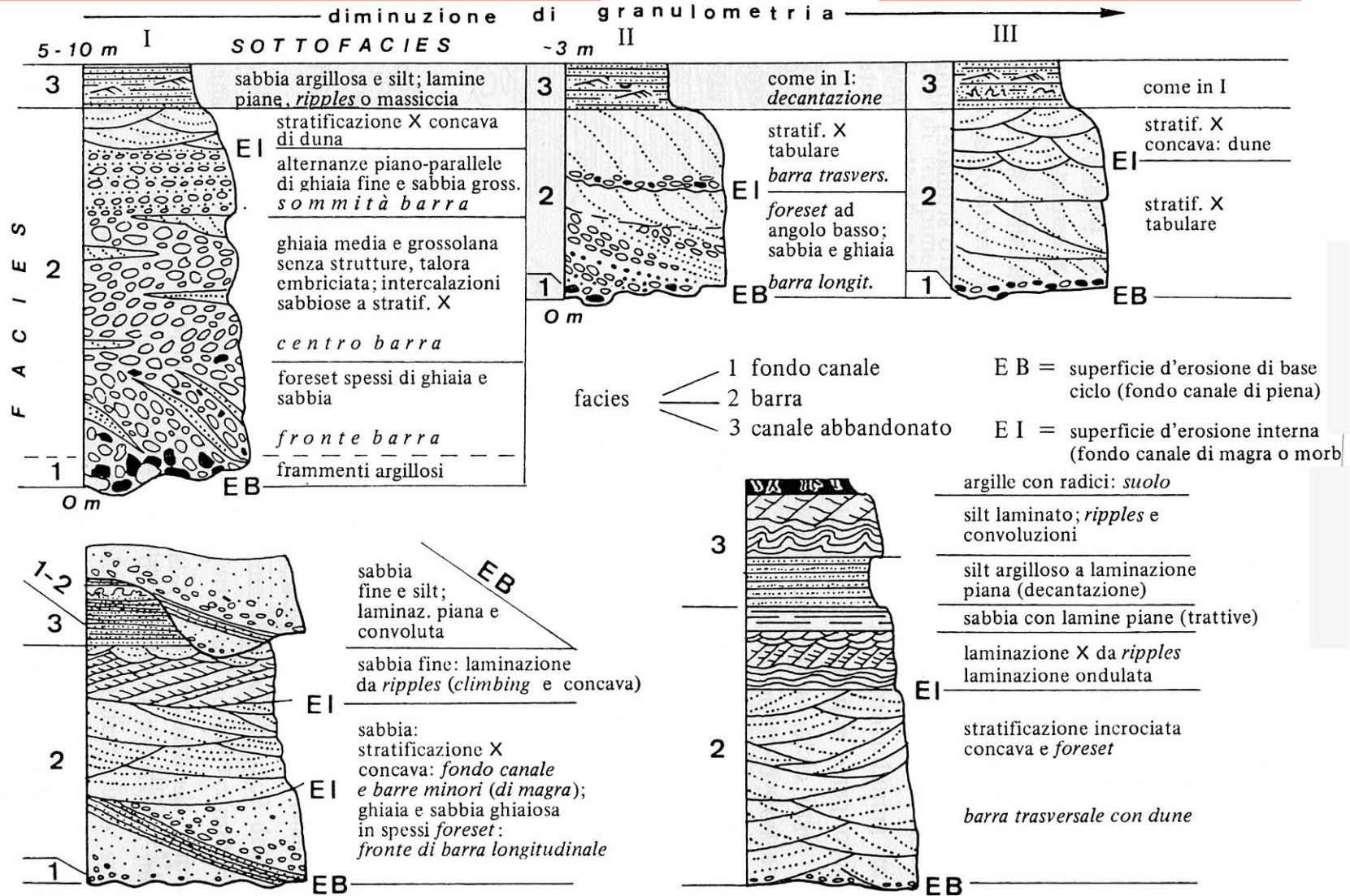


Fig. 22 – Motivi deposizionali dei fiumi intrecciati. Esempi tratti da MCGOWEN & GROAT, 1971 (metà superiore); DOUGLAS, 1962 (in basso a sinistra); COLEMAN, 1969.

Depositi di canale

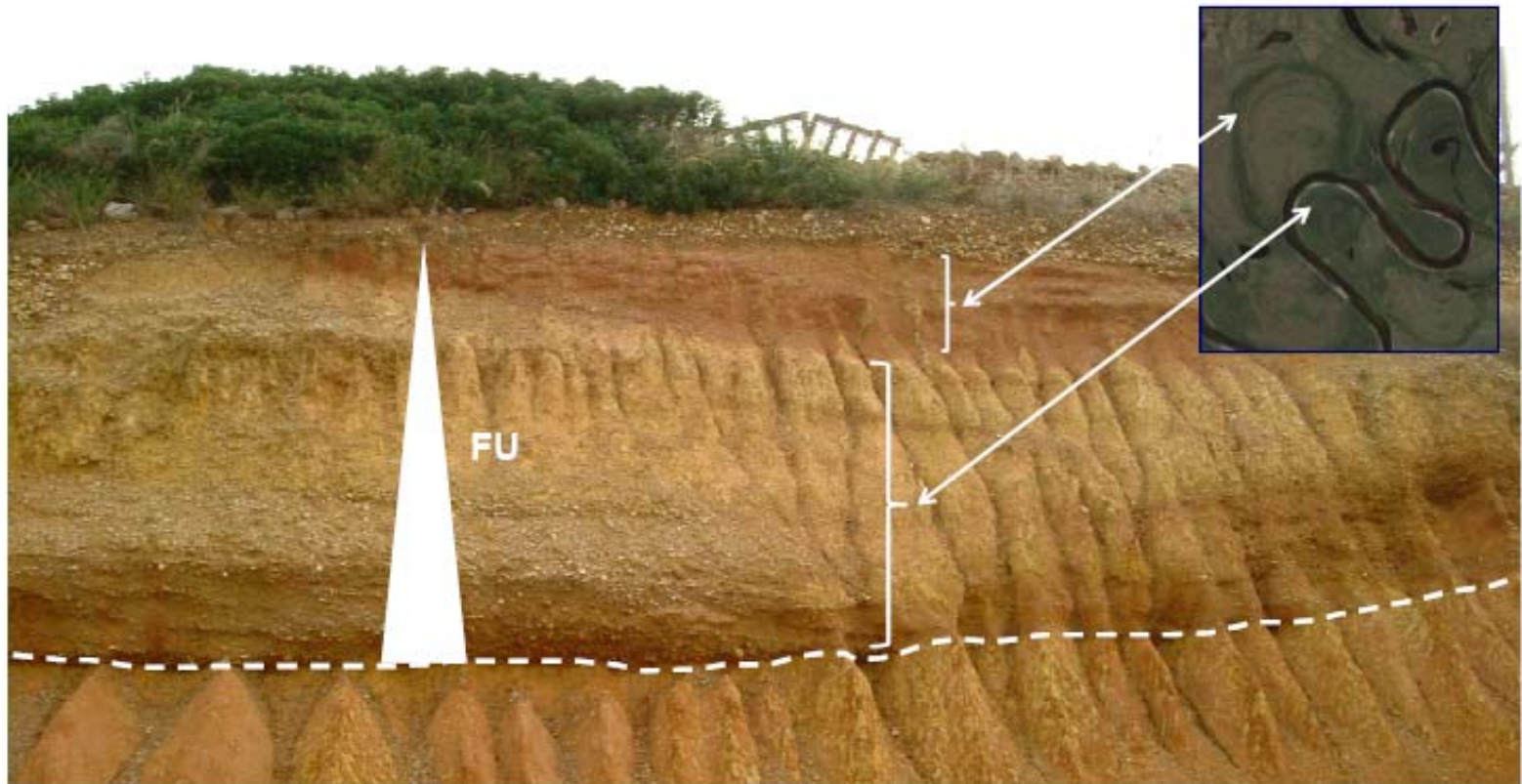
Se visti in sezione, i canali (uno dei quali è indicato dalla freccia rossa) mostrano dei profili ellittici e sono riempiti da sedimenti che sono generalmente più grossolani rispetto ai depositi circostanti.

Essi inoltre incidono (per erosione) le rocce sottostanti. Il martello nel circoletto giallo mostra la scala.

I depositi di canale indicano la presenza di acque correnti: si sono formati in ventagli alluvionali, in fiumi, in delta fluviali o in delta sommersi.



Photo A. Ronchi



Tutti i canali sono caratterizzati da una fase di massimo sviluppo ed attività, durante la quale il flusso d'acqua è attivo, ed una fase di declino e progressivo abbandono, durante la quale il flusso principale si sposta in un canale contiguo o crea un nuovo canale (e.g. salto di meandro). Questa dinamica fa sì che la tipica successione di riempimento di canale sia costituita da una successione fining upward (FU).

2. Corsi d'acqua singoli ad alta o bassa sinuosità o meandriiformi (*meandering rivers*)

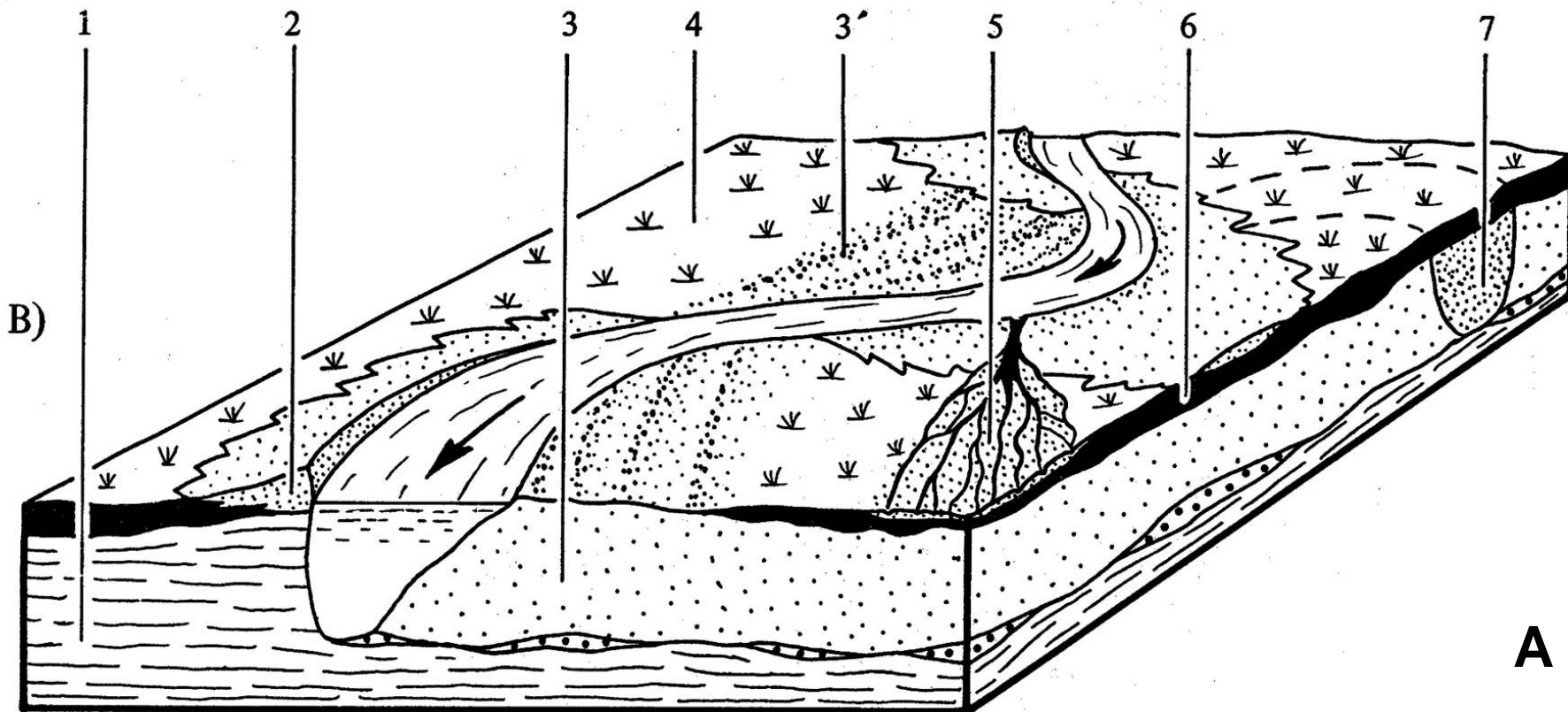
Rispetto a quelli anastomizzati, i corsi d'acqua meandriiformi sono costituiti da un solo canale che attraversa la piana alluvionale con una serie di curve o anse più o meno accentuate. I corsi d'acqua meandriiformi rappresentano un'evoluzione di un corso d'acqua intrecciato e che si verifica al diminuire del gradiente topografico della piana alluvionale. Il flusso è **più regolare** e il **carico sedimentario è minore**.

Scorrendo, questo tipo di corso d'acqua deposita i sedimenti sulla parte convessa delle anse fluviali (depositi di barra di meandro o *point bar*), ed erodono la parti concave delle stesse. Quando il fiume esonda, deposita materiale fine nella piana alluvionale (*overbank deposits*) e, dato che essa non è molto più larga del canale stesso, i depositi dei corsi d'acqua meandriiformi sono dominati da materiali fini, mentre i depositi grossolani di canale tendono ad essere subordinati.



Photo A. Ronchi

**Rio Chubut,
Patagonia**



Sottoambienti e depositi fluviali: B) corso meandriforme (da ALLEN, 1965 e 1970)

1. alluvium più antico; 2. argine naturale; 3. barra: di centro-canale o laterale in A, di meandro in B;
 3. sommità di barra: cordoni e solchi; 4. piana inondabile (bacino di piena) —→ stagni; 5. lingua o
 ventaglio di rotta; 6. pavimento residuale o fondo canale (*lag*).

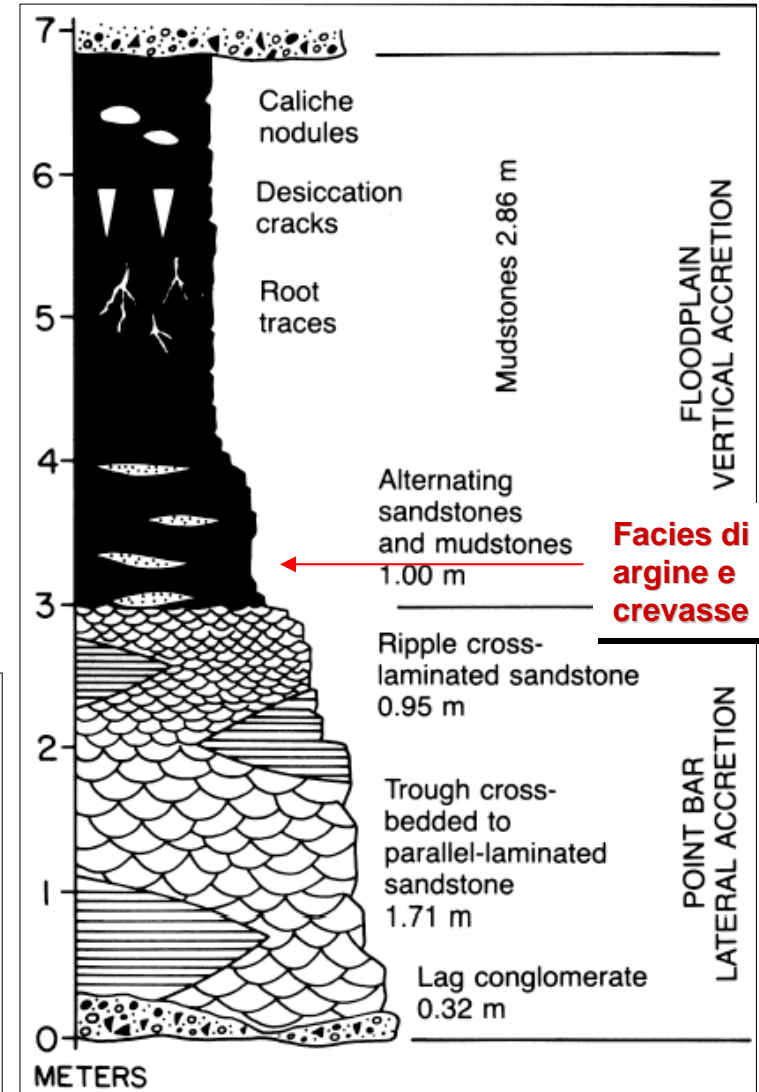
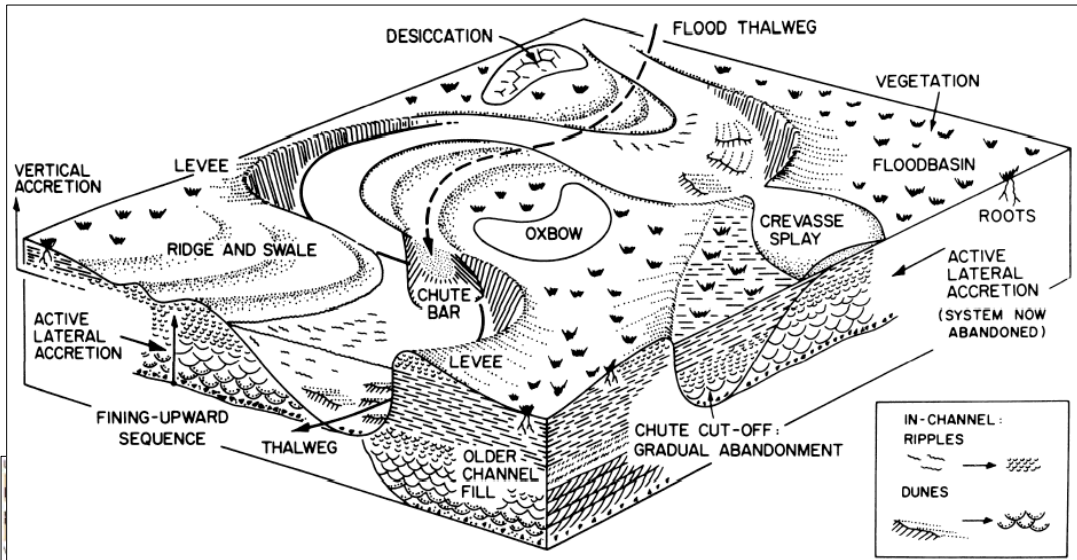
Sedimentazione *laterale*: dovuta a migrazione delle barre nei canali attivi(3).

Sedimentazione *verticale*: dovuta a tracimazione o *overbank* (2,3,4,5) o riempimento di canali morti(7).

I fiumi a meandro sviluppano una configurazione abbastanza regolare legata alla migrazione del canale principale e depositano una sequenza ciclica, gradata positivamente.

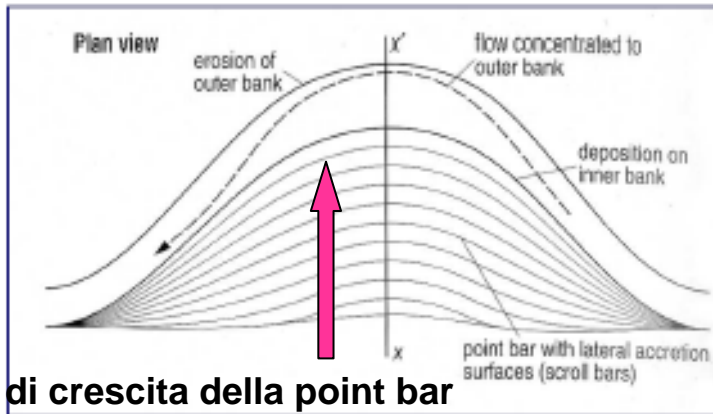
Per diversione o **avulsione** si intende l'abbandono di tutto un segmento della fascia di meandri, dovuta alla migrazione laterale del canale (può essere improvvisa o graduale).

Man mano che i canali accentuano la loro curvatura, si possono avere dei **tagli di meandro** (il meandro morto diventa un lago a ferro di cavallo – *oxbow lake*). Il taglio può essere improvviso (taglio di collo, riempimento argilloso) o graduale (taglio di *chute*, riempimento sabbioso-argilloso). I meandri abbandonati sono un tipico luogo di sedimentazione lacustre fine. All'interno di un canale la sedimentazione caratteristica è quella a stratificazione incrociata (*cross-bedding*).

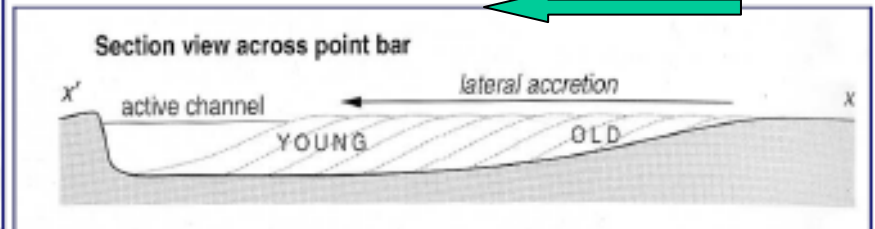


Walker, 1984

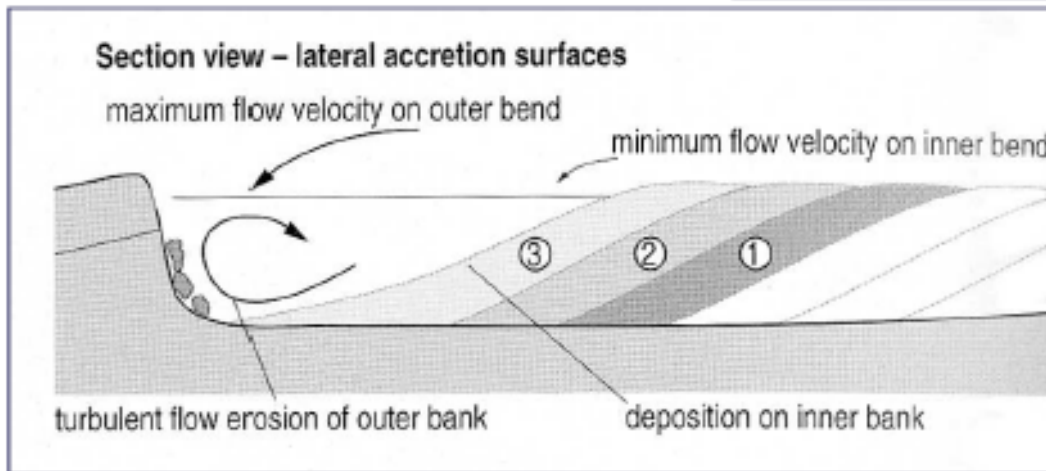
ESEMPIO ACCREZIONE DI UNA POINT BAR



Verso di crescita della point bar

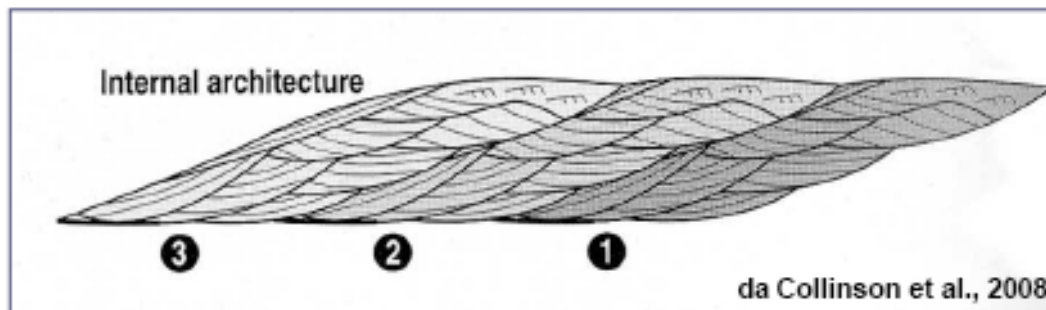


Accrezione laterale



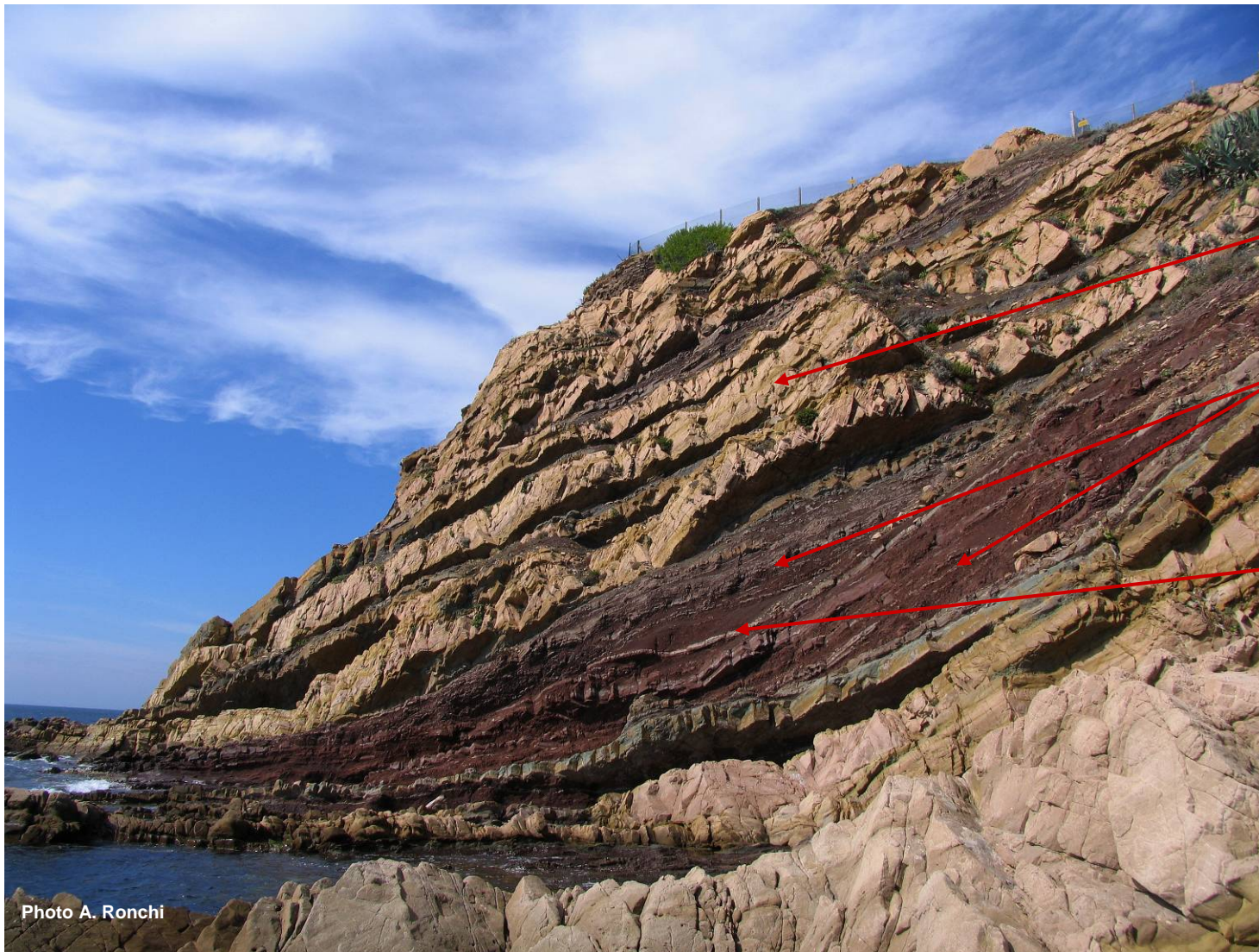
Durante le singole piene, che rappresentano distinti eventi deposizionali, il fronte della barra cresce per aggiunta di sedimento sotto forma di nuovi **beds**.

Ciascun bed, mostrerà caratteristiche sedimentologiche in relazione ai processi fisici che lo hanno prodotto. Ad esempio potrà essere caratterizzato da una *trough-cross stratification* se prodotto dalla migrazione di dune. Oppure, nella porzione sommitale della point bar potrà mostrare una *ripple cross-lamination*.



da Collinson et al., 2008

Quello delle barre di meandro è uno dei casi in cui la sedimentazione NON avviene in senso orizzontale



**Barre di meandro
(point bars)**

**Depositi di argine
(levee)**

**Ventaglio di rotta
(crevasse splay)**

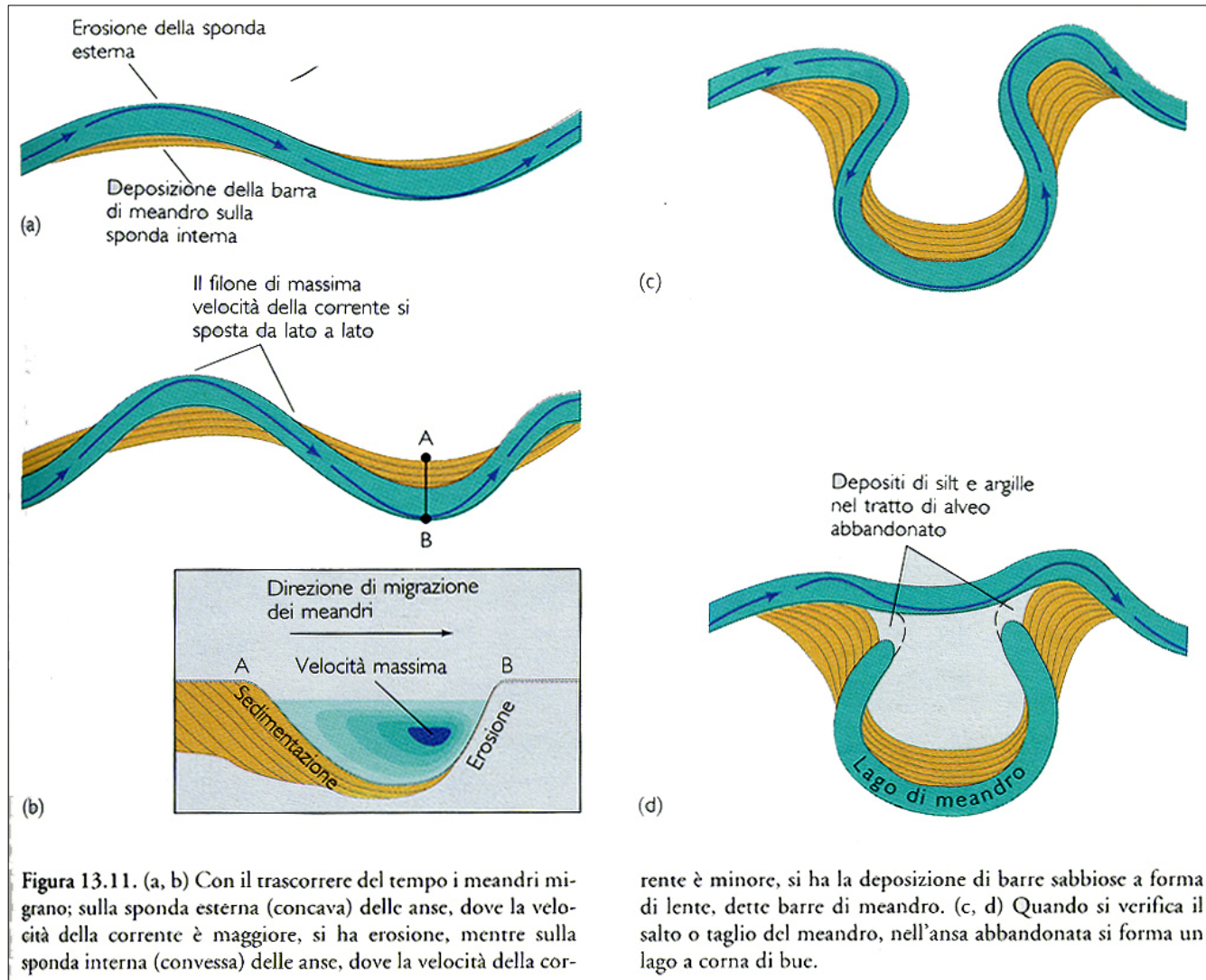
Photo A. Ronchi

Depositi di fiume a meandri (St-Mandrier Fm., Permiano, Tolone)



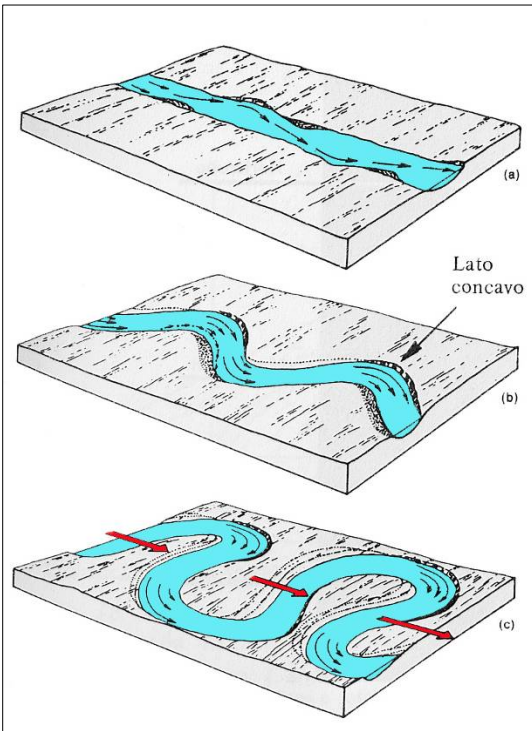
Photo A. Ronchi

Corso d'acqua a bassa sinuosità (N America)



Origine dei corsi d'acqua meandriiformi

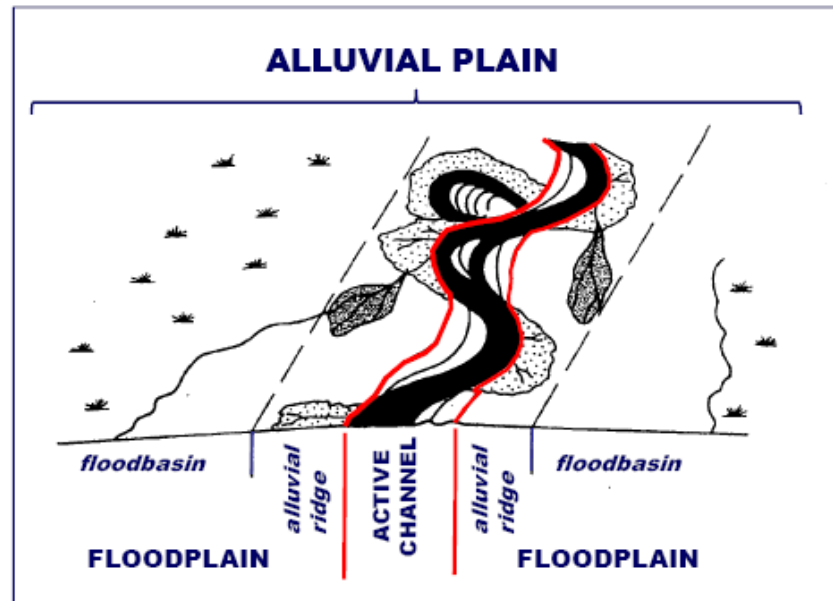
(da Hamblin, 1975)



- A. Perturbazione trasversale del flusso da parte di irregolarità locali sul fondo o sulle rive: deviazione verso la riva opposta; inizio erosione;
- B. Accentuazione della sinuosità: erosione e forza centrifuga si rinforzano a vicenda (interazione positiva; deposito sul lato convesso (barra di meandro);
- C. meandri si allargano sia parallelamente sia trasversalmente al pendio regionale della valle.

ALLUVIAL PLAIN (PIANA ALLUVIONALE): area pianeggiante formata dall'accumulo di depositi alluvionali sia in canali che in aree di esondazione (*floodplain*).

FLOODPLAIN (PIANA ESONDABILE): area piatta adiacente e formata da canali alluvionali soggetti ad esondazione. Normalmente contiene *alluvial ridges* (canali abbandonati, canali di crevasse, crevasse splays e levees) e *floodbasins* (aree depresse adiacenti all'*alluvial ridge*).



Modificata da Bridge, 2003

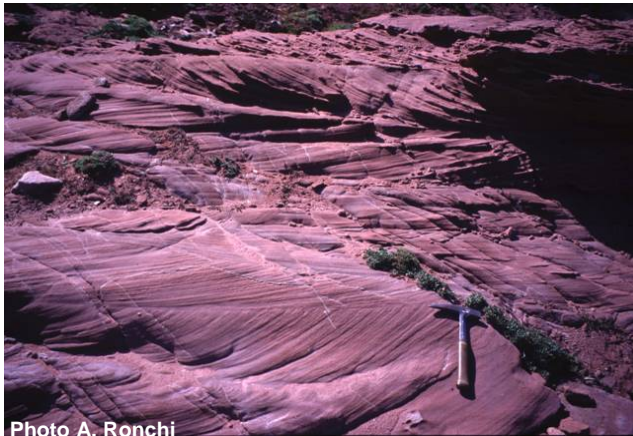
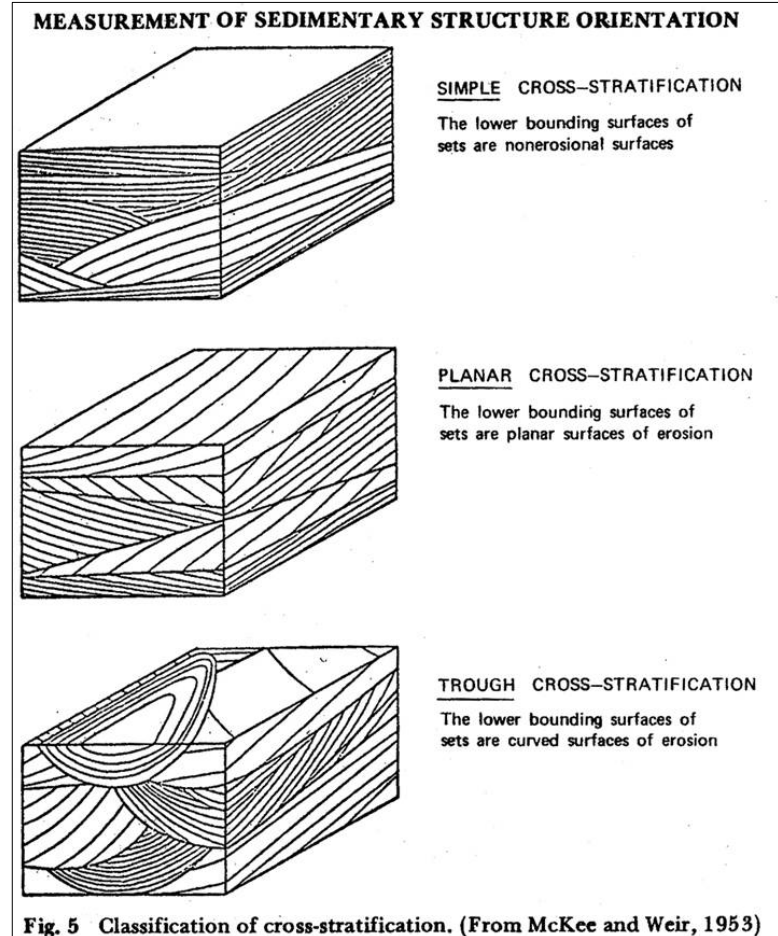
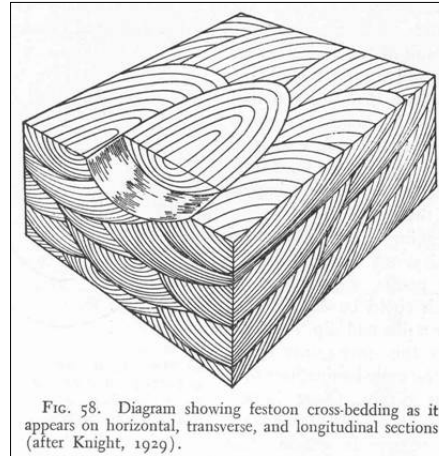
La stratificazione incrociata fluviale (*Cross-Bedding*)

Gli strati incrociati si formano sotto l'effetto dell'acqua corrente: man mano che essa scorre, si creano delle strutture sedimentarie (*bedforms*), come i *ripples* o le dune, sul fondo del canale.

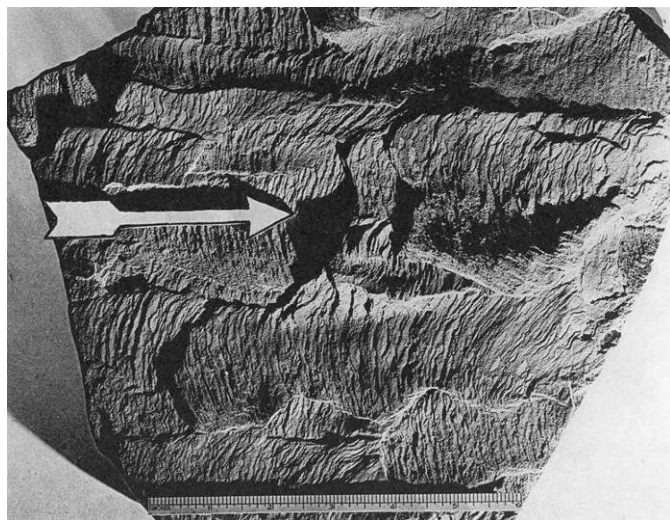
I sedimenti si depositano sul lato a valle di queste strutture e con un certo angolo rispetto all'orizzontale.

Quando si conserva, anche la stratificazione risulterà inclinata con un'immersione coincidente con il senso di trasporto dell'acqua.

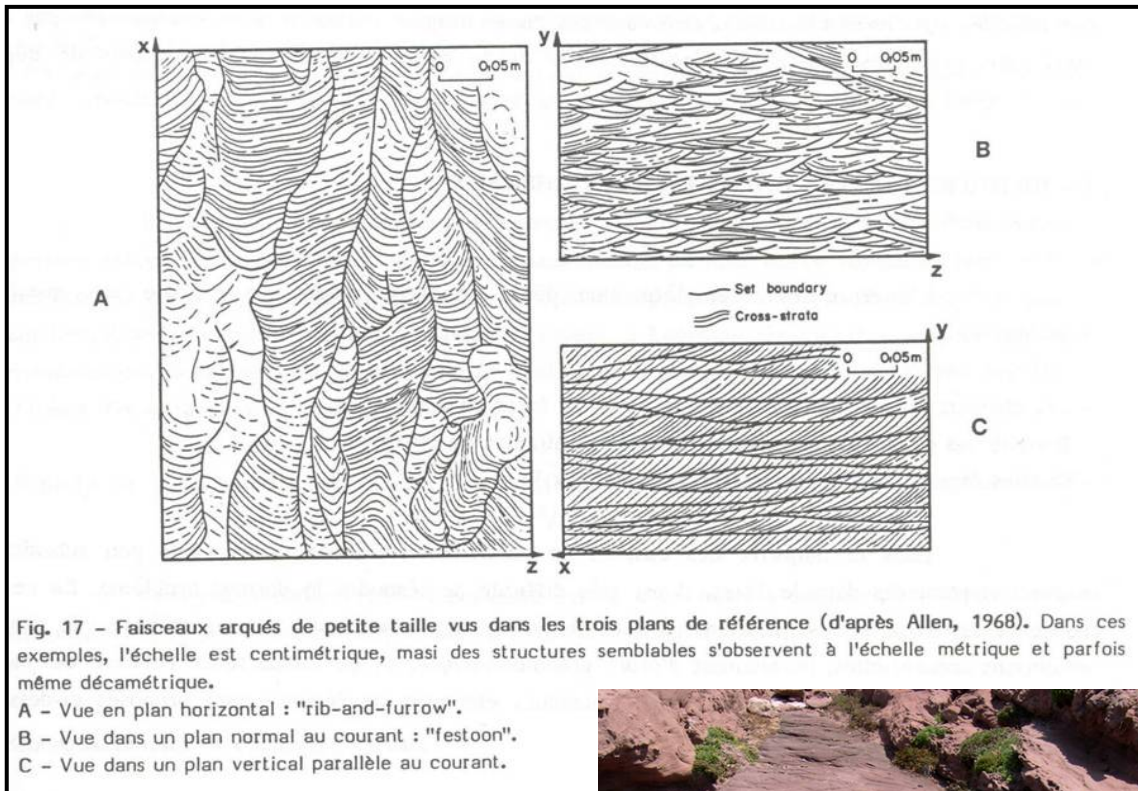
Le stratificazioni incrociate si possono formare in ogni ambiente sedimentario che presenti un flusso di acqua corrente e quindi sia nei corsi d'acqua meandriformi che anastomizzati o in ambito marino. Le stratificazioni incrociate che si formano in ambiente eolico hanno una scala molto maggiore di quelle formatesi per effetto dell'acqua e la granulometria della sabbia che le costituisce è molto fine.



struttura rib-and-furrow



struttura rib-and-furrow. Salt Wash sandstone (Carrizo Mountain, Arizona) da Allen, 1965



Mega strutture rib-and-furrow.

Cala Viola (Nurra)

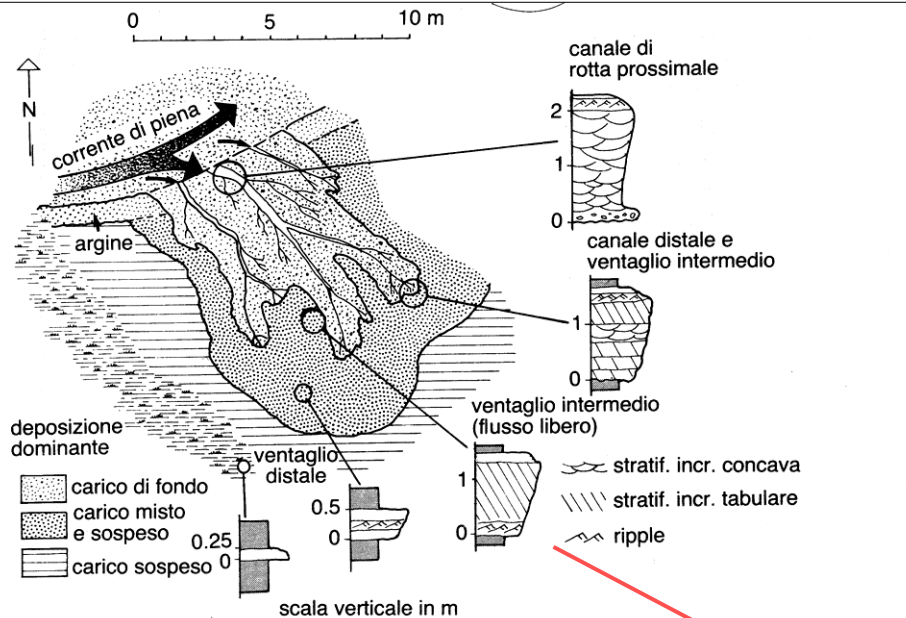


Fig. 10.12 - Un ventaglio di rotta fluviale (*crevasse deposit*) in pianta e in sezione. Confronta colonnina a destra in alto con fig. 10.2. (Da Galloway *et al.*, 1979 modif. in Tyler e Ethridge, 1983.)



Photo A. Ronchi
tipica forma a lente dei crevasse

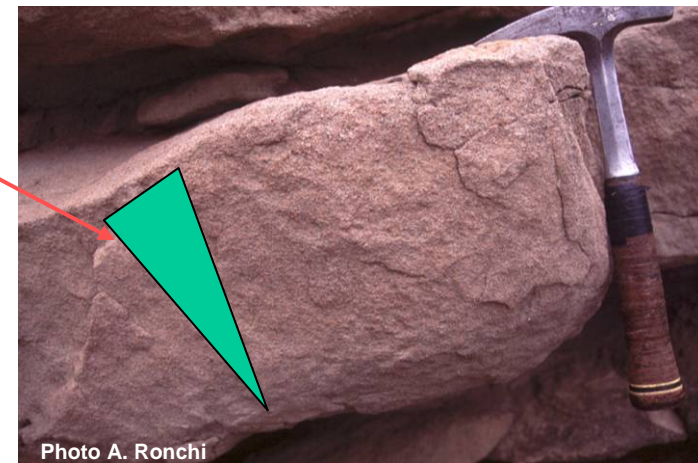


Photo A. Ronchi
Ciclo a gradazione inversa

I depositi di ventaglio di rotta (*crevasse splay*)

Le correnti di tracimazione e di rotta sono fenomeni che si verificano repentinamente, invadendo sia zone emerse sia specchi d'acqua sottile, in ambiente continentale o costiero. Quando si ha tracimazione dall'argine di un canale si formano i depositi di argine naturale e di inondazione, fini, più o meno gradati e/o laminati.

Le vere e proprie correnti di rotta escono da una stretta breccia e si espandono a ventaglio: sono caratterizzate da una fonte puntiforme e da una disposizione radiale.

Esse possono originarsi sia in una piana alluvionale o deltizia per rottura dell'argine di un canale (*crevasse*), che lungo la costa, durante una tempesta, quando delle ondate aprono un varco in un cordone litorale, irrompendo nella retrostante laguna (*washover*). I depositi di rotta, che possono disporsi in corpi allungati o radiali quali lingue, lobi e ventagli, hanno base erosiva nella parte prossimale e deposizione netta o gradazionale in quella distale.

Barre sabbiose (*bars*) alternate a depositi di *overbank* (Cala Viola, Nurra)



Photo A. Ronchi



Facies di fiumi a meandri



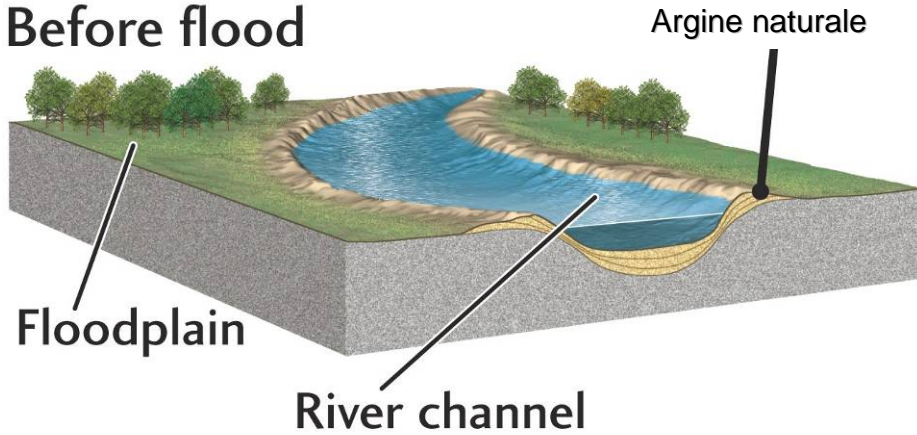
Photo A. Ronchi

**Depositi di canale (*channel fills*).
Cala del Vino (Nurra)**

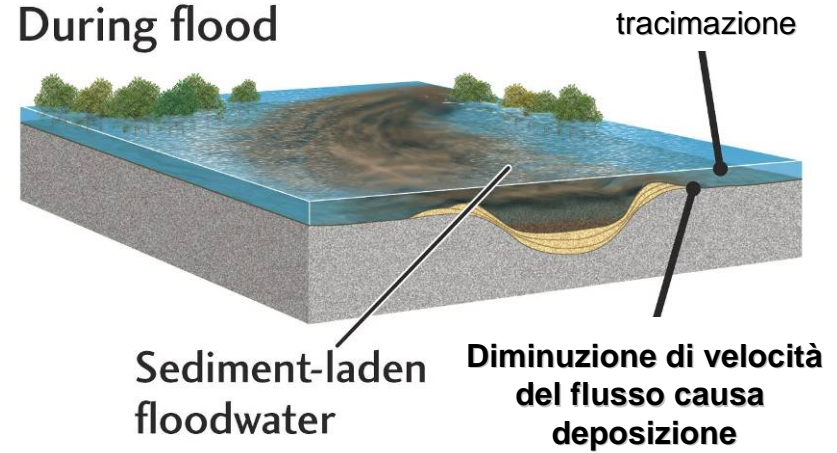
Le pianure alluvionali si accrescono:

- **lateralmente:** migrazione laterale delle barre di meandro.
- **verticalmente:** deposizione durante periodi di piena (depositi di argine e di tracimazione)

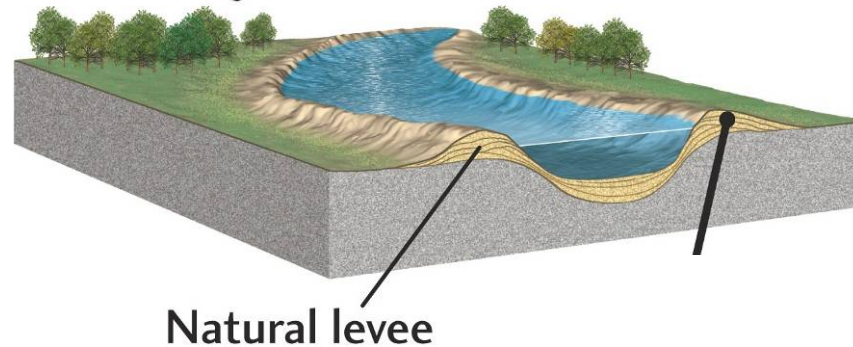
Before flood



During flood

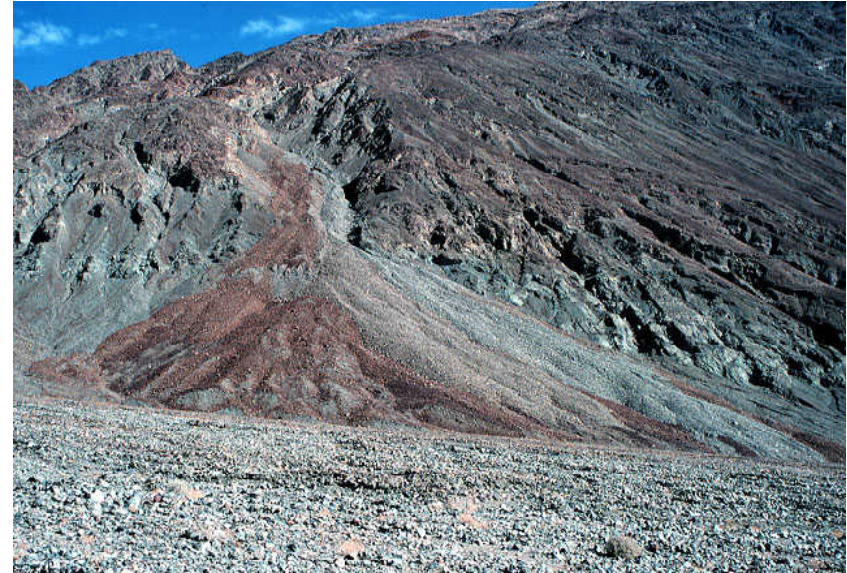


After many floods



Ventagli alluvionali (*alluvial fans*)

I ventagli alluvionali sono dei depositi a forma di ventaglio costituiti da materiale trasportato da corsi d'acqua (*alluvium*). Queste strutture si formano tipicamente alla base di rilievi morfologici o allo sbocco di valli incise. La sedimentazione sarà più grossolana nella parte più vicina al rilievo (zona prossimale) rispetto a quella sempre più fine, lontana da essa (zona distale).



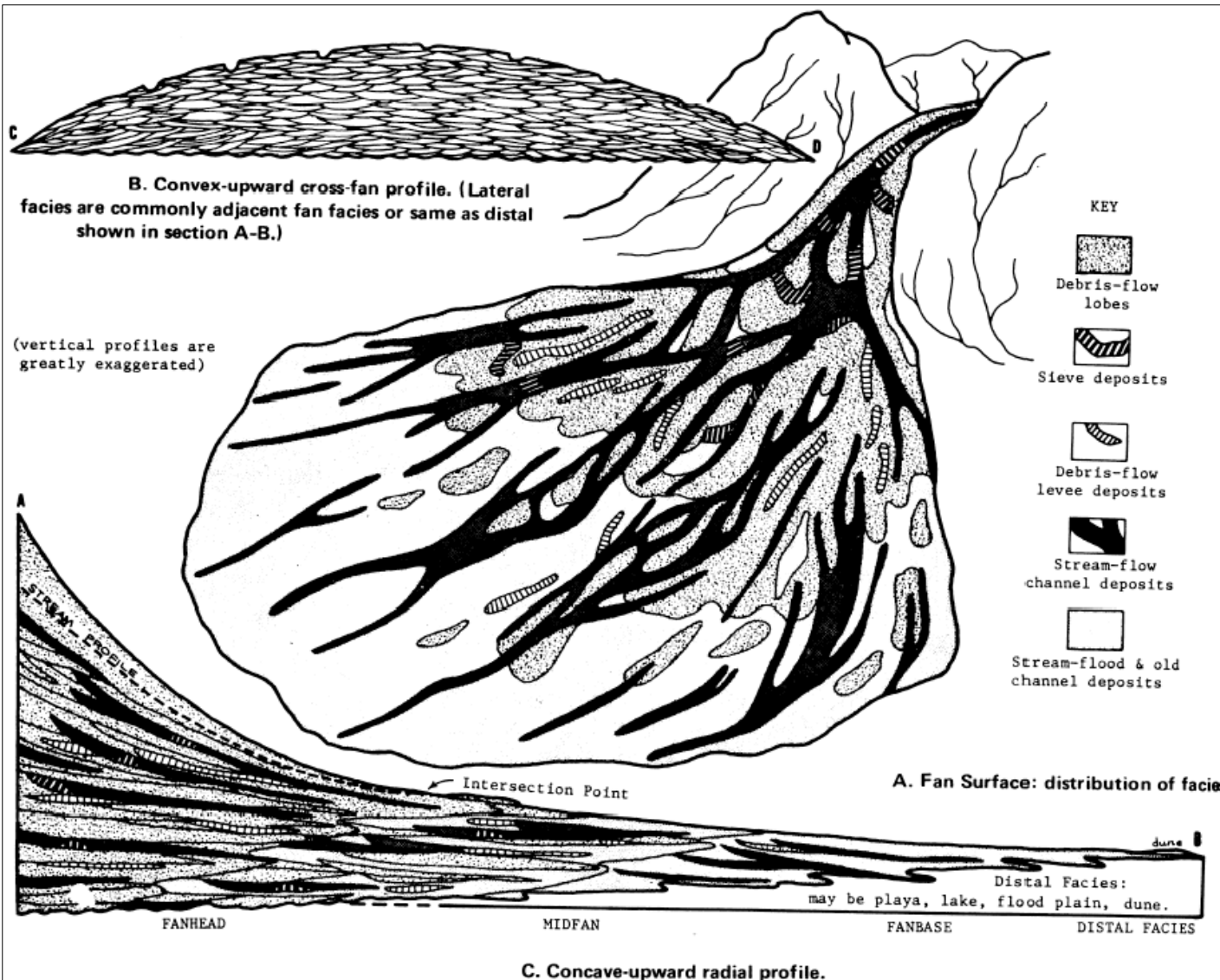
In questa immagine si possono osservare due ventagli alluvionali coalescenti, ovvero che sono cresciuti assieme (costituiscono fasce pedemontane o *bajadas*).

Si notino i numerosi canali (aree più chiare) che li attraversano e che indicano zone a sedimentazione più grossolana.



Depositi di fan-delta prossimale

Schema di un ventaglio o conoide alluvionale



Le conoidi alluvionali si distinguono dalle **conoidi** o **falde di detrito** (*talus cones*, foto) perché queste ultime si accumulano per il solo effetto della gravità ai piedi di pareti rocciose e hanno rimaneggiamento scarso o nullo.

I ventagli alluvionali sono caratterizzati da depositi di **colate di fango** (*mud flow*) e di **fango e detriti** (*debris flow*).

Le correnti idriche potranno essere libere o lame di piena (*Sheet flood, flash flood*) o incanalate (*stream flood, surge flow*).

Boggs, 1995

Un gigantesco ventaglio alluvionale fossile (Rocher de Rochebrune, Esterel, Provenza)

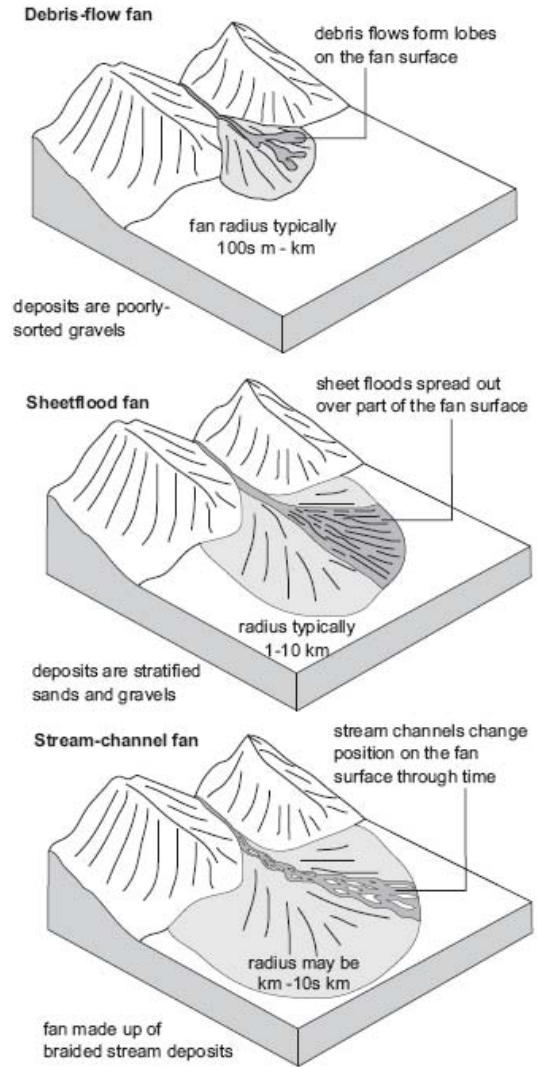
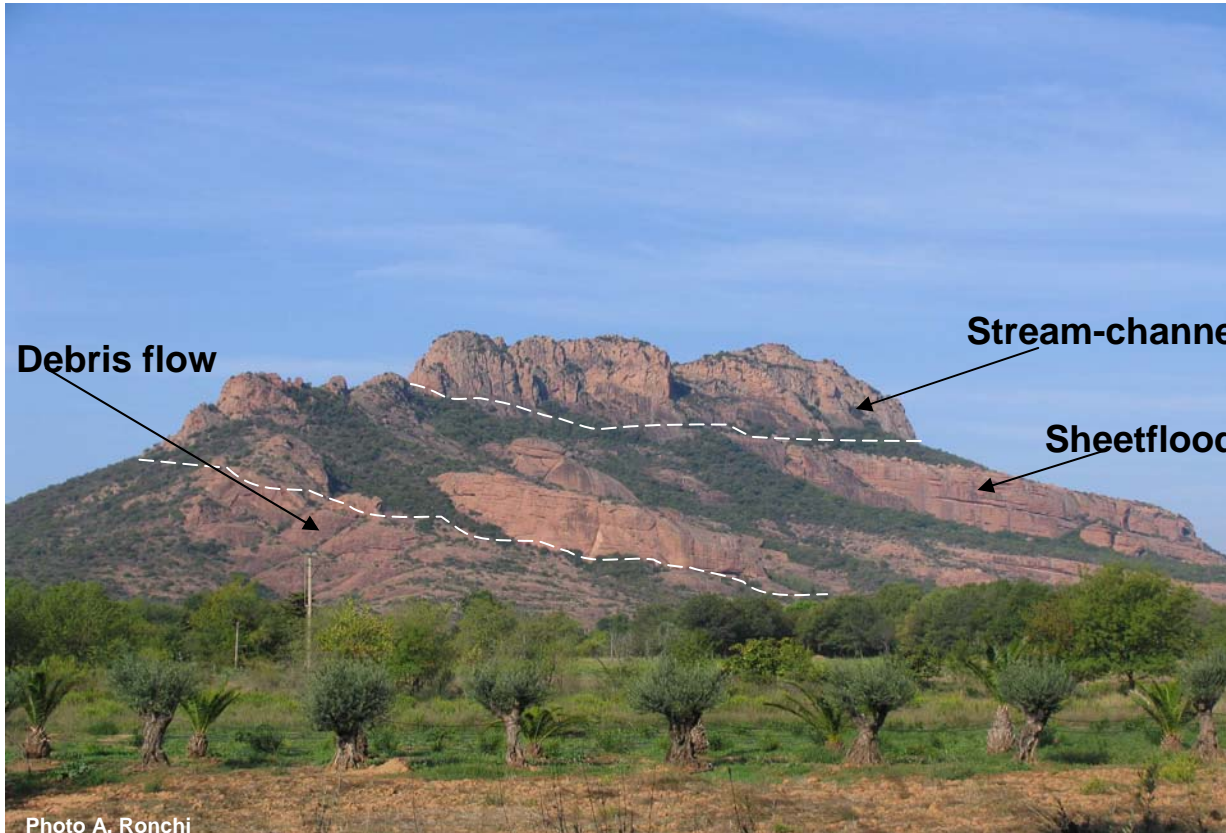


Fig. 9.20 Types of alluvial fan: debris-flow dominated, sheetflood and stream-channel types – mixtures of these processes can occur on a single fan.

Ambiente fluviale in condizioni di scarsità d'acqua (lobi terminali o *terminal fans*)



Photo A. Ronchi

Centroclinal cross-stratification



Photo A. Ronchi

Trough cross-stratification



Photo A. Ronchi

Tabular cross-stratification



Photo A. Ronchi

Trough cross-stratification

Sequenza di inondazione (spessore pochi cms)

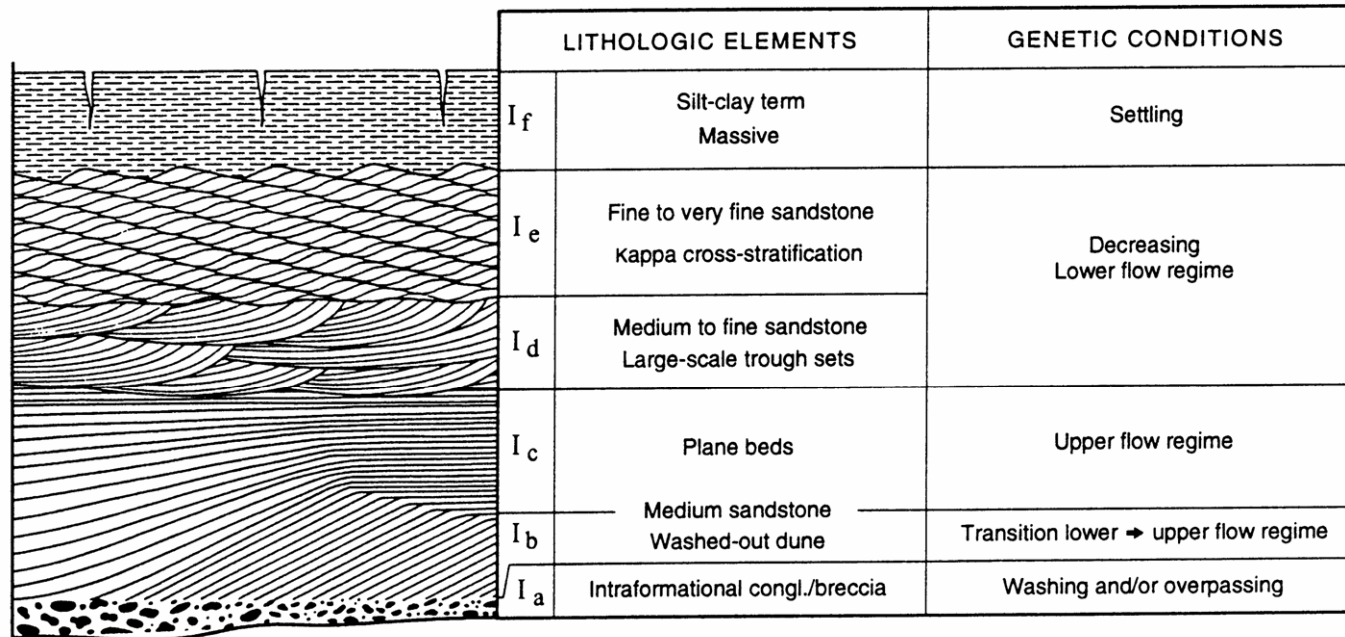
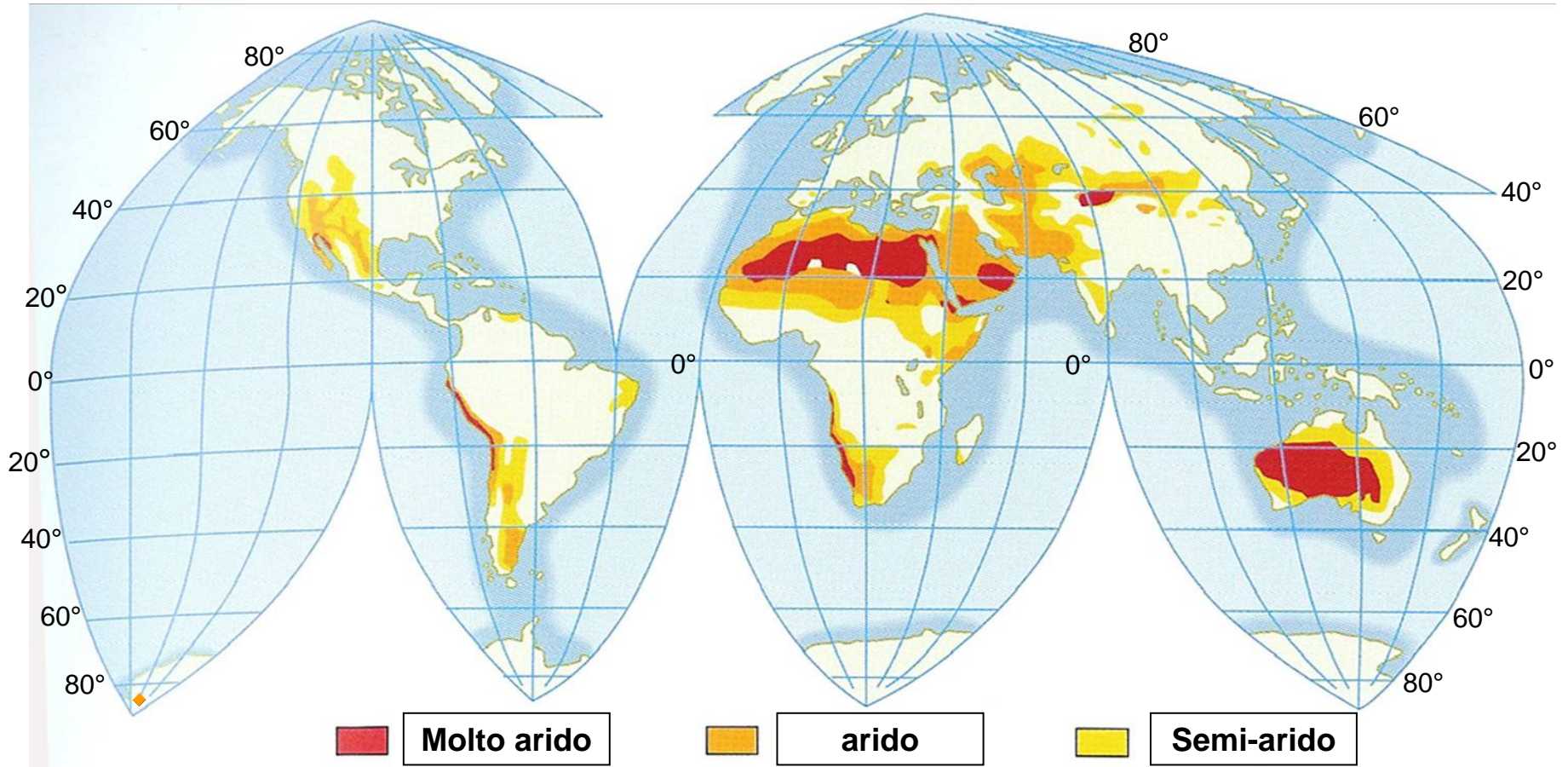


Fig. 12 - Idealized inundite sequence, according to the terminal-fan deposits from Le Pradet and Sanary.
After Durand *et al.*, 1989, modified.



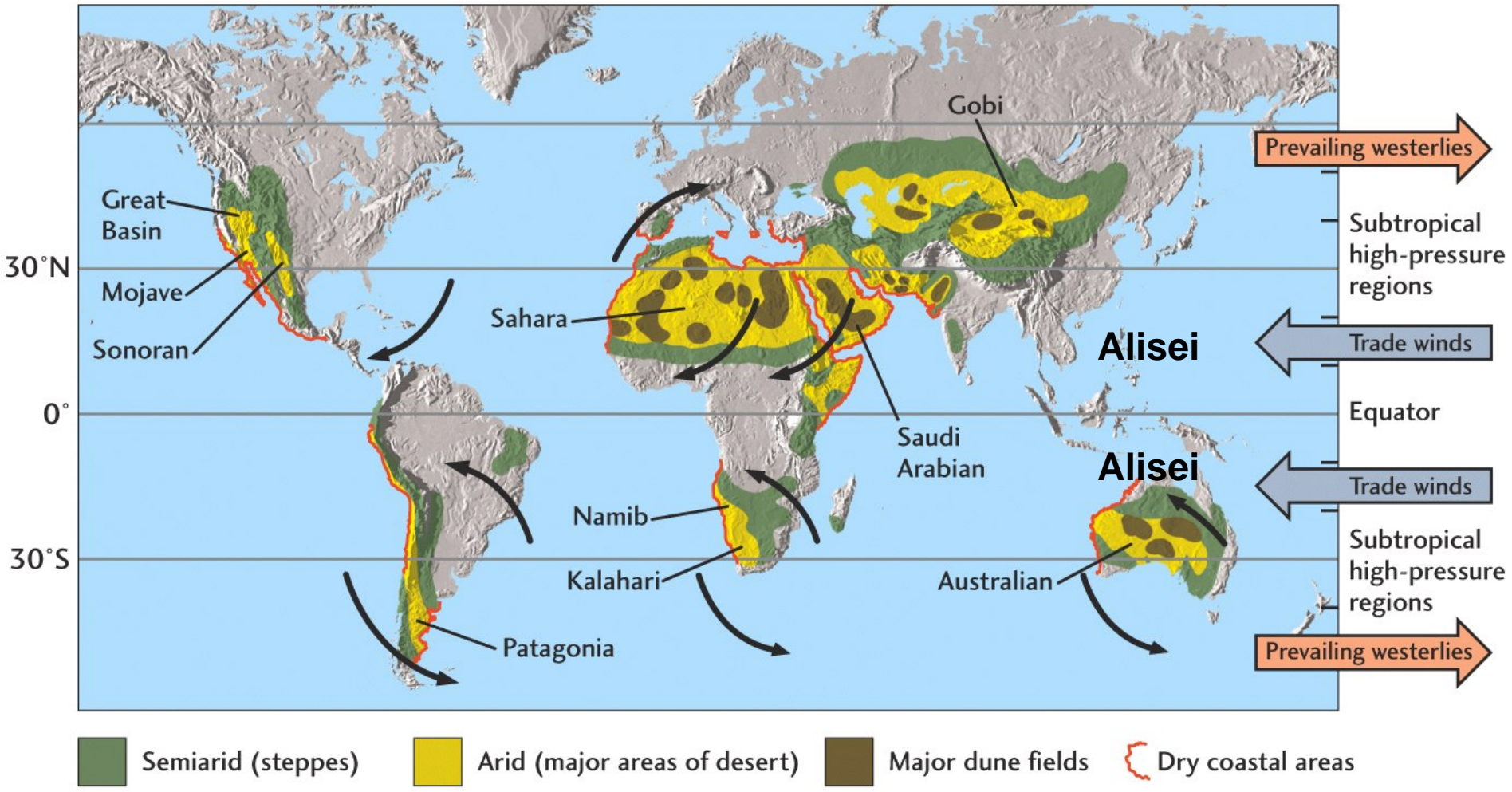
Photo A. Ronchi

AMBIENTI ARIDI ED EVAPORITICI: AMBIENTE EOLICO, DI PLAYA E DI SEBKHA



Distribuzione globale delle aree desertiche, aride e semiaride (da Bosellini, 1982)

Dettaglio delle aree aride e semiaride, con zone a dune e coste desertiche. Le frecce indicano la direzione dei venti prevalente.



AMBIENTE EOLICO DESERTICO

I bacini desertici sono caratterizzati tipicamente da ventagli alluvionali, playas e dune sabbiose.

Sono ambienti dominati dall'azione del vento o, molto più raramente dall'azione fluviale, limitata però ad alluvioni stagionali;



Photo A. Ronchi

Khongoryn Els, deserto del Gobi, Mongolia



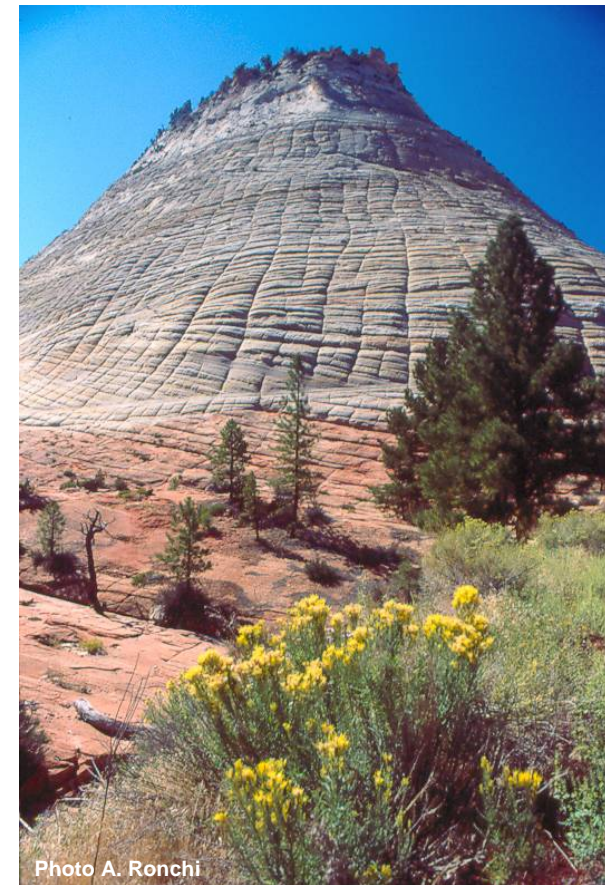
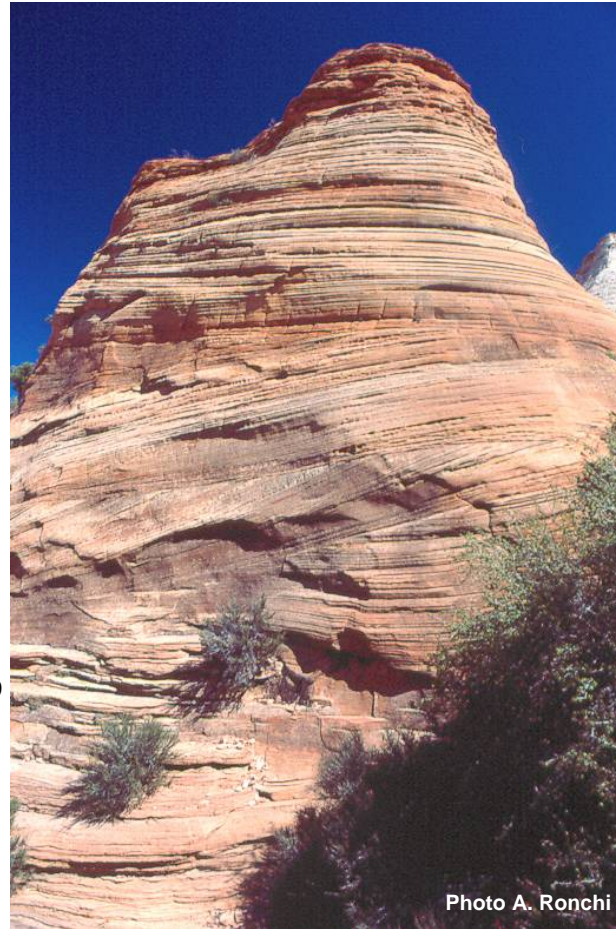
Photo A. Ronchi

Dune di Mesquite Flats, Death Valley, California



Dune di Soussusvlei, Namibia

Esempi di dune fossili



Negli Stati Uniti occidentali si hanno attualmente delle dune di sabbia con dimensioni abbastanza ridotte ma nel Giurassico esisteva una vasta area desertica che comprendeva lo Utah, il Nevada meridionale, il Colorado occidentale e il Wyoming. Tali dune fossili sono ottimamente rappresentate nella formazione delle Navajo Sandstones.

Parco Nazionale di Zion, Chessboard Butte, Formazione delle Navajo Sandstone, Giurassico.

Dune di sabbia

Per formarsi, le dune di sabbia hanno bisogno di un continuo approvvigionamento di sabbia e delle interruzioni del vento, cosicché la sabbia possa depositarsi.

Le dune di sabbia eoliche sono costituite da **depositi arenacei molto fini** poiché la sabbia deve avere una granulometria tale da essere trasportata dal vento e mostrano alta selezione e una stratificazione incrociata a grande scala.

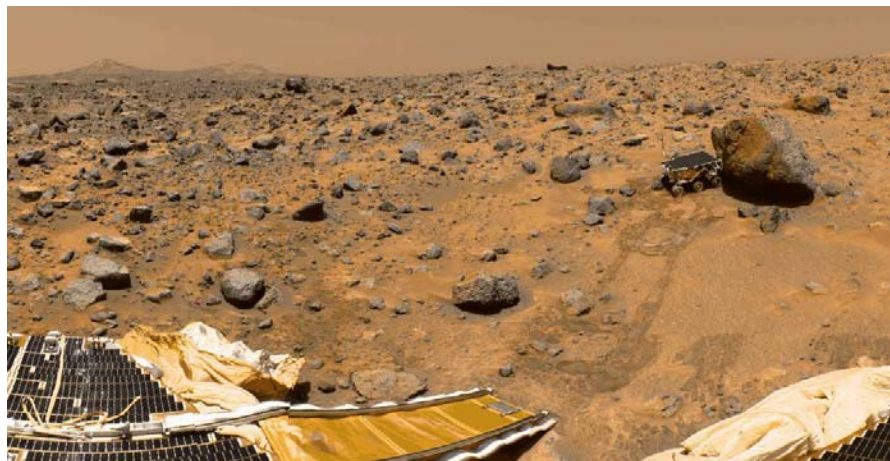
Formazione delle dune

Le dune hanno un profilo asimmetrico, schematizzato nel disegno della pagina successiva (da Ricci Lucchi, 1992), con un lato anteriore, o sottovento, più ripido, e uno posteriore meno inclinato. Il primo è liscio, mentre il secondo è increspato da *ripple*. Il vento spinge i granuli di sabbia sulla rampa posteriore; quando questi sono giunti sul ciglio, li abbandona perché perde contatto col terreno e salta come da un trampolino.

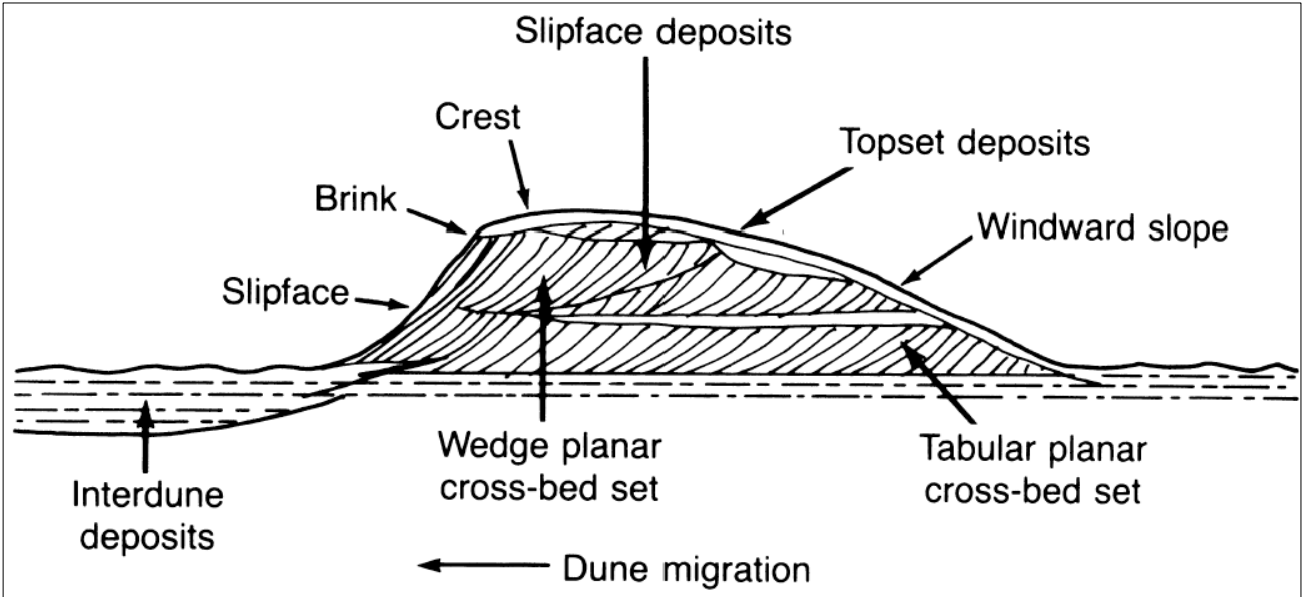
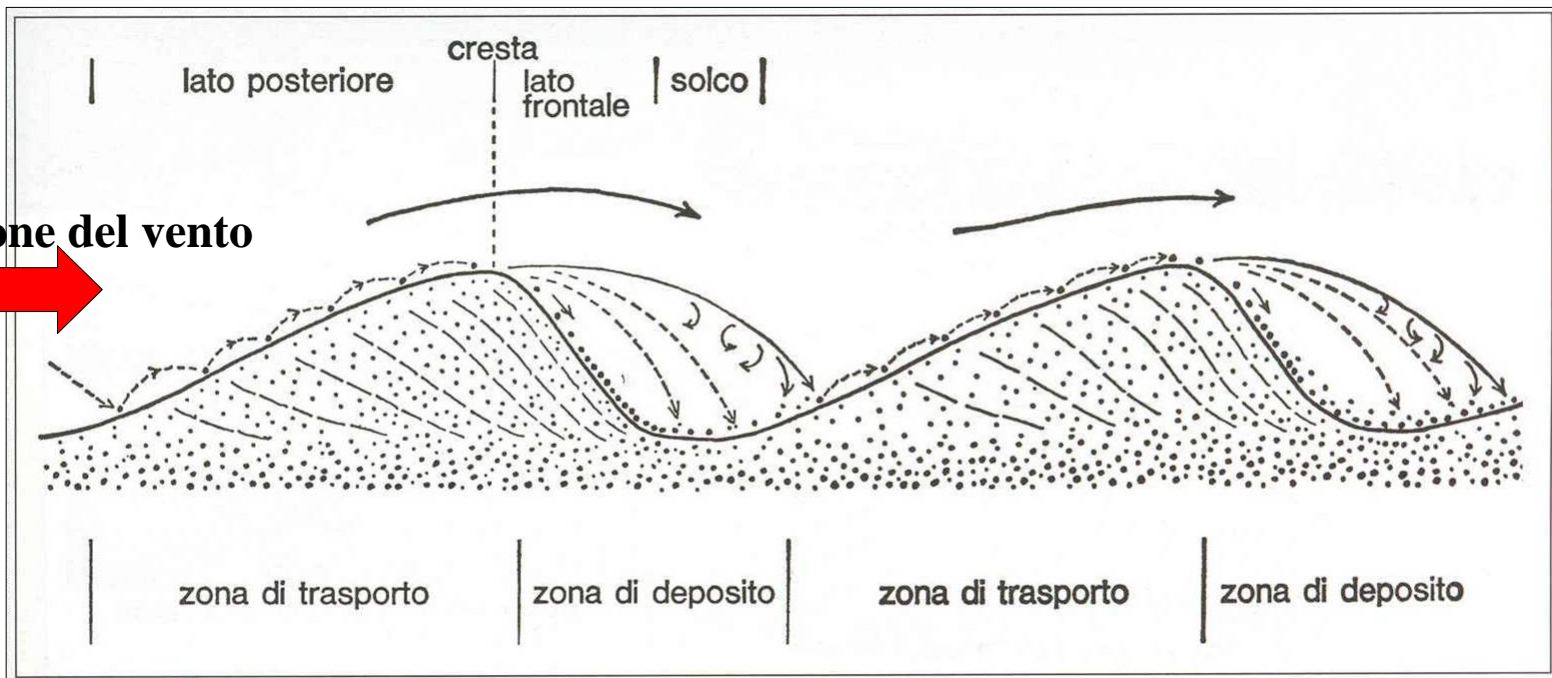
I granuli che si trovano sul ciglio delle dune ogni tanto scivolano verso il basso (*avalanching*); man mano che si accatastano gli uni sugli altri, assumono l'angolo detto di riposo o di natural declivio (in una sabbia va dai 18° fino ai 35° circa).

Con il lavoro combinato del vento e della forza di gravità, vengono portati via materiali dal retro della duna e accumulati sul lato davanti: la duna quindi si sposta finché soffia il vento. Le dune di sabbia sono caratterizzate da depositi sabbiosi a stratificazione incrociata o massivi.

**L'ambiente desertico arido
caratterizza il pianeta Marte
(foto pathfinder).**



Direzione del vento



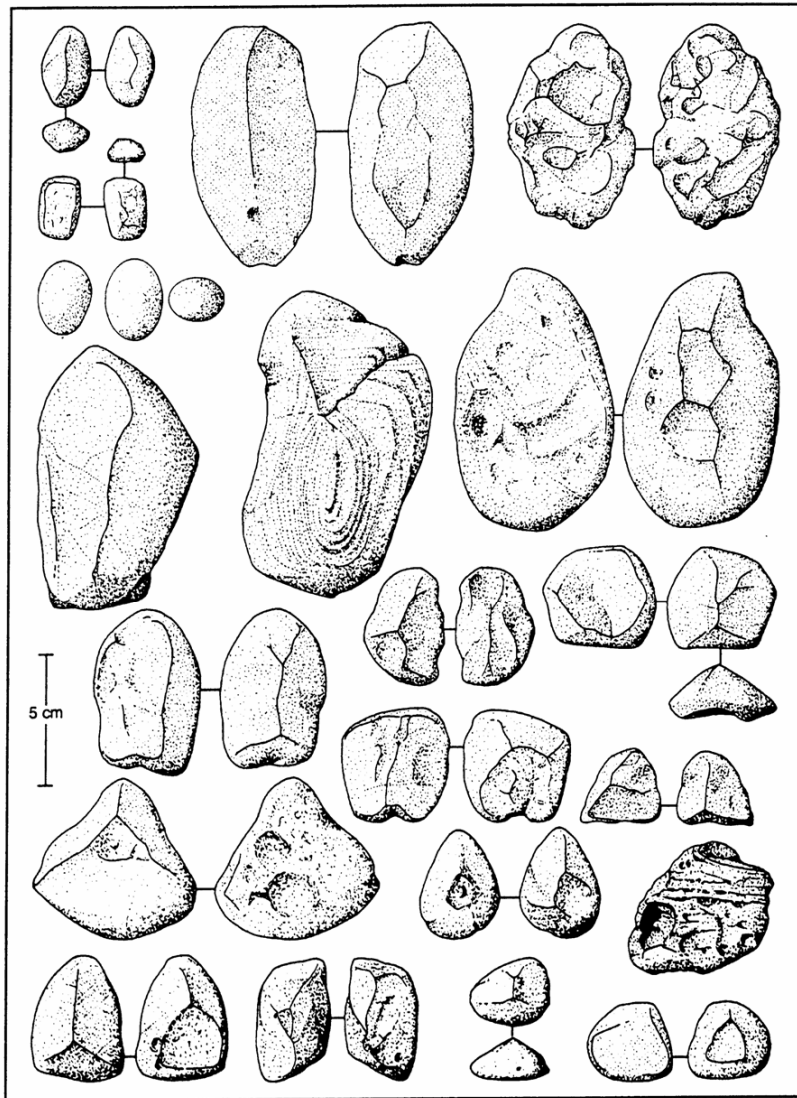


Fig. 11 - Examples of wind-worn pebbles (ventifacts) from the basal unit of the "buntsandstein" of Provence. after Durand *et al.*, 1989.



Figura 14.7. Ciottoli sfaccettati (ventifatti) ad opera della sabbia trasportata dal vento; Sweetwater County, Wyoming. R. M. Campbell, USGS.

l'azione di deflazione eolica conferisce ai ciottoli una precisa configurazione (*ventifacts*, *wind-worn pebbles* o *dreikanter*) e che indica appunto la loro formazione in ambiente arido e molto ventoso. I ciottoli eolici assumeranno una configurazione a base piatta e superiormente con una o più creste che separano facce lisce e ad angolo.

ZONA DI DEFLAZIONE (SERIR)

Laminazioni oblique
“ripples di granuli”

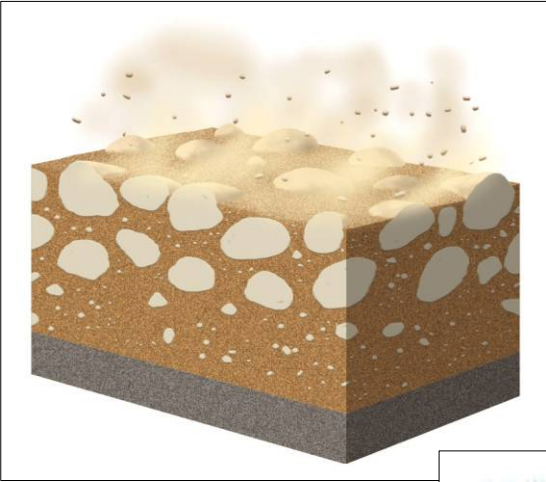
Alternanze di sabbie
grossolane e ghiaiette

Laminazioni oblique

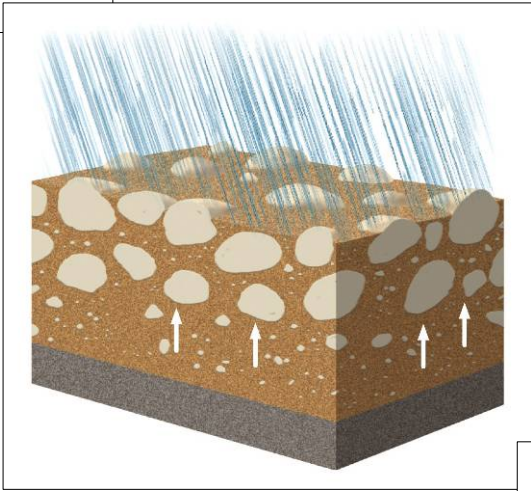
Laminazioni parallele

Deflazione: Il processo per il quale venti intensi gradualmente abbassano l'elevazione del terreno per rimozione di sabbia fine.

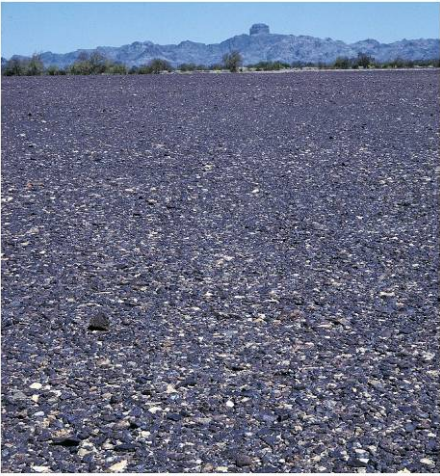
Il processo di deflazione separa la sabbia fine dal materiale più grossolano che rimane al suolo formando un “pavimento” residuale di ciottoli chiamato “*deflation lag*”.



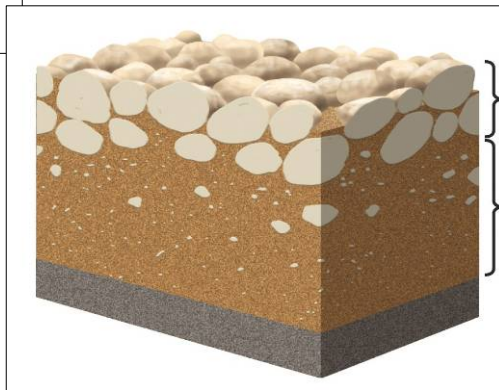
Sedimento portato dal vento è intrappolato tra i ciottoli in superficie



Le precipitazioni occasionali separano il sedimento fine da quello più grossolano, promuovendo l'infiltrazione del sedimento fine in profondità, sotto i ciottoli.



“Deflation lag” (deserto di Sonora, Arizona)



Il “*deflation lag*” cresce verticalmente e matura

Spessore costante
Spessore in crescita

Tipi di dune in relazione ai venti prevalenti

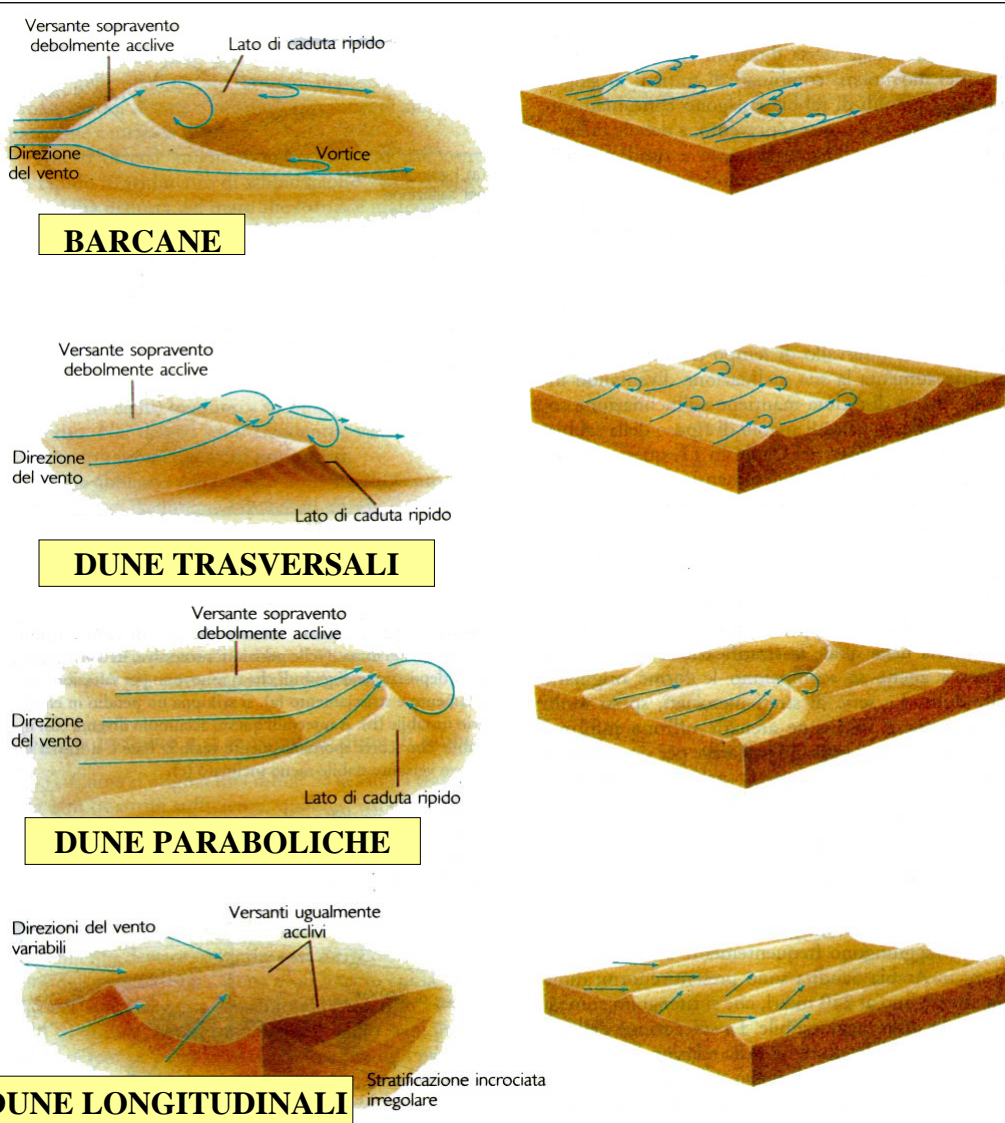


Figura 14.14. Tipi di dune in relazione ai venti prevalenti. (a) Le barcane sono dune isolate a forma di falce di luna, con il lato convesso rivolto verso il vento e i due bracci protesi nel verso del vento; (b) le dune trasversali sono rilievi allungati, orientati perpendicolarmente al vento; (c) le dune paraboliche sono in un certo senso l'opposto delle barcane, avendo il lato di caduta convesso, mentre le barcane hanno il lato di caduta concavo; (d) le dune longitudinali sono rilievi allungati orientati parallelamente al vento.

Esempi di ambienti eolici con sviluppo di dune



Figura 14.8. Dune di retrospiaggia. I venti, che spirano in prevalenza dal largo, trasportano la sabbia dalla spiaggia verso terra formando un complesso di dune paraboliche. *Loren McIntyre.*



Figura 14.9. Dune trasversali (in primo piano) e dune longitudinali (sullo sfondo) in un campo di dune nel deserto; Valle della Morte, California. *Peter Kresan.*

via

FORMAZIONE DELLE DUNE

Stadio embrionico: accumulo di sabbia sottovento a un ostacolo

La crescita della duna dipende dalla velocità del vento e quantità di sabbia. Erosione sul lato sopravvento; accumulo sul lato sottovento; migrazione della duna in direzione del vento.



Le dune smettono di crescere quando il vento è troppo intenso per permettere alla sabbia di accumularsi sulla cresta e rotolare sottovento

Alterazione in clima desertico

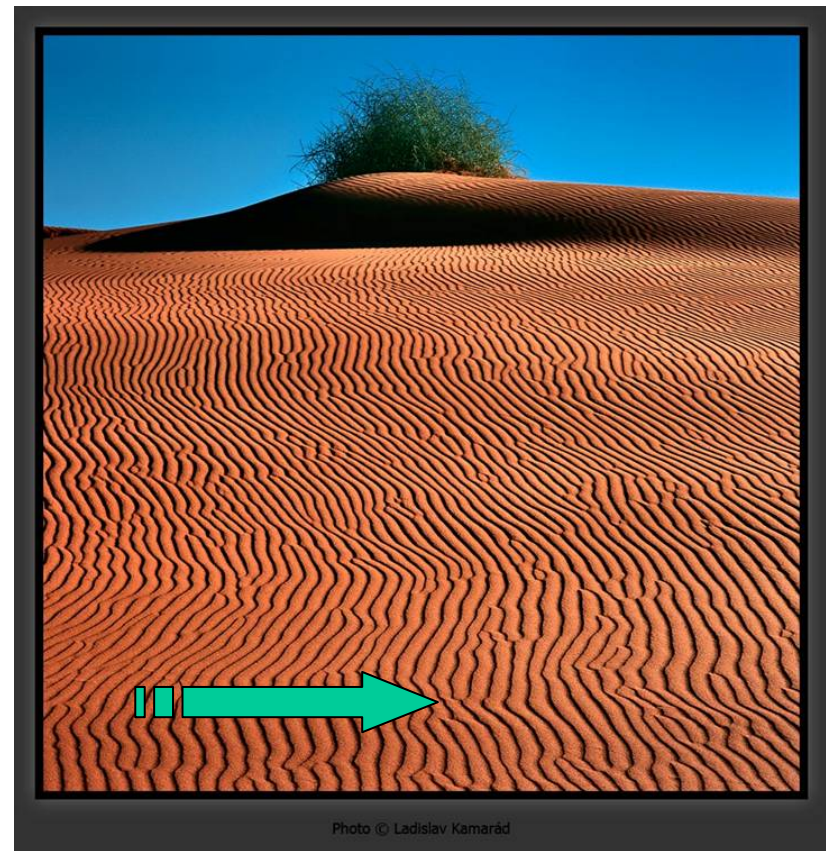
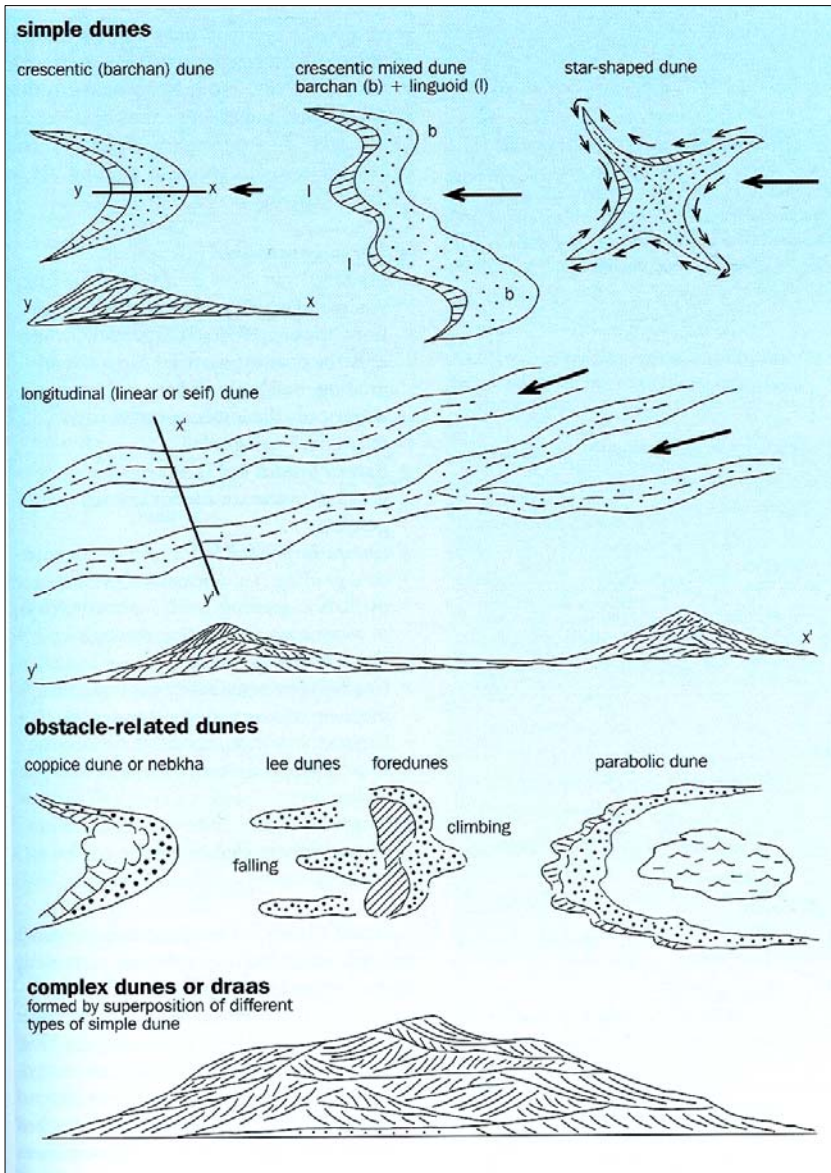
- Diffusa alterazione meccanica.
- Minima alterazione chimica (soprattutto ossidazione di minerali mafici.

- Formazione della **vernice del deserto**: superficie di alterazione formata da ossidi di Fe e Mn che cementano argille. Questi ossidi ricoprono e ammantano i ciottoli dando loro un aspetto ferroso.



Fig. 8.2 Pebbles in a stony desert with a shiny desert varnish of iron and manganese oxides.

ALTRI TIPI DI DUNE



Ripples eolici, Namibia

I *ripples* asimmetrici hanno creste perpendicolari alla direzione del vento

LE PLAYAS

Le playas sono **depressioni continentali in climi aridi o semiaridi, occupate da laghi stagionali** (effimeri) spesso asciutti e talora interessate da una sottile lama d'acqua. Sono generalmente costituite da materiale fine che può presentare facilmente strutture sedimentarie come i suoli poligonali (*mud-crack*). Spesso, questo tipo di ambiente, per il fatto di essere un sistema idrologico chiuso, è sede di una **sedimentazione evaporitica** rappresentata da salgemma o gesso.

Attualmente i laghi di *playa* si trovano, allo stesso modo di quelli perenni :

- nelle **basse pianure**, sia in zone di **plateaux** che in **depressioni intramontane**,
- rispetto all'altitudine si possono trovare sia sotto il livello del mare (**- 154 m** nel Sinkiang),
come a migliaia di metri sopra (**> 4500m** sulle Ande).

La loro estensione varia da poche centinaia di m a più di **9000 km²** (Lake Eyre, Australia ; Salar de Uyuni, Bolivia)

Il fatto che un bacino si trovi disseccato per la maggior parte del tempo indica che **il budget idrico annuale medio del bacino è negativo**, ovvero che l'evaporazione supera gli apporti (precipitazioni dirette, ruscellamento, apporti fluviali, e/o apporti di acque sotterranee). Questa condizione, che si ritrova sia in climi aridi, iper-aridi o semi-aridi è **il solo punto in comune a tutti i laghi di playa**.



Photo A. Ronchi

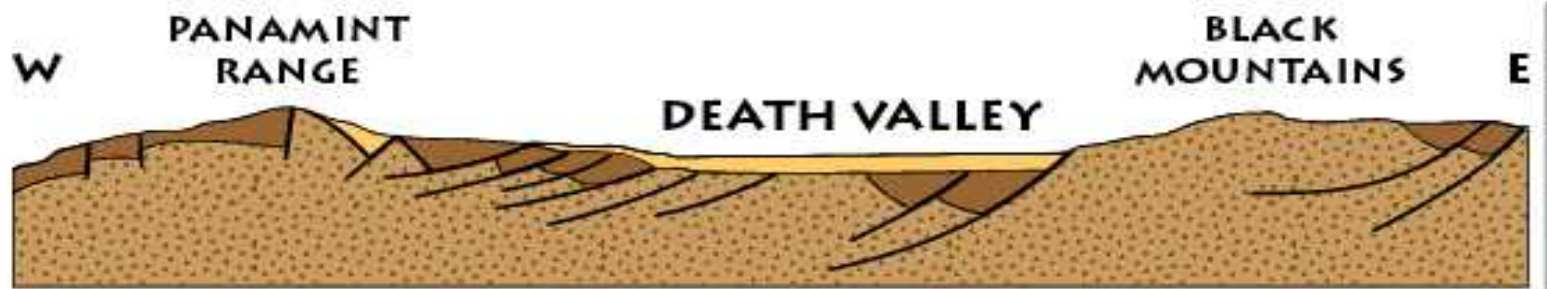
Depositi di playas
antichi: F.ne di
Salagou, Permiano,
Bacino di Lodeve

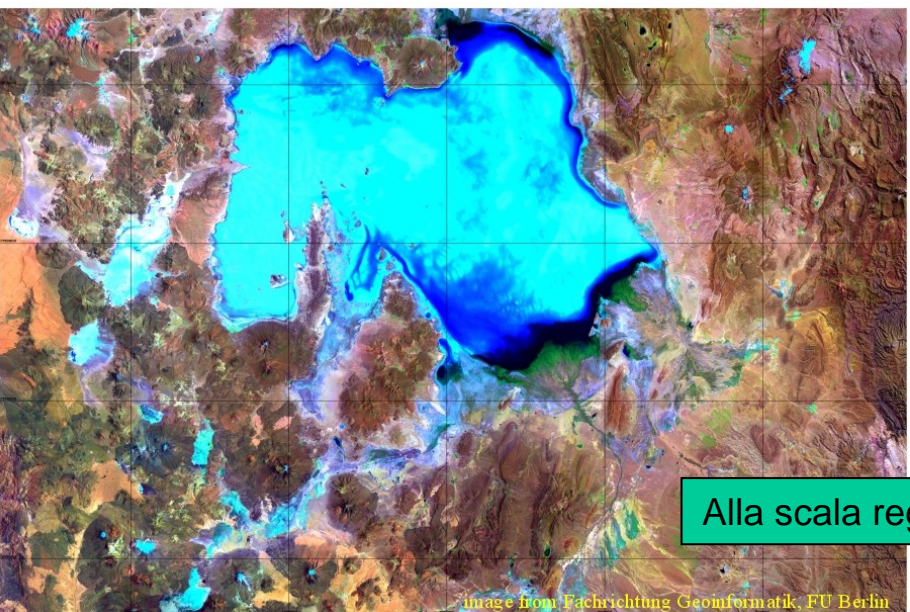
Valle della morte (California)

La Valle della Morte rappresenta il più famoso bacino intermontano della California (Panamint Range). Il lago, ora asciutto, ma invaso dalle acque ogni dieci anni circa, è circondato da conoidi alluvionali.



Racetrack Playa, Death Valley National Park.

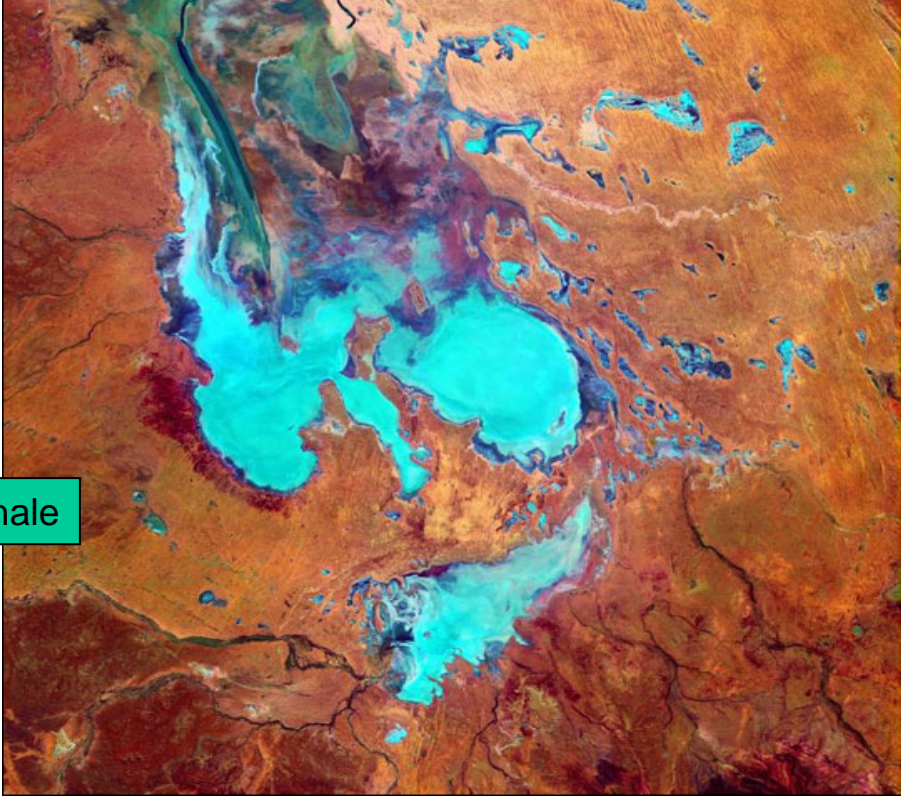




Alla scala regionale

image from Fachrichtung Geoinformatik, FU Berlin

Salar de Uyuni (Bolivia)



Lake Eyre (Australia centrale)



Sossusvlei (Namibia)

Alla scala locale

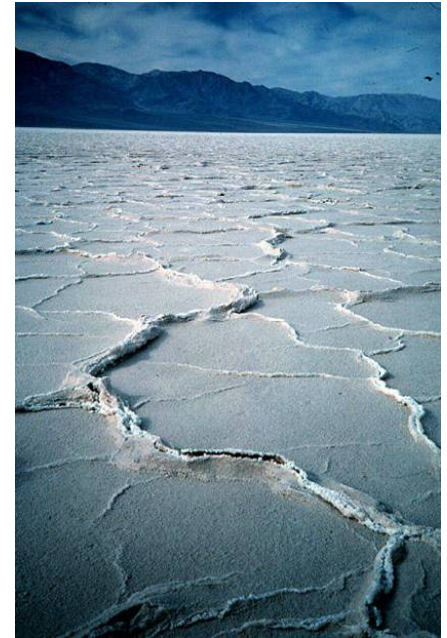




Photo A. Ronchi



Photo A. Ronchi

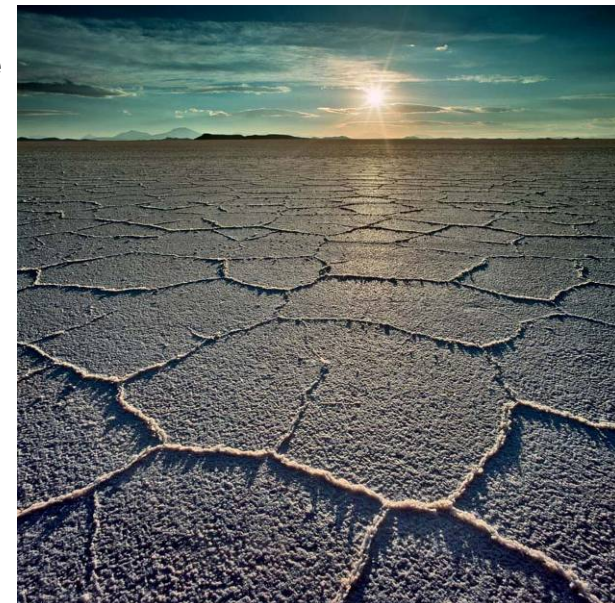


I depositi del grande lago salato della Death Valley, costituiti da sali evaporitici



Cubi di sale conservati in un deposito arenaceo. Sono indici di un ambiente evaporitico.

Il grande Salar de Uyuni, Bolivia





La bianca distesa di evaporiti del Salt Lake Desert, nello Utah (USA).



Racetrack Playa, Death Valley, California (USA).

LE SEBKHAS

Le sebkhas o sabkhas sono delle **piane costiere salate**, presenti attualmente ad esempio in Marocco, in Qatar e ad Abu Dhabi nel Golfo Persico. In questi ambienti la falda freatica di acqua salata (che si trova a profondità di 0,5-1 m) proviene dalle adiacenti lagune.

Nelle zone più vicine al mare, dove la sebkha è spesso inondata dalle maree e dove la falda freatica si trova solo pochi centimetri sotto la superficie, la concentrazione non è sufficiente a far precipitare i sali. Ma spostandosi verso l'interno, la sebkha è sempre più raramente inondata per cui l'evaporazione porta alla precipitazione prima di **gesso**, poi di **anidrite**. Le evaporiti delle sebkha hanno uno spessore limitato (da qualche centimetro a qualche metro), determinato essenzialmente dalla profondità della falda freatica.

Per fare degli esempi italiani, la Formazione a Bellerophon permiana e le Anidriti di Burano triassiche, si formarono in ambienti assai simili alle sebkhas attuali.



**Marocco, Sahara occidentale,
Sebkhet Aridal.**

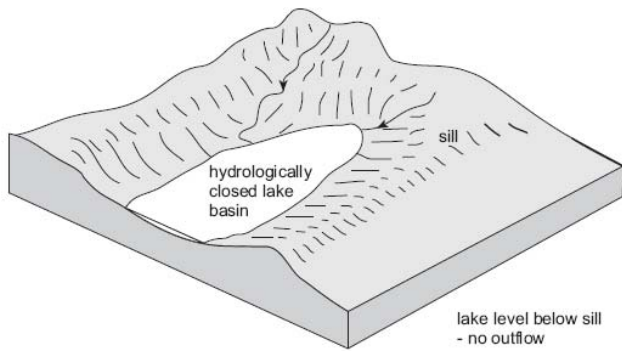
AMBIENTE LACUSTRE

I depositi lacustri vengono chiamati **laminiti** (argille in lamine) o **ritmiti** nel caso evidenzino le classiche alternanze stagionali (**varve**). Queste ultime sono rappresentate da ripetizioni sottili di argille e silt con spessore da submillimetrico a centimetrico. Sono dovute alle variazioni di portata d'acqua con le stagioni: in estate arriva molto materiale (alta abrasione) e si ha una sedimentazione in massa di ghiaie e sabbie sulla scarpata e sabbie fini e silt di colore chiaro sulla zona di raccordo. In inverno non ci sono grossi apporti ma soprattutto decantazione del materiale fine in sospensione, rappresentate da argille scure (la copertura del ghiaccio sulla superficie del lago diminuisce drasticamente gli apporti).

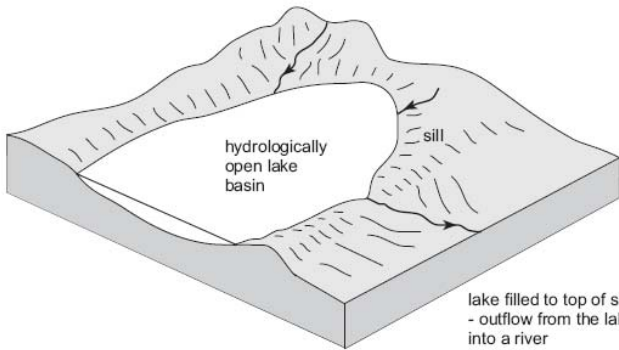
Un grosso ciottolo può essere inglobato dalle laminiti, quando una zattera di ghiaccio si scioglie (*dropstone*); se i clasti sono molti si arriva a un paraconglomerato a matrice argillosa. Lungo i delta fluvio-lacustri si possono avere frammenti di materiali, che generano correnti di torbidità.



Immagini di due laghi attuali di dimensioni molto diverse (a sinistra, il Lago Titicaca in Bolivia e a destra, il lago di Baratz, unico lago naturale della Sardegna).



lake level below sill
- no outflow



lake filled to top of sill
- outflow from the lake
into a river

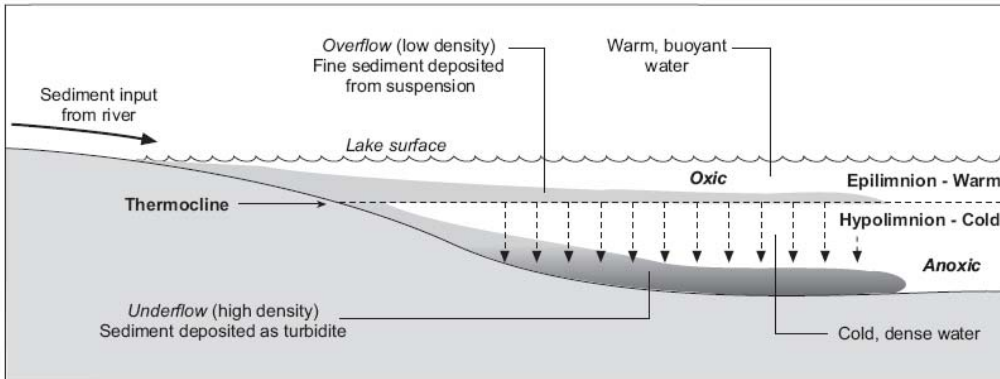


Fig. 10.3 The thermal stratification of fresh lake waters results in a more oxic, upper layer, the epilimnion, and a colder, anoxic lower layer, the hypolimnion. Sedimentation in the lake is controlled by this density stratification above and below the thermocline.

Da Nichols 2009

Dal punto di vista idrologico vi sono due tipi di laghi:

1) Laghi idrologicamente aperti:

generalmente pieni fino alla colma e in equilibrio tra le acque entranti e uscenti. In genere di acqua dolce;

2) Laghi idrologicamente chiusi:

sono detti endoreici e hanno un drenaggio interno. Se l'evaporazione è alta possono essere salini.

Dal punto di vista sedimentologico ci possono essere tre tipi di laghi:

1) Laghi d'acqua dolce: in sistemi idrologicamente aperti e con bassa concentrazione di ioni

2) Laghi salini: in sistemi idrologicamente chiusi e ad alta evaporazione. Concentrazione di ioni

3) Laghi effimeri: in climi aridi, specchi d'acqua generalmente sottili con durata da pochi mesi ad anni.



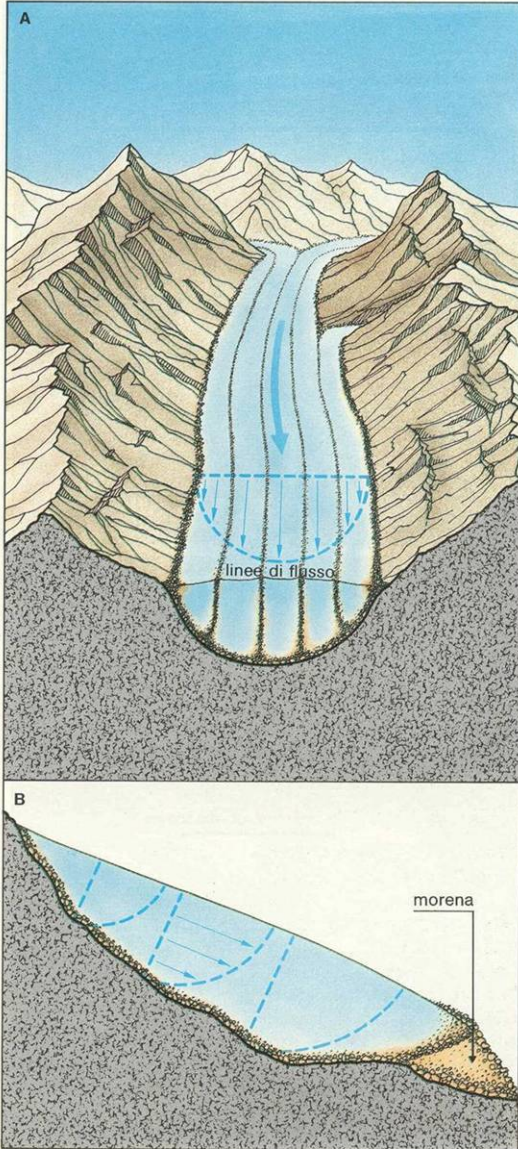
Esempi di depositi lacustri fossili:

- a) Prevalentemente terrigeno con laminazioni fini in depositi argilloso-siltosi;
- b) Prevalentemente carbonatici (Montezuma Castle, California)

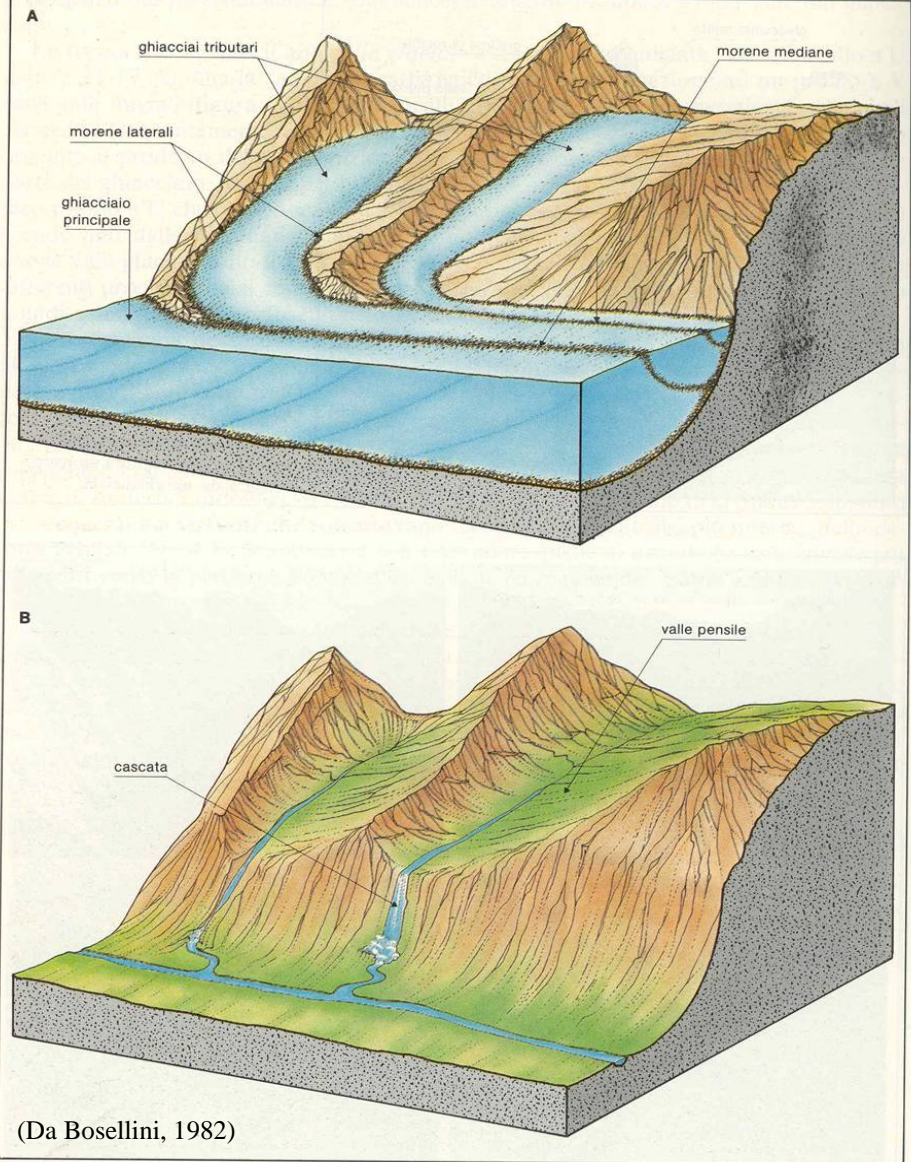


Photo A. Ronchi

AMBIENTE GLACIALE



Un ghiacciaio vallivo si muove più rapidamente al centro che non ai lati, a causa dell'attrito esercitato dalle pareti rocciose (A); analogamente la velocità decresce avvicinandosi al fondo (B). Nei climi temperati, però, alla base del ghiacciaio la temperatura è sufficientemente elevata e interagisce con la pressione del ghiaccio sovrastante causando la fusione di un piccolo strato basale. In questo caso il ghiacciaio si sposta verso valle con il suo intero spessore, scivolando lungo il livello liquido presente in prossimità del fondo roccioso.



(Da Bosellini, 1982)

Figura 21-18. - Schema mostrante la formazione delle valli glaciali ad U e delle valli sospese. Il gradino è dovuto al fatto che nella valle principale fluiva un ghiacciaio più grande e quindi con maggiori capacità erosive. Nelle valli laterali l'escavazione glaciale è stata minore, per cui queste valli sboccano in quella principale con un gradino morfologico piuttosto pronunciato.

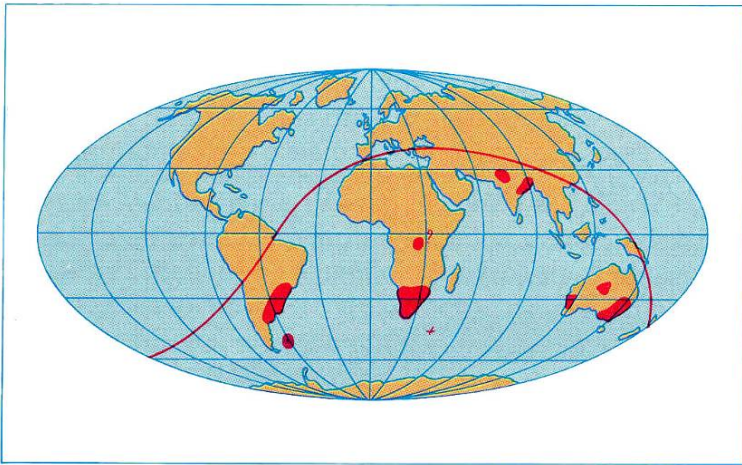


Figura 4-5.

La glaciazione permo-carbonifera.
Le aree in rosso indicano affioramenti di antiche morene (tilliti) e rappresenterebbero zone coperte dai ghiacci paleozoici. Sono pure indicati l'equatore ed il Polo sud paleozoici. Appare evidente che se i continenti fossero sempre stati nella loro posizione attuale, metà del globo doveva essere coperta da ghiacci.

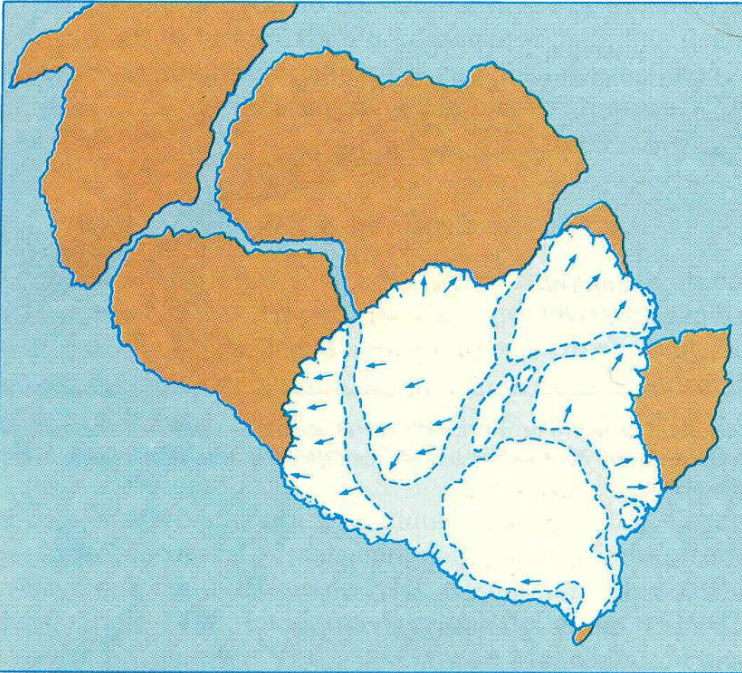


Figura 4-6.

Riunendo i continenti australi in un unico grande continente (Terra di Gondwana), la distribuzione delle tilliti e quindi l'estensione della calotta glaciale paleozoica assumono dimensioni e significato assai più realistici.



Tilliti: tipici depositi glaciali, estremamente mal classati, poligenici e a sostegno di matrice.

Ambiente glaciale e peri-glaciale

Quando terminano in zone continentali, i ghiacciai producono caratteristici depositi fluviali (generalmente *braided*) e lacustri (frequentemente varvati), e pari depositi caratteristici (*dropstones*) quando finiscono in mare. Essi possono muovere blocchi di roccia giganteschi, ma trasportano anche enormi quantità di materiali fini, con l'aspetto di fanghi o limi (loess).

I depositi di tipo periglaciale come molte sequenze sedimentarie hanno molte facies: il cosiddetto till basale si deposita alla fronte del ghiacciaio ed è ricoperto da morene, sedimenti lacustri e fluvio-glaciali e infine loess.

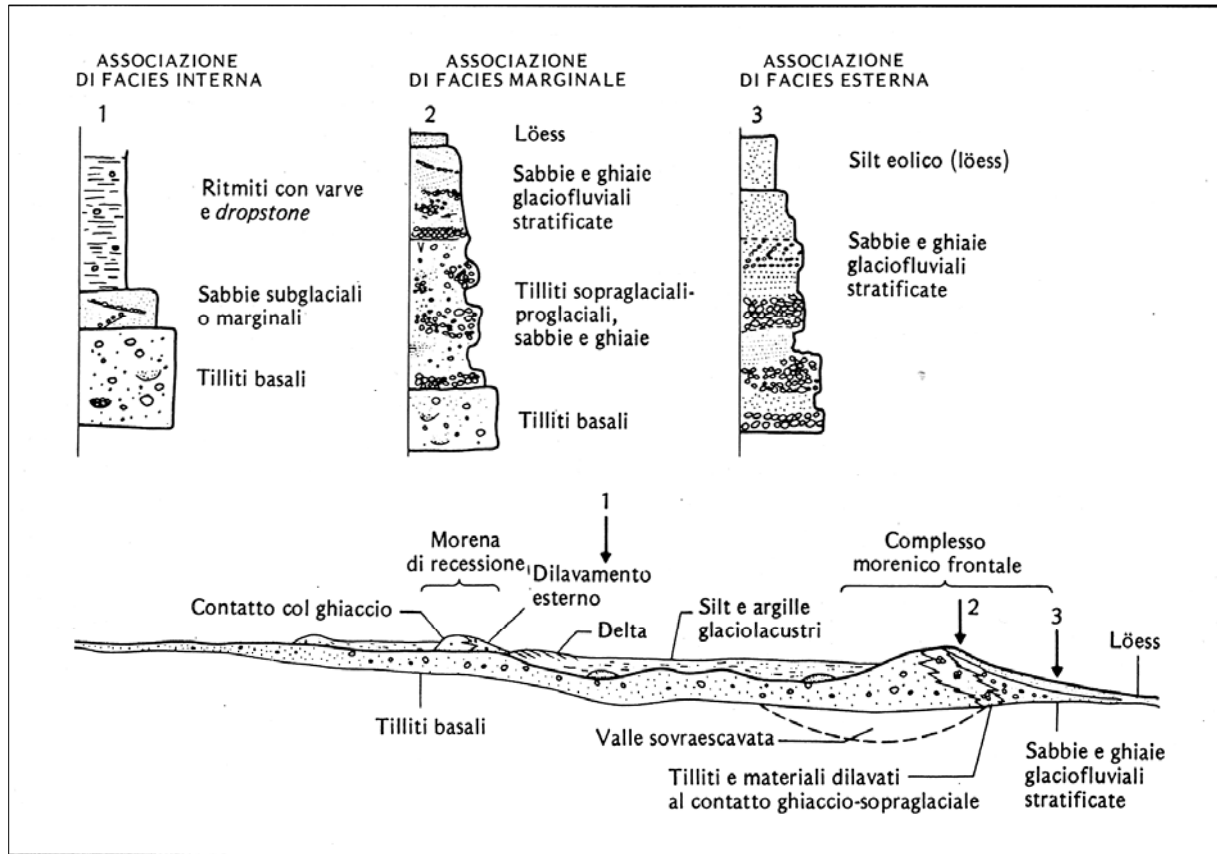


Figura 2.7. Versione semplificata delle associazioni di facies e successioni che si sviluppano in seguito all'avanzamento al ritiro di una coltre glaciale continentale. (Mod. da Edwards, 1978).

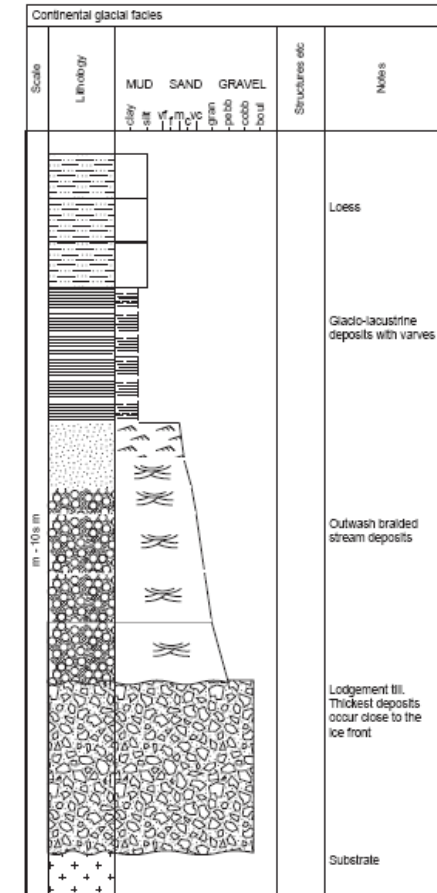
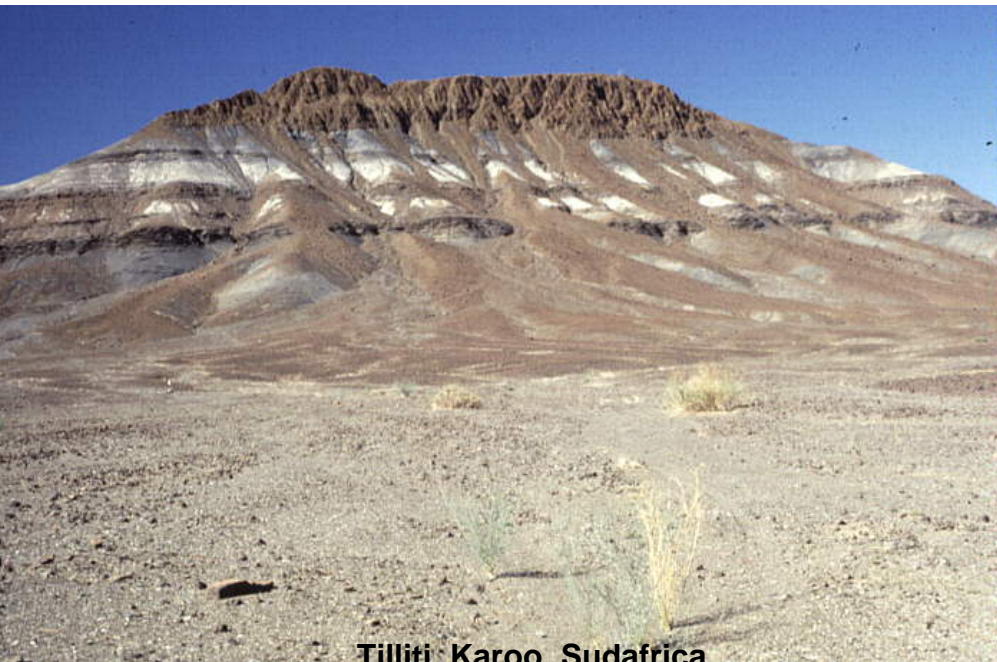


Fig. 7.8 Graphic sedimentary log illustrating some of the deposits of continental glaciers.

Da
Nichols,
2009

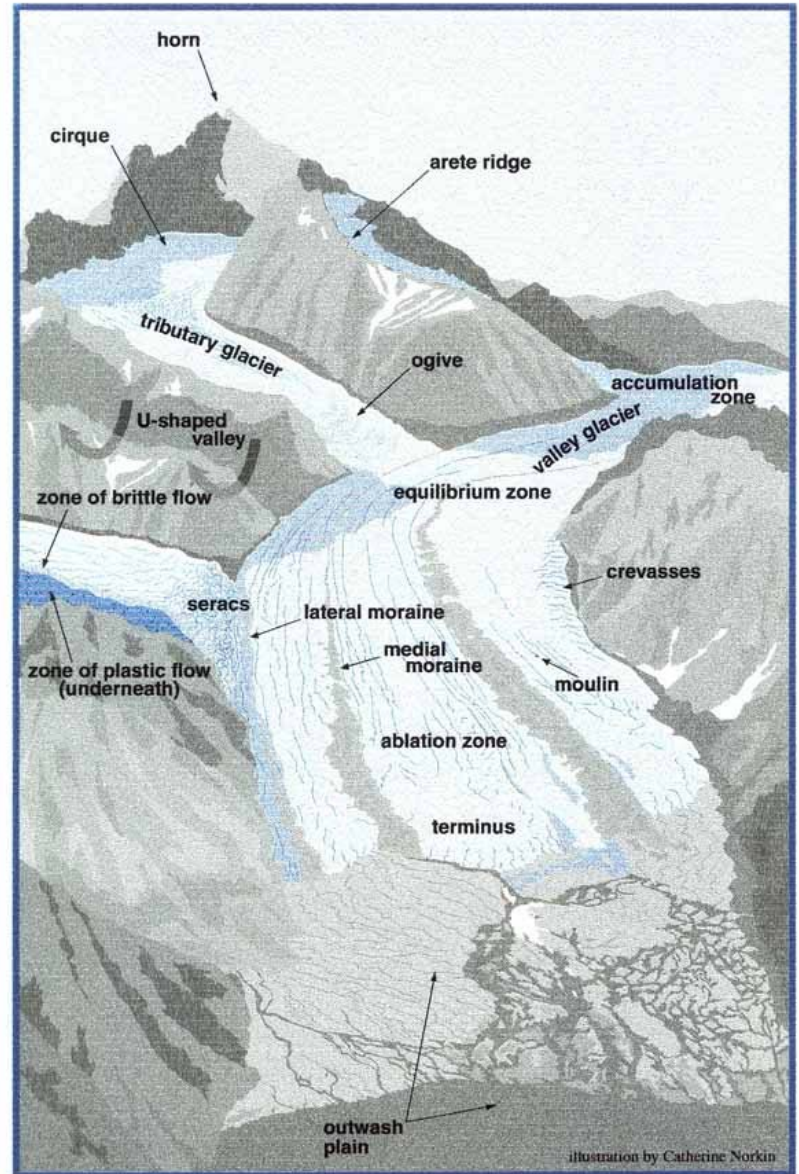


Morena laterale



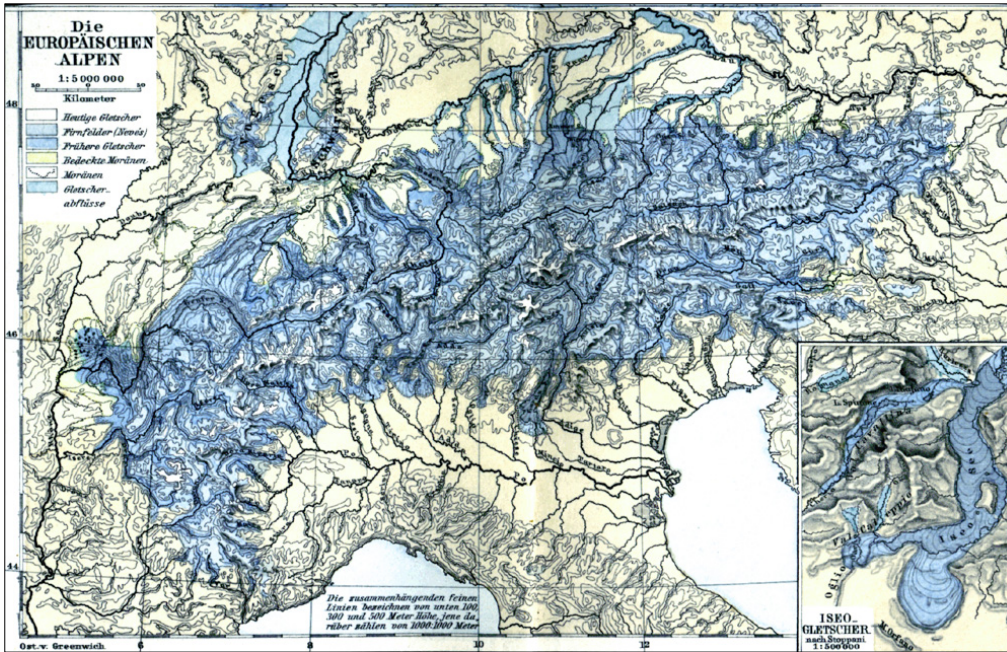
Tilliti; Karoo, Sudafrica

IL GHIACCIAIO E LE SUE PARTI



LE GLACIAZIONI RECENTI

Sulle Alpi



Nord America





Photo: A. Ronchi

Tipica conformazione ad “U” di una valle glaciale (Nevada)

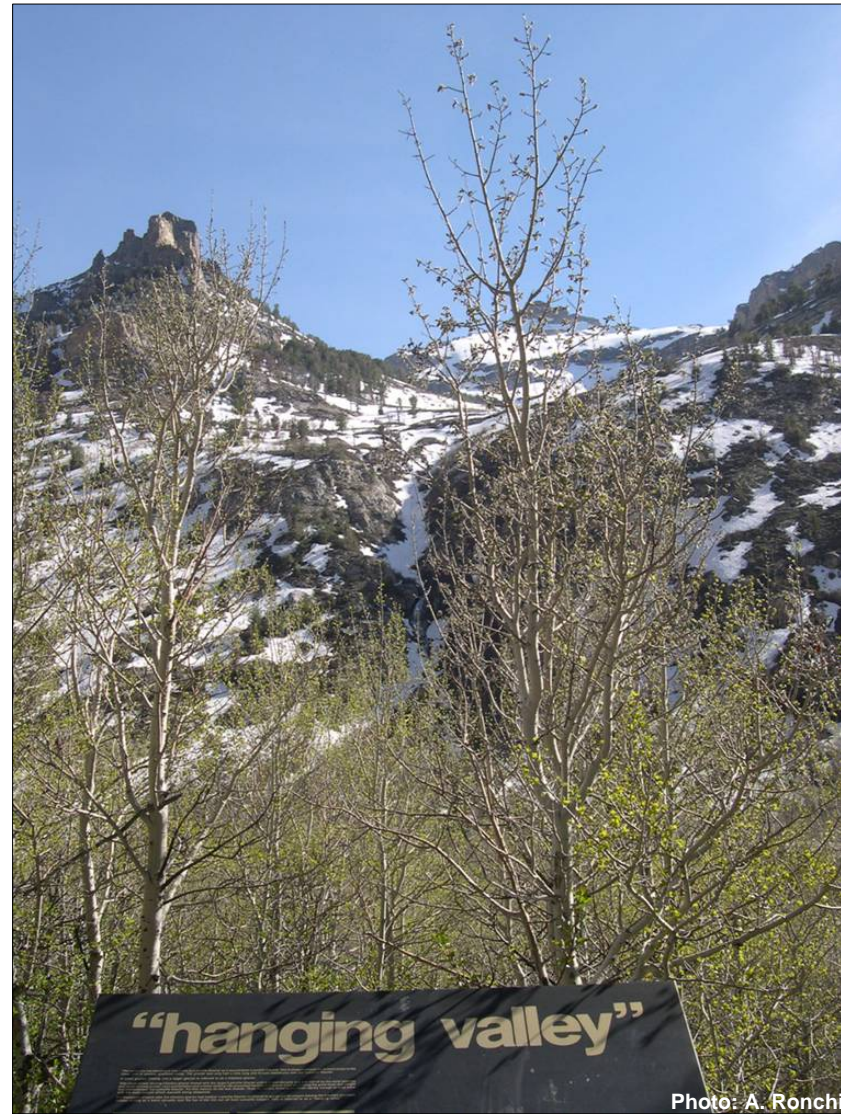


Photo: A. Ronchi

Una valle glaciale sospesa (Nevada)

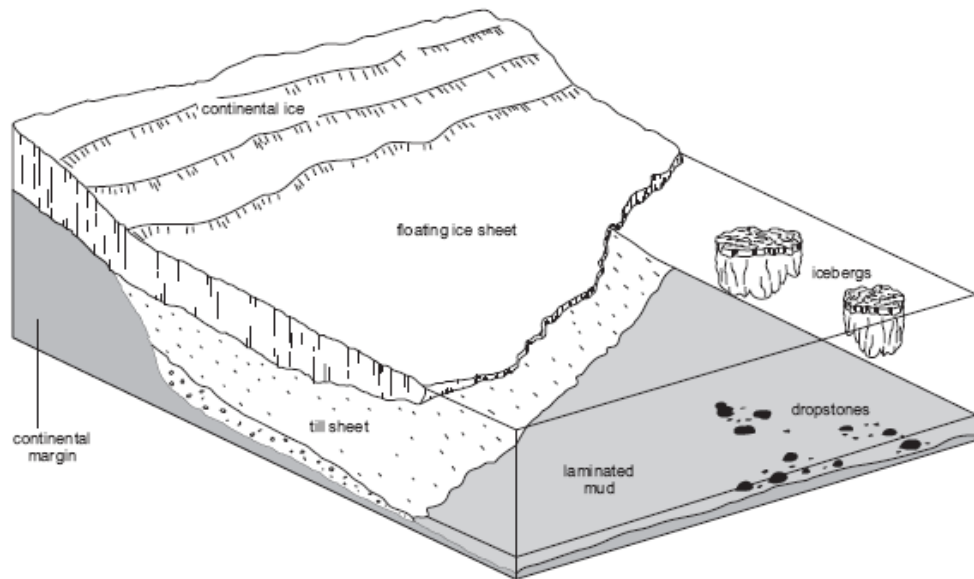
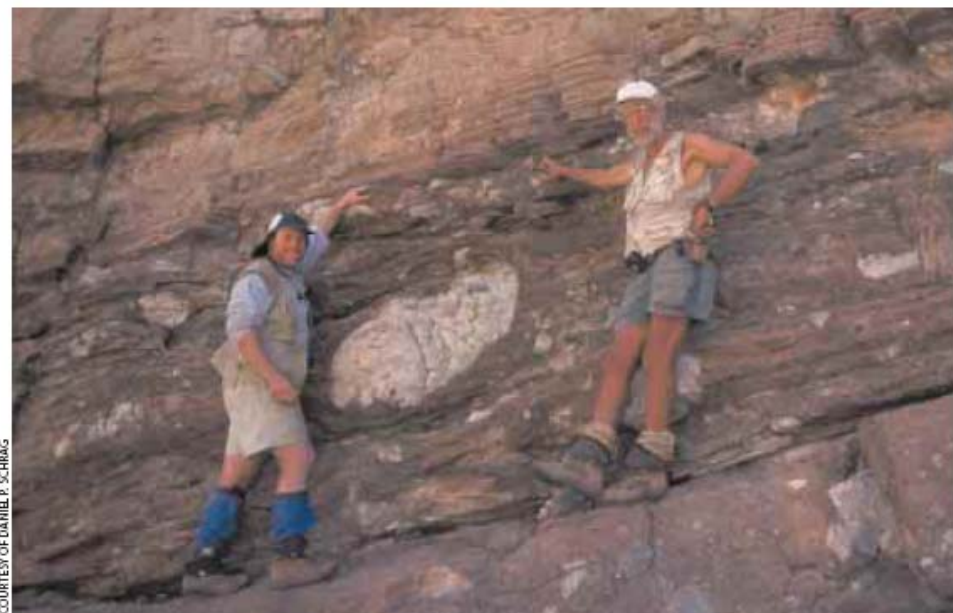


Fig. 7.12 At continental margins in polar areas, continental ice feeds floating ice sheets that eventually melt releasing detritus to form a till sheet and calve to form icebergs, which may carry and deposit dropstones.

Dropstones

Marine glacial facies						
Scale	Lithology	MUD	SAND	GRAVEL	Structures etc	Notes
		clay silt	vf, m, yc grain	pebb cobb boul		
10s metres	laminated mud					Laminated muds with ice-rafted sands and gravels as beds and isolated dropstones
	laminated mud					
	laminated mud					
	laminated mud					
	laminated mud					



COURTESY OF DANIEL P. SCHRAG

Da Nichols, 2009

Fig. 7.14 Glaciomarine deposits are typically laminated mudrocks with sparse coarser debris derived from icebergs.



Photo: A. Ronchi

Il ghiacciaio Perito Moreno (Patagonia argentina)



Photo: A. Ronchi

Il Lago Toro nel Parco delle Torres del Paine (Patagonia cilena).

Il tipico colore verde-azzurro delle acque è dovuto ai sedimenti limosi e argillosi che permangono in sospensione.