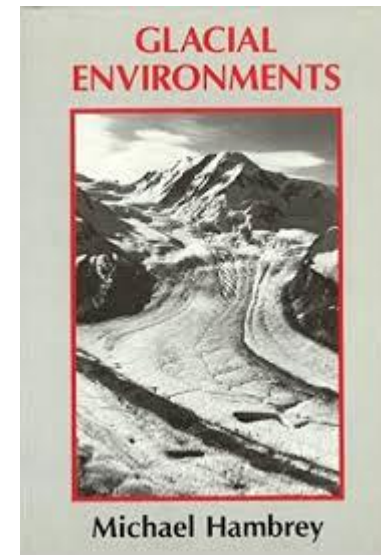
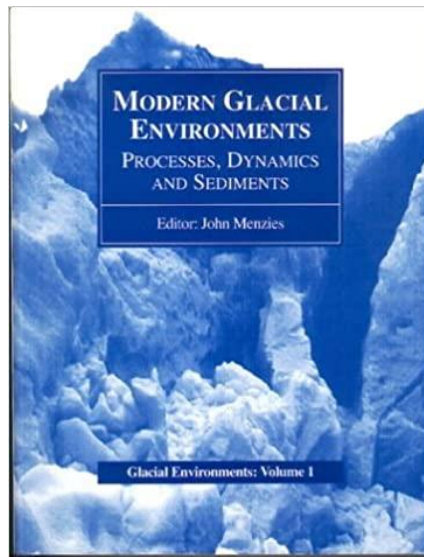


Morfologia glaciale

A cura di S. Furlani

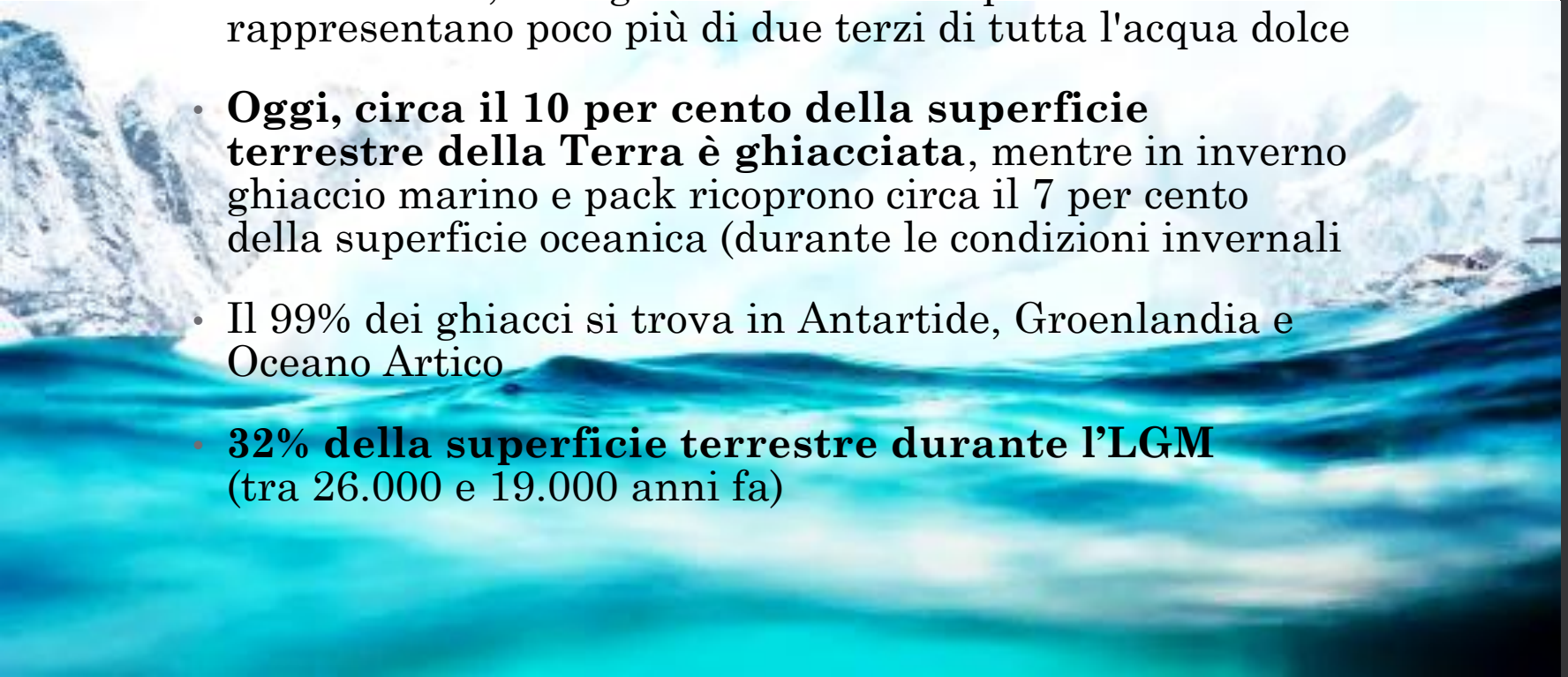
- Gli ambienti glaciali
- Glaciazioni quaternarie
- Processi glaciali
- Forme glaciali erosive
- Forme glaciali deposizionali
- Forme glaciofluviali
- Forme paraglaciali
- Relazioni tra l'uomo e i ghiacci



Ambienti glaciali

Forme e processi glaciali

- La criosfera rappresenta le acque ghiacciate (ghiaccio e neve in atmosfera, laghi e fiumi, oceani, terra e sotto la superficie terrestre) che si trovano sulla Terra.
- Costituisce meno del 2 per cento dell'acqua totale nell'idrosfera, ma i ghiacciai e la neve permanente rappresentano poco più di due terzi di tutta l'acqua dolce
- **Oggi, circa il 10 per cento della superficie terrestre della Terra è ghiacciata**, mentre in inverno ghiaccio marino e pack ricoprono circa il 7 per cento della superficie oceanica (durante le condizioni invernali)
- Il 99% dei ghiacci si trova in Antartide, Groenlandia e Oceano Artico
- **32% della superficie terrestre durante l'LGM** (tra 26.000 e 19.000 anni fa)



Ghiacciai

- L'esistenza delle masse glaciali è legata al progressivo e durevole accumulo di neve al suolo, determinato dal clima freddo delle regioni dove si formano (attraverso processi di trasformazione di neve in ghiaccio e gelo/disgelo)
- L'ispessimento della massa glaciale porta alla deformazione del ghiaccio e, nei limiti consentiti dal substrato, un lento movimento verso il basso
- In geomorfologia effetti da:
 - Movimento del ghiacciaio--->erosione;
 - Trasporto e deposito di materiali;
 - Pressione esercitata sulla roccia, contatto ghiaccio/roccia;
 - Circolazione acqua di fusione
 - Eventualmente rapporto con acqua marina o lacustre
- Le masse glaciali si riaggiustano a seconda delle variazioni climatiche

Tipi di ghiacciai

- Due grandi categorie di ghiacciai:
 - Calotte glaciali (*ice sheets, ice caps*);
 - Ghiacciai di montagna;

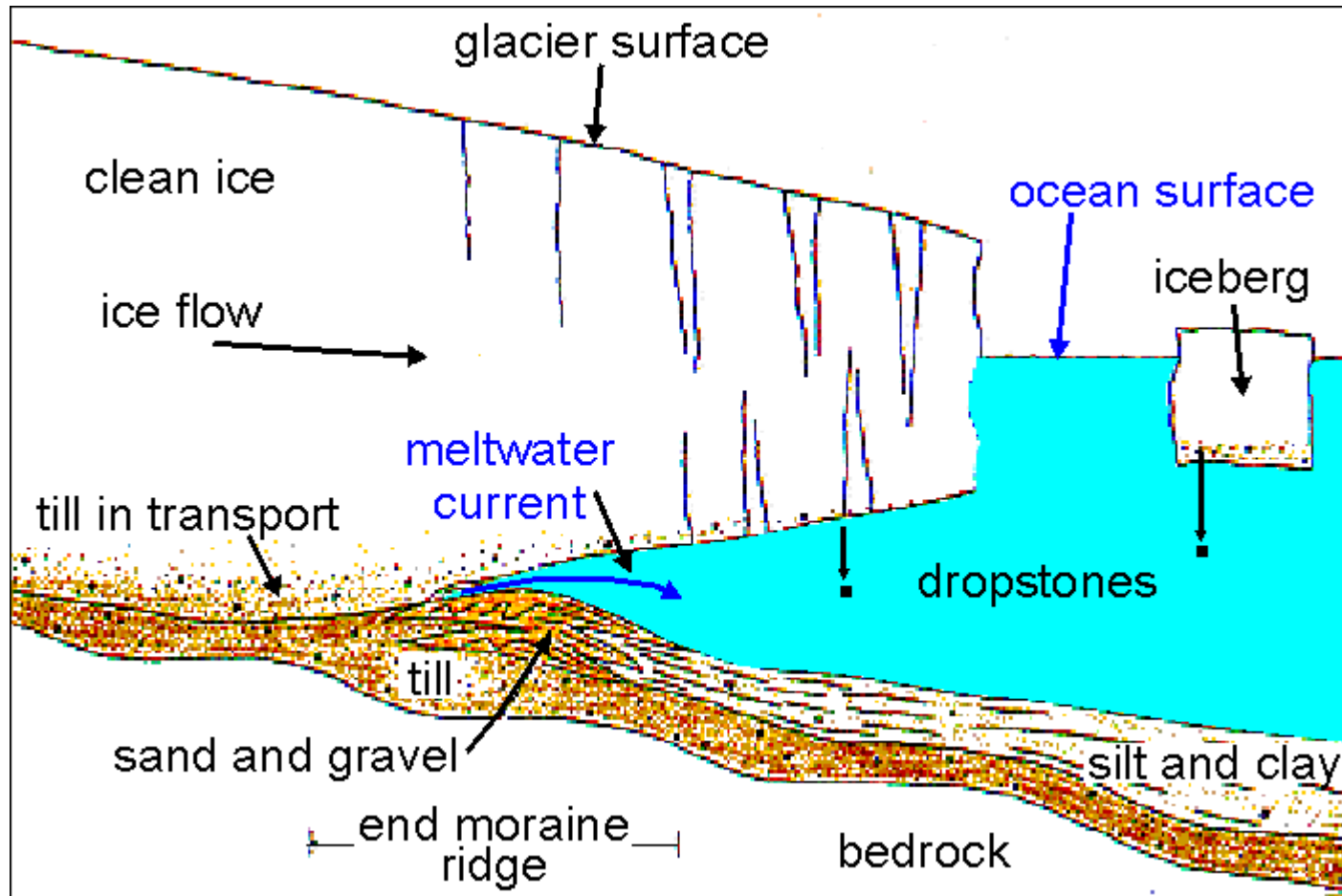
Ice sheets, ice caps, ice shelves

- Ice sheets e ice shelves (calotte glaciali) differiscono per le loro dimensioni:
 - le lastre glaciali (*ice sheets*) normalmente sono inferiori a 50.000 km²
 - le calotte glaciali (*ice caps*) più di 50.000 km².
- Includono cupole di ghiaccio, che sono masse di ghiaccio simili a una cupola, e ghiacciai di sbocco, che sono ghiacciai che si irradiano da una cupola di ghiaccio e che si sviluppano all'interno di depressioni topografiche.
- Gli **inlandsis** sono i ghiacciai più estesi (Antartide e Groenlandia). Sono strutture molto complesse di ghiaccio correlate tra loro, cupole di ghiaccio, calotte di ghiaccio e ghiacciai di valle.
- L'Antartide (13.000.000 kmq) è costituita da due calotte, una orientale e una occidentale e parti che terminano in mare (*ice shelf*)





Ice shelf



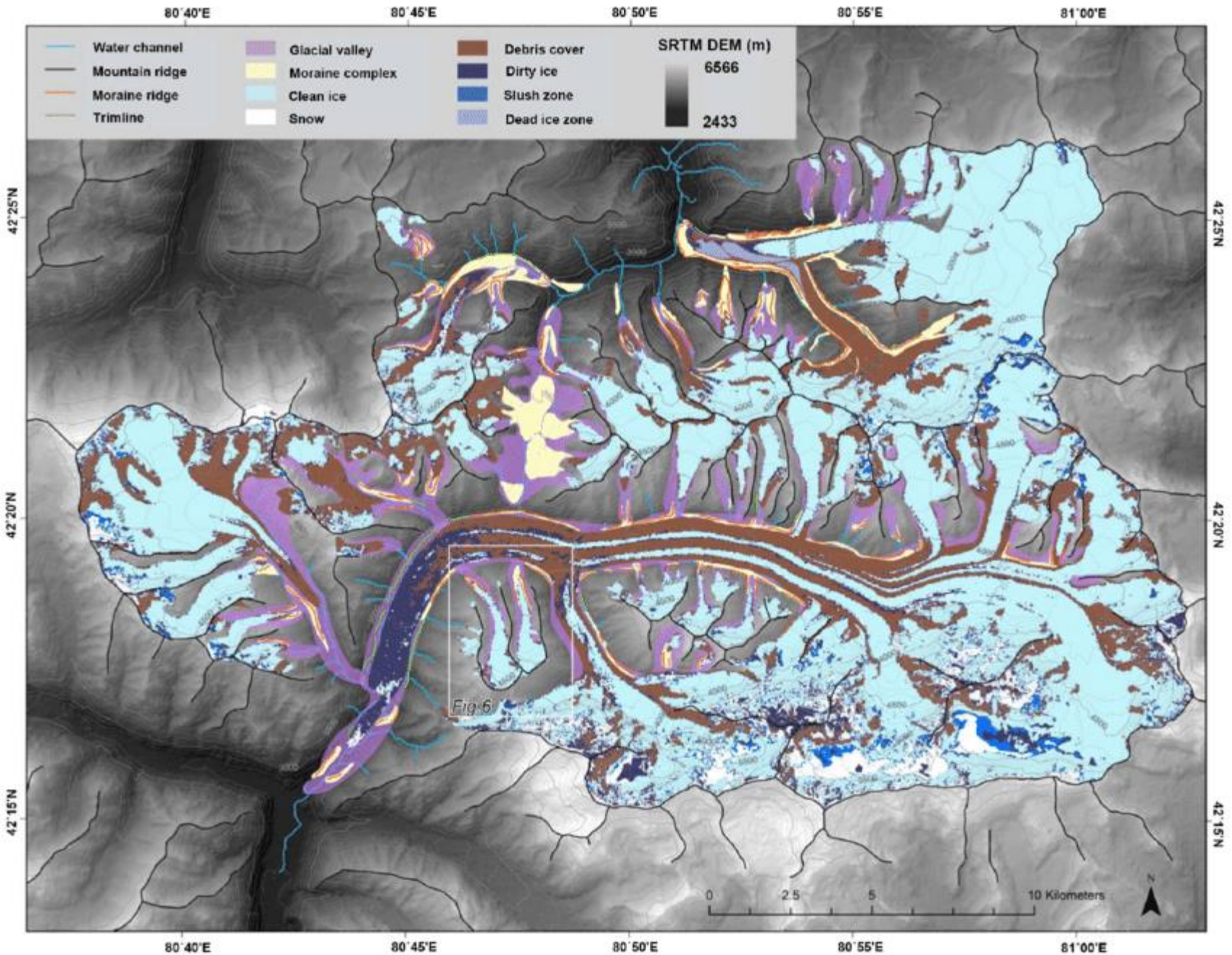
Ghiacciai montani

- Esistono diversi tipi di ghiacciai montani (Castiglioni, 1985):
 - *Ghiacciai vallivi (Valley glaciers)*: lingua di forma allungata, con uno o più bacini alimentatori a monte (tipici delle Alpi);
 - *Ghiacciai vallivi composti*: ramificati: più lingue molto ramificate che si uniscono assieme. Rete di colate glaciali quando transfluenza tra una valle e l'altra (Alpi durante i periodi glaciali). In Asia, a causa delle differenze di quota, possono mancare i bacini alimentatori;
 - *Ghiacciai di altipiano (ice fields)*: si sviluppano su superfici pianeggianti di sommità da cui si dipartono lingue glaciali (Norvegia, Adamello, ecc). No distinzione netta con alcune calotte glaciali;
 - *Ghiacciai pedemontani (piedmont glaciers)*: uno o più ghiacciai vallivi escono in pianura allargandosi (Malaspina in Alaska, ghiacciai alpini pleistocenici);
 - *Ghiacciai di circo, pendio, canalone, sospesi, ecc*: piccoli ghiacciai privi di lingua. Si conformano alla topografia.

Ghiacciaio vallivo



Carta di un ghiacciaio vallivo composto



Ghiacciaio di altipiano (*ice fields*)



Ghiacciaio pedemontano (*Malaspina, Alaska*)



Hanging glaciers

- Ghiacciai su pareti ripide



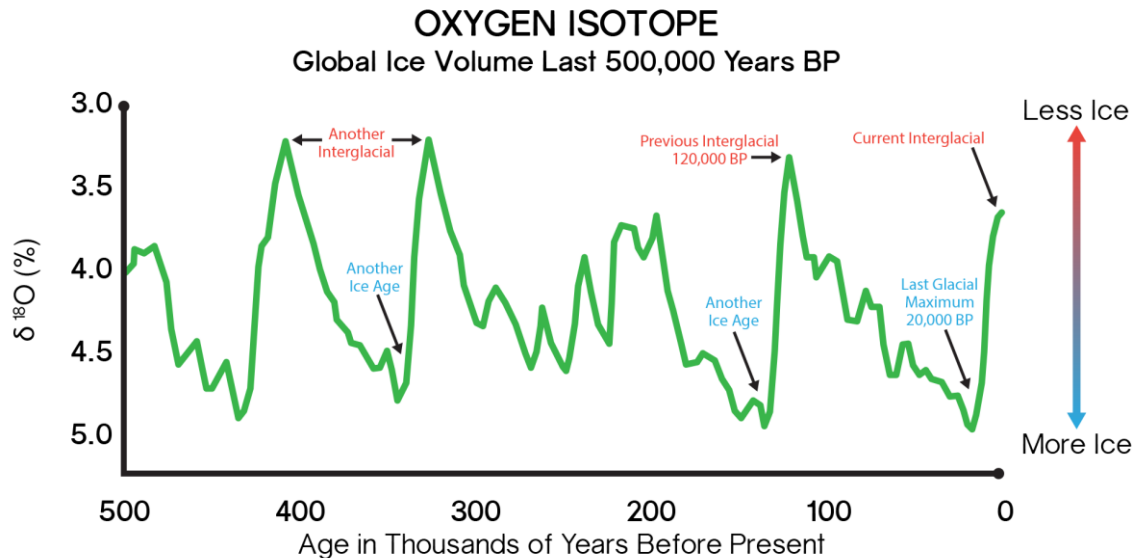
Ghiacciai di circo

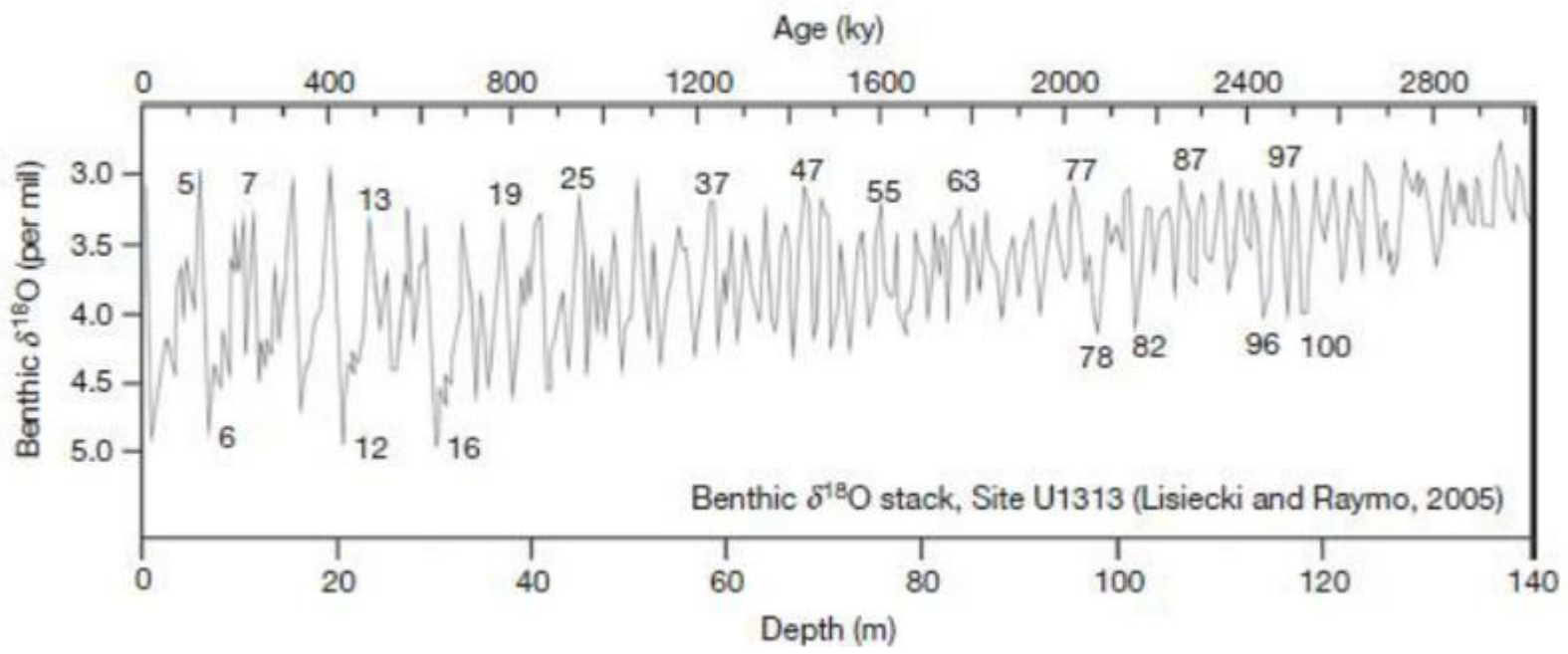


Glaciazioni quaternarie

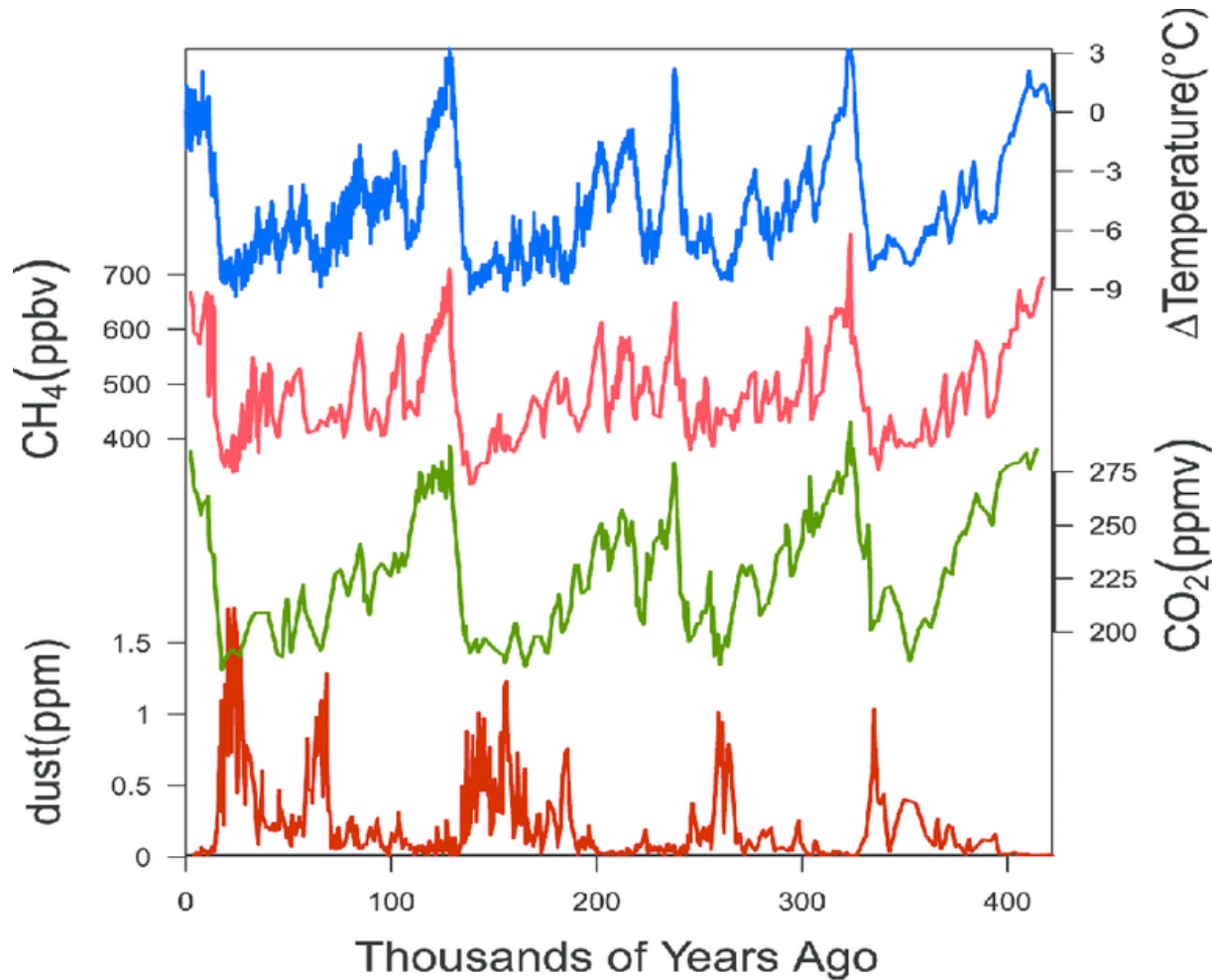
Estensione dei ghiacciai

- L'estensione dei ghiacciai attuali non è la massima raggiunta nel corso della storia geologica
- Dati provenienti dagli isotopi dell'ossigeno raccolti in carote di mare profondo e sequenze di loess hanno mostrato una sequenza di periodi con condizioni fredde alternati ad altri più caldi (stage glaciali e interglaciali)

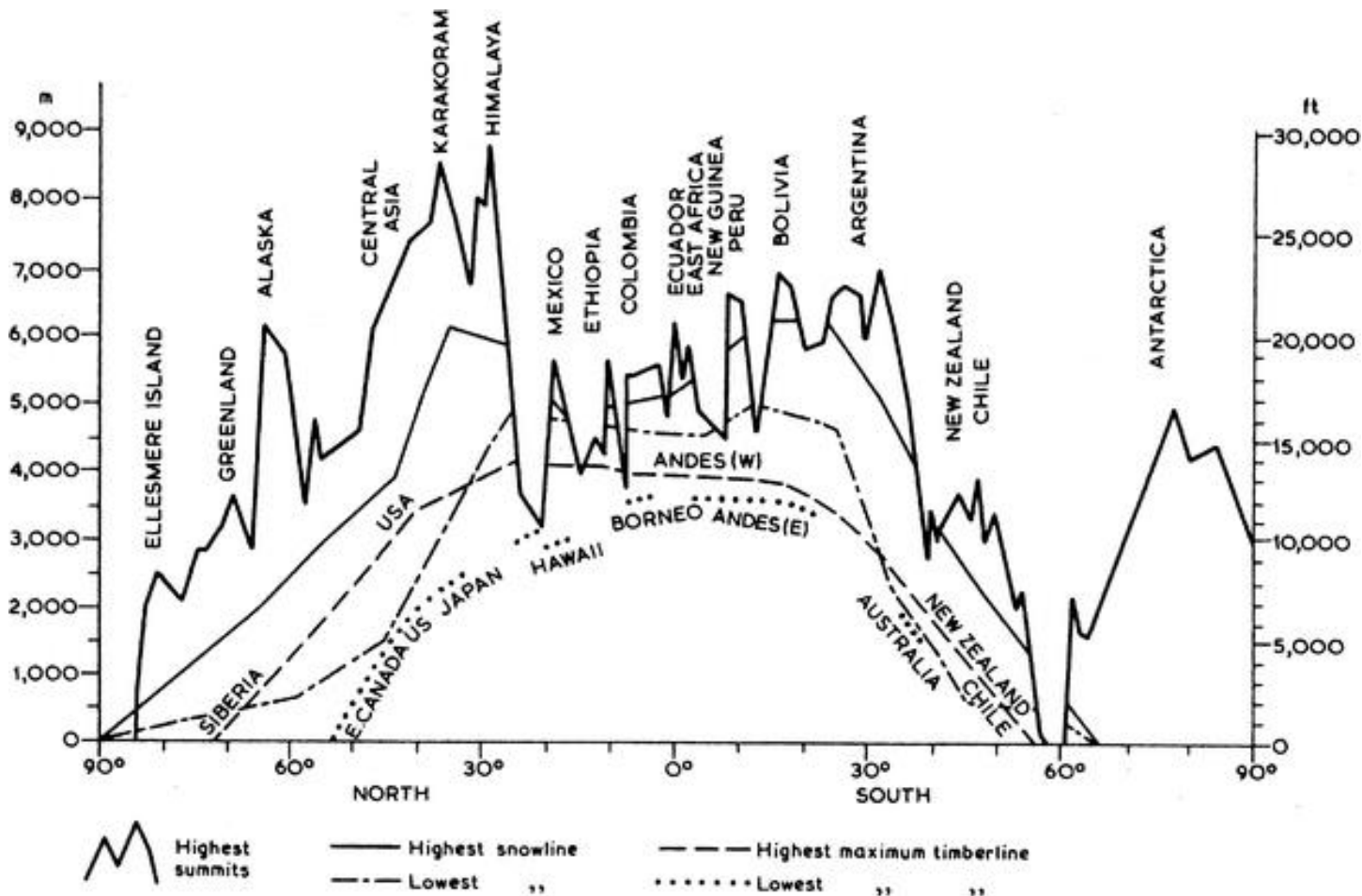




Vostok ice core data



Linea delle nevi perenni (da Barry e Ives, 1974)



Paleoglaciologia

- La paleoglaciologia ha come obiettivo la ricostruzione dei ghiacciai nel Quaternario a partire dall'analisi della natura e della distribuzione delle forme glaciali
- I cicli glaciali e interglaciali hanno causato modificazioni morfologiche significative alle medie e alte latitudini, generati da alternanze di climi freddi e secchi e climi caldi e umidi
- Nel periodo freddo l'erosione è evidente nella parte alta del bacino con sedimentazione a valle. Nel periodo caldo, più corsi d'acqua meandreggianti, erosione a valle
 - Creazione di sequenze sedimentarie distinte nelle diverse parti del sistema fluviale

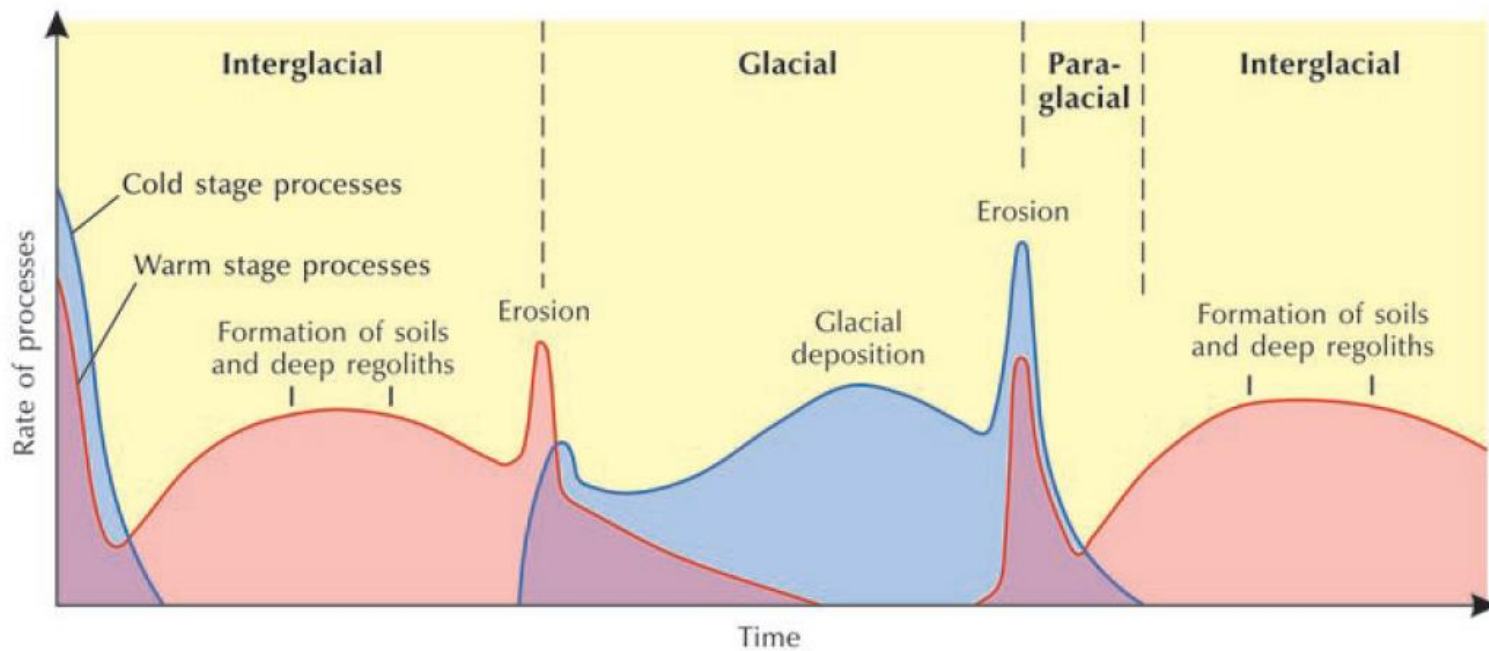


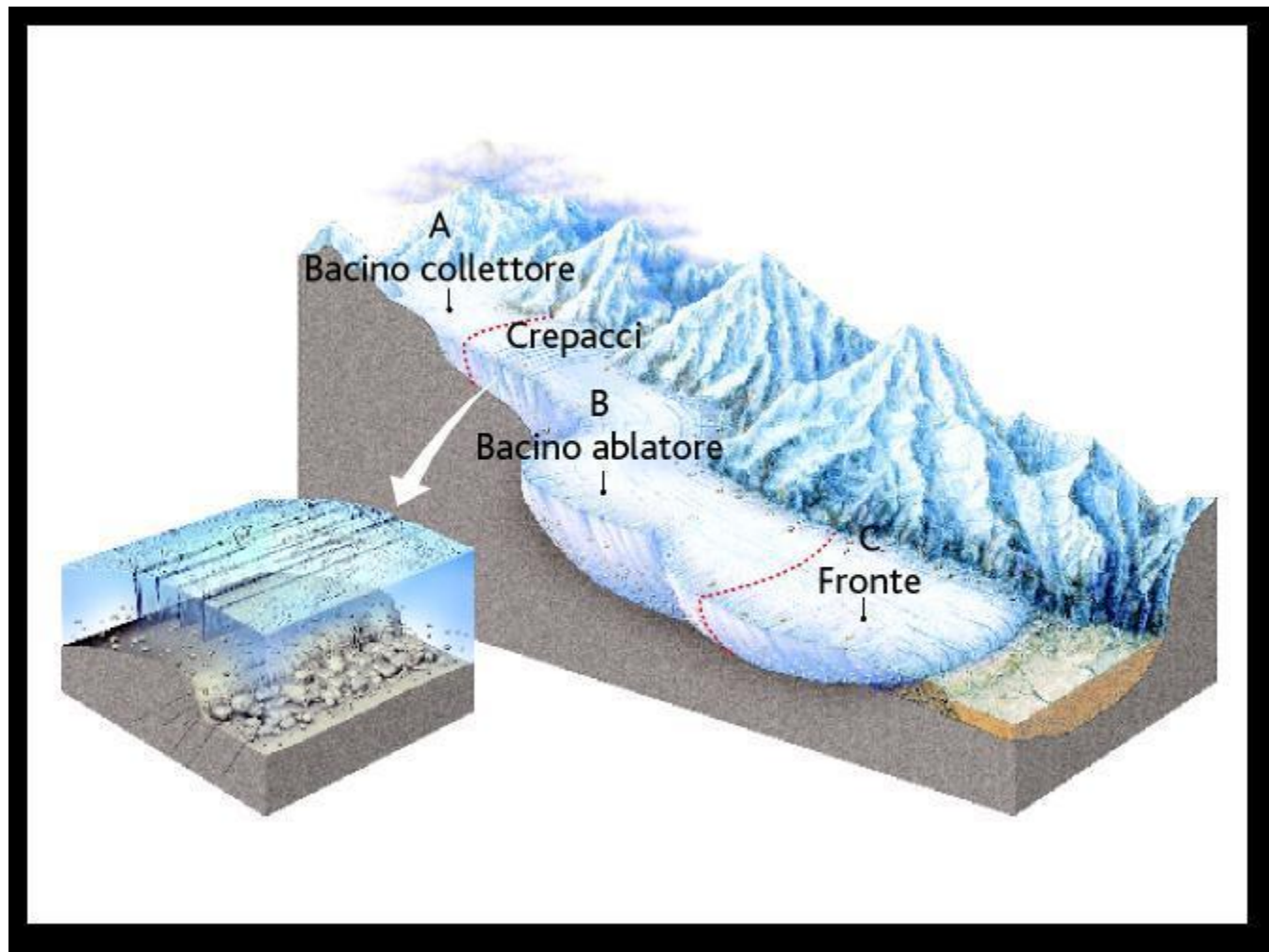
Figure 10.7 Suggested changes in geomorphic systems during a glacial–interglacial cycle. *Source:* Adapted from Starkel (1987)

- Questo periodo è caratterizzato dall'**alternanza di fasi glaciali e interglaciali**;
- Alle fasi di deposizione seguono, dopo un miglioramento climatico, delle intense fasi di erosione (con trasporto e deposizione più a valle del sedimento).
- Nel Pleistocene si sono succedute almeno **4 grandi fasi glaciali**, in cui l'ultima è culminata circa 20.000 anni BP (LGM: Last Glacial Maximum)

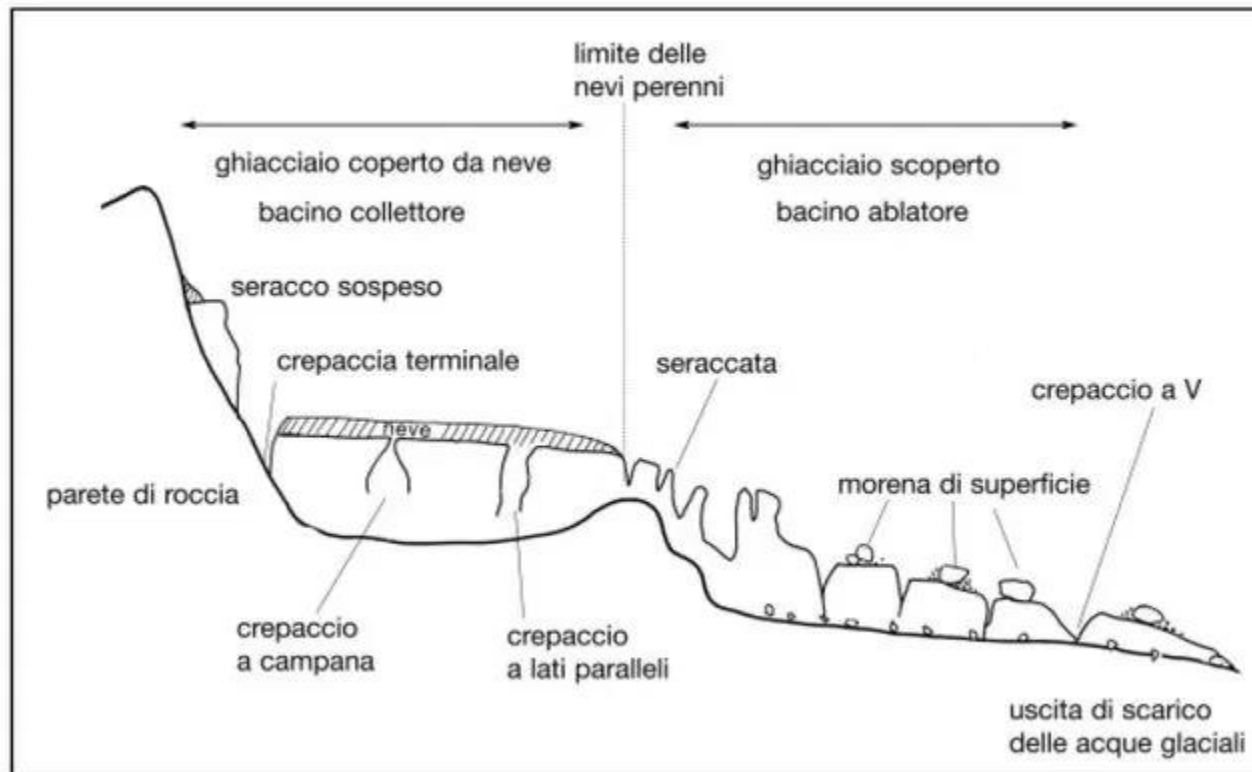
Concetti base

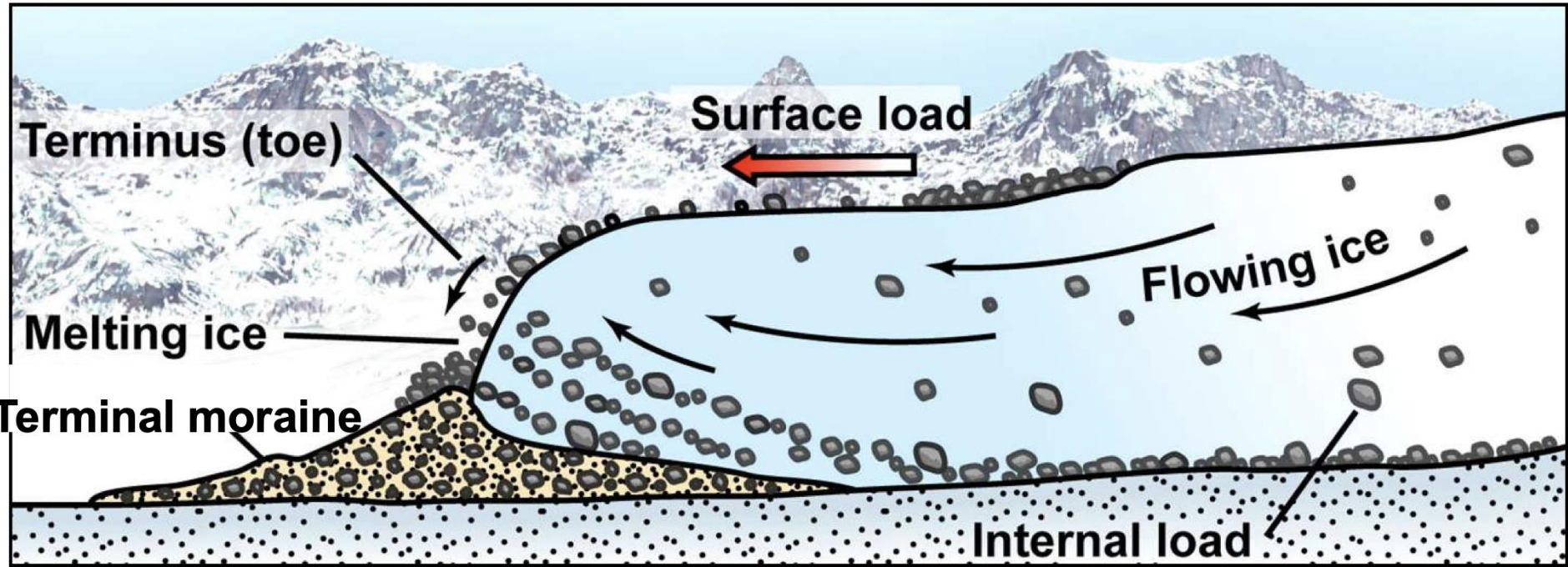
...ripasso

Parti di un ghiacciaio



Parti di un ghiacciaio

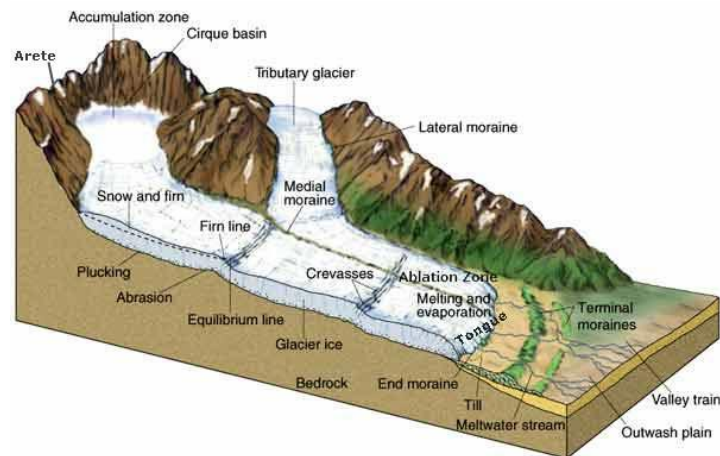




Processi glaciali

Bilancio di massa

- Un ghiacciaio di forma nel momento in cui una massa di neve si accumula, si compatta e si trasforma in ghiaccio (Bennett e Glasser, 2009). Si può formare in qualsiasi clima laddove l'accumulo della neve supera lo scioglimento
- La sopravvivenza di un ghiacciaio dipende dal bilancio tra tasso di accumulo e tasso di ablazione, e dal clima



- Bilancio di massa annuale: bilancio tra input e output di acqua in un anno
- Anno di bilancio: tempo intercorso tra due superfici del ghiacciaio estive (massa glaciale minore)
- Inverno: accumulo > ablazione
- Estate: ablazione > accumulo
- Zona di separazione: firn line (neve che sopravvive all'estate)
- Nelle regioni temperate, l'ablazione risulta principalmente dai processi di fusione, accompagnata dall'evaporazione, sublimazione, vento, ecc
- In Antartide, l'ablazione è rappresentata unicamente dal flusso verso mare (calving)

Ghiacciai caldi e freddi

- La differenza sta nel cosiddetto pressure melting point (pmp). In un ghiacciaio spesso 2000 m, alla base il ghiaccio scioglie a -1.6°C invece che a 0°C
- Ghiacciai caldi (temperati): Sono ghiacci a un pmp in superficie, con raffreddamento che avviene in inverno
- Ghiacciai freddi: Maggior parte della massa sotto pmp
- Molto importante la temperatura basale del ghiacciaio perché è quella che controlla maggiormente i processi erosivi e deposizionali.
 - Ghiacciai freddi ghiacciati alla base, senza acqua di scioglimento
 - Ghiacciai caldi sono lubrificati e si muovono

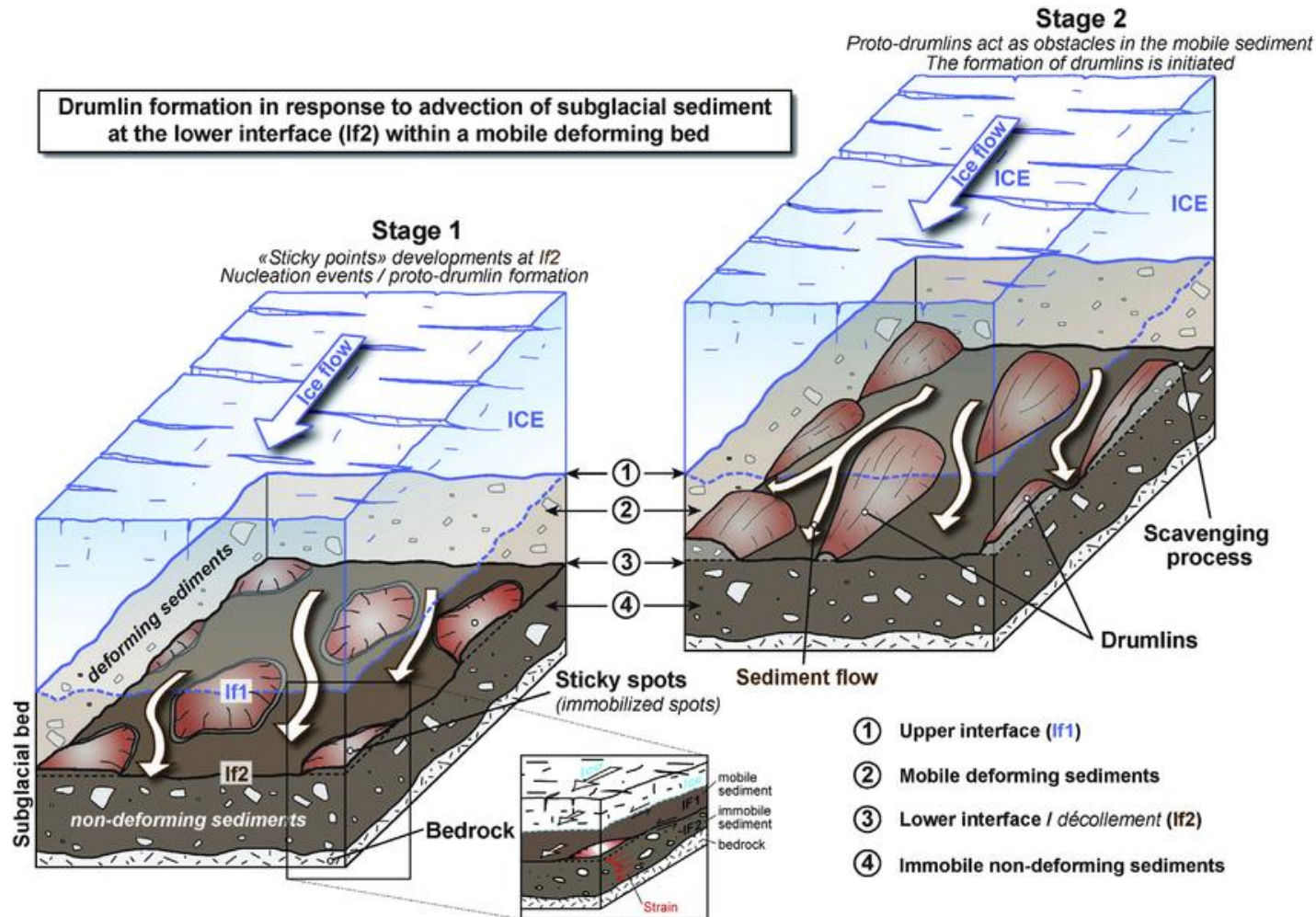
Movimento dei ghiacciai

- Il movimento di un ghiacciaio è legato alla gravità

$$\tau = \rho \times g \times h \times \sin\theta \quad (\text{sforzo di taglio}) \quad 50\text{-}150 \text{ KN/m}^2$$

- Il movimento di un ghiacciaio dalla zona di accumulo verso valle genera il cosiddetto potenziale gravitazionale
- Esistono 3 meccanismi che portano al movimento di un ghiacciaio.
 - **Deformazione interna:** Creep, avviene perché i cristalli di ghiaccio si muovono uno rispetto all'altro permettendo la ricristallizzazione del ghiaccio. Tassi più elevati con grandi spessori, presenza di acqua e temperature alte. Ghiaccio a 0°C si deforma 100 volte più velocemente del ghiaccio a -2°C. Fratture e piegamenti nel ghiaccio
 - **Scioglimento basale:** Avviene nei ghiacciai caldi. Processi misti con il movimento precedente. Per ostacoli <1 m alla base, l'acqua può sciogliersi (la pressione aumenta quando colpisce un ostacolo e si ricongela (regelazione) nel lato sottocorrente dell'ostacolo
 - **Deformazione del letto subglaciale:** la presenza di sedimenti fini alla base può favorire la deformazione del ghiacciaio subito sopra, ma può anche spostare il till alla base

Deformazione subglaciale

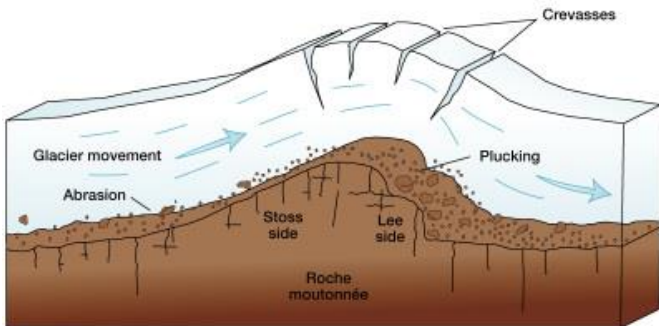
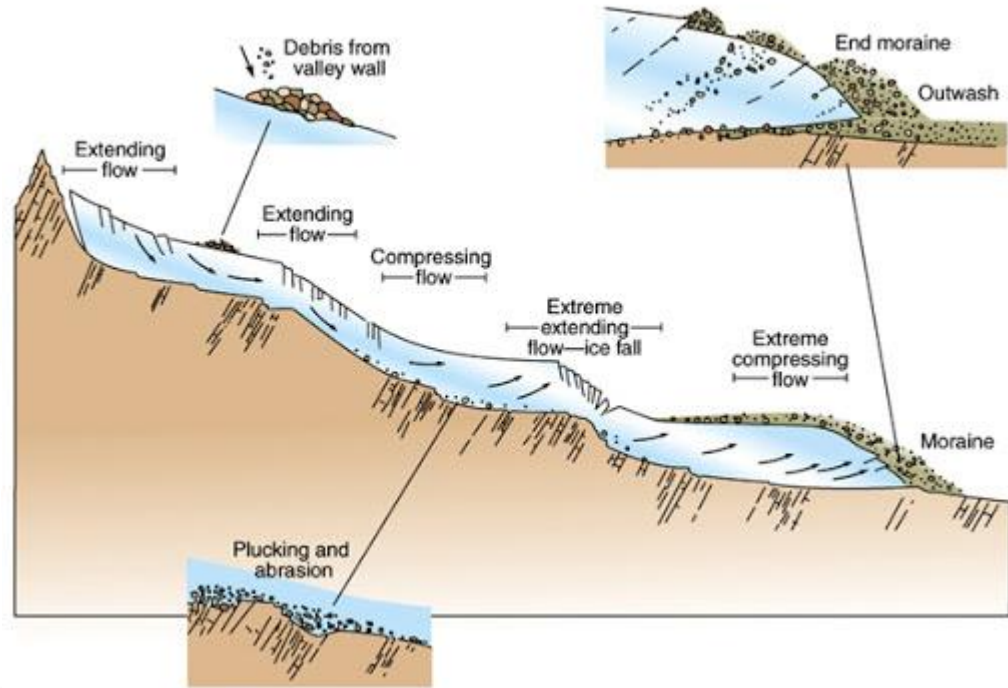
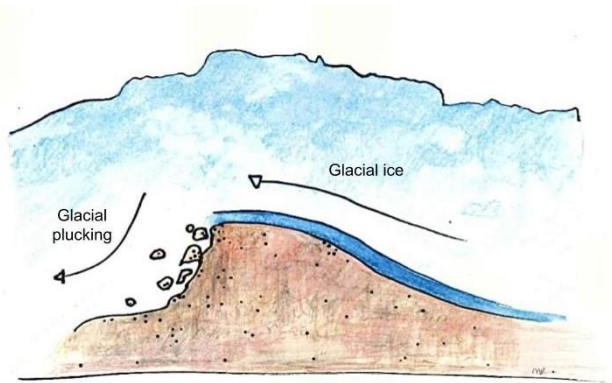


Erosione glaciale

Erosione glaciale

- 3 processi principali:
 - **Quarrying (plucking):** Coinvolge la fratturazione di un bedrock sotto il ghiaccio e il trascinarsi delle parti fratturate (anche per rilascio di pressione). Favorito da ghiacciai sottili e veloci. Produzione di lineamenti a forma di mezzaluna, blocchi tranciati e chattermarks.
 - **Abrasion glaciale:** è lo sfregamento del substrato roccioso da parte dei sedimenti subglaciali o di singoli clasti che si muovono sul substrato roccioso. I clasti graffiano, solcano e lucidano il substrato roccioso e producono strie e altre forme. Superfici lisce. Dipende da 8 fattori (Hambrey, 1994): presenza di materiale basale, velocità del ghiacciaio, tasso di «produzione alla base» di materiale, spessore del ghiacciaio, pressione basale dell'acqua, differenza di resistenza tra clasti e roccia, dimensioni dei clasti, rimozione del materiale.
 - **Erosione delle acque di scioglimento:** Caratteristiche simili all'erosione fluviale

Erosione glaciale

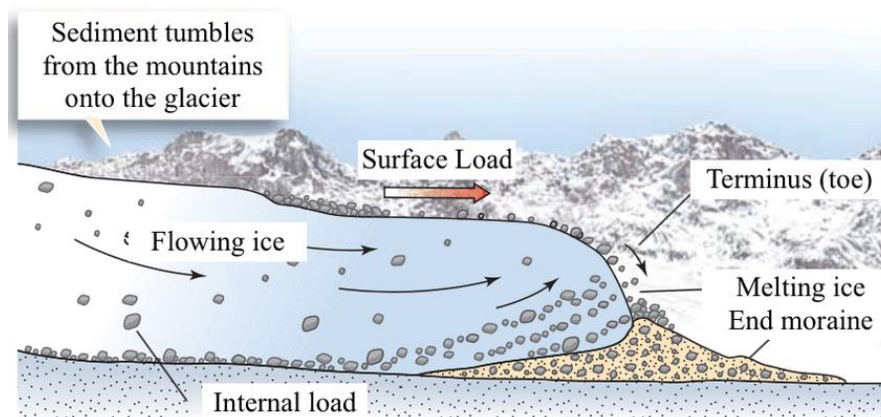


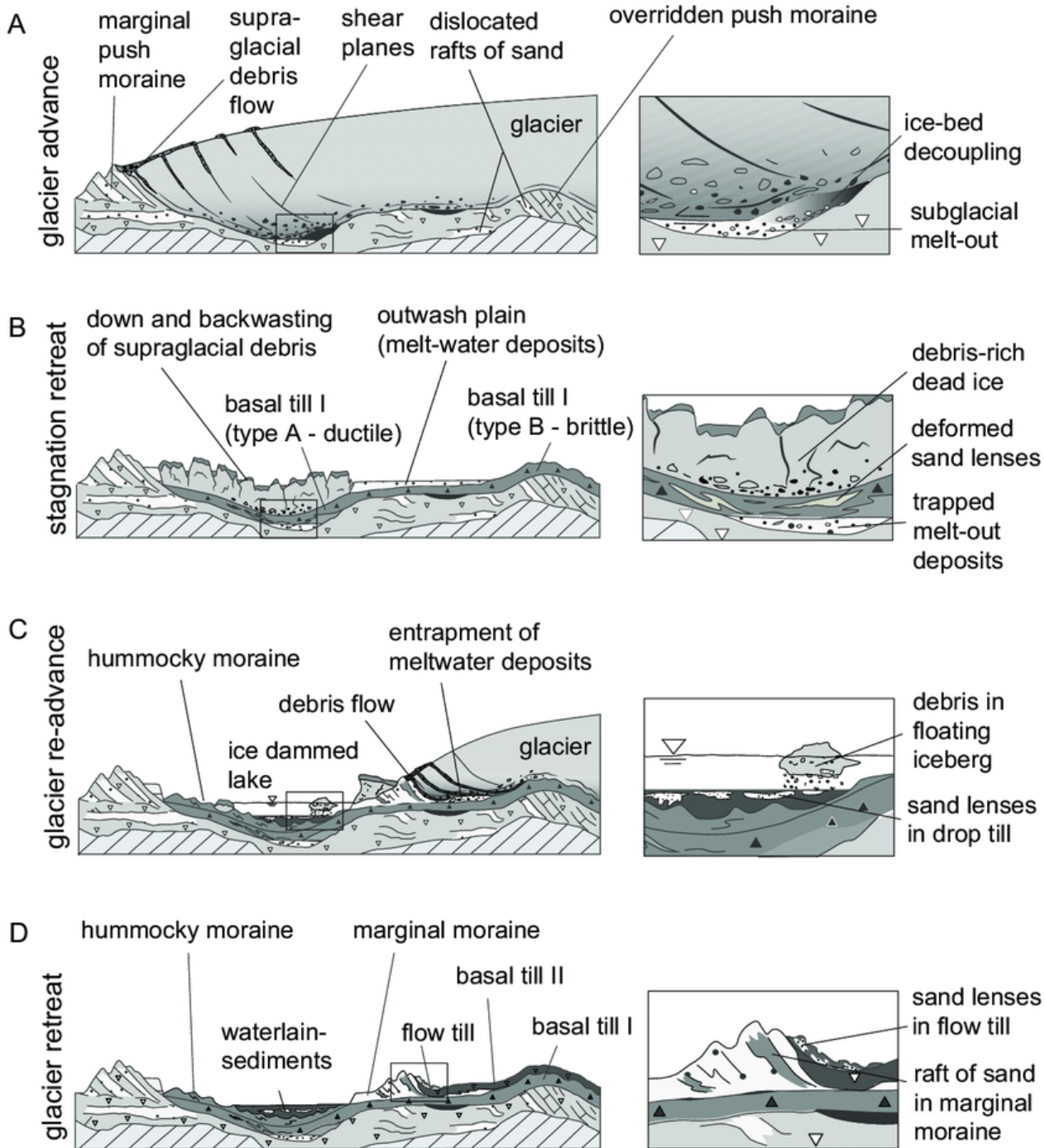
Trasporto e trascinamento di detriti glaciali

- Due processi incorporano il substrato roccioso distaccato in un ghiacciaio.
 - Piccoli frammenti di roccia aderiscono al ghiaccio quando si verifica il rigelo (rigelazione), che è comune sul lato a valle degli ostacoli (es. rocce montonate) del substrato roccioso.
 - I blocchi di grandi dimensioni vengono trascinati mentre il ghiaccio si deforma intorno a loro e li avvolge.
 - I ghiacciai a base calda trascinano anche sedimenti derivati da precedenti avanzamenti di ghiaccio (till), materiale alluvione, detriti vari, congelandosi alla base del ghiacciaio.
- Lo spostamento del ghiaccio è un potente agente erosivo solo se i sedimenti continuano a essere trascinati e trasportati a valle.

Deposizione

- Esistono diversi tipi di deposizione glaciale:
 - **subglaciale**: influenzato da sottoscioglimento (deposizione di sedimenti dovuto allo scioglimento del ghiaccio basale), flusso sottoglaciale;
 - **Supraglaciale**: causata da melt-out (deposizione di sedimenti sulla superficie) e flowage (flusso verso valle del deposito superficiale)
 - **Marginale**: legato a varie cause
 - **Proglaciale**: sulla fronte del ghiacciaio (formano corsi braided e laghi proglaciali)





Forme glaciali erosive

Abrasione glaciale e forme connesse

- L'abrasione glaciale produce forme entro un range da pochi millimetri a migliaia di chilometri, secondo quanto visto precedentemente

Table 10.3 Landforms created by glacial erosion

Landform	Description
Abrasion by glacier ice – streamlined relief forms (mm to 1000s km)	
Areal scouring	Regional expanses of lowland bedrock, up to 1000s km in extent, scoured by ice. Sometimes contain sets of parallel grooves and bedrock flutes
Glaciated valley	Glacial trough, the floor of which is above sea level. Often U-shaped
Fjord	Glacial trough, the floor of which is below sea level. Often U-shaped
Hanging valley	Tributary valley whose floor sits above the floor of the trunk valley
Breached watershed	Col abraded by a valley glaciers spilling out of its confining trough
Dome	Dome-shaped structure found in uniform bedrock where ice has abraded an obstacle to leave a smoothed rock hillock that has been subject to exfoliation after the ice has left
Whaleback or rock drumlin	Glacially-streamlined erosional feature 100–1000 m long, intermediate in size between a roche moutonnée and a flyggberg
Striation	Scratch on bedrock or clast made by ice (or other geomorphic agents such as landslides, tectonic disturbance, and animals)
Polished surface	Bedrock surface made shiny by a host of tiny scratches scored by fine-gained clasts
Groove	A furrow cut into bedrock by fragments of rock (clasts) held in advancing ice
Plastically moulded-forms (p-forms)	Smooth and complex forms on rock surfaces. They include cavetto forms (channels on steep rock faces) and grooves (on open flat surfaces). <i>Sichelwannen</i> and Nye channels (curved and winding channels) are also p-forms, but probably produced mainly by meltwater erosion (Table 10.5)

Forme di abrasione glaciale

- Vaste superfici di erosione glaciale
- Trogoli glaciali - valli glaciali e fiordi
- Cupole (dome) e whalebacks (rilievi a forma di balena)
- Rocce striate, levigate e scanalate, montonate
- Forme modellate plasticamente

Vaste superfici di erosione glaciale



Truogoli glaciali, valli a U

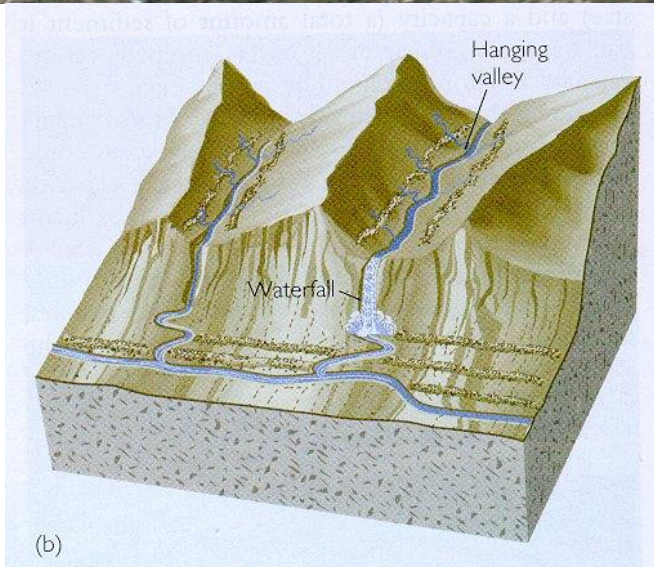
U-Shaped Valley in Tracy Wilderness, Southeastern Alaska



Valli glaciali



Hanging valleys (sospese)

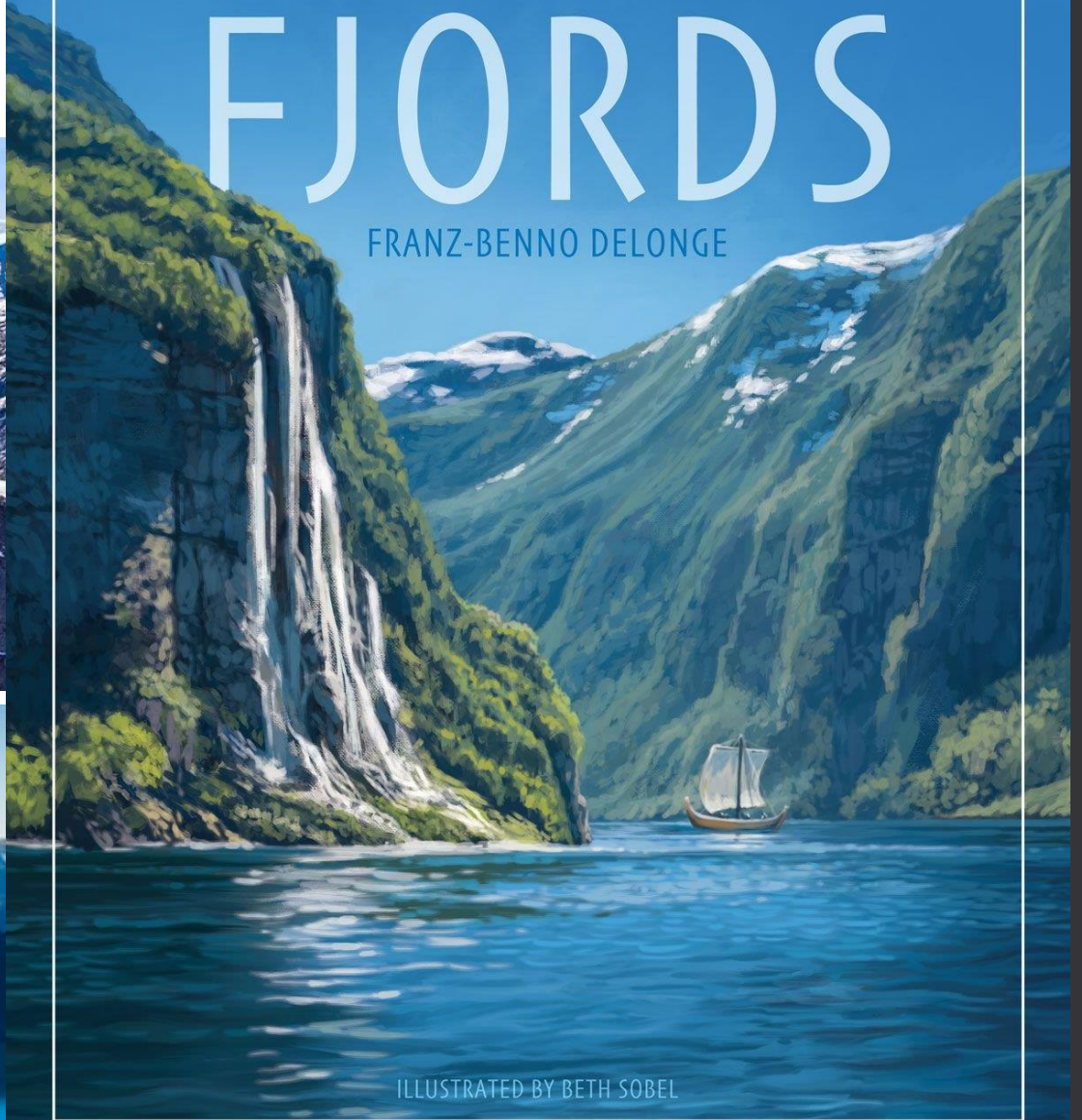


Fiordi



FJORDS

FRANZ-BENNO DELONGE



ILLUSTRATED BY BETH SOBEL

Glacial whaleback



Mount Saint Helens (forme glaciali su vulcano)



Rocce modellate plasticamente



Abrasion and rock fracturing by glacier ice – partly streamlined relief forms (1 m to 10 km)

Trough head	Steep, rocky face at the head of many glaciated valleys and fjords
Rock or valley step	Bedrock steps in the floor of glacial troughs, possibly where the bedrock is harder and often where the valley narrows
Riegel	Low rock ridge, step, or barrier lying across a glaciated-valley floor
Cirque	Steep-walled, semi-circular recess or basin in a mountain
Col	Low pass connecting two cirques facing in opposite directions
Roche moutonnée	Bedrock feature, generally less than 100 m long, the long-axis of which lies parallel to the direction of ice movement. The up-ice (stoss) side is abraded, polished, and gently sloping, and the down-ice (lee) side is rugged and steep
Flyggberg	Large (>1000 m long) streamlined bedrock feature, formed through erosion by flowing ice. The up-ice (stoss) side is polished and gently sloping, whereas the down-ice (lee) side is rough, irregular, and steep. A flyggberg is a large-scale roche moutonnée or whaleback. The name is Swedish.
Crag-and-tail or lee-side cone	An asymmetrical landform comprising a rugged crag with a smooth tail in its lee

Rock crushing – non-streamlined relief forms (1 cm to 10s cm)

Lunate fracture	Crescent-shaped fractures with the concavity facing the direction of ice flow
Crescentic gouge	Crescent-shaped features with the concavity facing away from the direction of ice flow
Crescentic fracture	Small, crescent-shaped fractures with the concavity facing away from the direction of ice flow
Chattermarks	Crescent-shaped friction cracks on bedrock, produced by the juddering motion of moving ice

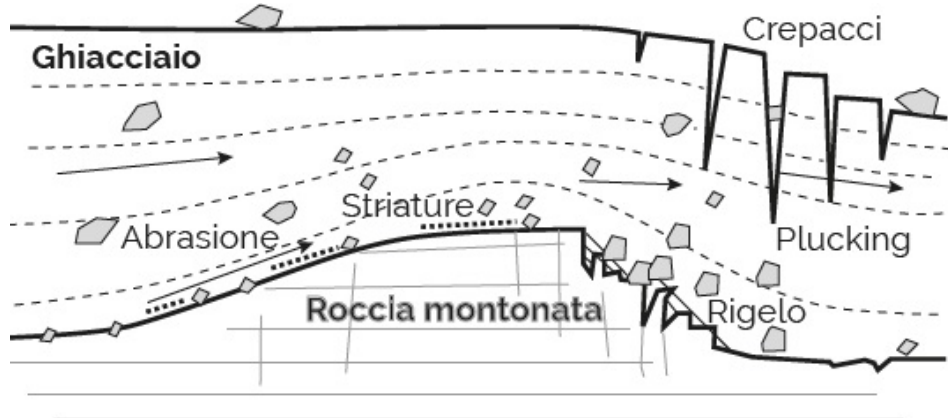
Erosion by glacier ice, frost shattering, mass movement – residual relief forms (100 m to 100 km)

Arête	Narrow, sharp-edged ridge separating two cirques
Horn	Peak formed by the intersecting walls of three or more cirques. An example is the Matterhorn in the European Alps
Nunatak	Unglaciated 'island' of bedrock, formerly or currently surrounded by ice

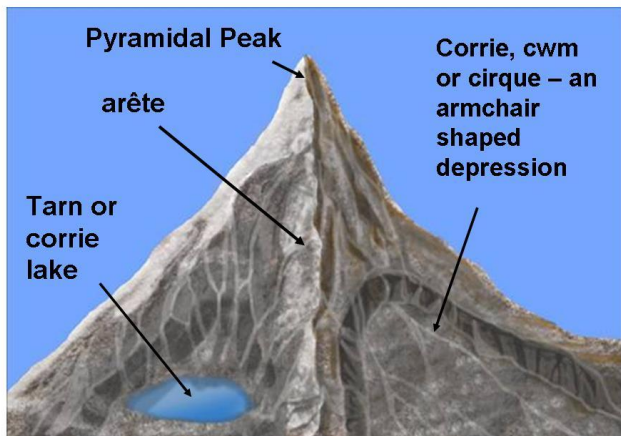
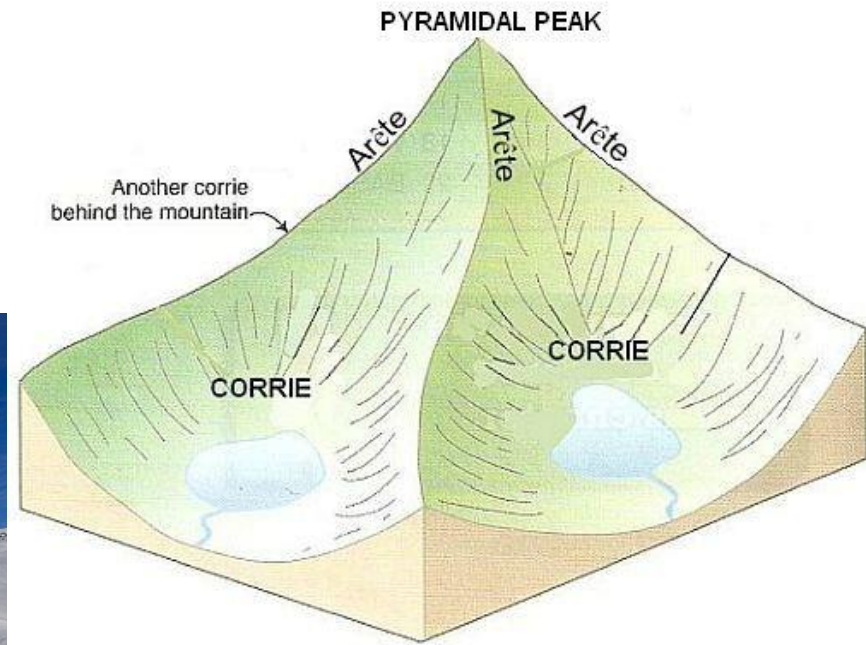
Circo glaciale

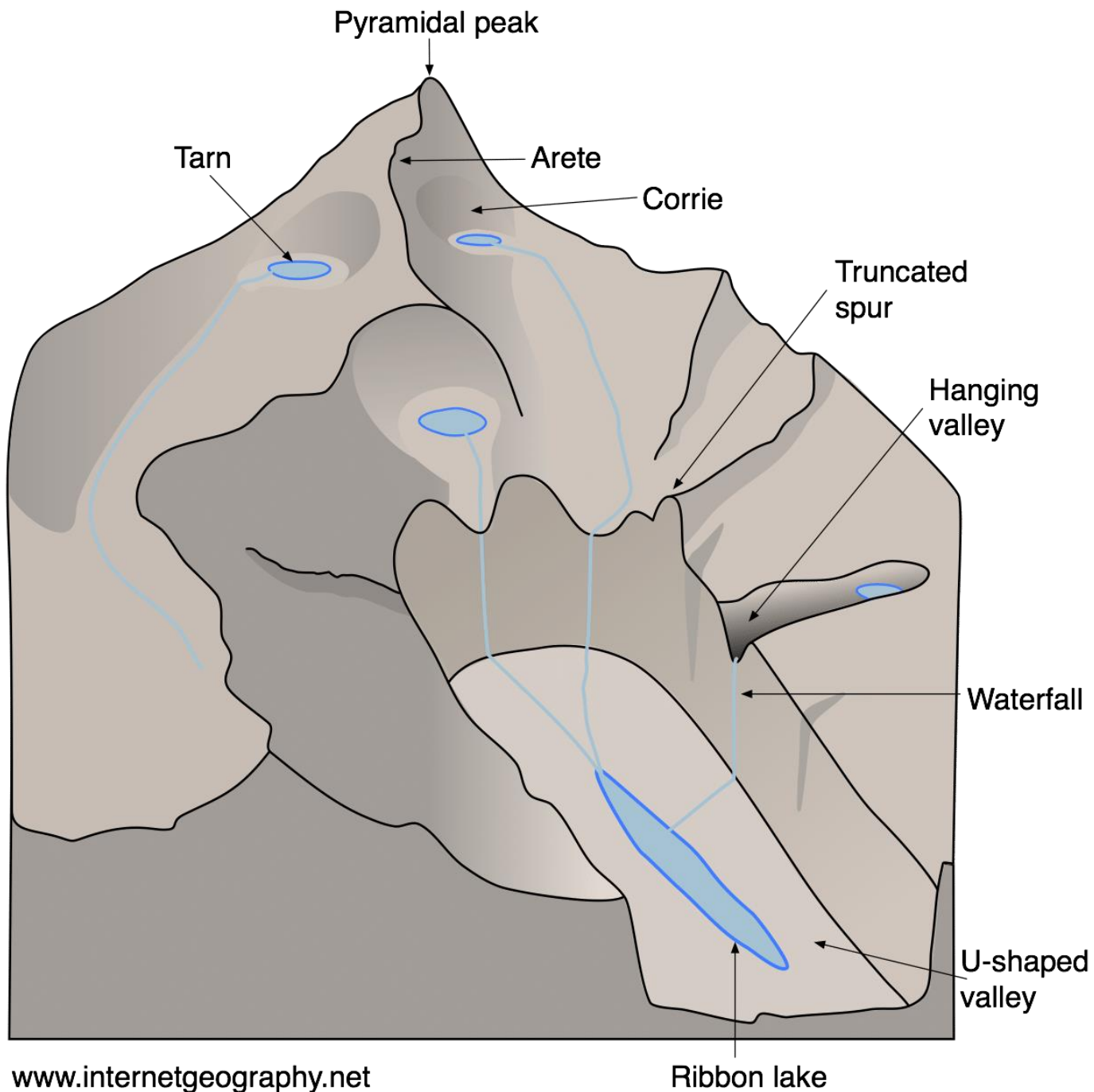


R
o
c
c
e
m
o
n
t
o
n
a
t
e



Arete





Nunatak

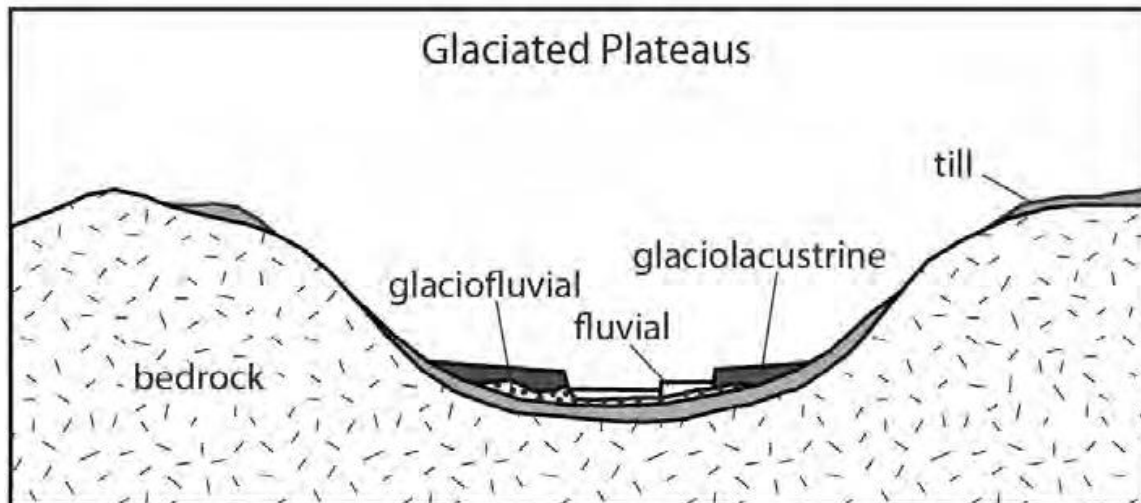
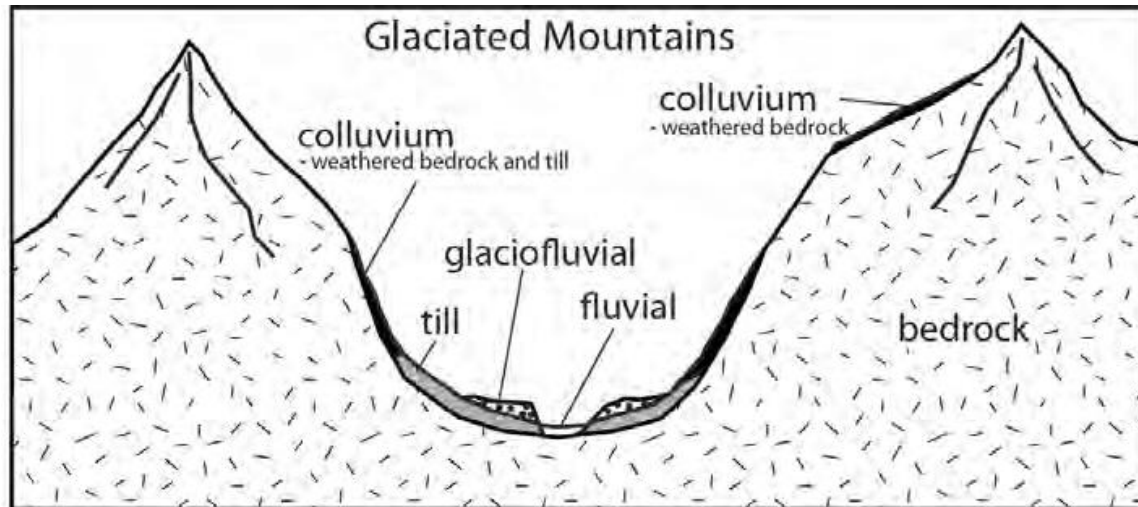


Forme glaciali deposizionali

Forme deposizionali

- Quando i ghiacciai si ritirano si lasciano alle spalle un carico di roccia frantumata, sabbia, ecc (deriva glaciale) e creano caratteristiche forme deposizionali (es. morene glaciali, esker, kames, ecc). Anche drumlin e morene di ritiro sono forme di ritiro.
 - **Esker**: deposito costruito di un corso d'acqua subglaciale.
 - **Kame**: tumulo di forma irregolare.
 - **Morena**: può essere terminale (all'estremità di un ghiacciaio), laterale (lungo i lati di un ghiacciaio) o mediana (formata dalla fusione di morene laterali da ghiacciai contributivi).
 - **Outwash fan**: flusso intrecciato che scorre dall'estremità proglaciale, davanti al ghiacciaio.

Deposizione glaciale



Terminologia (da appunti del dott. Paiero)

Tipologia e classificazione → LITOFACIES → codifiche

Depositi glaciali

Till sottoglaciale → till di alloggiamento
Till supraglaciale → till di ablazione
Till indifferenziato

} diamicton

Il termine diamicton descrive qualunque deposito sciolto non selezionato o scarsamente selezionato che comprende clasti distribuiti in un ampio spettro di dimensioni; può essere sia a supporto di matrice che a supp. di clasti, e il più delle volte è massivo. È da ricordare che con questo termine si dà solo un'indicazione granulometrica (quindi esso non esprime necessariamente un deposito glaciale).

Il till invece è per definizione un dep. glaciale. Questo termine indica corpi originati dal ghiaccio e dalle sue acque di fusione e con il contributo della gravità.

Normalmente i till sono costituiti da diamicton caratterizzati da una curva granulometrica bimodale o multimodale, la loro composizione petrografica è assai varia e spesso contengono alcuni clasti trasportati da lontano, a volte da altri bacini idrografici (erratici o esotici).

Depositi alluvionali e fluvioglaciali

Conoidi, sistemi deltizi, barre fluviali, kame

Depositi di versante

Falde detritiche stratificate, accumuli di frana, depositi colluviali

- **Forme superficiali:**

- I detriti sulla superficie di un ghiacciaio durano quanto il ghiacciaio, ma producono forme caratteristiche, come le morene laterali.
- Morene mediane. Le morene di spinta o di taglio, prodotte dalla compressione longitudinale che costringe i detriti alla superficie, e i massi caduti, si trovano trasversalmente rispetto la superficie del ghiacciaio. Coni di detrito, irregolarità varie e riempimenti di crepacci non hanno invece un orientamento particolare rispetto al movimento del ghiaccio.

- **Forme subglaciali**

- Molti tipi di forme sotto un ghiacciaio. Vengono classificate in base al loro orientamento rispetto alla direzione del movimento del ghiaccio (parallelo, trasversale e non orientato).
- Drumlins, morene basali, till subglaciale, ecc

Orientation with ice flow	Landform	Description
Supraglacial (still accumulating)		
Parallel	Lateral moraine	A moraine, often with an ice core, formed along the side of a valley glacier
	Medial moraine	A moraine formed by the coalescence of two lateral moraines at a spur between two valley glaciers
Transverse	Shear or thrust moraine	Ridges of debris from the base of a glacier brought to the surface by longitudinal compression
	Rockfall	Rockslides from the valley-side slopes deposit lobes of angular debris across a glacier
Non-orientated	Dirt cone	Cones of debris derived from pools in supraglacial streams
	Erratic	A large, isolated angular block of rock carried by a glacier and deposited far from its source
	Crevasse fill	Debris washed into an originally clean crevasse by surface meltwater streams
Supraglacial during deposition		
Parallel	Lateral moraine	A moraine, often with an ice core, formed along the side of a valley glacier (in part subglacial)
	Moraine dump	A blanket of debris near the glacier snout where several medial moraines merge
Non-orientated	Hummocky (or dead ice/disintegration) moraine	A seemingly random assemblage of hummocks, knobs, and ridges (composed of till and ill-sorted clastic sediments) that contains kettles, depressions, and basins
	Erratic	A large rock fragment (clast) transported by ice action and of different composition from the local rocks

Subglacial during deposition

Parallel	Drumlin	An elongated hill with an oval, egg-shaped, or cigar-shaped outline
	Drumlinoid ridge (drumlinized ground moraine)	Elongated, cigar-shaped ridges, and spindle forms. Formed under ice in conditions unsuited to individual drumlin formation
	Fluted moraine (flute)	Large furrows, up to about 2 m in wavelength, resembling a ploughed field. Found on fresh lodgement till (till laid in ground moraine under the ice) surfaces and, occasionally, glaciofluvial sand and gravel
	Crag-and-tail ridge	A tail of glacial sediments in the lee of a rock obstruction
Transverse	De Geer (washboard) moraine	A series of small, roughly parallel ridges of till lying across the direction of ice advance. Often associated with lakes or former lakes
	Rogen (ribbed, cross-valley) moraine	A crescentic landform composed chiefly of till, orientated with its long axis normal to ice flow and its horns pointing in the down-ice direction
Non-orientated	Ground moraine	A blanket of mixed glacial sediments (primarily tills and other diamictons), characteristically of low relief
	Till plain	Almost flat, slightly rolling, gently sloping plains comprising a thick blanket of till
	Gentle hill	A mound of till resting on a isolated block of bedrock

Orientation with ice flow	Landform	Description
	Hummocky ground moraine	(See hummocky moraine above)
	Cover moraine	A thin and patchy layer of till that reveals the bedrock topography in part (a blanket) or in full (a veneer)
Ice marginal during deposition		
Transverse	End moraines	Any moraine formed at a glacier snout or margin
	Terminal moraine	An arcuate end moraine forming around the lobe of a glacier at its peak extent
	Recessional moraine	An end moraine marking a time of temporary halt to glacial retreat and not currently abutting a glacier
	Push moraine	An end moraine formed by sediment being bulldozed by a glacier snout. Some push moraines show annual cycles of formation and comprise a set of small, closely spaced ridges
Non-orientated	Hummocky moraine	(See hummocky moraine above)
	Rockfall, slump, debris flow	Discrete landforms produced by each type of mass movement

Source: Mainly adapted from Hambrey (1994)

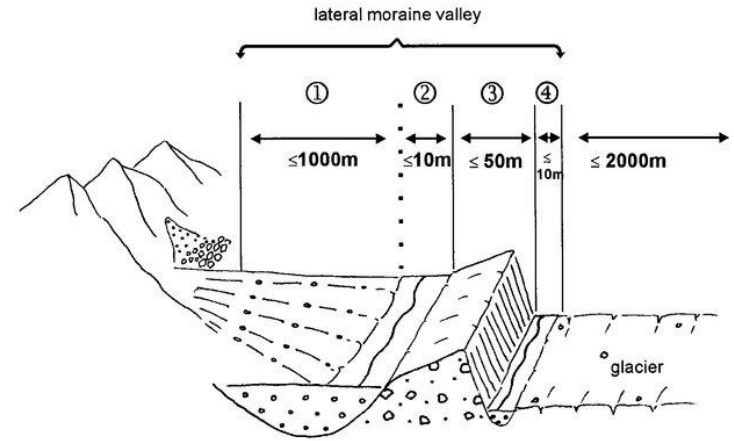
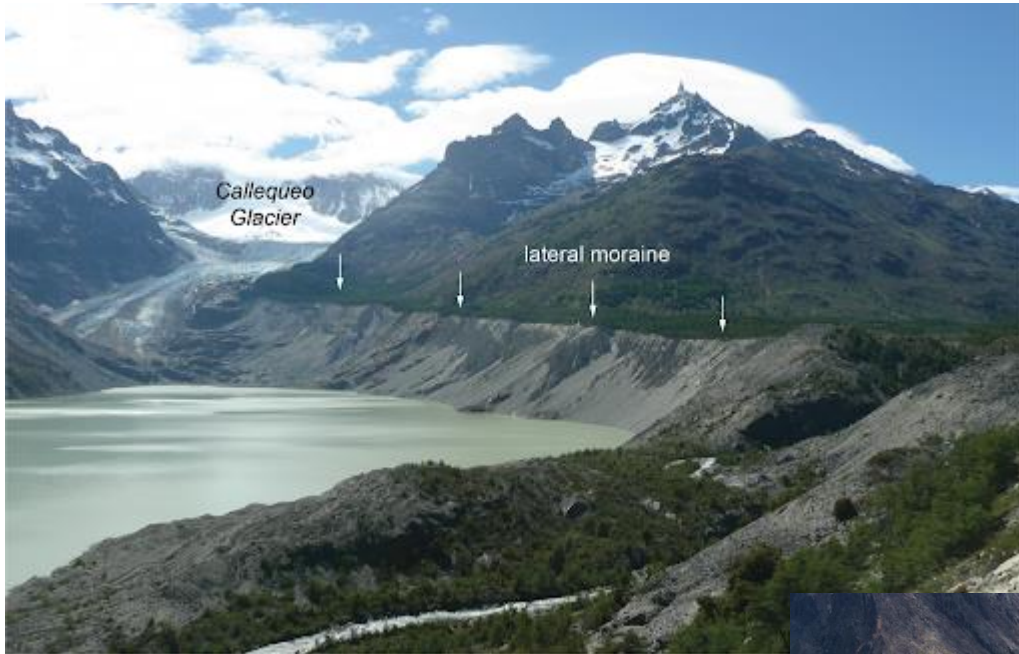
Till



- Evans et al. (2006) definisce i seguenti tipi di till:
 - **Glaciotectonite**: roccia o sedimento deformato da taglio o deformazione subglaciale (o entrambi) e che conserva alcune caratteristiche strutturali del materiale originario.
 - **Trazione subglaciale**, till rilasciato direttamente dal ghiaccio mediante fusione a pressione o liberato dal substrato (o entrambi) e quindi disaggregato e completamente o ampiamente omogeneizzato mediante sedimentazione di taglio che viene depositato alla base del ghiacciaio durante lo scorrimento deformando il suo letto (o entrambi).
 - **Melt-out till** - sedimento rilasciato dallo scioglimento del ghiaccio ricco di detriti, stagnante o che si muove lentamente e depositato direttamente senza successivo trasporto o deformazione.



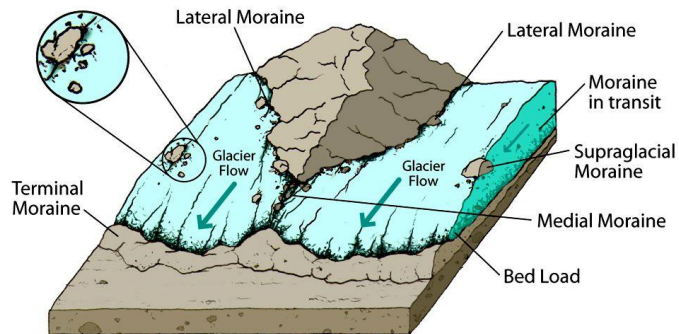
Morena laterale



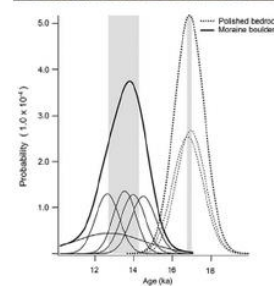
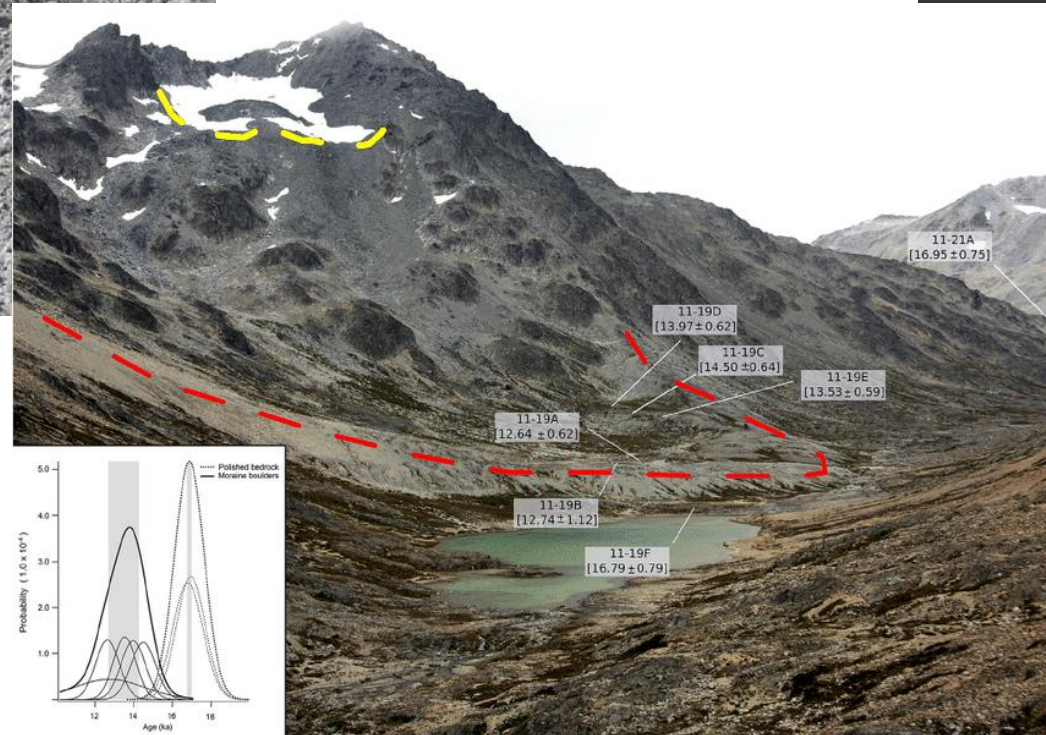
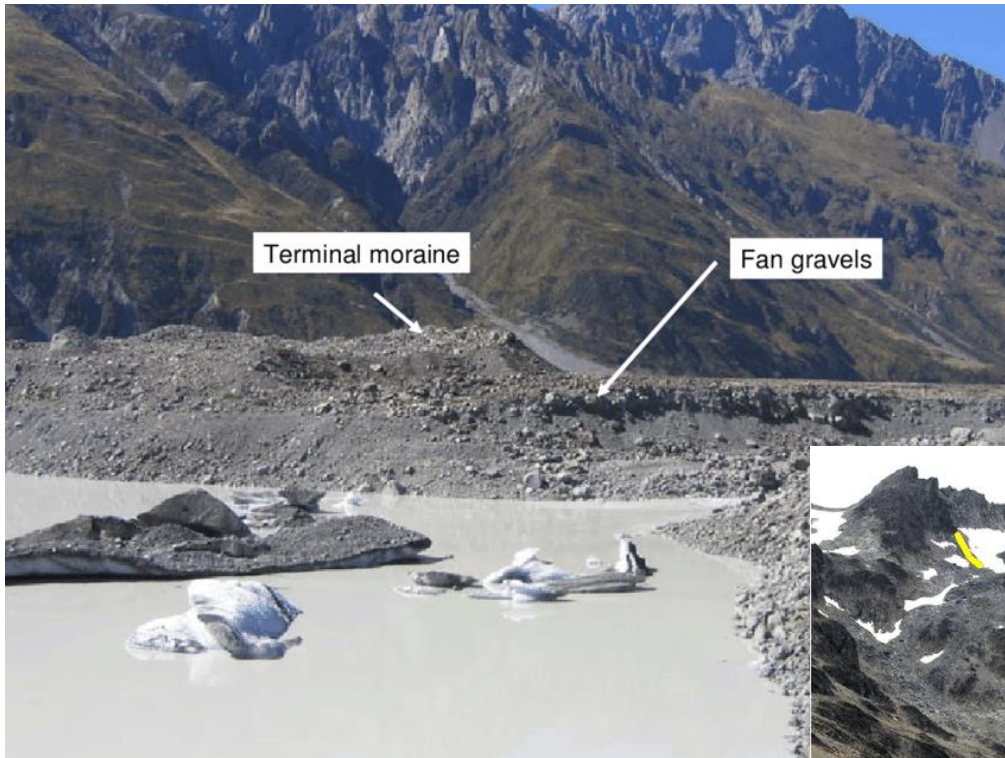
- ① debris accumulations from the tributary valleys, i.e. (glacio)fluvial deposits, avalanche deposits, and lacustrine sediments
- ② extramorainic sandur
- ③ lateral moraine
- ④ intramorainic ice-marginal sandur

Iturrizaga (2001) GeoJournal

Moraine



Morena terminale



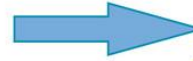
Morena mediana



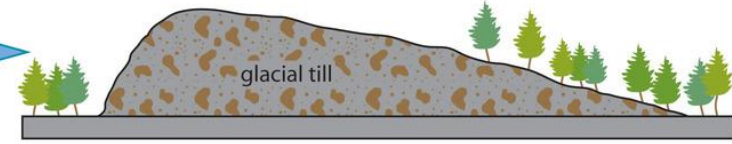
Drumlin

Drumlins

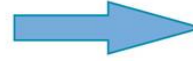
Direction of
former glacial
flow



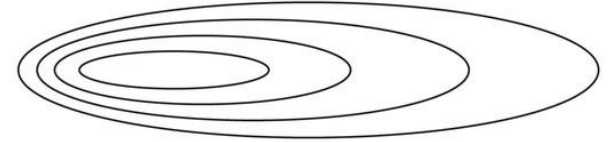
Cross section view



Direction of
former glacial
flow



Map view (elevation contour lines)



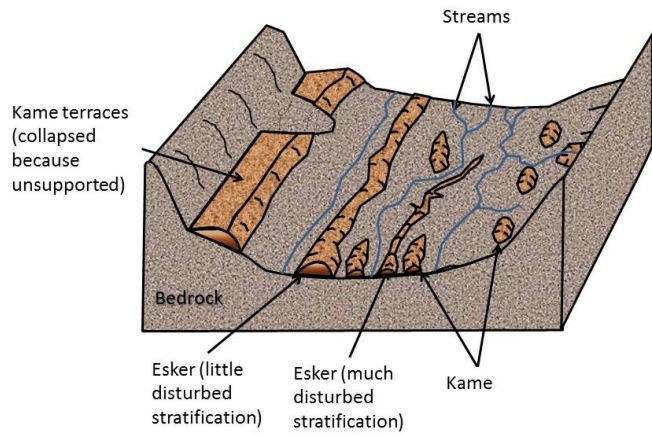
"You could say drumlins are quintessentially Canadian."



Fluvioglacial landforms

By Jenny Bilton

After glaciation

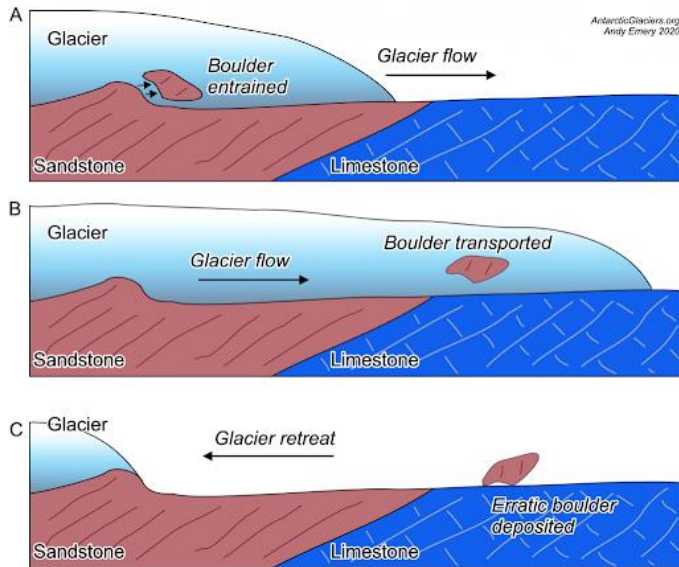


T
e
r
r
a
z
z
o

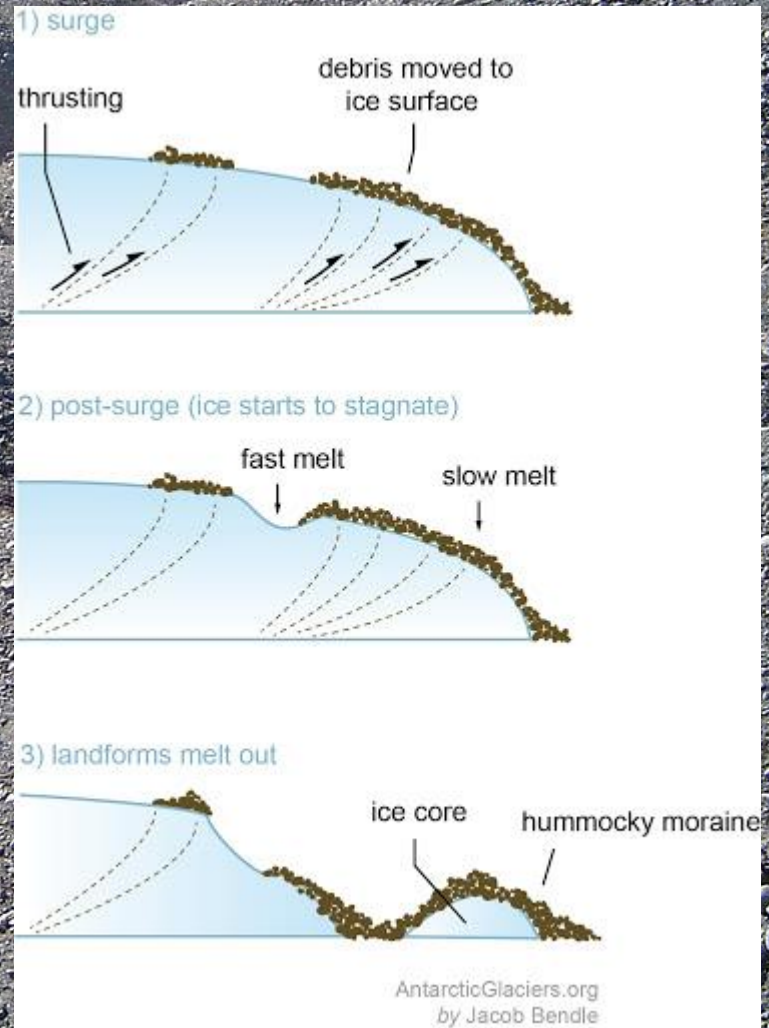
d
i

k
a
m
e

Masso erratico

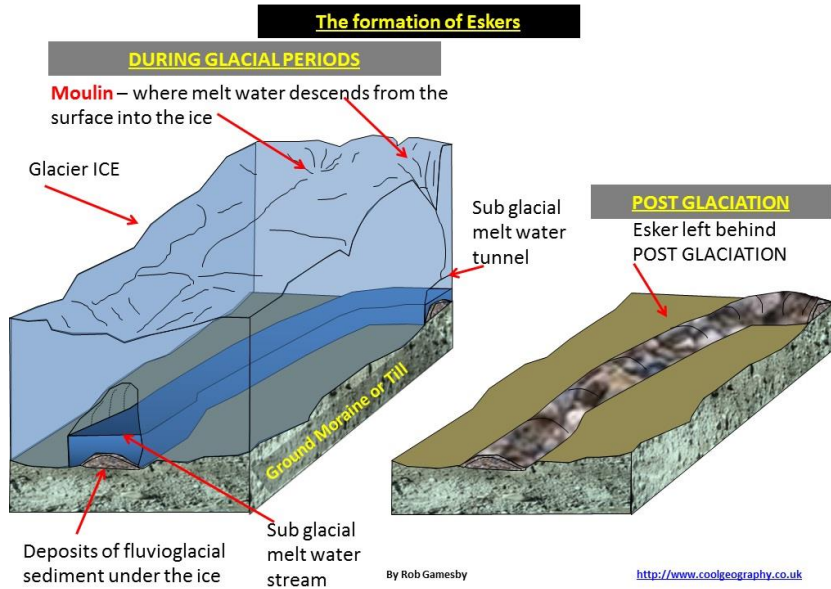


Hummocky moraine (morena corrugata)



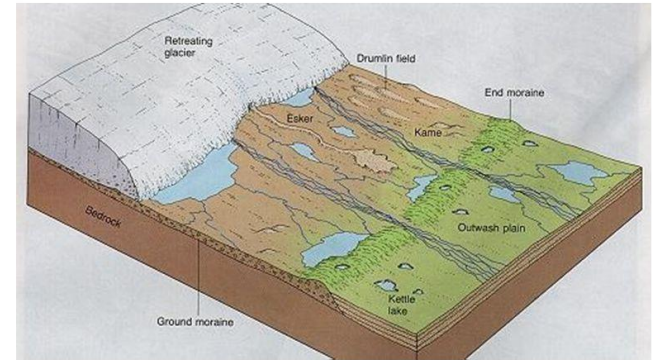
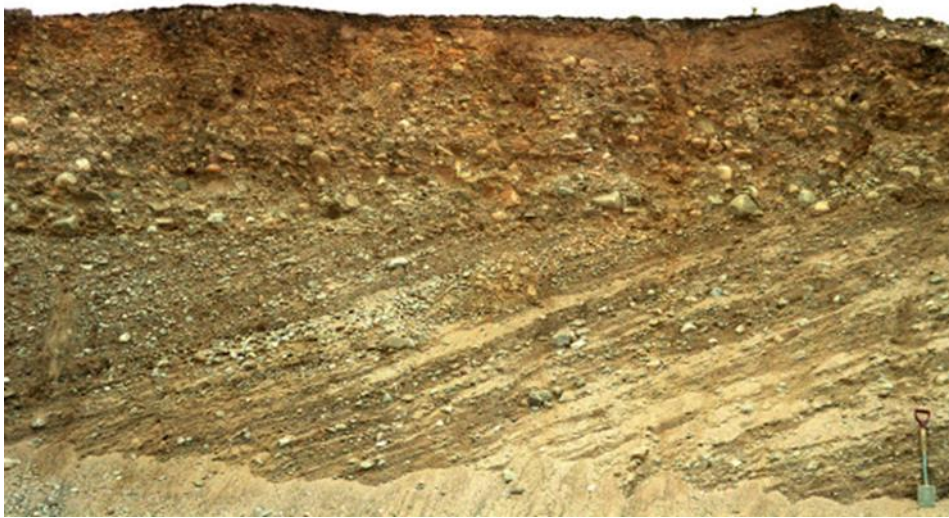
Forme glaciofluviali

- L'acqua di fusione sposta enormi quantità di sedimenti.
- Possono spostarsi più sedimenti nell'acqua di disgelo che nel ghiaccio.
- L'acqua di disgelo carica di sedimenti sotto un ghiacciaio è un potente agente erosivo, specialmente verso la fronte del ghiacciaio.
- Dopo aver lasciato un ghiacciaio, l'acqua di disgelo può erodere i sedimenti, così come depositare detriti per creare forme glaciali deposizionali e proglaciali



GLACIERS

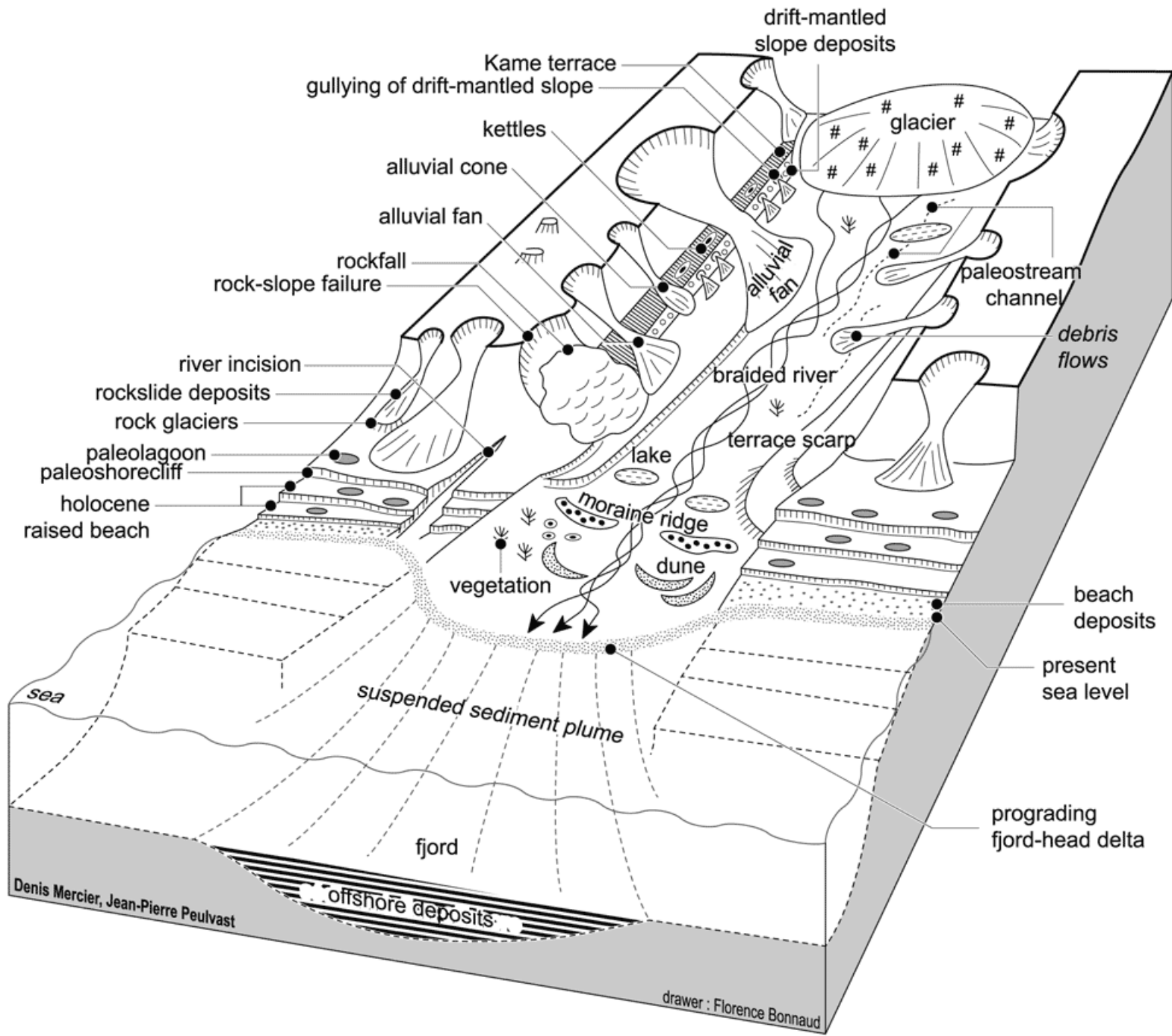
Review of some continental glacial depositional features



Forme paraglaciali

- I processi paraglaciaci si verificano dopo il ritiro di un ghiacciaio, esponendo un paesaggio suscettibile di rapidi cambiamenti.
- Non coinvolgono il ghiacciaio, ma piuttosto modificano le morfologie condizionate dalla glaciazione e dalla deglaciazione per modellare le morfologie paraglaciaci (vedi Ballantyne 2002).
- Una volta che il ghiaccio si ritira, si verificano cambiamenti nei precedenti paesaggi glaciali.
 - Diventano pendii rocciosi irti dai ghiacciai della valle instabile e vulnerabile al cedimento del pendio e alla caduta di massi una volta che il ghiaccio non funge più da contrafforte.
 - I pendii portati da un manto di deriva ma privi di vegetazione sono soggetti a una rapida rielaborazione da colate detritiche, valanghe di neve e lavaggio dei pendii.
 - Le terre emerse del ghiacciaio sono esposte all'erosione del vento e all'azione del gelo.
 - I fiumi raccolgono e ridistribuiscono grandi quantità di sedimenti non consolidati di origine glaciale, depositandoli successivamente in una gamma di ambienti terrestri, lacustri e marini.

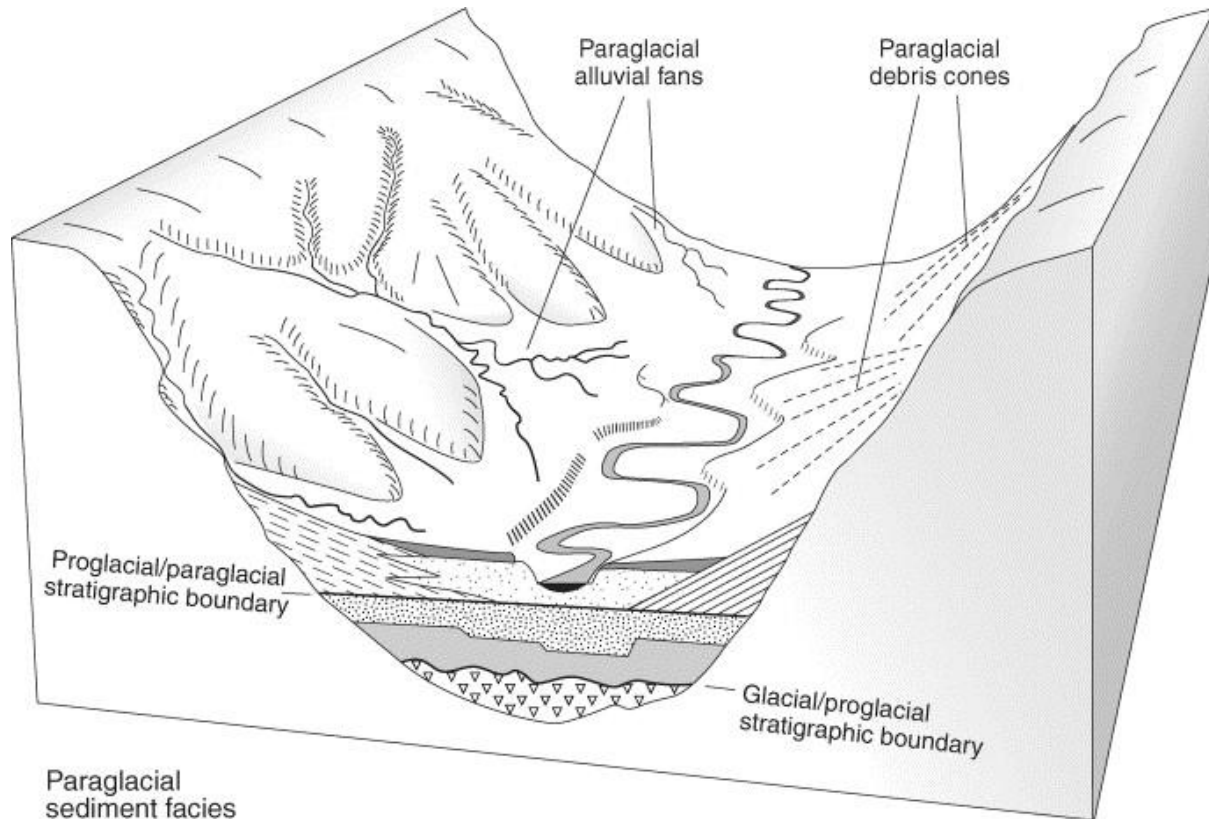
- Colin K. Ballantyne (2002) ha riconosciuto sei "sistemi di terra" paraglaciaci:
 - pendii rocciosi,
 - pendii montati alla deriva,
 - fronti di ghiacciai e sistemi alluvionali,
 - lacustri e costieri - ciascuno contenente una varietà di morfologie paraglaciaci e facies di sedimenti.



Denis Mercier, Jean-Pierre Peulvast

drawer : Florence Bonnaud

Forme paraglaciali



Paraglacial sediment facies

- Aeolian sediments
- ▨ Alluvial (floodplain) deposits
- ▨ Alluvial fan deposits
- ▨ Debris cone deposits

Glacial/proglacial sediment facies

- ▨ Glacifluvial outwash facies
- Glacilacustrine deposits
- ▨ Till

Sediment sources

Rockwalls

Drift-mantled slopes

Valley-floor glacial deposits

Costal glacial deposits

*Rock-slope failure
Rockfall*

*Slope failure
Debris flow
Gullyng
Snow avalanches*

*Debris flow
Fluvial reworking*

*Wave action
Nearshore currents*

Primary sediment stores

**Rockslide deposits
Talus
(Rock glaciers)**

**Debris-flow deposits
Debris cones
Avalanche tongues
Alluvial fans**

**Alluvial fans
Valley fill**

**Barrier beaches
Spits
Baymouth bars
Barrier islands
Back-barrier deposits**

*River incision
Terrace formation*

Fluvial reworking

Secondary sediment stores

**Alluvial
Valley-fill deposits**

**Lacustrine deposits
(bottom sediments,
deltas)**

**Coastal deltas
Fjord deposits
Barrier structures**

Fluvial reworking

Reworking by waves and currents

Sediment sinks

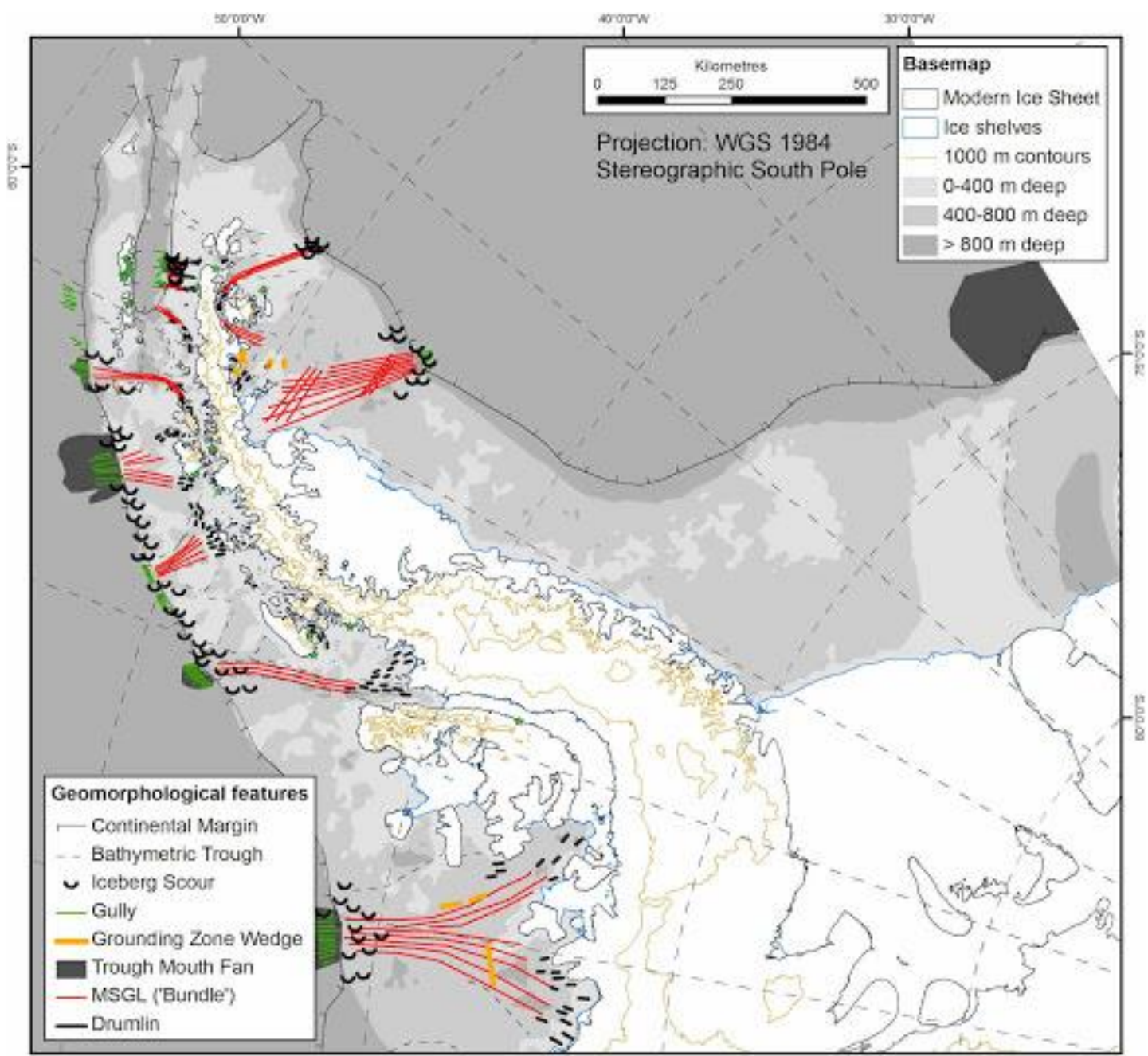
**Alluvial
Valley-fill deposits**

**Lacustrine
deposits**

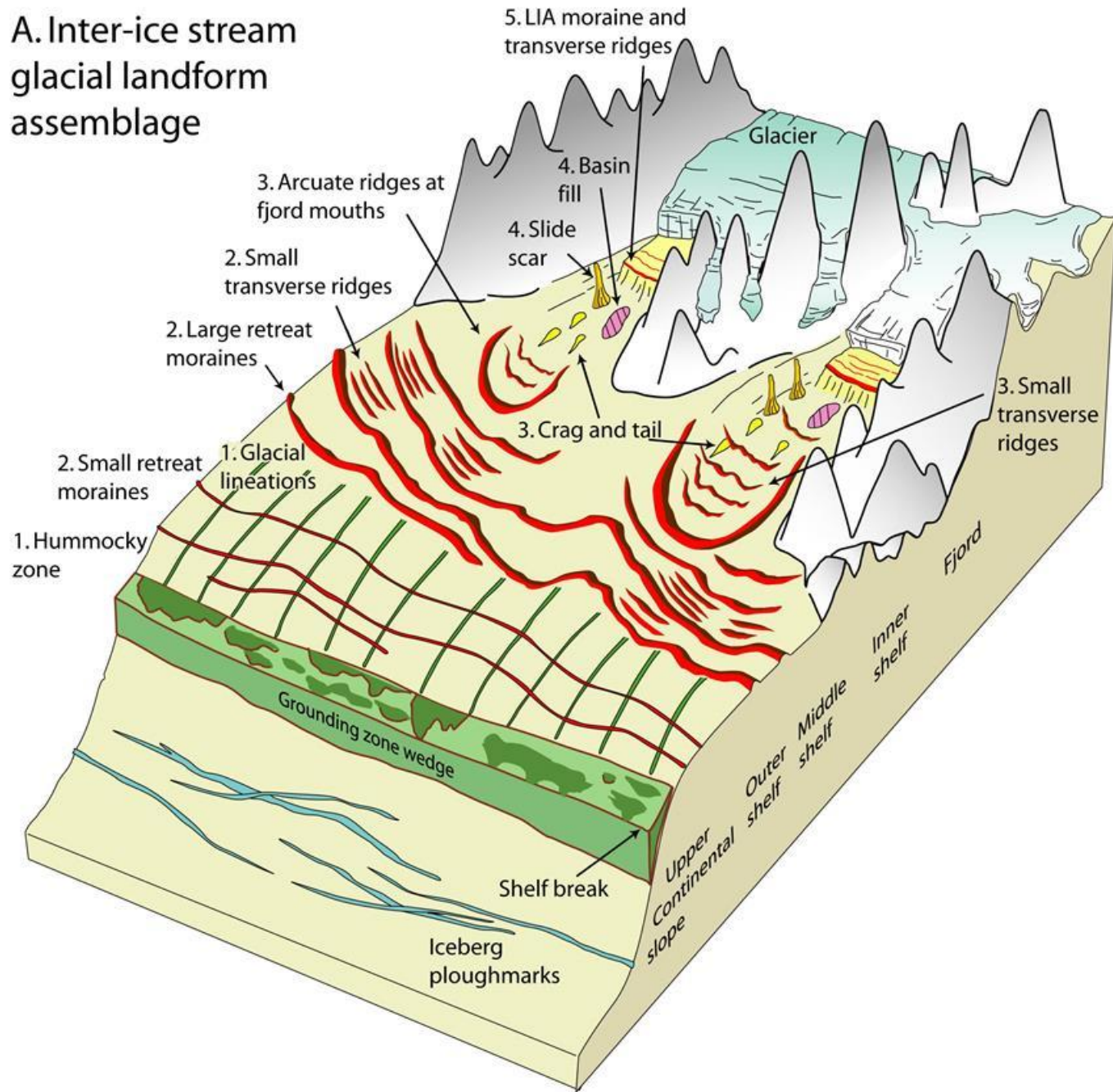
**Coastal and
neashore deposits**

**Shelf and
offshore deposits**

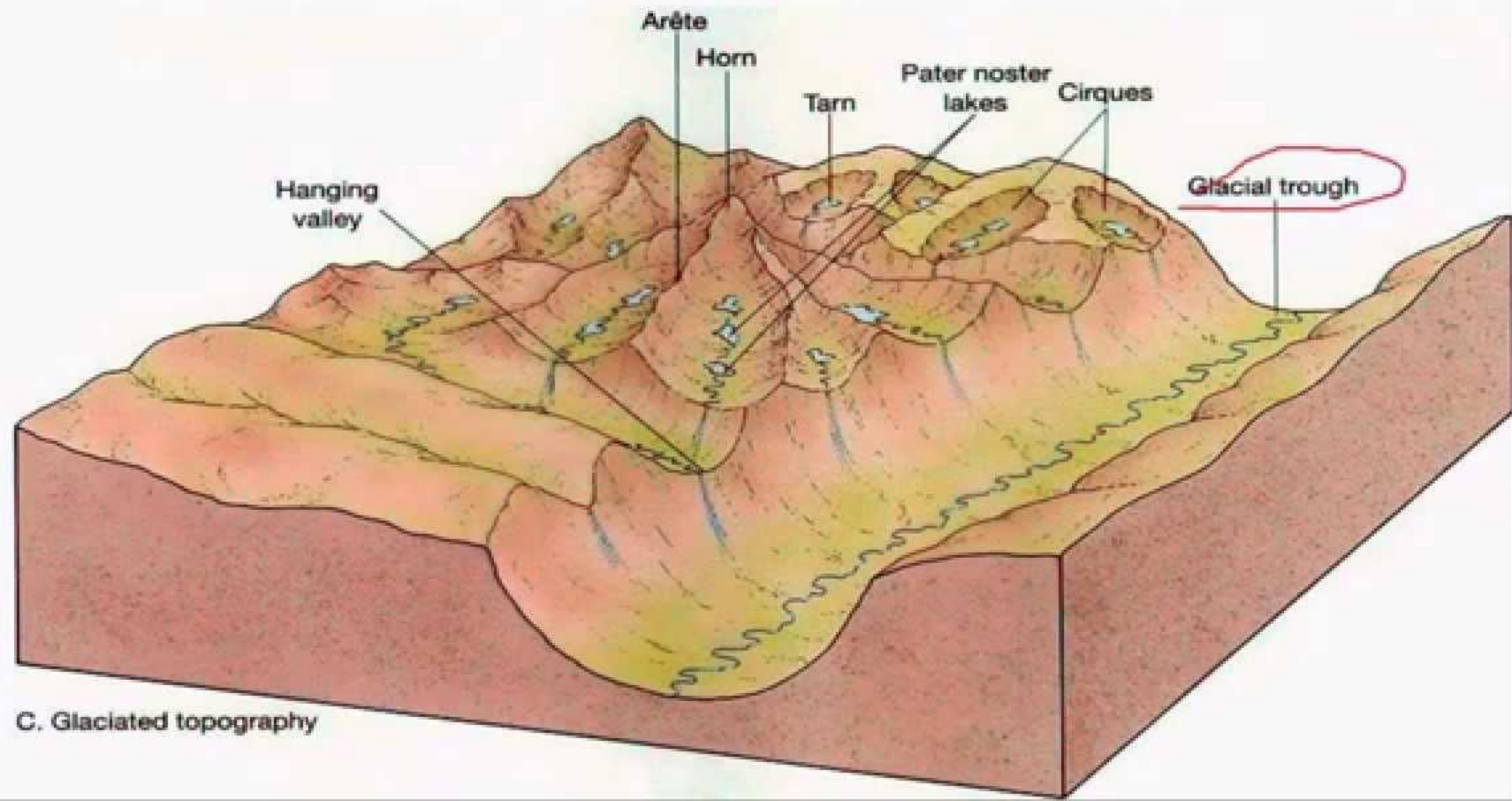
Varie

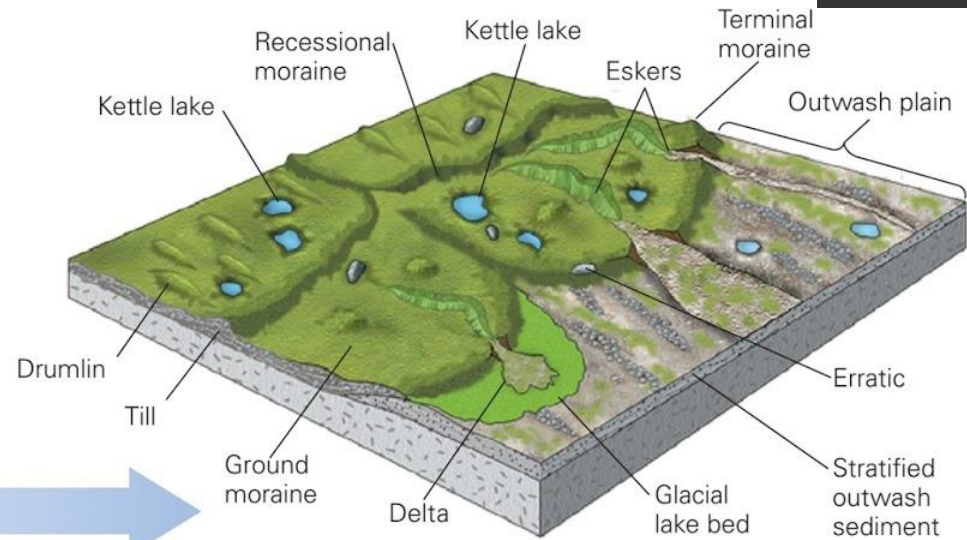
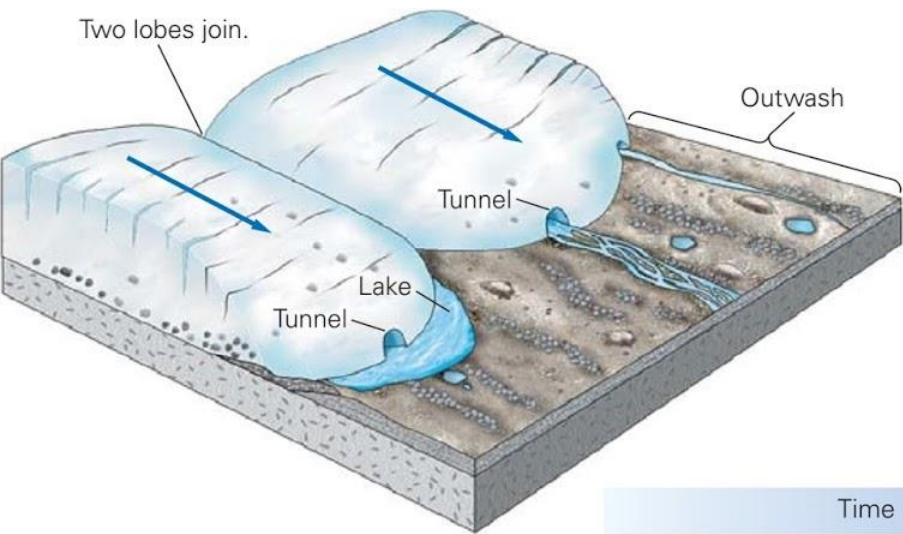


A. Inter-ice stream glacial landform assemblage



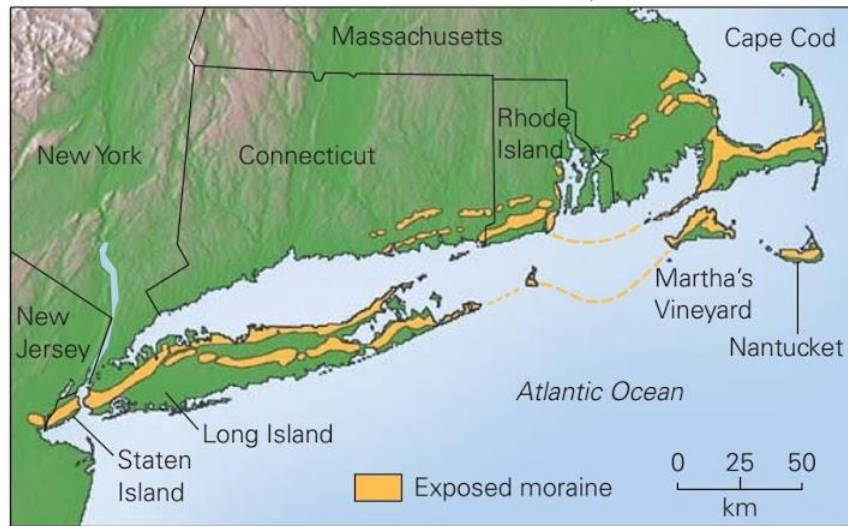
Erosional Landforms





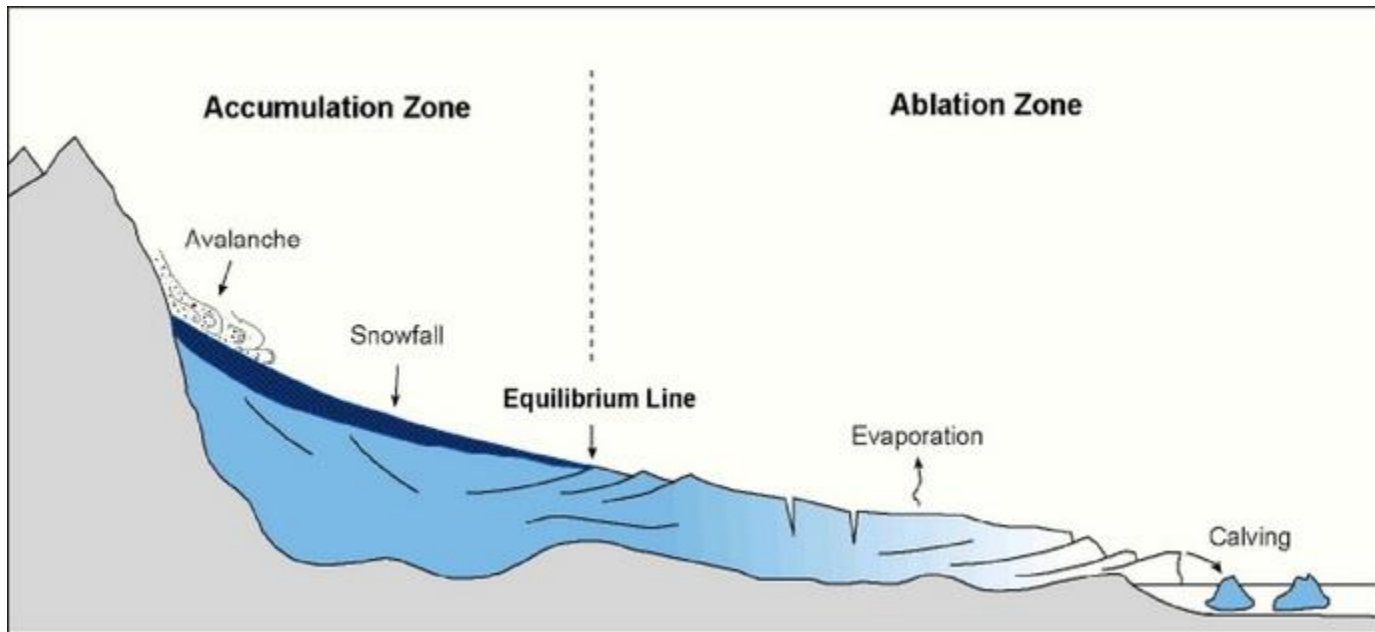
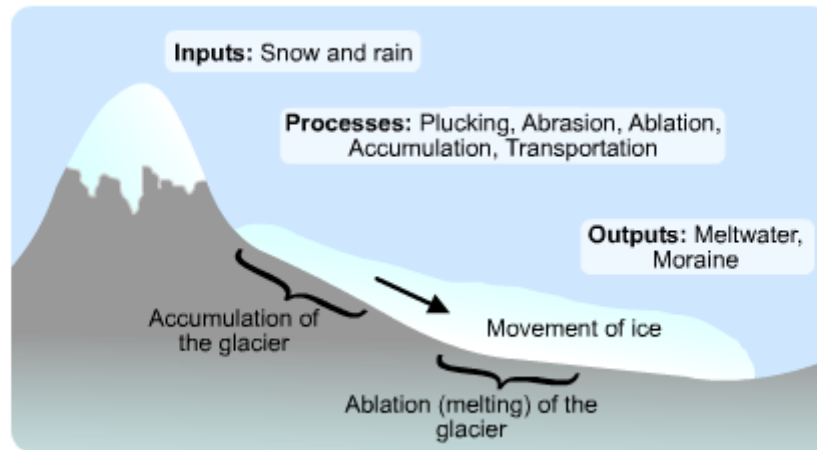
(a) The ice in continental glaciers flows toward the toe; sediment accumulates at the base and at the toe of the ice sheet.

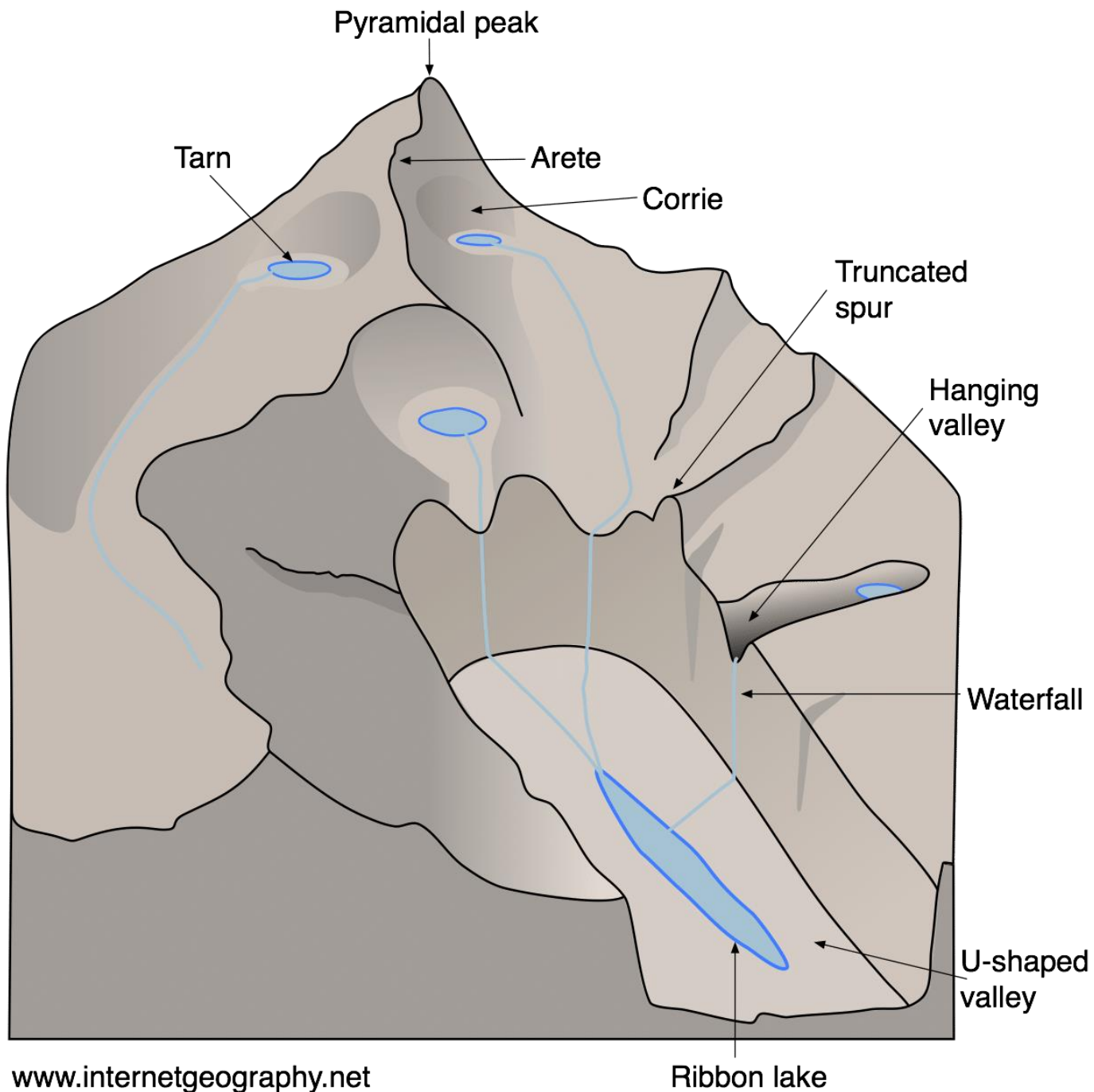
(b) Several distinct depositional landforms form during glaciation; some developed under the ice and some at the toe.



(c) Cape Cod, Long Island, and other landforms in the northeastern United States formed at the end of the continental ice sheet.

The diagram below shows the different inputs, flows, stores and outputs of the glacial system:





The variety of submarine glacial landforms

