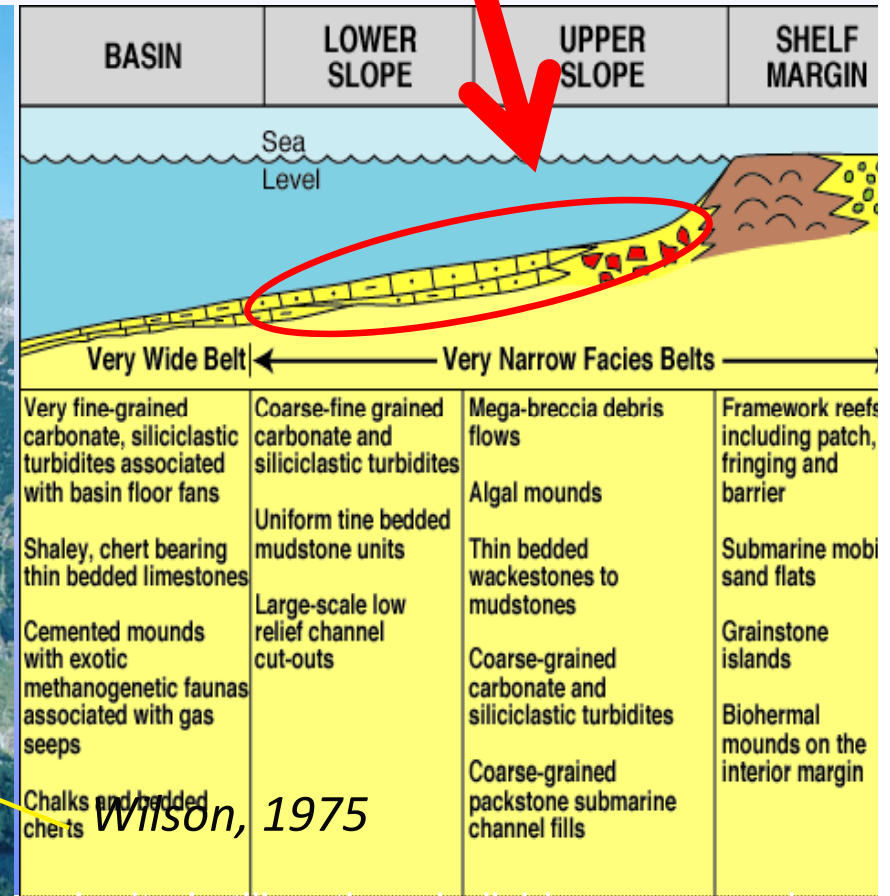
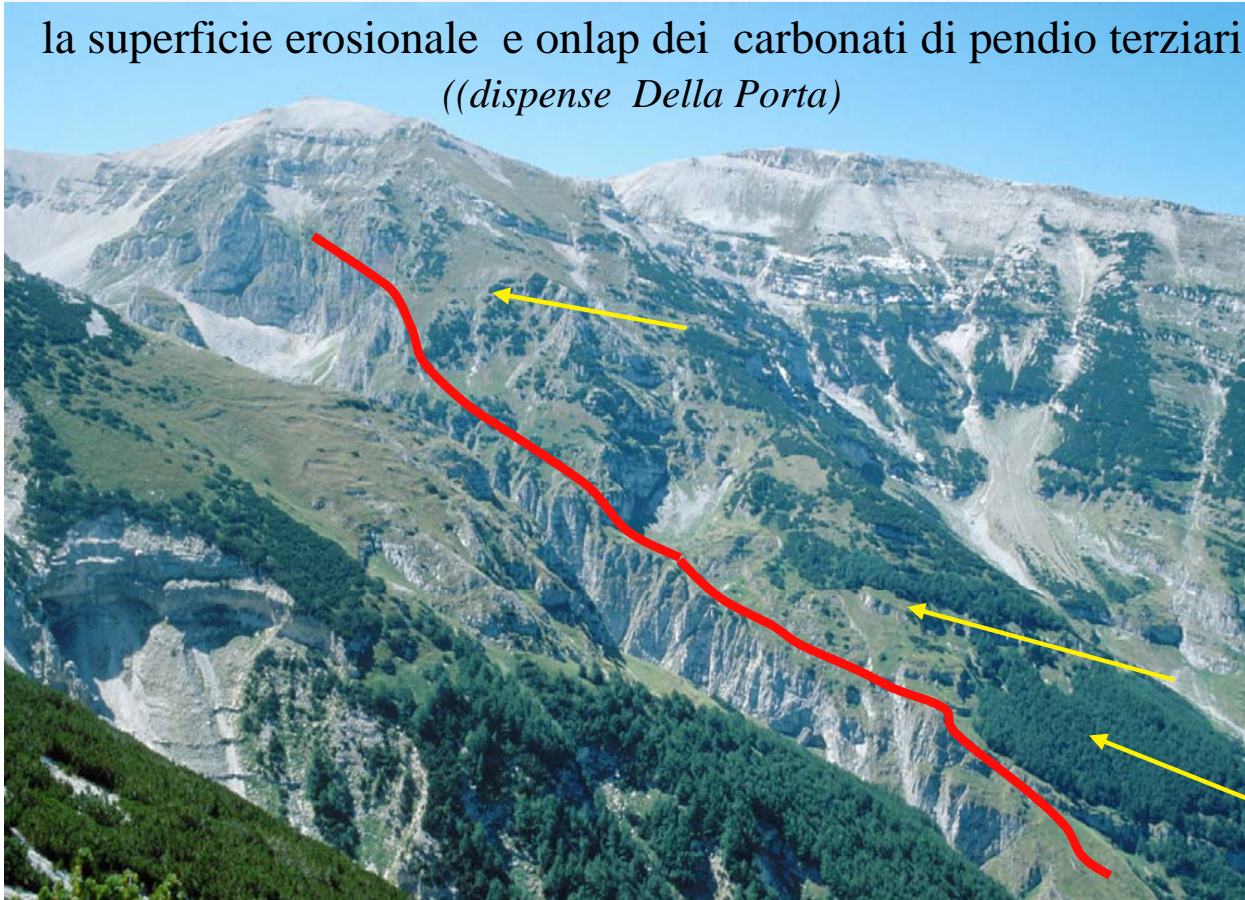


# Il margine esterno della piattaforma carbonatica:

## - ambienti e associazioni di litofacies del pendio-scarpata

Il margine-pendio della piattaforma cretacea sup. della Maiella, la superficie erosionale e onlap dei carbonati di pendio terziari ((dispense Della Porta)



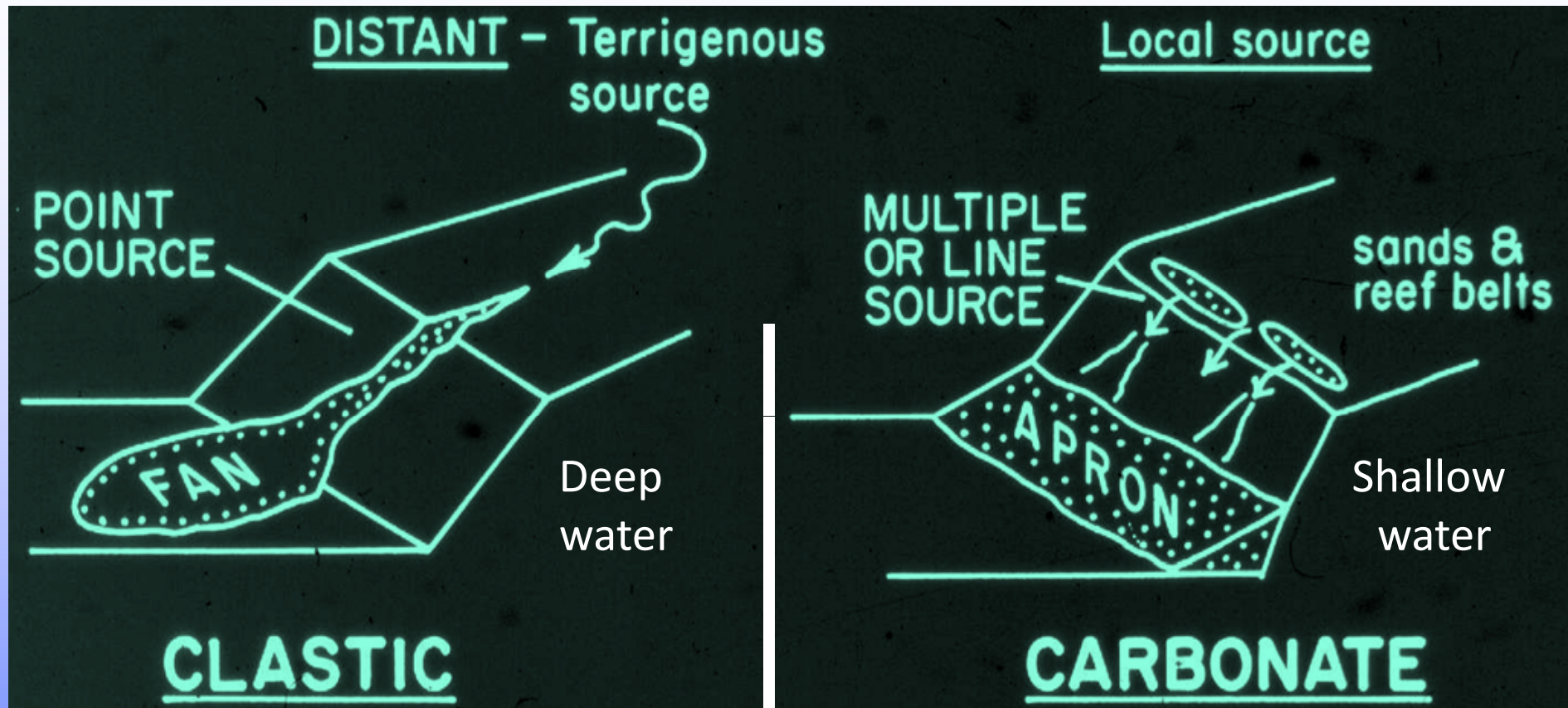
### Caratteristiche del pendio (slope)

- Geometrie del profilo , tipi di pendii scarpate (Bahamas)
- Origine dei sedimenti e processi di risedimentazione (rockfall, slump, turbiditi, debris flows)
- Tipi di litofacies.
- Modelli di facies (carbonate fans, slope aprons, base-of-slope aprons)
- Esempi :le piattaforme triassiche alpine

I criteri utilizzati per individuare, a grande scala, una successione carbonatica di pendio-scarpata è il riconoscimento di **linostratificazioni**, di **corpi lenticolari** e **brecce-megabrecce** e di una stratificazione che passa da massiva a ben stratificata verso la base del pendio-bacino.

# Re-sedimented carbonates vs. re-sedimented siliciclastics

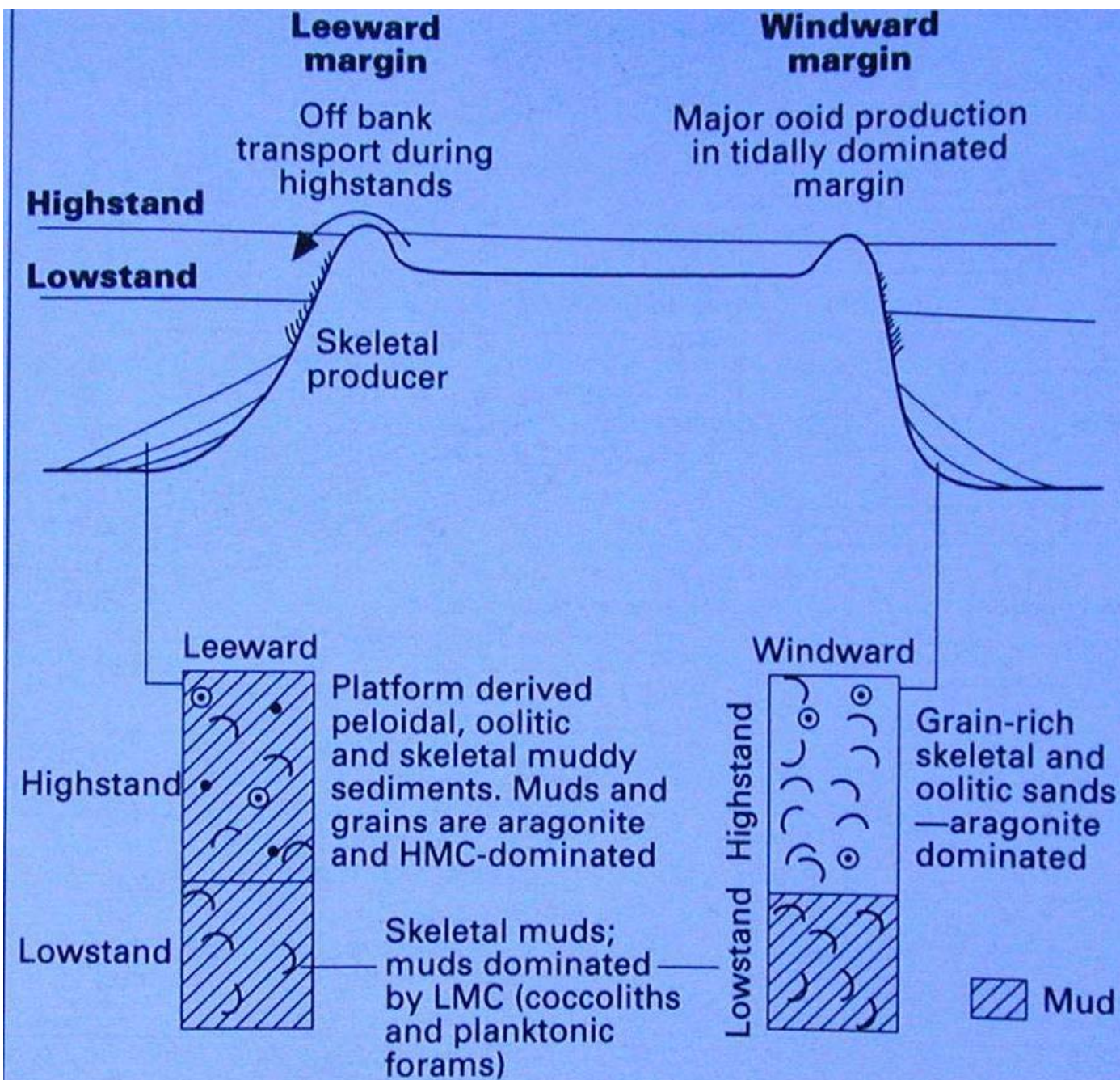
(dispense Della Porta, 2009)



DEEP WATER CARBONATE SLOPE SANDBODIES have different geometries and we can distinguish:

1. **FANS**: point source (rare), fan geometry
2. **APRONS**: line source, wedge at base of slope
3. **DRIFTS**: redistribution of sediment at toe of slope due to strong bottom currents





**Figure 9.40** Contrasting compositions of resedimented carbonates during highstand and lowstand and with leeward or windward positions (see text).

Perché i carbonati di pendio presentano molte e differenziate associazioni di facies e una scarsa correlabilità ?

Vari fattori condizionano i processi sedimentari sul pendio:

- tipo di sedimenti presenti sul margine della piattaforma
- esposizione del margine ai venti e correnti.
- situazione del livello marino (periodo di Low Stand o High Stand)
- inclinazione, estensione e dislivello complessivo del pendio-scarpata
- attività tettonica sindeposizionale.



# I modelli attualistici: tipi di pendii e processi deposizionali

Il modello deposizionale della piattaforma delle Bahamas:

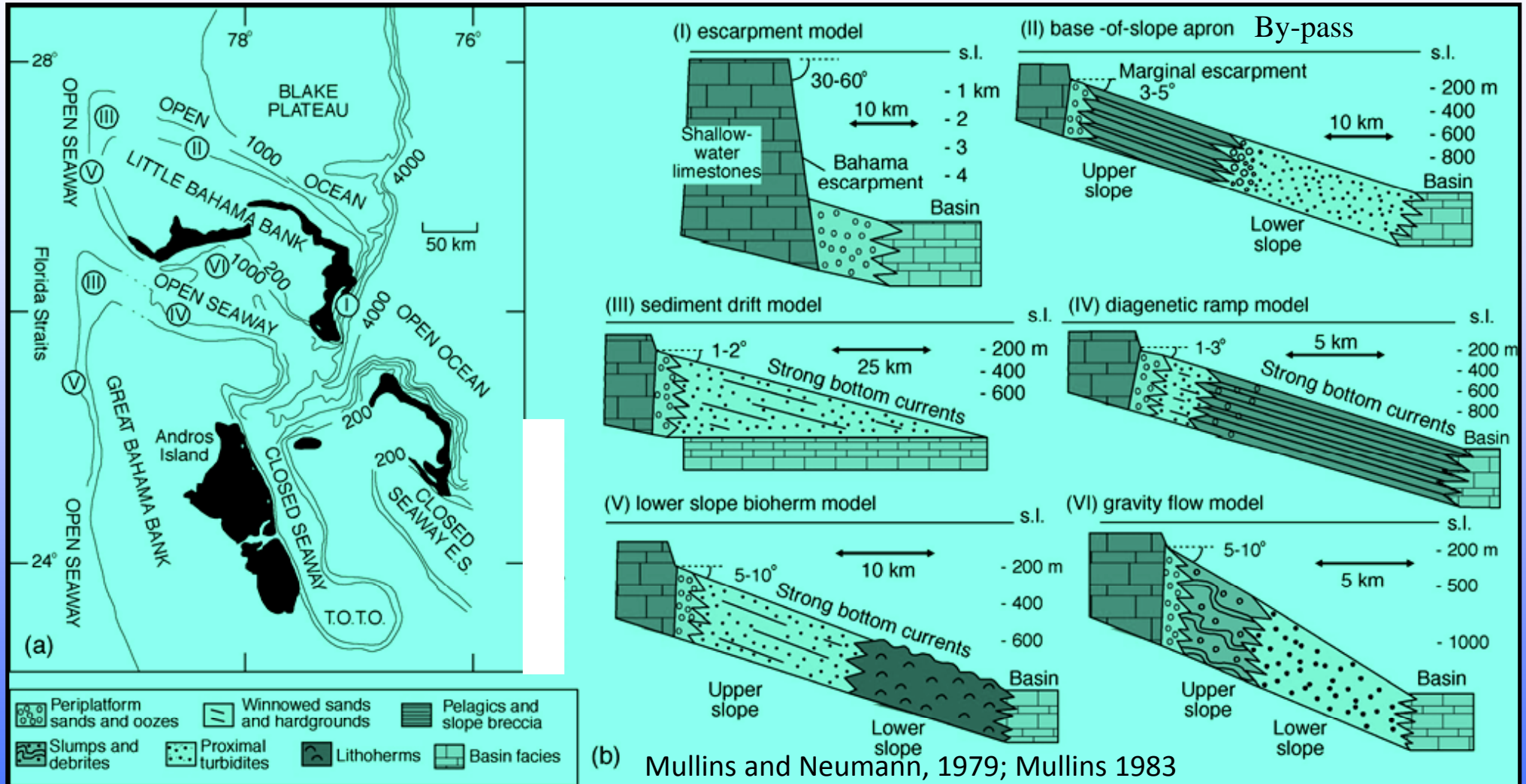
- distribuzione dei sedimenti carbonatici,
- vista satellitare della piattaforma e dei bacini interposti (Tongue of the Ocean, Exuma Sound).

Questi due bacini hanno analogie (sono però più estesi e profondi) con le geometrie dei solchi intrapiattaforma norici del Sudalpino (Dolomia Principale).



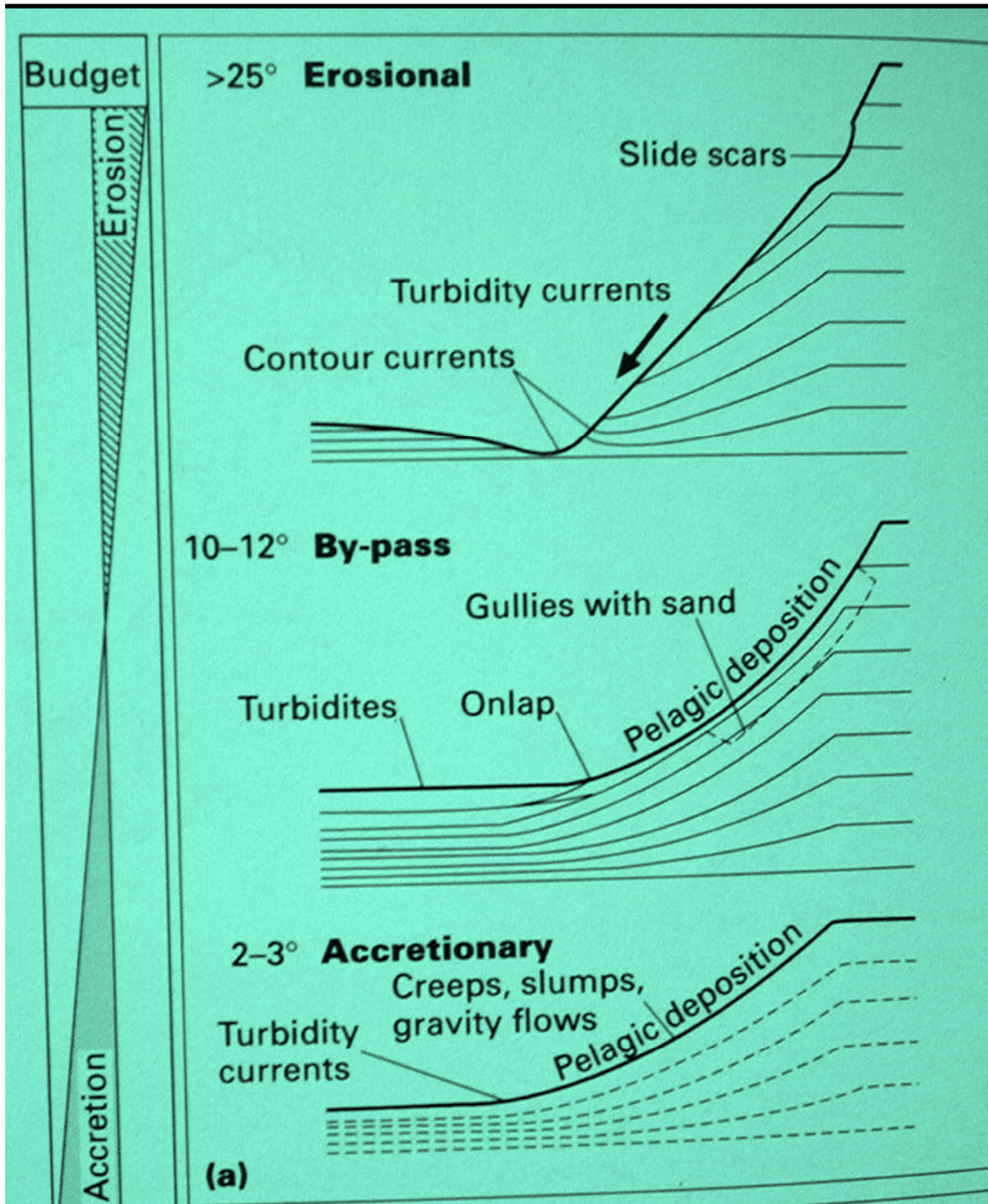


# Bahamas Slope Facies models: Different types of Bahamian slopes





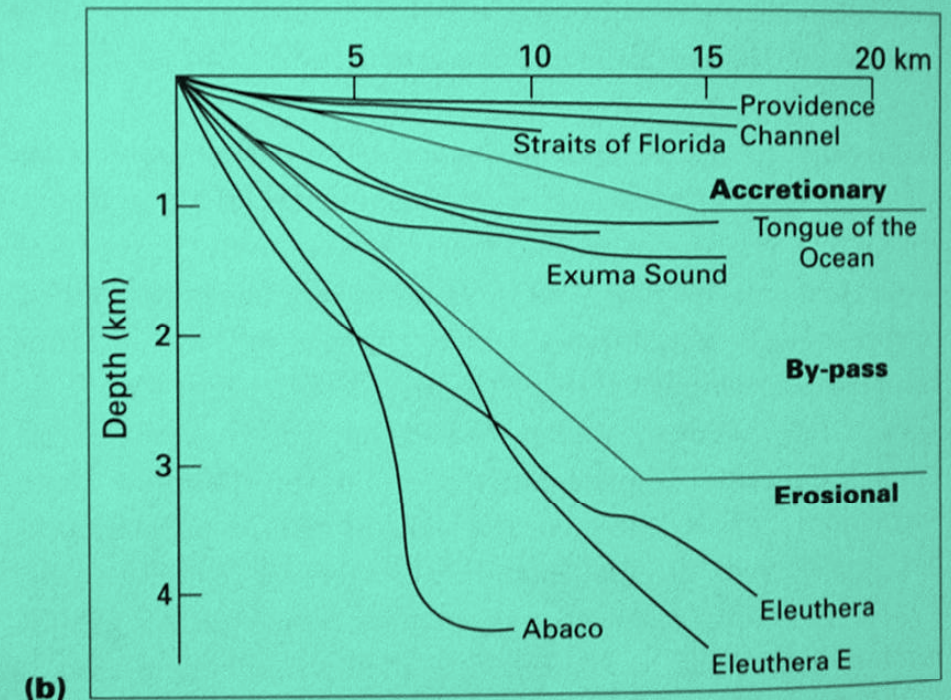
1) In relazione ai processi deposizionali esistono tre tipi di pendii:



**Erosionale** : ritiro per vari km del margine della piattaforma a causa di erosione marina per franamenti , flussi gravitativi e collassi del versante che rendono il pendio sempre più ripido

**By-passing** : deposizione pelagica in quanto il materiale grossolano è convogliato in canyons

**Accrezionale**: la sedimentazione dal margine + la pelagica crea un pendio poco inclinato



**Figure 9.36** Bahamian slope types. (a) Slope profiles (schematic) with major processes. (b) Actual profiles (vertical exaggeration is four times over horizontal) (originally from Schlager & Ginsburg, 1981).



# FLANK OF CAMPECHE PLATFORM ONLAPPED BY BASIN-FLOOR DEPOSITS (GULF OF MEXICO) *Schlager 2005*

MCSB = mid-Cretaceous sequence boundary

← NW

pelagic cap

2.0

platform top

MCSB

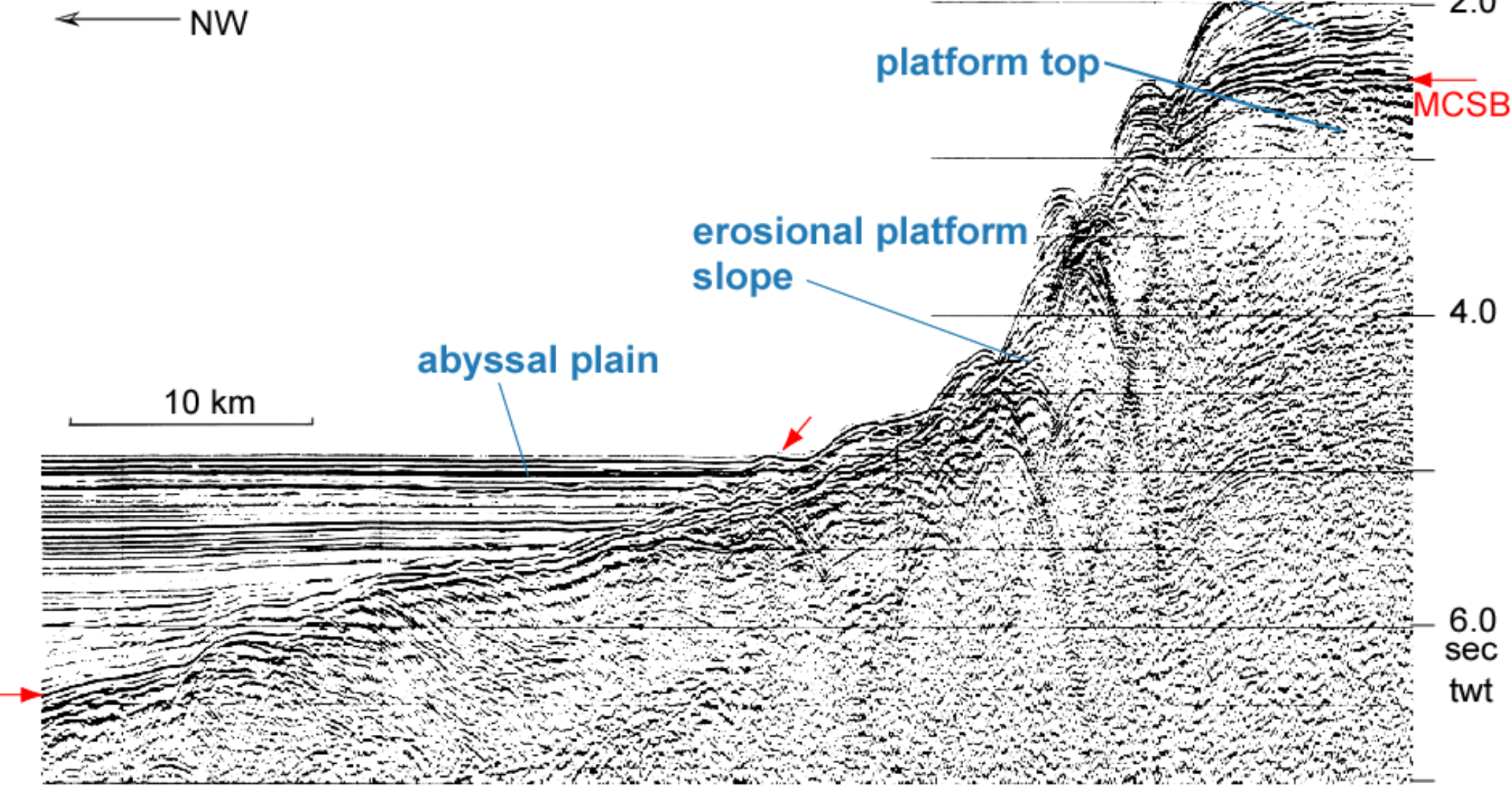
erosional platform slope

4.0

abyssal plain

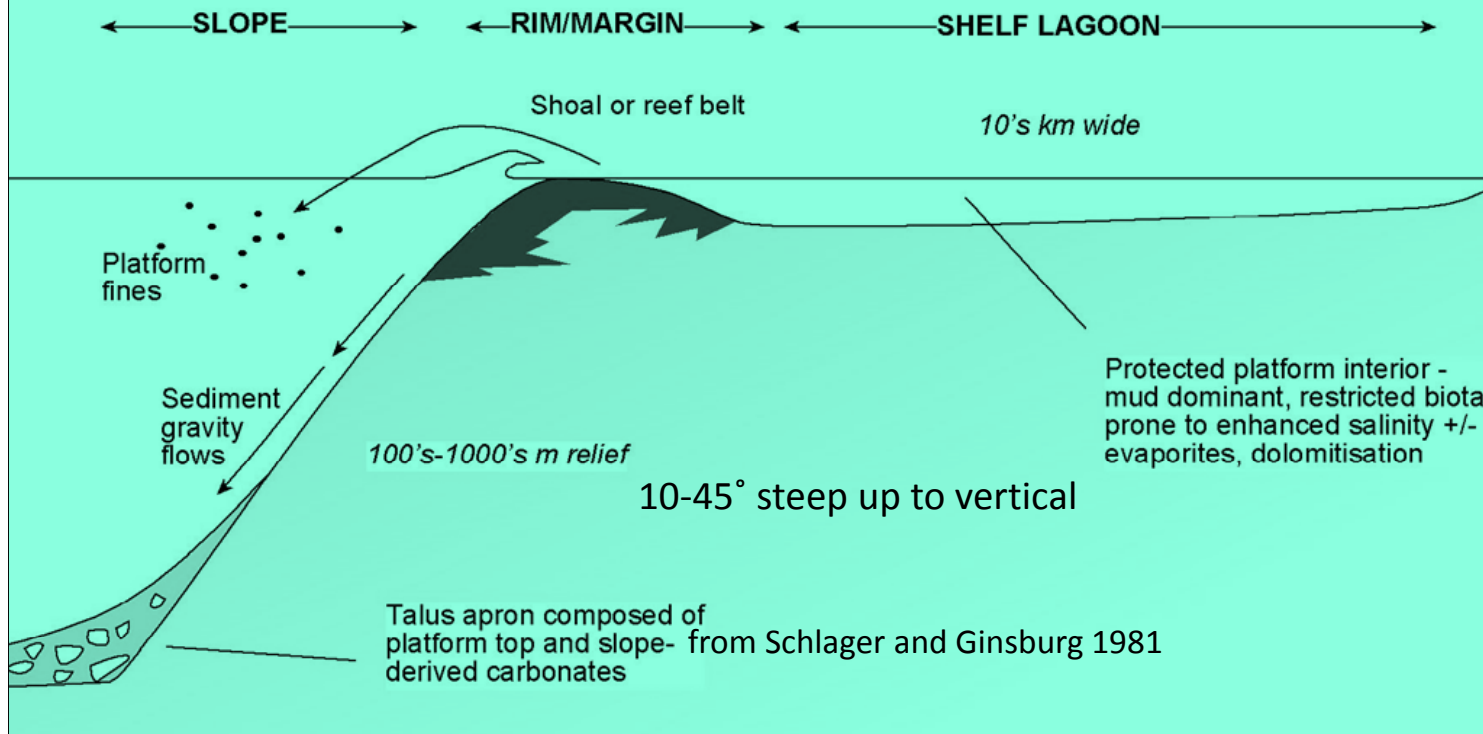
10 km

6.0 sec  
twt



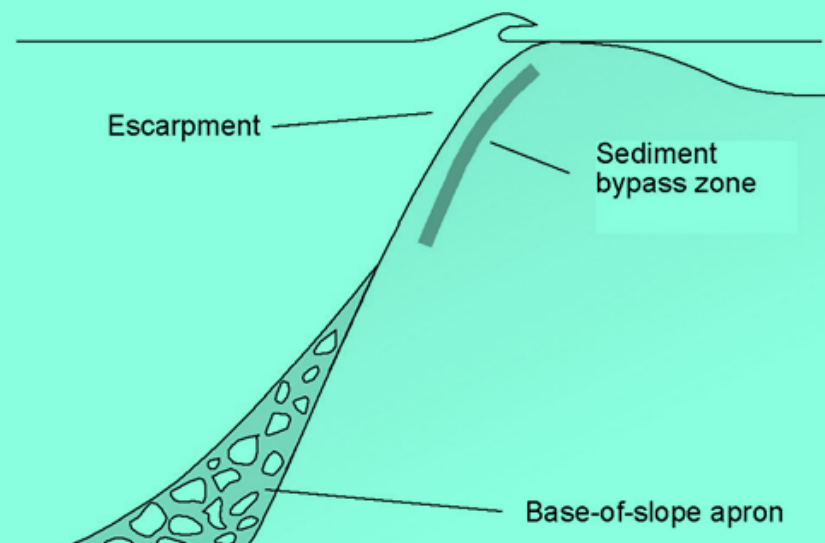


# Carbonate shelf - basic features

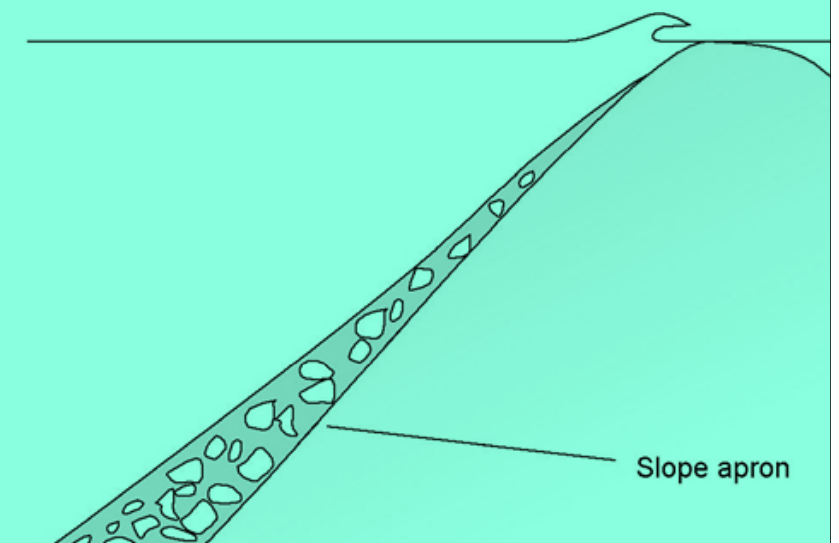


(dispense Della Porta, 2009)

## Bypass type



## Accretionary type



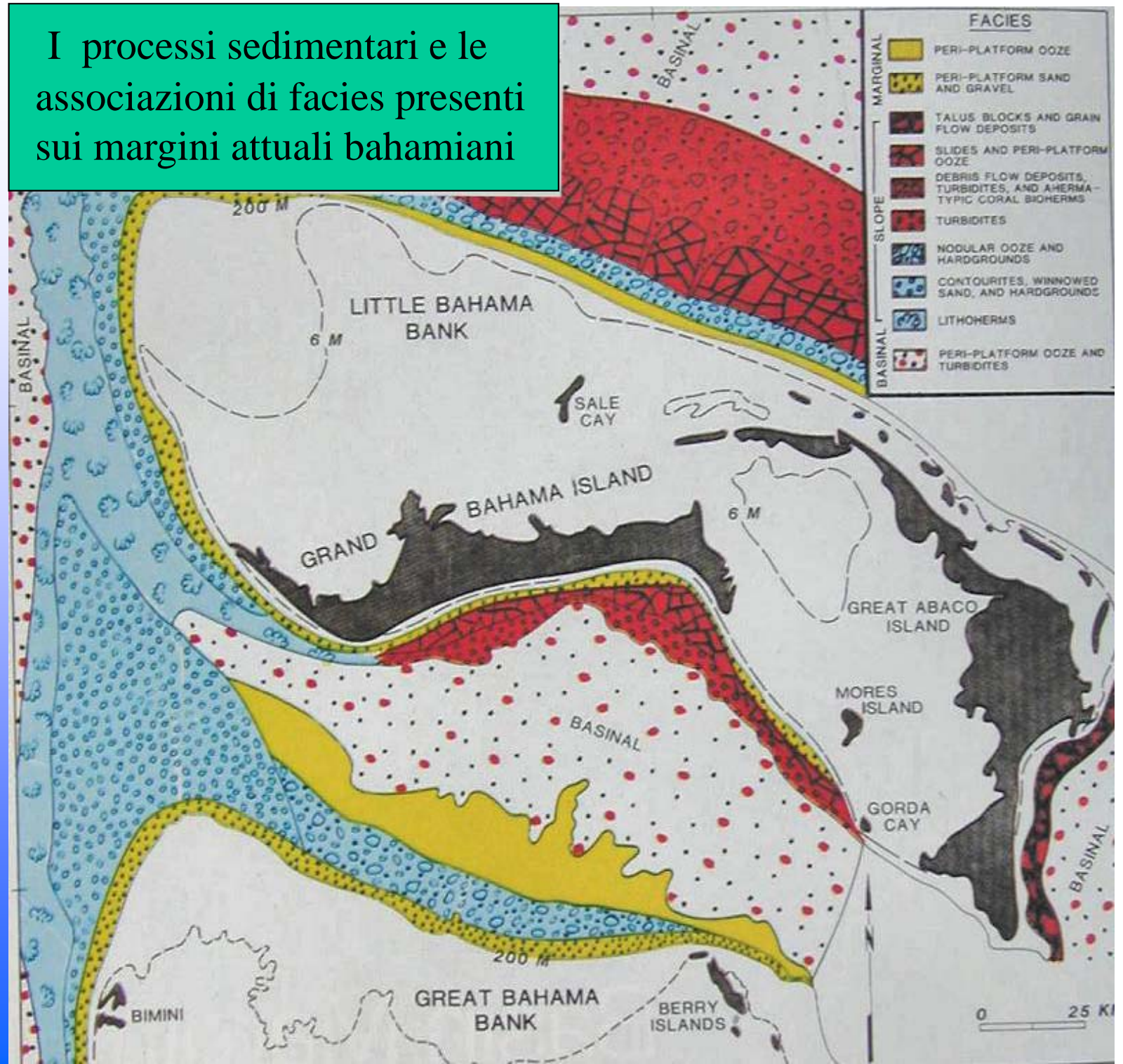


Mappa della distribuzione delle facies sui pendii della piattaforma Bahamiana e nei bacini adiacenti.

Il margine atlantico (sopra) presenta un'imponente scarpata con alla base imponenti accumuli di breccie.

I margini interni (sotto) sono caratterizzati da scarpate minori (meno breccie) e, alla base, da pendii sui quali si depositano vari tipi di sedimenti (torbidi ti con fanghi- ooze, e conturiti).

## I processi sedimentari e le associazioni di facies presenti sui margini attuali bahamiani



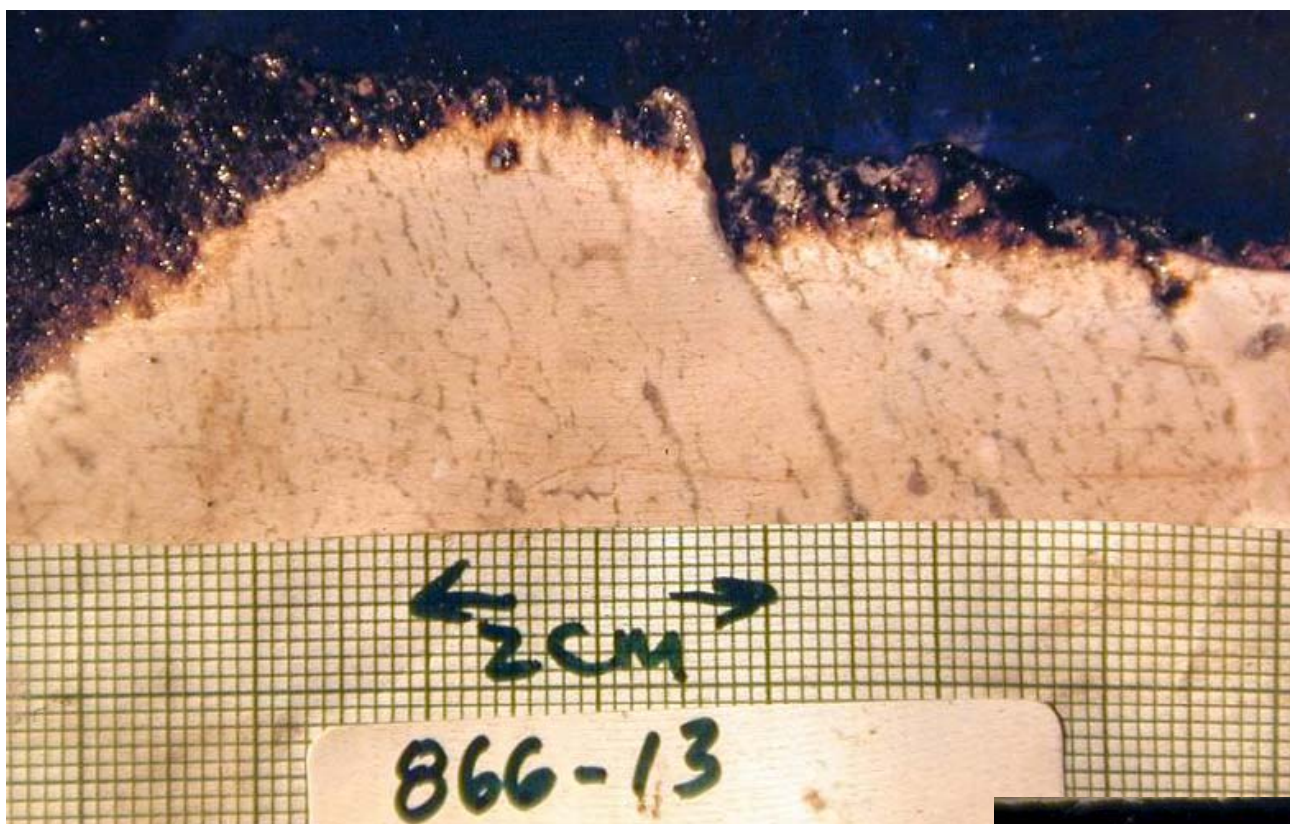




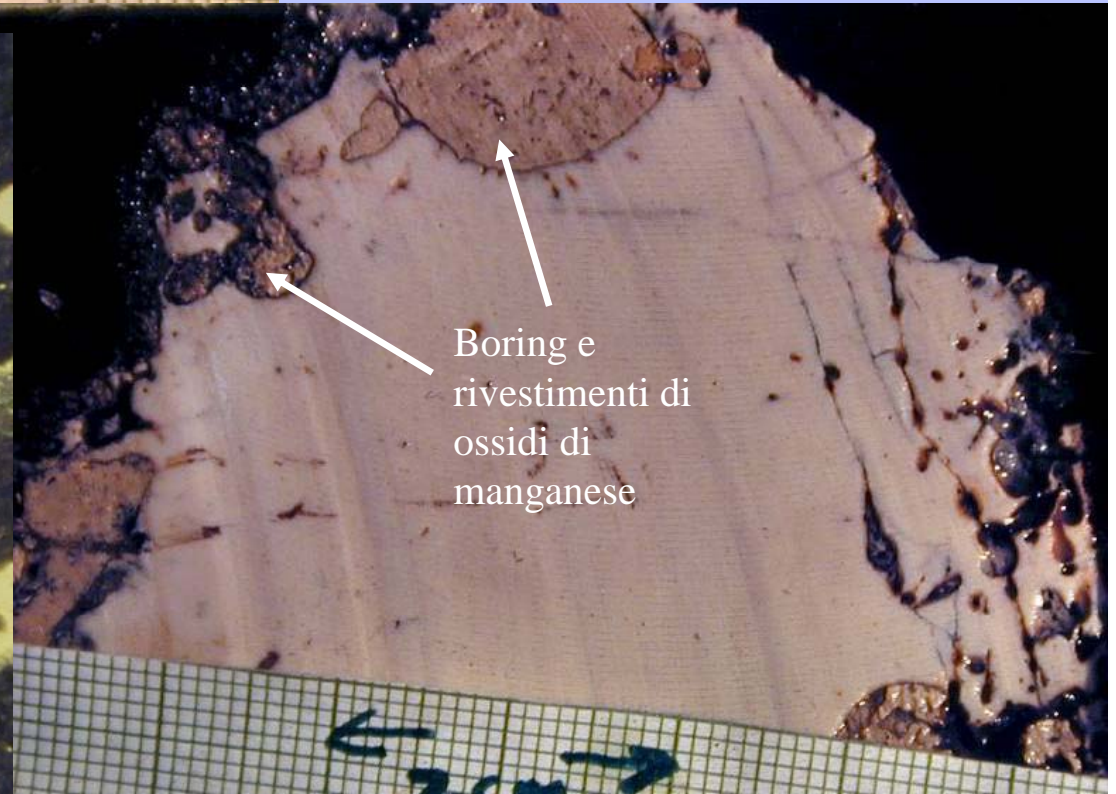
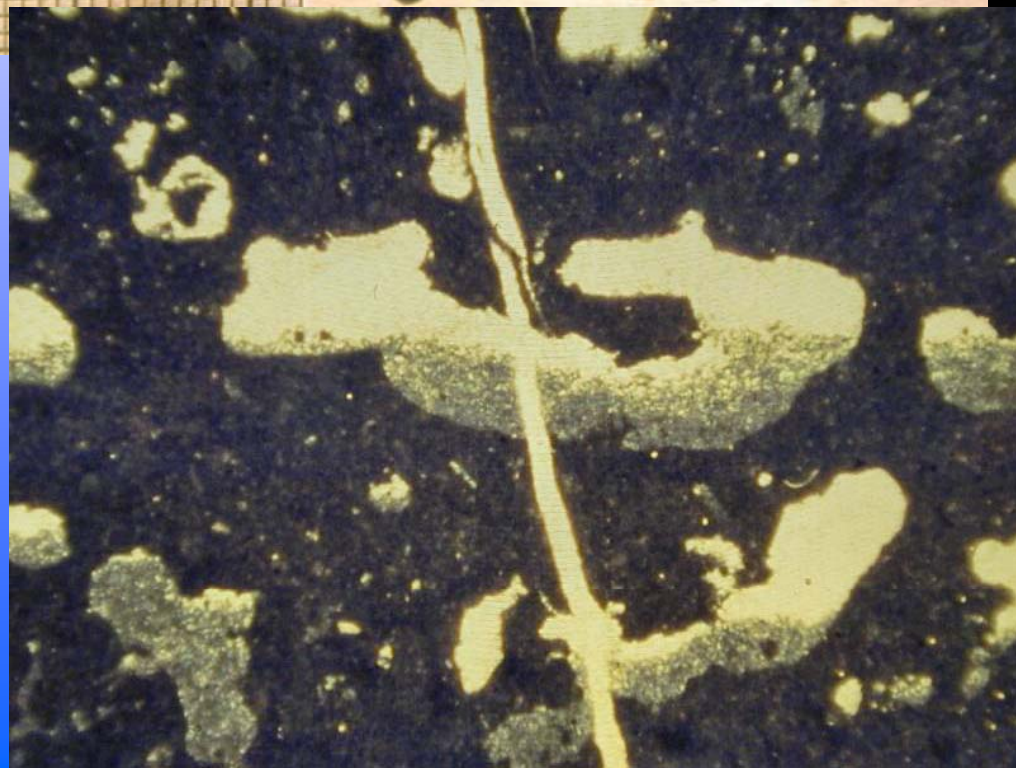
La ripida scarpata di erosione atlantica delle Bahamas vista del batiscafo Alvin





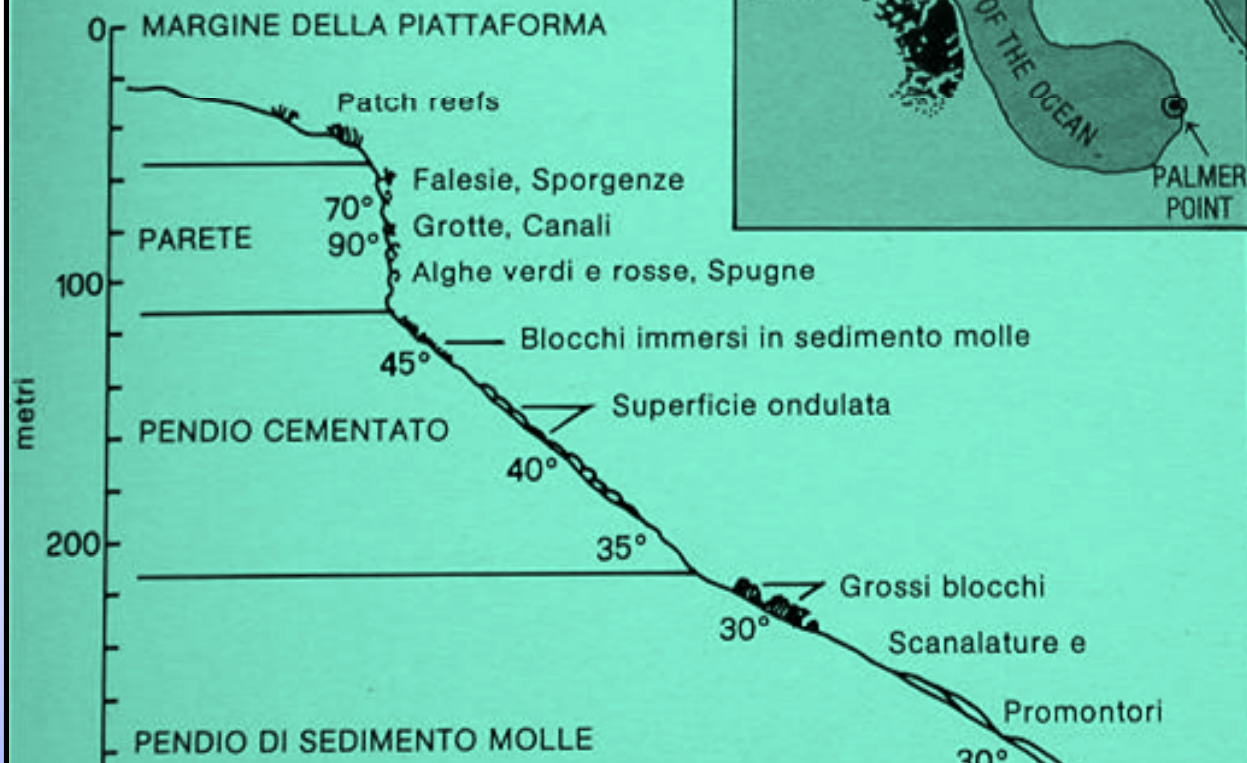


Campioni di carbonati intertidali con fenestrae e subtidali micritici, di età Cretacica prelevati direttamente sulla scarpata atlantica. Essi dimostrano la sua origine erosionale e l'attuale situazione di non deposizione (hard grounds a Mn).



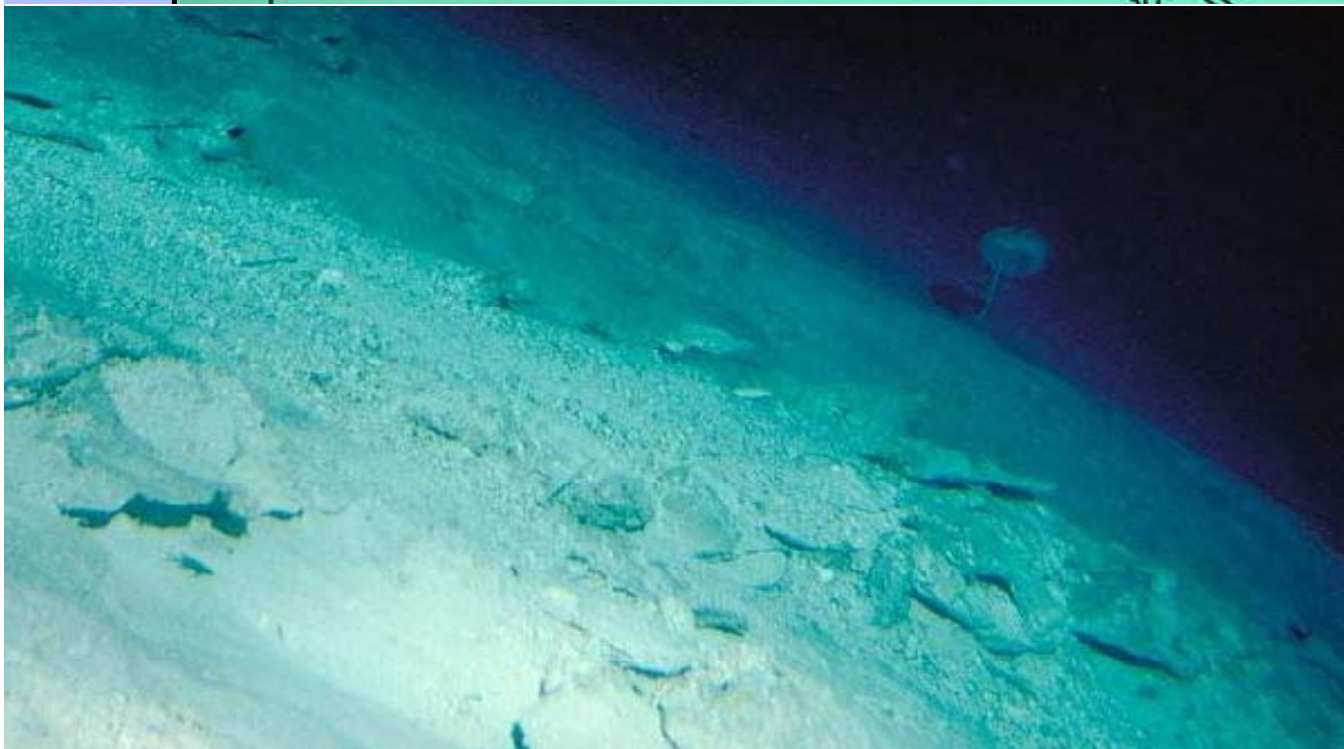
Boring e rivestimenti di ossidi di manganese





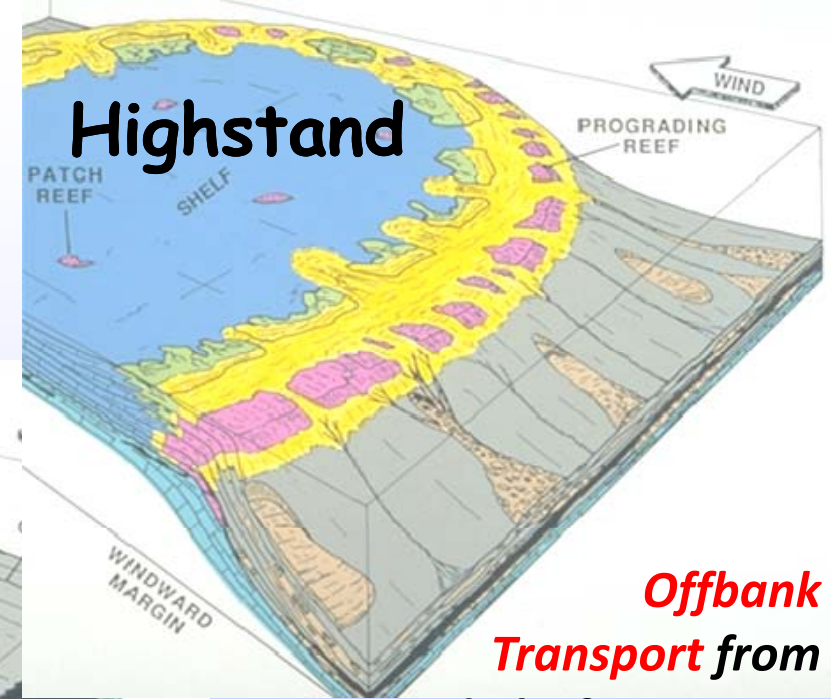
La scarpata-pendio di un margine sottovento con bacino intrapiattaforma (Tongue of the Ocean).

Figura 8.21. Profilo della scarpata superiore del Tongue of the Ocean (Palmer Point), mostrandone la forte acclività del pendio e la presenza di una parete verticale di *by-pass*, alta circa 100 m, formata quando, durante l'ultima glaciazione, il livello del mare si trovava 120+130 m più in basso di quello attuale (ridisegnato da Grammer *et al.*, 1989).

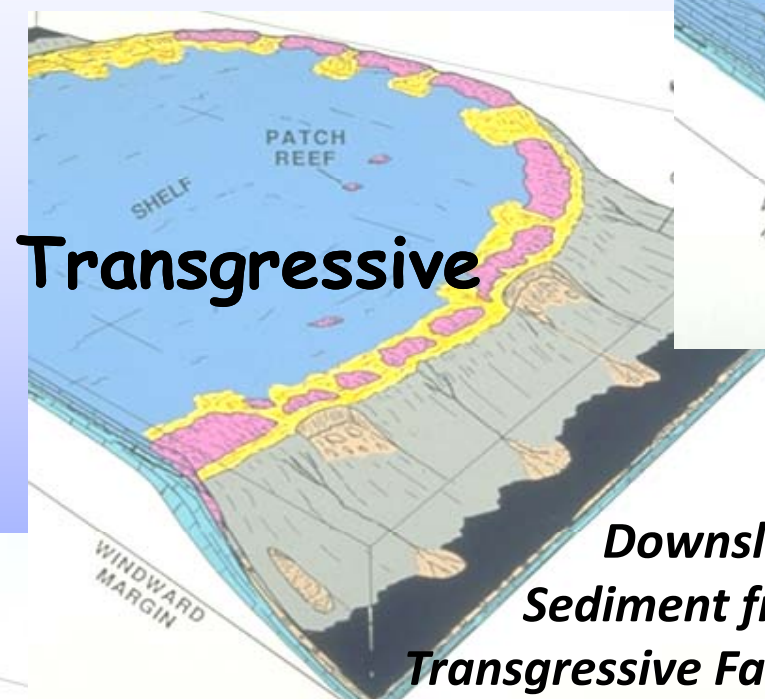




Diversi sviluppi di un margine sopravvento ,  
 con litofacies e processi sedimentari differenziati,  
 Per variazioni relative del livello marino  
 ( LST, TS , HS tracts della Stratigrafia sequenziale)  
 (dispense Della Porta, 2009)

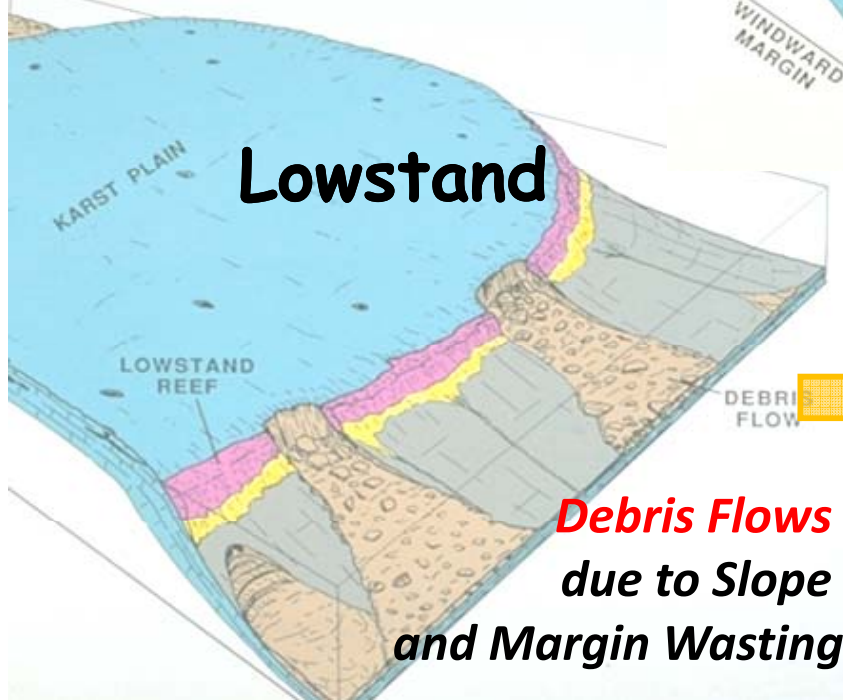


**Offbank  
Transport from  
Margin and Platform Facies**

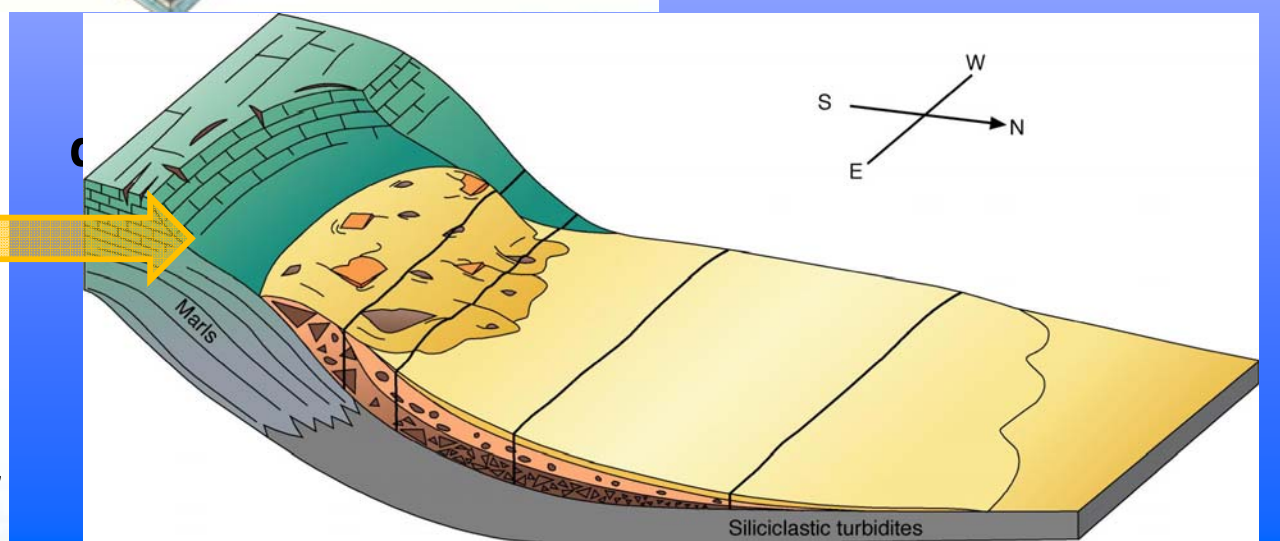


**Downslope  
Sediment from  
Transgressive Facies**

**Handford and Loucks, 1993**

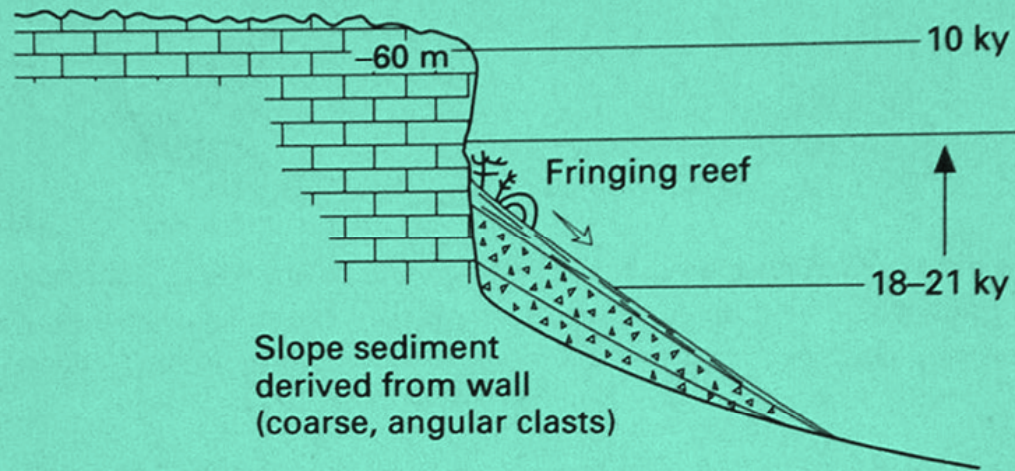


**Debris Flows  
due to Slope  
and Margin Wasting**

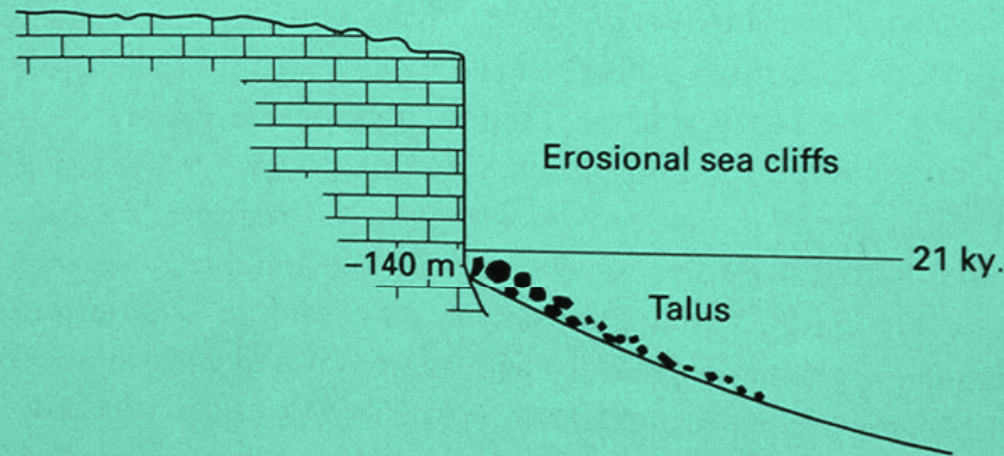




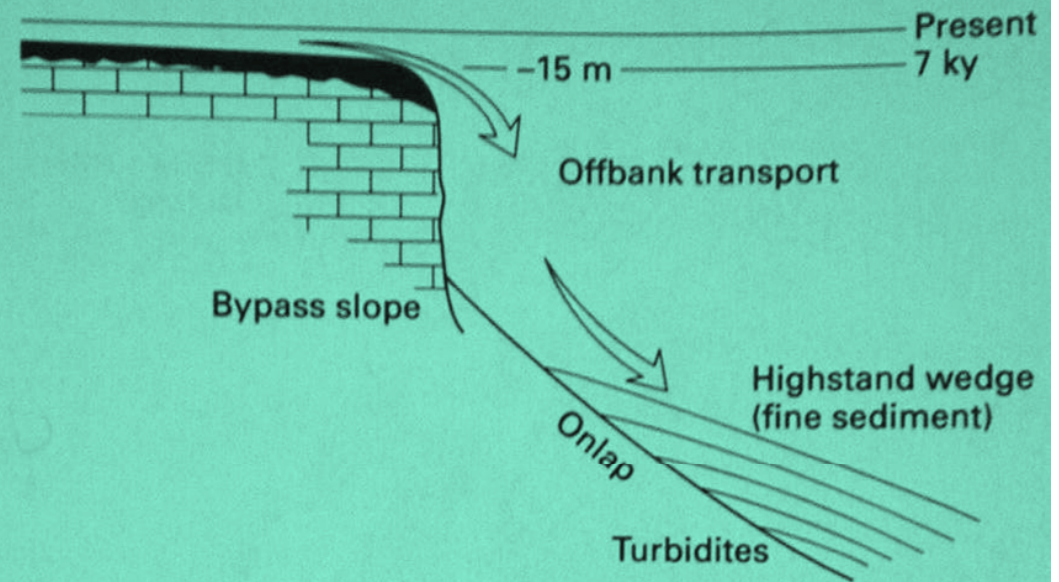
**(b) Deposition of steep slopes during early RSL rise**



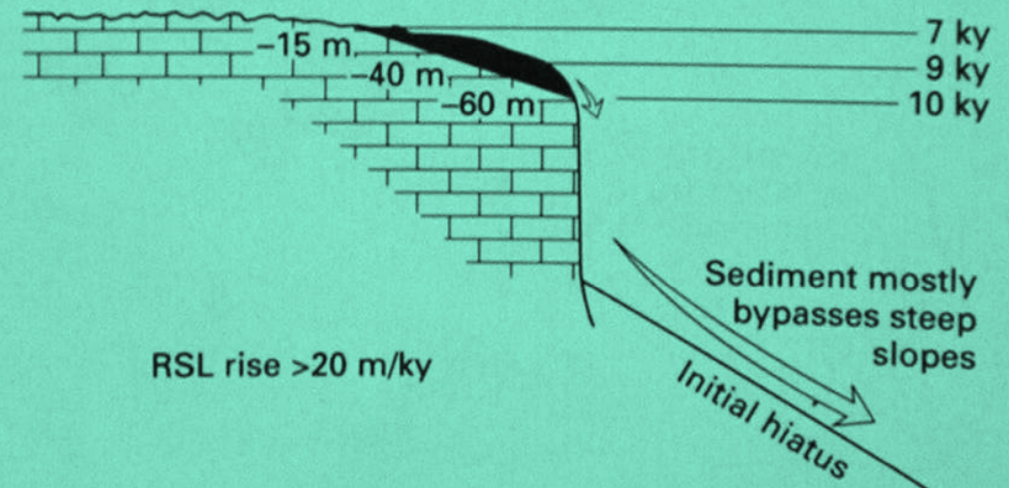
**(a) Lowstand**



**(d) Highstand**



**(c) RSL rise and initial flooding**

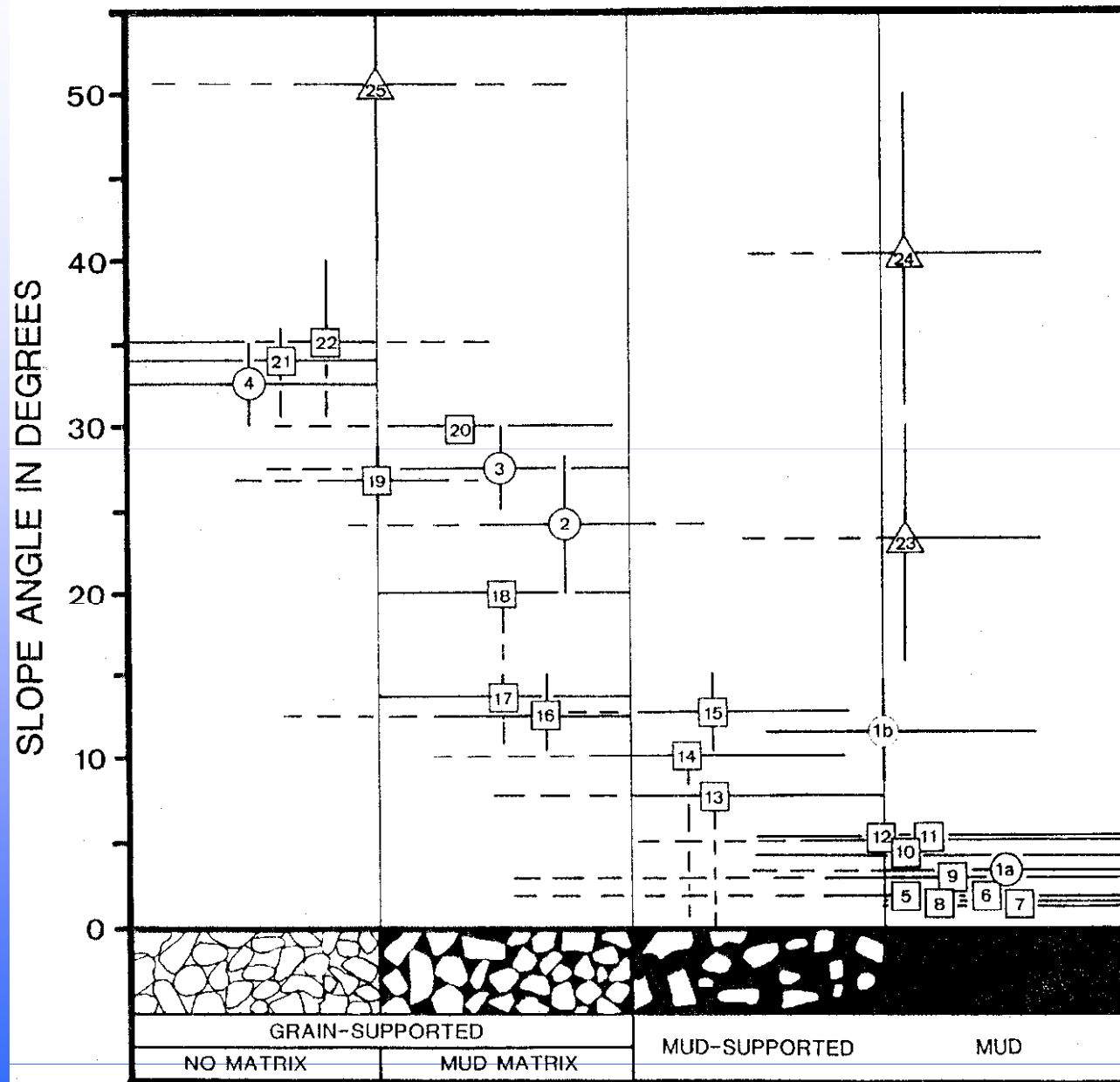


**Figure 9.59** Development of the margin of the Great Bahama Bank in the area of Tongue of the Ocean, from lowstand c. 20 ky ago to present highstand (modified after Grammar & Ginsburg, 1992). RSL, relative sea level.

Tipi di sedimenti ed evoluzione di un margine-pendio delle Bahamas durante il trend trasgressivo (LS-TS System Tracts) dalla fine dell'ultima glaciazione all'attuale



- WELL DOCUMENTED EXAMPLES (GROUP A)
- EXAMPLES LACKING PRECISE CONTROL ON GEOMETRY (GROUP B)
- △ FLANKS STABILIZED BY ORGANIC FRAMERBUILDING OR CEMENTATION (GROUP C)



*Kenter, 1990*

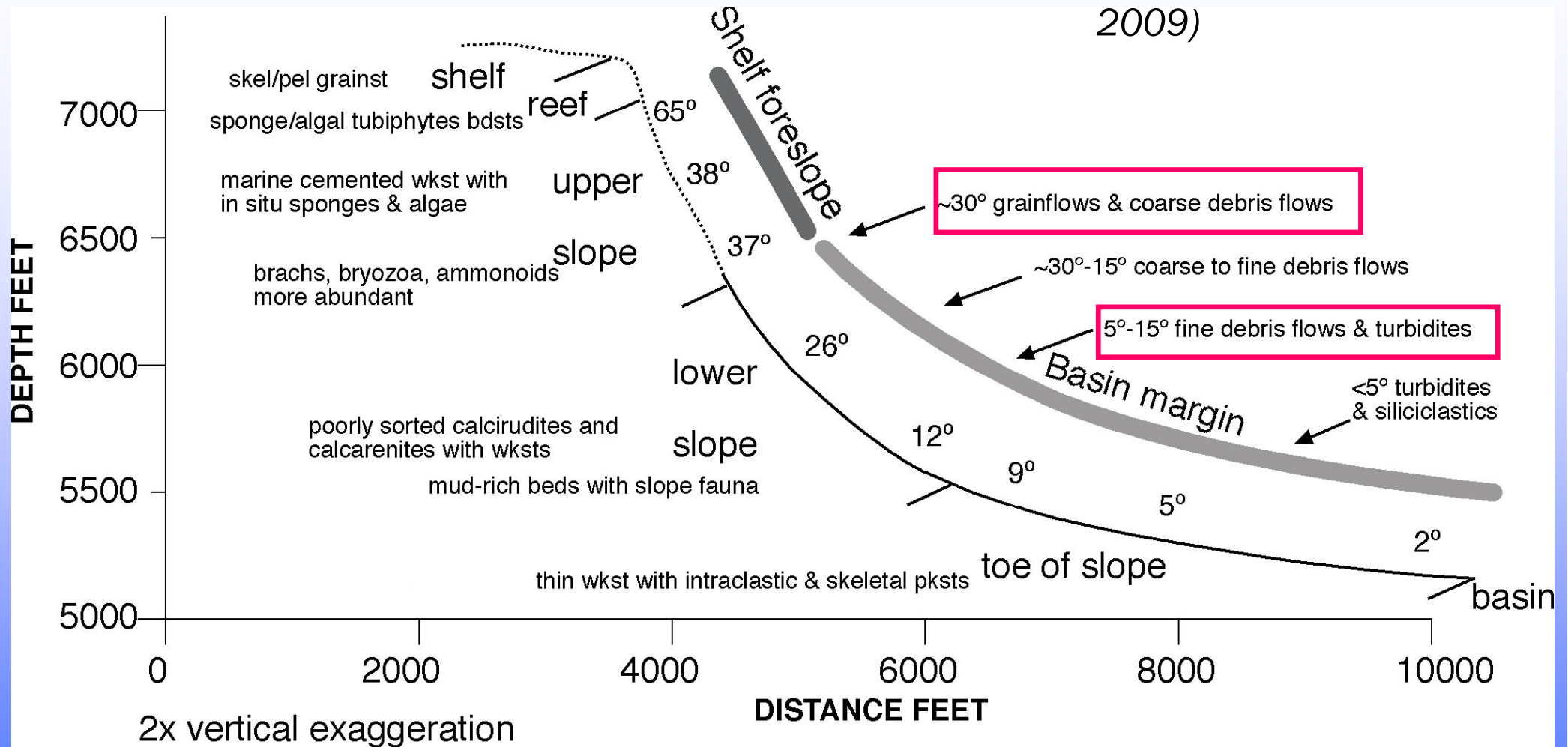
DOMINANT SEDIMENT FABRIC

Relazioni tra l'inclinazione del pendio e le tessiture deposizionali dei sedimenti.

Il grafico mostra come i sedimenti più grossolani e con supporto clastico sono tipici dei pendii con inclinazioni medio alte (10°-35°).

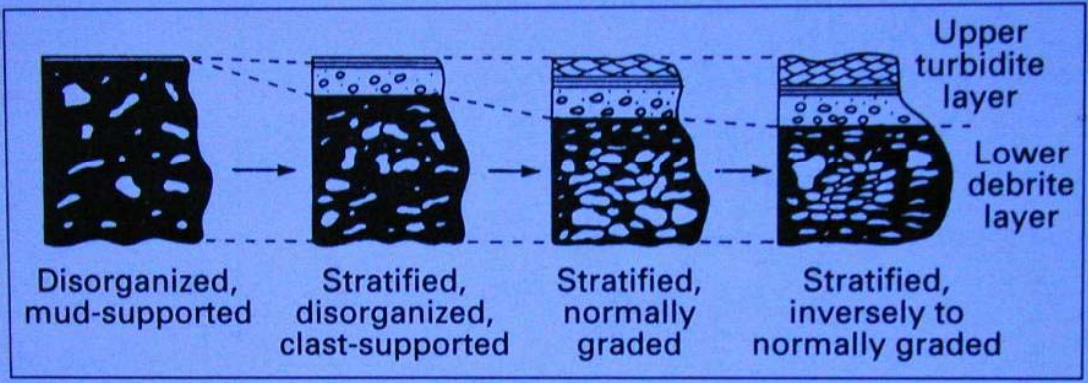
# Example of link between slope sediment composition and grain size and profile geometry

(dispense Della Porta, 2009)



Profilo deposizionale del **Capitan - Permian- shelf margin** (Brown and Loucks 1993)





**Figure 9.41** Two-component debrite-turbidite layer, showing change from proximal to distal settings. The base may be erosional or conformable and sole structures are rare (after Krause & Oldershaw, 1979; Tucker & Wright, 1990).

Organizzazione laterale delle facies di un pendio di piattaforma (da prossimale a distale) con episodi sedimentari di trasporto in massa (prevalenti sul pendio sup.) che passano progressivamente a torbiditi carbonatiche (prevalenti sul pendio inferiore).

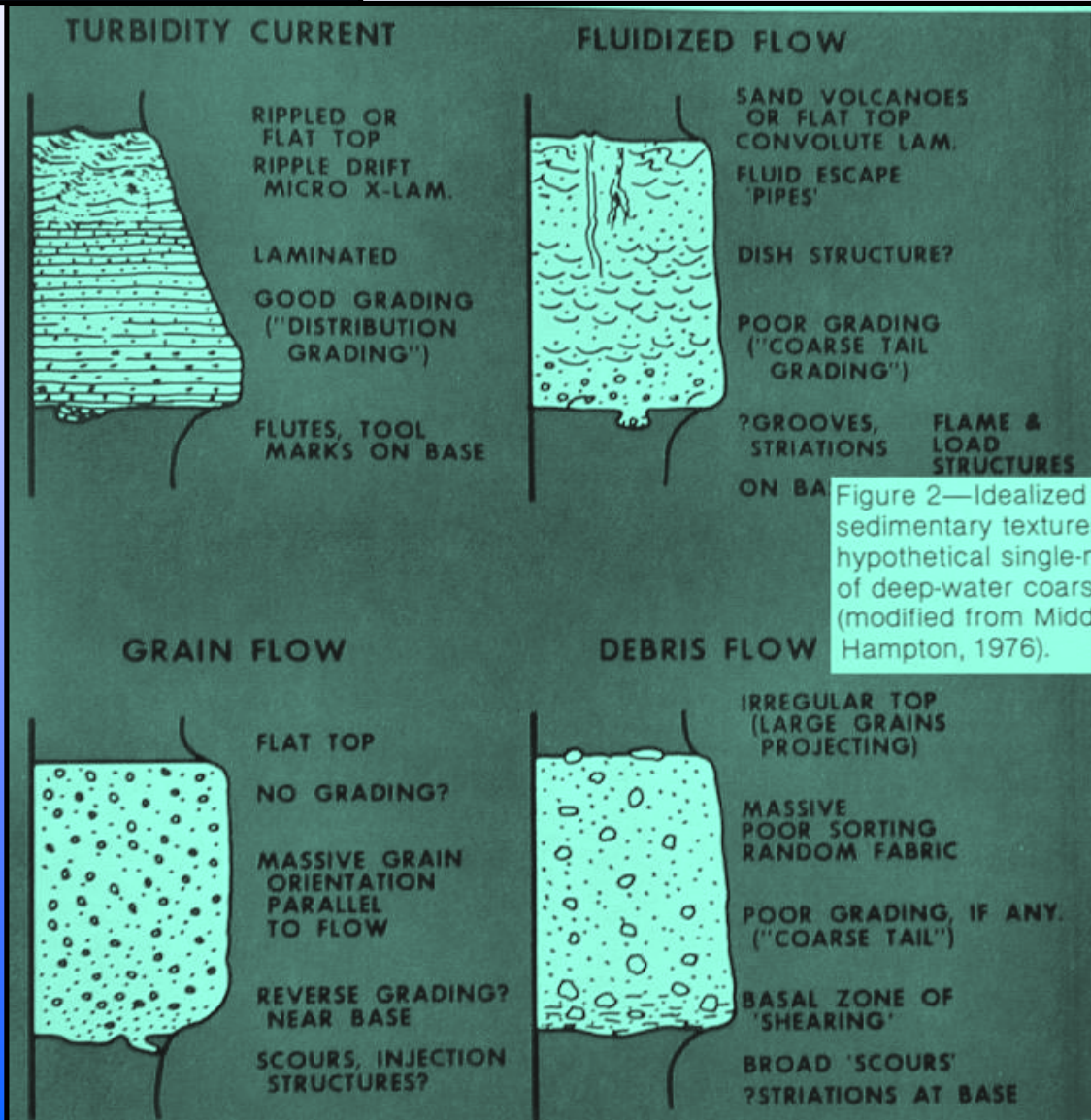
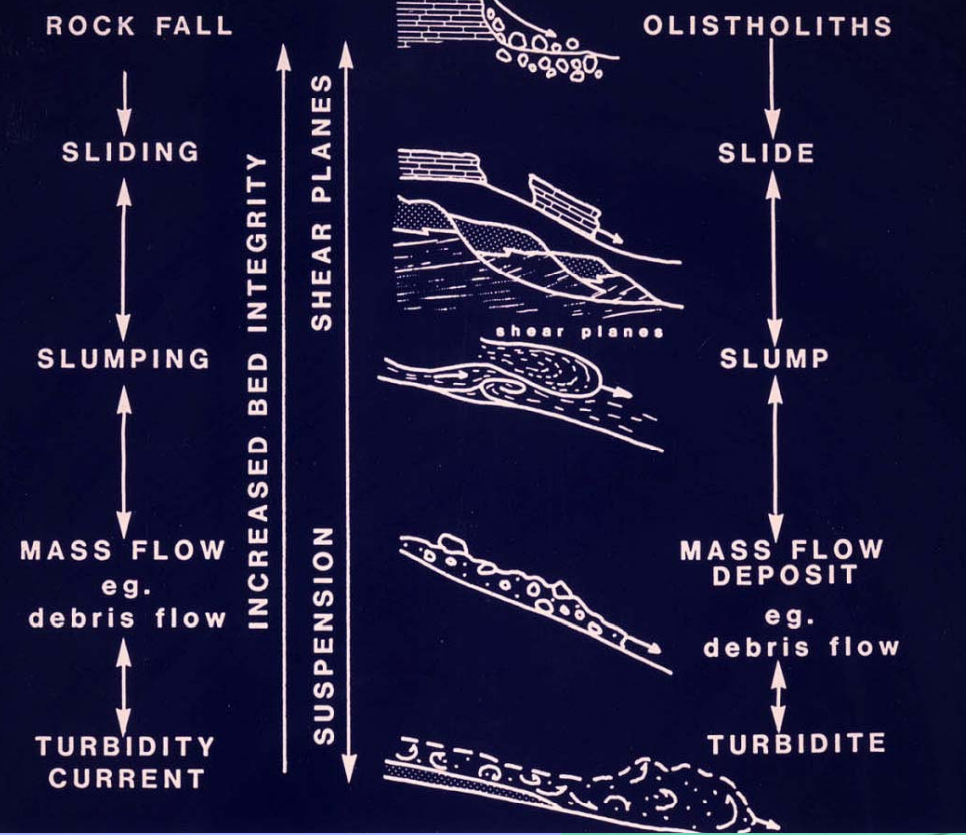


Figure 2—Idealized sequences of sedimentary textures and structures in hypothetical single-mechanism deposits of deep-water coarse clastic sediments (modified from Middleton and Hampton, 1976).



**PROCESSES**

**DEPOSITS**

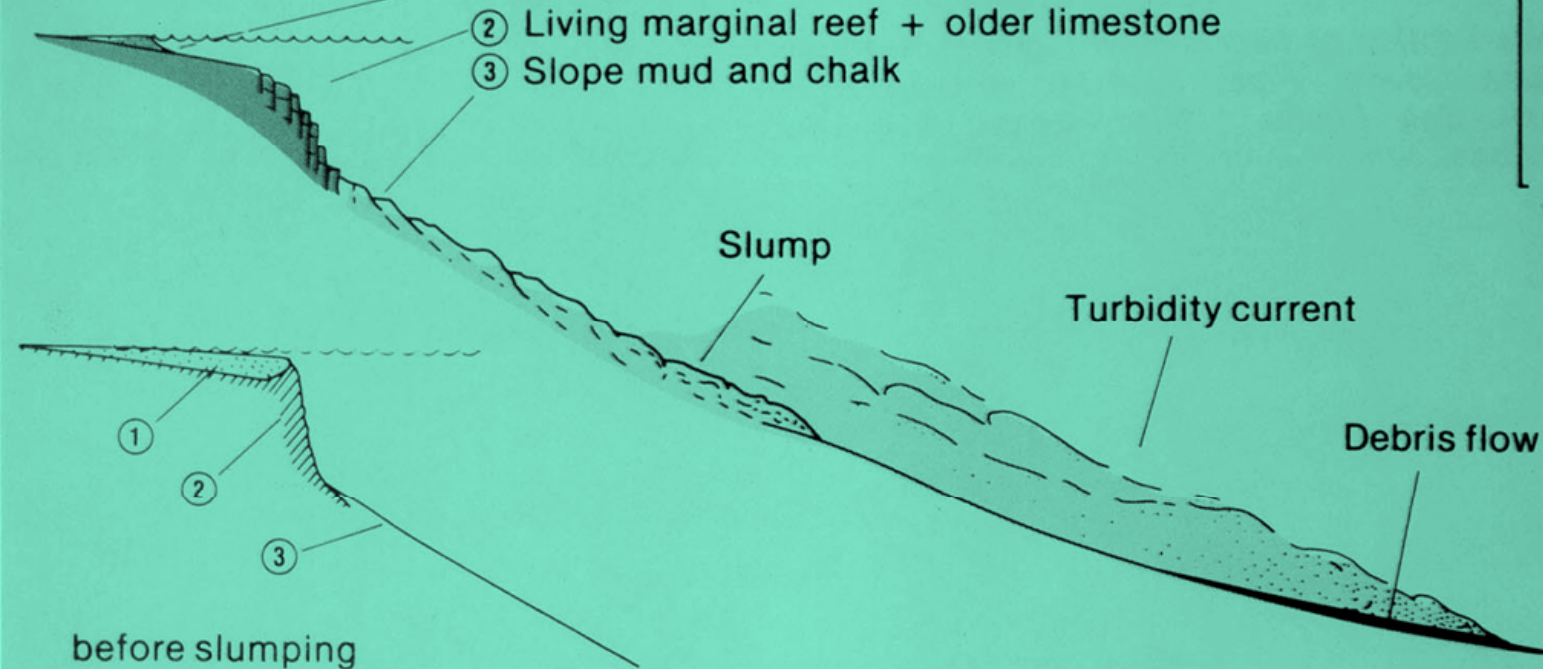


PROCESSI DI  
RISSEDIMENTAZIONE  
E DEPOSITI GRAVITATIVI  
PRESENTI SUI PENDII

SOURCE OF MATERIAL

- ① Wedge of sand at bank edge
- ② Living marginal reef + older limestone
- ③ Slope mud and chalk

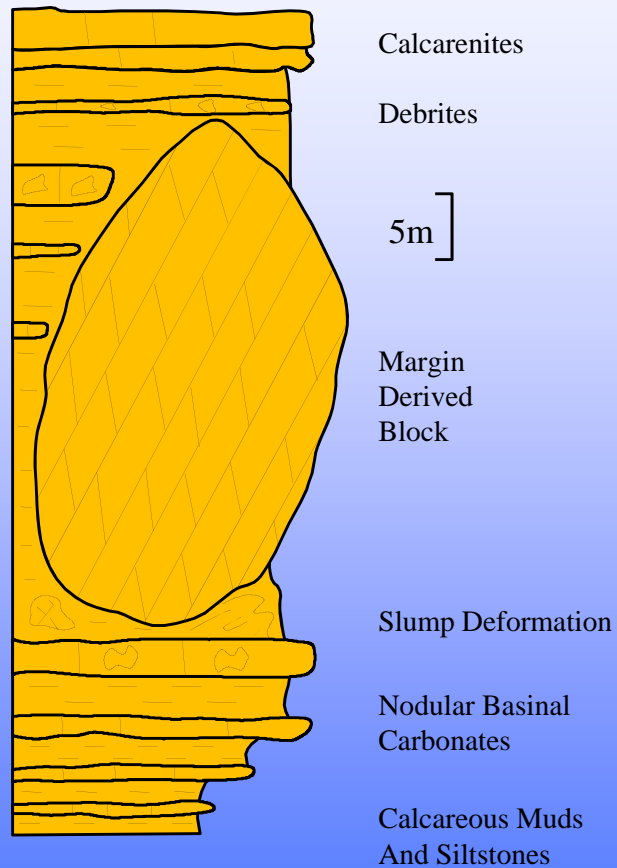
1 KM





# Facies Associations Characteristic of the Three Main Types of Deep-Water Slope Carbonates

## Mega-Talus Blocks



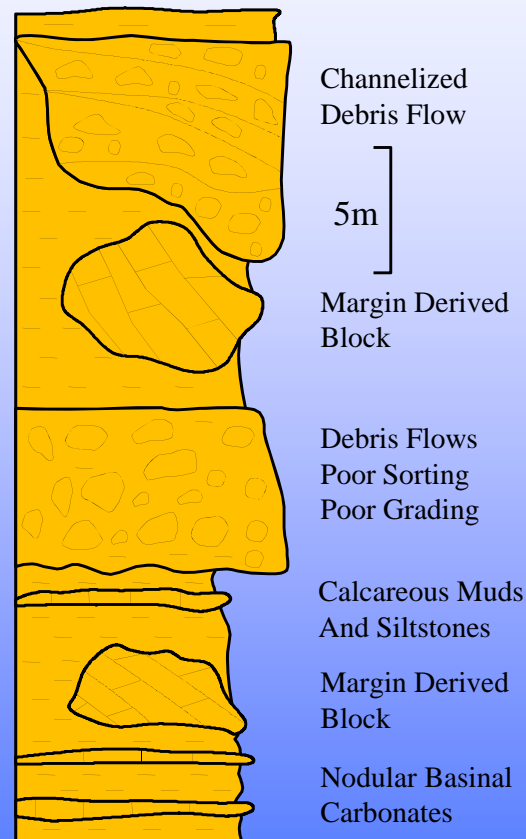
Mega-Talus Blocks



Debrites

Slope Calcareenites

## Debrites



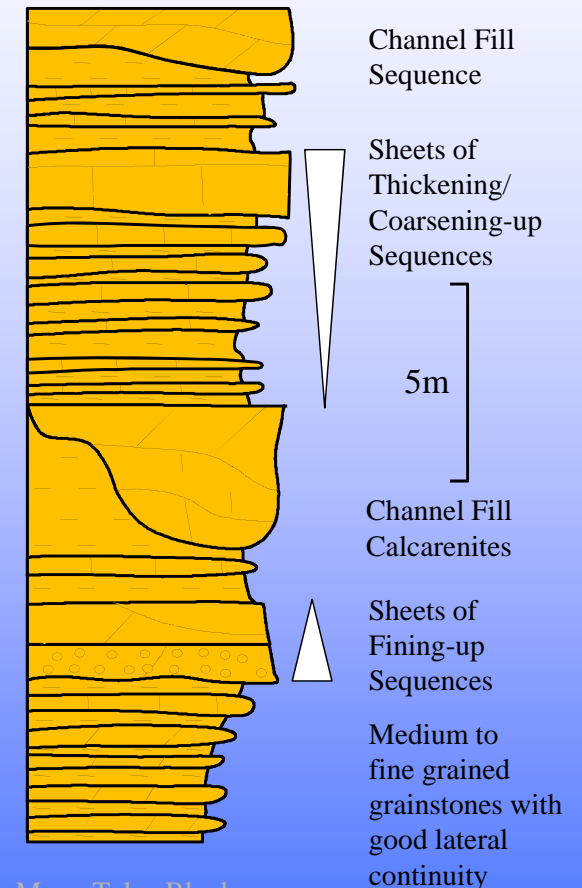
Mega-Talus Blocks



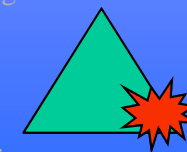
Debrites

Slope Calcareenites

## Slope Calcareenites



Mega-Talus Blocks



Debrites

Slope Calcareenites

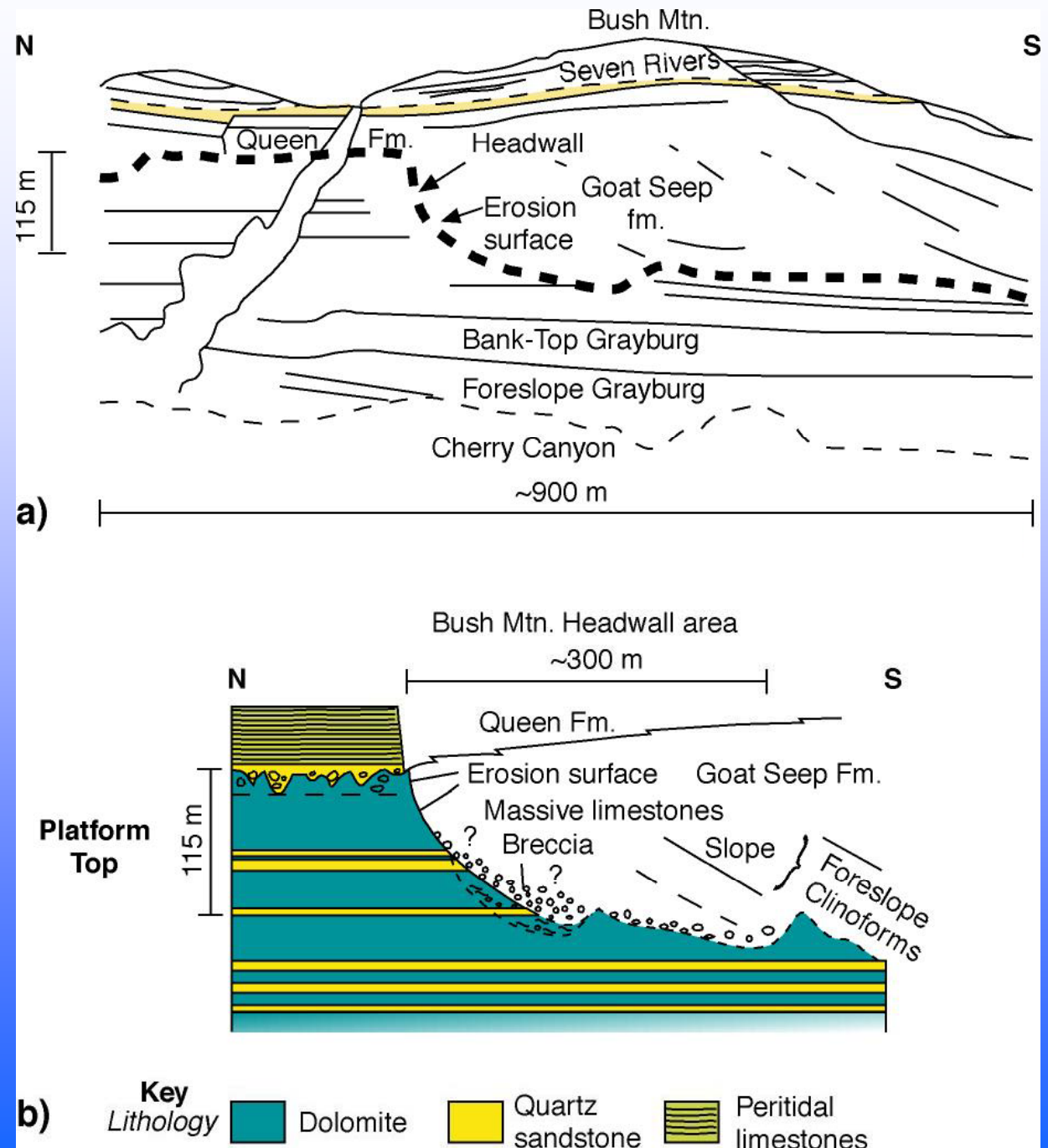
# Submarine erosion surface in ancient slopes

Permian Grayburg Fm., west Texas:

evolution from ramp-like morphology to steep, vertical accreting shelf margin

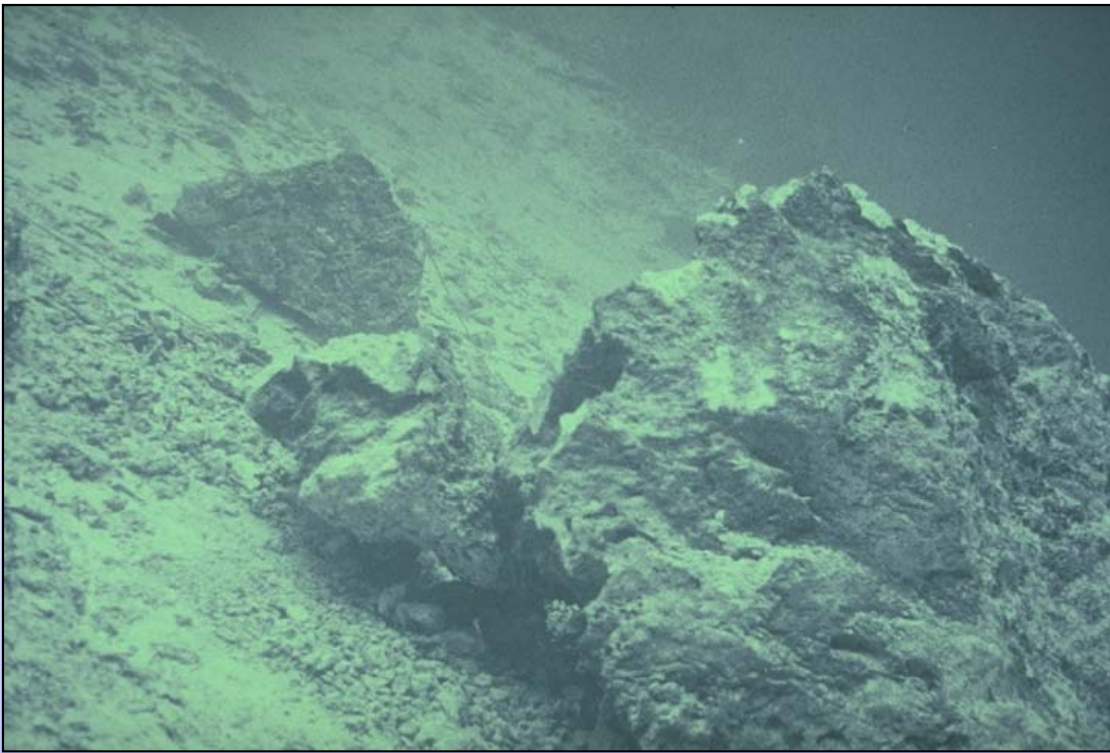
After erosive event: slumping associated with erosion by bottom currents

(dispense Della Porta, 2009)

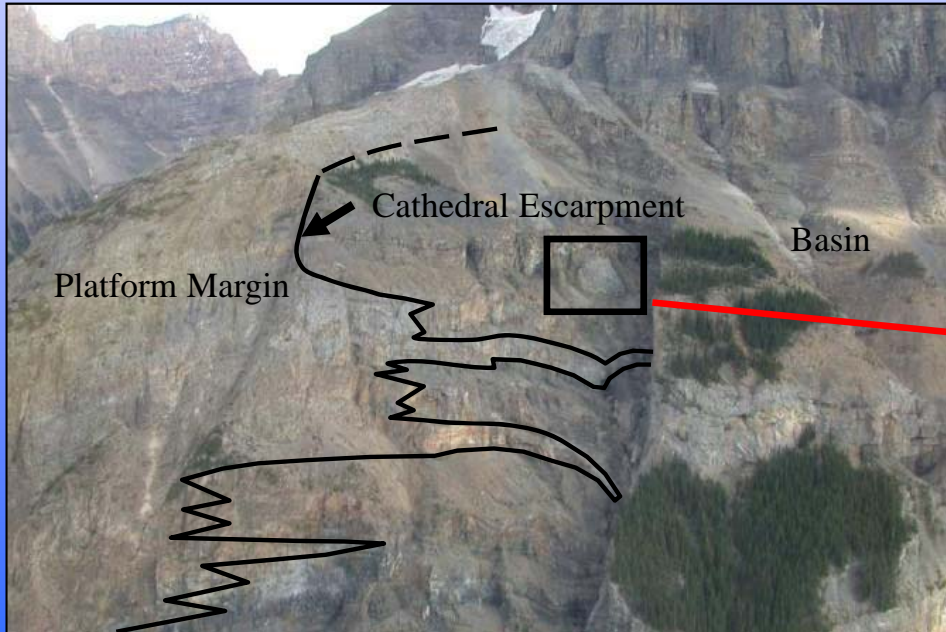




# Modern Talus Blocks - Belize



*(dispense Della Porta, 2009)*



**Mega Talus Block-Cambrian,  
Main Ranges, British Columbia**





Breccias (uncemented,  
compacted, matrix free debris  
flow)

Hawasina, Oman

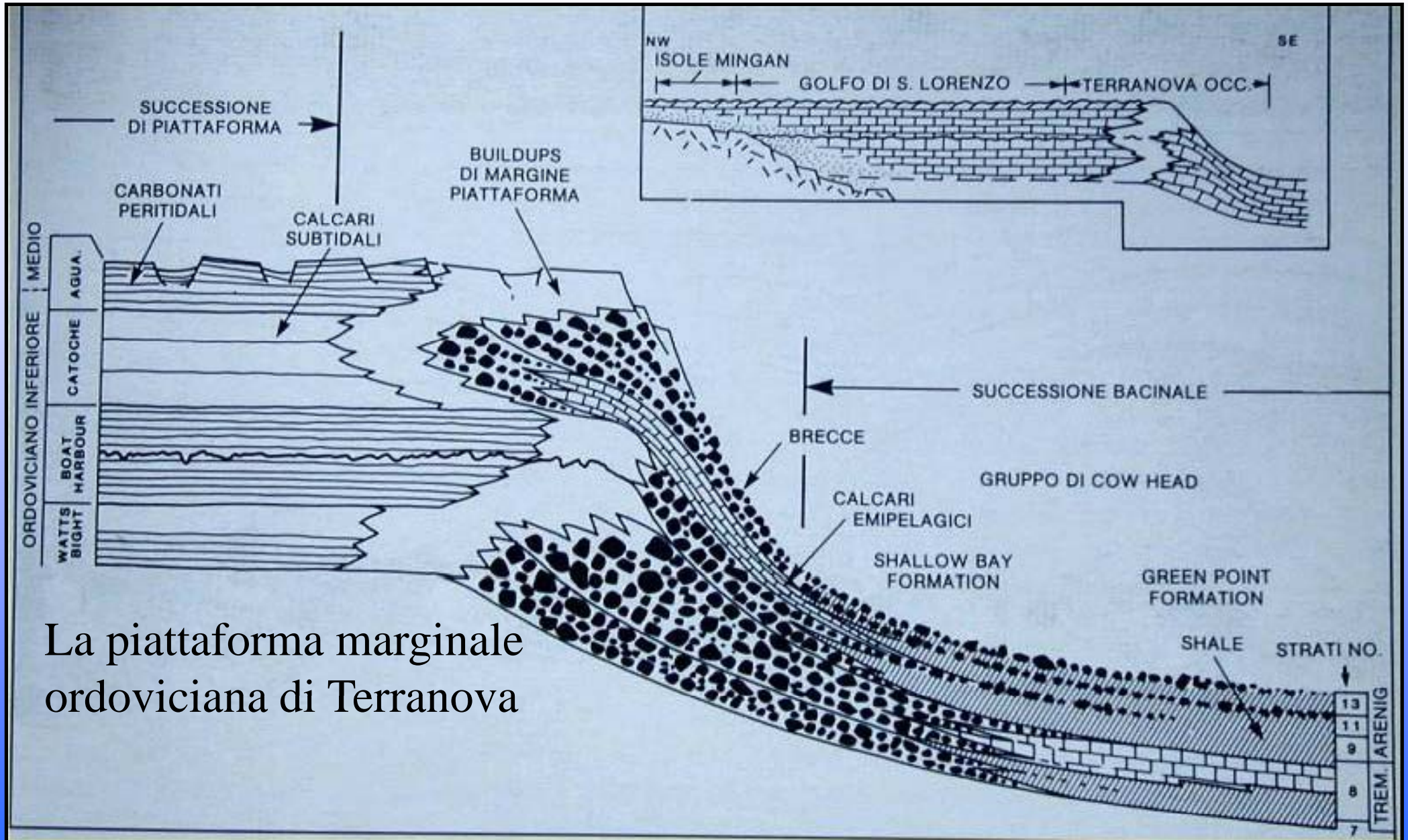
*(dispense Della Porta,  
2009)*



Megabreccias (meter scale)-  
Ordovician of Newfoundland



# Esempi di antiche successioni e modelli di piattaforma marginale con sviluppate facies di pendio dominate dalle brecce e megabrecce



La piattaforma marginale ordovicianiana di Terranova

L'organizzazione delle facies di questo tipo di margine è simile a quelle dei margini erosionali controllati dalla tettonica sindeposizionale.



# Origine delle breccie carbonatiche.

L'abbondanza di breccie carbonatiche, soprattutto con clasti ben litificati e diagenizzati, in una successione di ambiente transizionale tra la piattaforma e il bacino costituisce una indiscutibile prova della presenza di scarpate.

L'origine della scarpata può essere di:

- **natura tettonica**, in questo caso viene documentata dalla presenza di clasti poligenici appartenenti a varie successioni sedimentarie affioranti lungo la scarpata (es margini tettonici delle piattaforme liassiche del Sudalpino).
- **abbassamento del livello del mare** che espone il pendio superiore ai processi tipici dell'ambiente subaereo (**breccie patologiche** di Masetti et al., 1989).
- **veloce crescita verticale di un reef** (aggradazione, forse alle caratteristiche degli organismi presenti) adiacente un profondo bacino, con conseguente instabilità del suo margine esterno ad opera delle onde, correnti, processi diagenetici di dissoluzione ecc (**breccie fisiologiche** di Masetti et al., 1989)



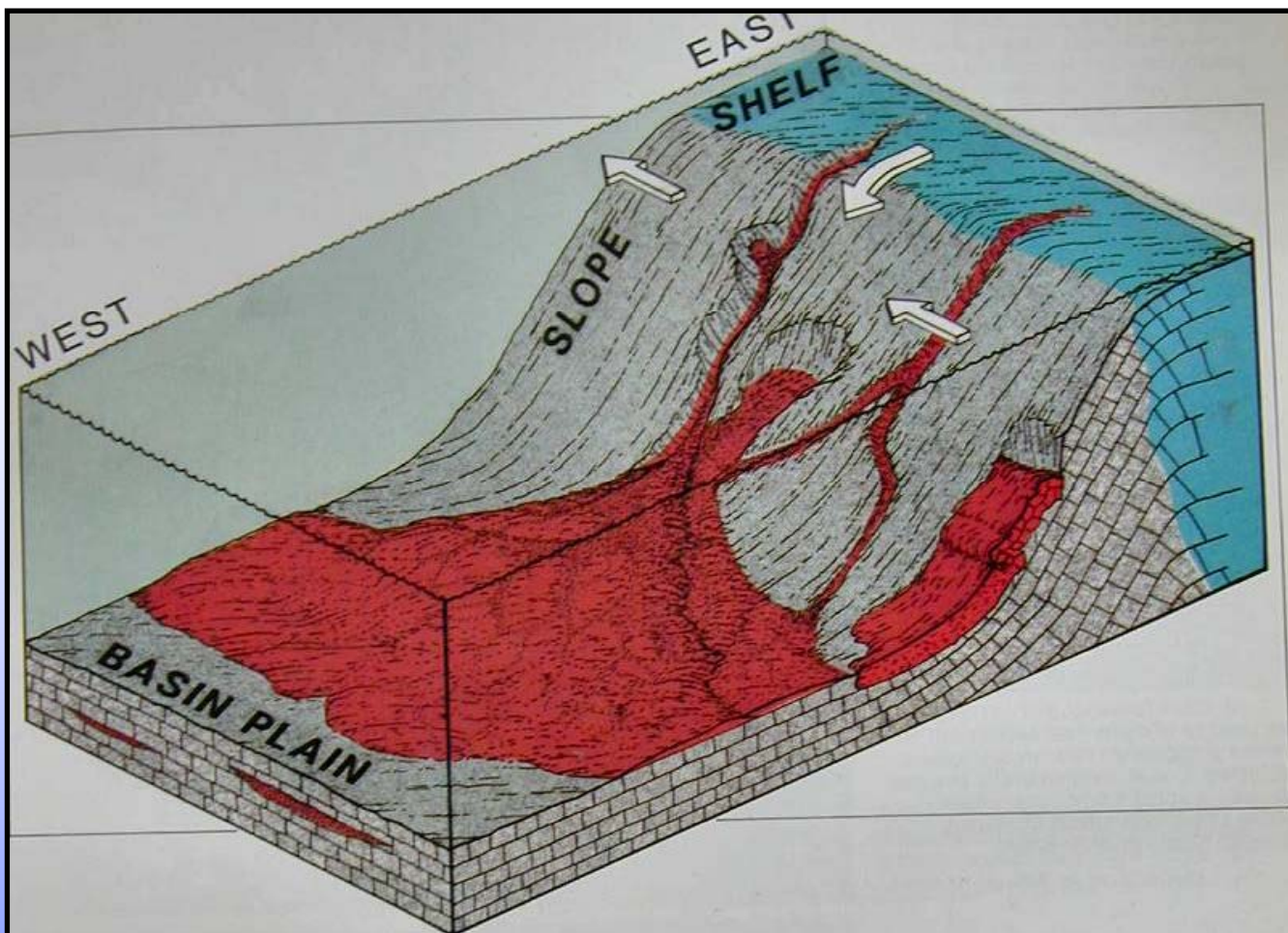


Figure 124—Model of interpreted shelf-slope-basin plain transition in the Late Cambrian and Early Ordovician of Nevada. Model shows slope is incised by numerous gullies but no major canyons; carbonate submarine fan develops at base of slope and basin plain; fan sediment is a mixture of shoal-water shelf carbonates and deeper water slide generated debris; contour currents flow northerly along upper slope (from Cook and Egbert, 1981a).

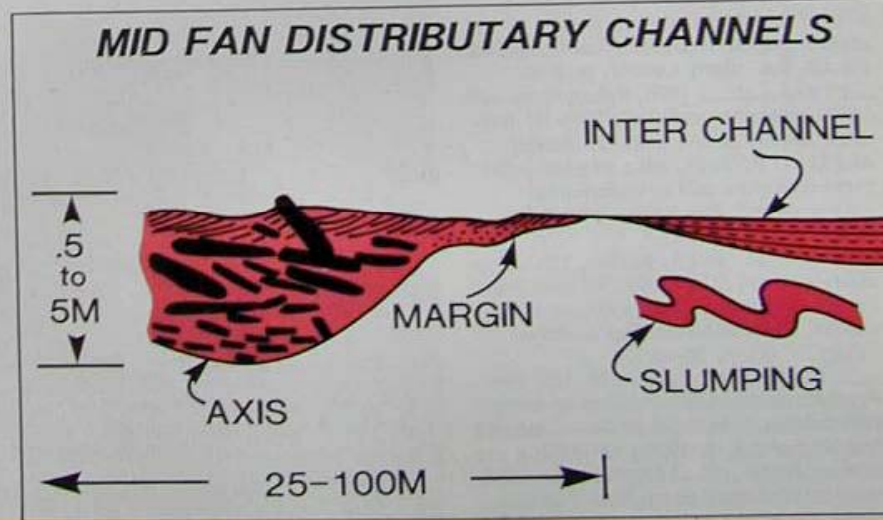


Figure 125—Model of some characteristics in mid-fan distributary channels shown in Figures 122 and 123. See Figures 71 and 126 for conglomerate in axis, Figure 127 for channel margin facies, and Figures 24 and 128 for inter-channel facies (drawing by H. E. Cook).

Esempio di un margine di piattaforma con alimentazione non lineare da canyon sottomarini delimitati lateralmente da pendio con fanghi di periplatfom (pendio di bypassing)



Figure 122—Preliminary local carbonate submarine-fan model showing that fan sediment is derived from both shoal-water shelf areas and by the remolding of deeper water slides and slumps into mass-flows, large slides and channelized conglomerates that occur in outer fan sites, calcarenites in non-channelized sheets in mid-fan sites, and thin-bedded silt to fine sand-sized carbonate turbidites in fan fringe and basin plain. Slope and fan facies about 500 m thick, basin plain facies about 1000 m thick. Model based on studies in Cambrian and Ordovician strata in Nevada (modified from Cook and Egbert, 1981b, c).

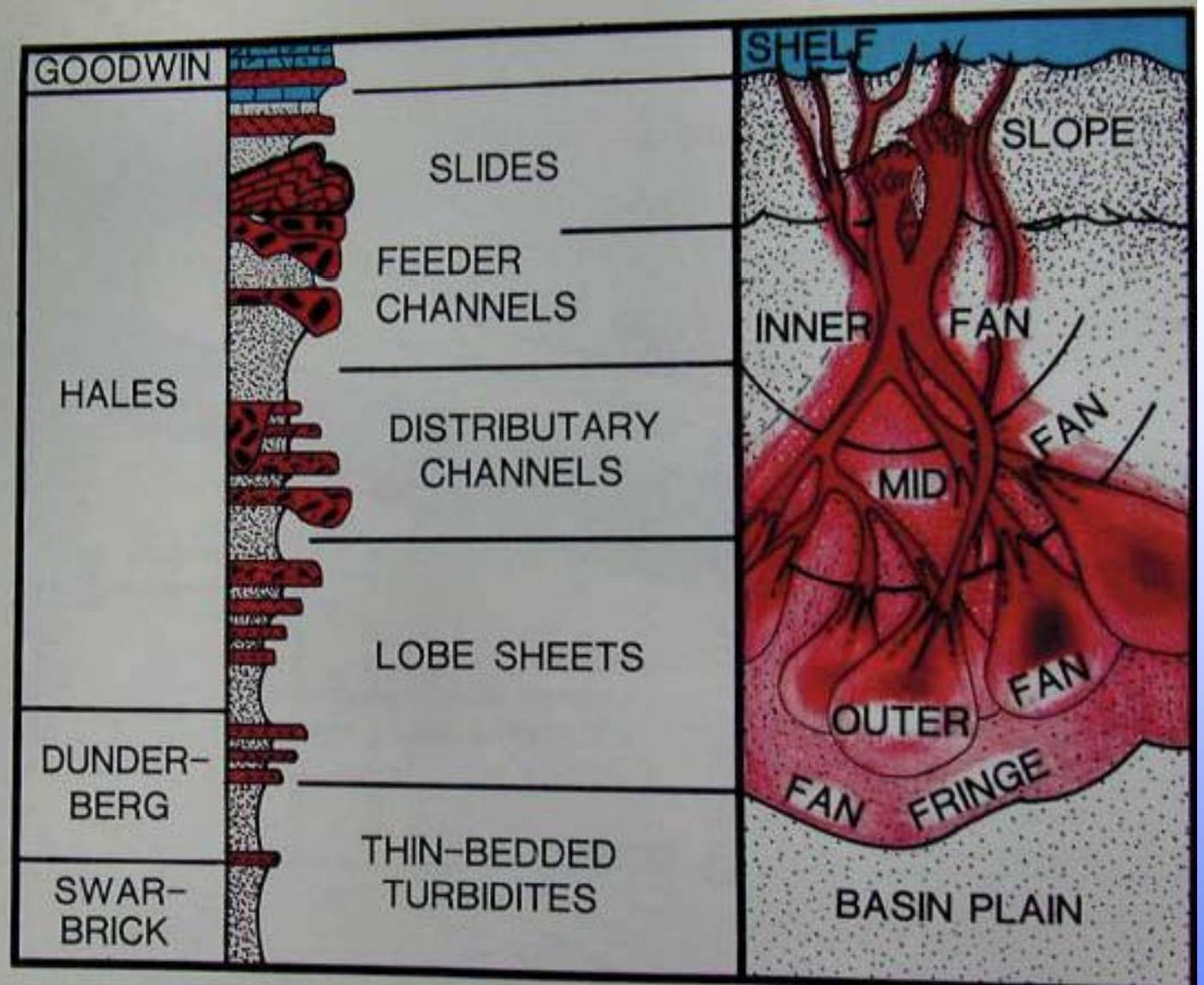




Figure 78—Normally graded limestone turbidite, 50 cm thick, contains both shelf- and slope-derived clasts. Tabular clasts exhibit subparallel orientation. Located in inner fan facies near base of slope. Lower part of Hales Limestone, Upper Cambrian, Nevada (modified from Cook and Taylor, 1977; photo by H. E. Cook).

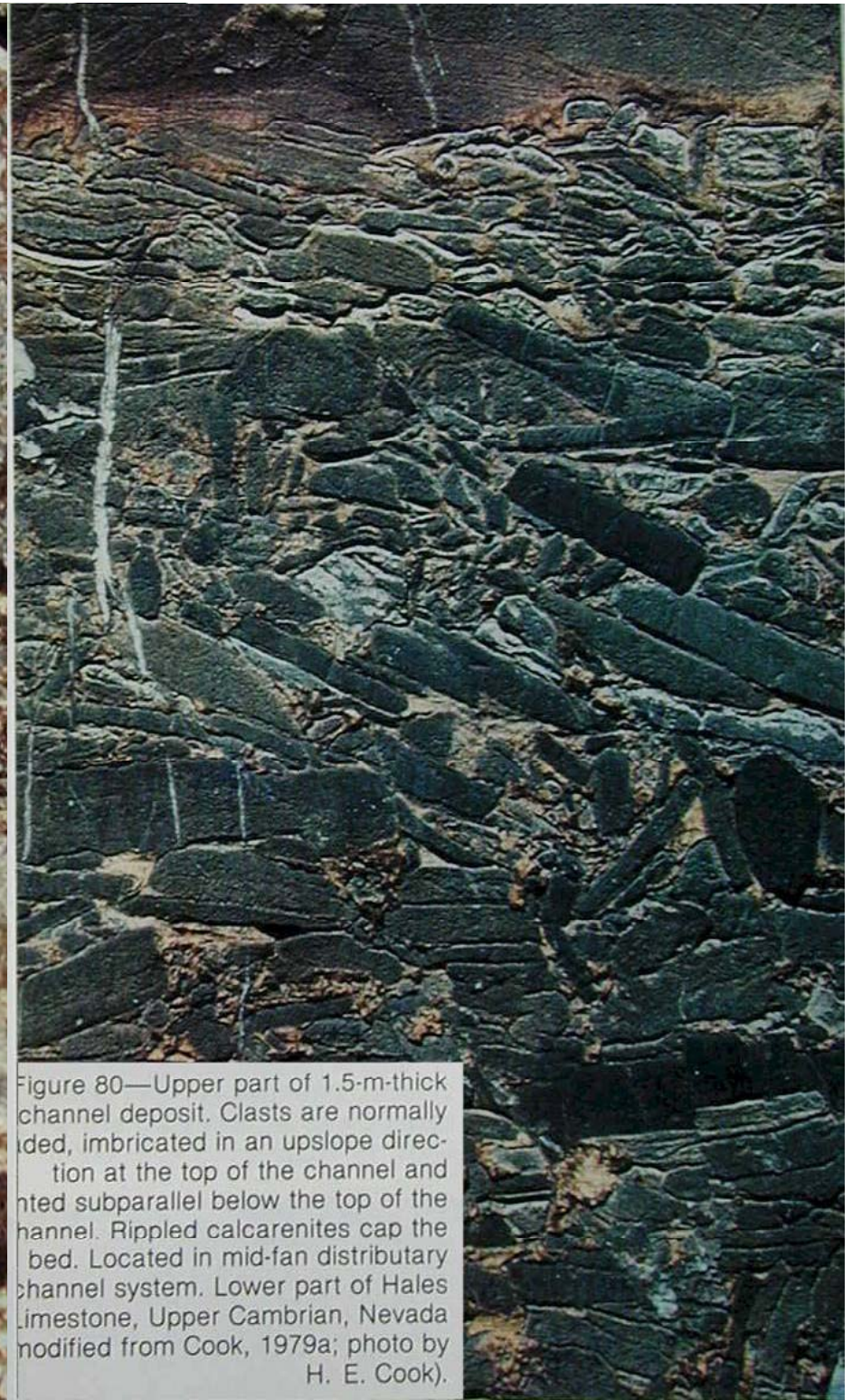


Figure 80—Upper part of 1.5-m-thick channel deposit. Clasts are normally graded, imbricated in an upslope direction at the top of the channel and oriented subparallel below the top of the channel. Rippled calcarenites cap the bed. Located in mid-fan distributary channel system. Lower part of Hales Limestone, Upper Cambrian, Nevada (modified from Cook, 1979a; photo by H. E. Cook).





Figure 23—Detrital limestone bed showing Bouma divisions A-graded (note pebbles at base), B-planar laminated (?), and C-cross-laminated (with oversteepened ripple forms). The interval above the ripple forms may be a continuation of the

Esempio di torbidite carbonatica con base granoclassata, orizzonte laminato e con laminazione incrociata con al tetto dei ripples da corrente. La parte soprastante potrebbe costituire la parte più fine della torbidite.



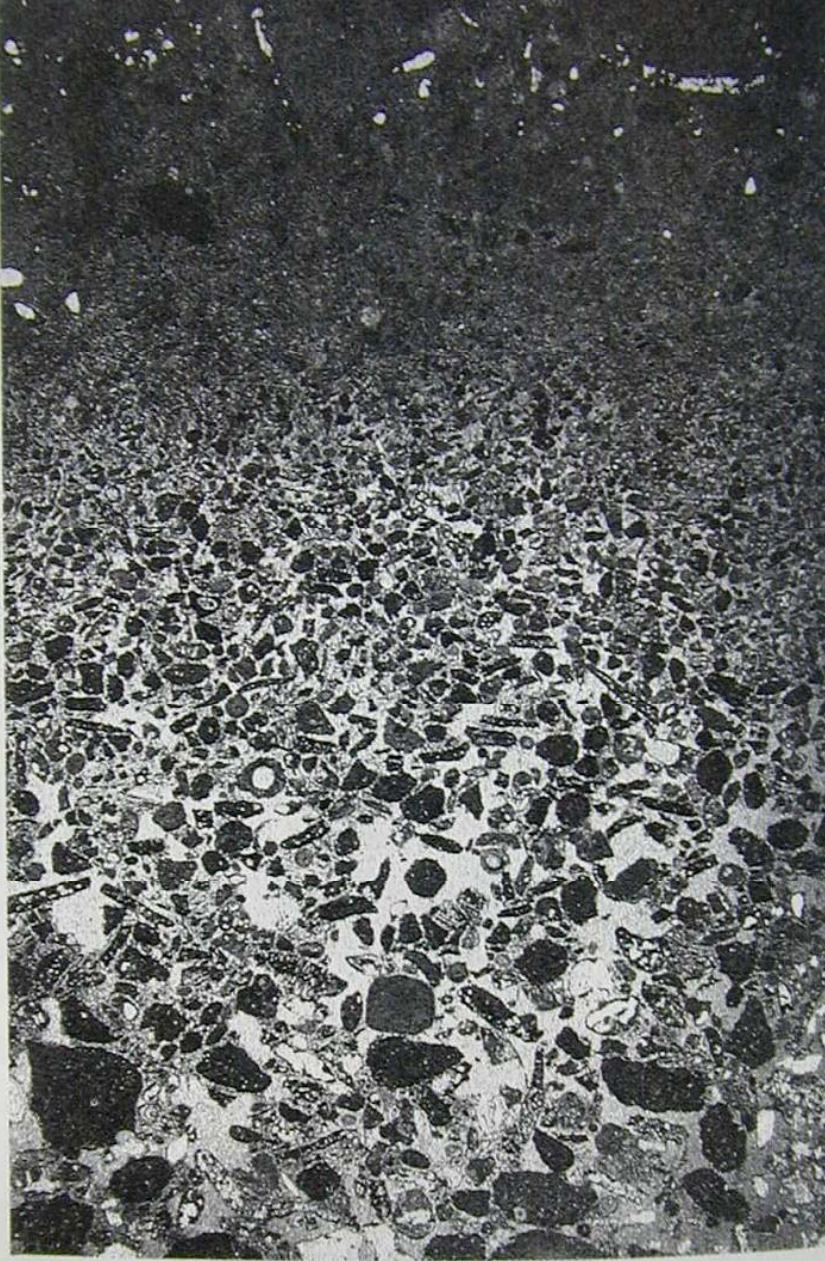


Figure 73—Thin section photomicrograph of normally graded carbonate turbidite. Sample from core C-32 obtained from 900 fathoms of water in Exuma Sound, Bahamas (from Crevello, 1978; courtesy of P. D. Crevello).

Torbiditi  
carbonatiche  
fini con  
granoclassa-  
zione

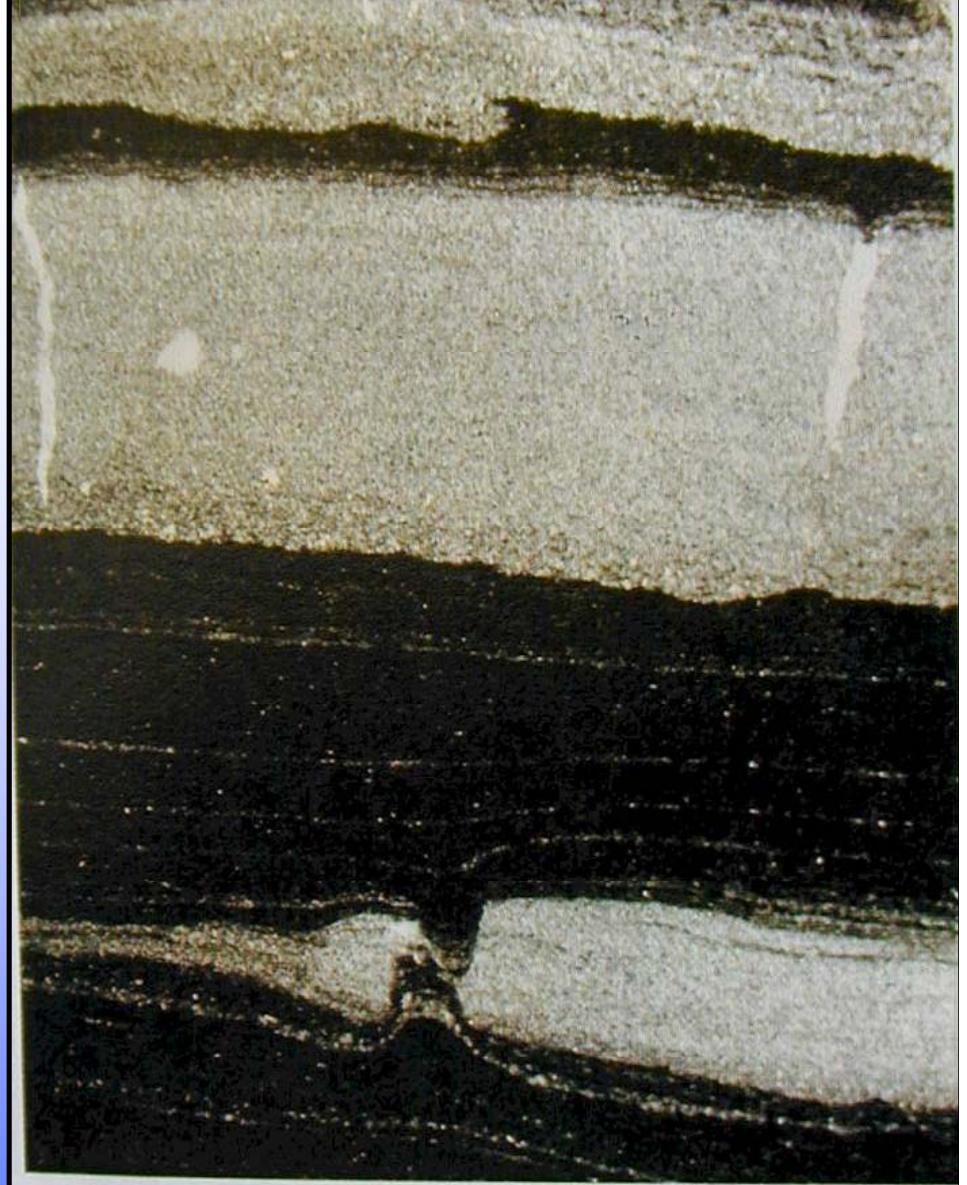


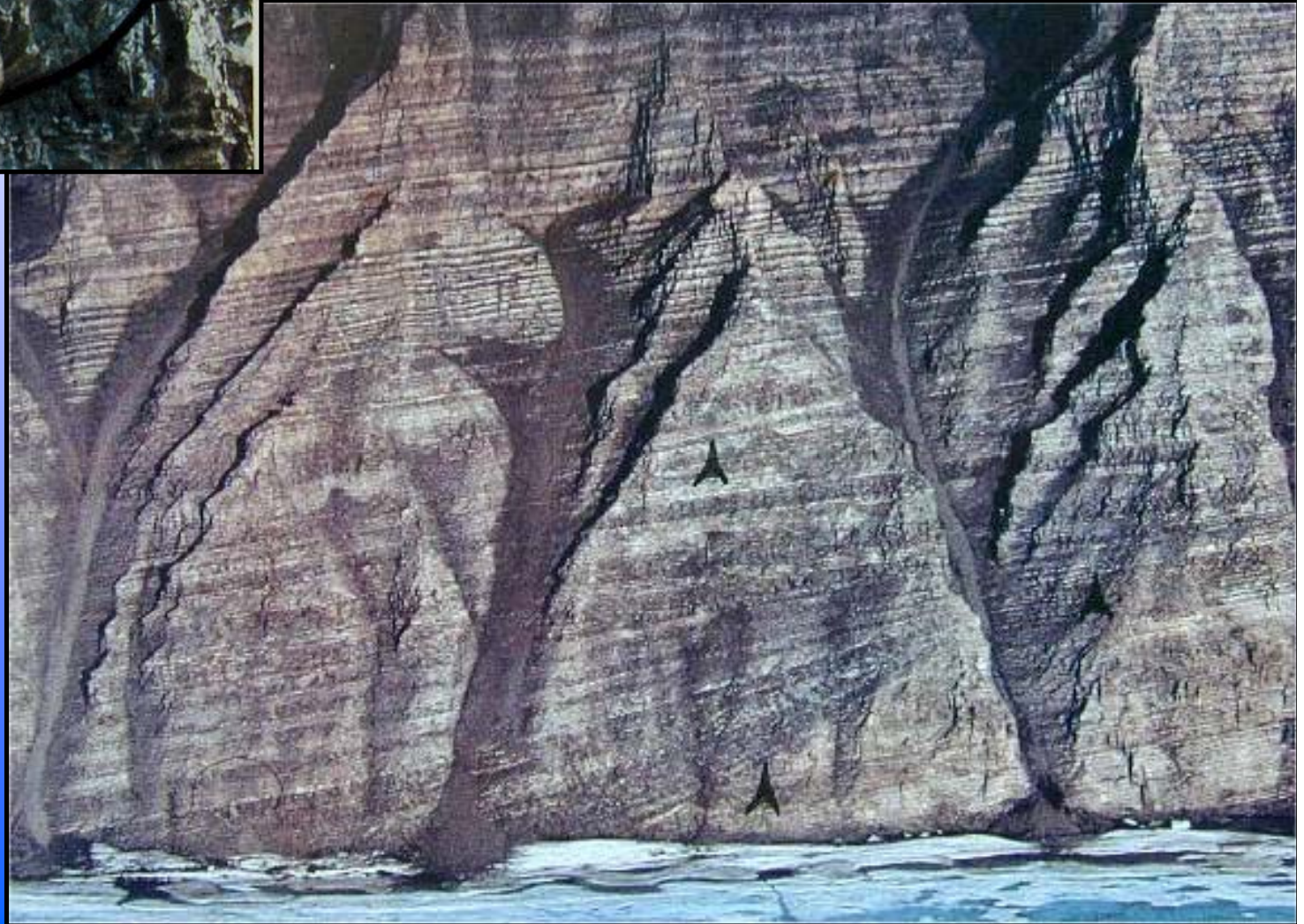
Figure 87—Normally graded grainstone turbidites interbedded with limey shale. Note erosional surface and flame structures at tops of shale layers, and boudin structures in lower grainstone layer (from Pfeil and Read, 1980; courtesy of J. F. Read).



Figure 25—Rotational slide (slump) in lower slope facies, 10 m thick which in turn is truncated by an overlying translational slide. Upper part of Hales Limestone, Lower Ordovician, Nevada (from Cook, 1979a; photo by H. E. Cook).



## Le troncature erosionali nelle successioni di pendio della piattaforma ordoviciana della Groenlandia





Le breccie intraformazionali in successioni di pendio costituite da “periplatform ooze” e deformazioni plastiche (slumping).

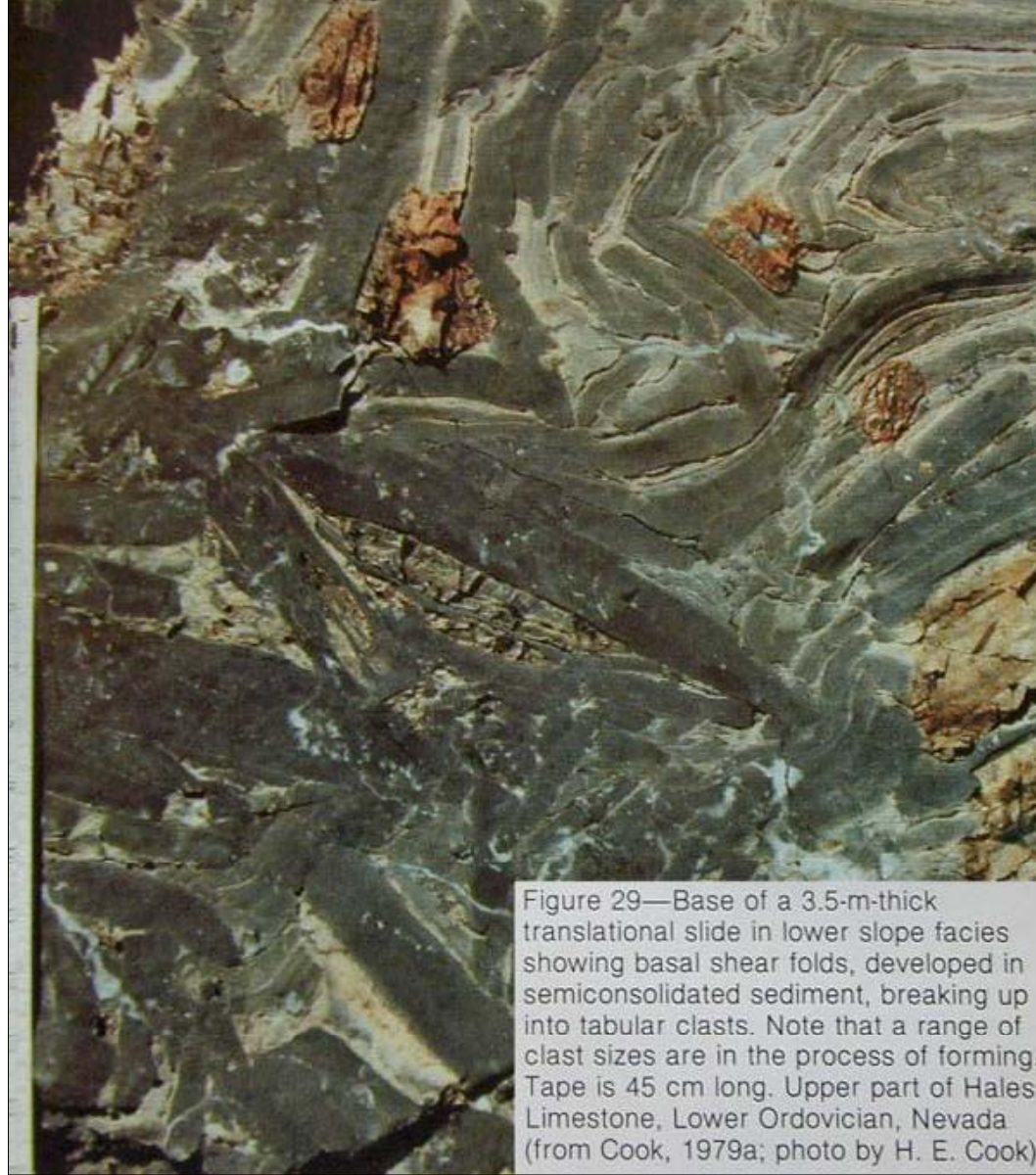


Figure 29—Base of a 3.5-m-thick translational slide in lower slope facies showing basal shear folds, developed in semiconsolidated sediment, breaking up into tabular clasts. Note that a range of clast sizes are in the process of forming. Tape is 45 cm long. Upper part of Hales Limestone, Lower Ordovician, Nevada (from Cook, 1979a; photo by H. E. Cook).



Figure 22—Example of carbonate soft-sediment deformation in Liberty Hall Formation, Middle Ordovician, Appalachians (from J. F. Read, 1980; courtesy of J. F. Read).



Antichi sedimenti calcilutitici, sottilmente stratificati, interpretati “periplatform ooze” deposto su di un pendio interessato da bypassing del materiale più grossolano.



NB La presenza di una successione prevalentemente calcilutitica e sottilmente stratificata potrebbe anche indicare un blando pendio di rampa e non un pendio con bypassing.



# **Le associazioni di facies presenti in diversi tipi di pendii della piattaforma carbonatica**

Ogni pendio di piattaforma presenta caratteristiche peculiari e localmente ben differenziate.

Le relative associazioni di facies in genere sono difficilmente correlabili lateralmente (organizzazione verticale delle facies, rapporto tra risedimenti e fanghi emipelagici, spessore degli strati, tessiture, colore, nell'ambito dello stesso sistema deposizionale).

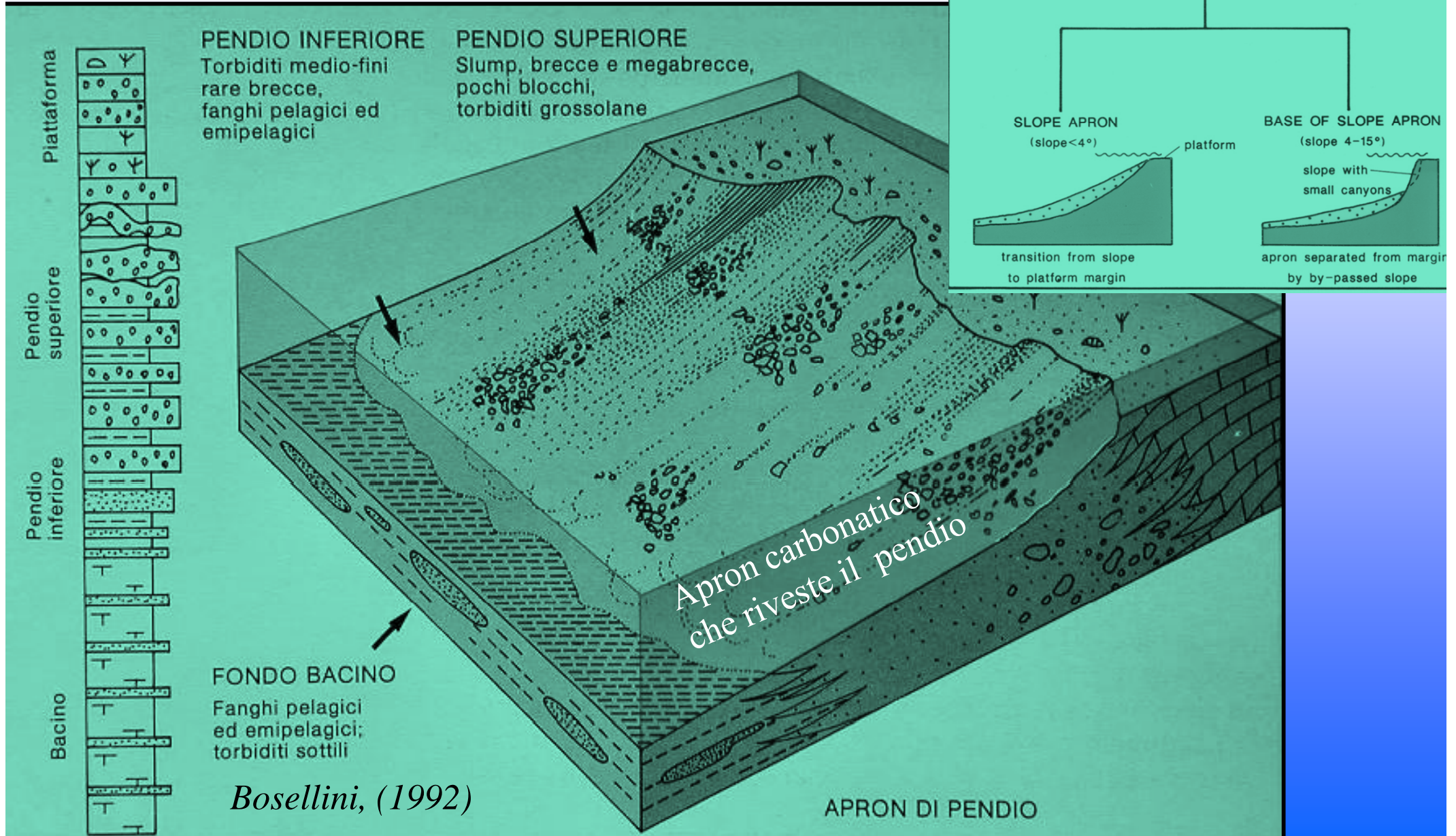
Tuttavia l'analisi stratigrafica e delle facies può permettere di riconoscere facilmente una successione di pendio scarpata e in molti casi si possono fare anche considerazioni sul tipo dei pendio e riconoscere la presenza di una scarpata.

Di seguito sono presentate alcune tipiche associazioni di facies carbonatiche di pendio, scarpata (marginati o non marginati da reef e da ultimo anche di rampa carbonatica).



a) **Pendio con “apron” carbonatico**: costituisce un’estesa falda sottomarina di breccie e sabbie carbonatiche che viene rifornita da una sorgente continua e piuttosto lineare in corrispondenza del margine della piattaforma.

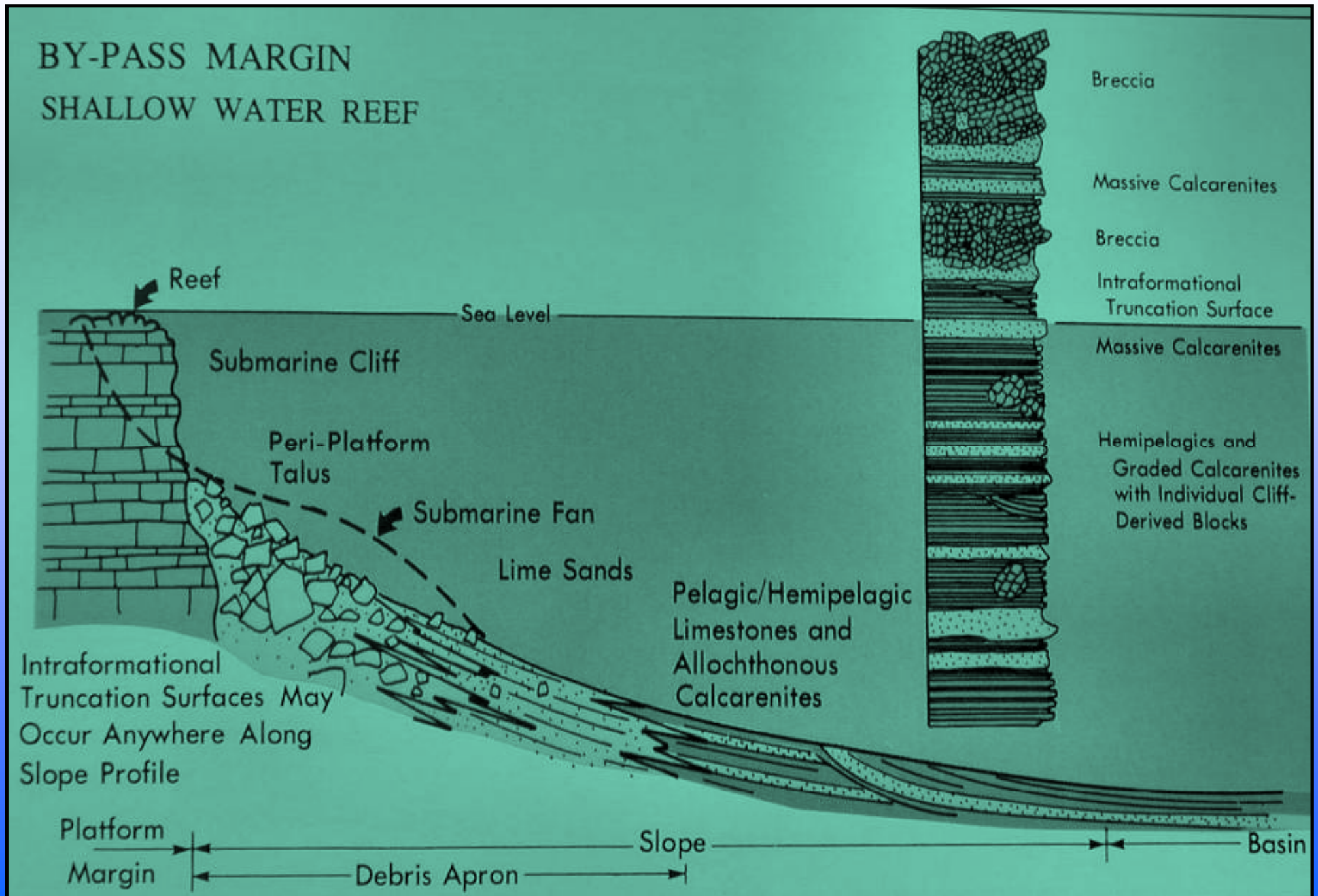
after Mullins & Cook, 1986





b) Facies di un pendio dominato da una **scarpata marginata da reef**.

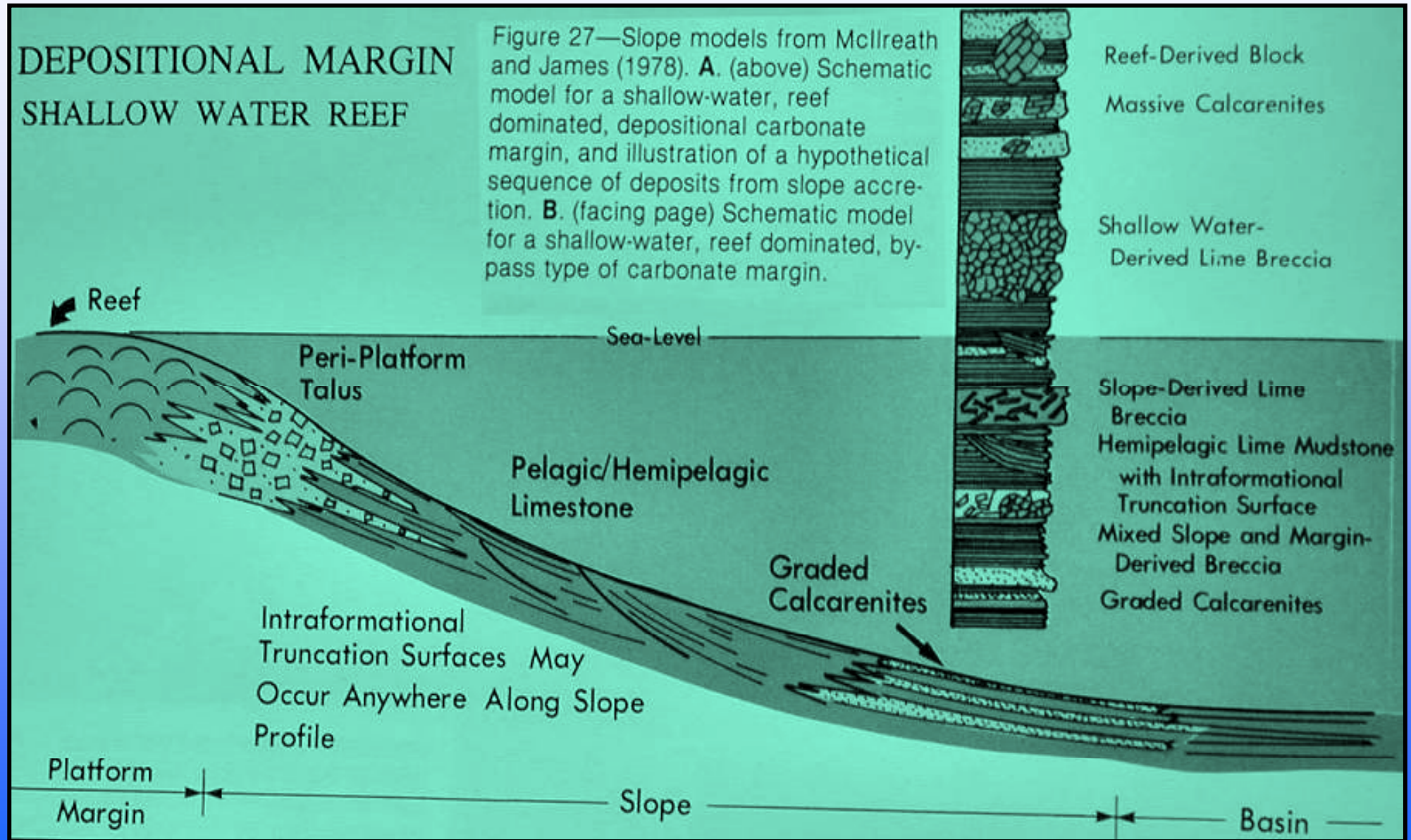
La colonna stratigrafica evidenzia l'associazione delle facies durante un trend regressivo.





c) Associazioni di facies di un **pendio marginato da reef senza scarpata.**

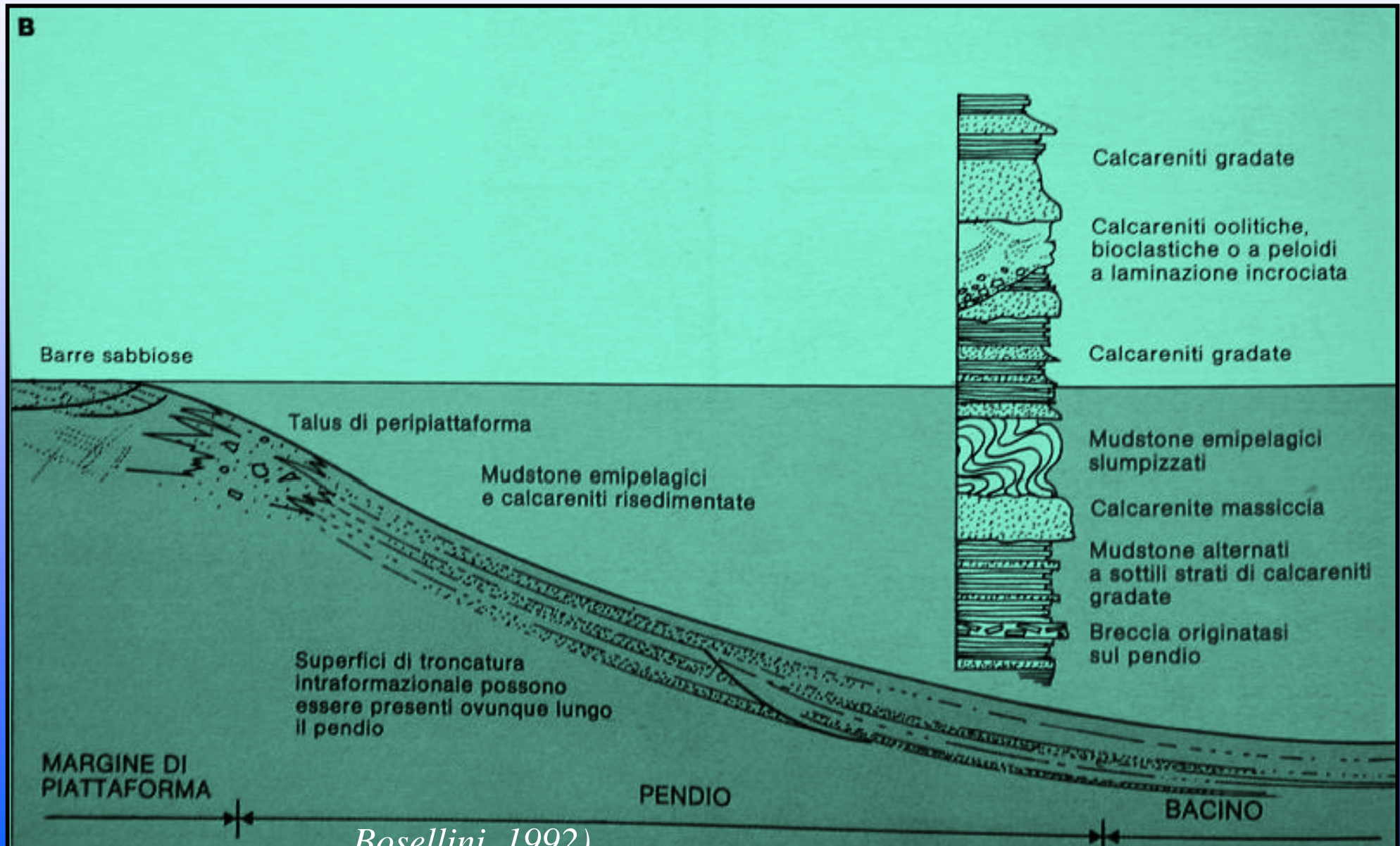
L'associazione verticale delle litofacies è ricostruita sempre durante un trend regressivo.





d) Associazioni di facies di un margine di **piattaforma-pendio privo di biocostruzioni** (barre sabbiose marginali sommerse o barrier island).

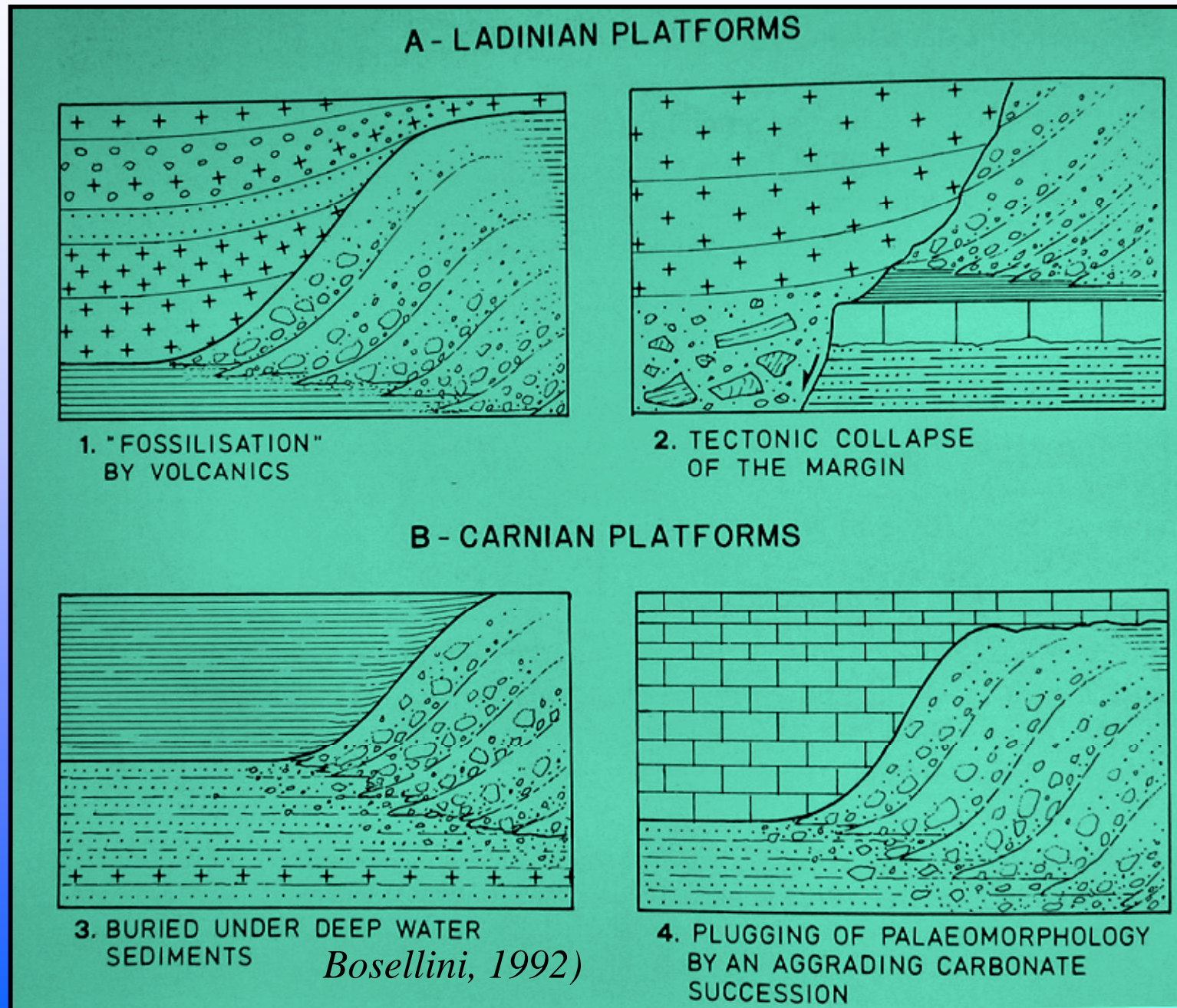
In questa situazione gli accumuli di breccie sono assenti o scarsamente rappresentate solo sul pendio superiore, prevalgono le calcareniti.





# Ladinian-Carnian isolated platforms, Dolomites (after Bosellini)

Clinoform geometry and relations of interfingering with basinal deposits at the toe of slope: example of progradation













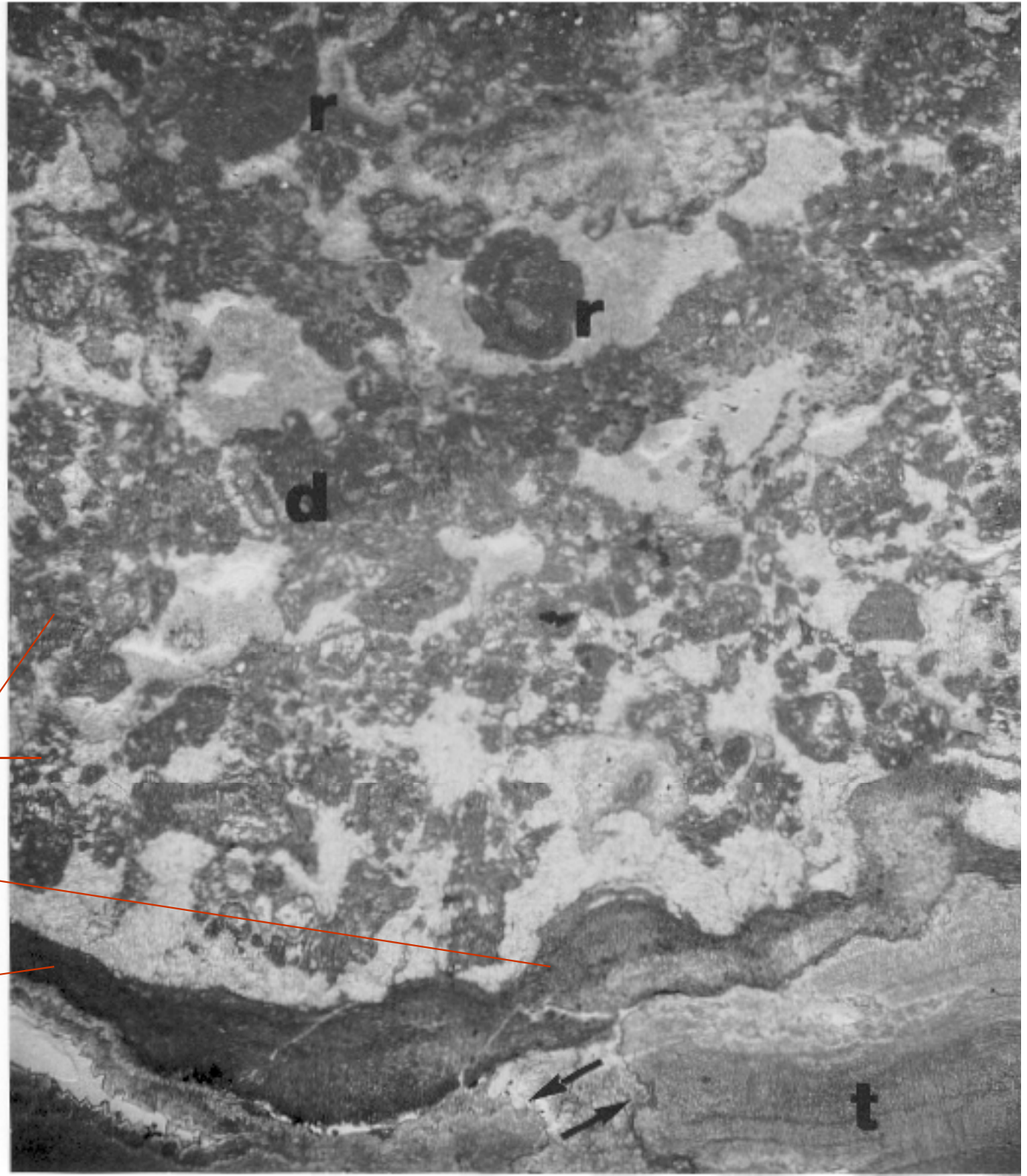
## Automicrite textures

Molti slope triassici delle Dolomiti sono ricchi in fanghi micritici che attualmente sono interpretati come prodotti autoctoni formatisi sullo slope anche per i contributi di microorganismi

clusters of micropellets

laminated (stromatolitic)

homogeneous micrite







Megabreccias of the slope of the Sciliar platform and margin. These are overlain by volcanoclastic deposits (Wengen Fm.).

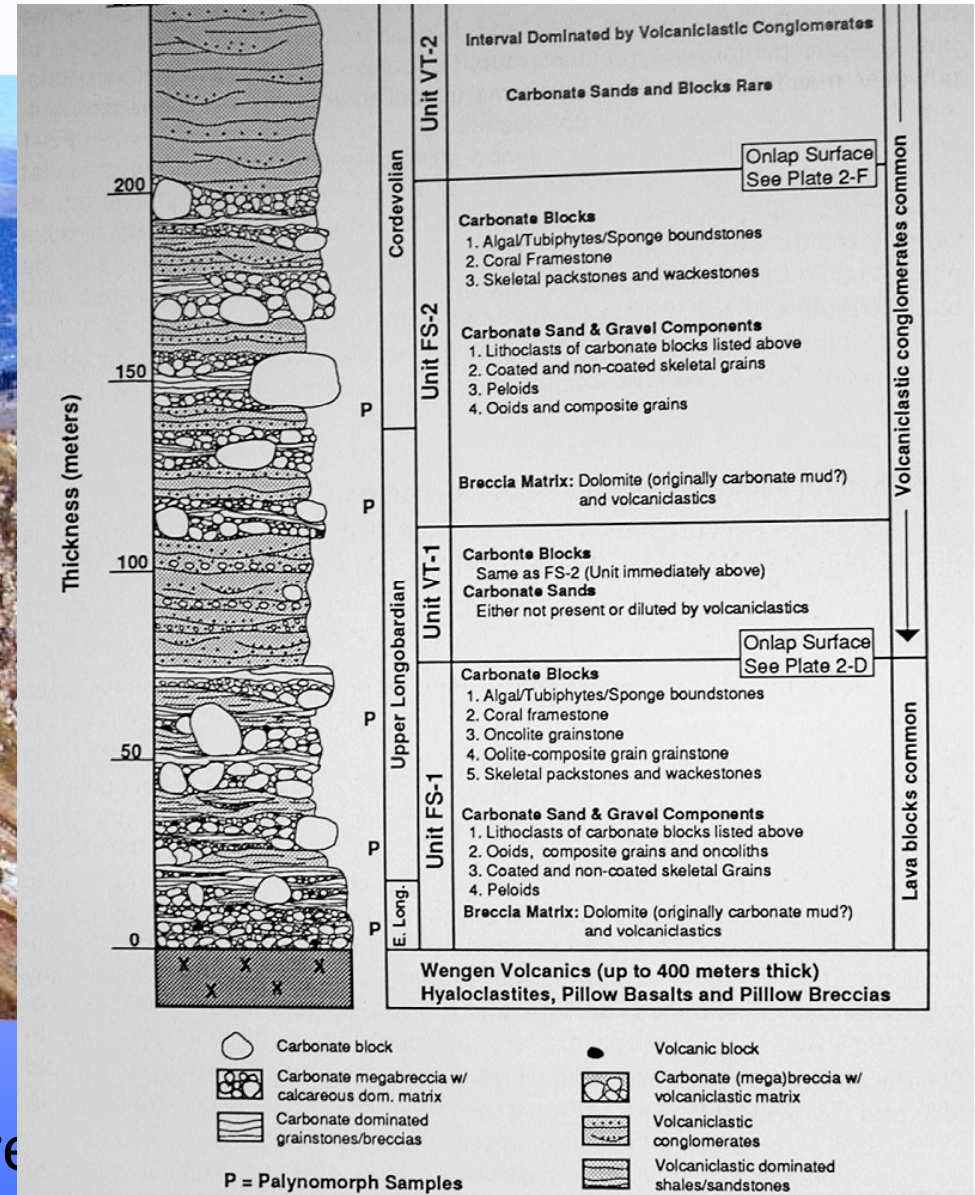


Figure 5: Measured section of post-volcanic base-of-slope deposits from east end of the Sciliar highlighting the compositional range of carbonate sediment within units FS-1--> VT-2. Carbonate components, when numbered, are ranked in terms of their relative abundances.



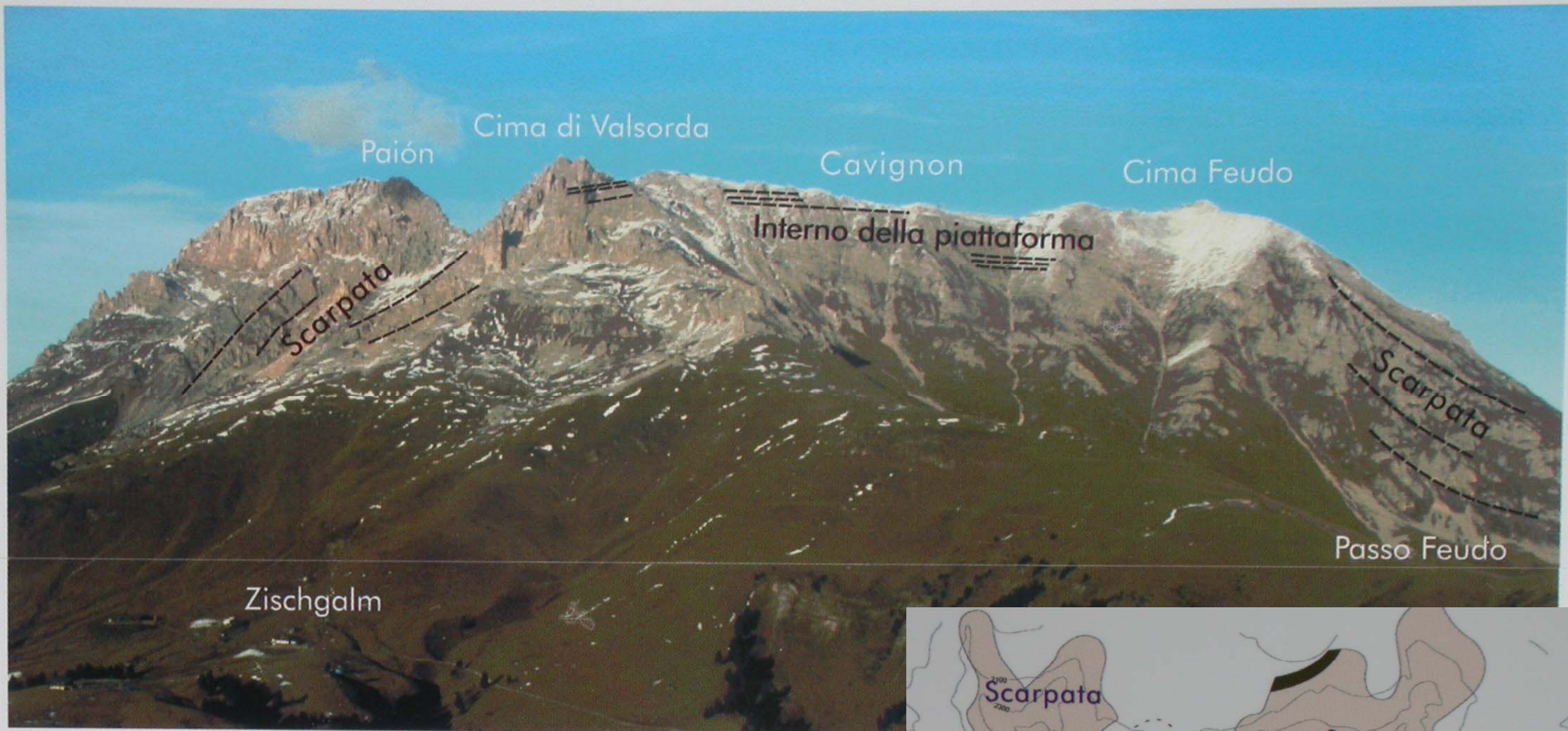
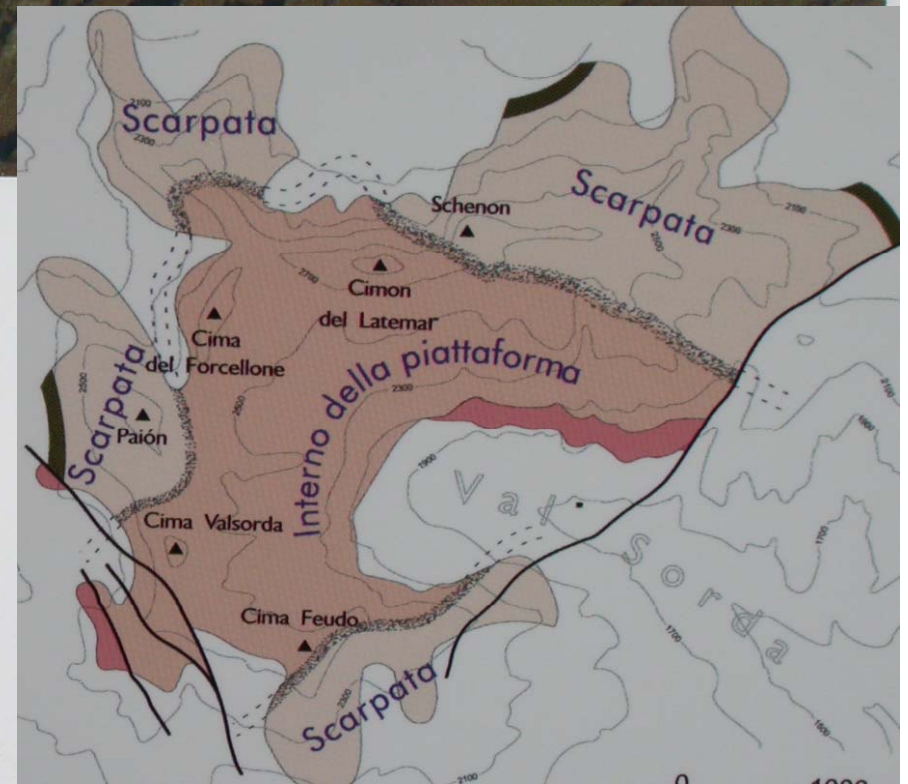
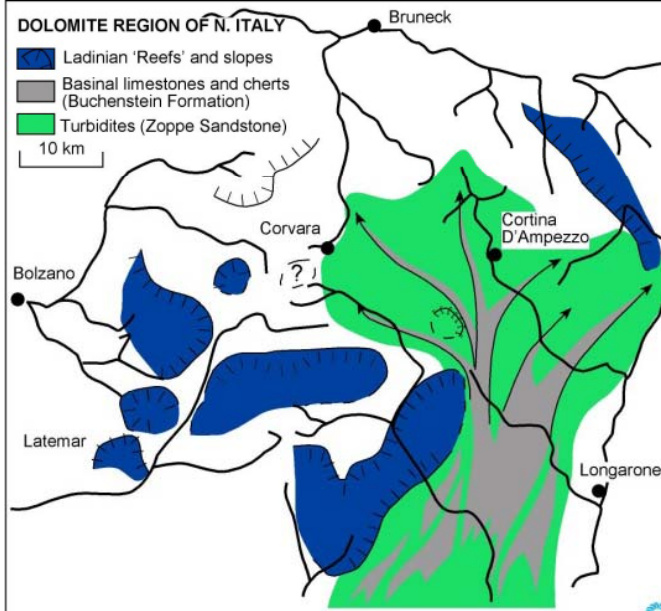


Fig. 2 - Gruppo del Latemar (alle Vostre spalle). Nella fotografia sono evidenziate le diverse aree di accrescimento dell'antica piattaforma; nella parte centrale sono chiaramente distinguibili gli strati orizzontali (Calcere del Latemar).

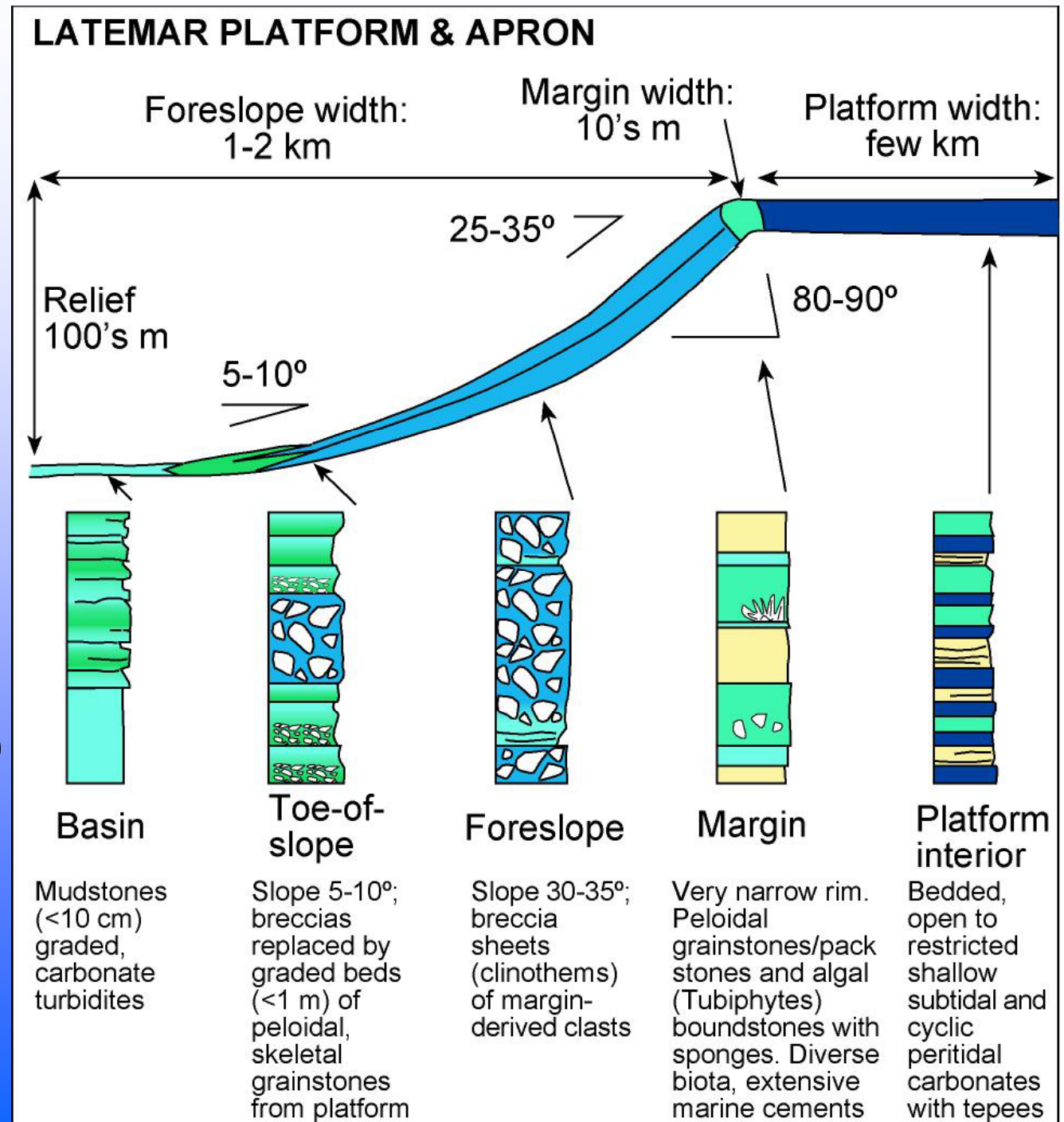
Abb. 2 - Latemargruppe (hinter Ihnen). Im Foto sind die verschiedenen Wachstumsbereiche der alten Plattform hervorgehoben; in der Mitte läßt sich die horizontale Schichtung gut erkennen (Latemar-Kalk).







# Slope carbonate Facies models



**Examples of Slope apron, Latemar Isolated Carbonate Platform, Triassic of the Dolomites**

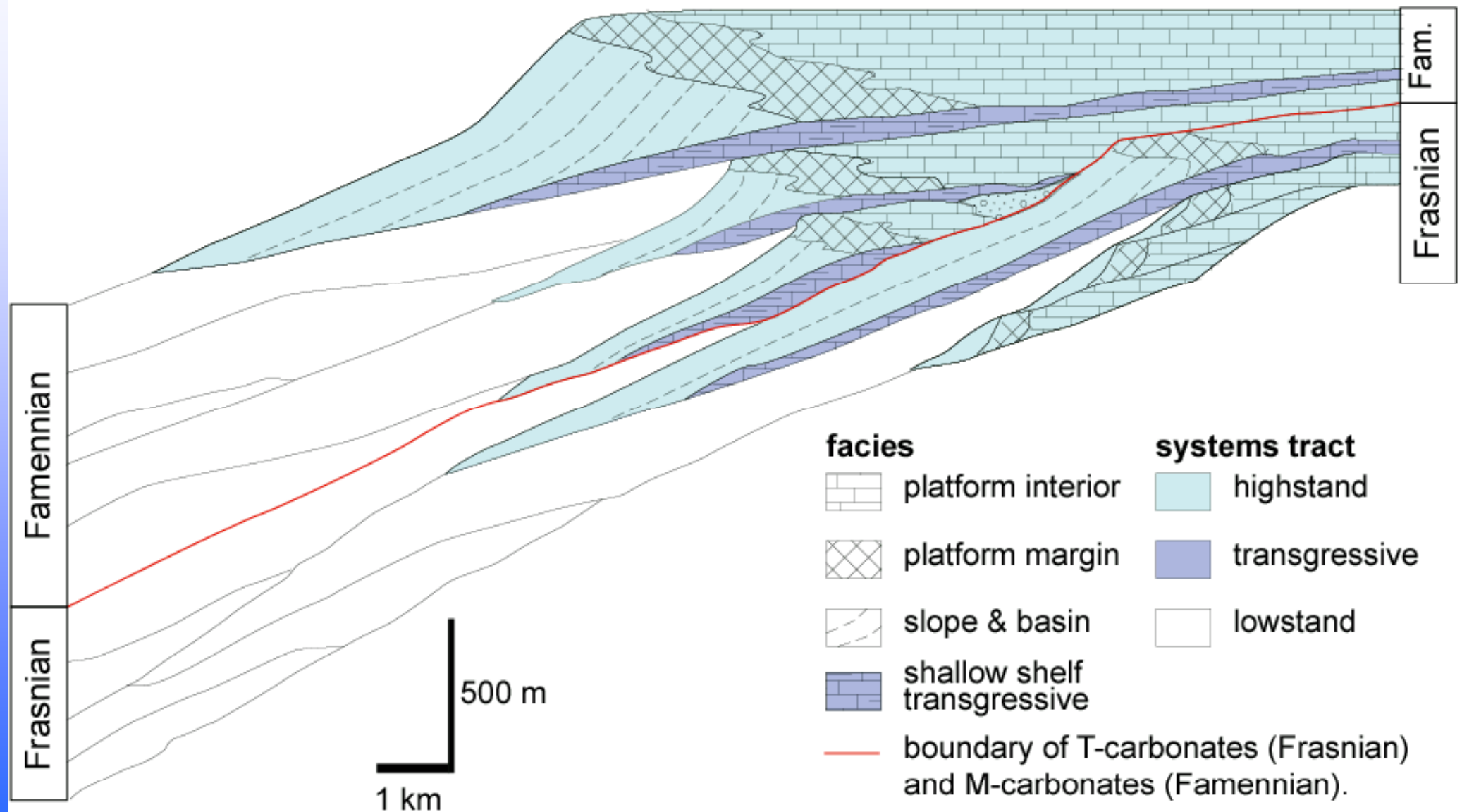
*(dispense Della Porta, 2009)*







# SIMILAR ANATOMY OF SYSTEMS TRACTS OF M & T FACTORY DEVONIAN, CANNING BASIN



*Kennard et al. 1992*