

Università di Trieste
Corso di Laurea Geologia
A.A. 2022/23

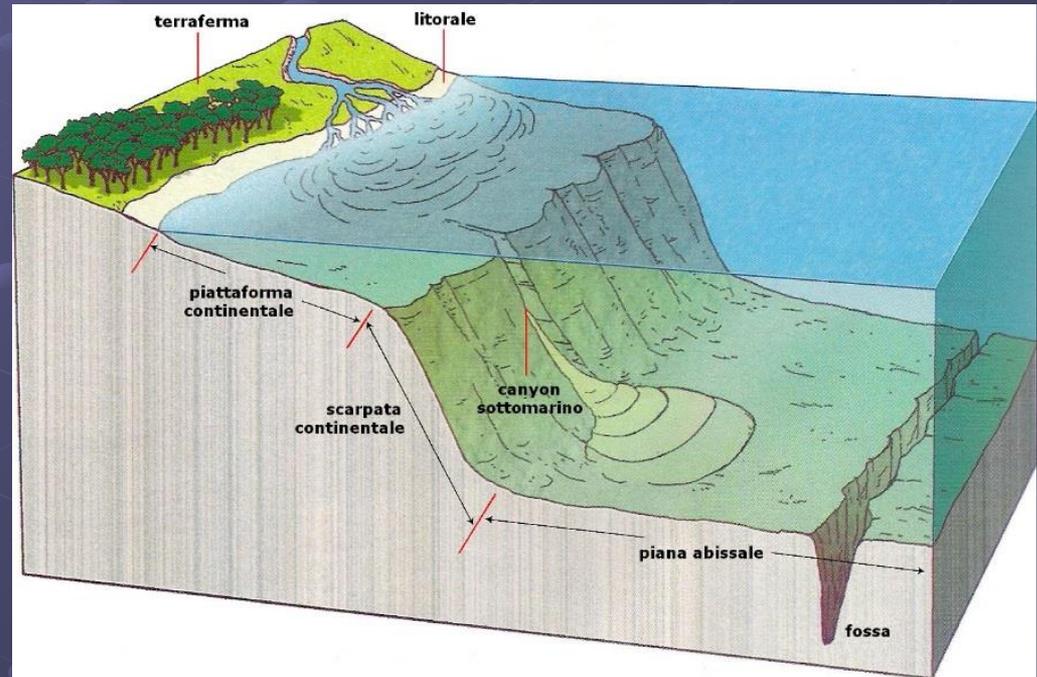
Paleontologia
con elementi di micropaleontologia
Prof. Romana Melis

Gli ambienti marini

ZONAZIONE VERTICALE DEGLI AMBIENTI MARINI

morfologia dei fondali marini

1. piattaforma continentale: bordeggia i continenti, con profondità di circa 200 m
2. scarpata continentale: fino a 3.000-3.500 m, inclinazione di circa 3°
3. piana abissale: fino 6.000 m, pendenza molto ridotta
4. fosse: i bacini più profondi (profondità superiore a 7.000 m)



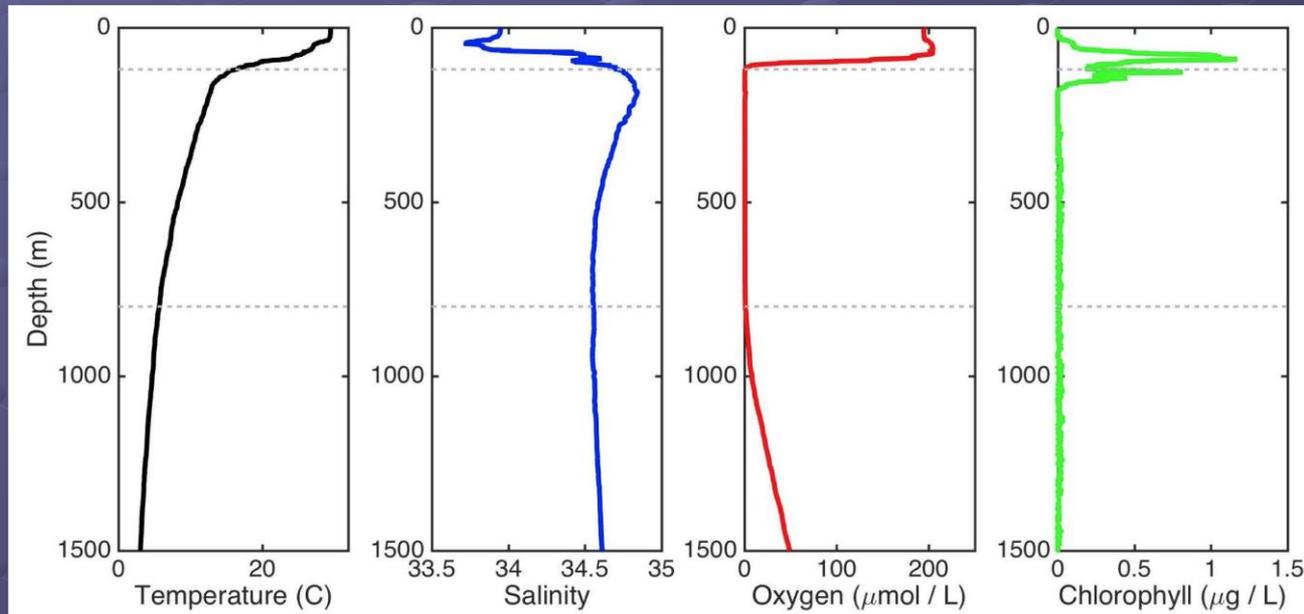


suddivisione dell'ambiente marino

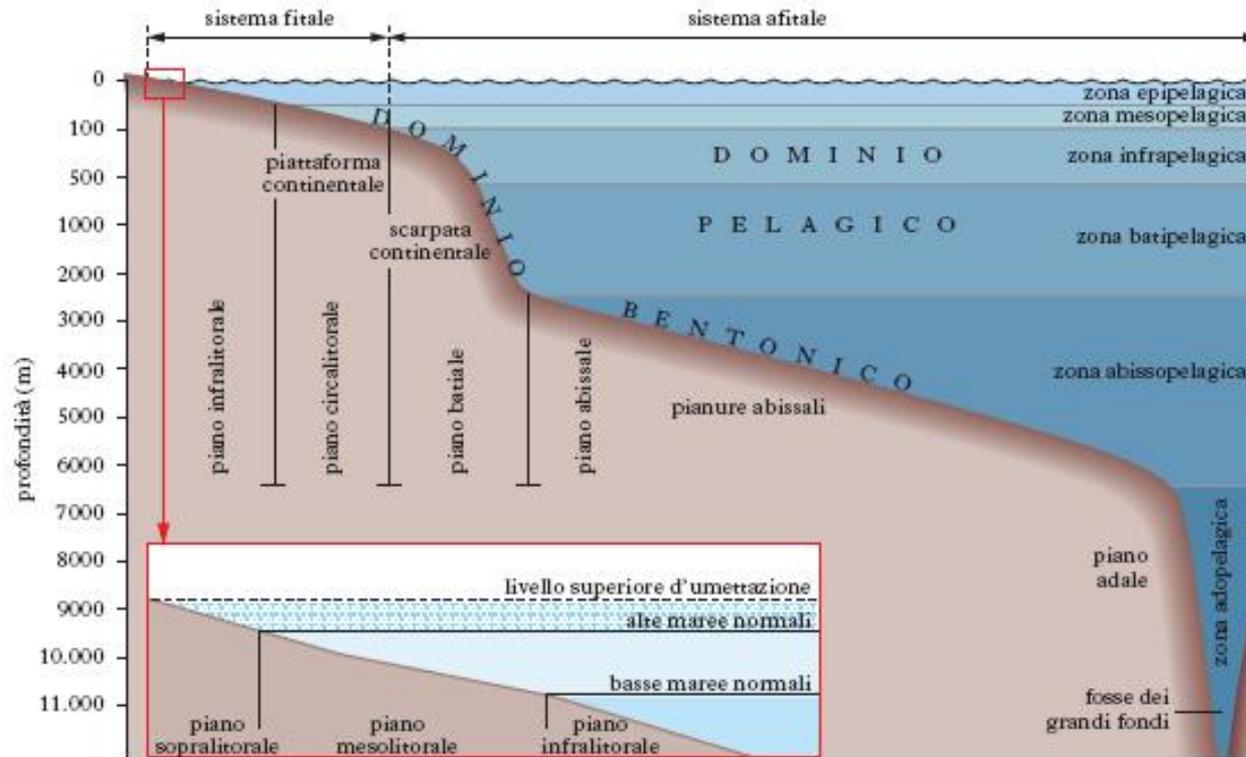
da un punto di vista gerarchico, la divisione più importante è: **dominio pelagico** e **dominio bentonico**

Procedendo dalla linea di riva a profondità crescenti, i parametri ambientali cambiano progressivamente e questo influenza la distribuzione degli organismi.

Si possono quindi usare i limiti chimico-fisici dell'ambiente marino per delimitare delle zone di significato biologico.



Esempio di variazione di parametri chimico-fisici in ambiente marino

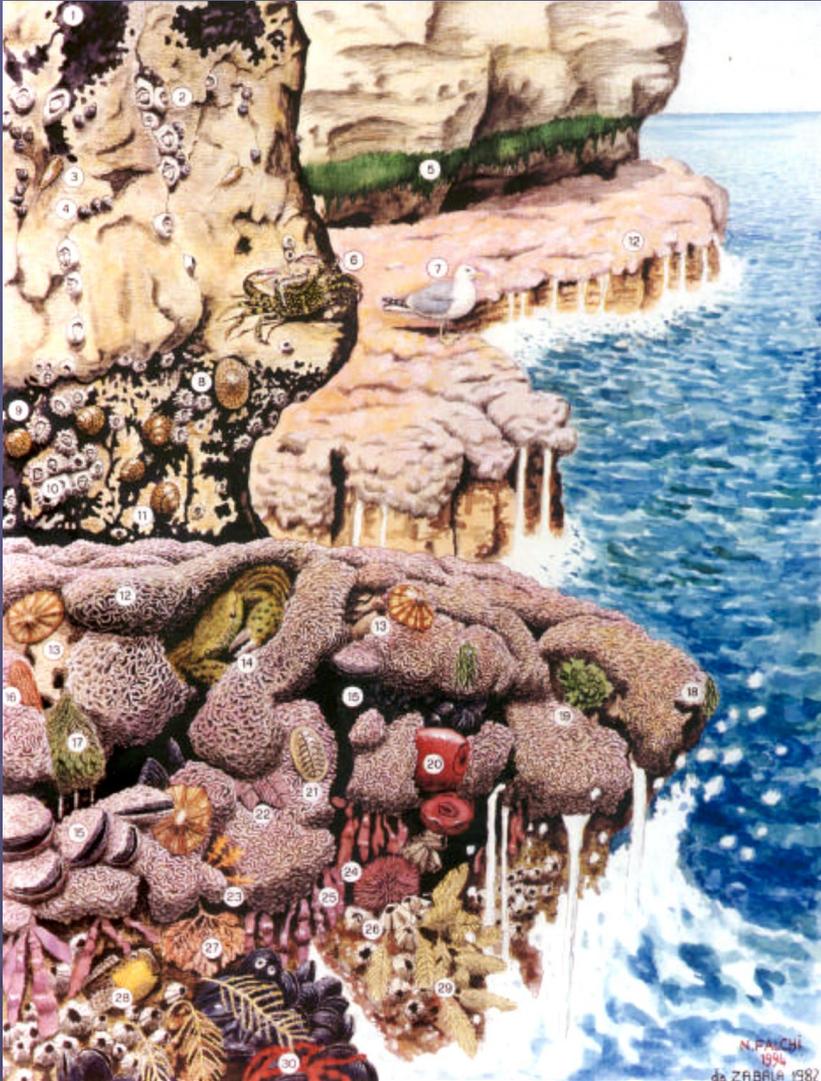


ΒΕΝΤΗΟΣ – Le principali suddivisioni orizzontali e verticali degli ambienti marini; nel riquadro in basso a sinistra è schematizzata la zona di marea. Per esigenze di rappresentazione, la scala delle profondità non è lineare (figura ridisegnata da B. Baccetti e altri, *Zoologia. Trattato italiano*, I, Bologna 1995)

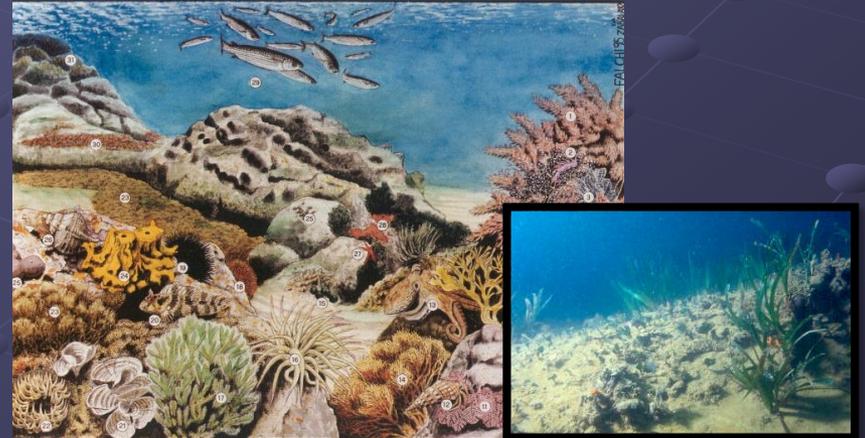
Ci sono diversi modi di descrivere e suddividere gli ambienti marini bentonici:

- 1) zonazione morfologica del fondale marino
- 2) zonazione idrodinamica della spiaggia (ambiente costiero, sedimentologica)
- 3) zonazione della scuola di Endoume (essenzialmente biologica)

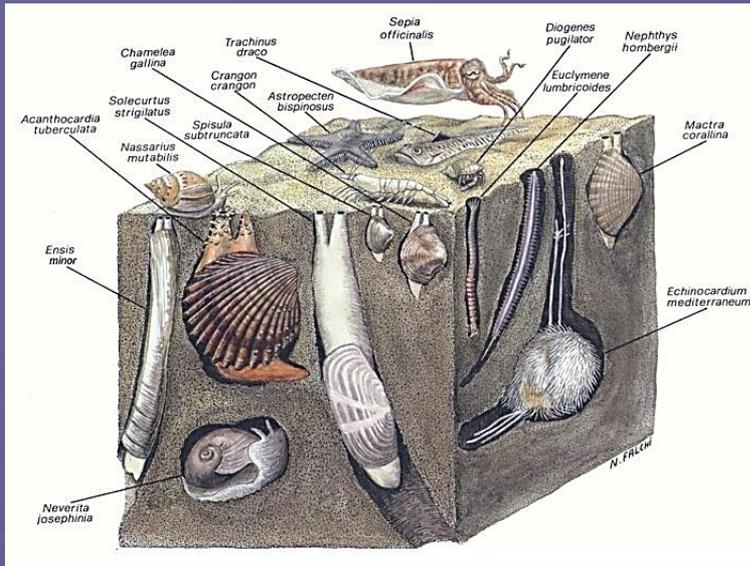
Una schematizzazione dei piani sopralitorale (dall'1 al 4) e mesolitorale (dal 5 al 30).



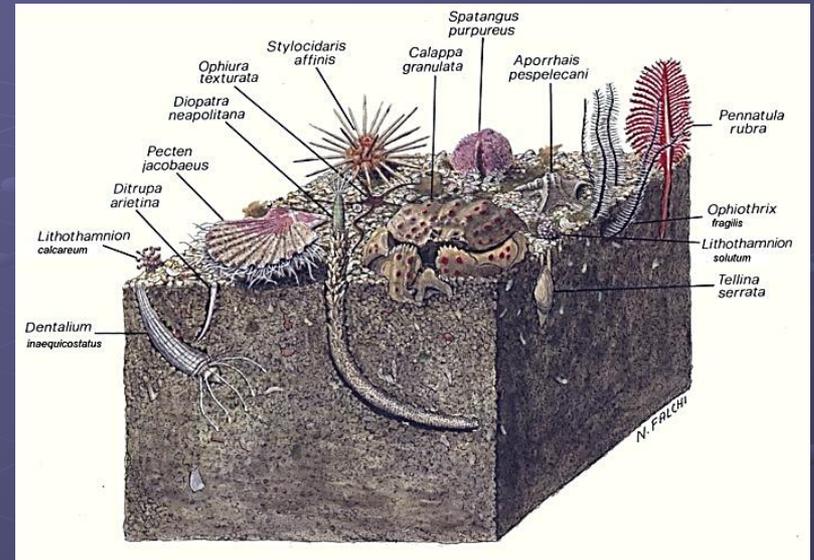
Chthamalus stellatus, balanide, nel piano sopralitorale



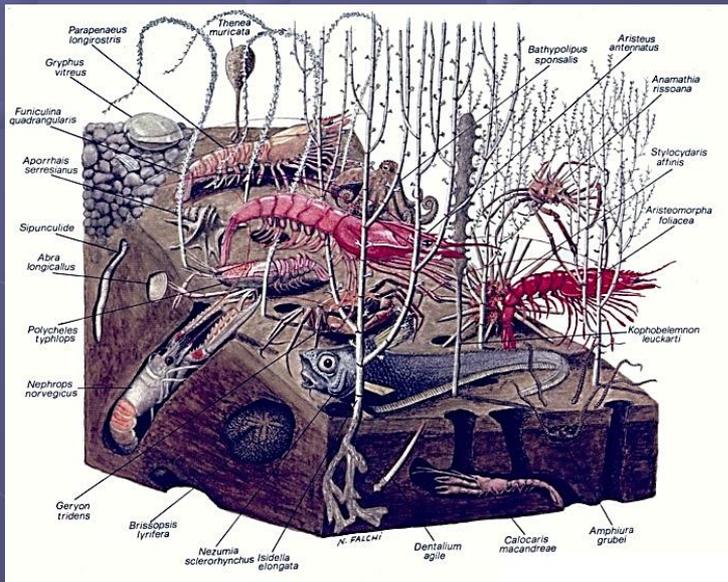
Una schematizzazione del piano infralitorale e *Posidonia oceanica*, fanerogama marina.



Zonazione piano infralitorale sabbie fini calibrate (SFBC)



Zonazione piano circalitorale di sedimenti detritici costieri (DC)



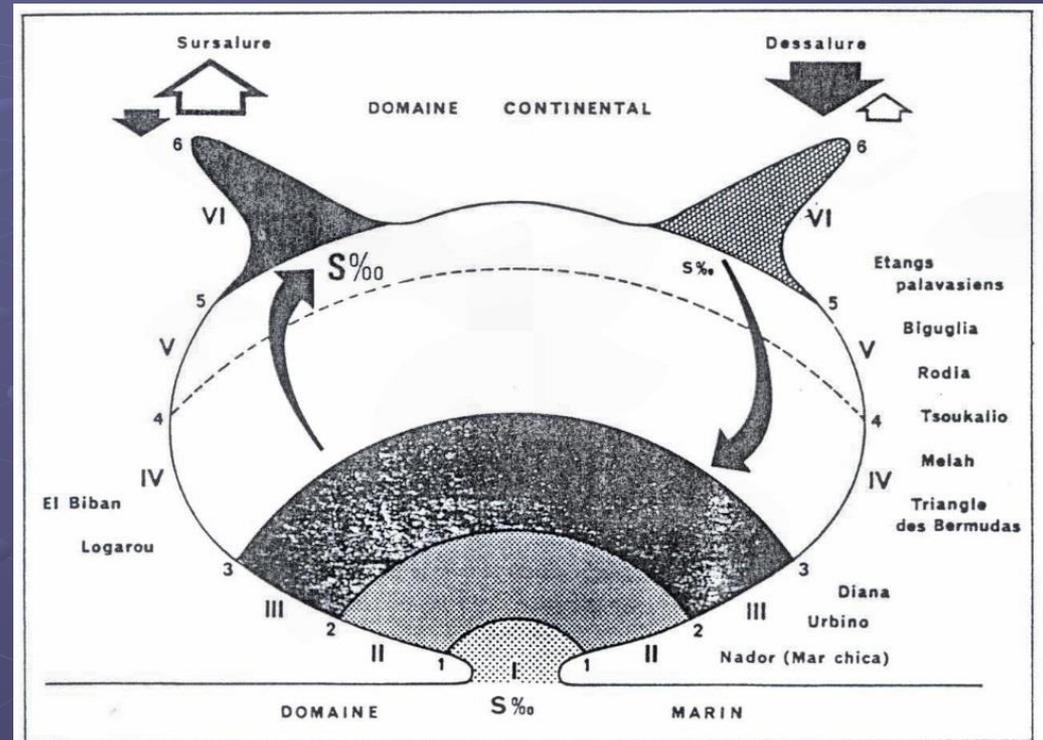
Zonazione piano batiale (VP)

IL DOMINIO PARALICO Guelorget & Perthuisot, 1983

- situato al confine fra dominio continentale e dominio marino
- caratterizzato da grande varietà di morfologia e geni (lagune, stagni costieri, delta, estuari)
- ambiente **INSTABILE** ma con popolamento relativamente **STABILE**.

quale è il parametro ambientale che caratterizza il dominio paralico?

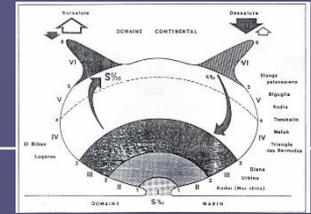
E' il «grado di **CONFINAMENTO**» dall'ambiente marino, ovvero grado di scambio con gli elementi vitali (sali minerali, oligoelementi, nutrienti, ossigeno disciolto, sostanza organica, idrodinamismo, ecc.,) apportati dalle acque marine.



ambiente paralico teorico mediterraneo

Zonazione biologica che riflette il grado di confinamento

zonazione biologica dell'ambiente paralico



zona I: risente pienamente dell'influenza marina, è caratterizzata da specie talassiche (stenoaline);

zona II: mancano le specie più strettamente stenoaline (echinodermi); sostituzione di *Posidonia oceanica* (fanerogama marina) con altre fanerogame (*Cymodocea nodosa*, *Zoostera noltii*) e *Caulerpa prolifera* (alga verde);

zona III: caratterizzata da "specie miste";

zona IV: scomparsa delle specie talassiche e dominio delle specie paraliche;

zona V: totale presenza delle specie paraliche; ambiente tendenzialmente **anossico**;

zona VI: è il dominio paralico distale, colonizzato dai cianobatteri (tappeti algali o stromatoliti), è marcato dalla scomparsa dei foraminiferi;

- **polo dulcicolo:** popolato da specie tipicamente continentali (insetti, gasteropodi polmonati e crostacei)
- **polo evaporitico:** solo poche specie paraliche erbivore, batteri e cianobatteri .



Posidonia oceanica



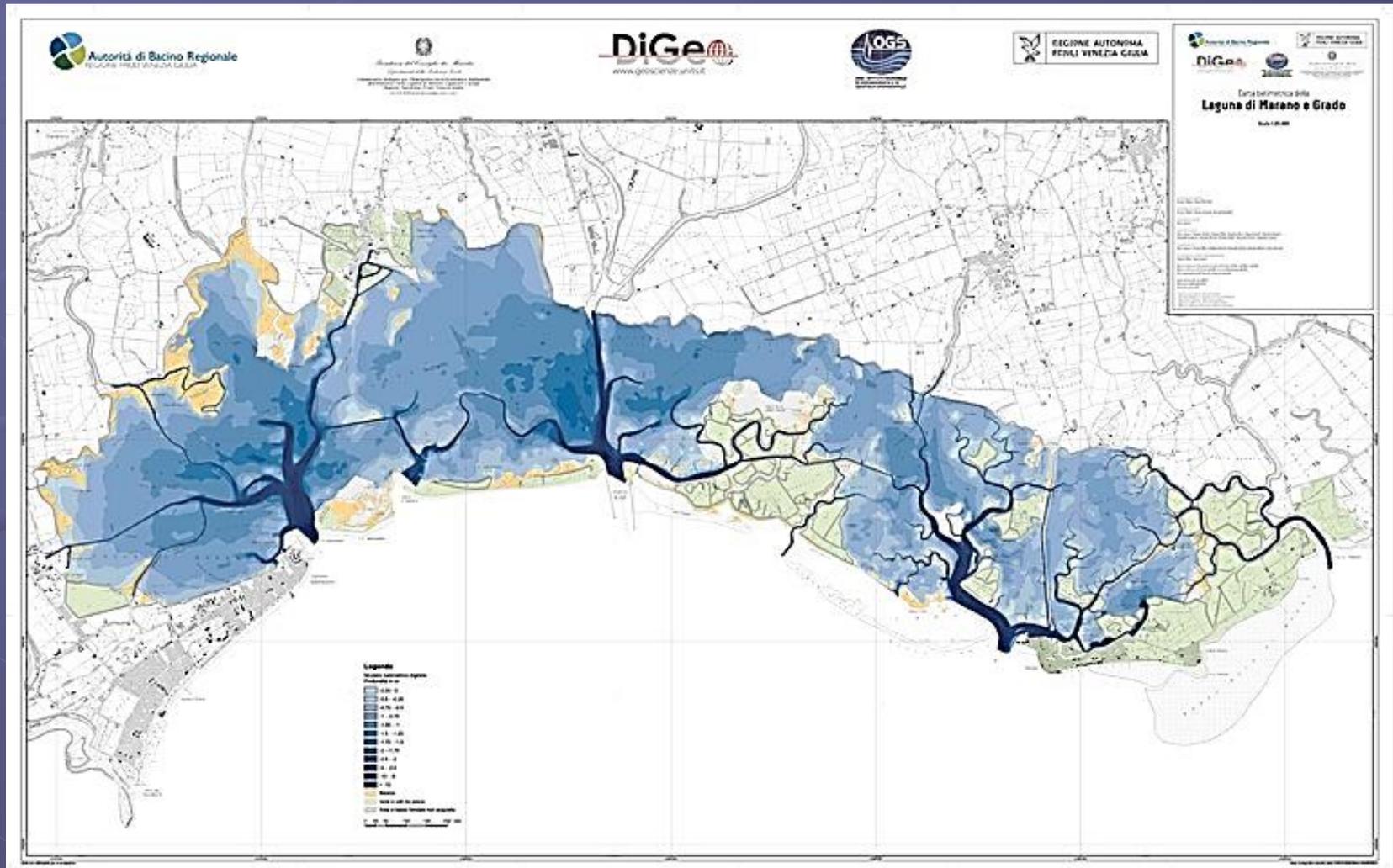
Caulerpa prolifera



Zoostera noltii

laguna: ambiente paralico dominato dalle correnti tidali

esempio della laguna di Marano e Grado, carta batimetrica



laguna: ambiente paralico dominato dalle correnti tidali

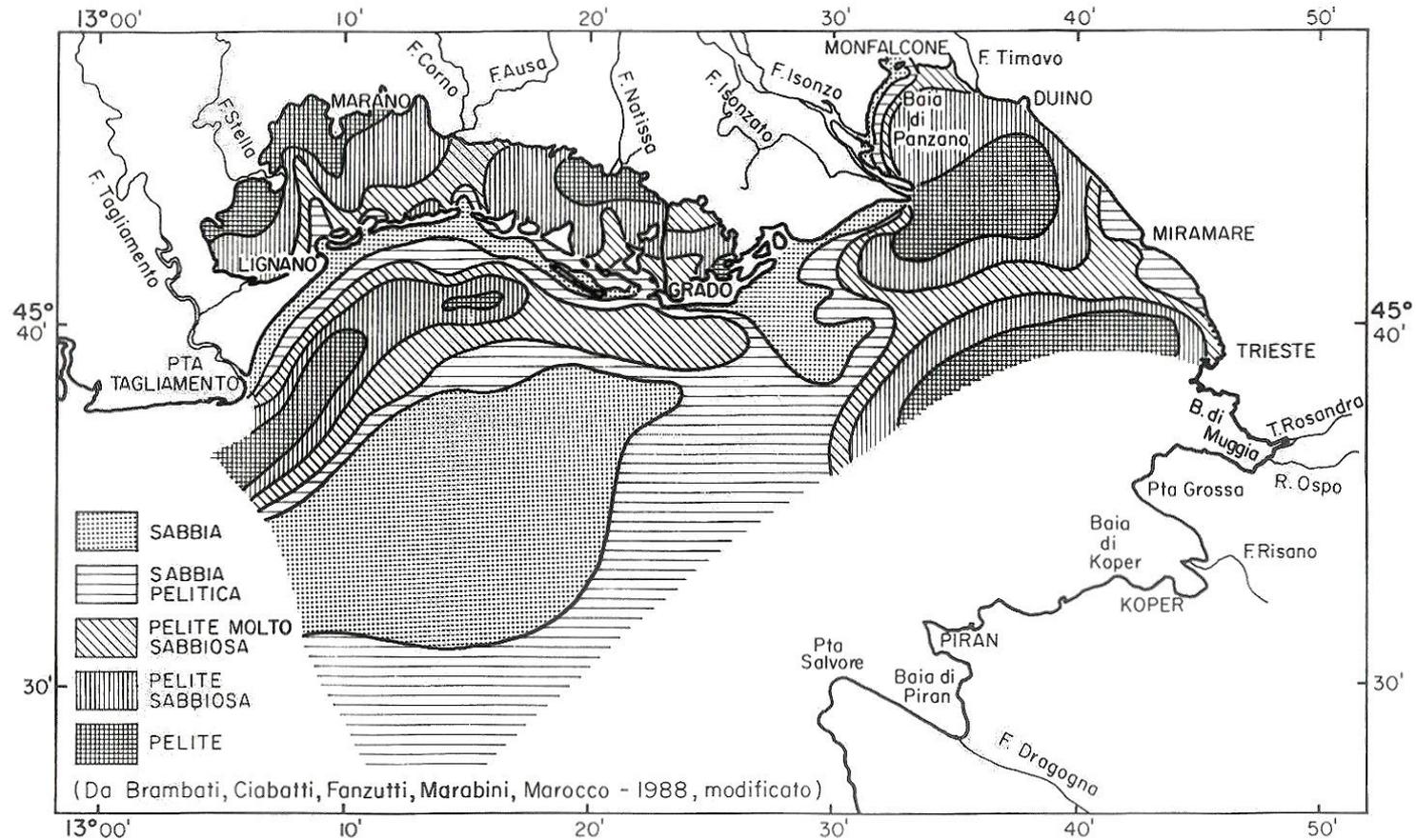
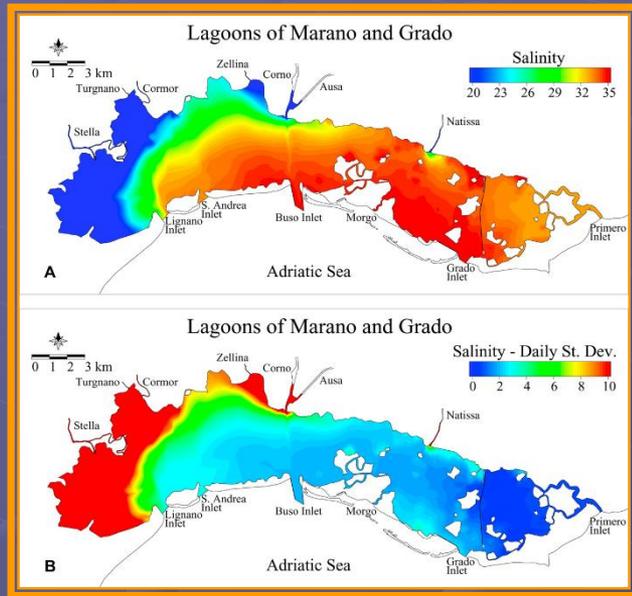
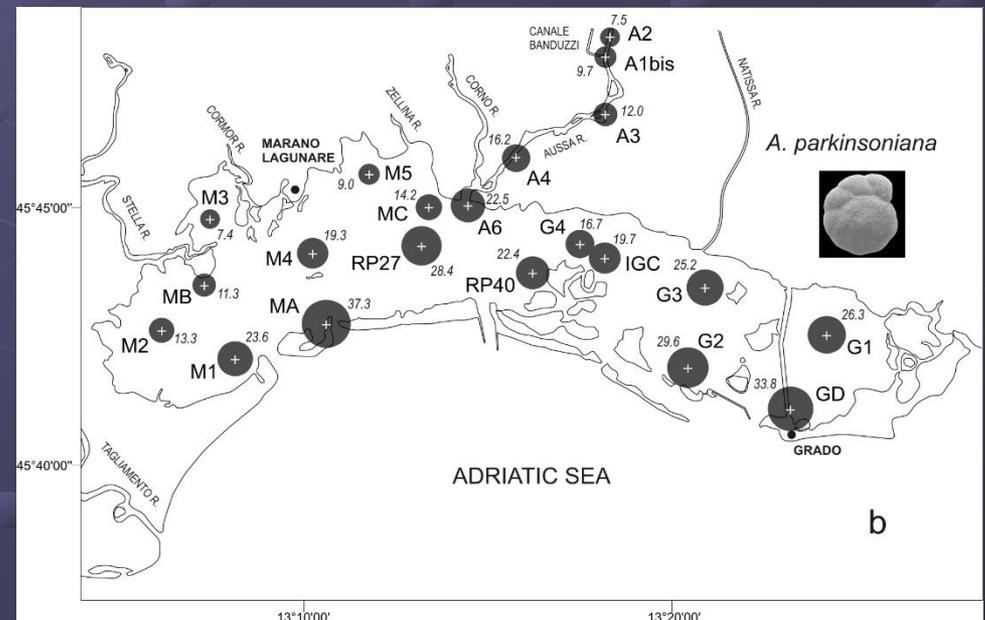
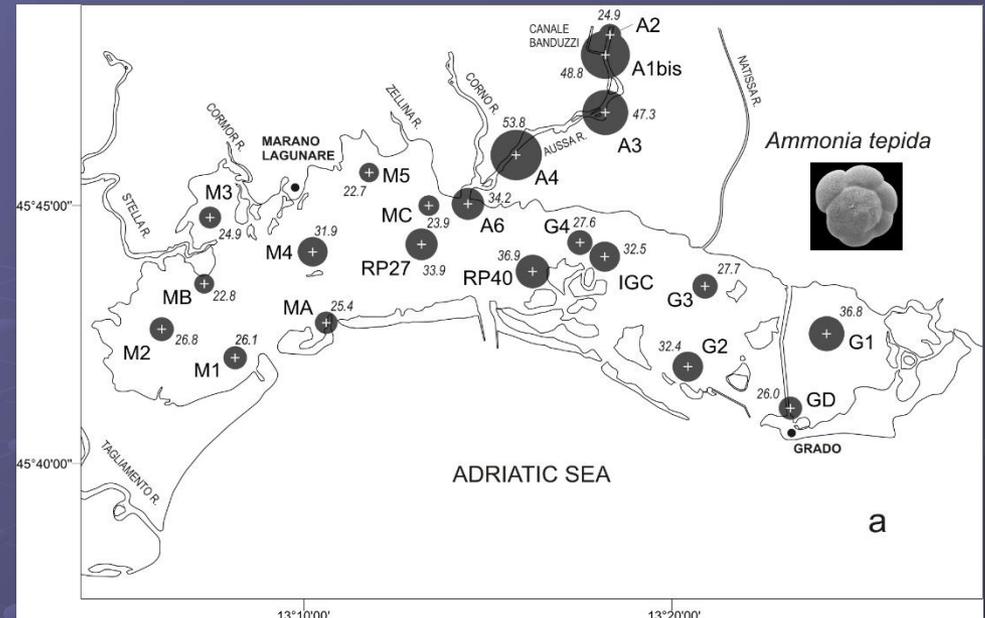


Fig. 4 - Tessitura dei sedimenti del Golfo di Trieste.

Esempio di «confinamento nella laguna di
Marano e Grado (Melis & Covelli, 2013)



L'area di studio: la salinità (da Ferrarin et al., 2010)



Laguna di Venezia – distribuzione dei foraminiferi bentonici (da Albani & Serandrei Barbero, 1990)

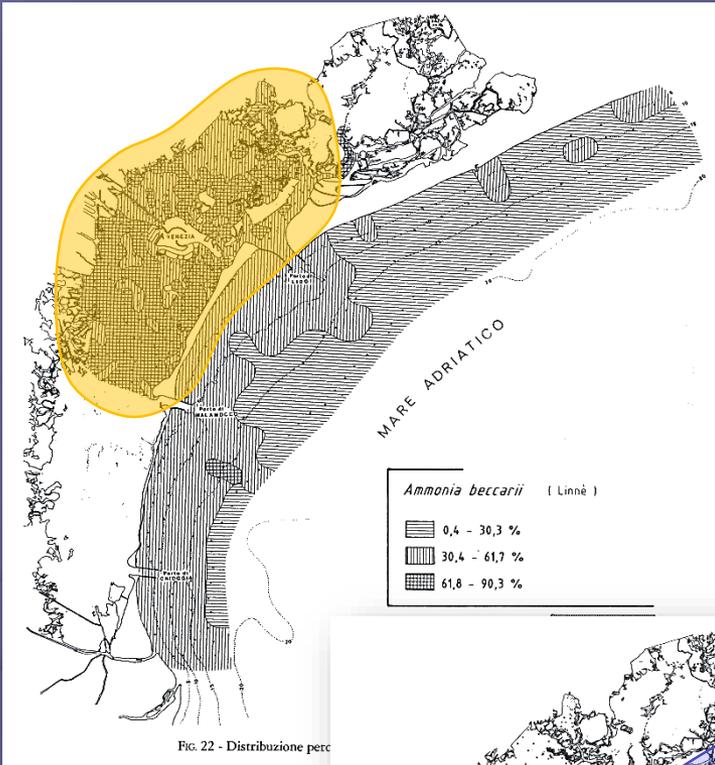
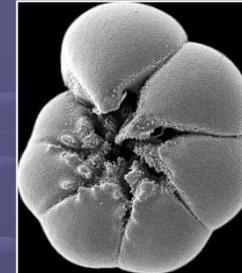
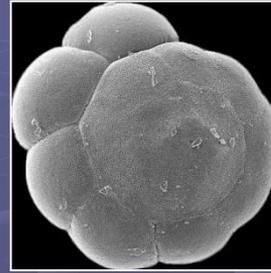


FIG. 22 - Distribuzione perc...



Ammonia tepida, taxa paralico – presenza > 50% in laguna

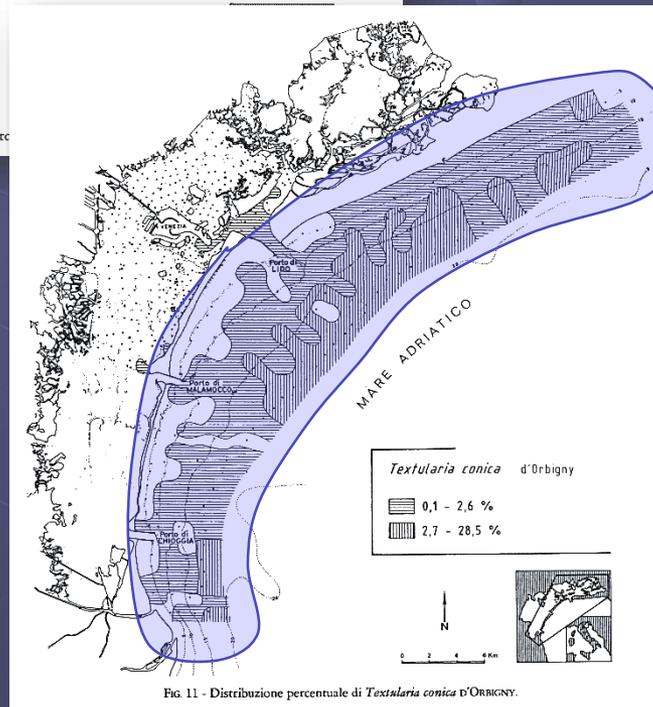
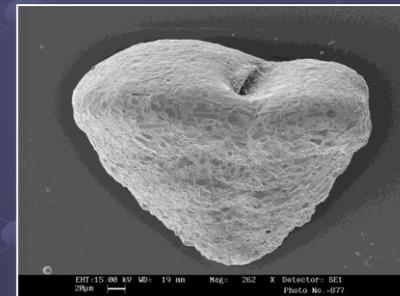


FIG. 11 - Distribuzione percentuale di *Textularia conica* d'ORBIGNY.



Textularia conica, taxa marino

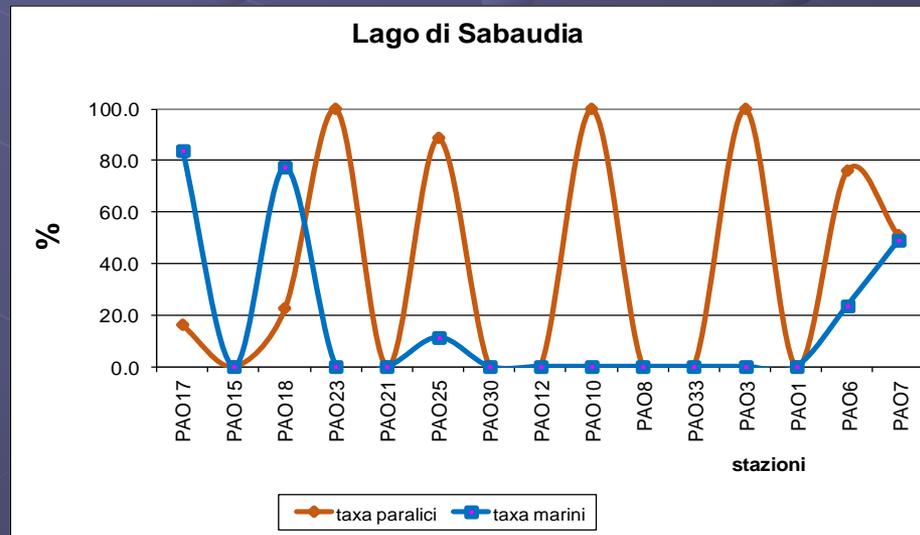
stagno costiero: ambiente paralico in comunicazione con il mare

condizioni necessarie alla formazione di uno stagno:

- stesse condizioni per la formazione della laguna
- assenza di correnti tidali



“Laghi” di Sabaudia –
stagno costiero

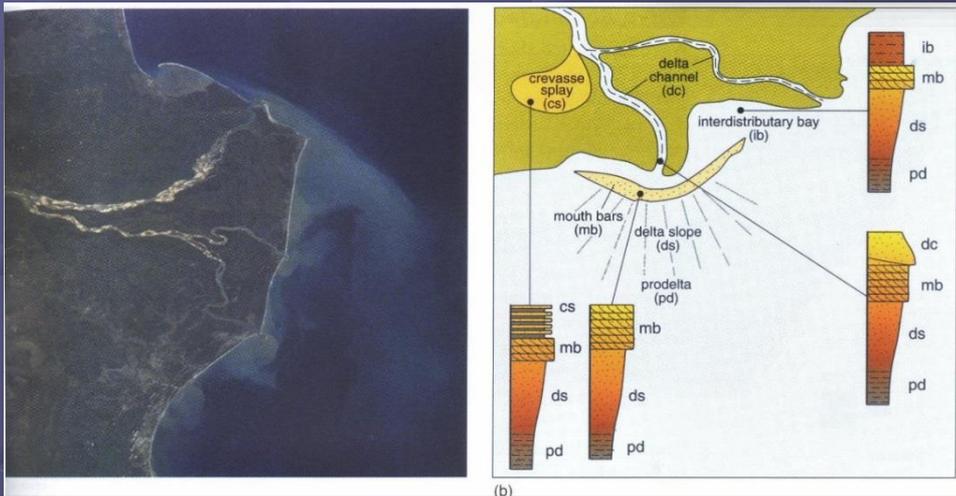
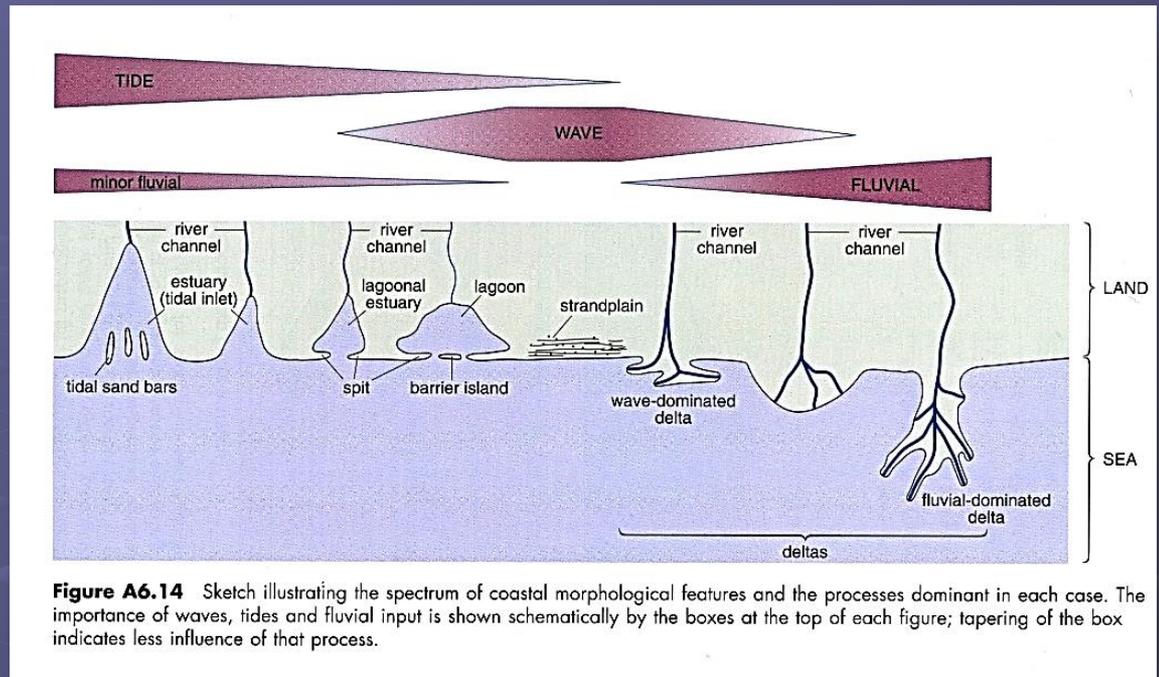


Distribuzione dei
foraminiferi

zone sterili: polo dulcicolo

il sistema deltizio

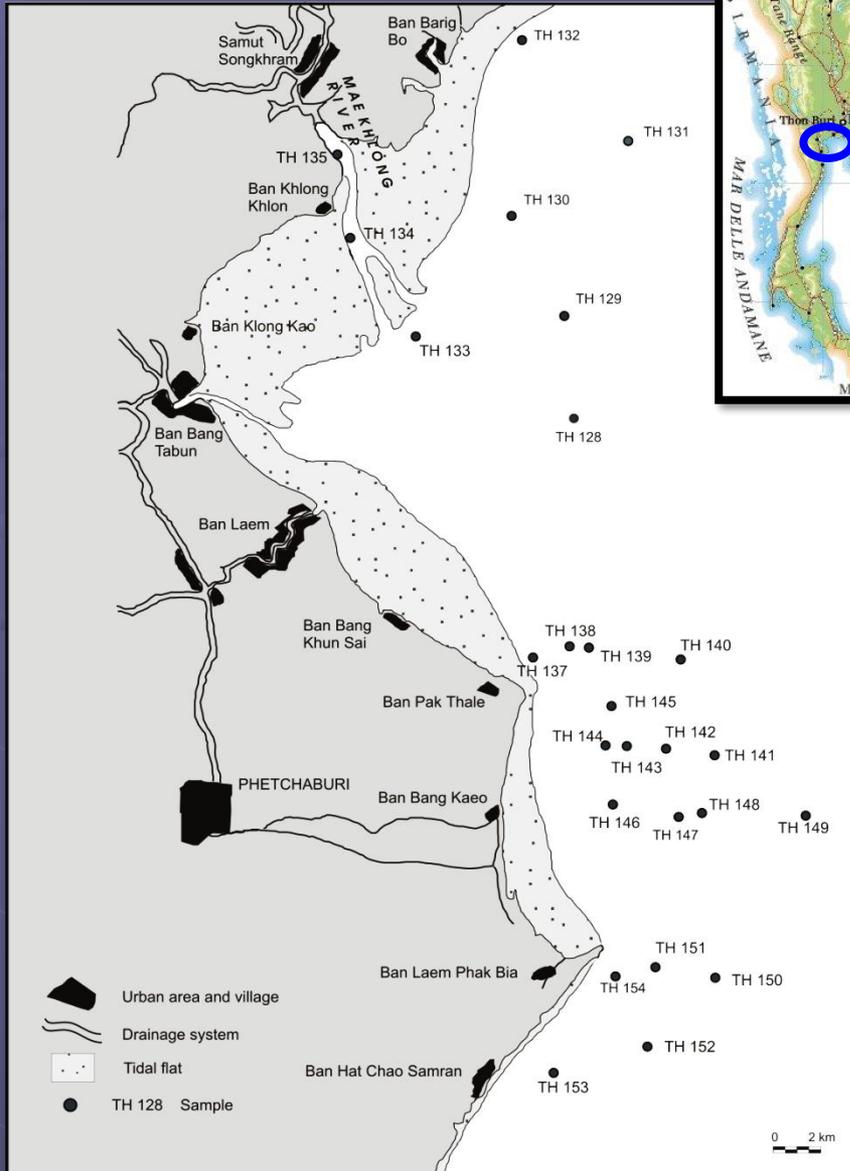
1. confluenza di un sistema fluviale in lago, laguna, mare, oceano;
2. sede di accumulo di materiale detritico ed organico;
3. sistema di distribuzione altamente organizzato e differenziato



Da Coe et al., 2013

Si riconoscono una **parte emersa** (continuazione della piana alluvionale) e una **parte sommersa** (maggior volume).

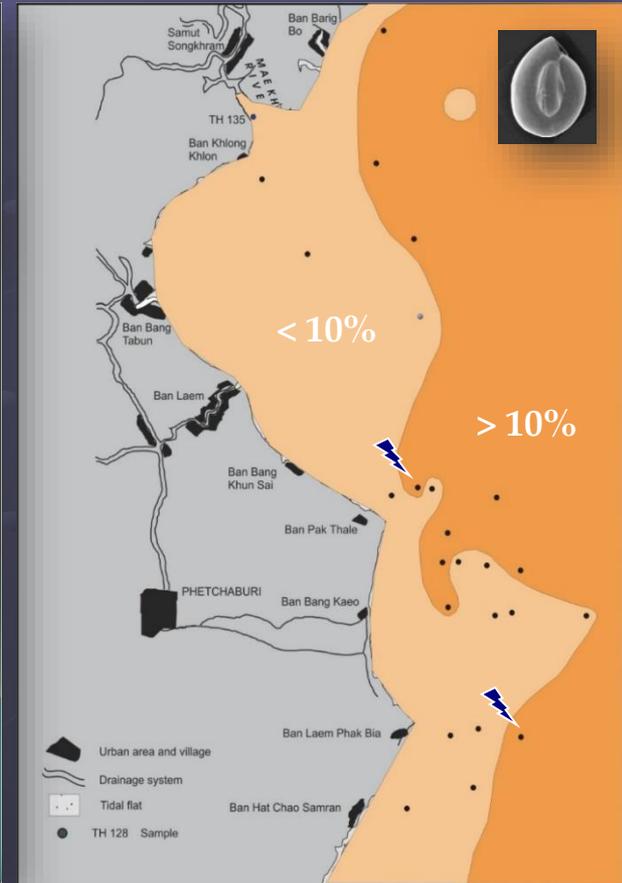
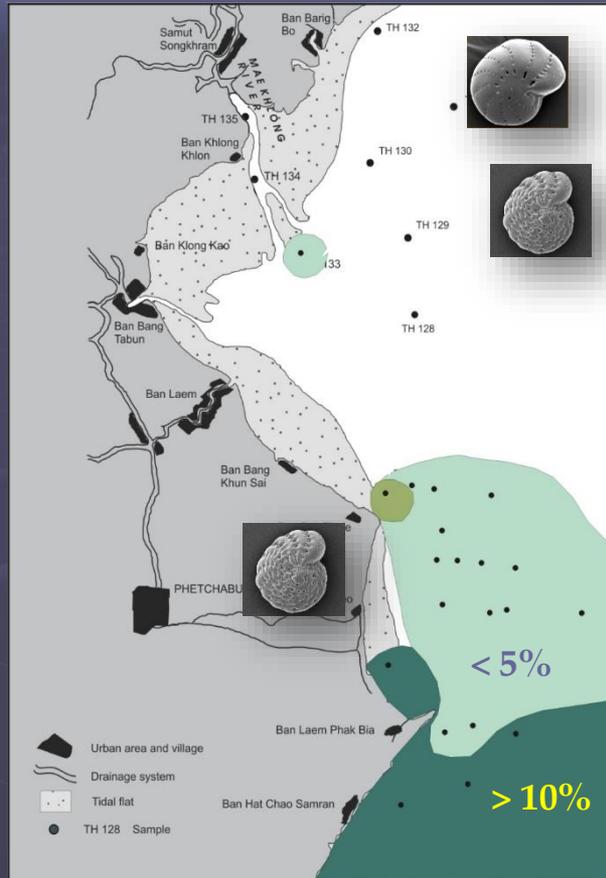
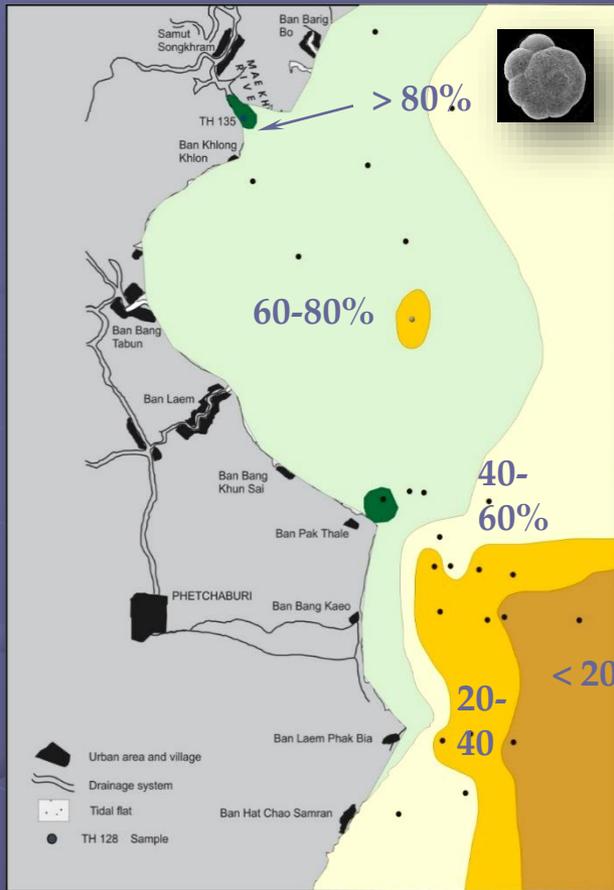
Delta "classico": prevalgono gli apporto fluviali



area di studio in Thailandia: piana tidale ampia circa 4 km, influenza del fiume Mae Klong - inquinamento



Distribuzione percentuale dei taxa rappresentativi



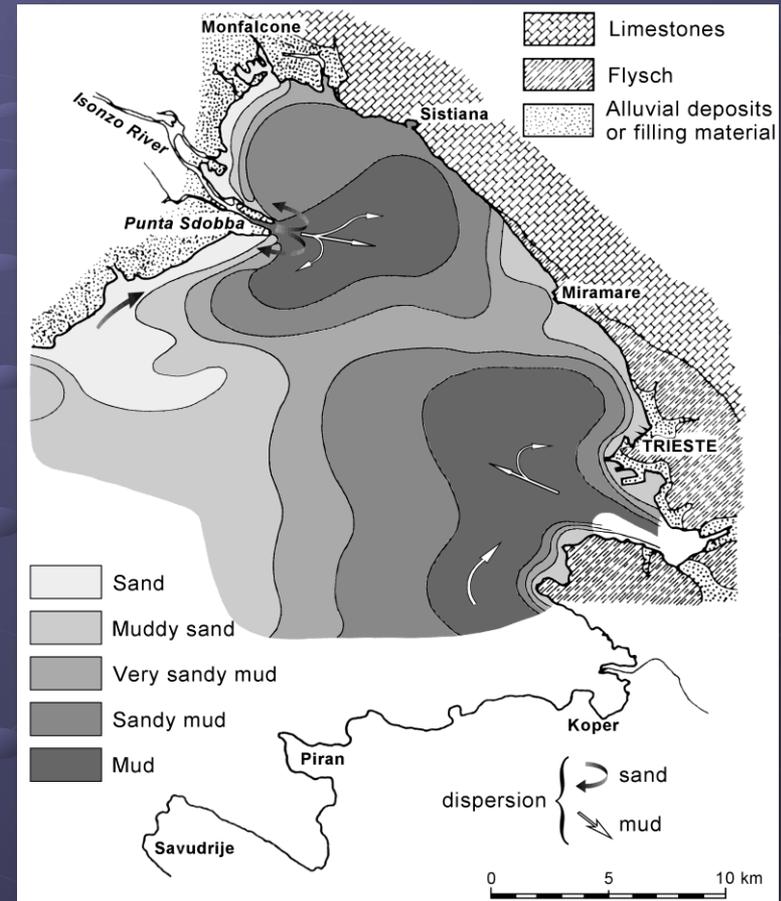
- bassa ricchezza specifica
- stazioni con popolazioni di taglia molto piccola (elevata presenza di C organico), da Melis & Violanti, 2006

IL DOMINIO MARINO

- sede di accumulo di sedimenti di composizione varia, tipo di sedimento molto differenziato;
- la distribuzione dei sedimenti si attua attraverso le caratteristiche idrodinamiche e la presenza biotica

1. il sistema litorale

- ✓ comprende l'area deposizionale che va dal **sopralitorale** al limite inferiore di deposizione delle sabbie (limite dell'azione trattiva delle onde)
- ✓ può essere sede di accumulo o di erosione dei sedimenti apportati soprattutto dai fiumi
- ✓ può essere suddiviso in:
 - costa alta o rocciosa (erosione), costa bassa o sabbiosa (accumulo)



Da Brambati e Catani, 2002

Lo studio delle variazioni della linea di riva (variazioni eustatiche). **Eustatismo:** variazione globale livello del mare, dovuta alle variazioni del volume delle masse d'acqua oceaniche

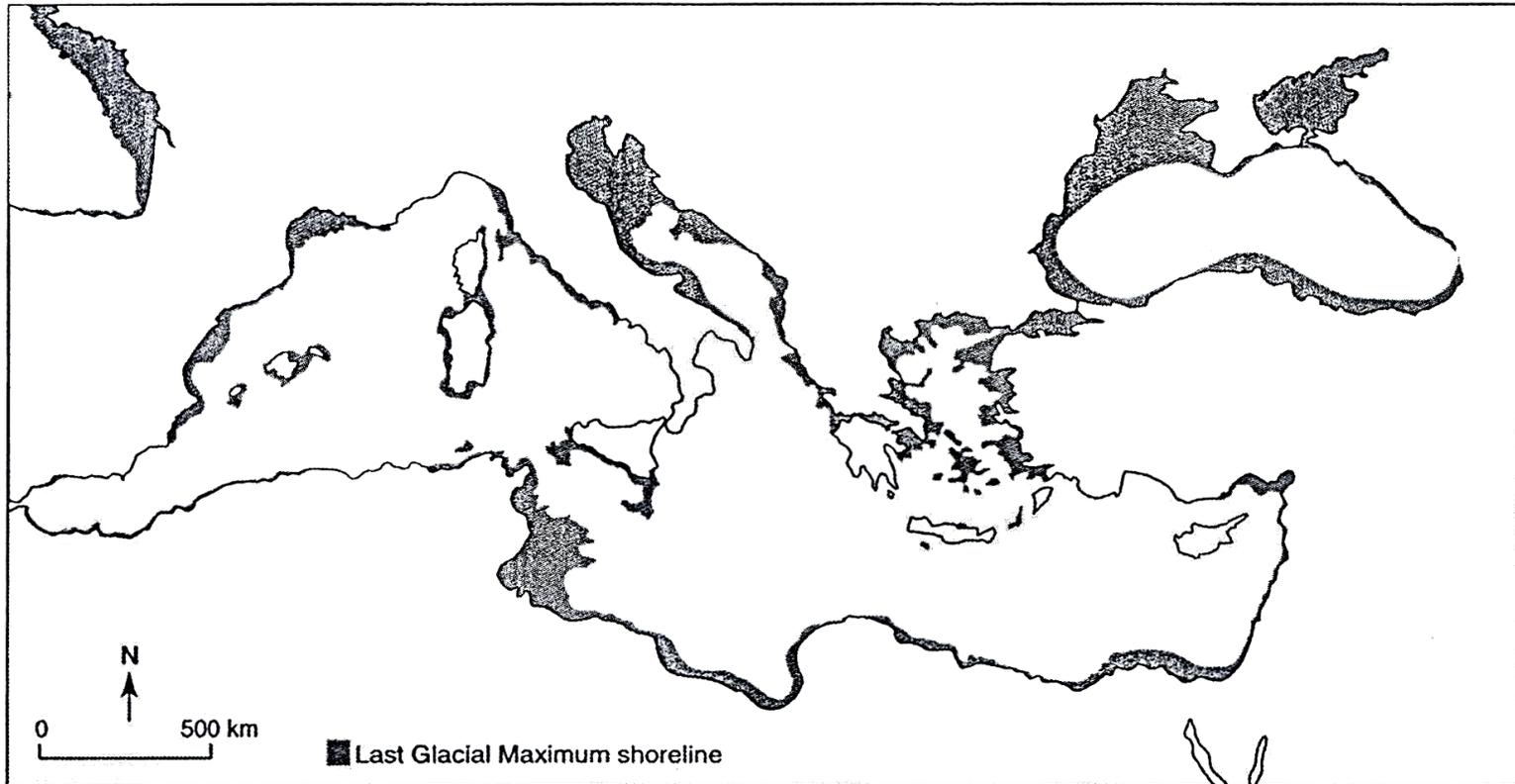


Fig. 10. Last Glacial Maximum shoreline and transgression of the Mediterranean's coastal margin since 18,000 BP, when sea level was around 120 m below present (after Bracco, 2005). The drowning of a great number of Palaeolithic sites means that our understanding of coastal prehistoric human groups in the Mediterranean is relatively poor.

LGM = Last Glacial Maximum, durante la glaciazione del *Würm*, circa 18.000 anni dal presente

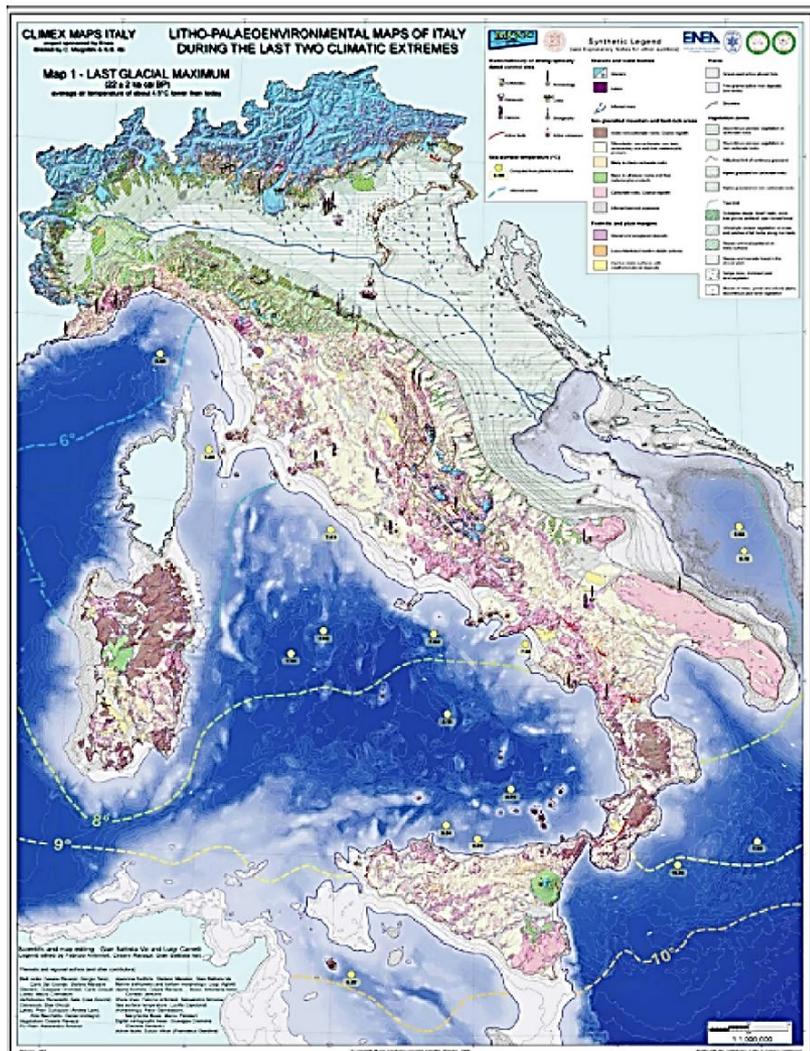


Fig. 7 - Carta geomorfologica Italiana (Climex maps, Vai & Cantelli, 2004) durante l'ultimo periodo Glaciale (22 ka cal BP).

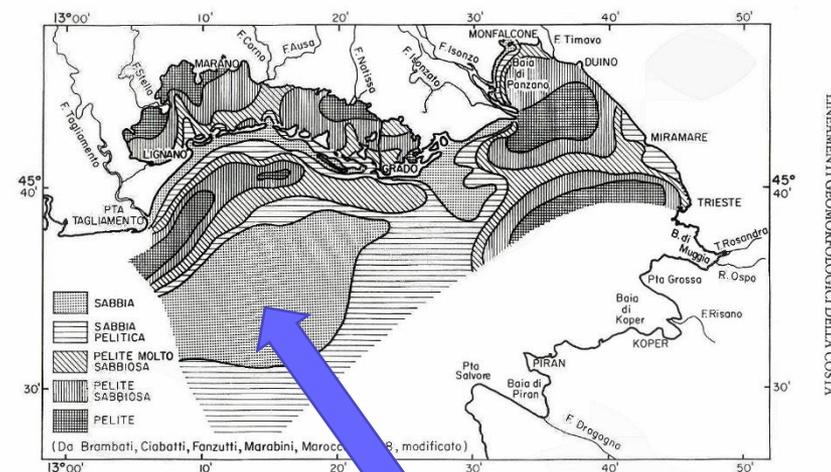


Fig. 4 - Tessitura dei sedimenti del Golfo di Trieste.

Sabbie «relitte» riferibili a paleoambienti di età tardo-glaciale

Variatione della linea di riva delle Lagune di Marano e Grado

Variazioni del livello medio del
mare per l'Adriatico
settentrionale, secondo il modello
di Lambeck et al. (2006)

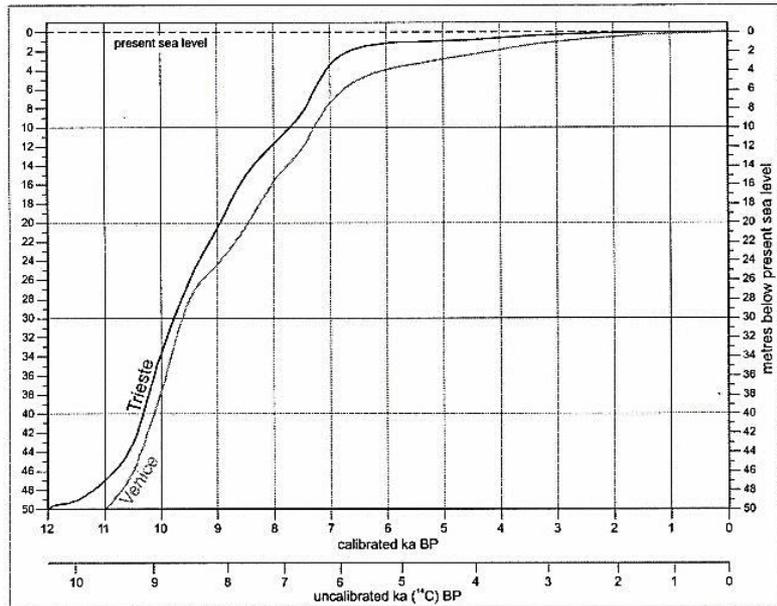
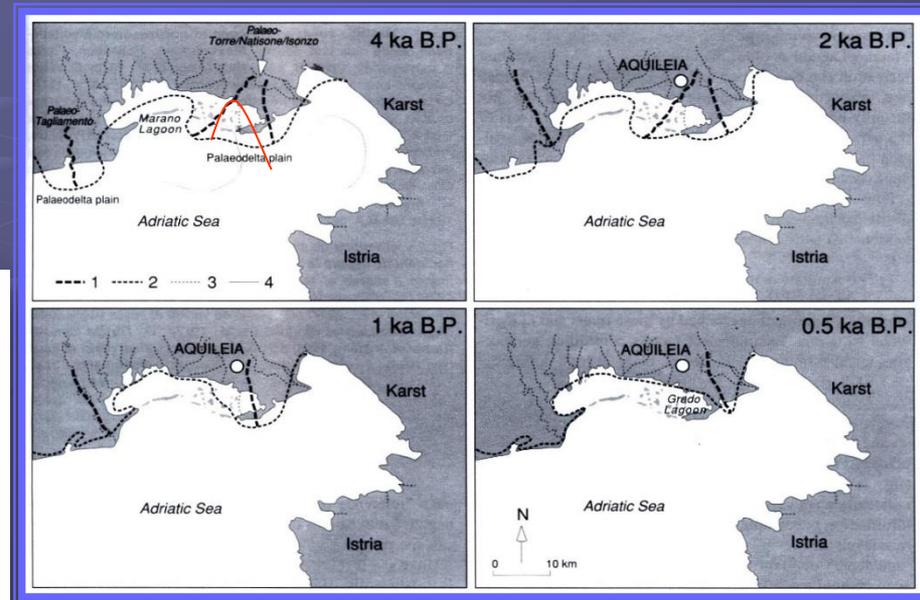


Fig. 7 - The predicted sea-level curves (model m3a) for Venice and Trieste from 12 ka cal BP (after Lambeck et al., 2006).



Da Marocco (1991) e Marocco et al. (2005)
– linea di riva in rosso

2. il sistema di piattaforma

le piattaforme continentali attuali costituiscono uno stretto margine che borda i continenti con debole pendenza. Sono il prodotto di cicli glacio-eustatici del tardo Quaternario - Cenozoico (trasgressione olocenica).

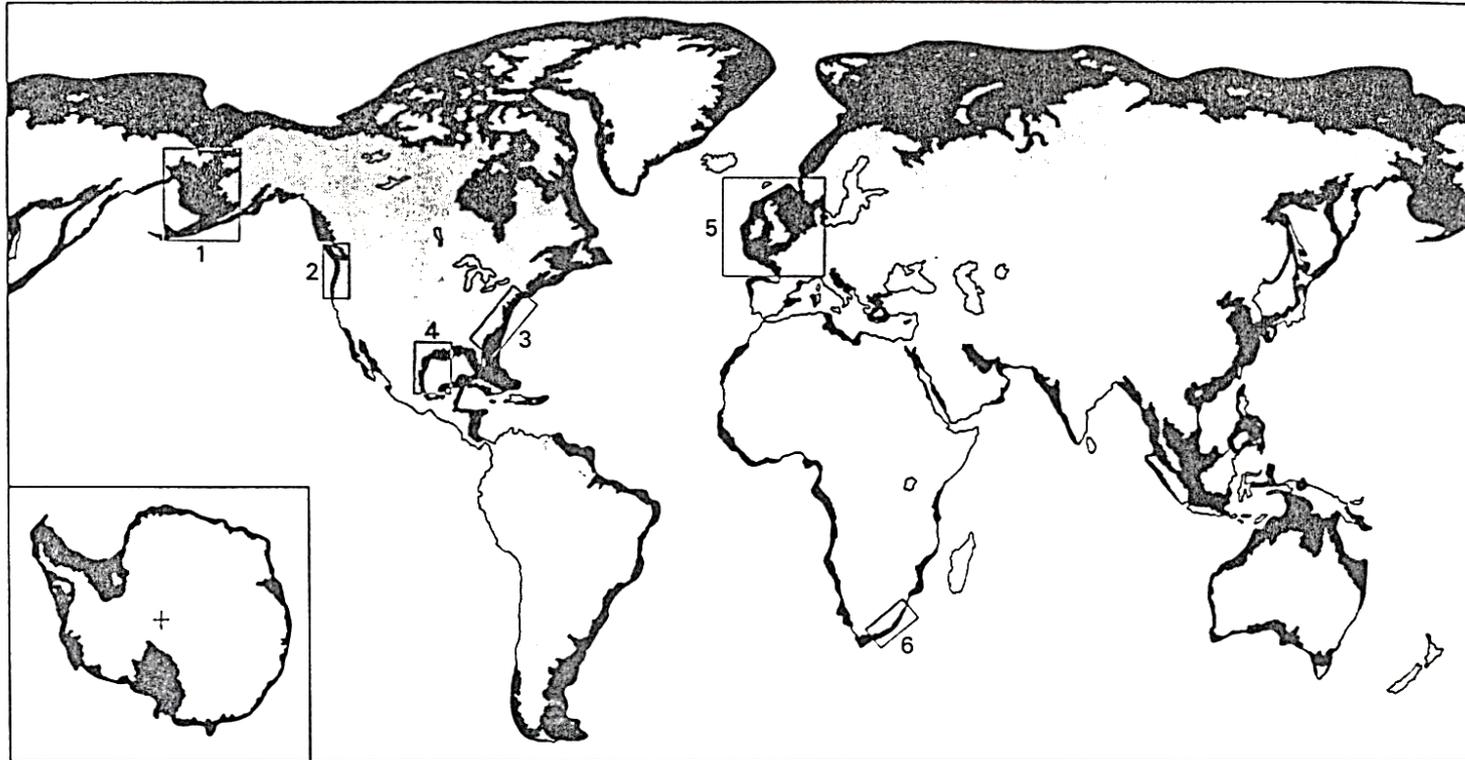


Fig. 9.1. Distribution of present-day shelves. Regions 1-6 represent some of the best studied shelf seas discussed in the text: 1. Bering Sea; 2. Oregon-Washington; 3. Eastern U.S.A.; 4. Gulf of Mexico; 5. NW Europe; 6. SE Africa. Note the relatively narrow pericontinental shelf seas (e.g. 2 and 6) compared with the broad epicontinental shelf areas (e.g. 1 and 5, northern Canada/Hudson Bay and Siberia).

La piattaforma continentale è sede di accumulo di sedimenti di natura molto varia:

sedimenti attuali: terrigeni o detritici (fluviali, glaciali, eolici)
organogeni (gusci calcarei alle basse latitudini)
piroclastici o residuali (degradazione o alterazione)
evaporitici (clima o confinamento)

La loro distribuzione dipende dal regime idraulico:

regime idraulico: moto ondoso, maree, correnti, tempeste;

☞ **dalla costa verso il largo**: sabbie lungo la fascia costiera – maggiore idrodinamismo, quindi diminuzione della granulometria verso il largo; il sedimento pelitico (dimensione < 62 microns) è trasportato dai fiumi ed è largamente distribuito sulla piattaforma.

(NB **sabbie relitte**: depositi litorali pleistocenici che si situano a profondità variabili nella piattaforma continentale)

La sedimentazione è molto sensibile alle variazioni del livello medio del mare – l.m.m. (quindi dipende dal clima, tettonica, subsidenza).

fattori biotici:

1. ambiente dove si osserva la maggior diversità tassonomica;
2. catena alimentare completa per la presenza di organismi autotrofi fino al limite esterno del circolatorio (limite esterno della piattaforma continentale);
3. la salinità normale, l'alto contenuto di ossigeno disciolto e la stabilità dei fondali rendono l'ambiente di piattaforma particolarmente favorevole alla vita degli organismi.

Distribuzione delle tracce fossili nella piattaforma continentale

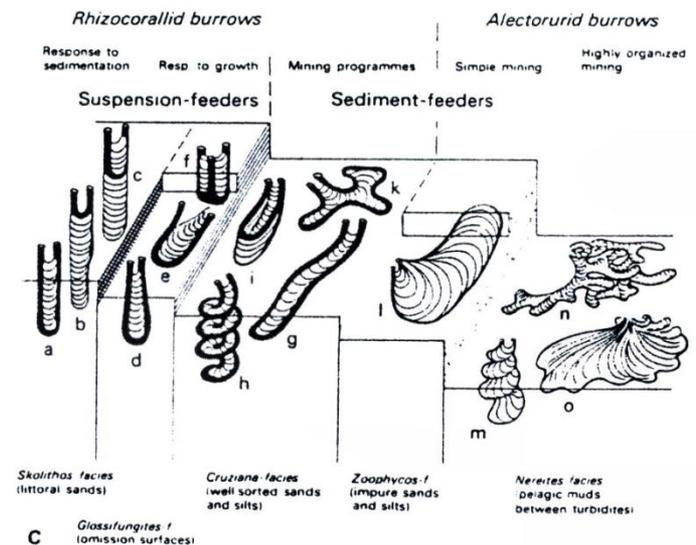
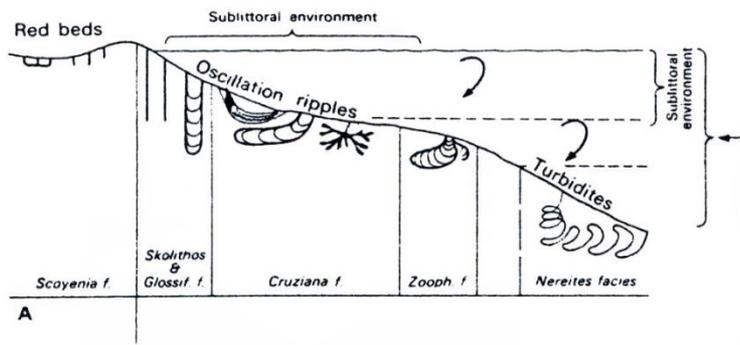
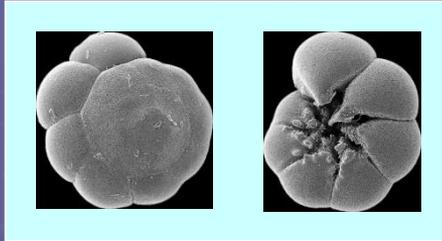


Fig. 9.31. Some of the environmental controls on the distribution of trace fossils. (A) Generalized bathymetric distribution of major trace fossil communities and their association with different water depths. (B) A summary of ecological parameters controlling biogenic activity. (C) Bathymetric zonation of fossil spreite burrows indicating the predominance of suspension-feeders in the shallow water high-energy zone, which are gradually replaced in deeper water lower energy environments by elaborate sediment-feeders (from Seilacher 1967; Rhoads, 1982).

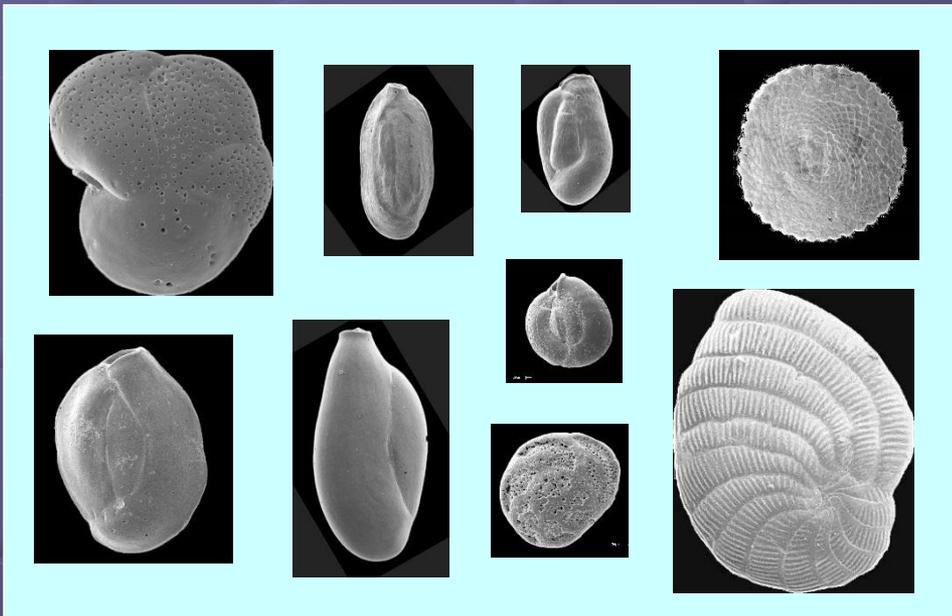
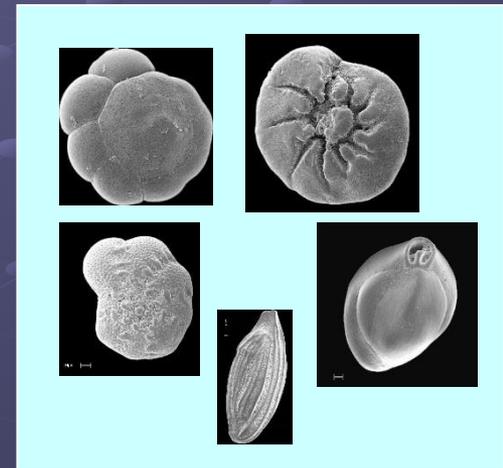
Foraminiferi – microrganismi a guscio carbonatico - di piattaforma continentale – taxa significativi



Specie di ambiente paralico *Ammonia tepida*

Specie di ambiente parlico-infralitorale:

Ammonia spp. dominanti, *Cycloforina costata*, *Elphidium granosum*, *Q. seminulum*, *Triloculina trigonula*, subordinati



Specie di ambiente infralitorale (con o

senza vegetazione): *Adelosina dubia*, *Cibicides lobatulus*, *Cycloforina schlumbergeri*, *Miliolinella dilatata*, *Massilina gualtieriana*, *Peneroplis* spp., *Rosalina* spp., *Sorites orbiculus*, etc.

3. il sistema pelagico

- viene usato per definire un **ambiente di “mare aperto”**
- in aperto oceano è presente un termoclino permanente alla profondità di 500-800 m: netta separazione delle acque superficiali da quelle profonde;
- la differenza di salinità può impedire il rimescolamento di nutrienti e di ossigenazione; importanza della risalita e discesa di masse d'acqua.

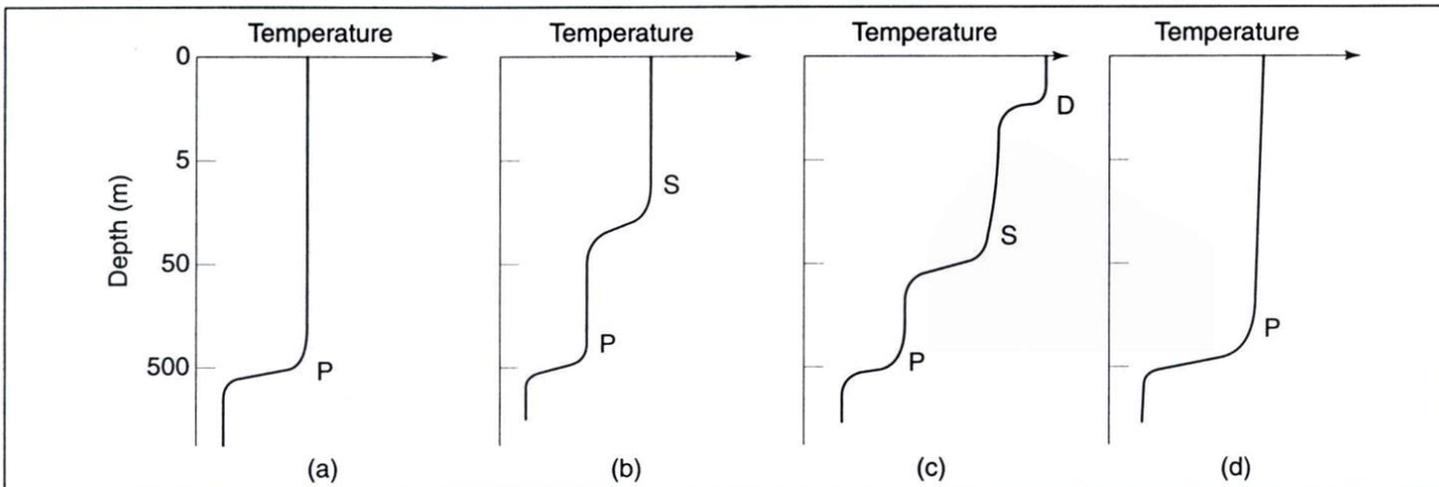
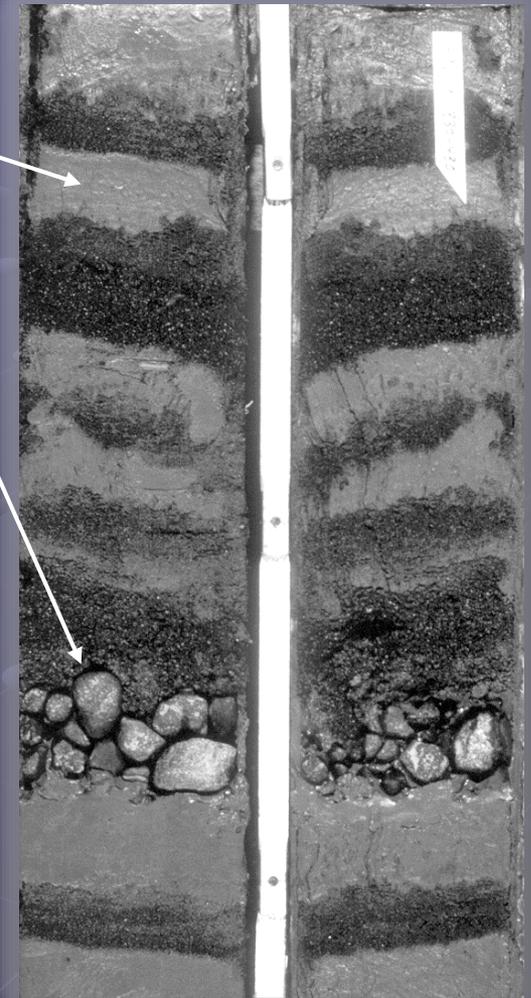
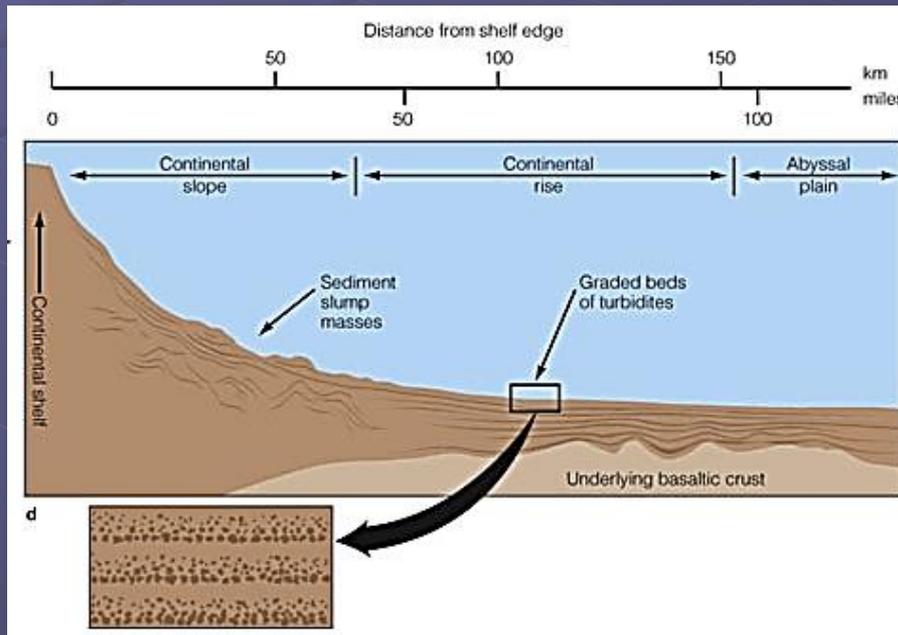


Figure 5.1 Temperature–depth profiles showing seasonal patterns of thermocline development at mid latitudes. (a) Winter. Low inputs of solar radiation and strong wind mixing at the surface produce a deep, well mixed layer. The permanent thermocline (P) is at a depth of 500–800 m. (b) Spring. Decreased wind mixing and increasing solar heating of the surface layer leads to the development of a warm surface layer separated by a seasonal thermocline (S) from deeper waters. As the season progresses the temperature difference across this seasonal thermocline increases and the thermocline depth gets deeper. (c) Summer. The seasonal thermocline is fully developed at 30–80 m and a daily thermocline (D) may be produced by the strong daytime heating of the surface layer. Other near-surface thermoclines may persist for periods of days when very calm conditions coincide with strong heating. (d) Autumn. Decreasing inputs of solar radiation and increasing wind-driven mixing erode the thermocline, making it weaker and shallower before it breaks down completely to give a well mixed surface layer (compare with lakes, Figure 6.3).

La *scarpata continentale* è generalmente una zona di erosione o di transito dei sedimenti più grossolani trasportati dalle correnti gravitative.

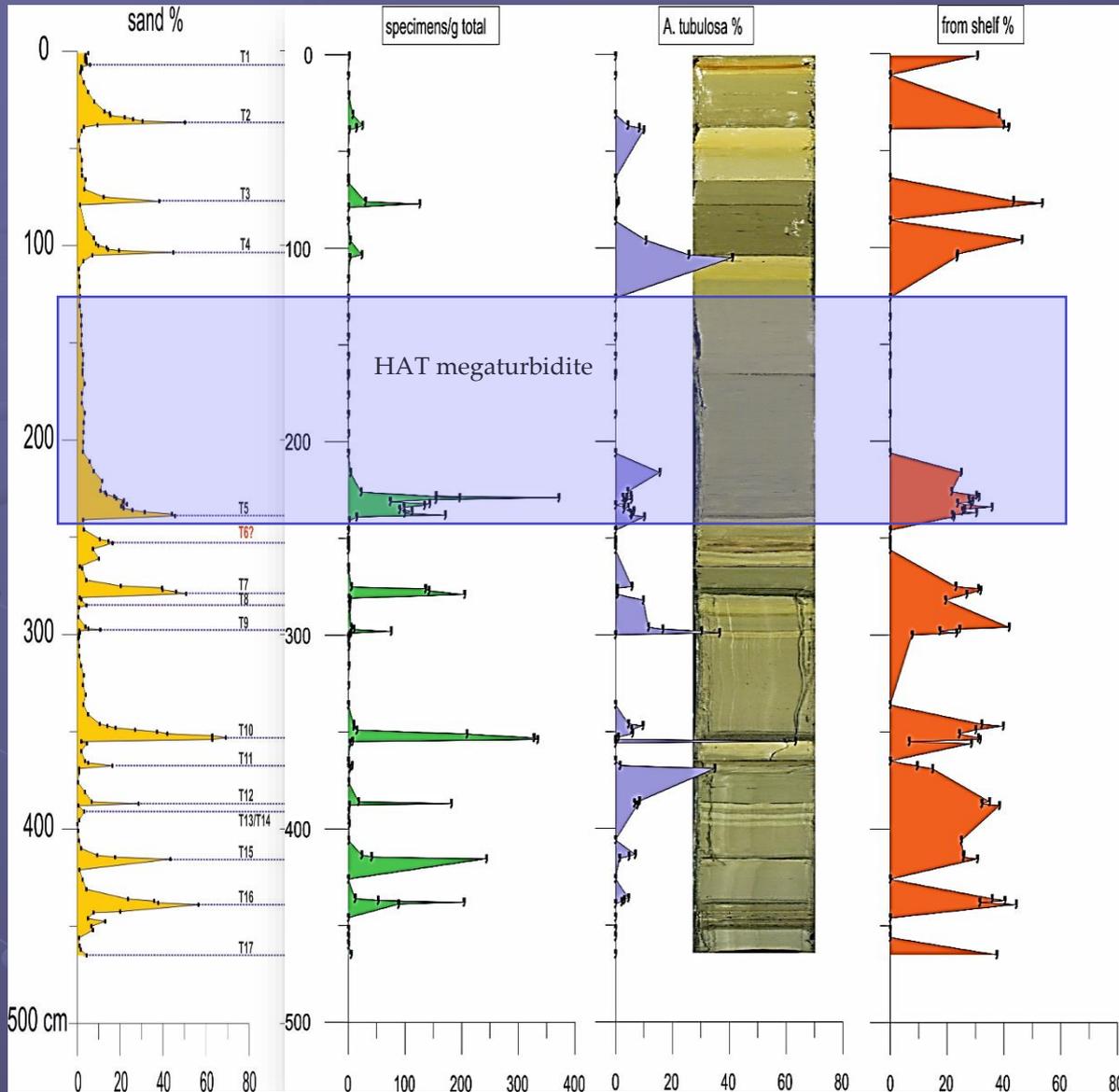
Nella parte superiore si trovano sedimenti pelagici fini, in quella inferiore sedimenti più grossolani.

Il tipo di sedimentazione dipende comunque dalla larghezza della piattaforma continentale e dalla disponibilità di sedimento.

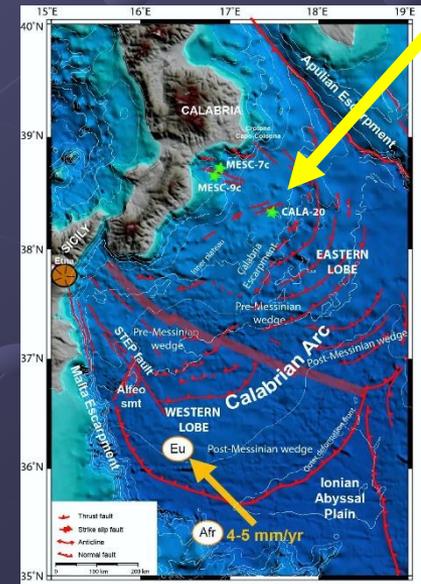


carotaggio in zona di scarpata antartica

Esempio di studio di fenomeni torbiditici in carota prelevata nella piana abissale del Mar Ionio (prof. di prelievo 2000 m), carota CALA20, Polonia et al., 2023



Core CALA20 core evidences several turbidite events (until T18), mainly characterized by the displacements of infralittoral-circalittoral foraminifers. The HAT megaturbidites event triggered by the AD 365 Crete earthquake have been detected in the middle sedimentary record.



Nelle zone *abissali e adali* le condizioni fisico-chimiche al fondo sono molto costanti: salinità < 35.0 ‰, elevata pressione, assenza di luce e temperatura molto bassa, nei bacini isolati ossigenazione molto scarsa.

I **sedimenti** derivano dall'accumulo dei gusci/scheletri degli organismi che vivono nella colonna d'acqua sovrastante, del particolato in sospensione o di materiale disciolto nelle acque

Il tasso di sedimentazione molto basso e uniforme su aree molto vaste, sono sedimenti sincroni e aciclici.

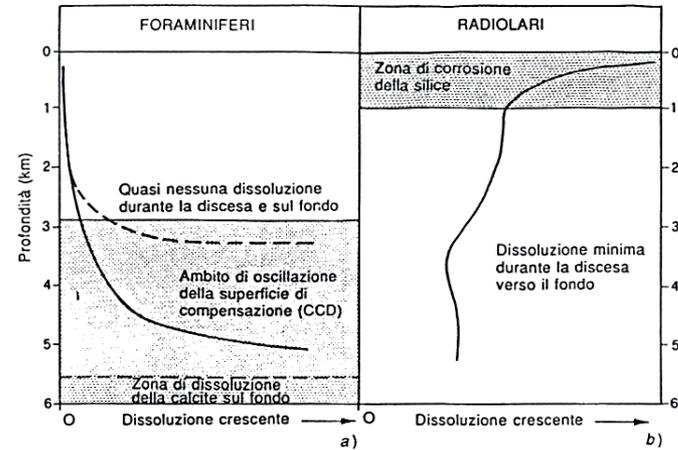


Fig. 2.21 - Confronto tra i profili di dissoluzione dei foraminiferi planctonici (a) e dei radiolari (b) basati su esperimenti di campagna. La maggior parte dei processi di dissoluzione dei microfossili a guscio calcareo si verificano in modo ridottissimo durante la caduta verso il fondo e diventano rapidamente importanti fino a portare alla totale distruzione dei gusci sui fondi oceanici a profondità maggiori di 3000-5500 metri, mentre quelli dei radiolari (e delle diatomee) si verificano in acque basse (da W.H. Berger, 1976, con modifiche).

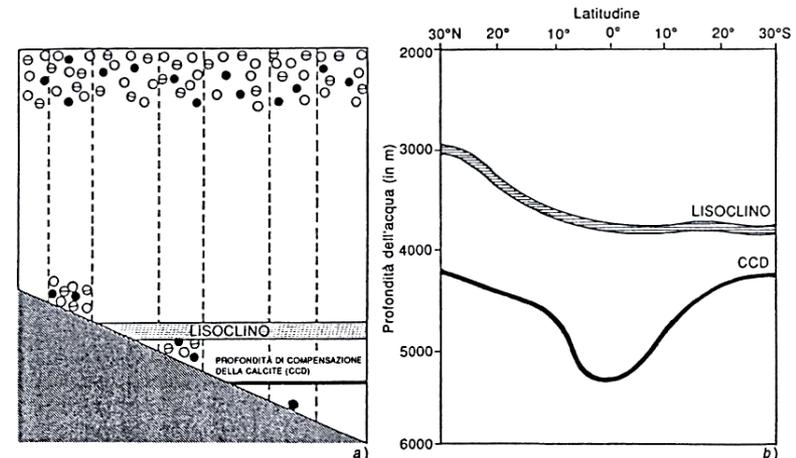


Fig. 2.22 - a) Diagramma schematico mostrante la dissoluzione selettiva di alcune specie di foraminiferi planctonici (qui indicate con O ⊖ ●) che aumenta con l'aumentare della profondità dell'acqua. La maggior parte delle specie si conserva nei sedimenti al di sopra del lisocline, al di sotto del quale vi è una rapida diminuzione della diversità specifica e una concentrazione delle forme robuste. Al di sotto della CCD (Profondità di Compensazione della Calcite) non si conserva praticamente nessuna specie. b) Andamento della profondità attuale del lisocline e del CCD nell'Oceano Pacifico; il diagramma mostra chiaramente che entrambi i parametri variano con la latitudine (a, da A.W.H. Bè, 1977; b da Berger, 1981, con modifiche).

tipi di sedimento pelagico

∅ melme (ooze) calcaree (pteropodi, coccoliti, foraminiferi): particolare sviluppo in zone equatoriali, al di sopra delle linee di ACD e CCD;

∅ melme (ooze) silicee a radiolari: zone periequatoriali ad elevata produttività e bacini a profondità superiore al CCD;

∅ melme (ooze) silicee a diatomee (con silicoflagellati): zone a latitudine elevata e localmente in zone di upwelling;

Distribuzione delle principali tipologie di sedimenti nei fondali marini

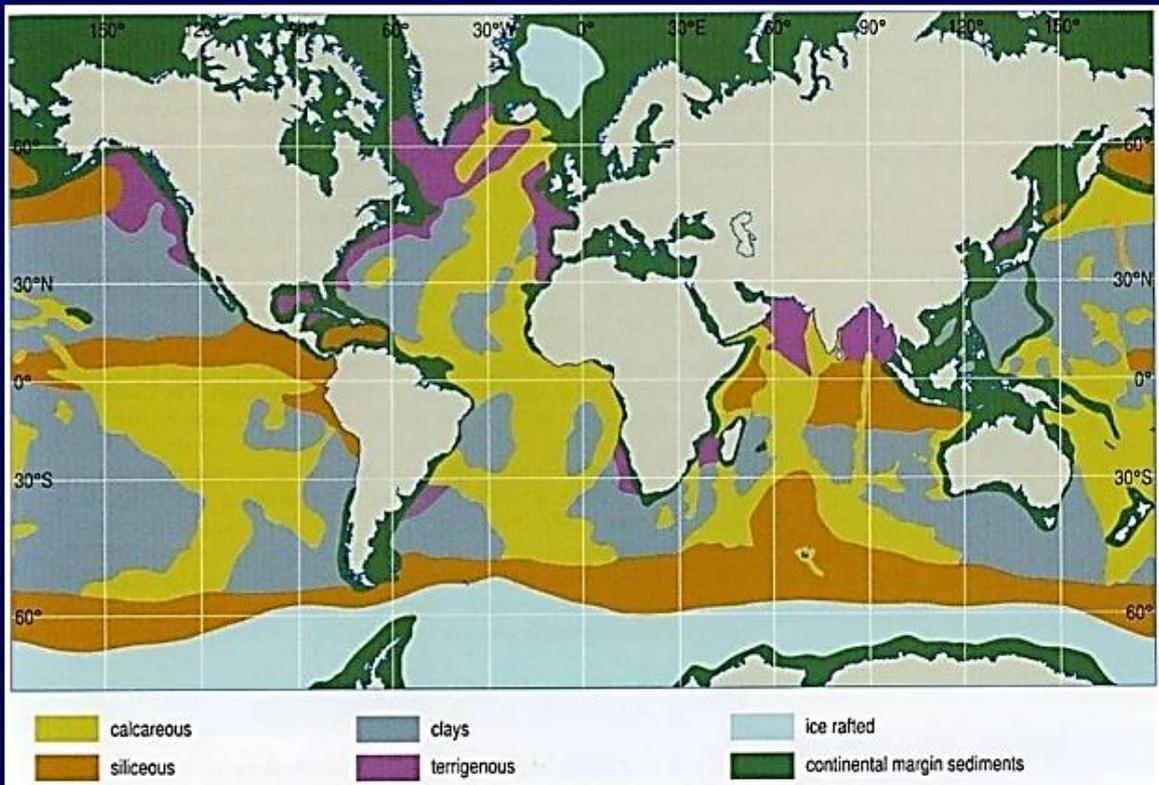


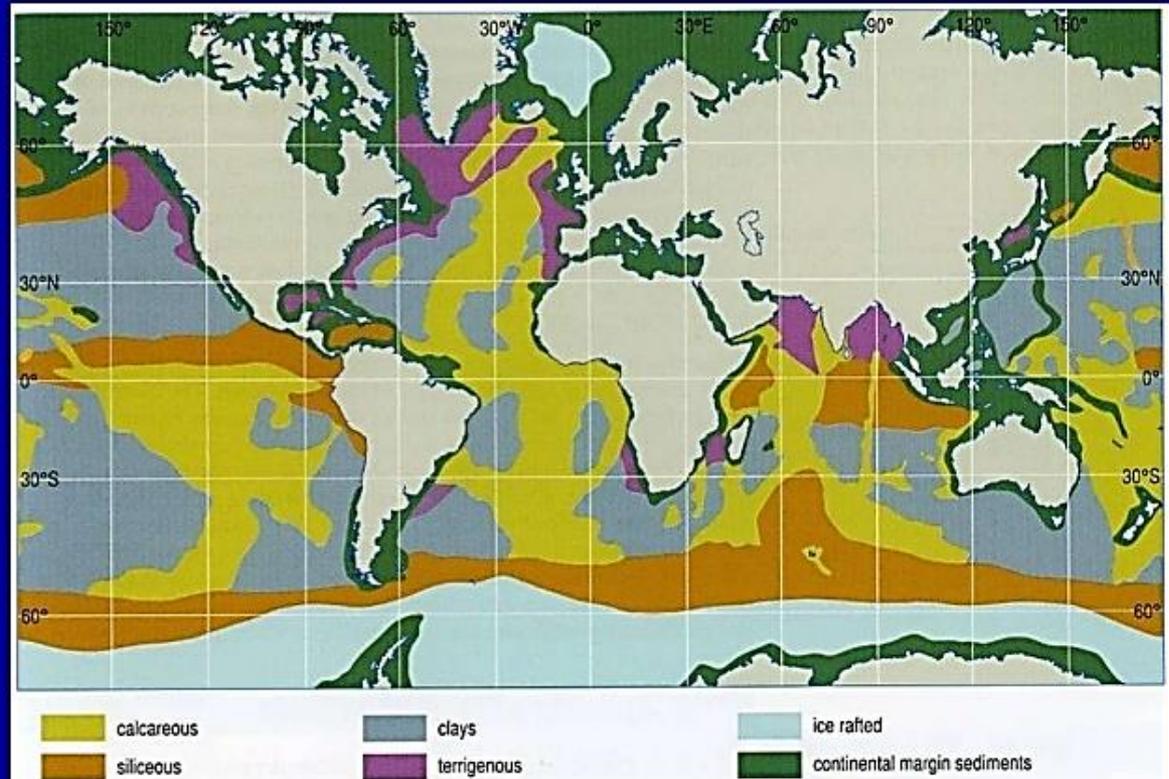
Figure 1.12 Distribution of dominant sediment types on the floor of the present-day oceans. Note that clays are mostly also 'terrigenous'.

tipi di sedimento pelagico

∅ **depositi fosfatici:**
denti di pesci, ossa;

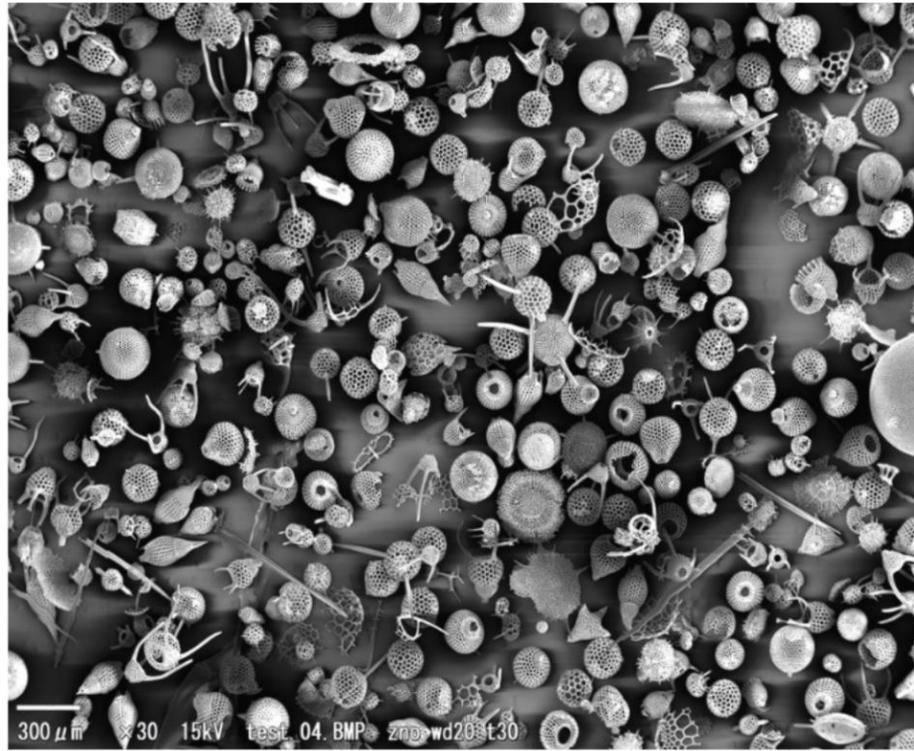
∅ **argille brune:**
sedimenti di elevata
profondità, con
mineralizzazioni, ma
abiogeniche; derivano
dall'apporto eolico,
vulcanico e cosmico.

Distribuzione delle principali tipologie di sedimenti nei fondali marini

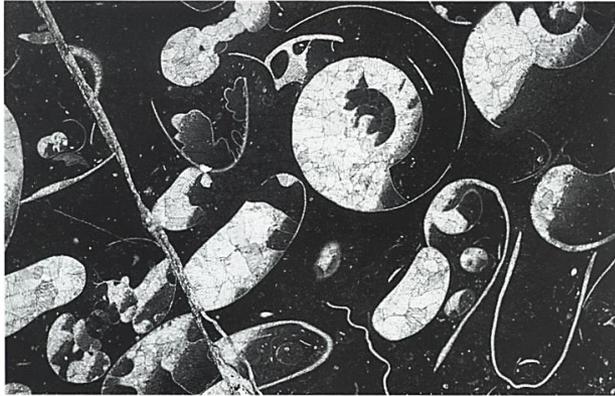


Radiolari + spicole silicee:
profondità > CCD

Radiolari + diatomee +
foraminiferi planctonici:
profondità < CCD



Da <http://imgkid.com/radiolarian-ooze.shtml>



Ammonites (X 9).
LIAS of Zandobbio, Lombardy, Italy.

Facies with cephalopods are present from the PALEOZOIC but they take on particular significance during the JURASSIC with ammonites.



Aptychus and radiolarians (X 30).
OXFORDIAN-KIMMERIDGIAN of David 1
well, Adriatic Sea.

Aptychi, calcareous opercula of ammonites, are particularly common from the JURASSIC to the EARLY CRETACEOUS.

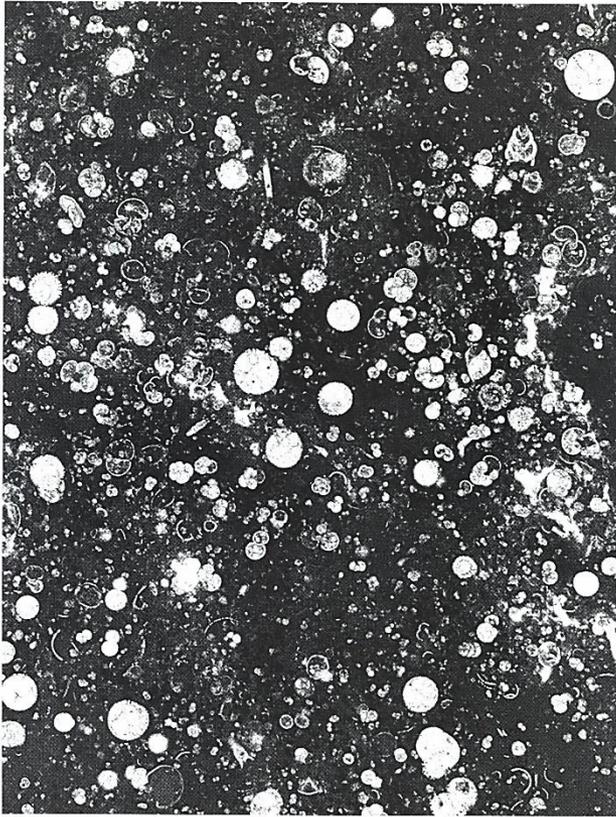


Pelagic pelecypods and radiolarians
(X 20).
TOARCICAN-AALENIAN of Valdorbina,
Umbria, Italy.

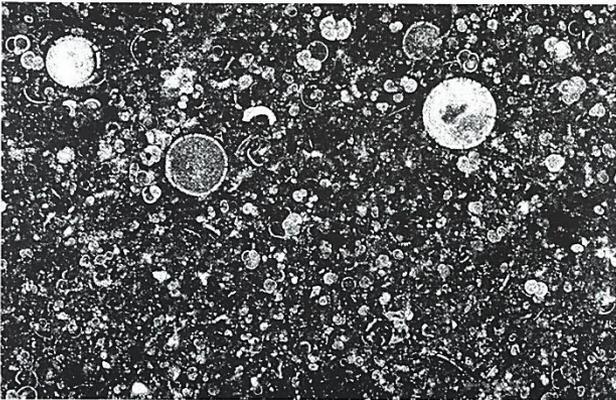
Pelagic pelecypods are common in basinal sequences of the JURASSIC.

Esempi di microfacies pelagiche in ambito geologico

Microfacies di Rosso
Ammonitico ad ammoniti,
lamellibranchi e radiolari
(Giurassico)



Orbulina, Globigerinidae, Globorotalidae and Nodosariidae (X 25).
MIDDLE MIOCENE of Vicoli 1 well, Abruzzo, Italy.

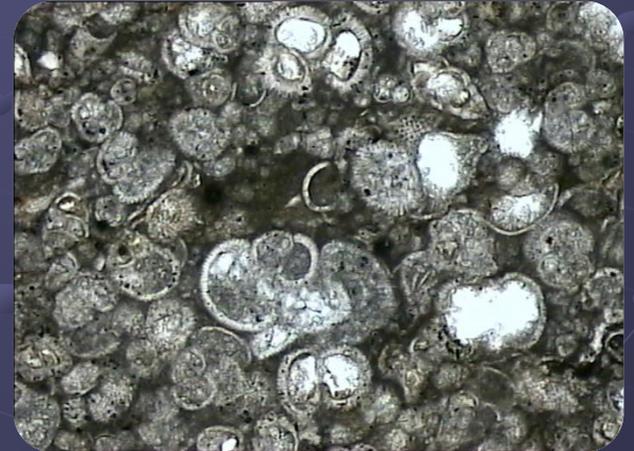


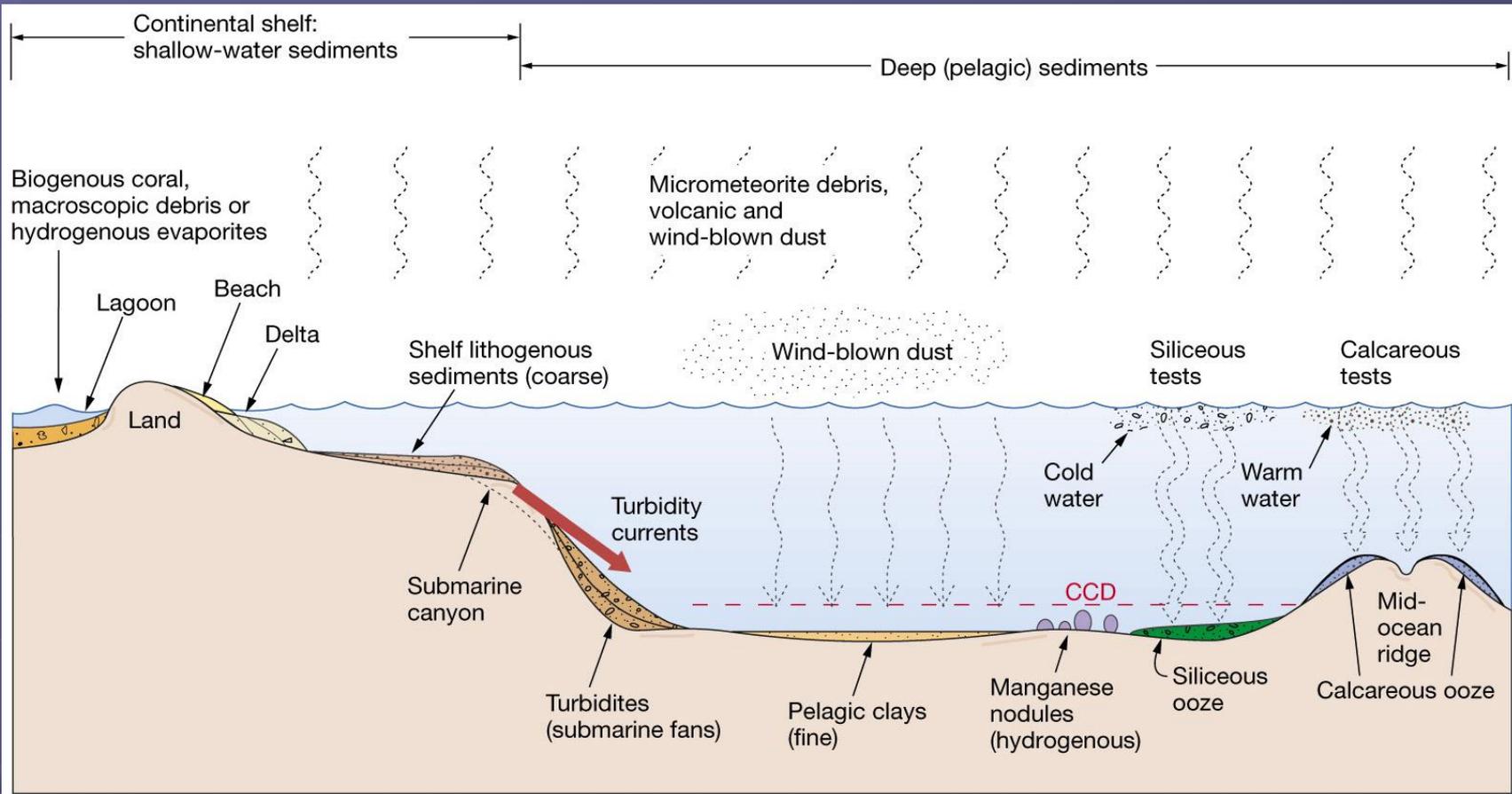
Orbulina (X 30).
MIDDLE MIOCENE of Vicoli 1 well, Abruzzo, Italy.

PALEOCENE			EOCENE			OLIGOCENE			MIOCENE		
E	M	L	E	M	L	E	M	L	E	M	L

Orbulina is well identifiable thanks to its spherical shape.

Microfacies carbonatica pelagica (Scaglia Rossa) a foraminiferi planctonici del Cenozoico





Lithogenous sediments

Biogenous sediments

Copyright © 2004 Pearson Prentice Hall, Inc.