

# TAFONOMIA

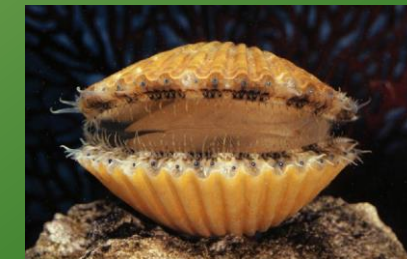
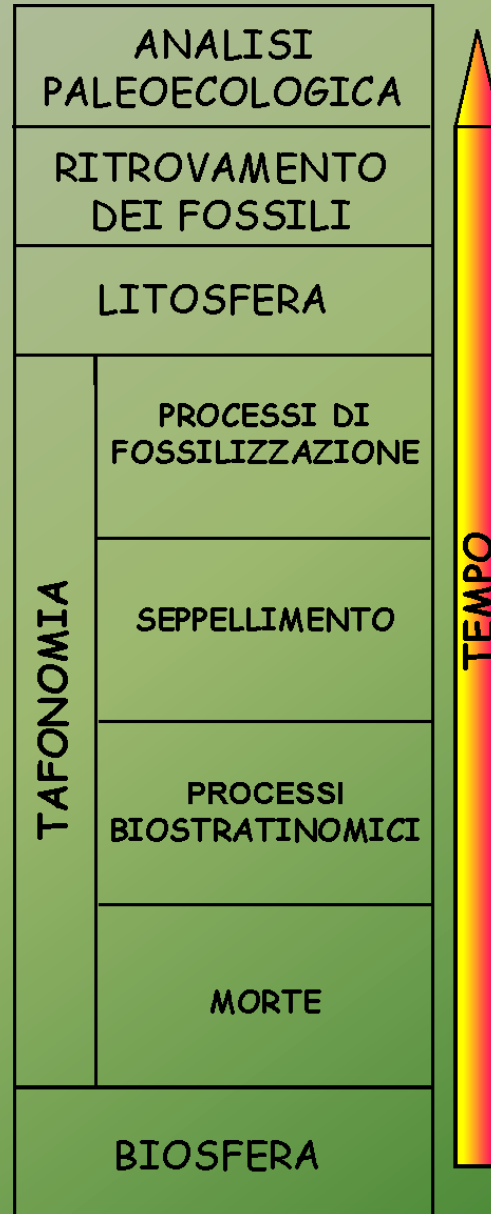
come si formano i fossili

La **tafonomia** studia la storia degli organismi dalla morte o dai loro stadi preagonici al loro ritrovamento come fossili. Più in generale, si può dire che studia il processo di trasferimento di materia dalla biosfera alla litosfera.



## Processi tafonomici

I processi tafonomici avvengono durante il trasferimento dell'ex vivente dalla biosfera alla litosfera partendo dalla morte dell'organismo seguendo diversi stadi.






# Fattori che influenzano la fossilizzazione

(oltre a un rapido seppellimento)

1. Presenza di parti dure (mineralizzate e non)  
mineralizzate: ossa, gusci  
non mineralizzate: lignina, chitina, collagene
2. Rapporto parti dure/parti molli
3. Composizione delle parti dure
4. Struttura delle parti dure
5. Relazione tra parti dure e parti molli
6. Grado di mineralizzazione

## Presenza di parti dure


La possibilità che i rappresentanti di un certo gruppo sistematico possano essere presenti allo stato fossile dipende, salvo casi eccezionali, dalla presenza di parti dure.

	Abbondante
	Frequente
	Raro
	Assente

GRUPPI	PRESENZA DI PARTI DURE	FREQUENZA ALLO STATO FOSSILE
FLAGELLATI	Abbondante	Abbondante
DIATOMEE	Abbondante	Abbondante
FORAMINIFERI	Abbondante	Abbondante
PROTOCILIATI	Assente	Assente
SPOROZOI	Frequente	Frequente
CILIATI	Assente	Assente
PORIFERI	Abbondante	Abbondante
CELENERATI	Abbondante	Abbondante
CTENOFORI	Assente	Assente
FORONIDI	Assente	Assente
BRIOZOI	Abbondante	Abbondante
BRACHIOPODI	Abbondante	Abbondante
PLATEMINTI	Assente	Assente
NEMERTINI	Assente	Raro
ECTOPROCTI	Assente	Assente
NEMATELMINTI	Assente	Raro
PRIAPULIDI	Assente	Assente
ECHIURIDI	Assente	Assente
SIPUNCULIDI	Assente	Raro
MOLLUSCHI	Abbondante	Abbondante
ANELLIDI	Raro	Raro
POGONOFORI	Assente	Raro
ONICOFORI	Assente	Raro
TARDIGRADI	Assente	Assente
PENTASTOMIDI	Assente	Assente
ARTROPODI	Abbondante	Abbondante
CHETOGNATI	Assente	Raro
ECHINODERMI	Abbondante	Abbondante
EMICORDATI	Frequente	Frequente
CEFALOCORDATI	Assente	Assente
CORDATI	Abbondante	Abbondante


# Composizione delle parti dure

TAXA	SOSTANZE INORGANICHE				SOSTANZE ORGANICHE			ALTRE SOSTANZE
	Calci te	Aragonite	Fosfati	Silice	Chitina	Cellulosa	Collagene	
P R O T I S T I	CIANOFITE (Monera)		R			R		R
	ACRI TARCHI TASMANI TIDI							
	CHI TINOZOI							
	SILI COFLAGELLATI EBRIIDI							
	COCCOLI TOFORI DI		R					
	DI NOFLAGELLATI	R			R			
	FORAMINIFERI				R			R
	CALPI ONELLI DI			R				
	DI ATOMEE							
	RADI OLARI							R
P I A N T E	CLOROFITE	R						R
	CAROFITE							
	RODOFITE		R					
	SPERMATOFITE	R			R			
RECEPTACULI TIDI								
A N I M A L I	PORIFERI		R					R
	ARCHEOCIATI DI							
	CELEENTERATI							R
	MOLLUSCHI					R		R
	I OLI TI							
	TENTACULI TI							
	ANELLI DI		R					R
	ARTROPODI		R		R			R
	BRI OZOI							R
	BRACHI OPODI							
	ECHI NODERMI			R	R			
	POGONOFORI							
	CONODONTOFORI DI							
	EMI CORDATI							
	CORDATI	R						R

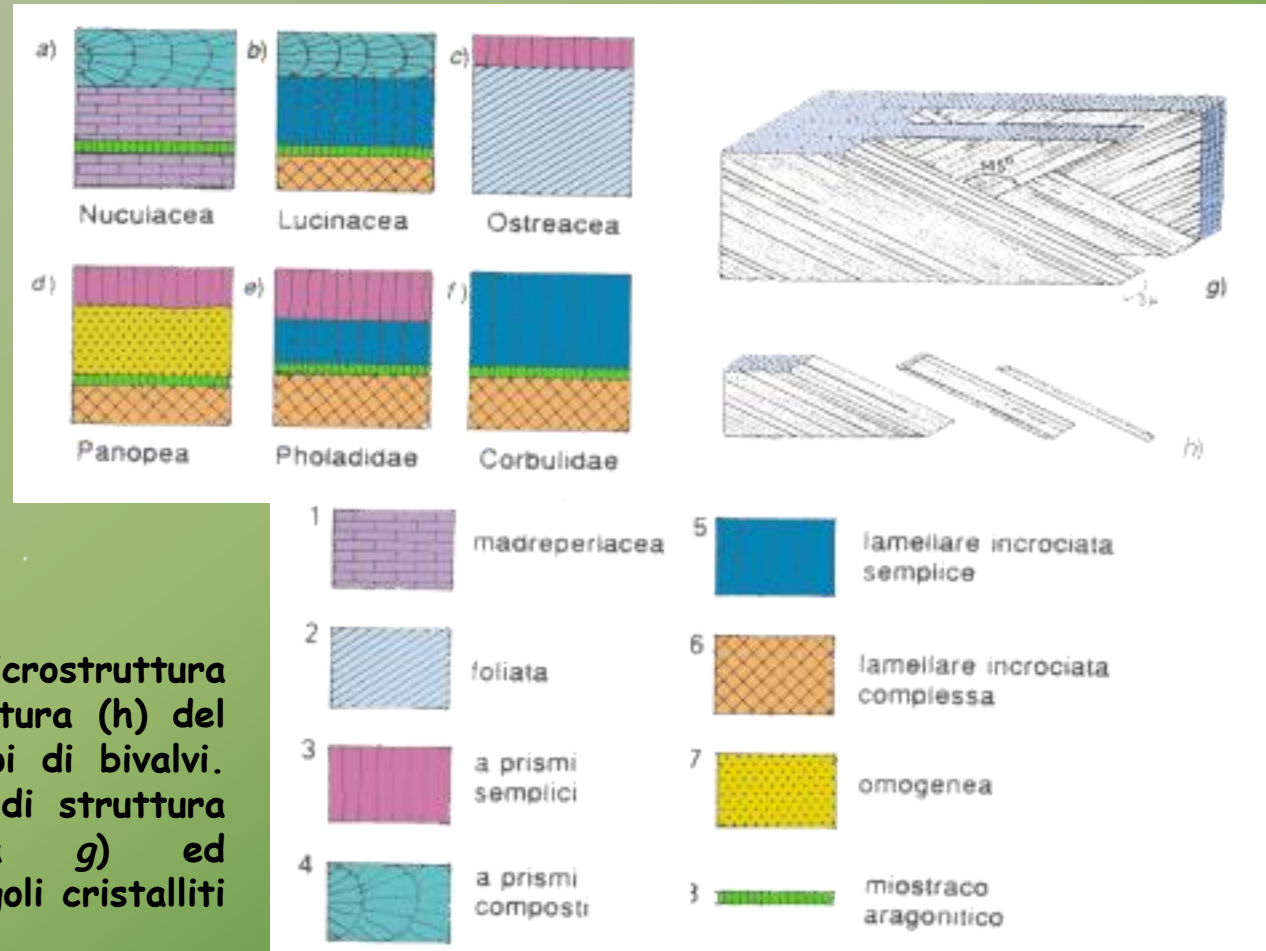
 Abbondante

 R Raro

 Frequente

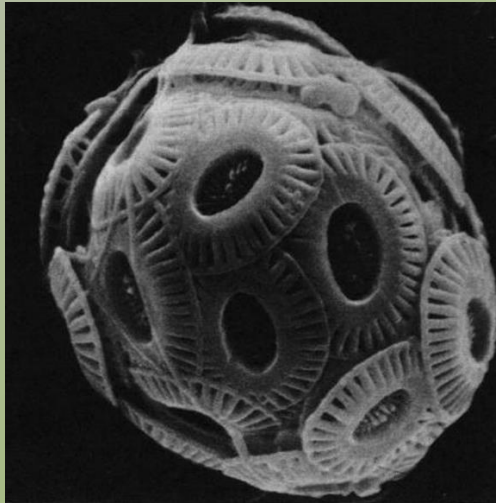
 Assente

## Struttura delle parti dure

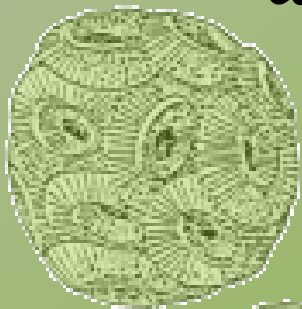


Architettura (a-f), microstruttura (1-8; g) e ultrastruttura (h) del guscio di alcuni gruppi di bivalvi. Vista tridimensionale di struttura lamellare incrociata g) ed ultrastruttura dei singoli cristalliti a-f), h)

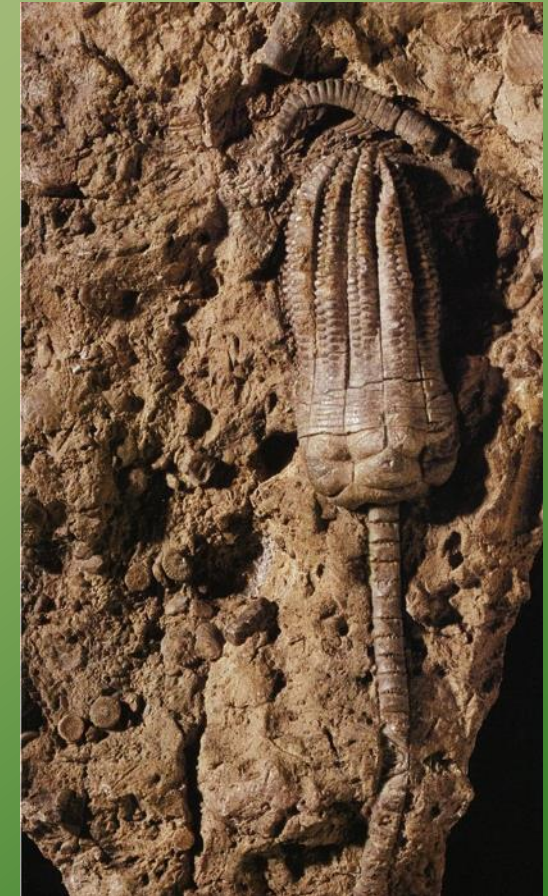
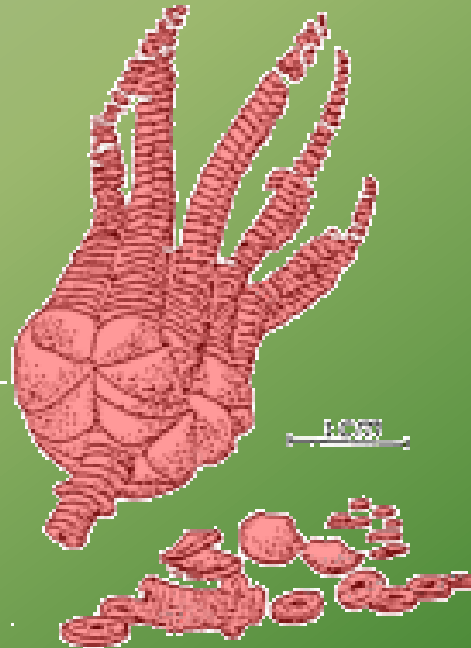
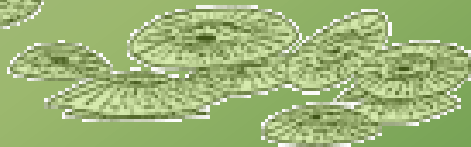
## Relazioni tra parti dure e parti molli



Coccosfera



100µm



Encrinurus liliformis (Triassico)



## Morte degli organismi

La morte degli organismi rappresenta l'inizio della loro storia come fossili potenziali.

### MORTE «PREMATURA»

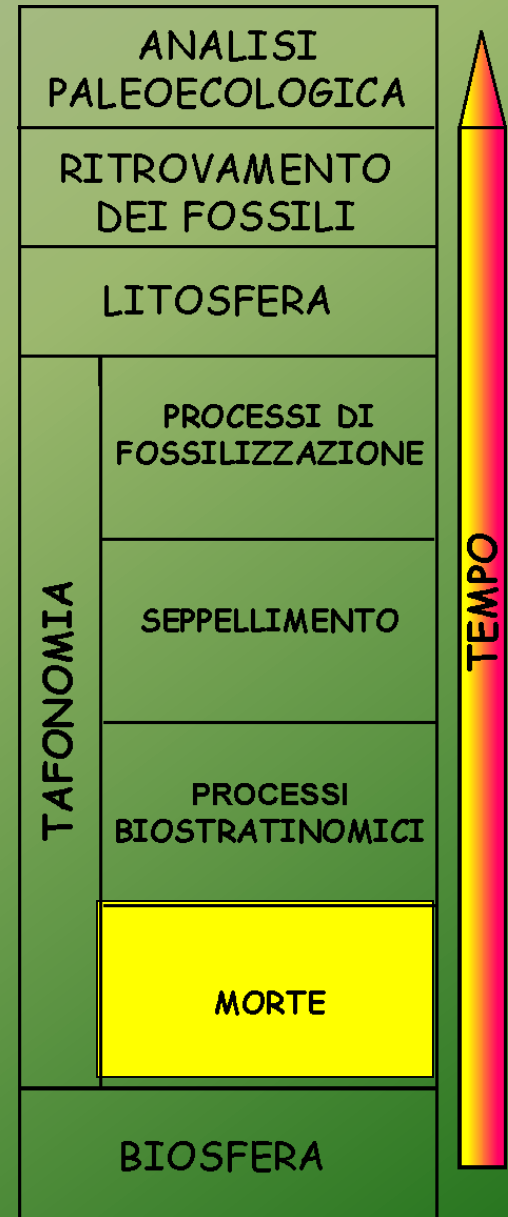
INTRAPPOLAMENTO IN «RESINE VEGETALI»  
 INTRAPPOLAMENTO IN ASFALTI E BITUMI  
 PREDAZIONE DI VARIO TIPO  
 MORTE PER PARTO  
 MORTE PER MALATTIA DEL TESSUTO OSSEO  
 COMPETIZIONE ECOLOGICA

### VARIAZIONI AMBIENTALI ECCEZIONALI

Apporti sedimentari istantanei  
 (frane, torbiditi)

Avvelenamento da fitoplankton  
 (eutrofizzazione)

Variazioni repentine del livello  
 dei mari (es. *scogliere*)



*Mioplosus labracoides*



Eocene inferiore  
Wyoming (USA)

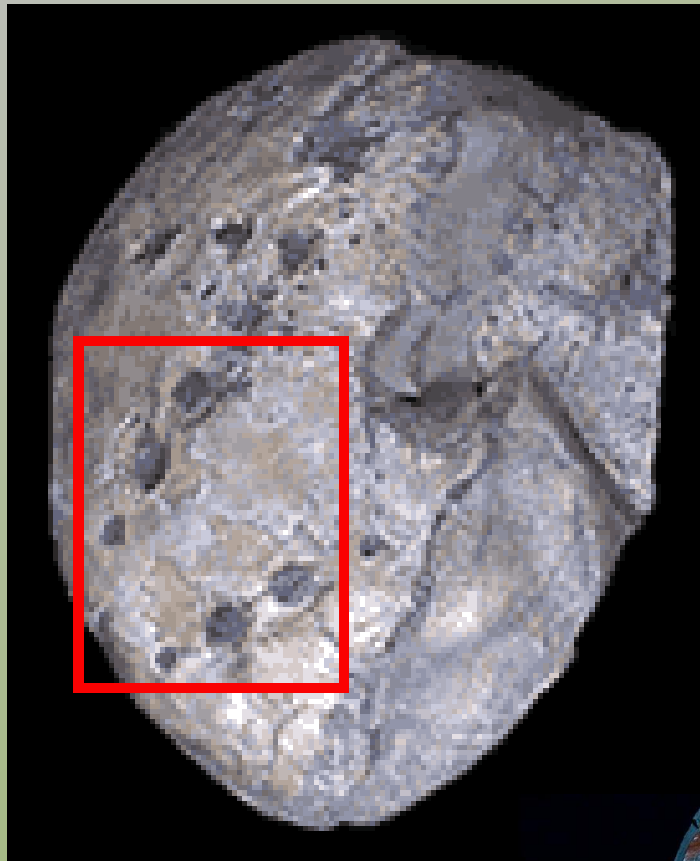




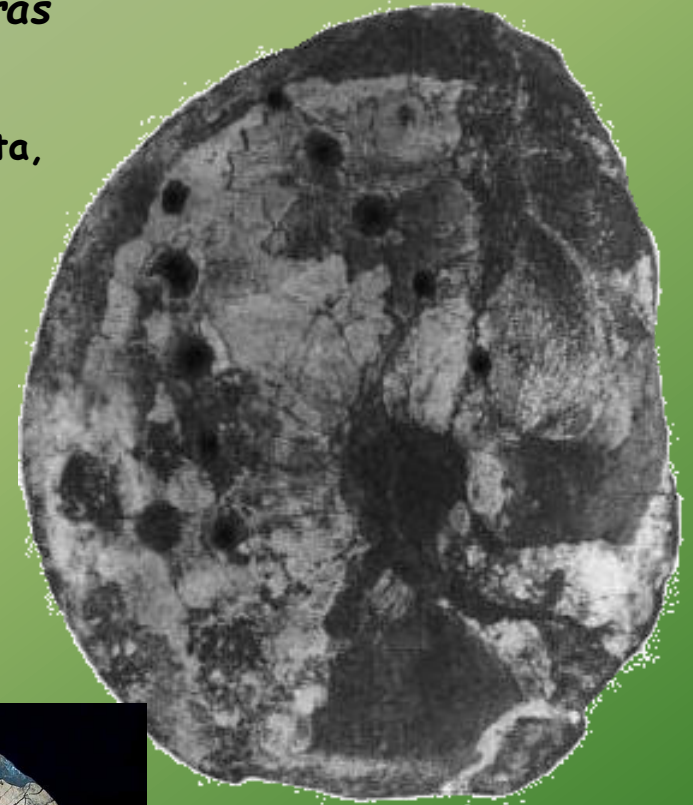
*Placenticerus*

Cretaceo, South Dakota, USA



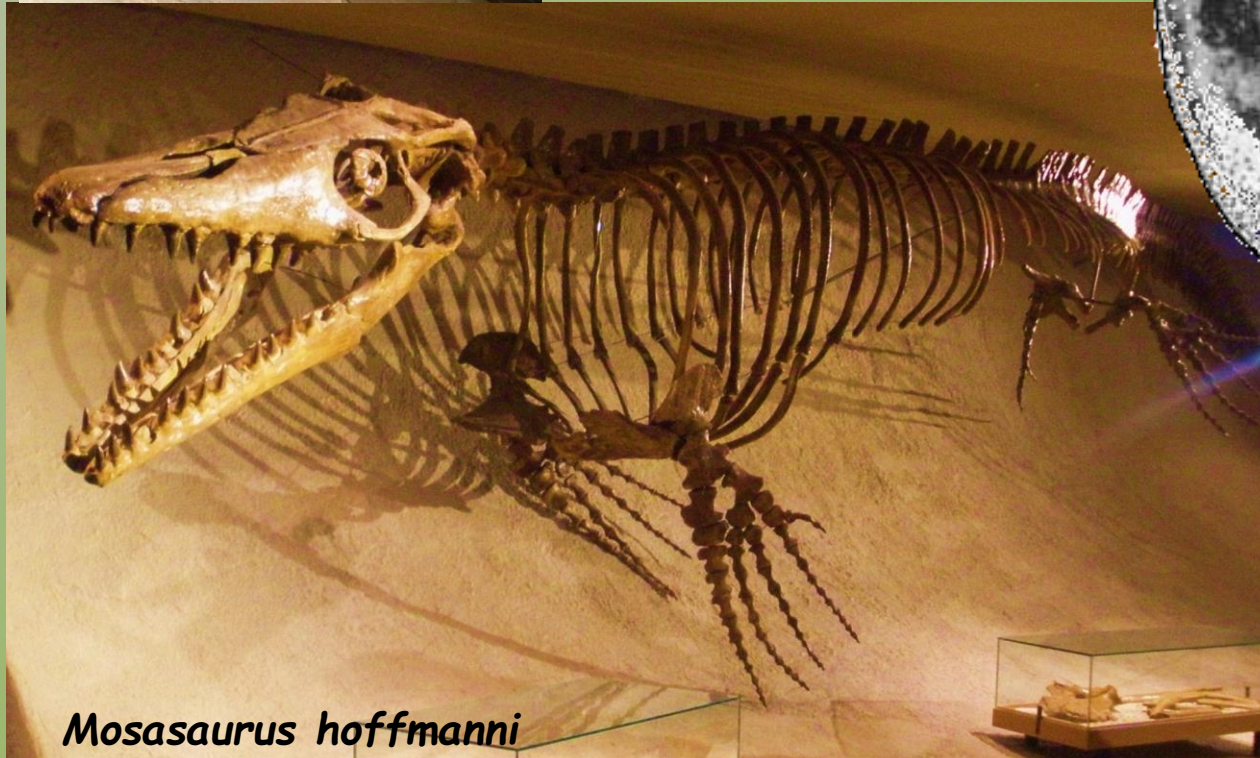
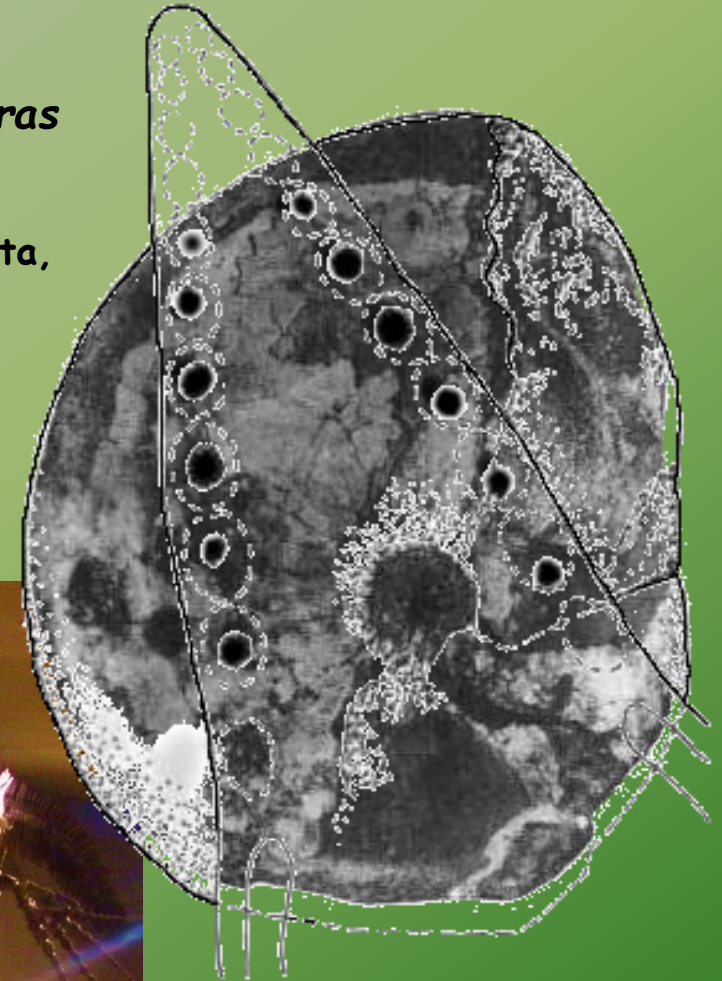


*Placenticerus*  
Cretaceo  
South Dakota,  
USA

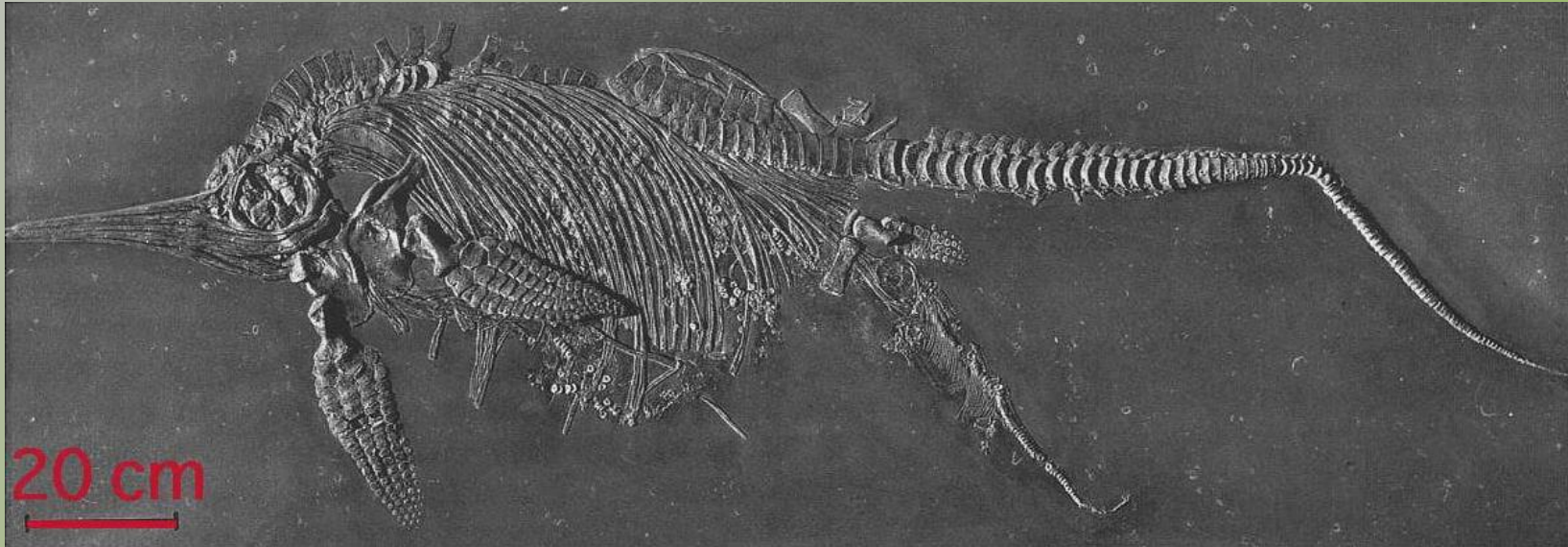




*Placenticerus*  
Cretaceo  
South Dakota,  
USA

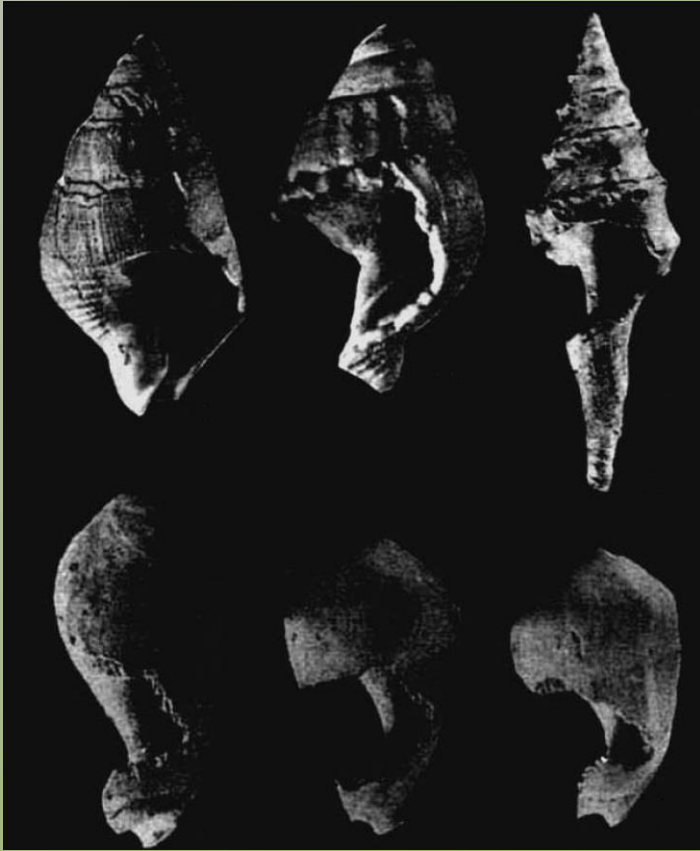


*Mosasaurus hoffmanni*

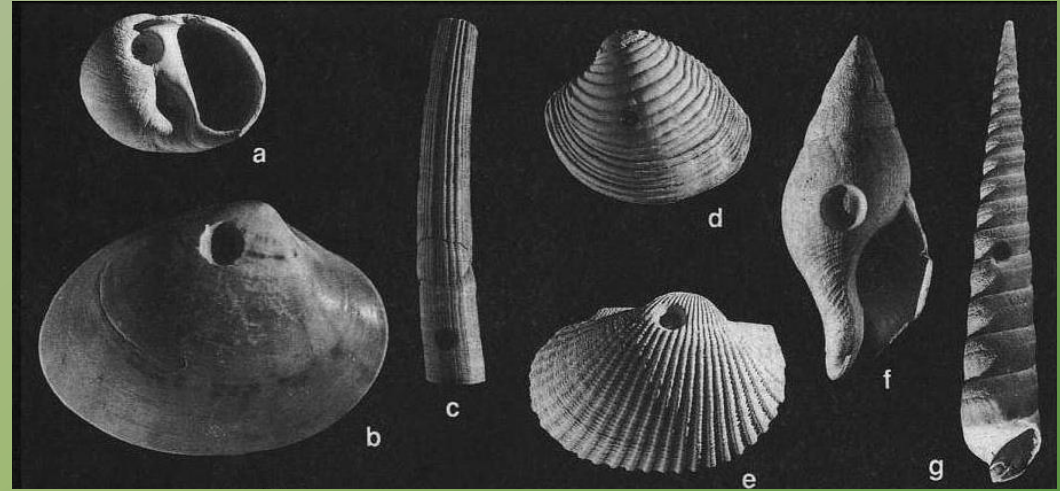


*Stenopterigius quadriscissus*  
Giurassico Inf.,  
Holzmaden, Germania

Forme fossili



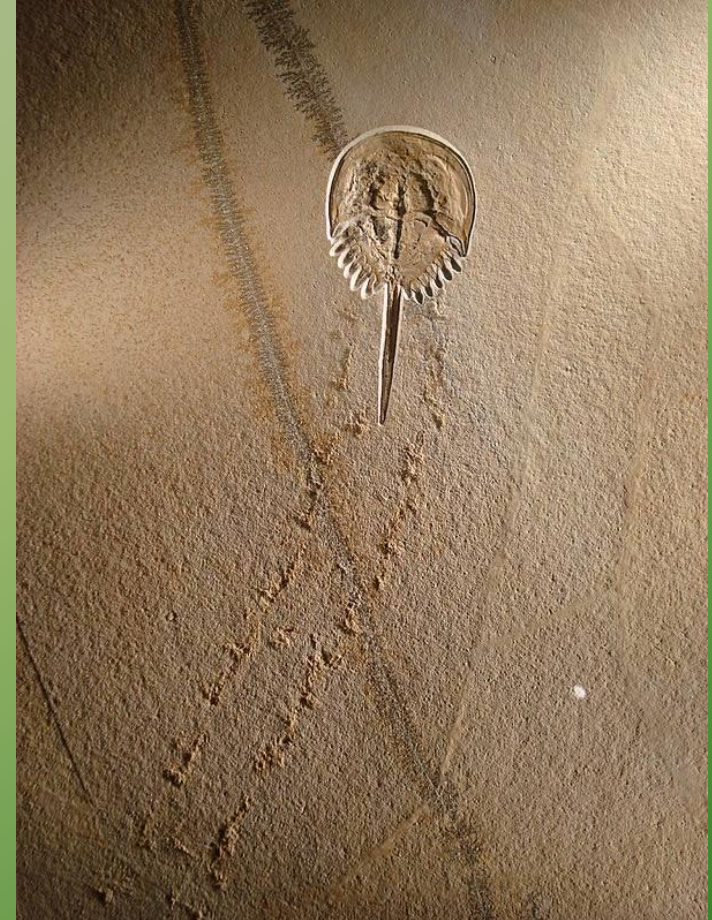
Forme attuali





*Mesolimulus*

Giurassico Sup., Solnhofen, Germania





## Biostratinomia

Analizza la storia sedimentaria delle spoglie degli organismi, vale a dire, prende in considerazione tutti i quei processi che avvengono tra la morte di un organismo ed il suo seppellimento definitivo.

### *Necrolisi*

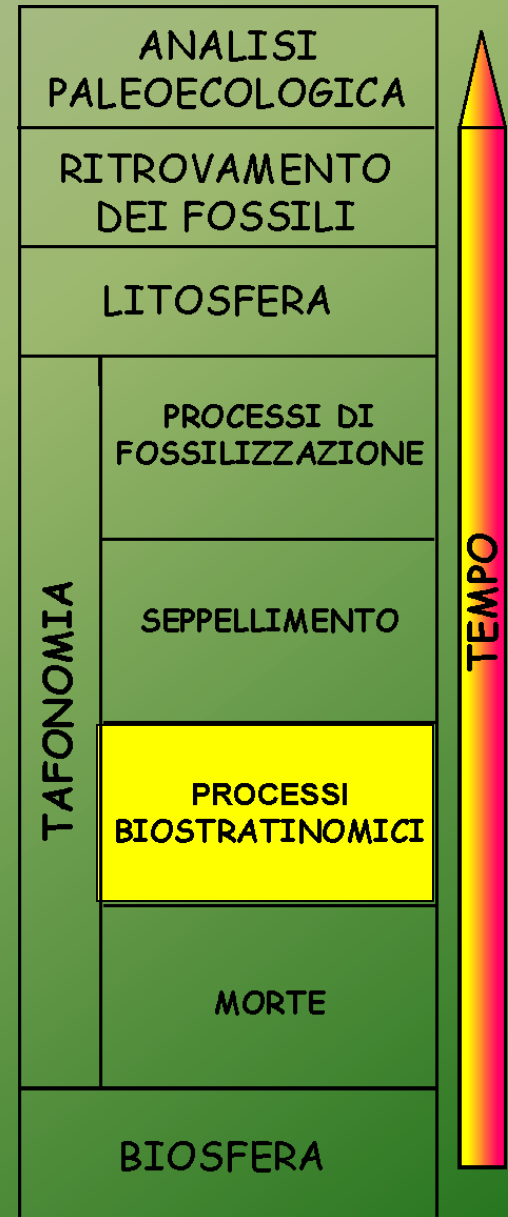
*decomposizione  
disarticolazione  
macerazione  
predazione post mortem  
bioconfezione  
combustione*

### *Bioerosione*

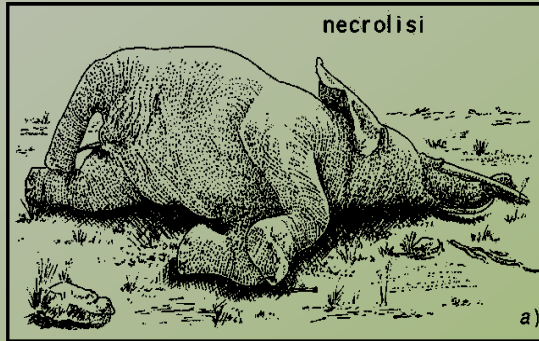
### *Dissoluzione*

### *Trasporto*

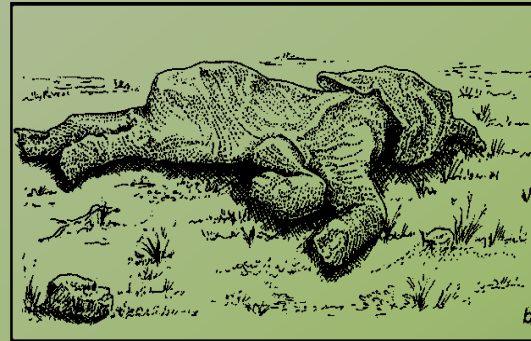
*logorio meccanico  
selezione meccanica  
deposizione orientata  
Prefossilizzazione*



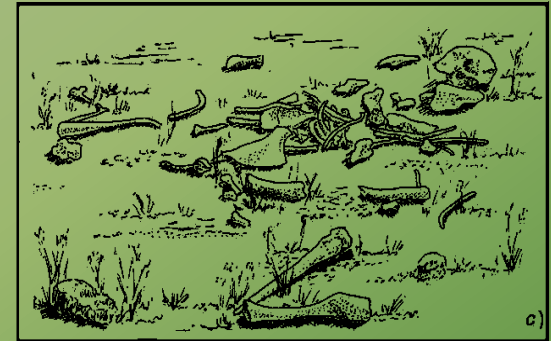
## Necrolisi e smembramento



Dopo tre giorni



tre settimane

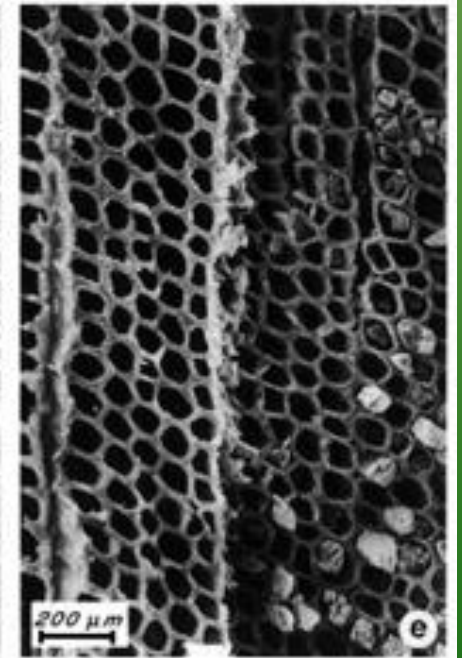
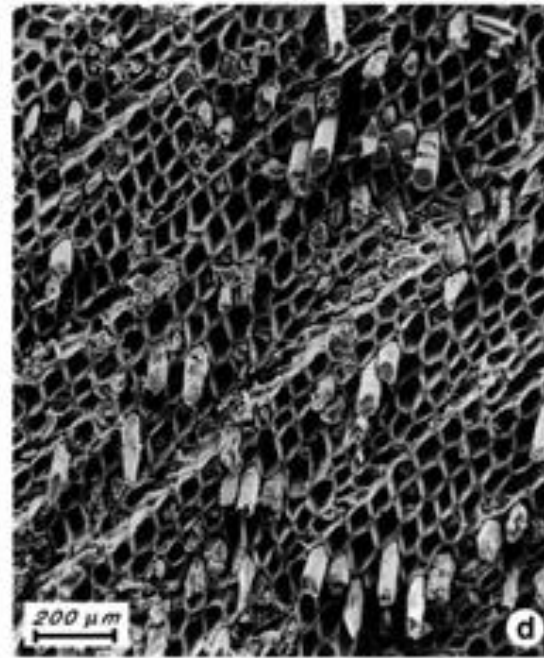
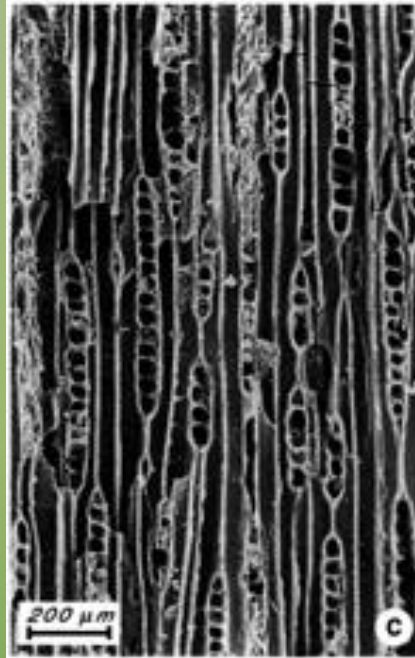
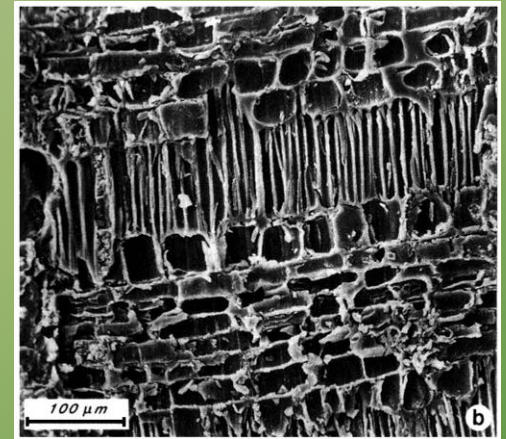
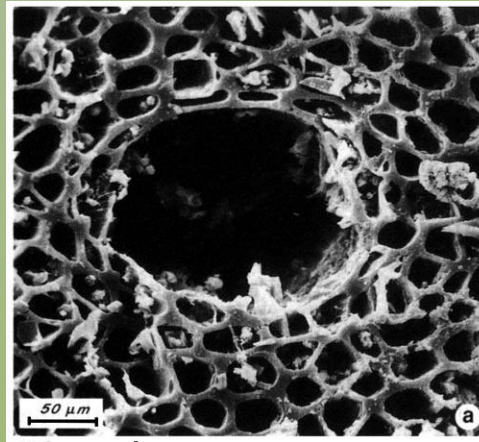


..... un anno

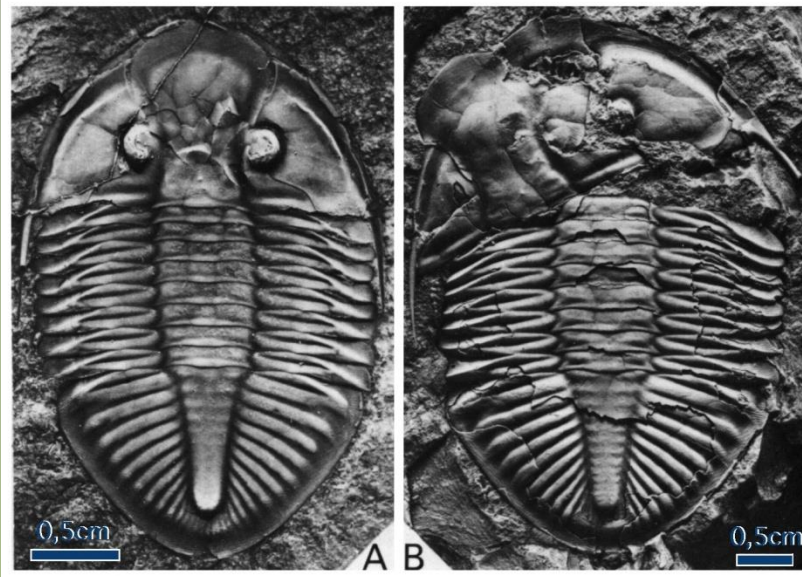


## Combustione

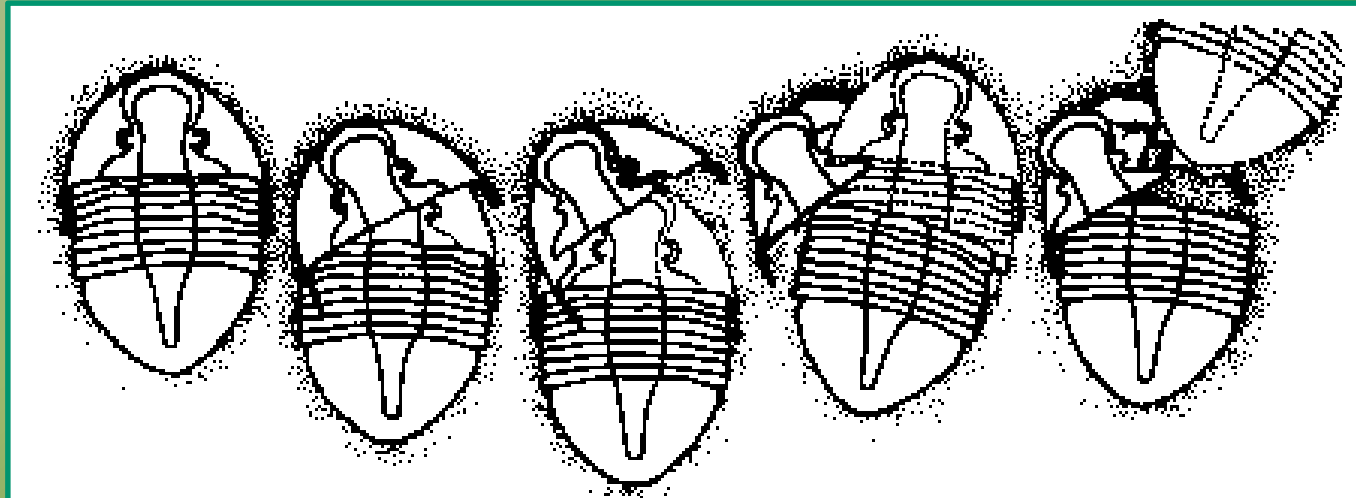
- a) *Pinuxylun* sp., Cretaceo  
Superiore, Texas, USA  
b) *Pinuxylun* sp., Miocene,  
Svizzera  
c-e) *Dadoxylon* sp., Permiano  
Inferiore, Texas, USA



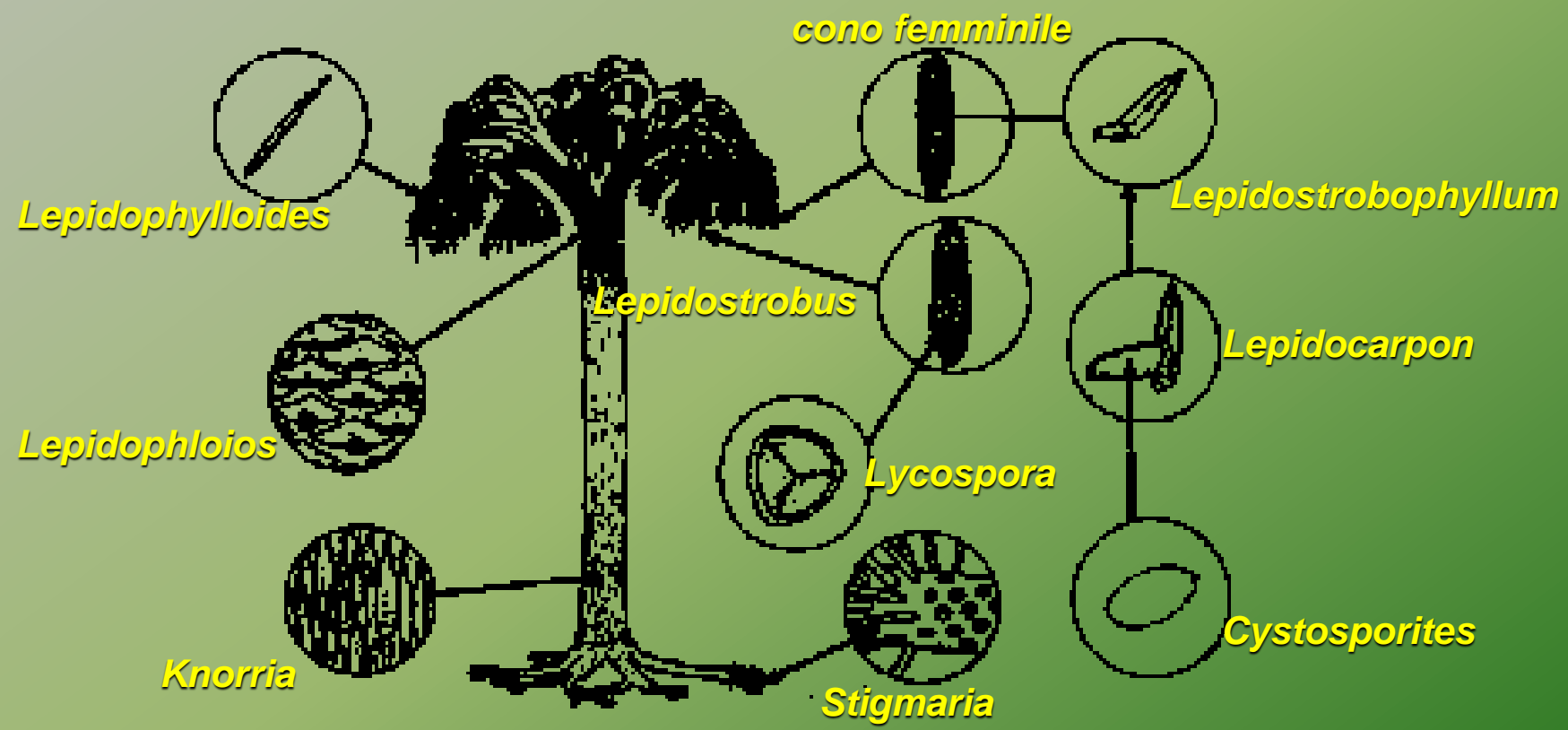
## Disarticolazione



*Pseudogygites latimarginatus*  
Ordoviciano superiore  
Ontario, Canada



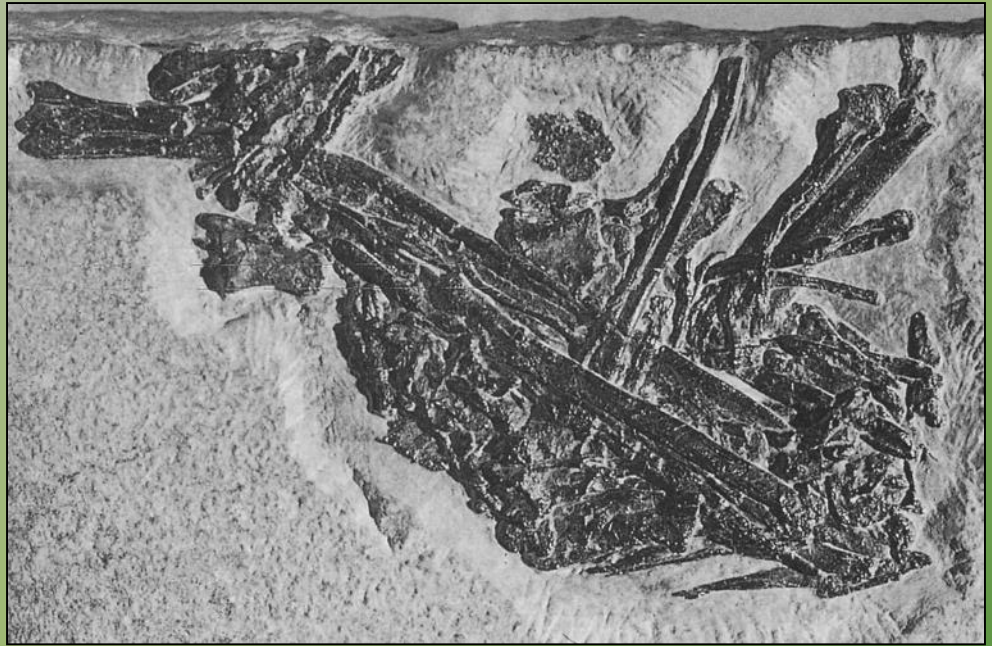
# Disarticolazione



*Licofita arborea del Carbonifero*

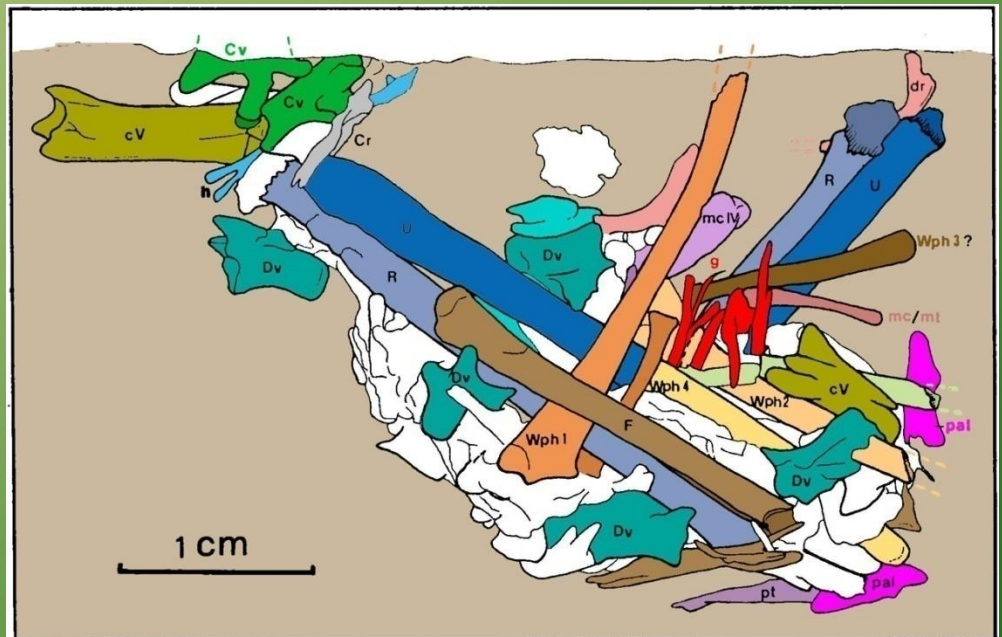
## Bioconfezione

Bolo gastrico costituito da un agglomerato d'ossa di pterosauro attribuito a *Preondactylus buffarinii* Dalla Vecchia, Muscio & Wild, 1989. Questo reperto è stato rinvenuto nel Triassico sup. (Norico) nella Formazione della «Dolomia di Forni» nella Valle del Tagliamento.

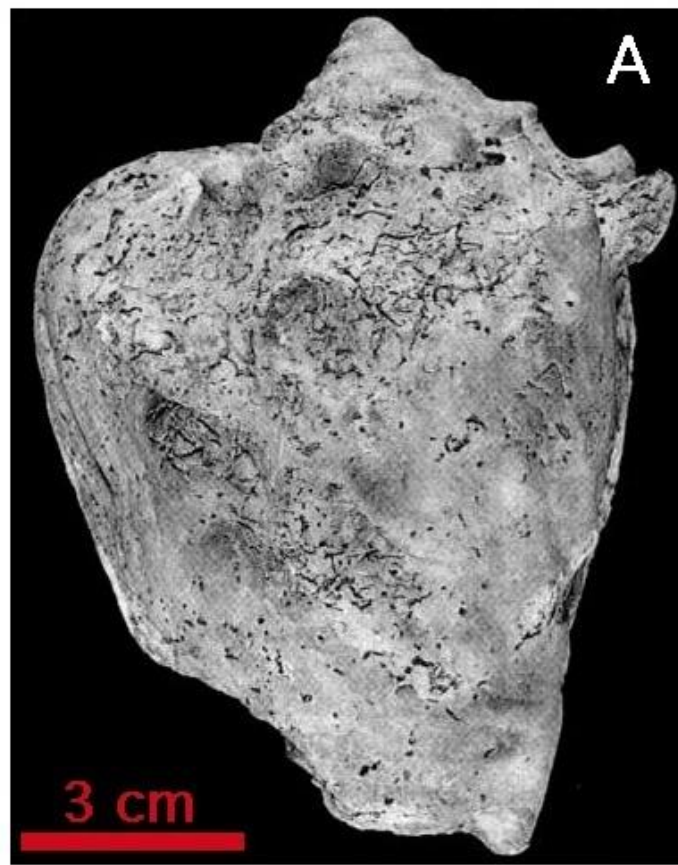


Ossa identificate:

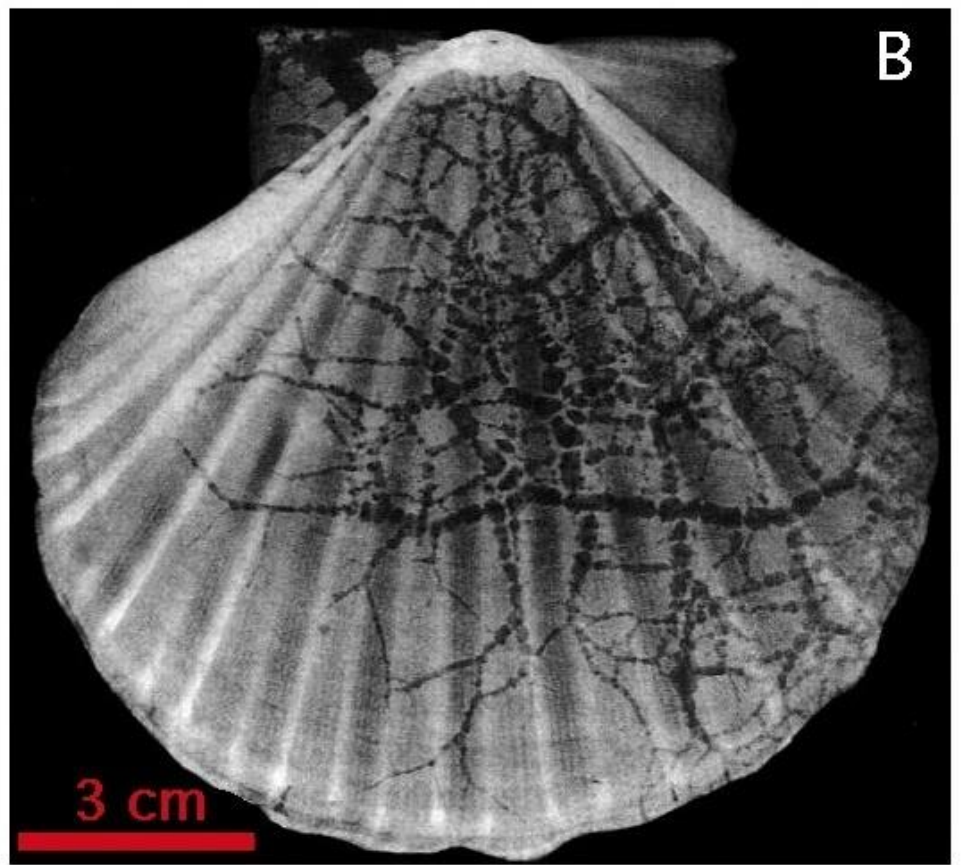
Cr: costola cervicale; Cv: **vertebra cervicale**; cV: **vertebra caudale**; dr: **costola dorsale**; Dv: **vertebra dorsale**; dr: **costola dorsale**; F: femore; g: **costola/e gastrale/i**; h: **emiapofisi anteriore**; mcl V: **metacarpale alare**; mt: **metatarsale**; pal: **palatino**; pt: **pterigoide**; R: radio; U: **ulna**; Wph 1-4: **falangi alari 1-4**; le parti in bianco sono resti non identificabili.



## Bioerosione

*Strombus coronatus*

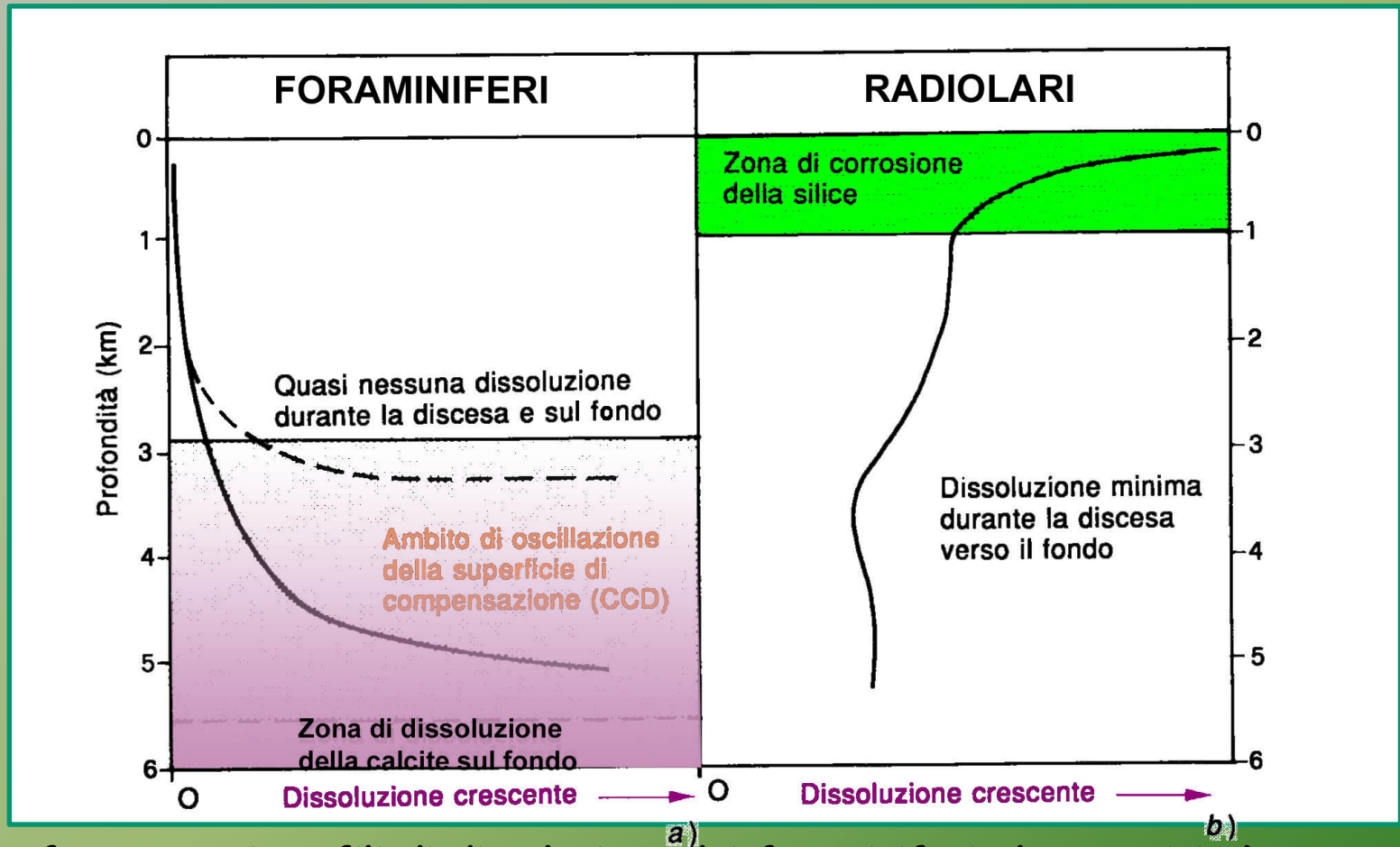
Microgallerie prodotte da organismi perforanti sulla conchiglia di un gasteropode

*Pecten maximus*

Perforazioni prodotte dalla spugna *Cliona* all'interno del guscio di un *Pecten*

Fotografie a raggi X

## Dissoluzione



Confronto tra i profili di dissoluzione dei foraminiferi planctonici a) e dei radiolari b) su dati sperimentali. La maggior parte della dissoluzione dei microfossili a guscio calcareo è rapidissima durante la caduta sul fondo dopo i 3 Km di profondità fino alla loro completa dissoluzione, superata la soglia del **CCD (calcite compensation depth)**



## Dissoluzione

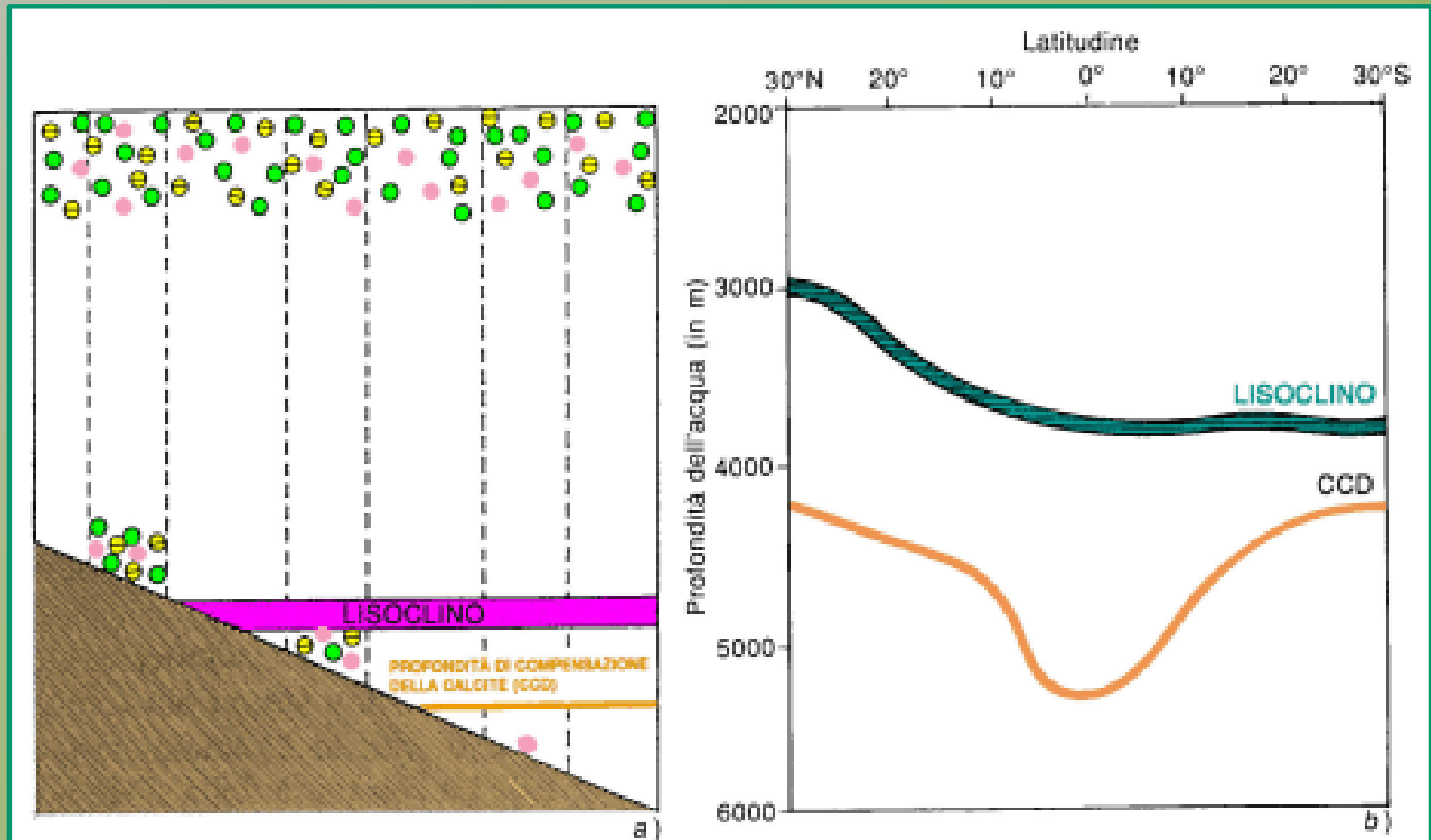


Diagramma schematico mo­strante la dissoluzione selettiva d'alcune specie di foraminiferi planctonici (cerchietti colorati) che aumenta con la profondità dell'acqua. La maggior parte delle forme si conserva nei sedimenti al di sopra del **lisocline**, sotto il quale vi è una rapida riduzione della diversità con concentrazione delle forme più robuste.

A dx andamento del Lisocline e del CCD nell'Oceano Pacifico.

## Fattori che influenzano la profondità del CCD

La profondità del **termocline** (zona di brusco cambiamento della temperatura che separa le acque calde superficiali da quelle profonde più fredde).

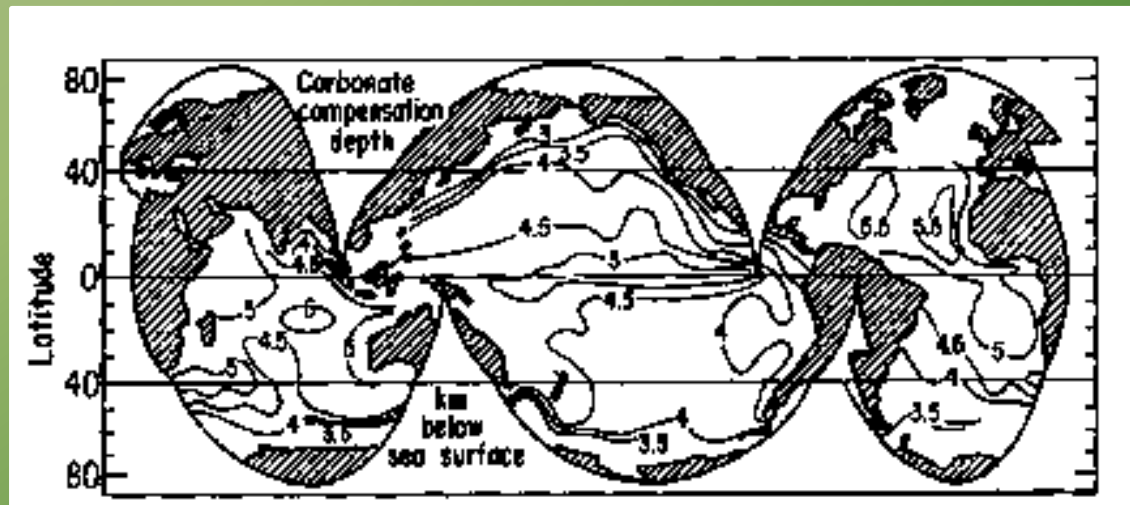
Produttività (produzione media di sostanza organica nell'unità di tempo).

Quantità di **bioclasti calcarei**.

Topografia dei fondali oceanici (condiziona la circolazione delle acque fredde polari tipicamente povere di carbonati e ricche di CO<sub>2</sub>, quindi aggressive).

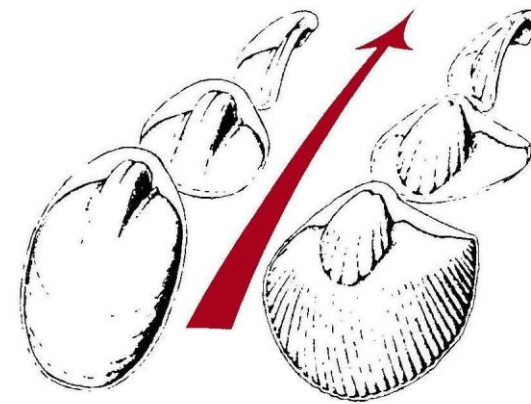
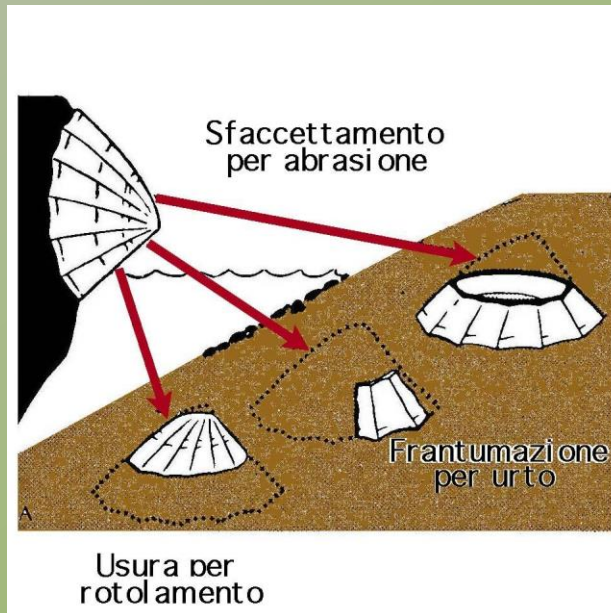
Concentrazione di ioni carbonato.

il CCD è più profondo nell'Atlantico, meno nel Pacifico e si abbassa in corrispondenza dei tropici per l'alta produzione di carbonati.



## Trasporto

## Abrasione e frantumazione



Rotolamento in ambiente abrasivo  
- distruzione delle parti  
più deboli e sporgenti

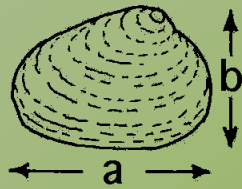
## Trasporto

Tipi di trasporto:

Gravità

Correnti

Vento



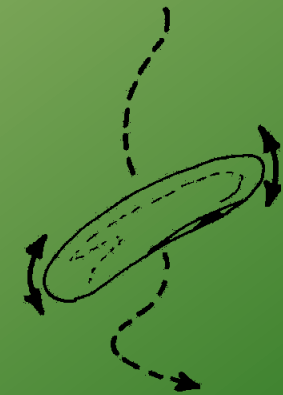
caduta stabile



caduta instabile

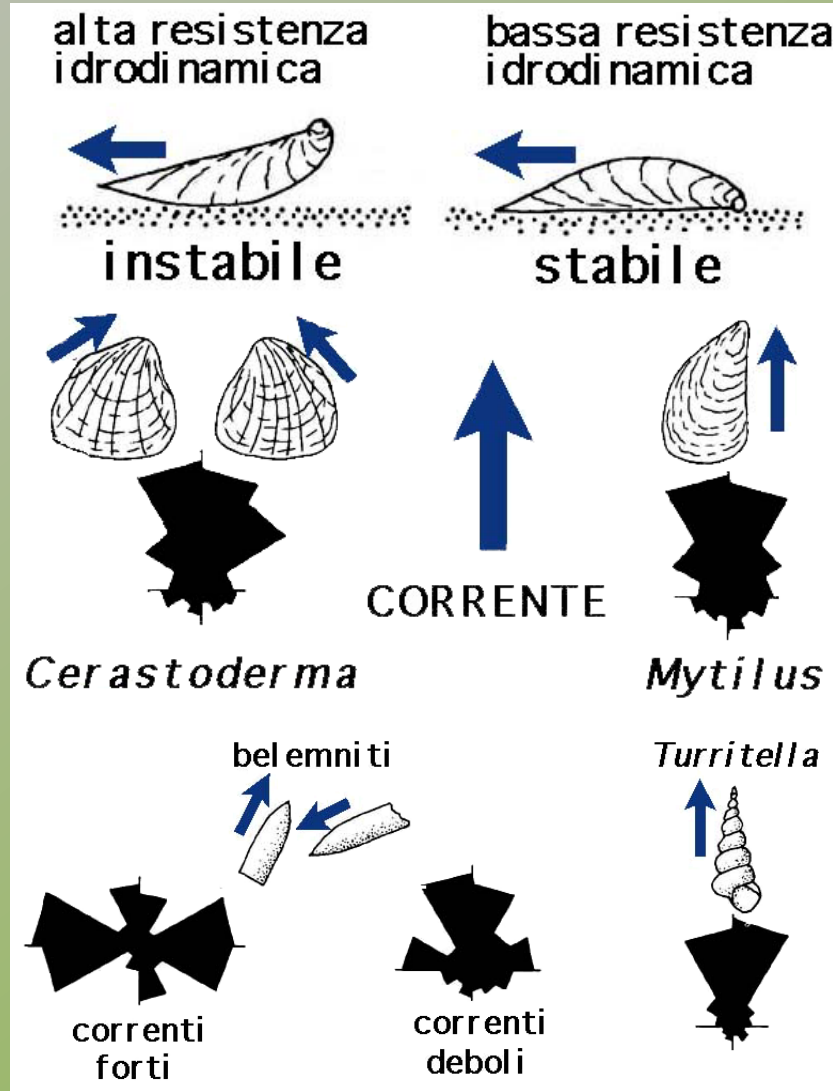


caduta regolare  
 $(1 - b/a) < 0,4$

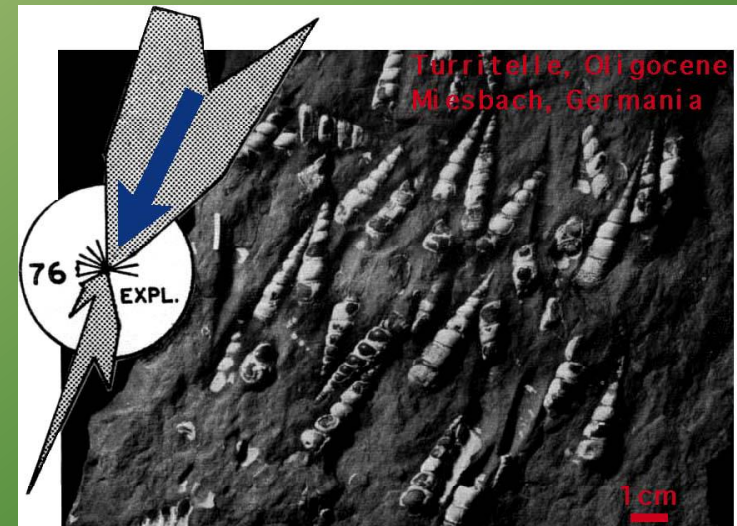


caduta irregolare  
 $(1 - b/a) \geq 0,4$

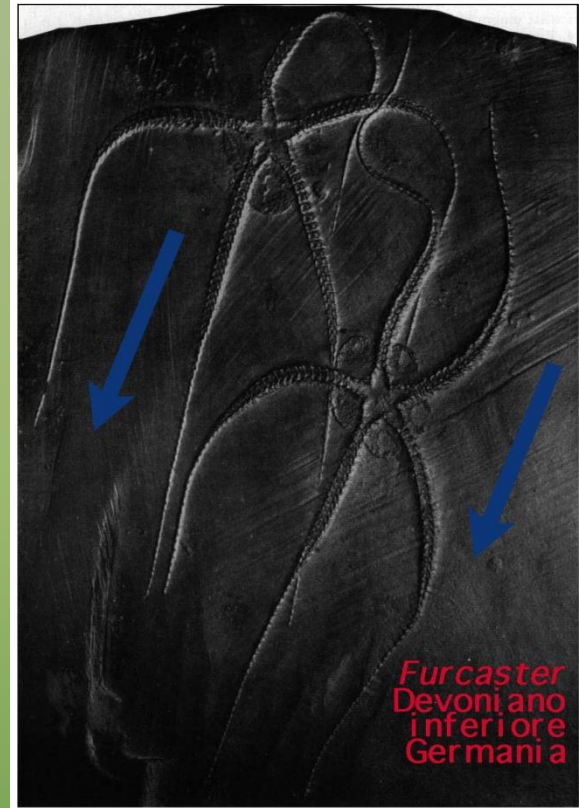
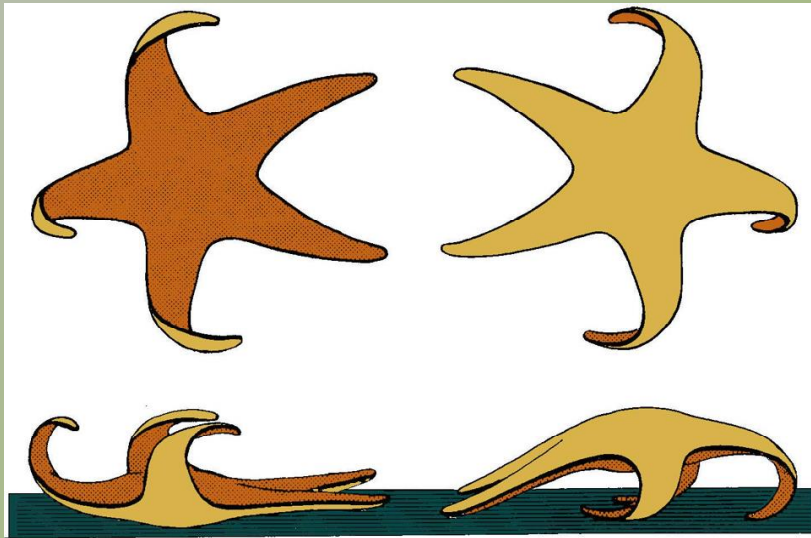
Orientazione da corrente



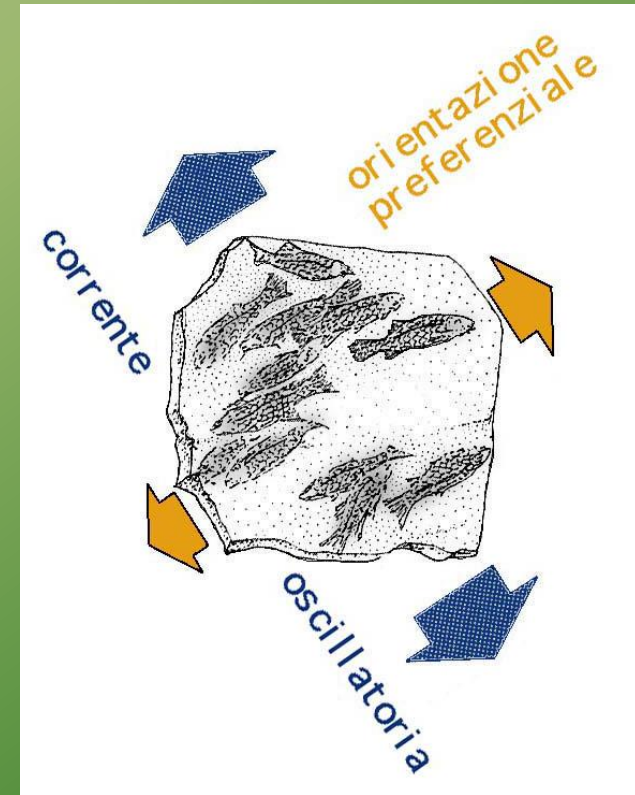
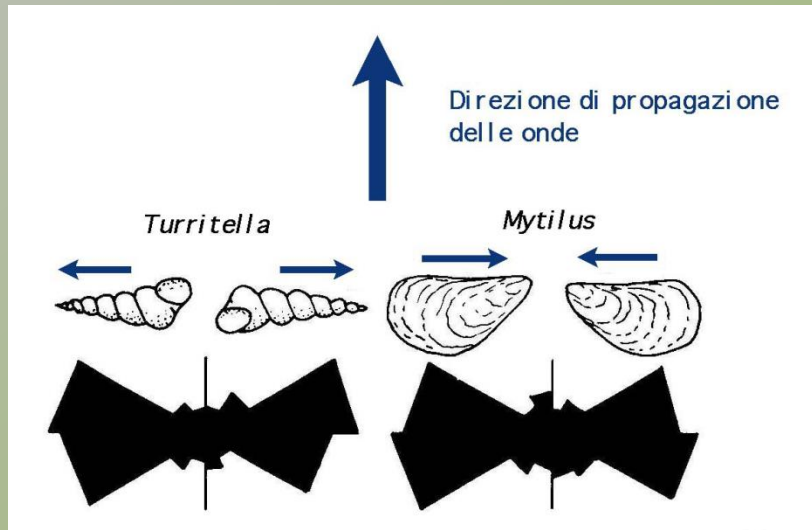
*Tentaculites* e *Mutationella*  
Devoniano inferiore, Podolia (Russia)



Orientazione da corrente unidirezionale



## Orientazione da moto oscillatorio



# Seppellimento

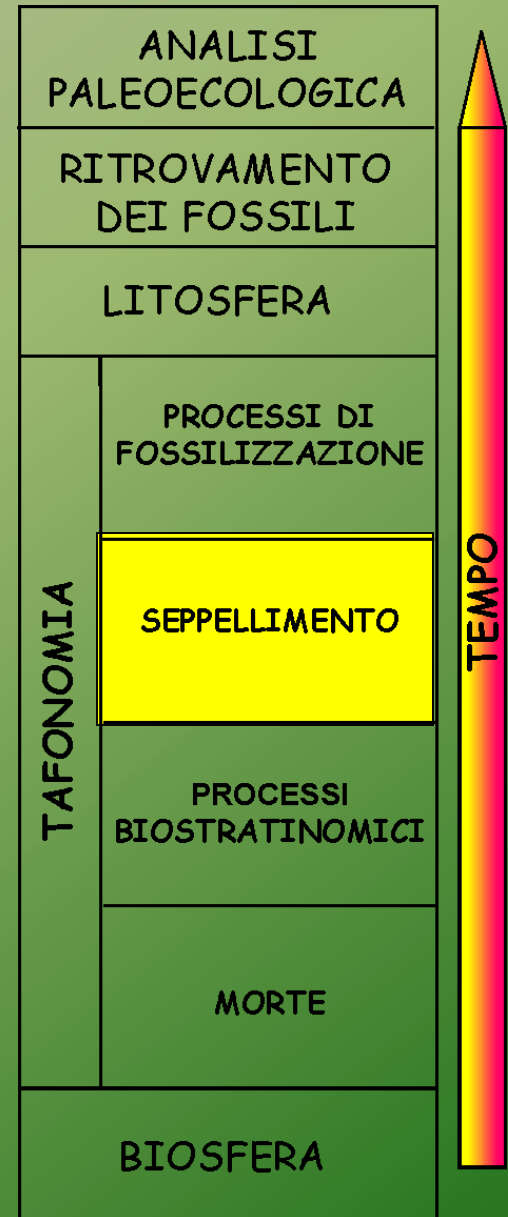
*Seppellimento in detriti minerali*

*Inglobamento in detriti organici*

*Inglobamento in fluidi*  
*petrolio greggio*  
*resine vegetali*  
*fanghi organici*

*Incrostazione*

*Bioimmurazione*





## Seppellimento in detriti minerali

I resti scheletrici hanno una diversa potenzialità di conservazione nei diversi tipi di sedimenti in funzione dei seguenti fattori:

### TEMPI DI SEPPELLIMENTO

Sottrazione all'azione della  
necrolisi,  
necrofagia,  
bioerosione,  
dissoluzione,  
e del trasporto .....

### TIPO DI SEDIMENTO

granulometria  
porosità  
composizione mineralogica  
chimismo dei fluidi

*Diamenocrinus sp.*  
Devoniano inferiore  
Manica, Francia

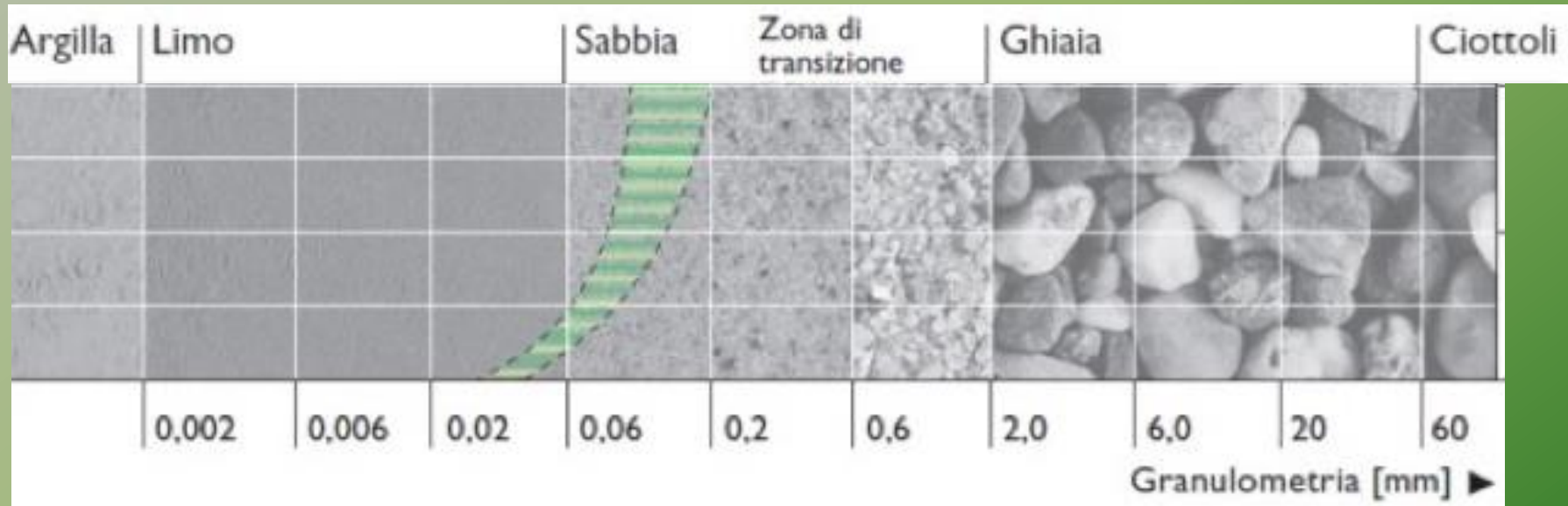


*Aeger tipularius*  
Giurassico superiore  
Germania



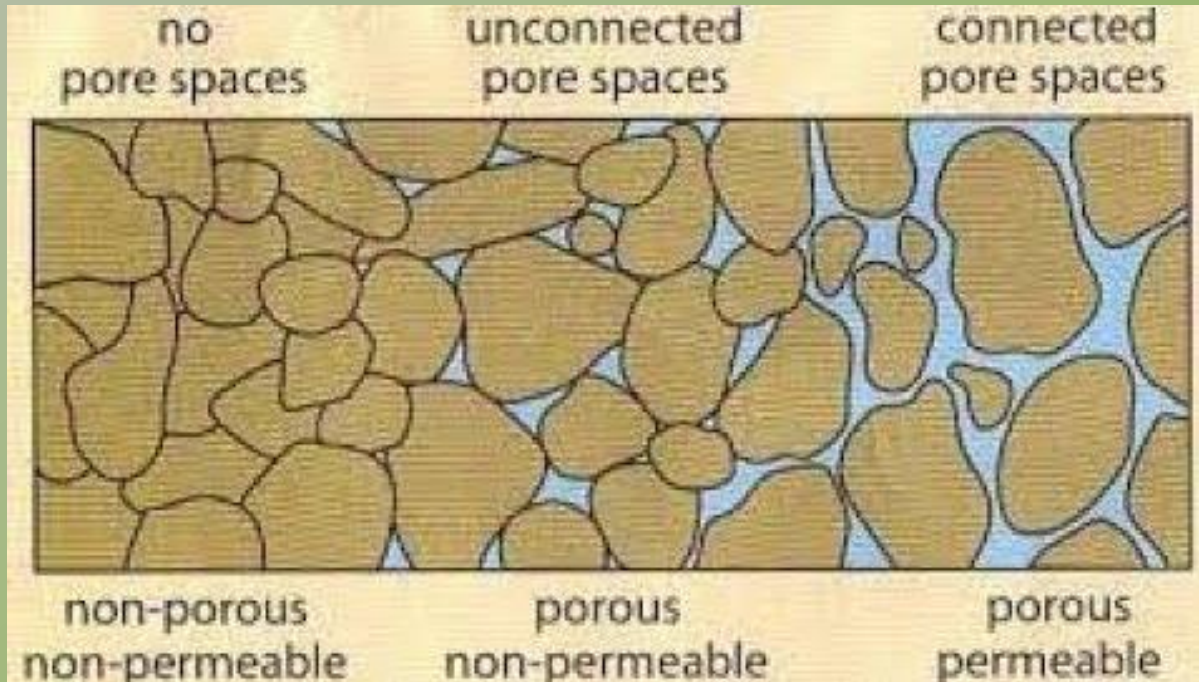
## Seppellimento in detriti minerali

## Granulometria



# Seppellimento in detriti minerali

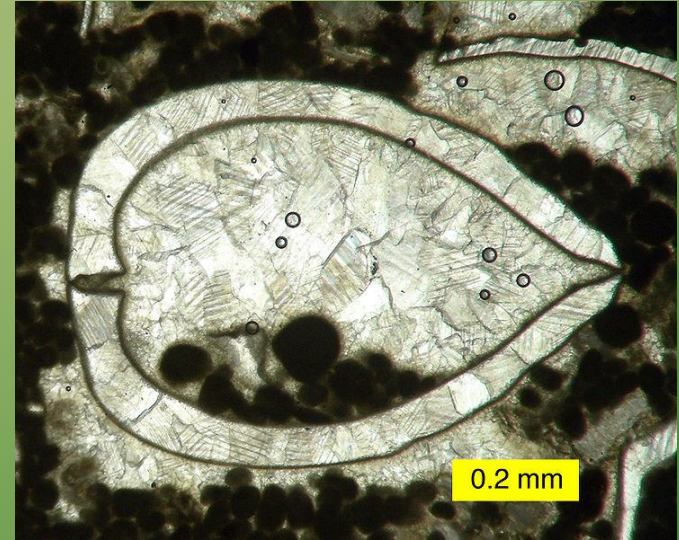
## Porosità



A. Grain size		
*Gravel" > 2mm	Pebbles 4-64 mm	
	Granules 2-4 mm	
	Coarse sand 0.5-2 mm	
	Medium sand 0.25-0.5 mm	
	Fine sand 0.06-0.25 mm	
	Silt 0.004-0.06 mm	
	Clay < 0.004 mm	

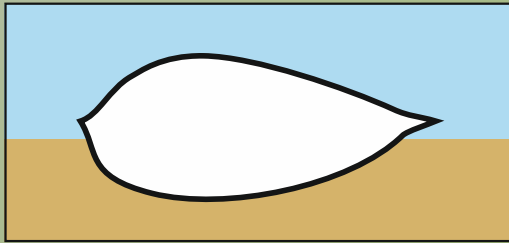
## Seppellimento in detriti minerali

### Strutture biogeopete

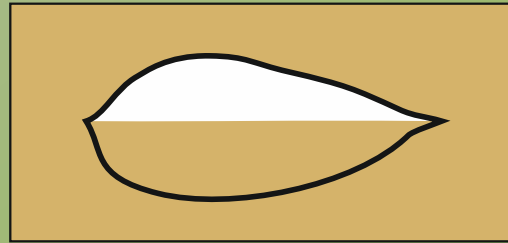


## Seppellimento in detriti minerali

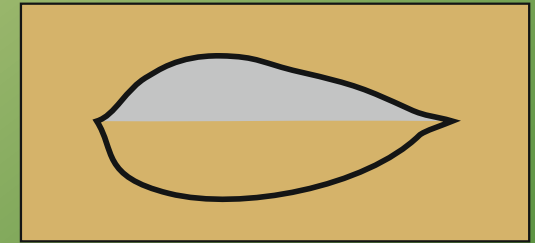
### Strutture biogeopete



1. Un bivalve muore sul fondo del mare



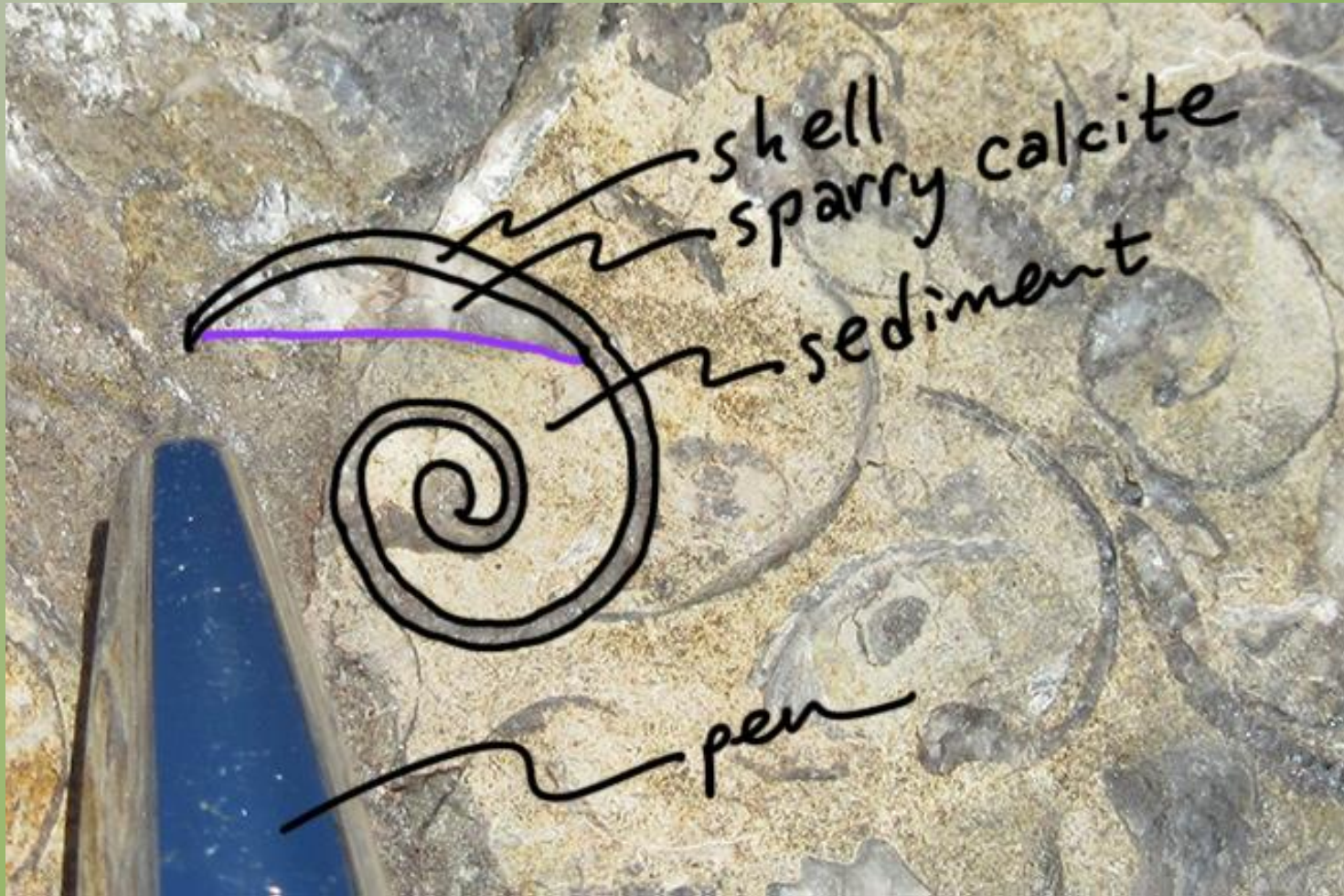
2. Viene ricoperto da sedimento e un po' di sedimento entra all'interno della conchiglia



3. I fluidi interstiziali che circolano nella roccia depositano minerali nella cavità

## Seppellimento in detriti minerali

### Strutture biogeopete

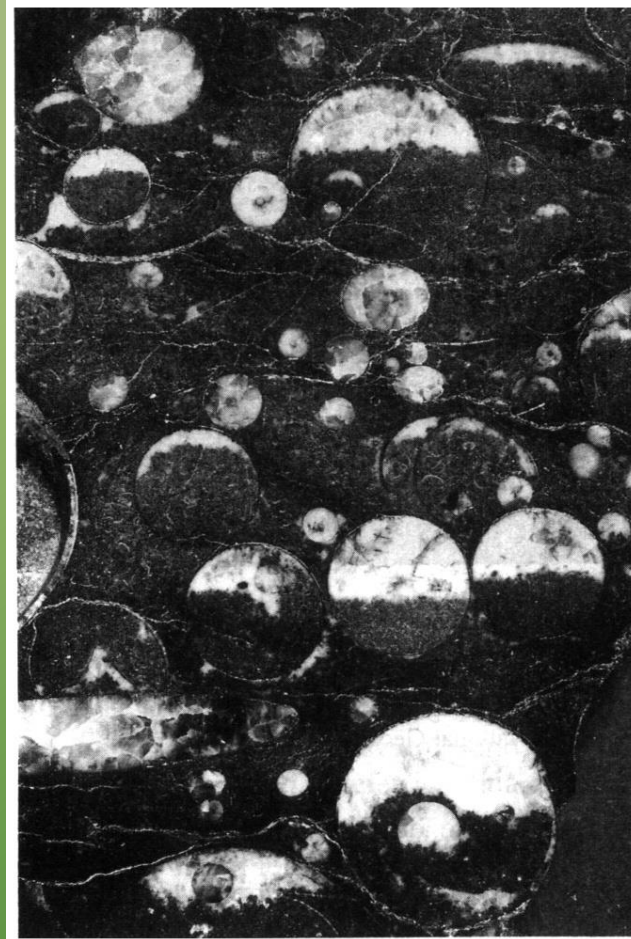
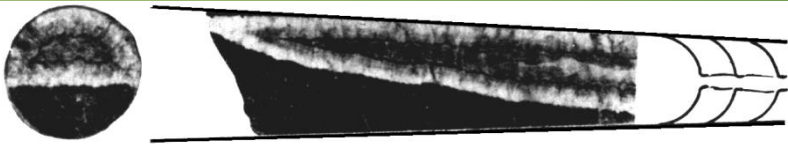
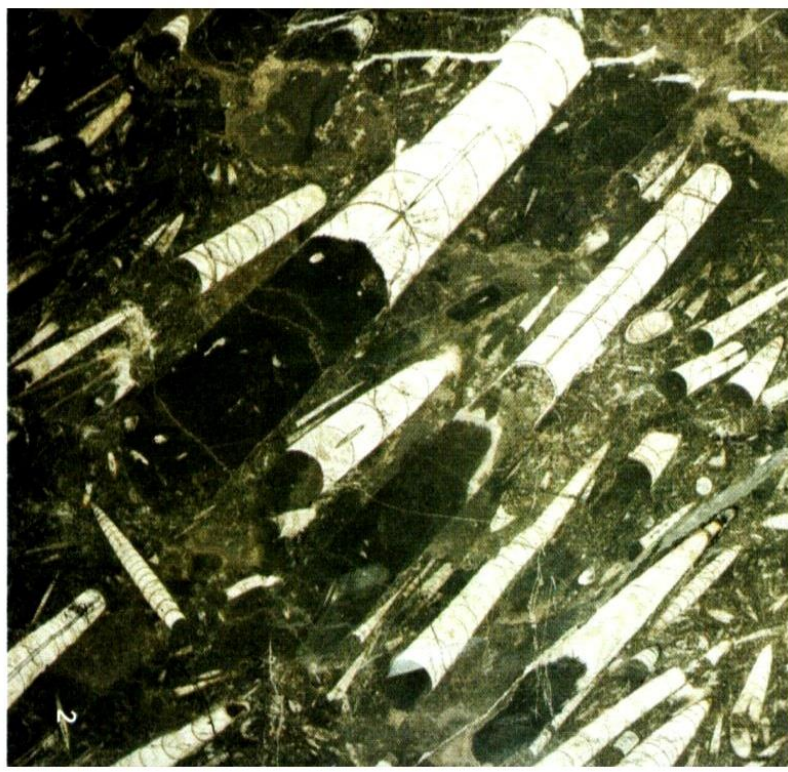


Gasteropodi - Carbonifero - West Virginia

## Seppellimento in detriti minerali

### Strutture biogeopete

Nautiloidi, visti in sezioni trasversali e longitudinali, con evidenti strutture biogeopete. Siluriano



## Inglobamento in detriti organici





## Inglobamento in fluidi - ambra

Le resine fossili che hanno subito un processo di polimerizzazione, durante la diagenesi sono chiamate «**ambre**». L'ambra del Baltico è certamente la più famosa: molto abbondante nelle parti meridionali di quelle che oggi sono le coste del Mar Baltico (da cui il nome) e prodotta in gran parte dalla conifera estinta *Pinus succinifera* durante il Terziario, ingloba conservandoli in modo quasi perfetto pollini, fruscoli vegetali ed insetti.

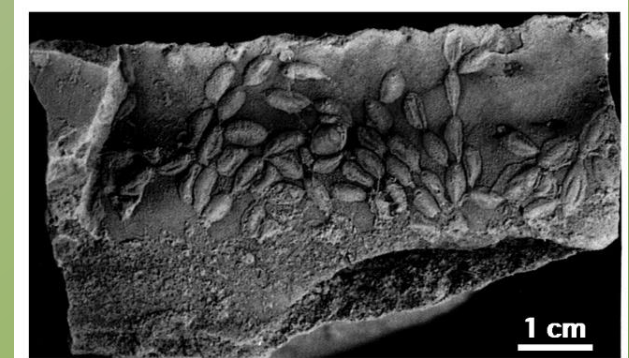
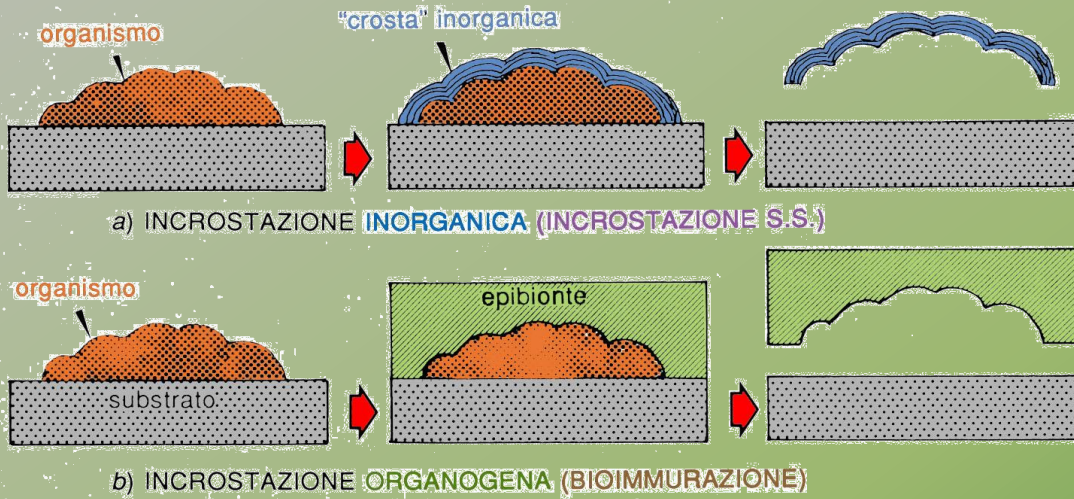


## Inglobamento in fluidi - Petrolio greggio

Gli esempi più famosi sono costituiti dai vertebrati pleisto-olocenici intrappolati nei laghi d'asfalto di Rancho La Brea (oggi parco nel centro di Los Angeles) che hanno preservato fauna e flora di quelle età, permettendo un'accurata ricostruzione di quel paesaggio (catena trofica compresa).



# Incrostazione e bioimmurazione



*Simplidium brandesi* (Briozoo)  
Cretaceo inferiore (Berriasianno), Crimea.

**Bioimmurazione**



*Ginkgo adiantoides* e *Fagus pliocenica*  
Pliocene, Rep. Ceca



**Resti vegetali conservati per incrostazione**