La Paleontologia

Il termine Paleontologia viene dal greco e significa "*studio degli antichi esseri viventi*".

Animali e vegetali che sono vissuti in epoche preistoriche
Che possiamo conoscere per mezzo dei

FOSSILI

Lo scopo della paleontologia è dunque

- Raccogliere
- Descrivere
- Classificare
- Interpretare

I FOSSILI

Attribuito ad Agricola (Georg Bauer), risale al 1500 circa)
Dal latino "fodere" = scavare,

Antica accezione: tutto ciò che si estrae dalla terra
- minerali,
- manufatti antichi
- resti pietrificati di antichi organismi

Dal 1800 in poi, la definizione è:

Si può definire *fossile* qualsiasi resto di organismo animale o vegetale vissuto in epoche passate che si ritrova conservato nelle rocce, ed anche qualsiasi traccia della sua attività.

Fossili
- **Resti scheletrici**
- **"Calchi"**
- **Tracce**
- ***Qualsiasi cosa* riferibile alla loro attività**

	MICROPALEONTOLOGIA	fossili microscopici
PALEONTOLOGIA	**PALEOBOTANICA**	piante
	PALEOZOOLOGIA	animali

Altre branche della Paleontologia :

PALEOECOLOGIA → ricostruire gli ambienti in cui vissero quegli antichi organismi

PALEONTOLOGIA STRATIGRAFICA → stabilire l'età delle rocce in base ai resti fossilizzati

PALEOBIOGEOGRAFIA → ricostruire la distribuzione geografica degli organismi antichi ed indagare i motivi della distribuzione di quelli attuali

PALEOBIOLOGIA S. L. → Ricostruire aspetto e modo di vita degli antichi organismi

Per poter studiare i fossili per prima cosa occorrono … ***i fossili!***

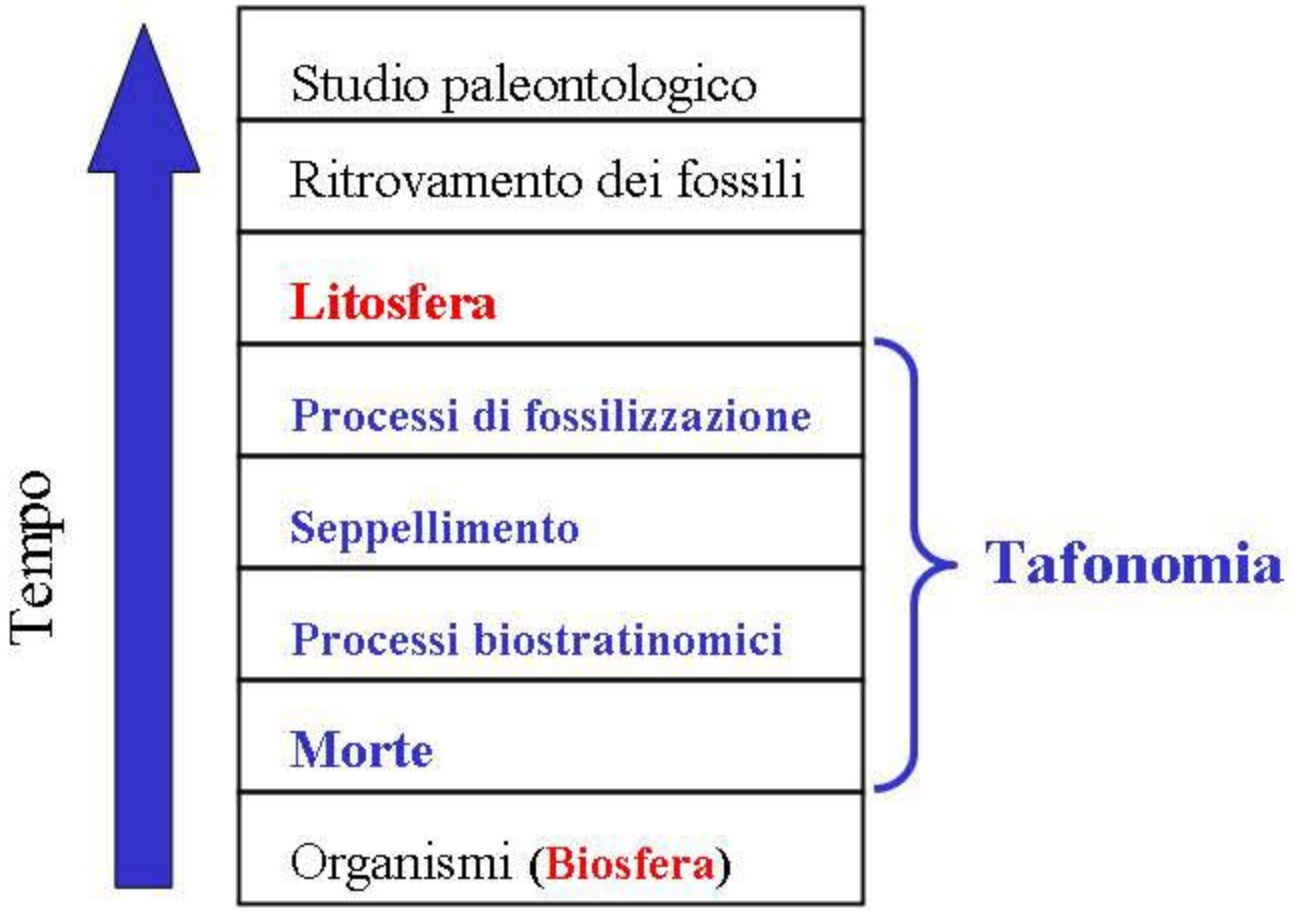
Come si forma un fossile?

Il ramo della paleontologia che studia il passaggio dall'organismo al fossile prende il nome di

TAFONOMIA

Storia degli organismi dalla morte al loro ritrovamento come fossili

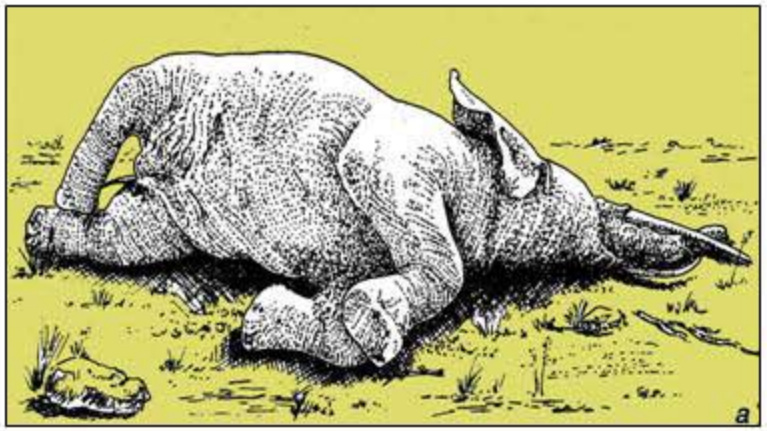
Area di indagine della Tafonomia

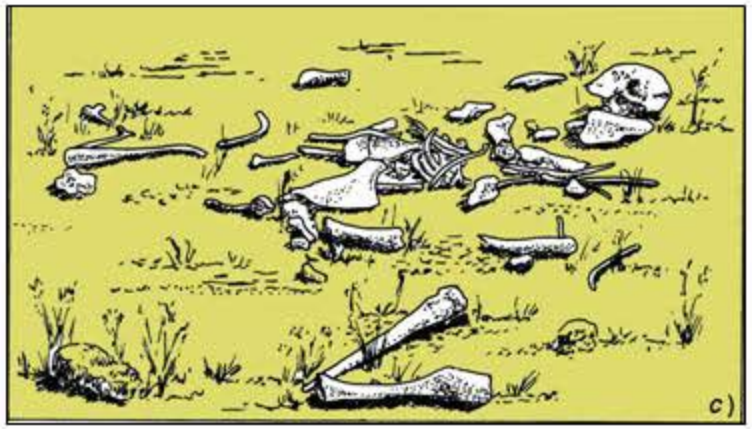


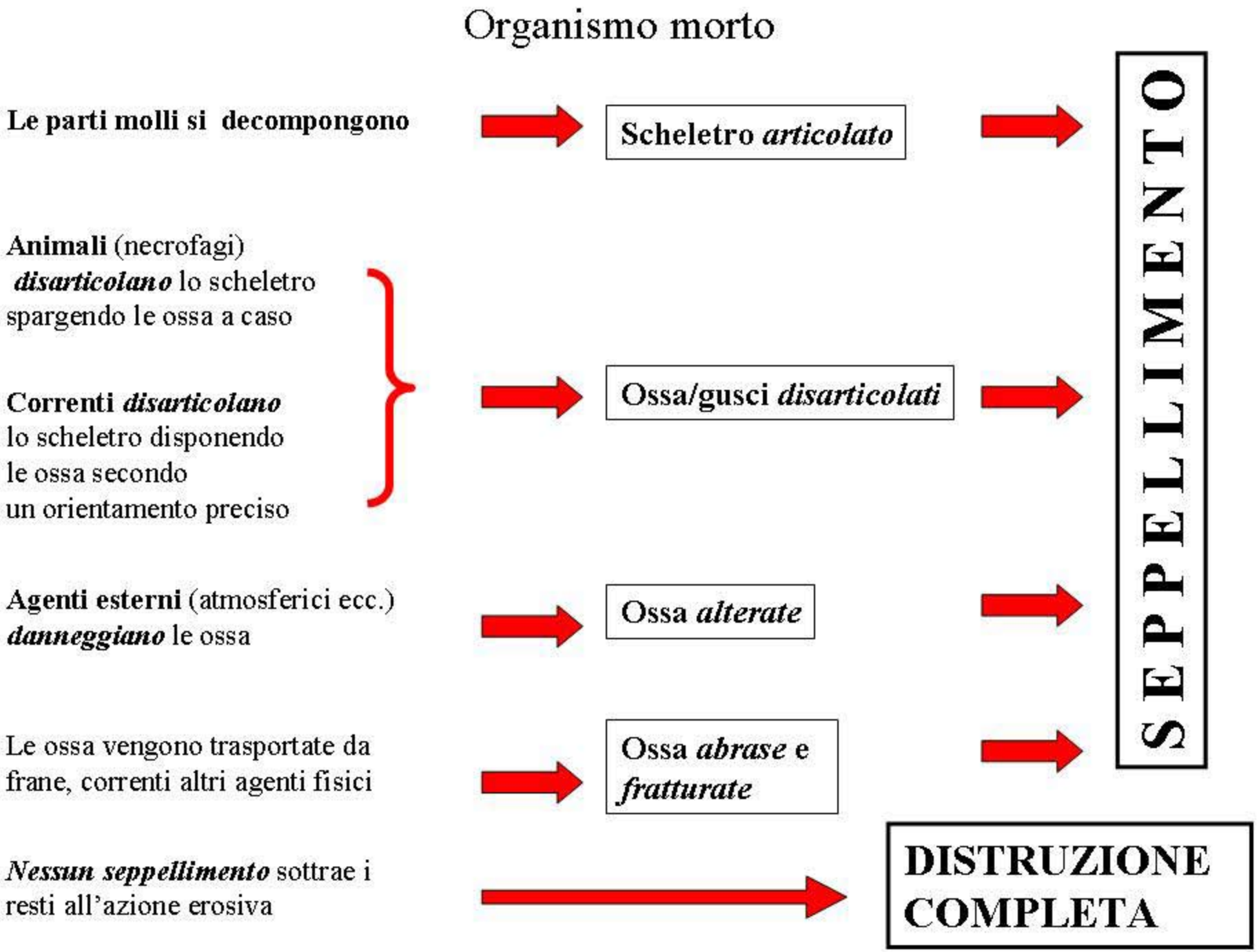
La Fossilizzazione

La fossilizzazione è un **evento eccezionale**, di norma gli organismi, dopo la loro morte vanno incontro a distruzione completa ad opera di

- Altri organismi
- Fattori climatici
- Chimico fisici in generale
- Caratteristiche del luogo dove vanno a finire i resti






Organismo morto
Le parti molli si decompongono
Scheletro articolato
Animali (necrofagi)
disarticolano lo scheletro
spargendo le ossa a caso
Correnti disarticolano
lo scheletro disponendo
le ossa secondo
un orientamento preciso
Ossa/gusci disarticolati
Agenti esterni (atmosferici ecc.)
danneggiano le ossa
Ossa alterate
Le ossa vengono trasportate da
frane, correnti altri agenti fisici
Ossa abrase e
fratturate
SEPPELLIMENTO
Nessun seppellimento sottrae i
resti all'azione erosiva
DISTRUZIONE
COMPLETA

Organismo morto

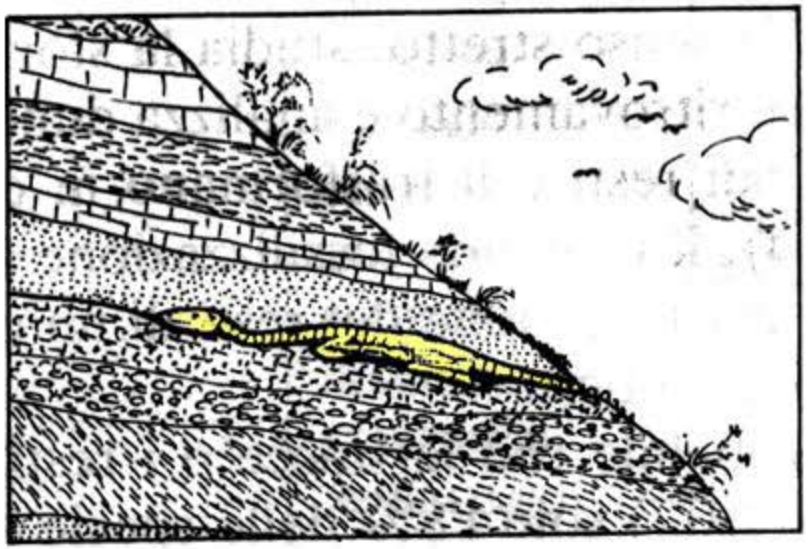
Un velo di microbi ricopre l'organismo *intrappolando del sedimento o provocando fenomeni di litificazione*

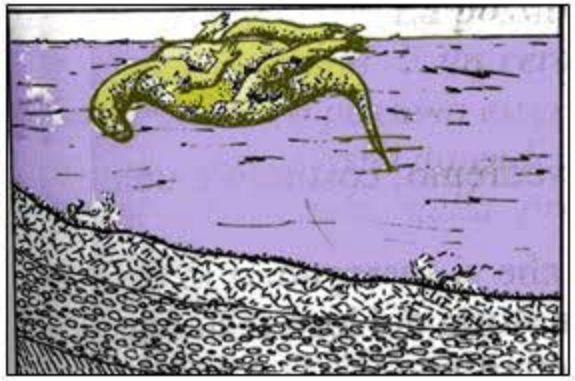
Sia scheletro che riproduzione di alcune parti molli

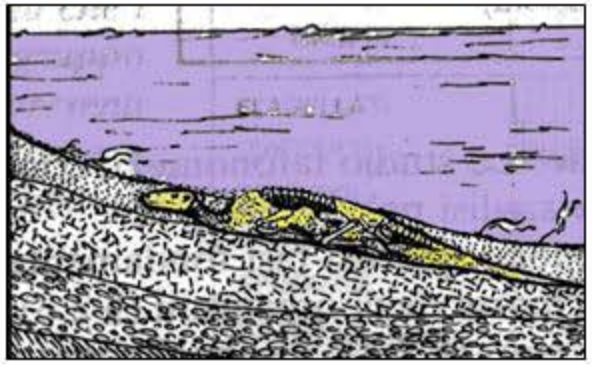
SEPPELLIMENTO

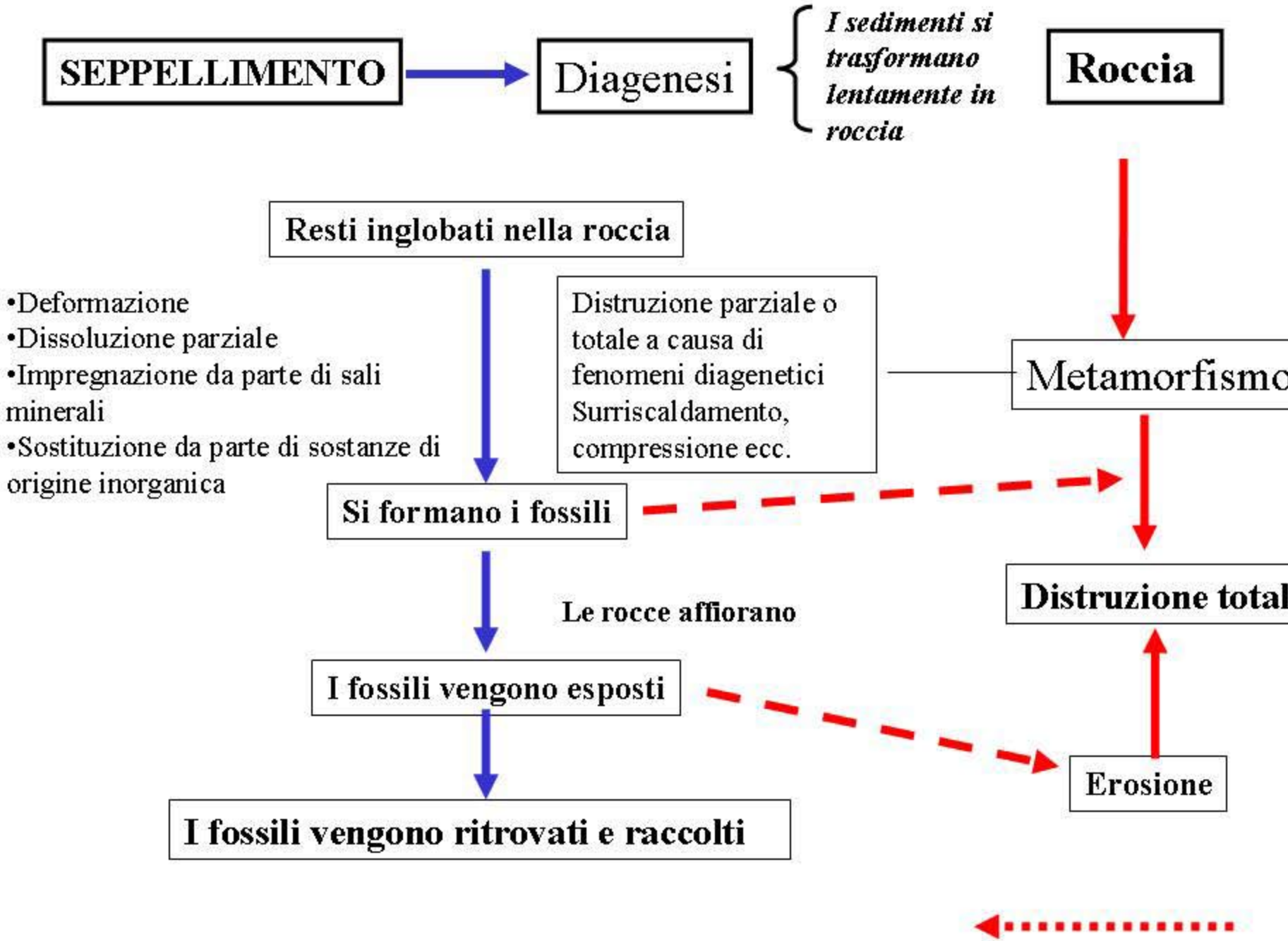
CONSERVAZIONE ECCEZIONALE

Un organismo, dopo la morte, viene a trovarsi in un ambiente adatto alla fossilizzazione, vine ricoperto dai sedimenti che si trasformano in roccia e durante questo processo,le ossa vengono impregnate dai sali minerali c sono disciolti nelle acque che circolano fra le particelle del sedimento non ancora consolidato...
Ma non è così semplice!





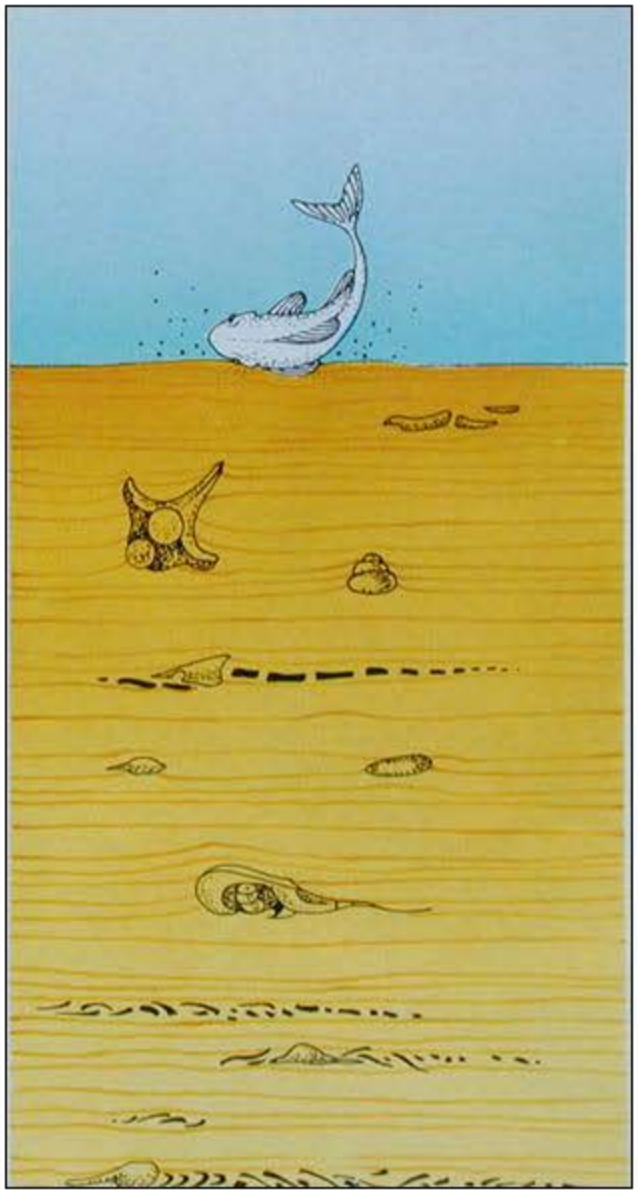



SEPPELLIMENTO
Diagenesi
I sedimenti si trasformano lentamente in roccia
Roccia
Resti inglobati nella roccia
•Deformazione
•Dissoluzione parziale
•Impregnazione da parte di sali minerali
•Sostituzione da parte di sostanze di origine inorganica
Distruzione parziale o totale a causa di fenomeni diagenetici Surriscaldamento, compressione ecc.
Metamorfismo
Si formano i fossili
Distruzione totale
Le rocce affiorano
I fossili vengono esposti
Erosione
I fossili vengono ritrovati e raccolti

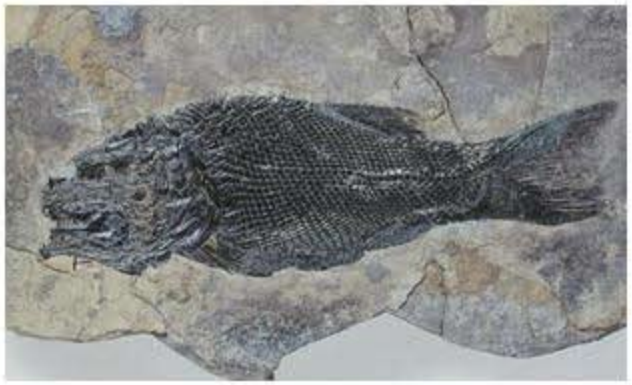
Ambienti favorevoli alla fossilizzazione

Assenza di organismi decompositori
Importante apporto di sedimenti
Ambiente a bassa energia

Bacini marini a circolazione ristretta
Laghi
Stagni e paludi
Alluvioni
Grotte e fessure
Torbiere



Bacini marini ecc.



Grotte e fessure

Breccia ossifera

Processi biostratinomici

MORTE

Necrolisi →

- Decomposizione biologica delle parti non mineralizzate prima del seppellimento
- Decomposizione non biologica della materia organica e conseguenze sulle parti mineralizzate

↓

Disarticolazione

Separazione degli elementi dello scheletro o del guscio lungo le aree di articolazione dopo la distruzione dei tessuti connettivi

Necrolisi

Putrefazione
Sostanza organica

Proteine, grassi, carboidrati ecc. → **Composti semplici** → **Cicli della materia**

Operata prevalentemente da: muffe
batteri
funghi
necrofagi ecc.

Facilitata da : temperature relativamente elevate
presenza di ossigeno
presenza di acqua

Disarticolazione

Morte **Putrefazione parti molli**

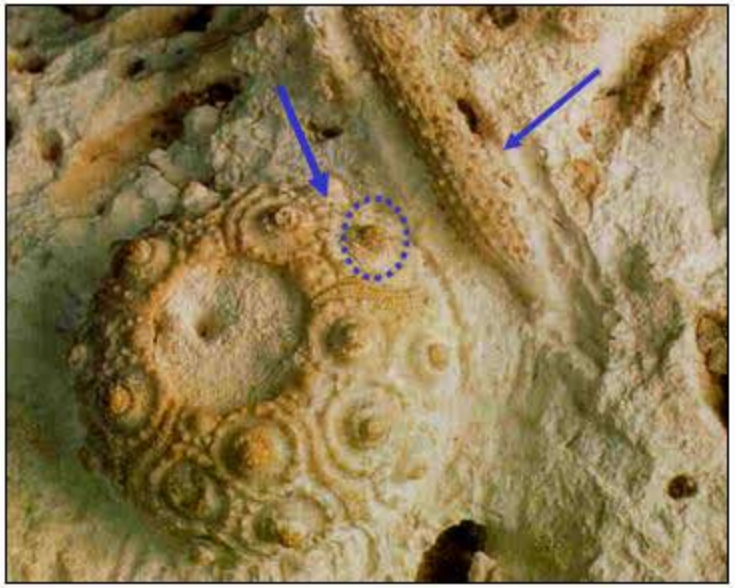
Disarticolazione parti scheletriche

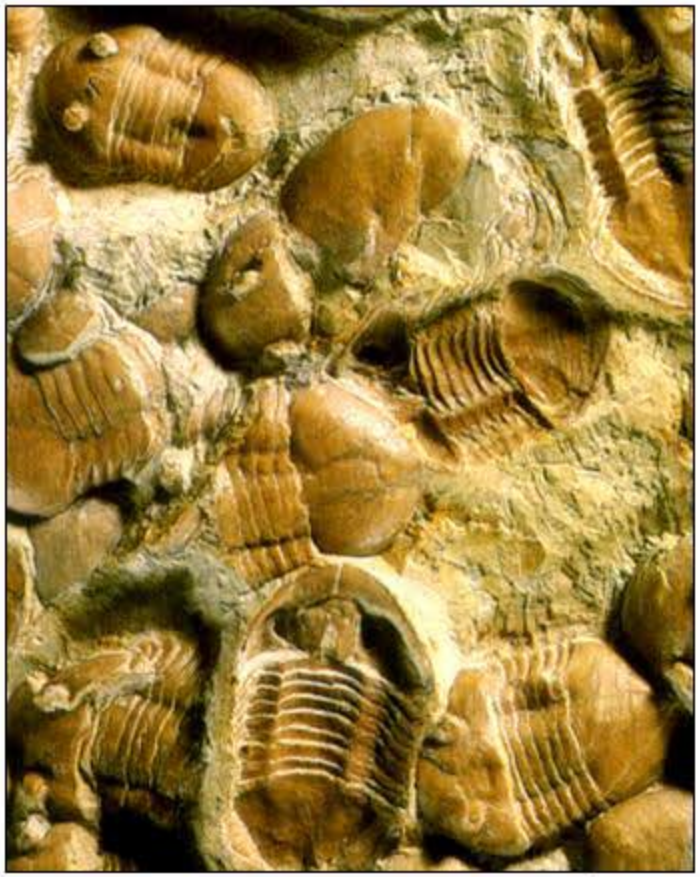
Scheletro /guscio articolato

Parti elementari separate

Maggiore l'articolazione della struttura scheletrica

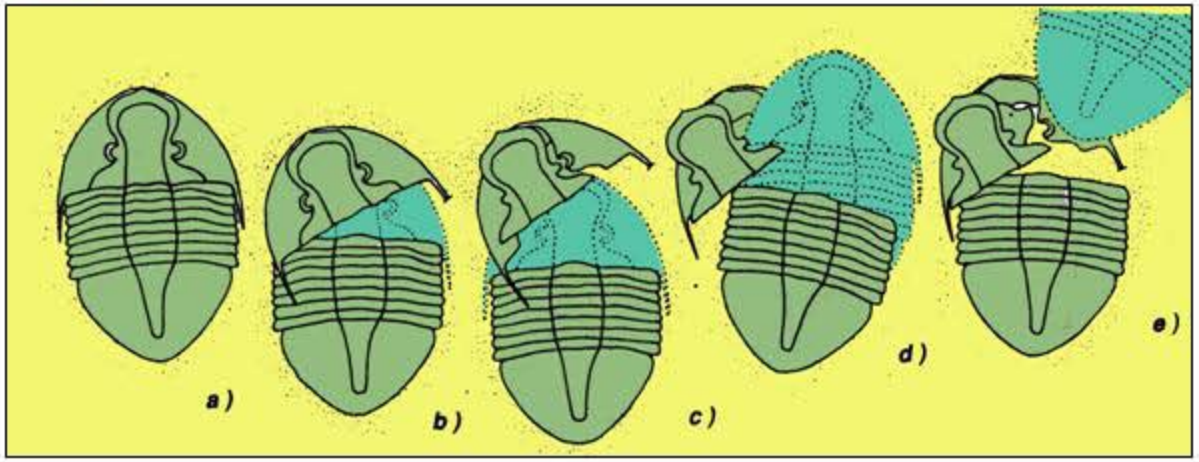
Maggiore la complessità dei fenomeni di disarticolazione



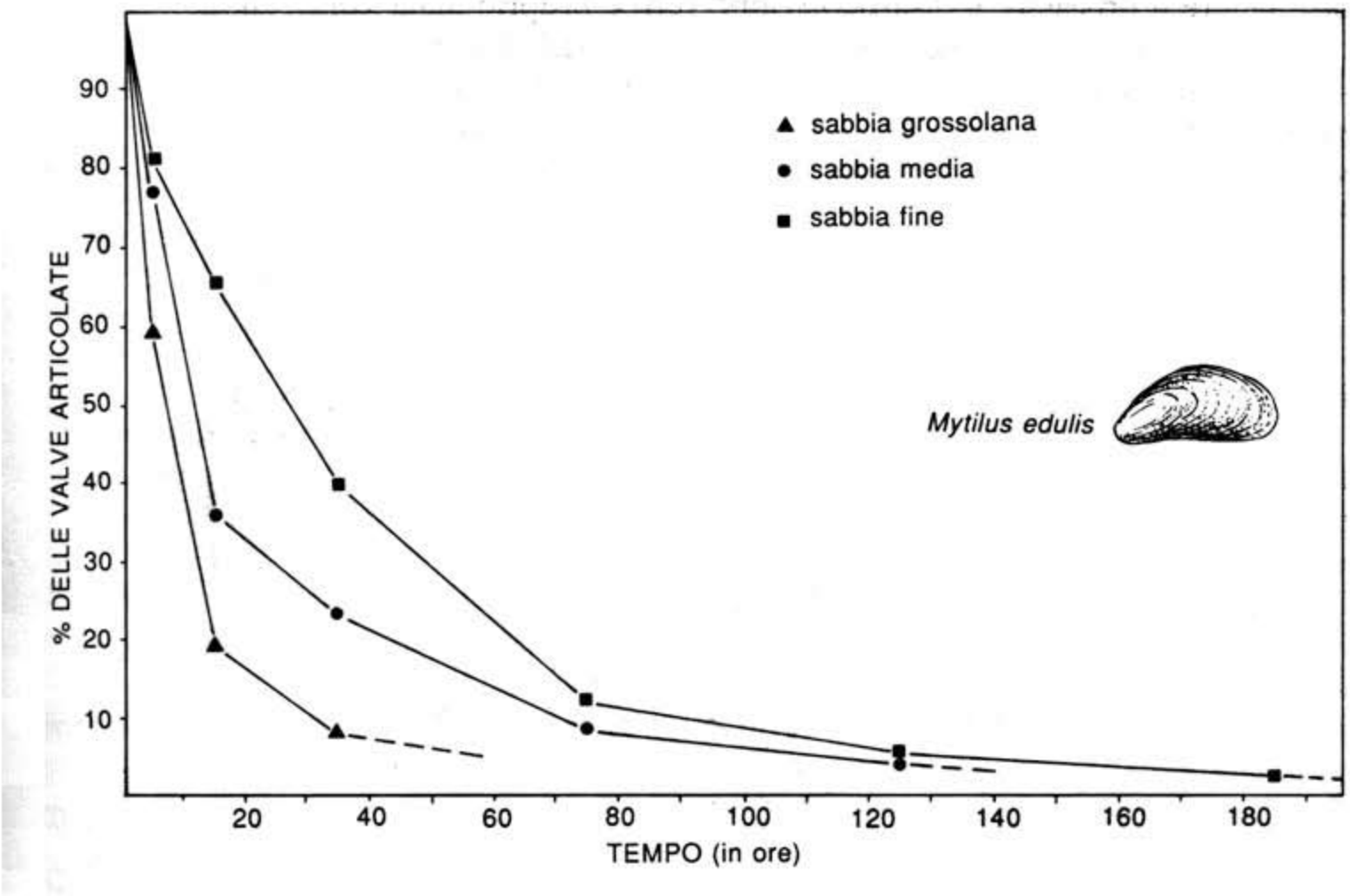


Alcuni fenomeni di disarticolazione non comportano necessariamente la morte dell'animale.
Un esempio è rappresentato dai fenomeni di muta dell'esoscheletro degli Artropodi

Accumulo di exuvie di trilobiti abbandonate dopo la muta



Disarticolazione per fenomeni fisici

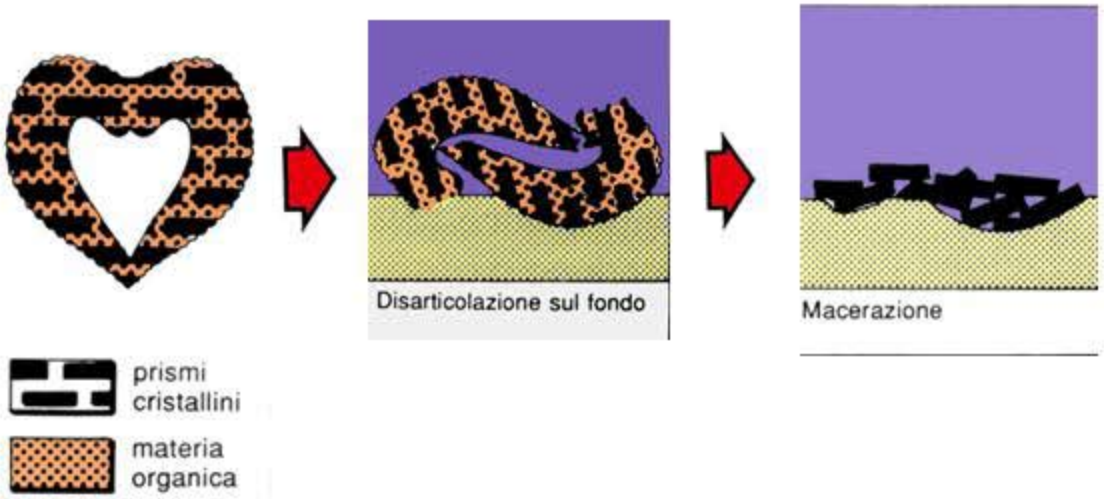


Bioturbazione

Azione di organismi che smuovono la superficie del fondale e gli strati immediatamente sottostanti rimescolandoli predando e/o ostacolando la conservazione dei resti

Macerazione

Disgregazione gusci che liberano singoli prismi che li compongono
Cause: Microrganismi
Attacco chimico acqua



Combustione

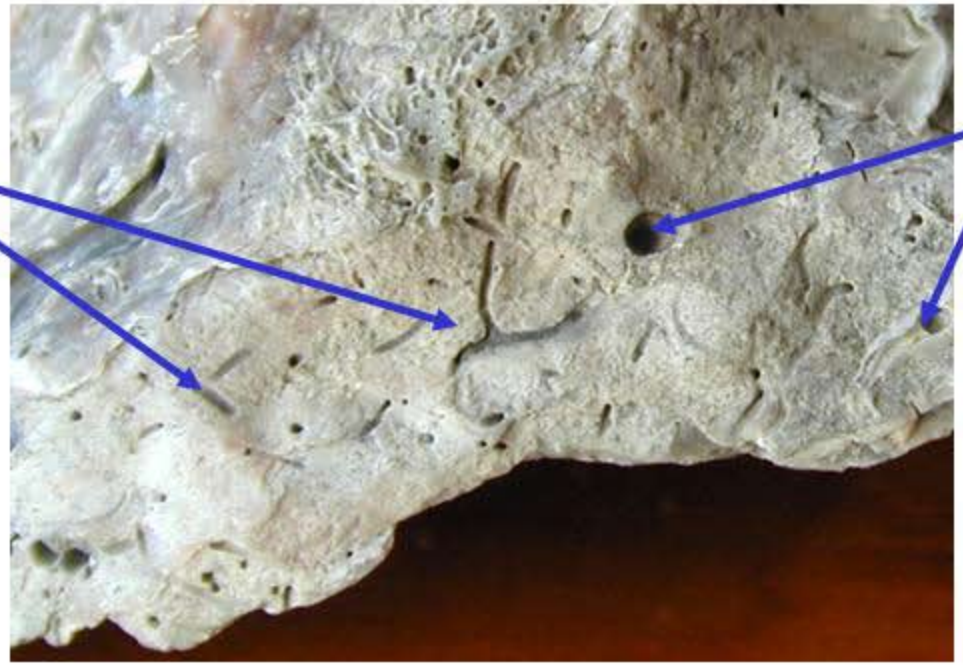
Legno → Carbone

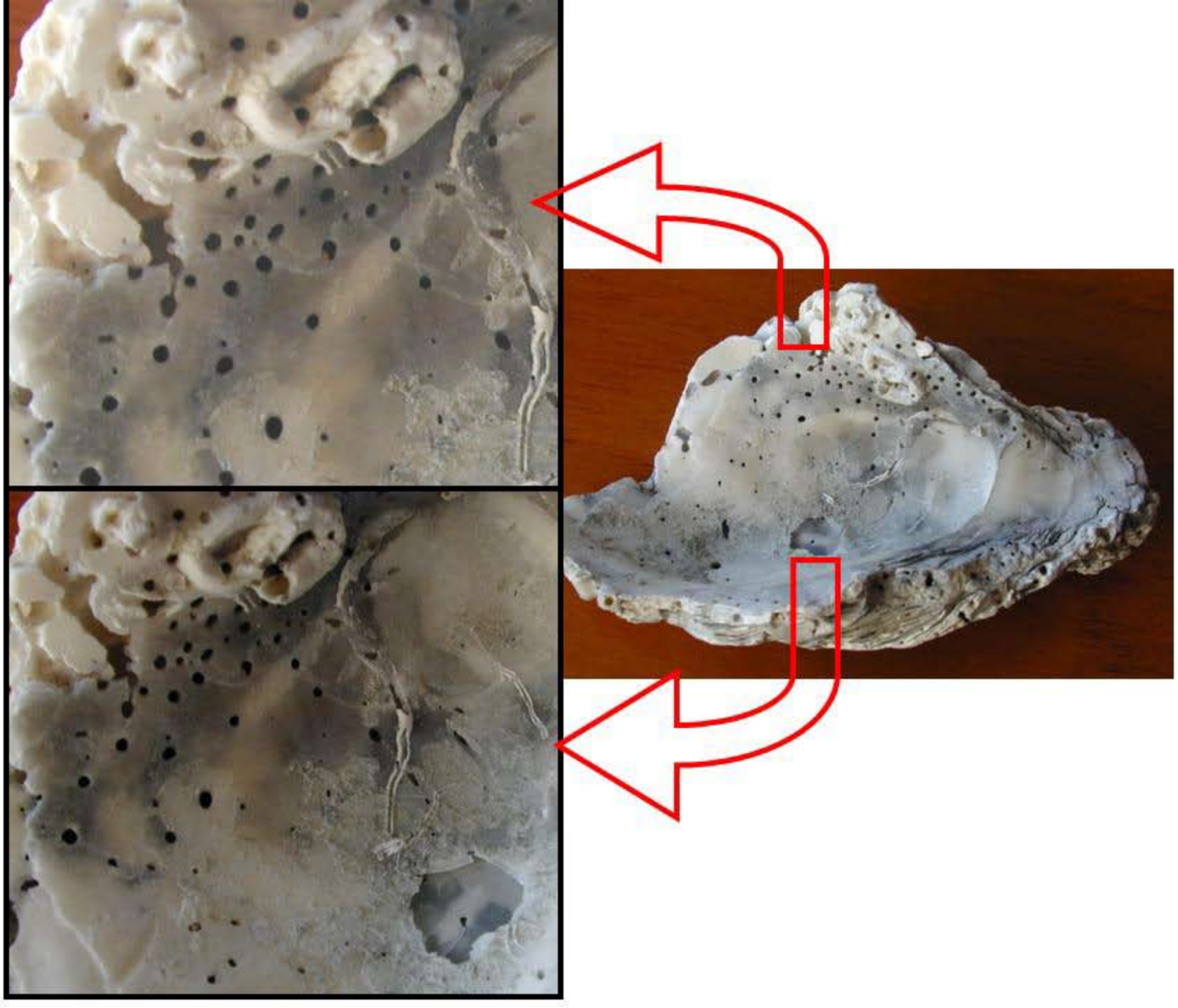
Inattaccabilità dai batteri
Aumento rigidità

Trasformazione delle pareti cellulari in carbonio quasi puro

Bioerosione

Perforazione o frantumazione delle parti mineralizzate ad opera di vari organismi





Dissoluzione prediagenetica

Alterazione/rimozione pellicole organiche protettive

Reazioni chimiche tra i minerali dello scheletro/guscio e l'acqua dell'ambiente deposizionale

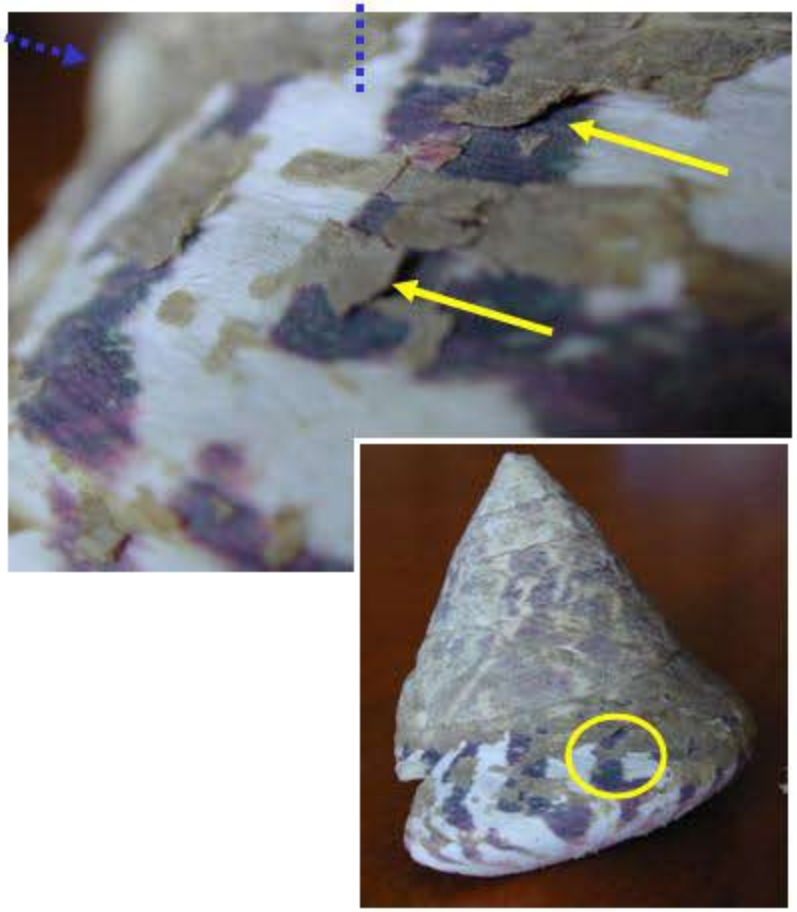
Dissoluzione

\+

\+

Stabilità chimica

COMPOSIZIONE CHIMICA ORIGINARIA
CHITINA + FOSFATO
FOSFATO DI CALCIO
CALCITE BASSO Mg
ARAGONITE
CALCITE ALTO Mg

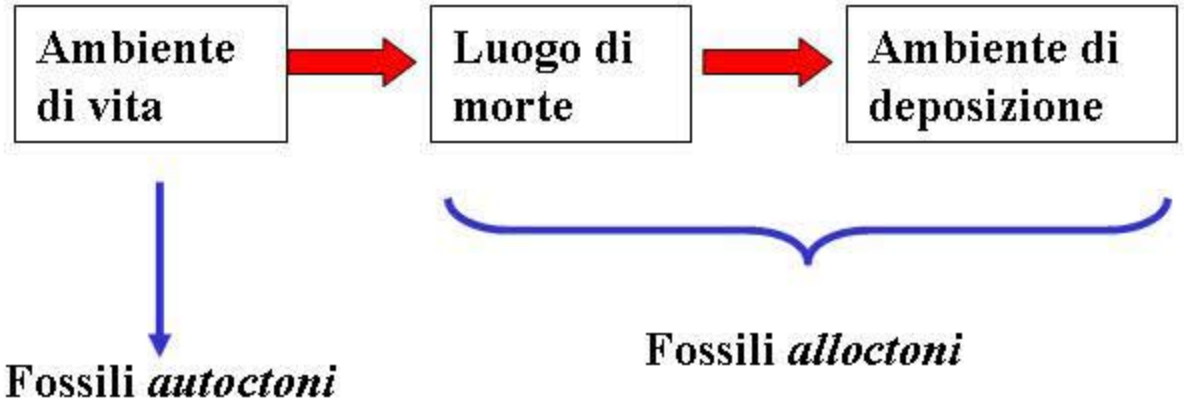


La Dissoluzione procede fino: Saturazione dell'acqua nell'ambiente

Totale dissoluzione dei resti

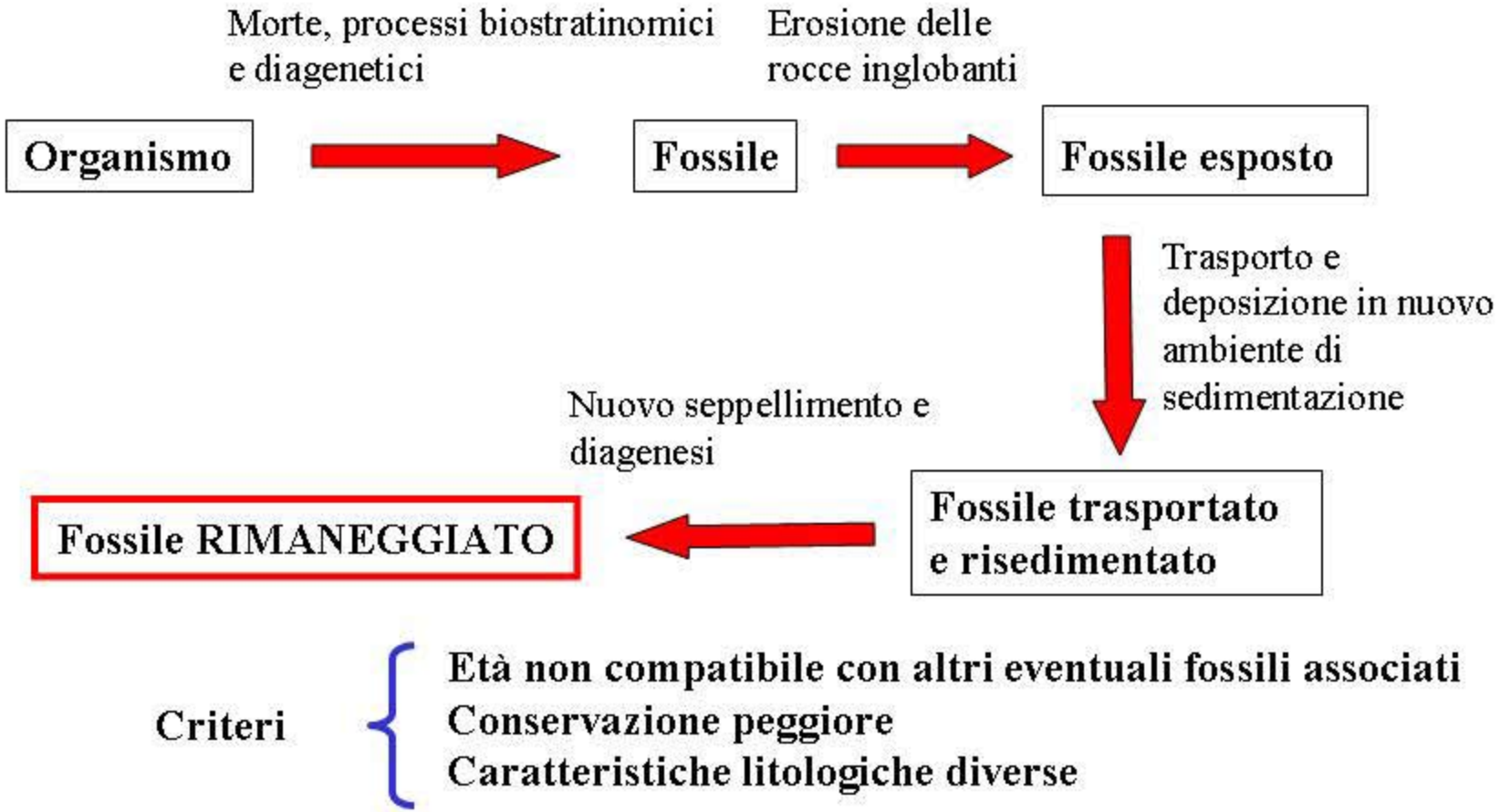
Ricoprimento di sedimenti di adeguato spessore e impermeabilità

Trasporto



Agenti trasportatori:
Vento
Correnti marine/fluviali
Maree
Deriva litorale
Ghiaccio

Fossili rimaneggiati



Effetti del trasporto:

Logorio meccanico

Ambienti ad alta energia

↓

Abrasione

↓

Frantumazione

↓

Possibilità di distruzione parziale o totale

Selezione meccanica

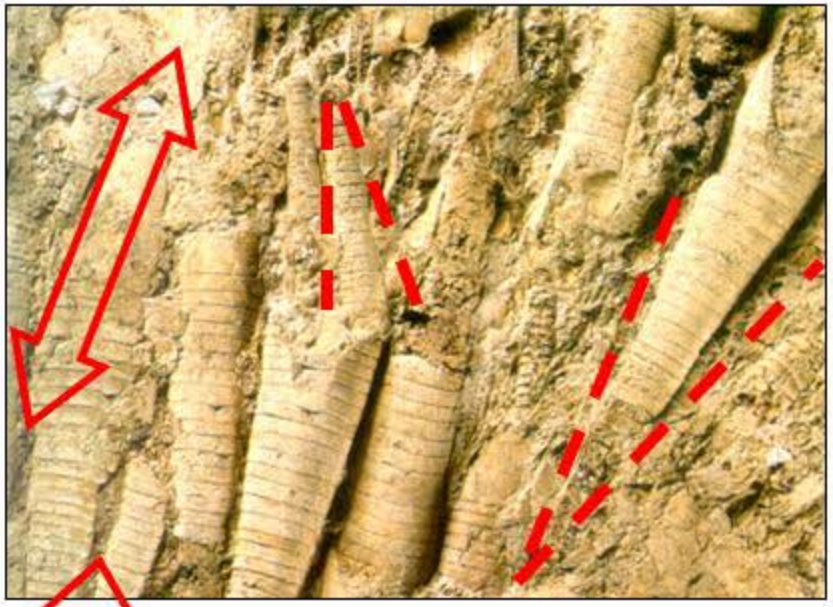
Energia dell'agente trasportatore

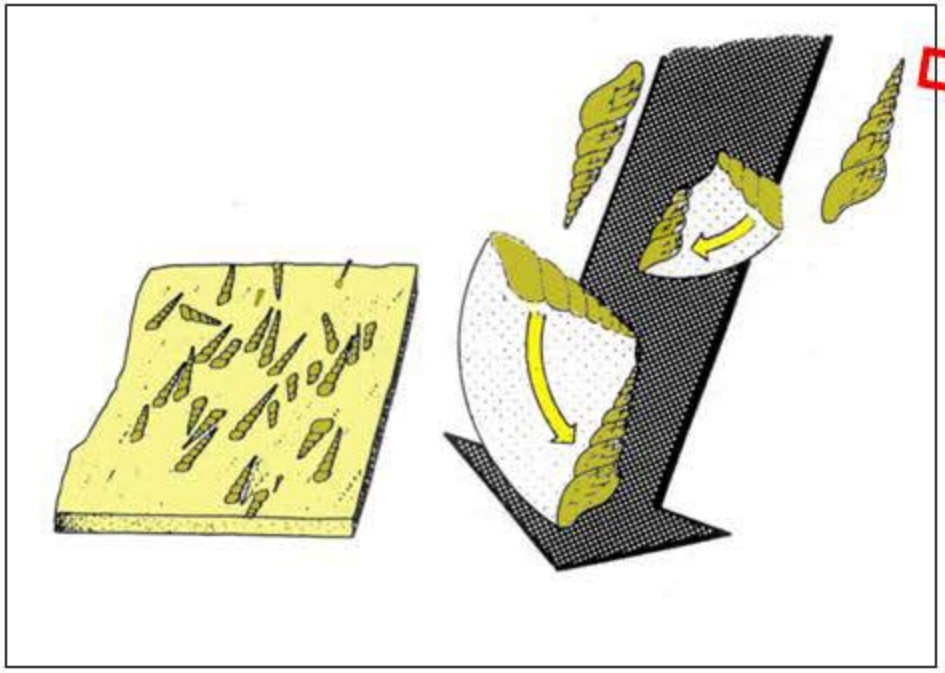
↓

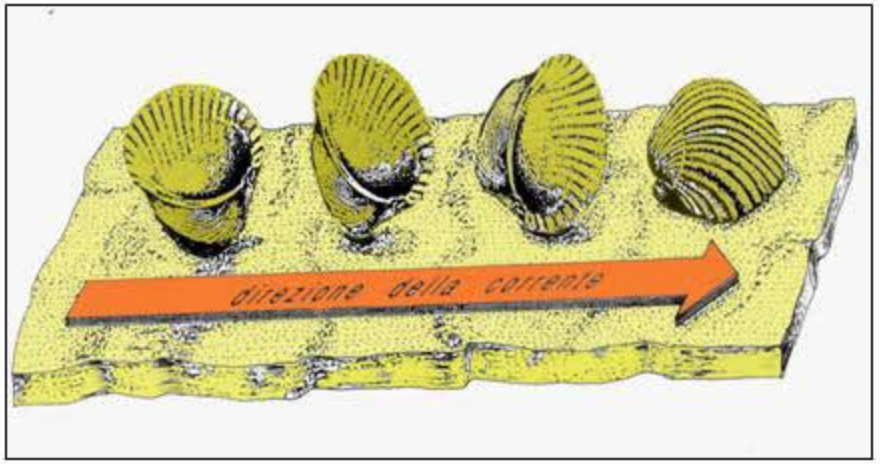
Accumulo di elementi in aree distinte

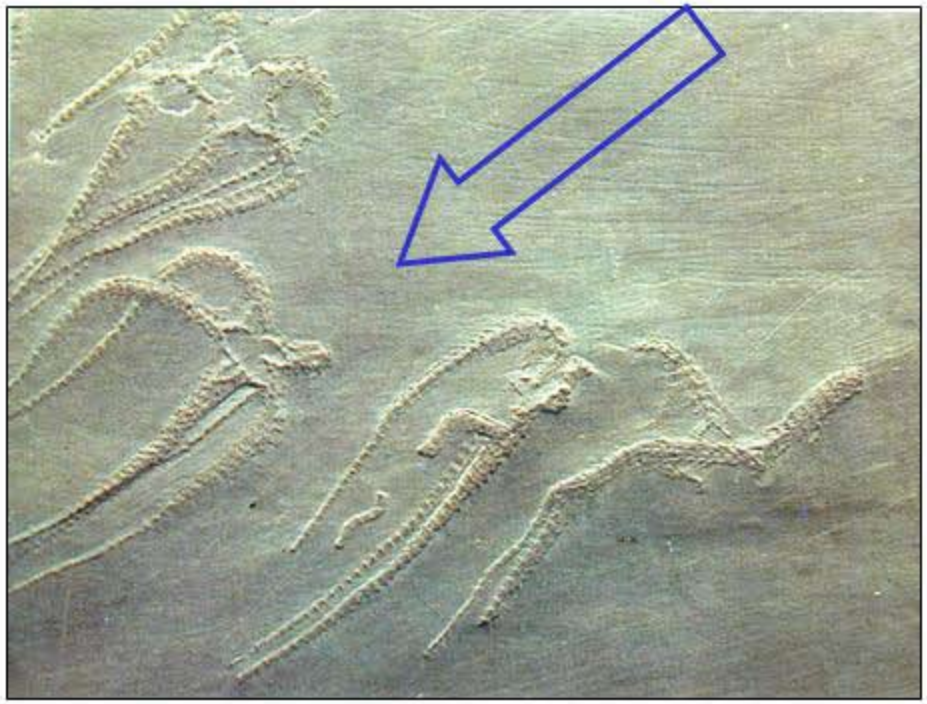
- Morfologia dei resti
- Dimensioni
- Peso

Deposizione orientata







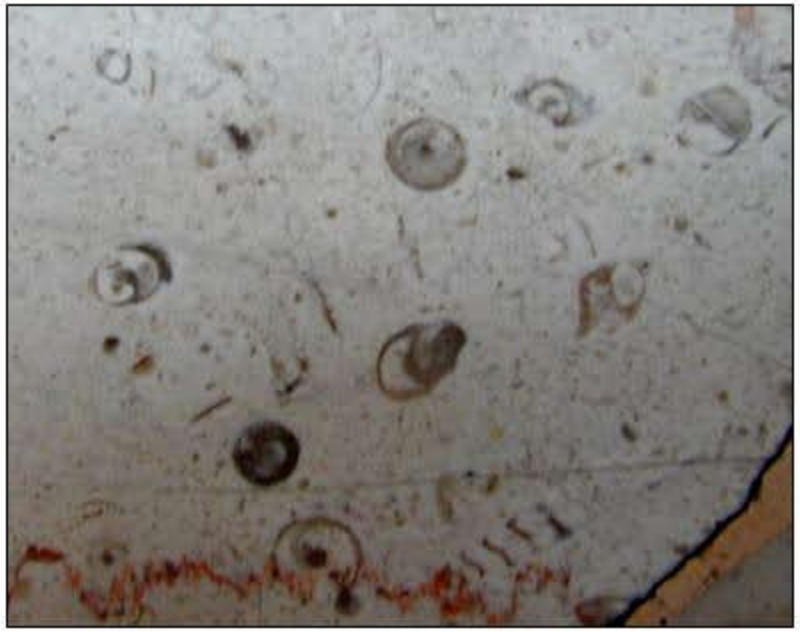


Ofiure i cui raggi sono disposti nella stessa direzione della corrente ed il corpo, più pesante, opposto alla corrente

Echino (riccio marino) con i radioli disarticolati e disposti dietro al guscio secondo la direzione della corrente

Seppellimento

Seppellimento in detriti minerali



Silice (Silicizzazione)

Decomposizione del legno

↓

Rilascio sostanze acide

↓

Abbassamento del Ph

↓

Deposizione gel di silice

↓

Riempimento canali legnosi

Conservazione dei dettagli eccezionale, a livello cellulare

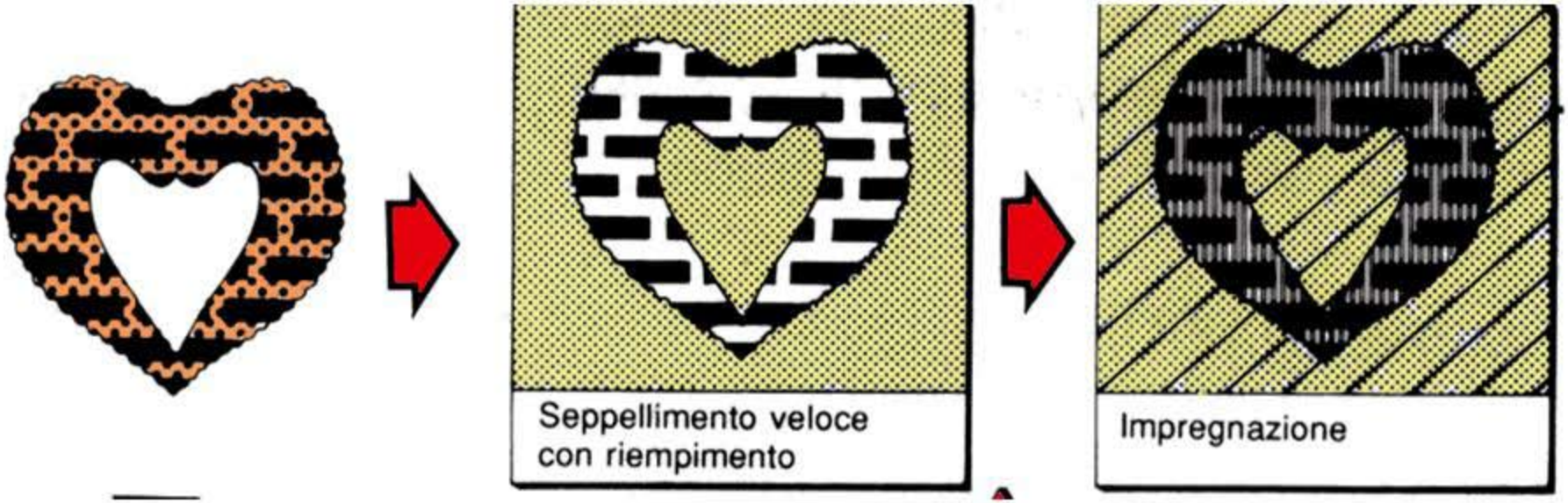
Legno silicizzato, Mesozoico, USA

E' una permineralizzazione

Processi di fossilizzazione1

Fossilizzazione delle parti mineralizzate

Mineralizzazione: impregnazione

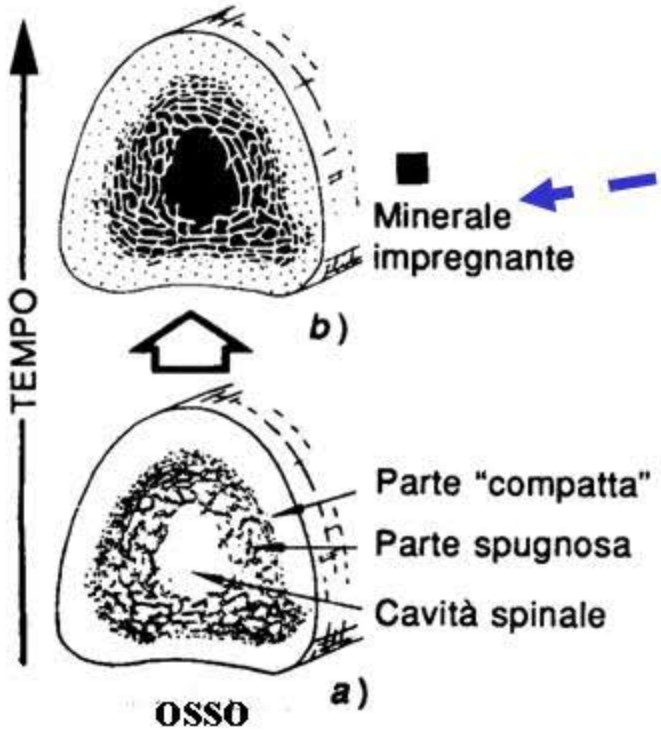


Mineralizzazione: impregnazione

Ossidazione e scomparsa sostanza organica contenuta nelle parti dure

microcavità

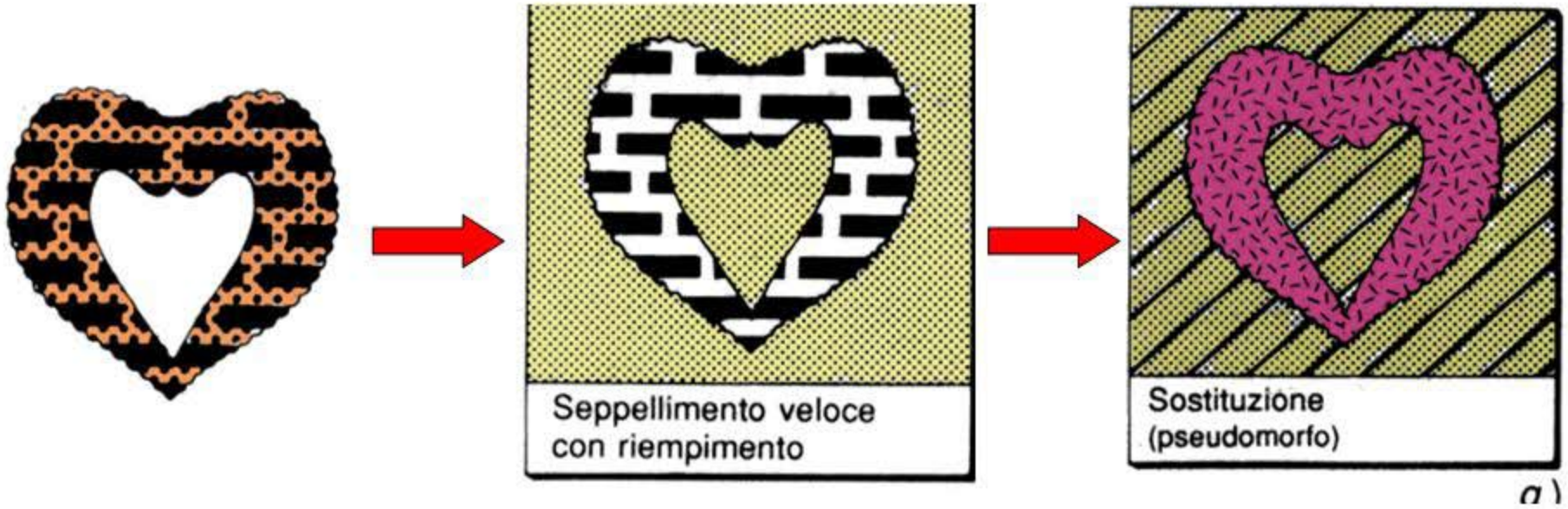
Precipitazione dei sali disciolti nelle acque interstiziali



Minerali più comuni
- Calcite
- Silice
- Barite

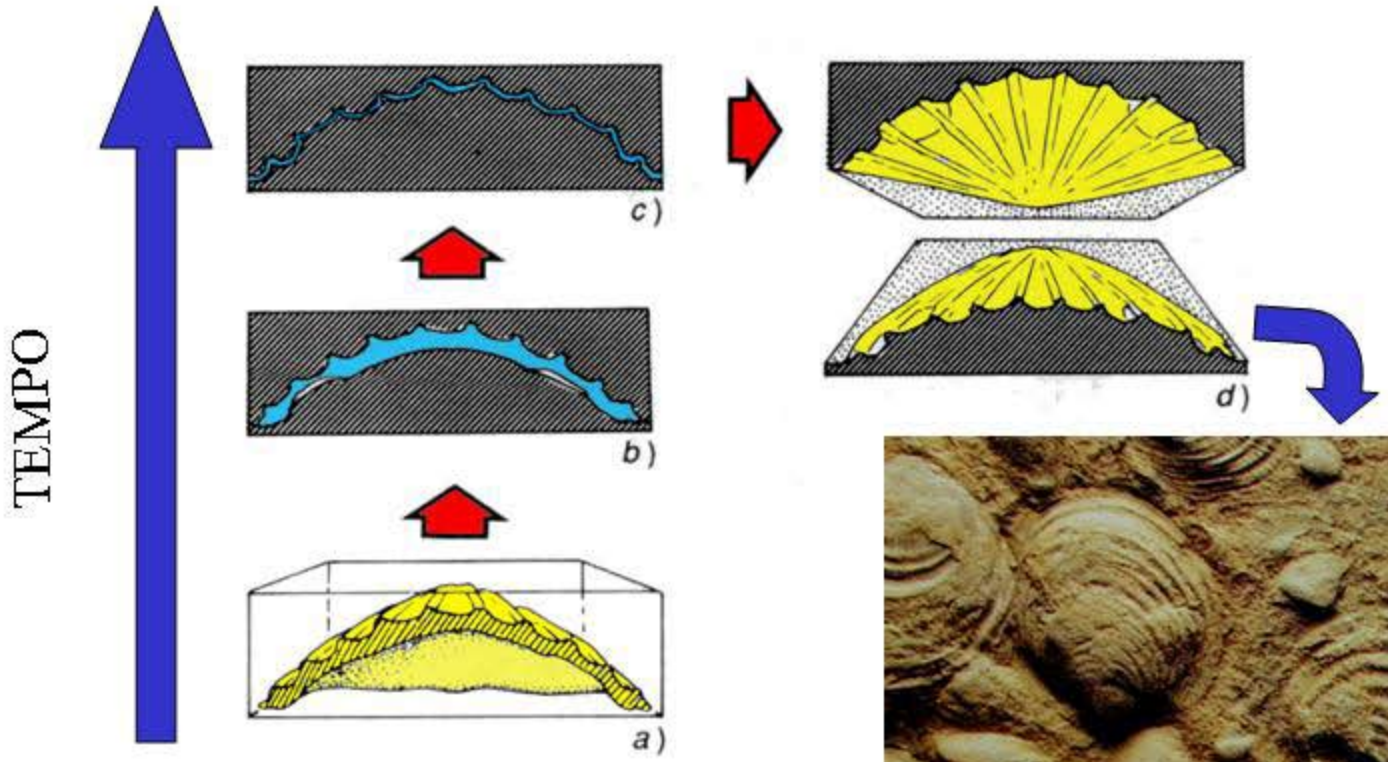
Sostituzione

- **Calcitizzazione**
- **Dolomitizzazione**
- **Silicizzazione**
- **Piritizzazione**
- **Altri minerali**



Dissoluzione e litificazione

Impronta esterna
Modello interno



Modelli interni di gasteropodi

Conus **attuale e modello interno di un genere affine**

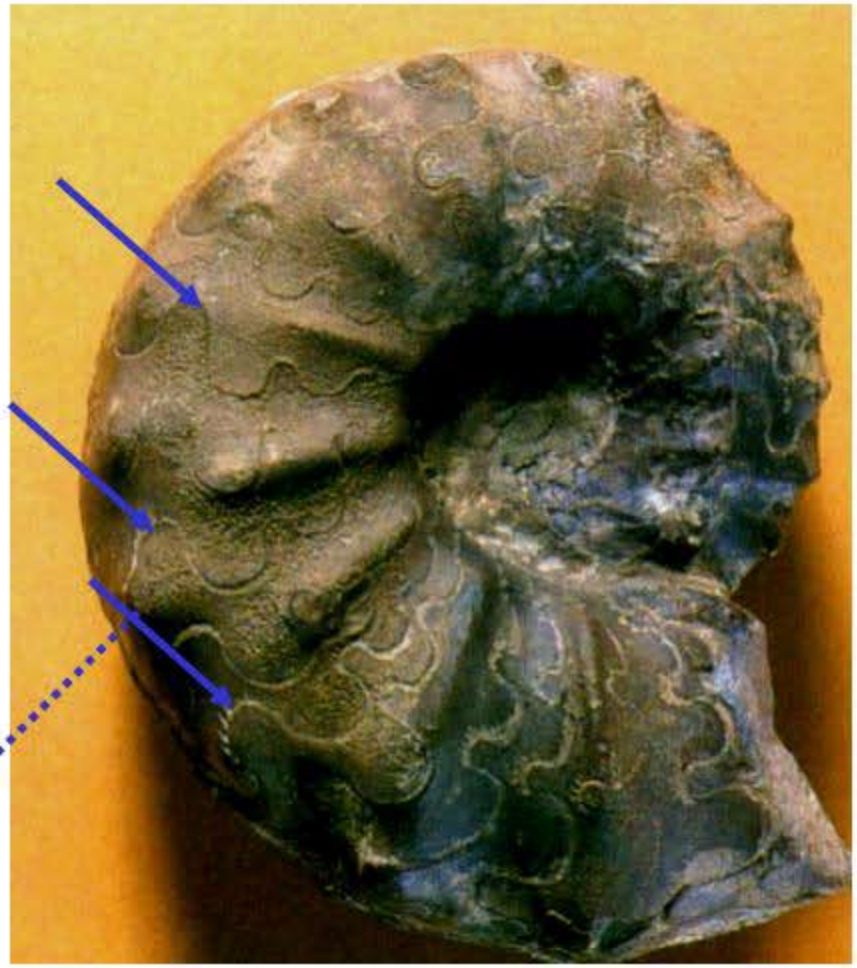
Impronta esterna di bivalve

L'importanza del modello interno varia a seconda dei gruppi

Bivalvi
Gasteropodi } Scarsa

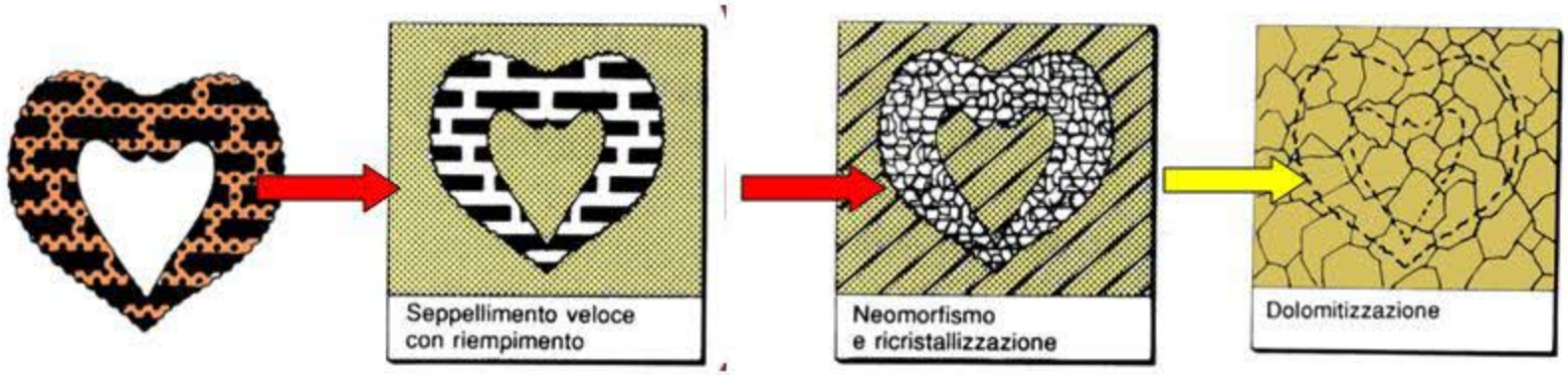
Ammonoidi Grande

Linee di sutura, fondamentali per la determinazione, visibili solo sul modello interno



Modello interno di *Ceratites*, un Ammonite

Ricristallizzazione

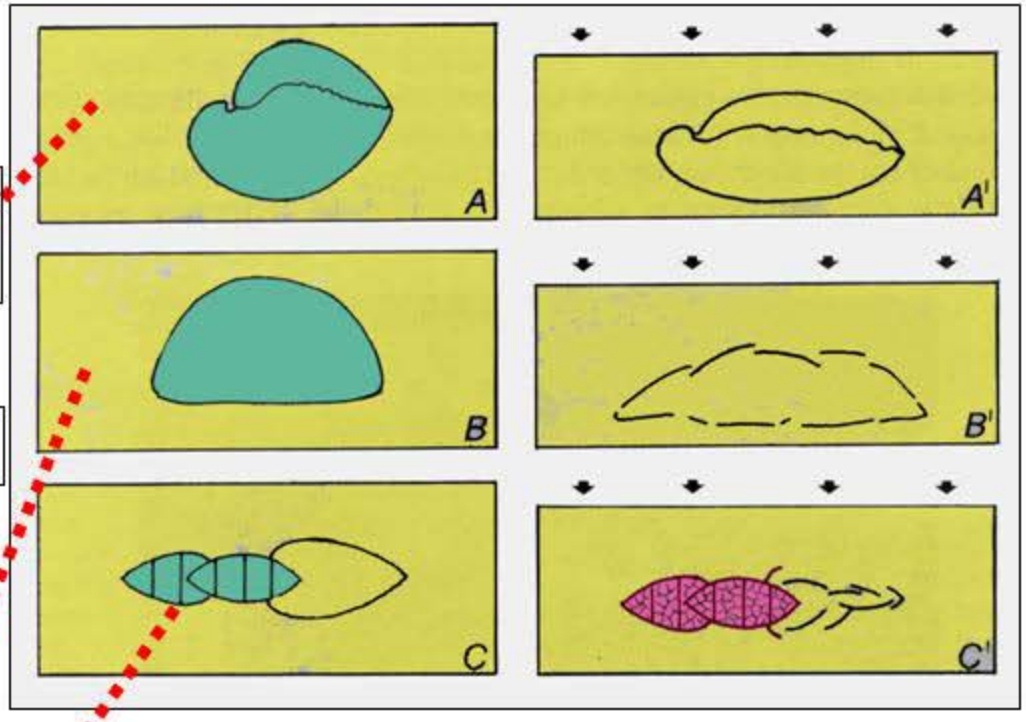


Cristalli di dolomite che conferiscono un aspetto "saccaroide" allo pseudomorfo

Deformazioni dei fossili

Conchiglie massicce

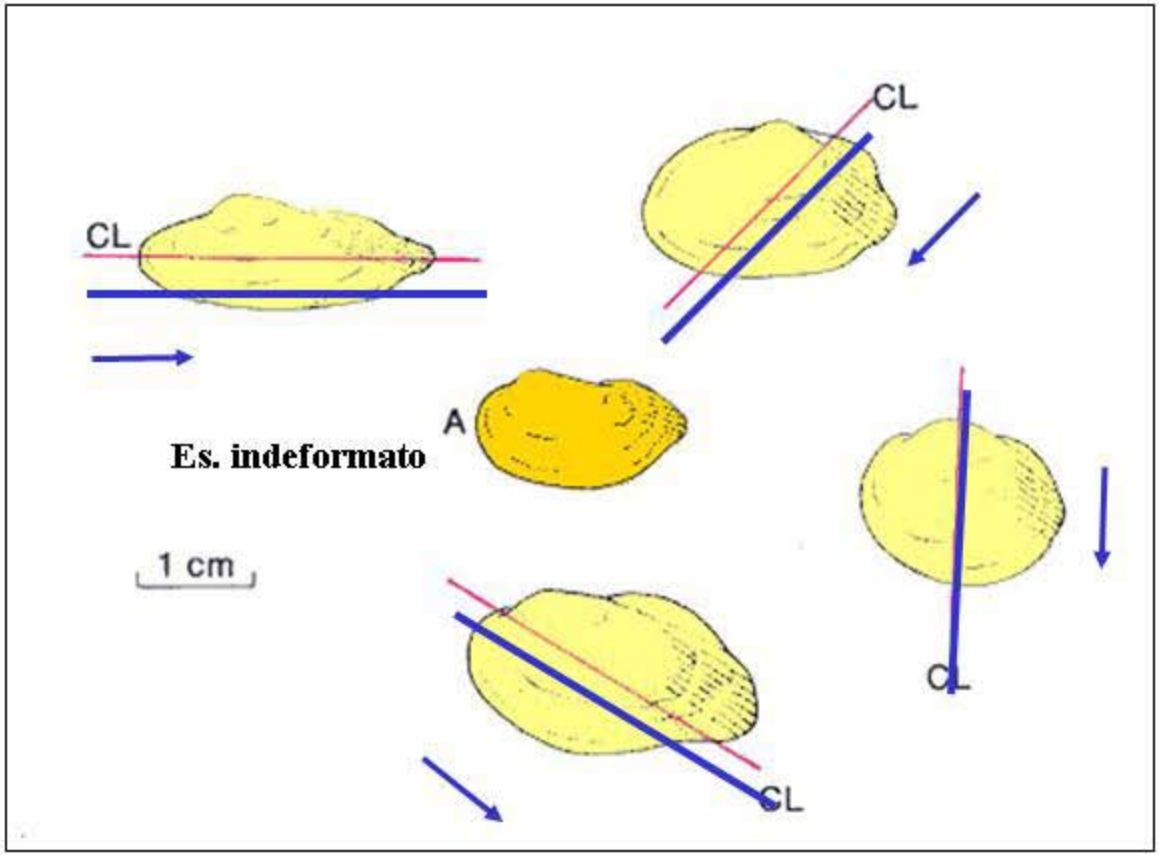
deformazioni



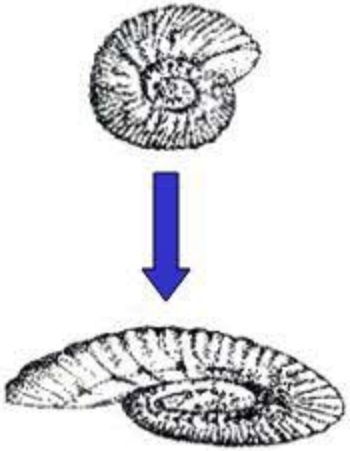
Gusci sottili od articolati, elementi scheletrici

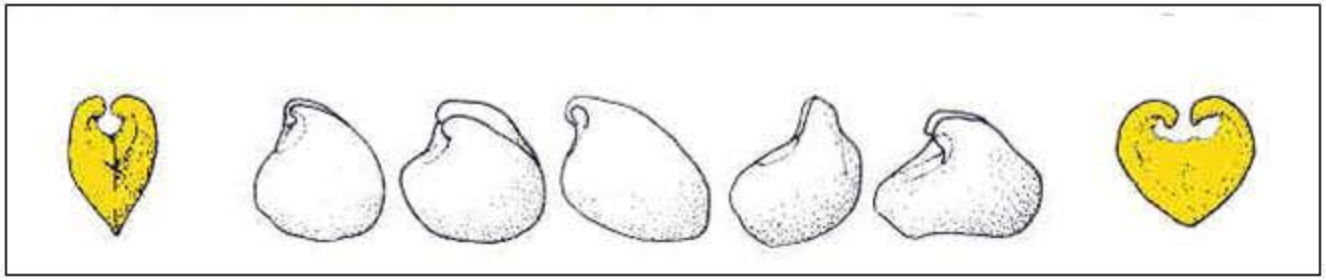
Schiacciamenti e fratture

Deformazione per clivaggio



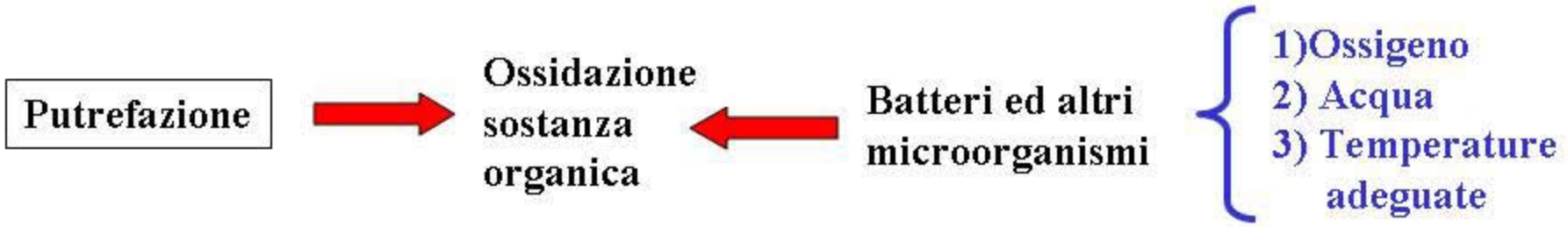
Deformazione plastica





Processi di fossilizzazione 2

Fossilizzazione della materia organica



Limitando lo sviluppo dei batteri aumentano le possibilità di conservazione della materia organica

Silice (Silicizzazione)

Decomposizione del legno

↓

Rilascio sostanze acide

↓

Abbassamento del Ph

↓

Deposizione gel di silice

↓

Riempimento canali legnosi

Conservazione dei dettagli eccezionale, a livello cellulare

Legno silicizzato, Mesozoico, USA

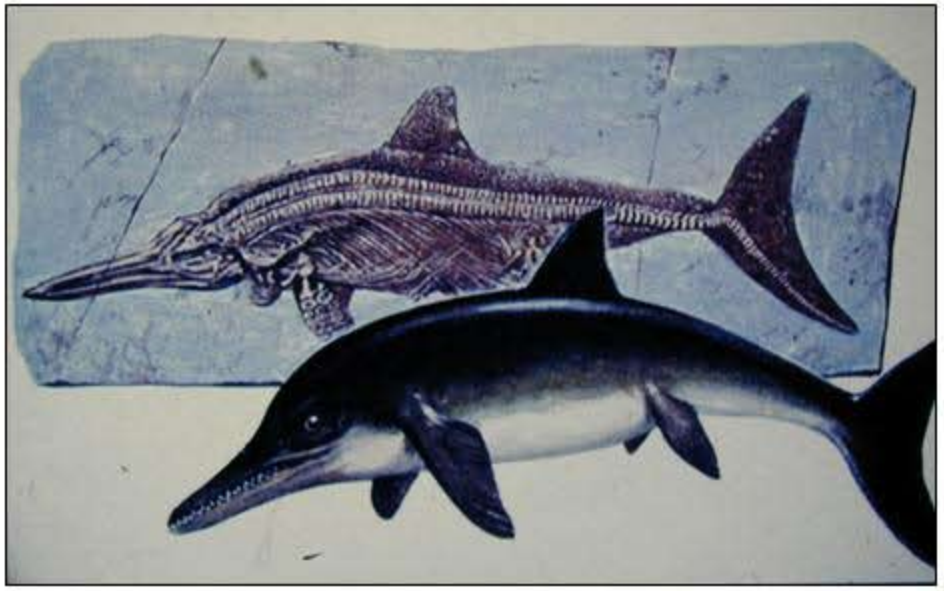
E' una permineralizzazione

1) Assenza di Ossigeno

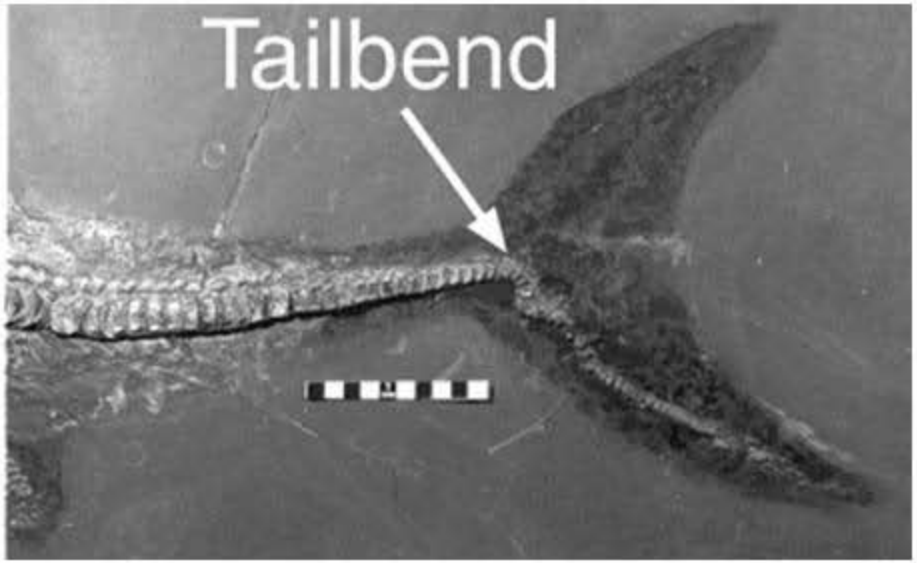
Ambiente anaerobico

NO Ossidazione
Fermentazione
Carbonificazione

Batteri anaerobi



Impronta carboniosa della pelle dell'ittiosauro *Stenopterygius*



Le parti dure hanno molte più probabilità di conservarsi un tempo sufficiente a consentire l'inizio dei processi di fossilizzazione, rispetto alle altre sostanze organiche

Parti non mineralizzate

- Carboidrati
- Proteine
- Grassi

Molli

- Chitina
- Scleroproteine*
- Polisaccaridi**

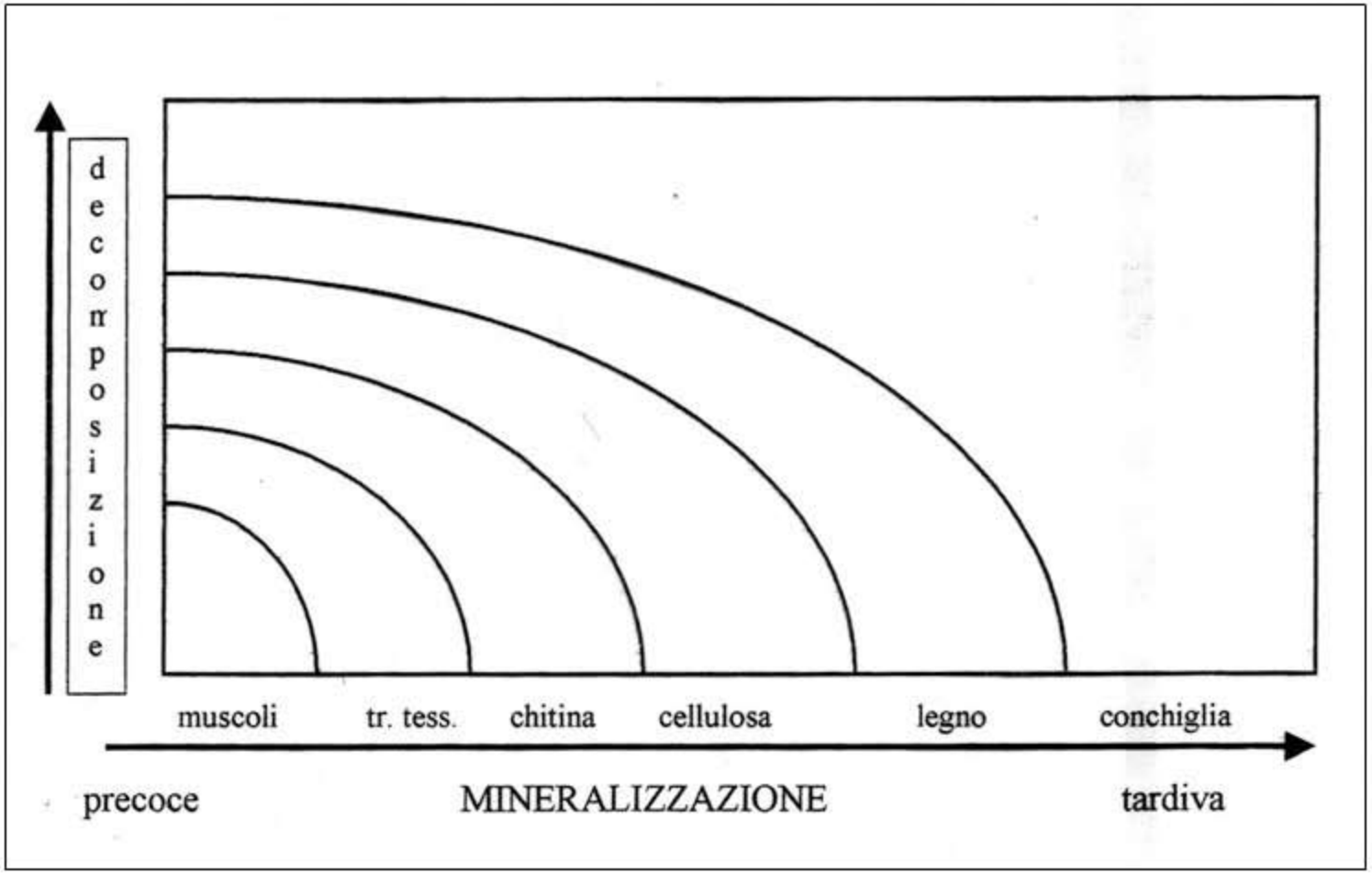
Dure

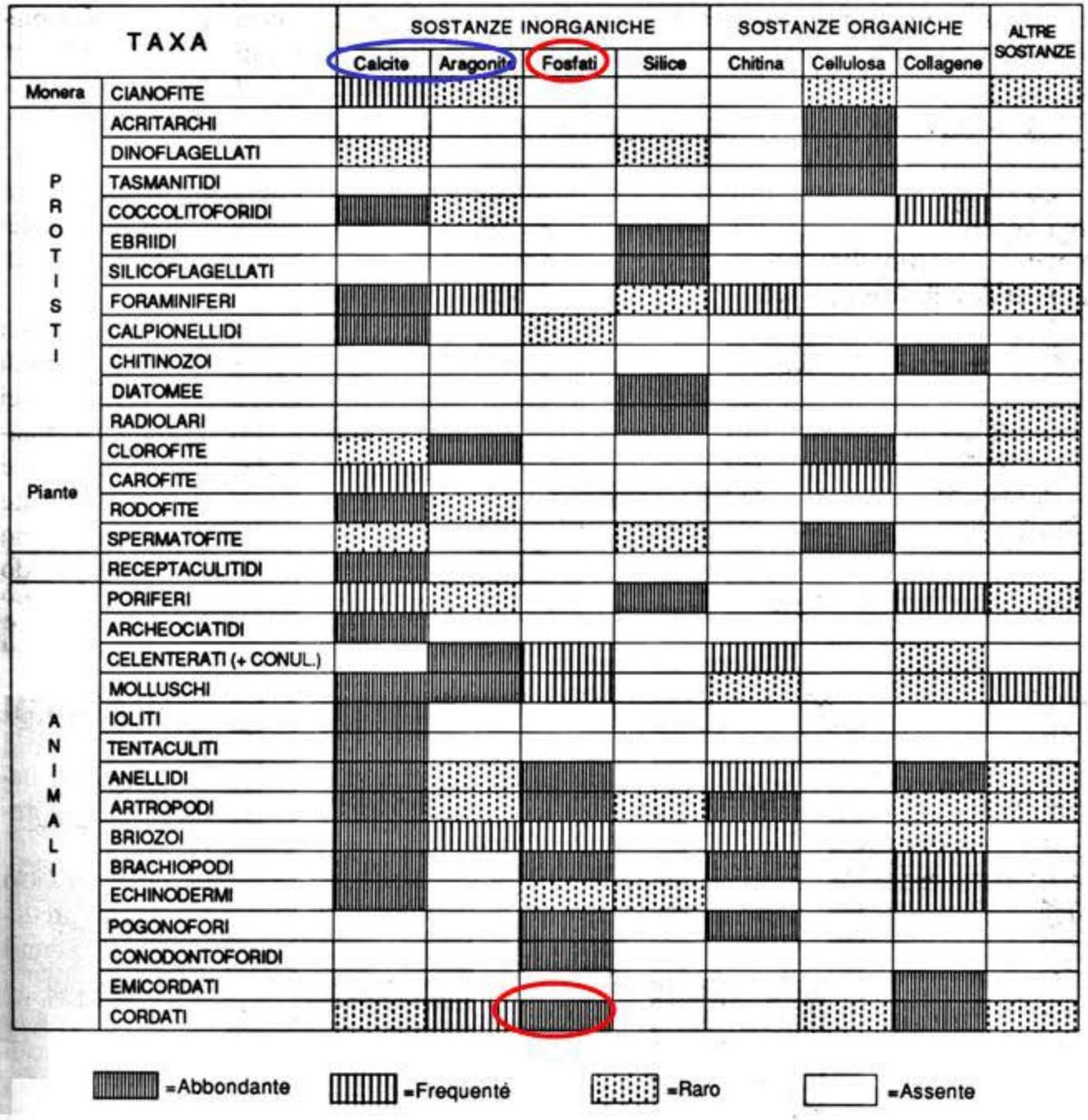
***collagene, cheratina, conchiolina …**
****(cellulosa), lignina, cutina, sporopollenina …**

Parti mineralizzate

- Carbonato di calcio
- Silice
- Fosfato di calcio

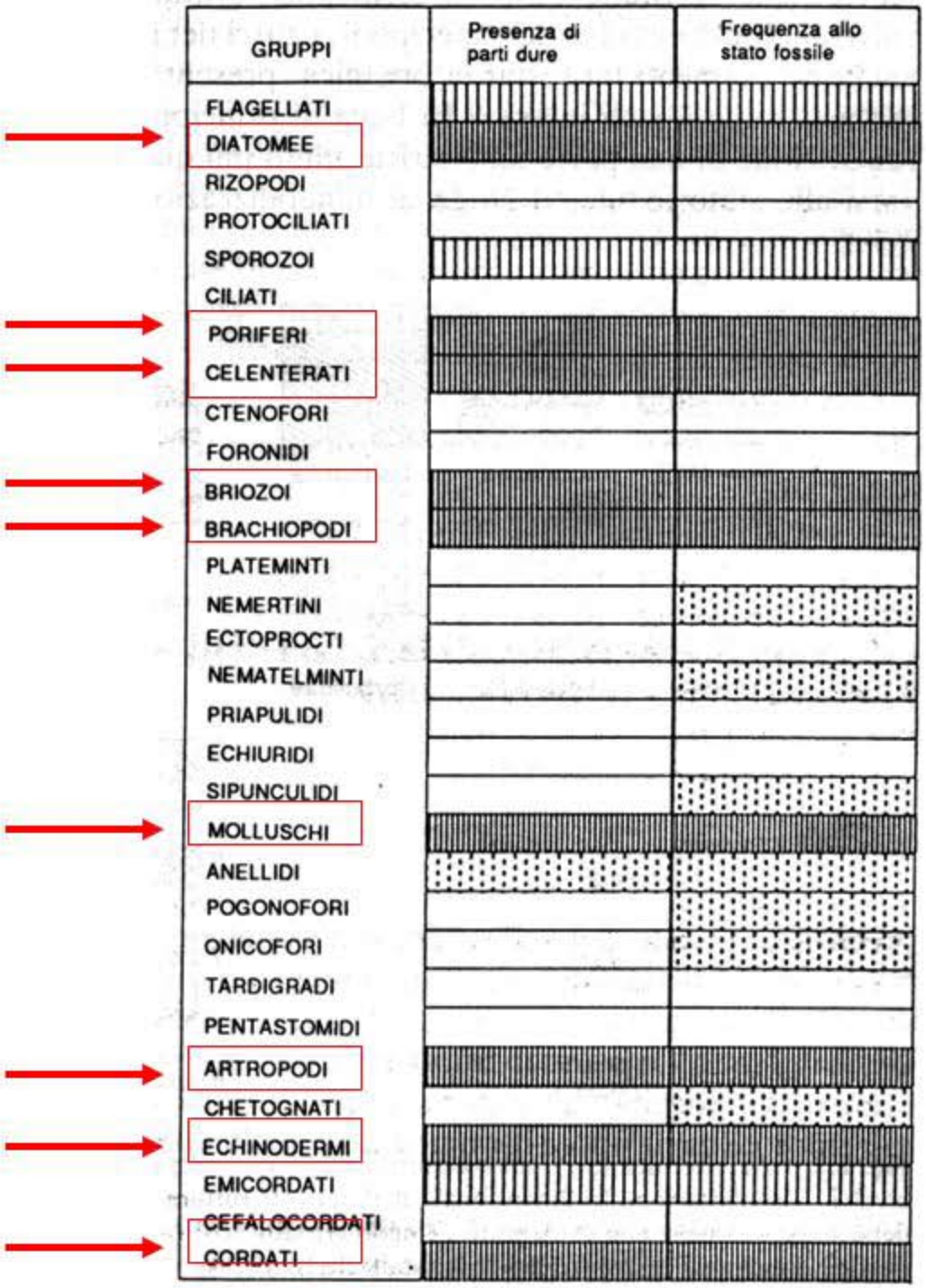
La possibilità che alcune parti molli degli organismi possano conservarsi allo stato fossile dipende dal rapido seppellimento e mineralizzazione




TAXA
SOSTANZE INORGANICHE
SOSTANZE ORGANICHE
ALTRE SOSTANZE
Calcite
Aragonite
Fosfati
Silice
Chitina
Cellulosa
Collagene
Monera
CIANOFITE
PROTISTI
ACRITARCHI
DINOFLAGELLATI
TASMANITIDI
COCCOLITOFORIDI
EBRIIDI
SILICOFLAGELLATI
FORAMINIFERI
CALPIONELLIDI
CHITINOZOI
DIATOMEE
RADIOLARI
Piante
CLOROFITE
CAROFITE
RODOFITE
SPERMATOFITE
RECEPTACULITIDI
ANIMALI
PORIFERI
ARCHEOCIATIDI
CELENTERATI (+ CONUL.)
MOLLUSCHI
IOLITI
TENTACULITI
ANELLIDI
ARTROPODI
BRIOZOI
BRACHIOPODI
ECHINODERMI
POGONOFORI
CONODONTOFORIDI
EMICORDATI
CORDATI
=Abbondante
=Frequente
=Raro
=Assente

Questo fattore modifica profondamente la composizione delle associazioni fossili rispetto alle comunità viventi da cui derivano

La documentazione paleontologica, in genere, riflette solo parte della reale biodiversità dei tempi passati



Inglobamento in detriti organici

Stagni, acquitrini e paludi

↓

Deposito di detriti vegetali in ambiente anossico

↓

Putrefazione iniziale detriti vegetali

↓

Sviluppo di "sedimento organico" che può preservare resti di organismi

↓

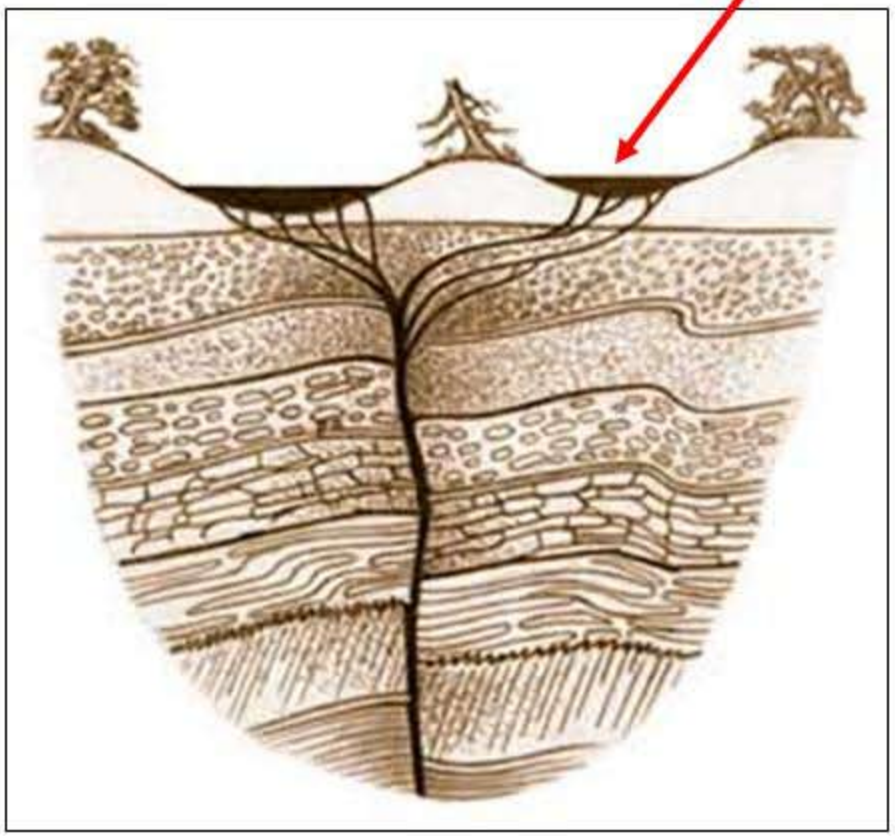
Trasformazione del "sedimento organico" in *torba*

→

Conservazione dei resti come pellicole carboniose (Carbonificazione)

Uomo di Tollund Fen, Danimarca 2200 a. f., ucciso e gettato in una torbiera dove il cadavere si è carbonificato

Inglobamento in fluidi



Laghi di asfalto, Rancho La Brea, Pleistocene, Texas

Stagno "trappola"

↑

Copertura da parte di acqua piovana

↑

Aumento viscosità per azione agenti atmosferici

↑

Fuoriuscita di petrolio da giacimenti naturali

Sabbie mobili e fanghi organici

Stagni e paludi ad elevata sedimentazione di detriti vegetali

↓

Fanghi non consolidati

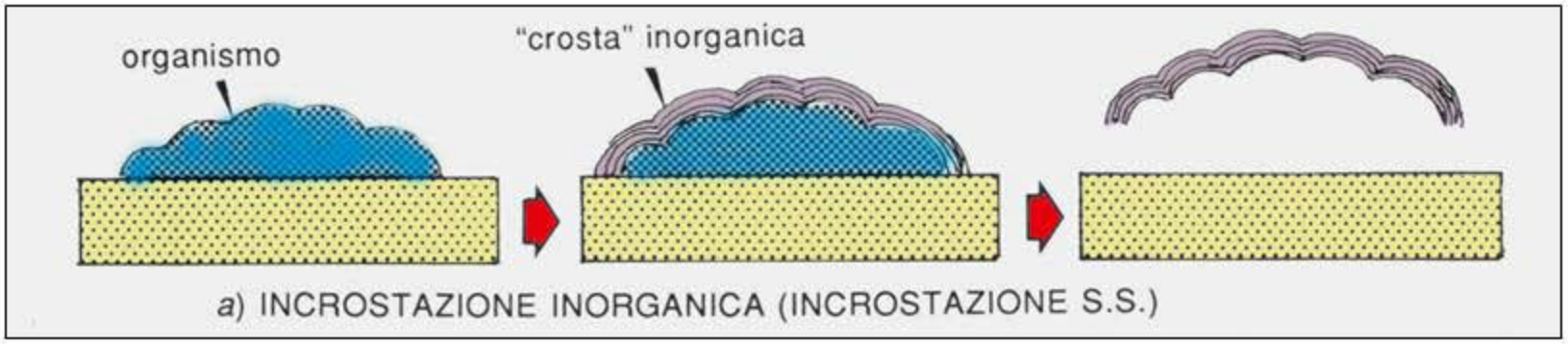
↓

Intrappolamento e conservazione in ambiente anaerobico

Resine vegetali

Resine di conifere che colando da ferite del legno intrappolavano pollini, foglie, fiori e piccoli animali. Ulteriori colate li ricorpivano preservandoli dalla comleta distruzione. La resina fossilizzava divenendo *ambra*. In genere rimane solo la pellicola carboniosa degli organismi intrappolati – no Jurassic Park- ma il dettaglio della conservazione può essere eccellente

Incrostazione

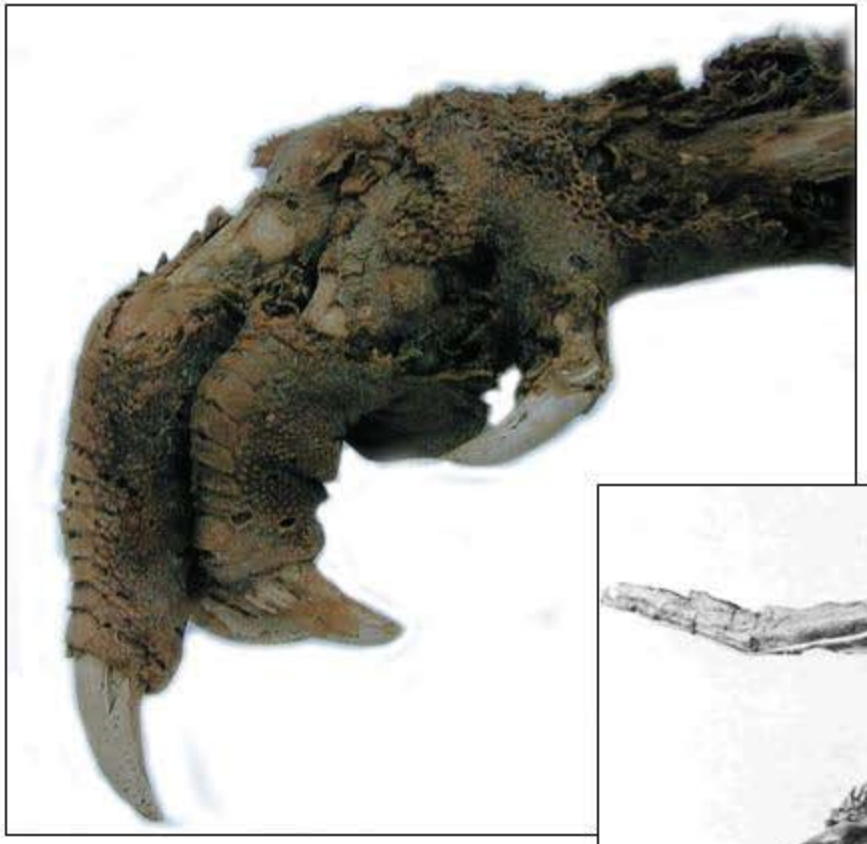


2) Assenza di acqua

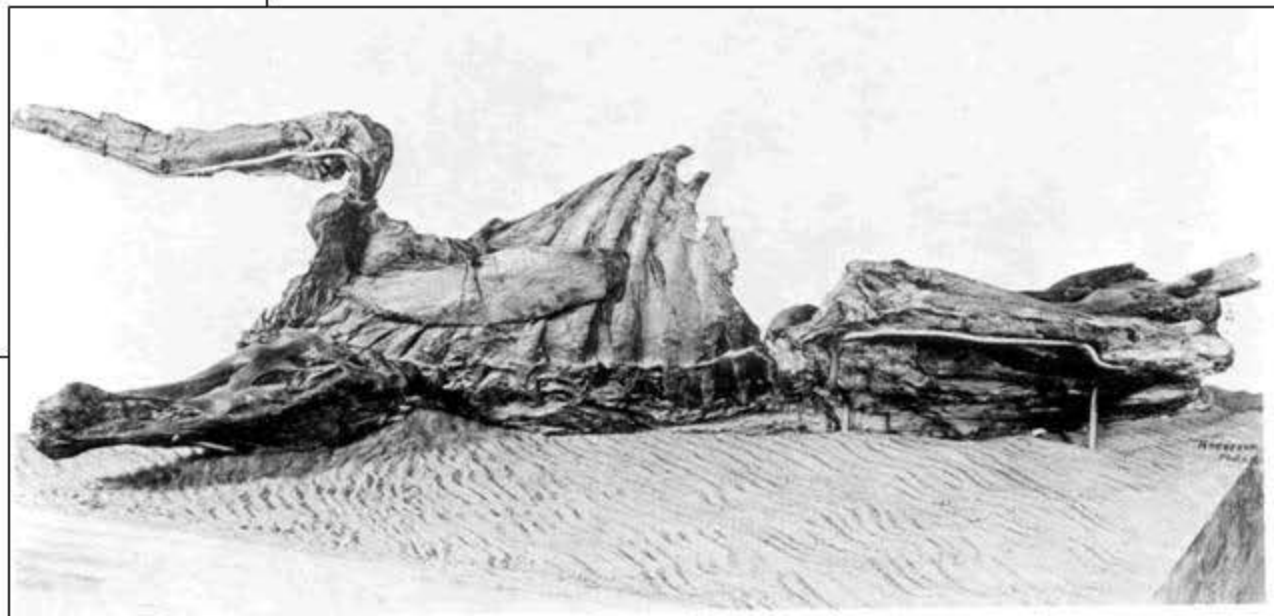
Eliminazione acqua dai tessuti

Ambienti molto aridi, sia caldi che freddi → **Mummificazione**

CONSERVAZIONE SOLO TEMPORANEA



Fossile di mummia di Anatosauro, Cretacico USA

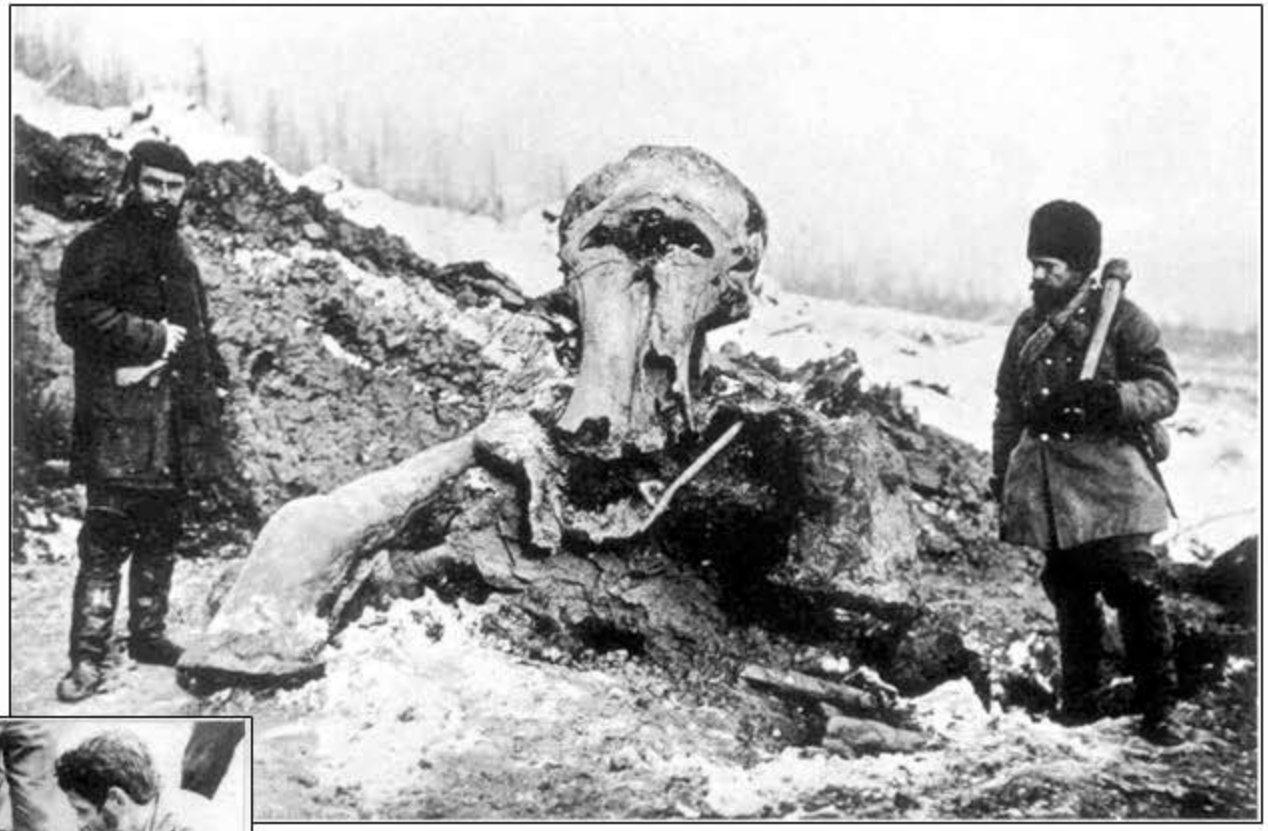


Piede mummificato di Moa, Recente, Nuova Zelanda

Crioconservazione

Mammut ed altri mammiferi conservati nelle alluvioni di età glaciale di Usa e Siberia

Prima gelati e poi conservati nel *Permafrost*, suolo sempre gelato



Se l'erosione espone i resti, iniziano di nuovo i processi di decomposizione

Nel complesso, la fossilizzazione non comporta solo perdita di dati, ma anche acquisizione.

Perdita di informazioni

- Anatomia
- Biodiversità
- Eco-etologia

Acquisizione di informazioni

- Chimica ambiente
- Componenti comunità limitrofe
- Evoluzione ambienti

I Lagerstaetten sono “giacimenti a conservazione eccezionale”

Per la qualità della conservazione

Per la quantità degli esemplari

Per la diversità tassonomica

Liaoning

Mazon Creek

DEPOSITI DI CONCENTRAZIONE

ELEVATO NUMERO DI ESEMPLARI SPESSO A DISCAPITO DELLA QUALITA' DELLA CONSERVAZIONE

SOLITAMENTE SOLO PARTI DURE ACCUMULATE IN

MODO 'ARTIFICIALE' >>>> TEMPESTITI (STORM LAYERS)

DEPOSITI DI CONSERVAZIONE

TRAPPOLE DI CONSERVAZIONE

•**BLOCCO PARZIALE DELLA NECROLISI** (FREDDO, ARIDITA', SALE, ASFALTO, RESINE, ESCREMENTI)

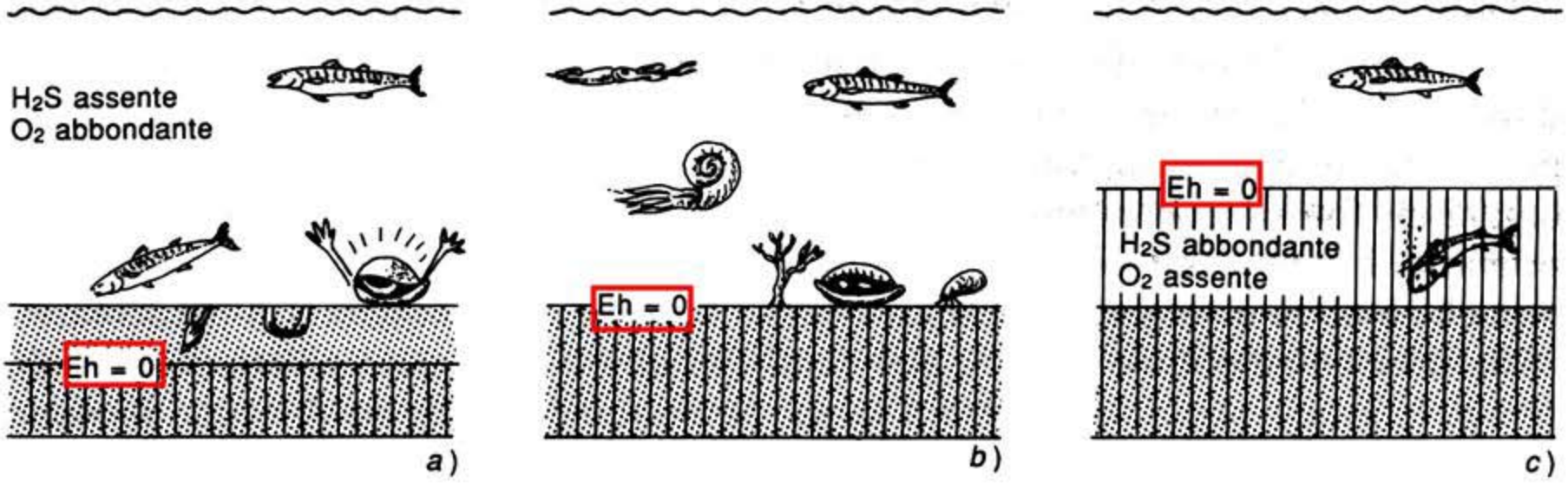
• **ATTIVITA' BATTERICA** (FOSFATIZZAZIONE, PIRITIZZAZIONE, SIDERITIZZAZIONE)

Per avere conservazione dei tessuti molli occorre lo sviluppo di condizioni anossiche ad esempio l'assenza di correnti al fondo dà origine a stratificazioni della massa d'acqua con, testimoniate fra l'altro da parametri geochimici e da presenza di sostanza organica nelle rocce.

Eh=potenziale di ossido-riduzione

Eh>0 ambiente ossidante (presenza di ossigeno)

Eh<0 ambiente riducente (assenza di ossigeno)

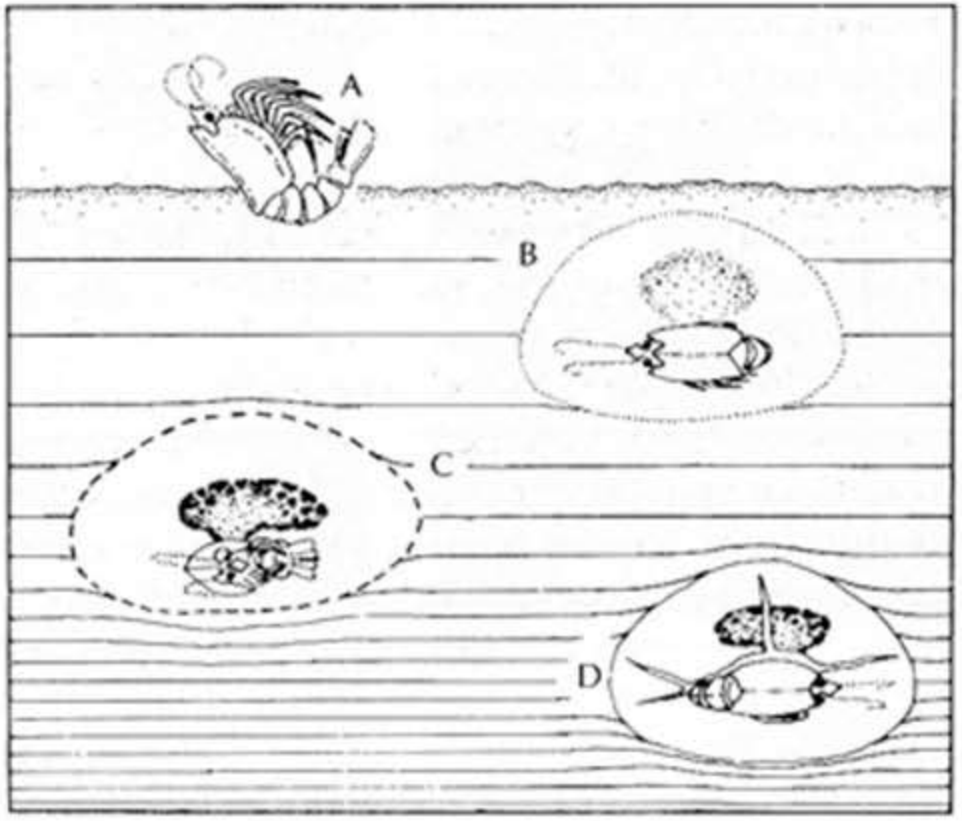


In molti Lagerstaetten a volte si ha conservazione di tessuti molli in assenza di testimonianze di anossia generale e permanente al fondo, in questo caso si ipotizza l'attività batterica che modifica localmente il pH dell'ambiente

I microbi invadono le carcasse e nel giro di poche settimane si ha mineralizzazione

La natura del minerale dipende dal pH dell'ambiente e dagli ioni disponbili

La presenza dei microrganismi induce quindi la precipitazione di minerali che sostituiscono la materia organica. Inoltre alterano il pH dell'ambiente circostante provocando la precipitazione di carbonato di calcio e la formazione di noduli



Permineralizzazione

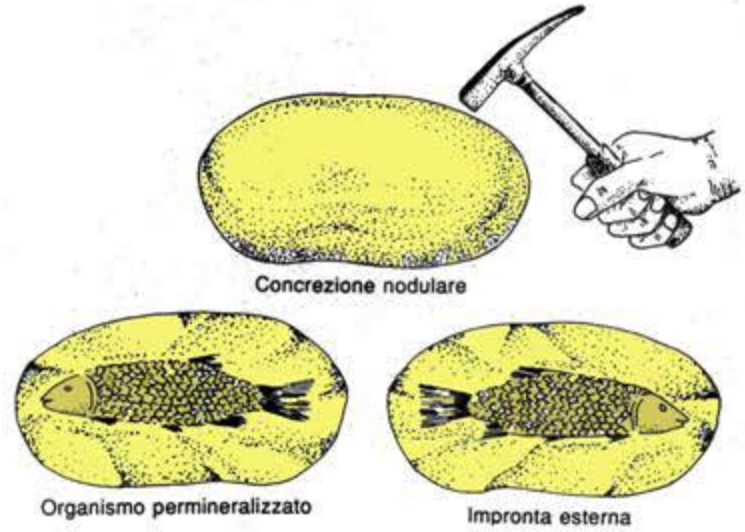
Deposizione in *fanghi* di origine minerale

Acque circolanti mineralizzate

Deposizione di minerali nel lume cellulare

Impregnazione dei tessuti

NON è una sostituzione molecolare



Conservazione in noduli di carbonati

Decomposizione proteine

↓

Liberazione ammoniaca

↓

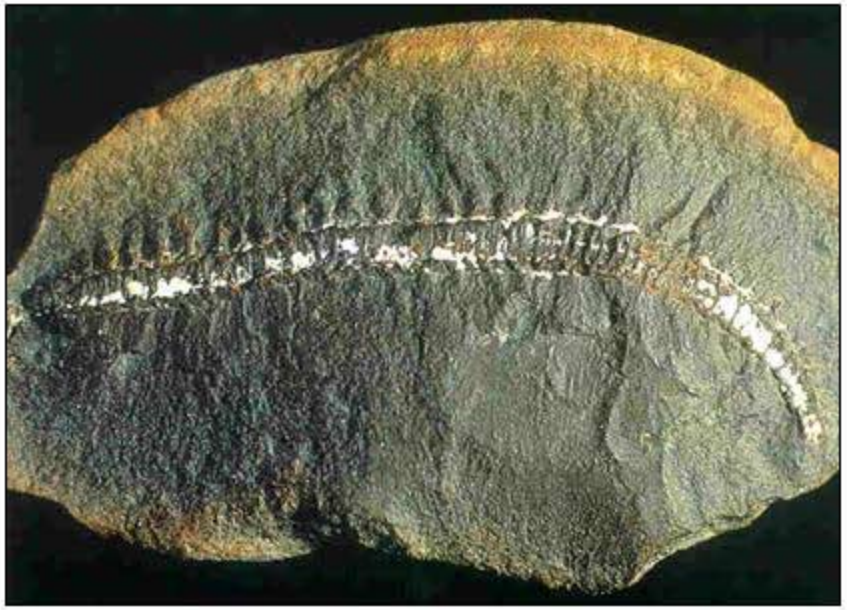
Ambiente alcalino

↓

Precipitazione carbonati nei tessuti e interstizi organismo e sedimento circostante

E' una permineralizzazione

Ragno (sopra) e Millepiedi (sotto), Carbonifero Mazon Creek USA



L'**APATITE**

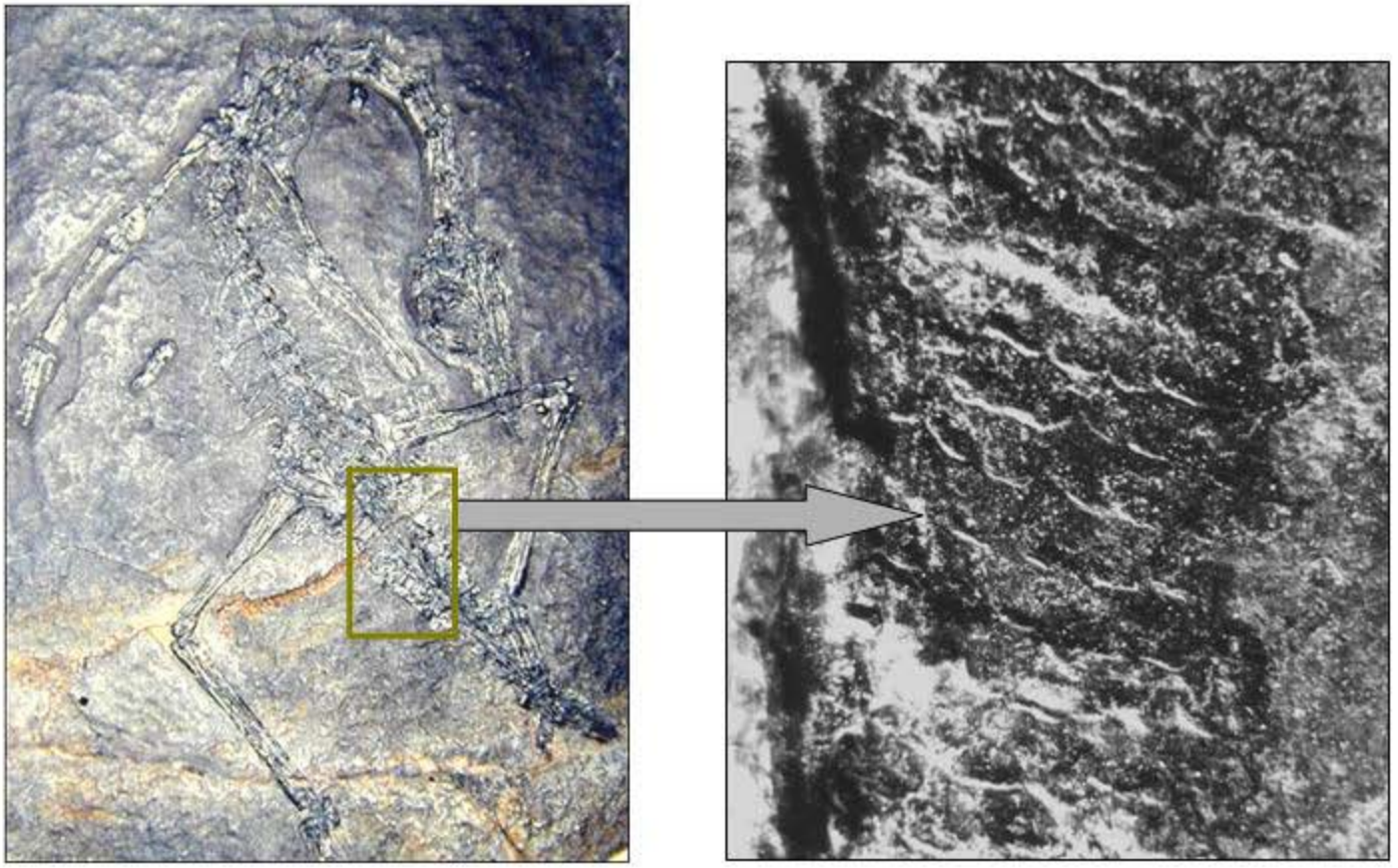
$(Ca_5[PO_4,CO]_3{}_3[OH, F])$

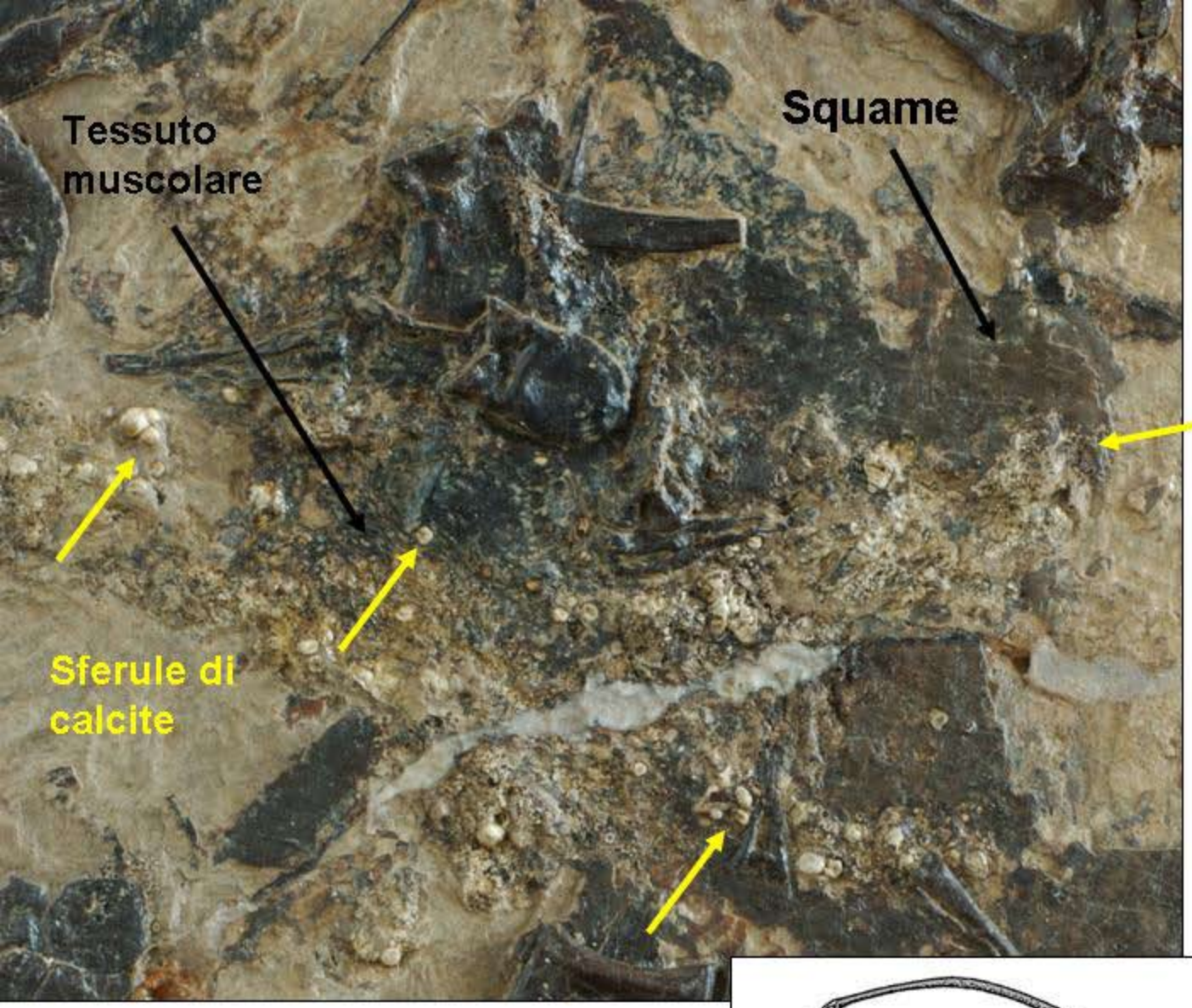
garantisce la migliore conservazione dei dettagli.

Il fosforo quando presente, ha un ruolo critico nella conservazione in particolare dei tessuti molli, però raramente è presente in quantità sufficientemente elevate da consentire la fossilizzazione.
A livello dell'interfaccia acqua sedimento e strati immediatamente sottostanti il fosforo viene riciclato nella colonna d'acqua o disseminato come cristalli di apatite

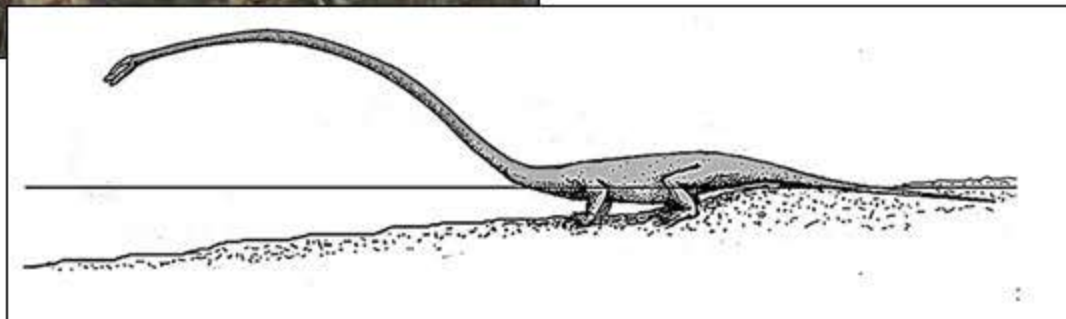
Dato che la decomposizione è un processo relativamente rapido, la massiccia fosfatizzazione di tessuti molli necessaria alla lor conservazione, implica la possibilità di accesso immediato ad una fonte di fosforo concentrato.

Fenomeni di fosfatizzazione localizzati possono essere alimentati dalla carcassa stessa che funge da sorgente di fosforo.





Tanystropheus Canton Ticino CH

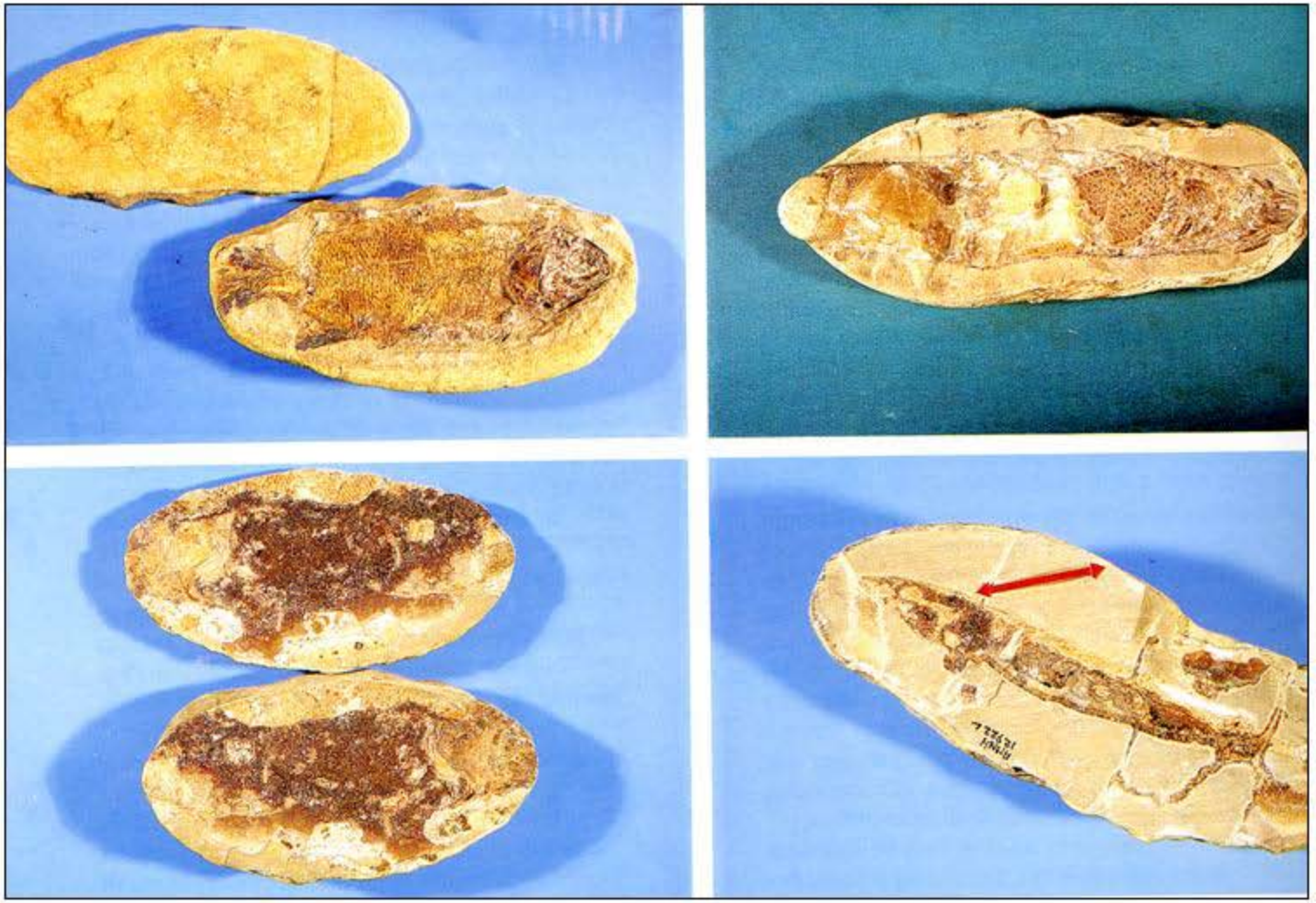


Precipitazione di sferule di calcite intorno al fossile fosfatizzato

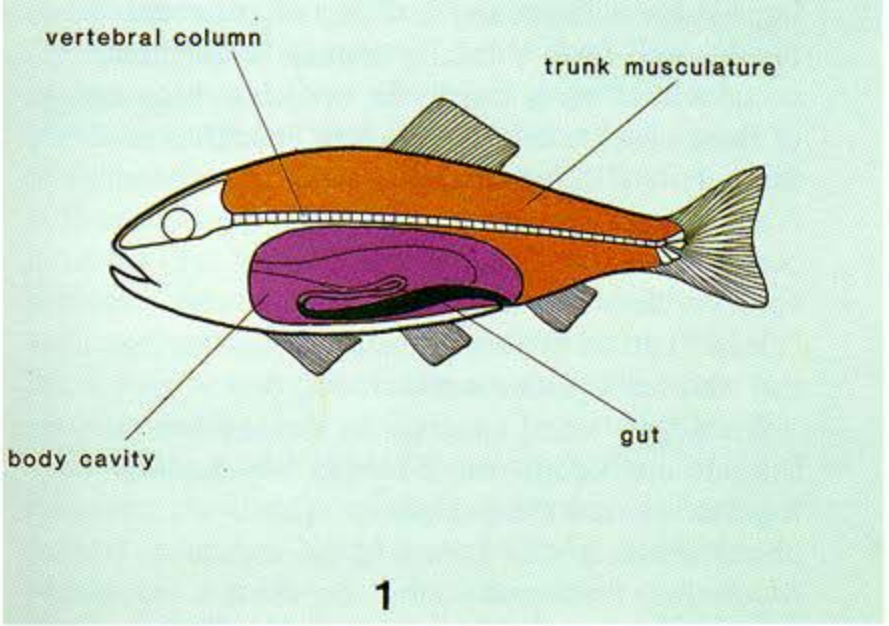
In particolari ambienti detritici di fondo gli organismi di piccola taglia vengono inglobati dalla mucillagine anche mentre galleggiano nella massa d'acqua o ricoperti dai tappeti microbici quando si depositano morti sul fondo.

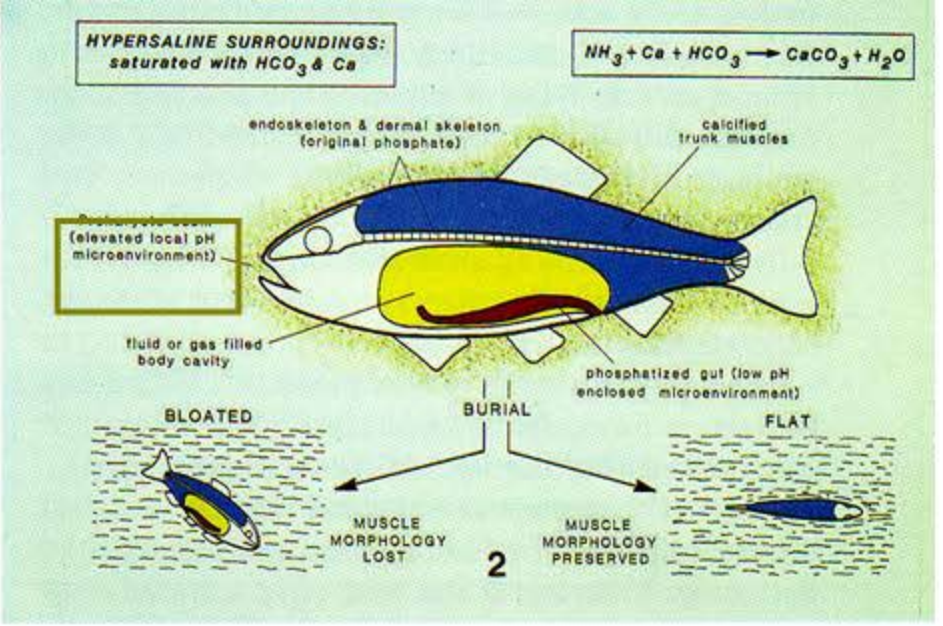
L'inglobamento da parte della mucillagine evita la disarticolazione, ma non solo…

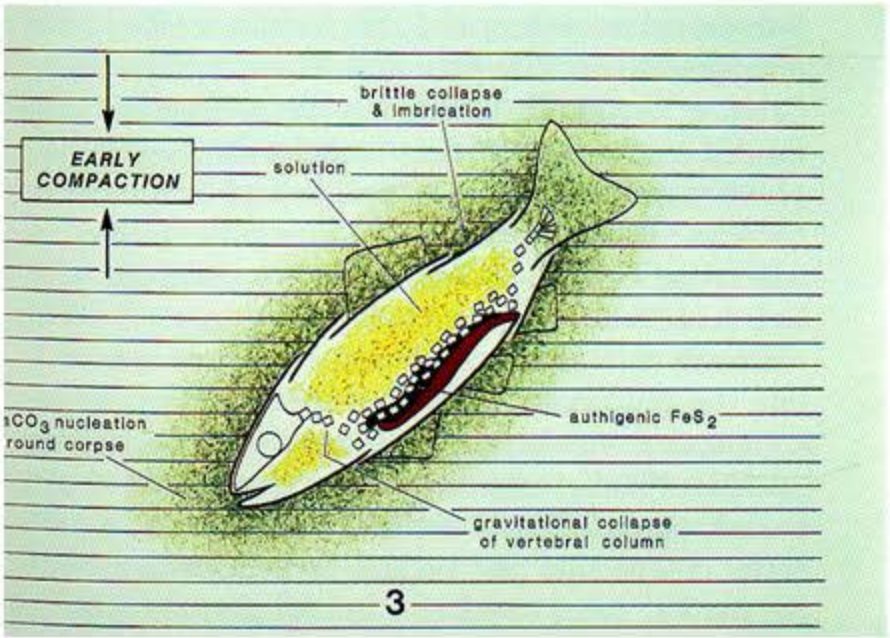
Ortottero Santana Formation
Brasile

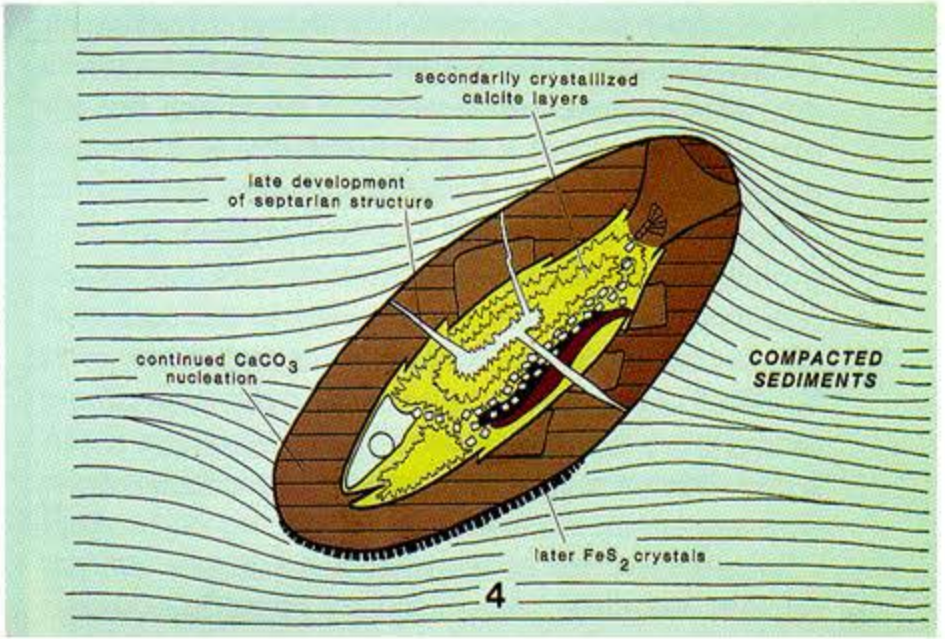


Pesci conservati in noduli, Santana Formation Brasile
In questi casi la fosfatizzazione inizia addirittura prima che la carcassa si deposti sul fondo

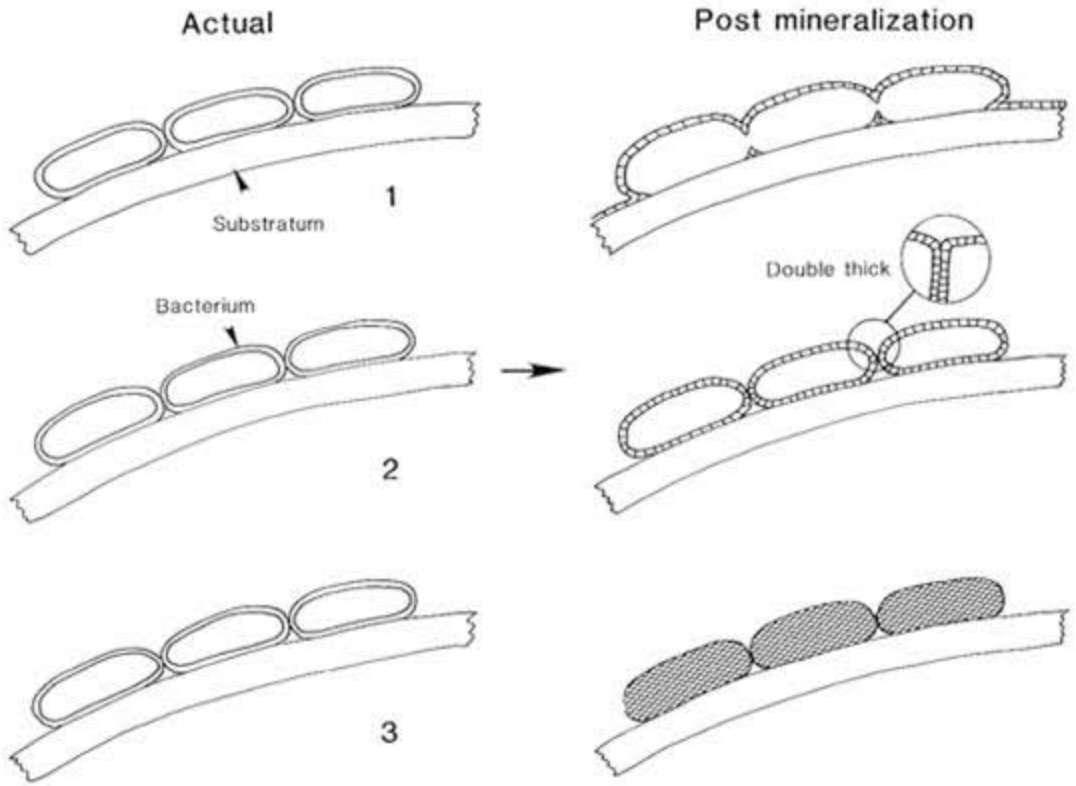








1) Struttura del pesce, 2)microambienti interni e circostanti la carcassa del pesce, 3)seppellimento e fossilizzazione precoce dei visceri, 4) successiva diagenesi, formazione della concrezione e fenomeni di mineralizzazione secondaria. La fosfatizzazione può già avvenire all'inizio dello stadio 2.



Ricoprimento superficiale

Sostituzione selettiva "membrana"

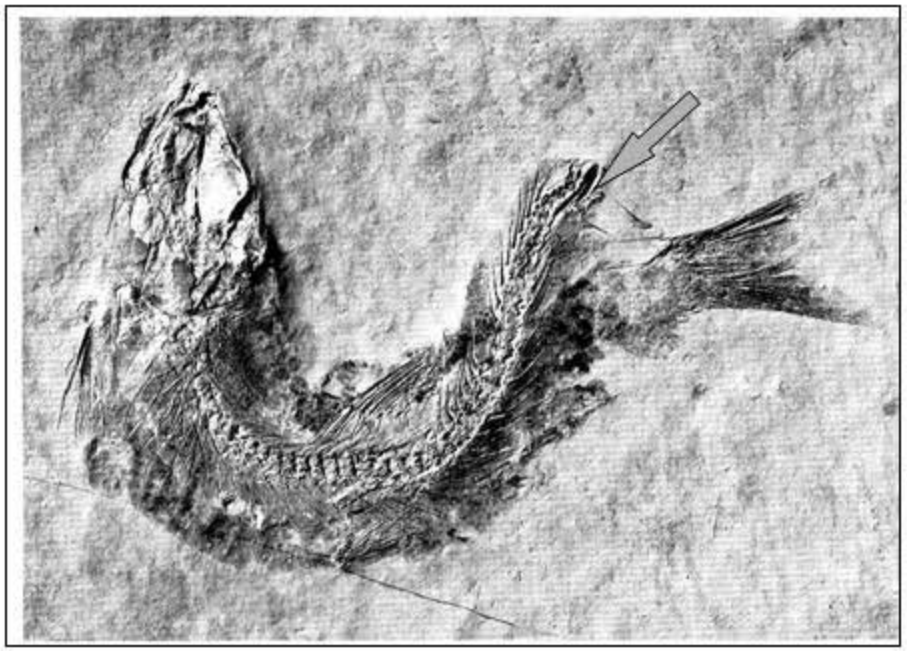
Sostituzione dell'intero batterio

Ruolo dei Microbial Mats nella fossilizzazione dei tessuti molli.

Evitano la deriva per galleggiamento delle carcasse

Le proteggono dai necrofagi e dalle correnti

Sono siti di mineralizzazione rapida in quanto creano dei microambienti molto poveri di ossigeno



Il ricoprimento da parte di veli microbici incolla il resto al substrato impedendone la disarticolazione od il galleggiamento dovuto ai gas della decomposizione.

I microbial mats potrebbero fungere da
meccanismo che fissi il fosforo e ne impedisca la
diffusione dal sedimento verso la colonna d'acqua

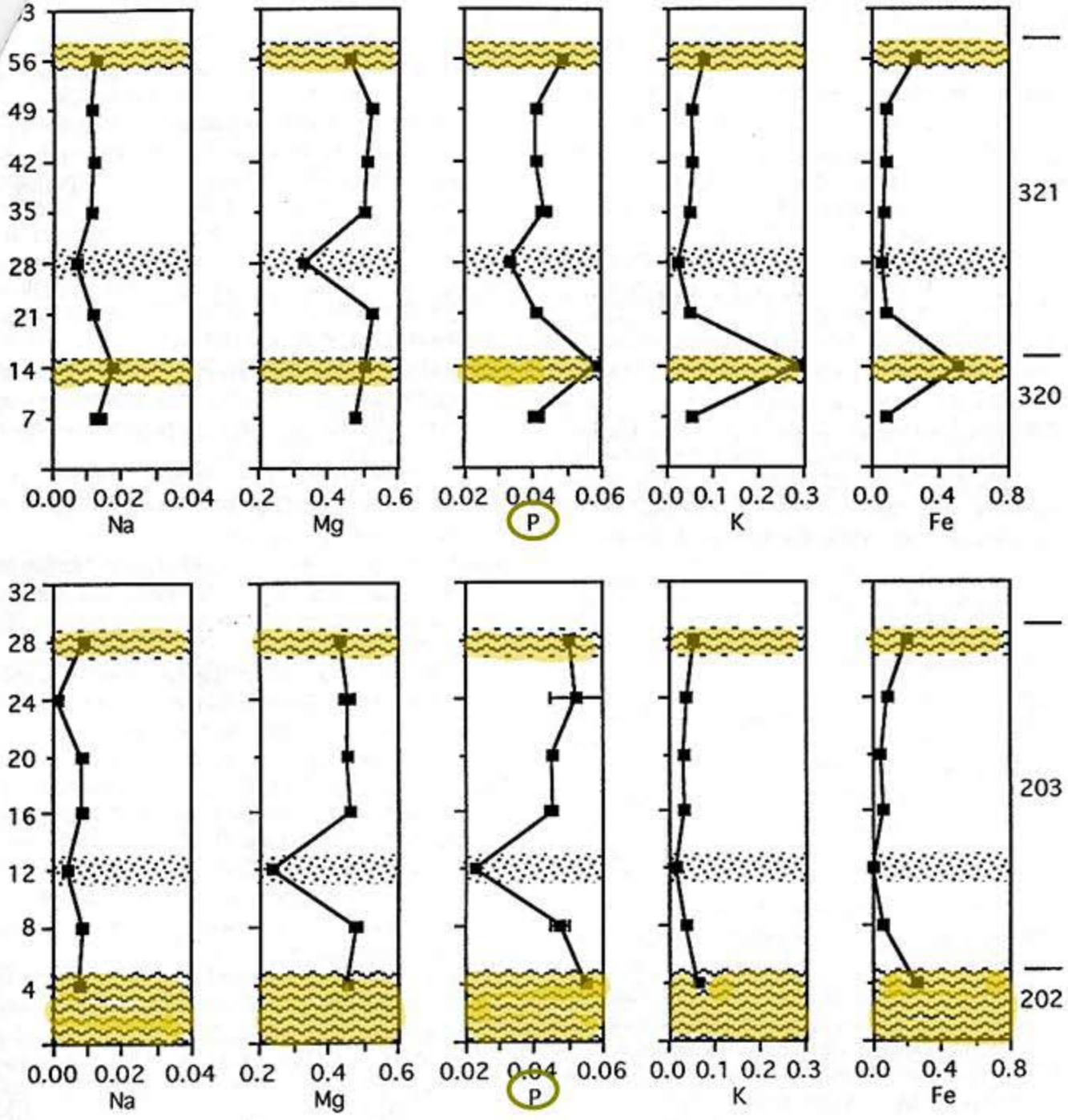
Nei luoghi ove attualmente si ha fosfogenesi
I microbial mats possono svolgere questo ruolo, anzi si è
pensato che siano essi stessi un prerequisito per la
fosfogenesi

Spesso calcolando il rapporto fra concentrazione di apatite e massa corporea, si scopre che la quantità di fosforo richiesta eccede quella disponibile dalla decomposizione della carcassa.
In questi casi i Microbial mats sono gli agenti più probabili

I microbial mats moderni hanno un rapporto P:C (1,68) molto più alto dei detriti organici in genere (1:180-1:400), costituendo un'importante fonte di P.

In alcune regioni in cui si ha fosfogenesi attiva, i microbial mats formano delle barriere alla diffusione secondo gradiente del P nei sedimenti.

Se i Microbial Mats svolgono davvero un ruolo importante per la fosfogenesi e la mineralizzazione dei tessuti molli la massima concentrazione di **P** in una sezione stratigrafica dovrebbe coincidere con quella dei microbial mats fossili



Sezioni di strati corrispondenti a due livelli fossiliferi

Linee ondulate evidenziate corrispondono ai Microbial mats fossili

I fossili fosfatizzati sono presenti in questi livelli e si nota che la massima concentrazione di P si ha a livello dei microbial mats.

Dato che il livello di conservazione delle ossa è tale da escludere la dissoluzione diagnetica delle stesse come possibile fonte di fosfato in questi livelli, si ritiene più probabile la fissazione organica del fosforo a livello dell'interfaccia sedimento/acqua sia stata operata dai microbial mats.

Più in generale i microbial mats ebbero un ruolo importante nella fosfatizzazione di tessuti molli in numerosi giacimenti a conservazione eccezionale, quali Solnhofen e La Formazione di Santana, anche se in quelle località le testimonianze della loro influenza non sono così dirette..