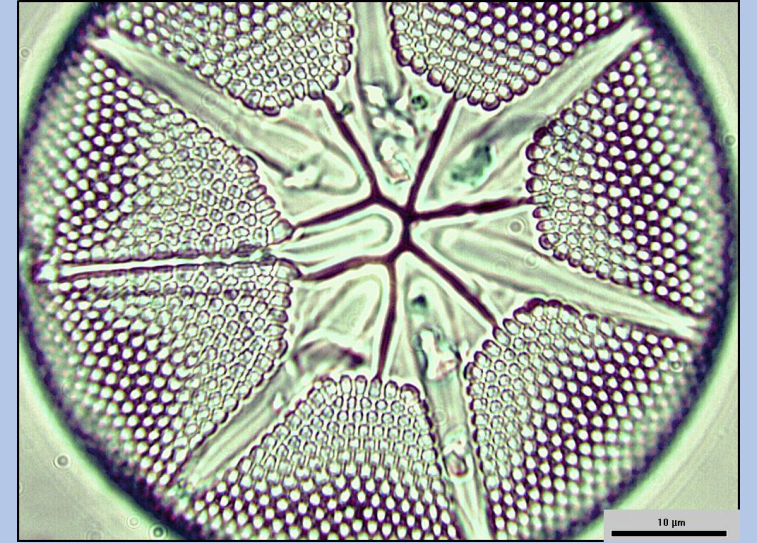


Diatomee



*«the world's dominant marine primary producers»
(Kemp et al., 1999)*

A cura di
Fiorenza Torricella

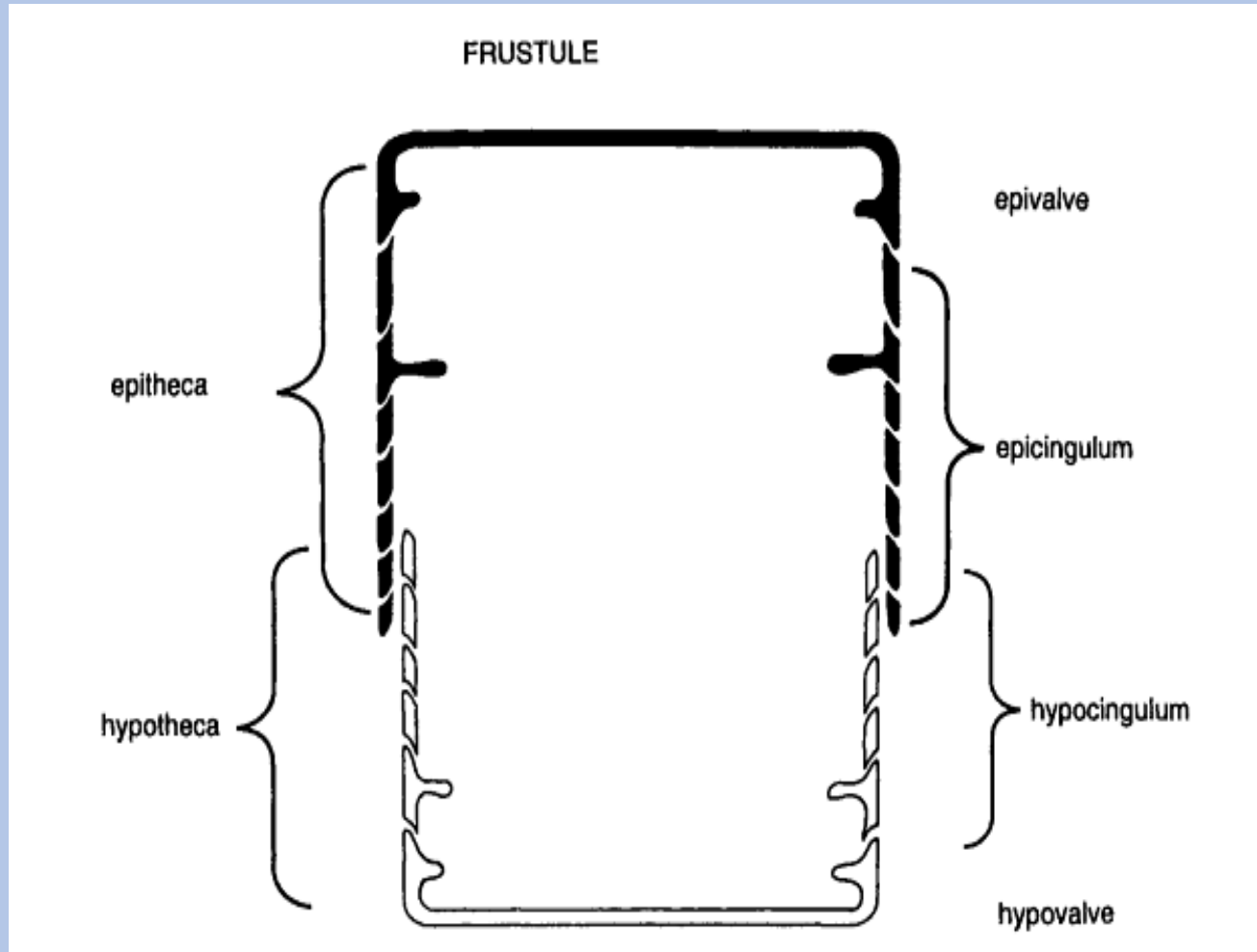
TASSONOMIA

- Regno: Protista
- Phylum: Chrysophyta
- Classe: Bacillariophyceae = Diatomee

Sono alghe unicellulari, eucarioti, pigmentate e autotrofe, di dimensioni comprese tra $2\mu\text{m}$ e 2 mm (Round, 1990; Crosta & Koc, 2007).

La loro caratteristica principale è il **FRUSTOLO SILICEO** ($\text{SiO}_2 \times n\text{H}_2\text{O}$)

CARATTERISTICHE DEL FRUSTOLO



La parete può essere:

- laminare (unico strato)
- locale (doppio strato con spazi divisi in camere)

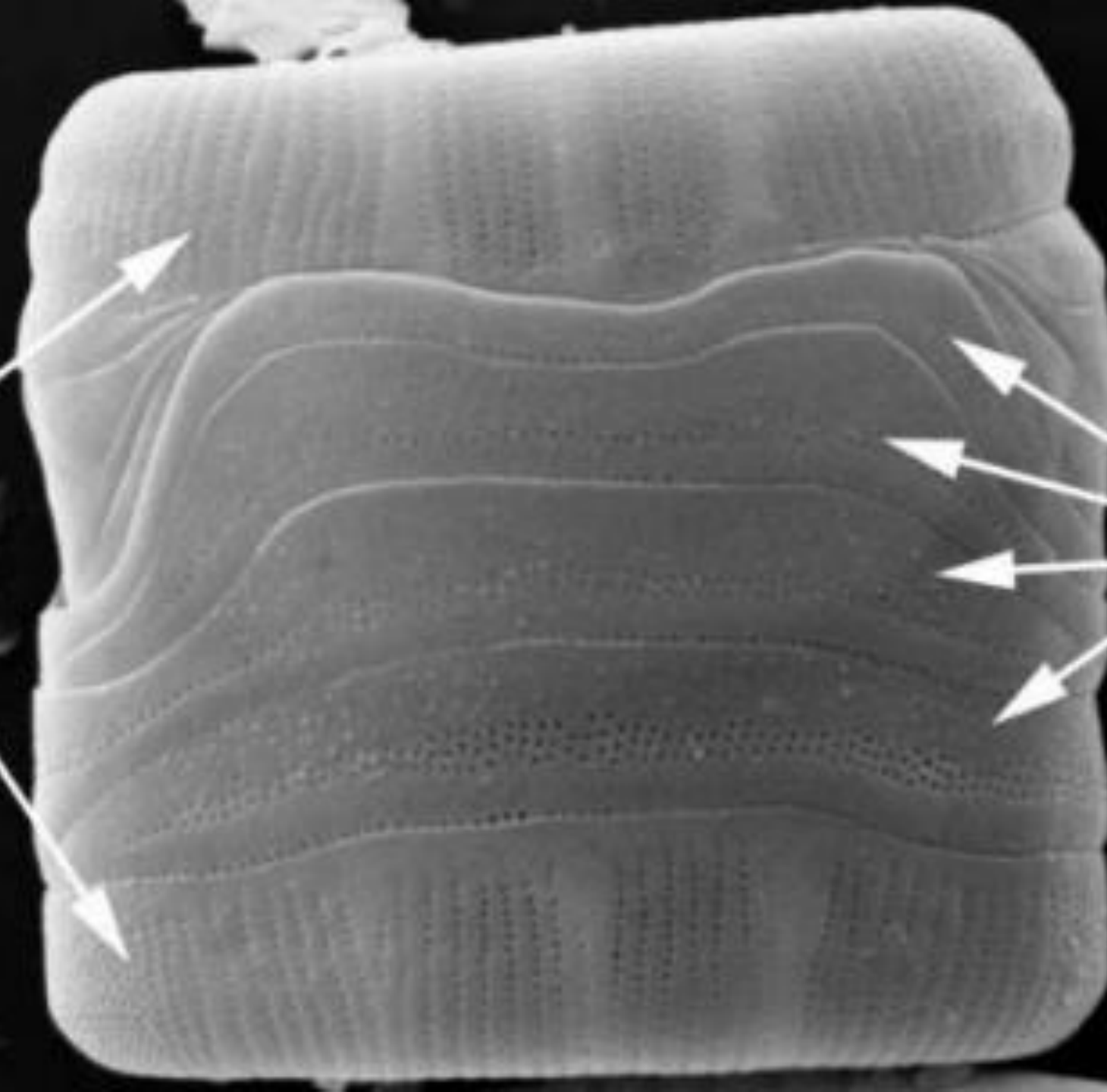
Lo strato di base è perforato (areole), le areole sono coperte da un velum (variamente perforato), le superfici non perforate sono dette campi ialini.

Perforazione = alleggerimento della struttura. La distribuzione delle areole determina “l’ornamentazione” del frustulo.

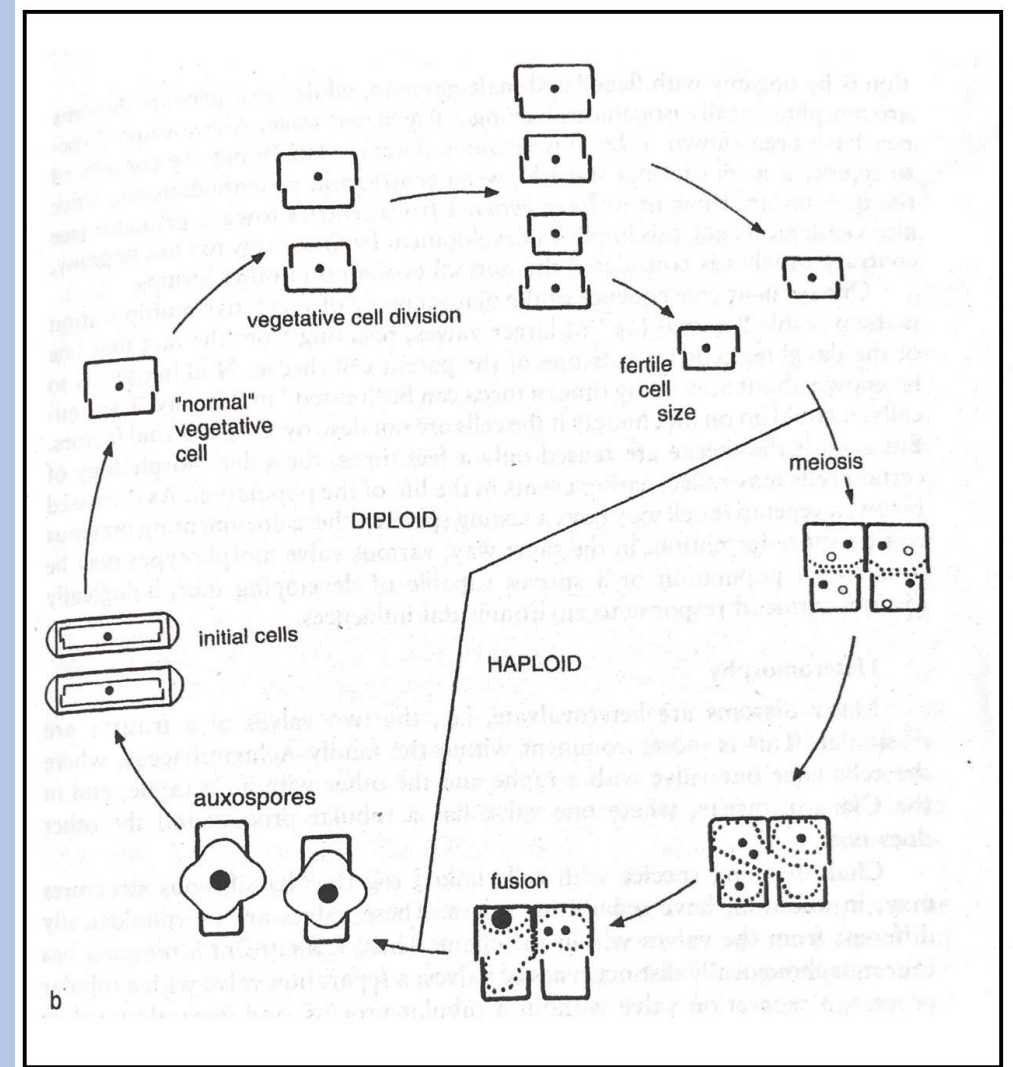
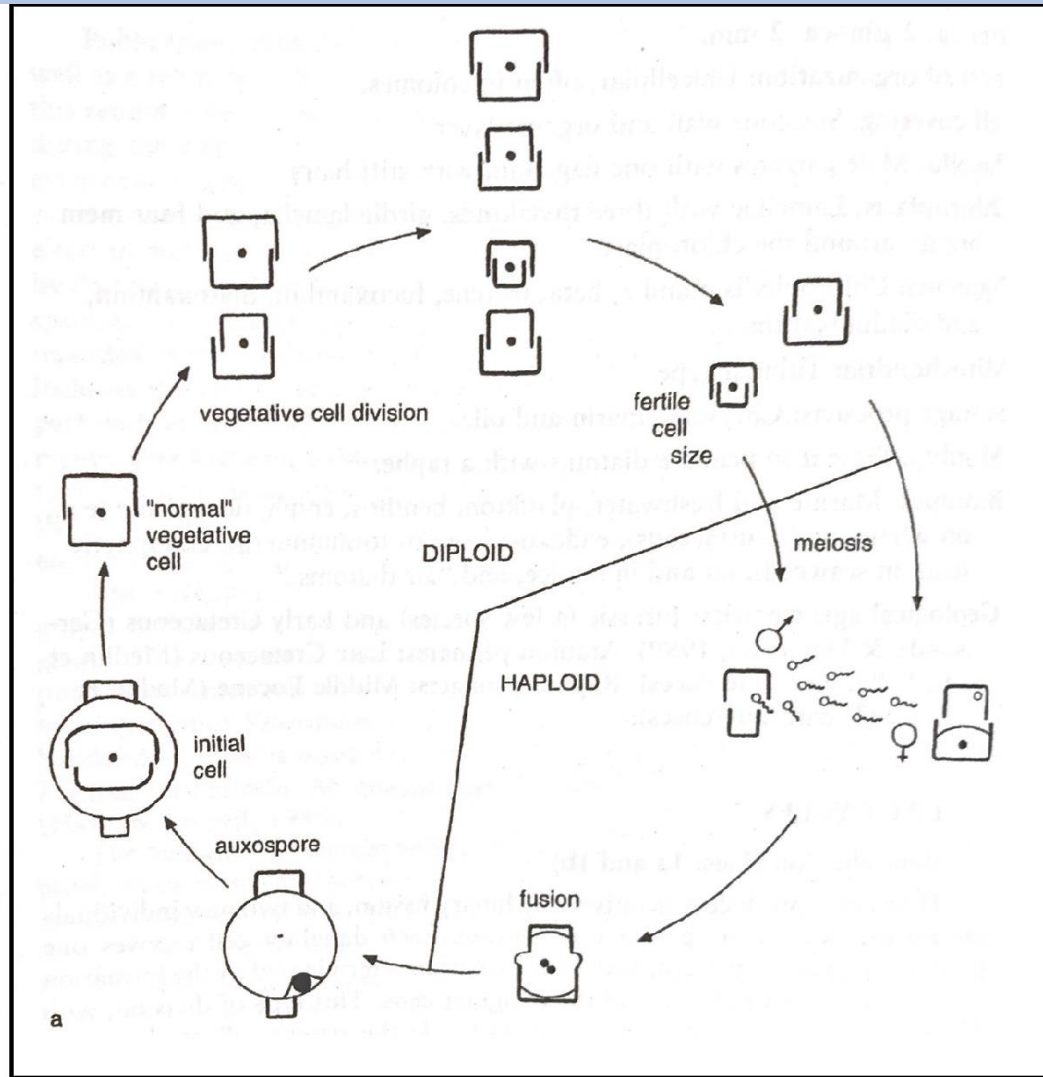
- Nelle forme viventi il frustulo è ricoperto e protetto da una copertura organica perfettamente aderente allo strato siliceo.

Epivalva
Ipovalva

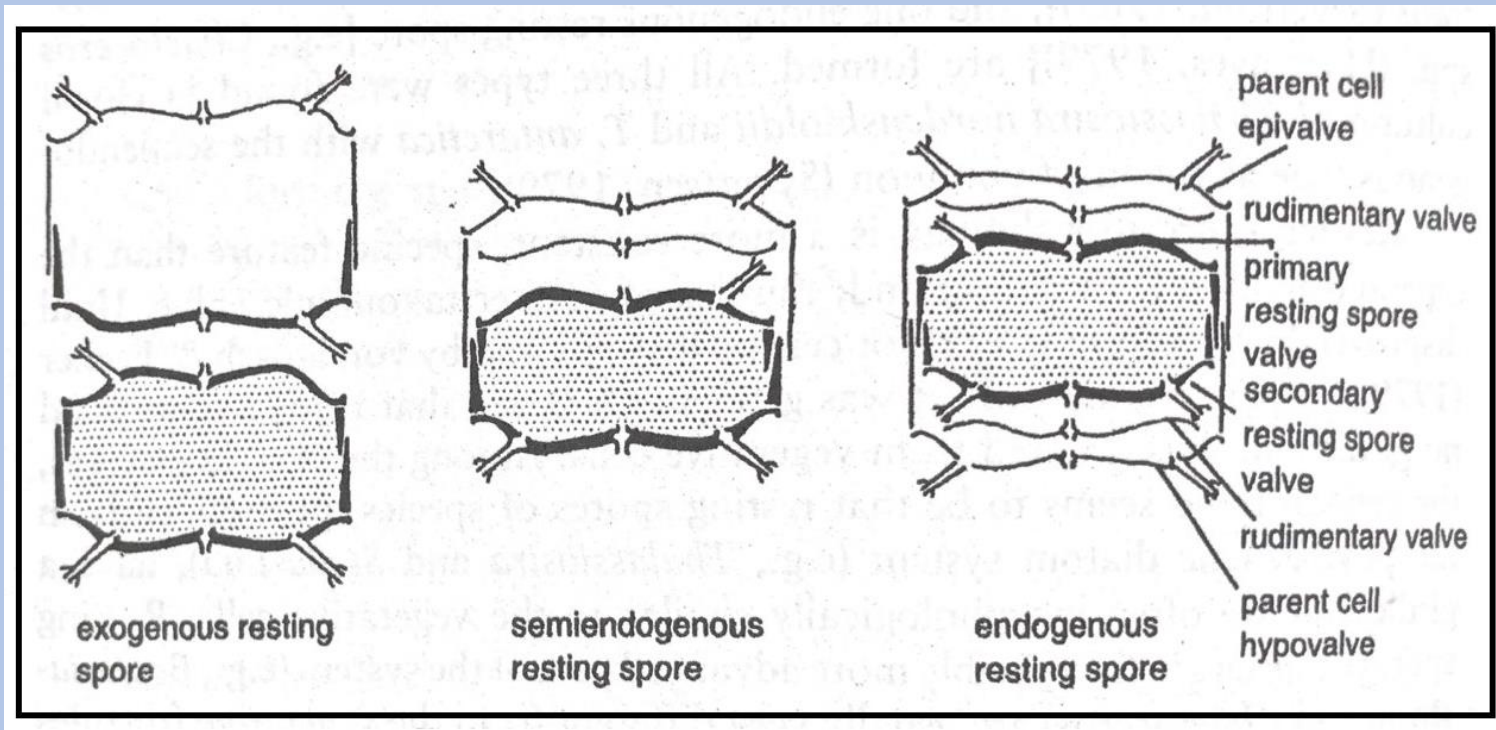
Bande del
cingolo



Ciclo Vitale

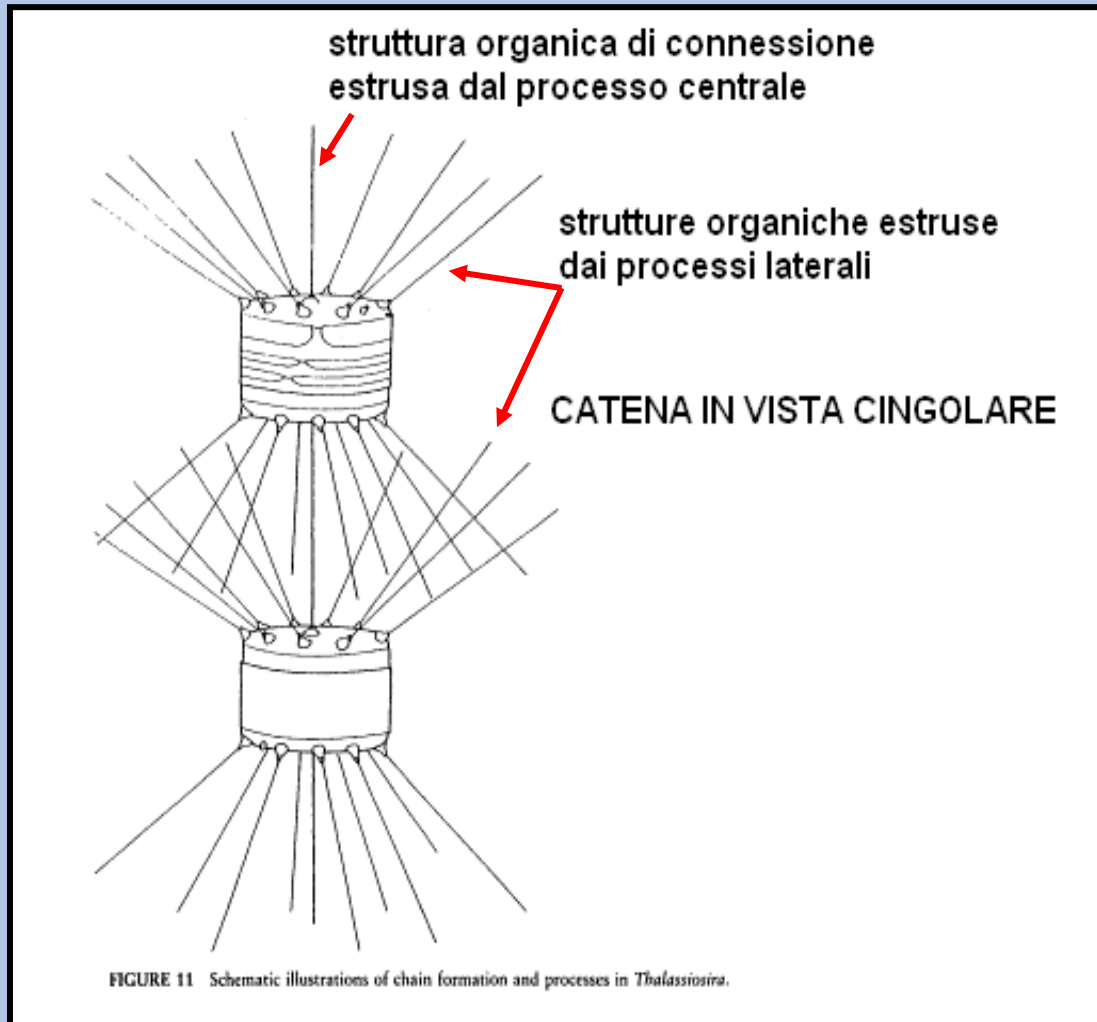


Spore di resistenza

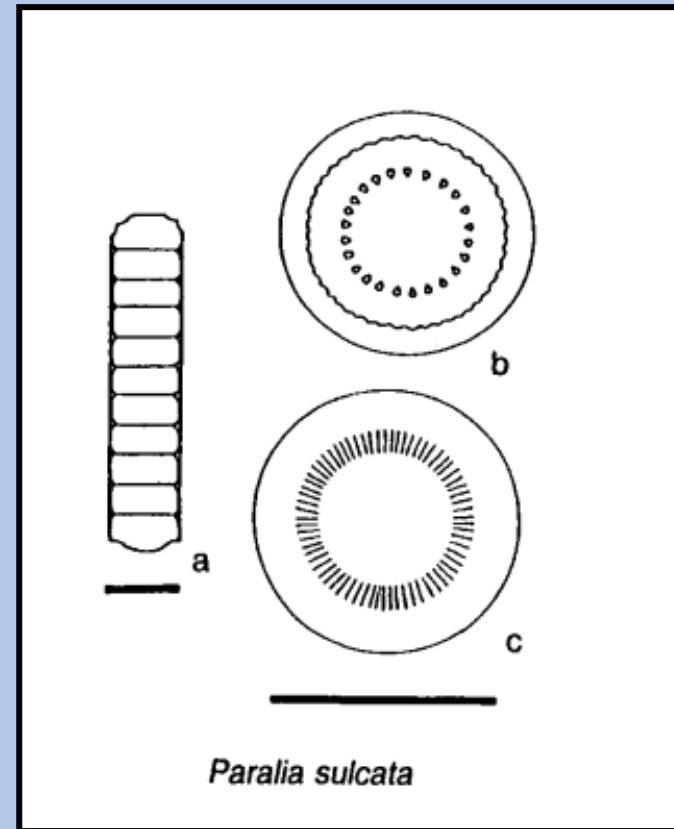


Alcune diatomee, quando le condizioni ambientali sono avverse sono in grado di formare cisti silicee o statospore, che resteranno allo stato latente fino a quando le condizioni ambientali ritorneranno favorevoli.

Modalità di vita

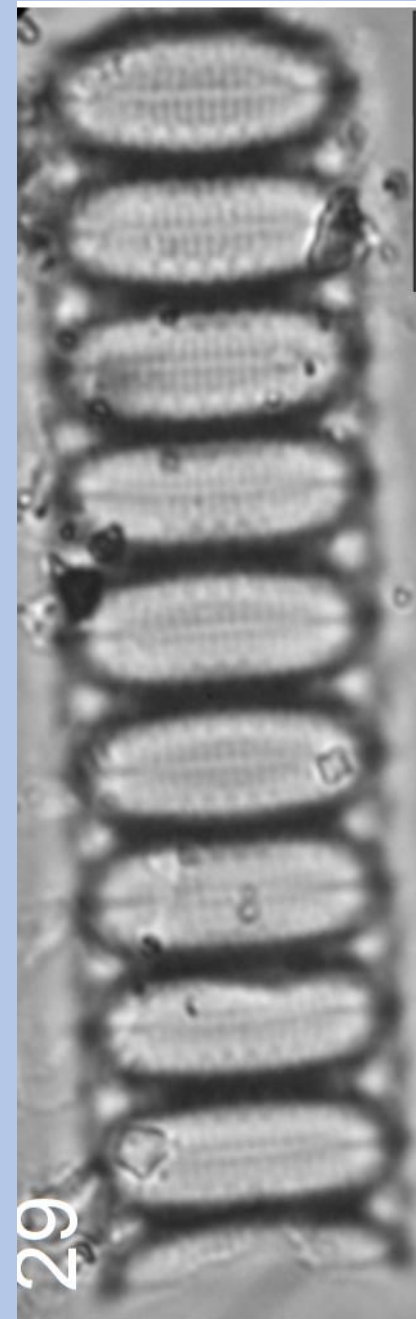
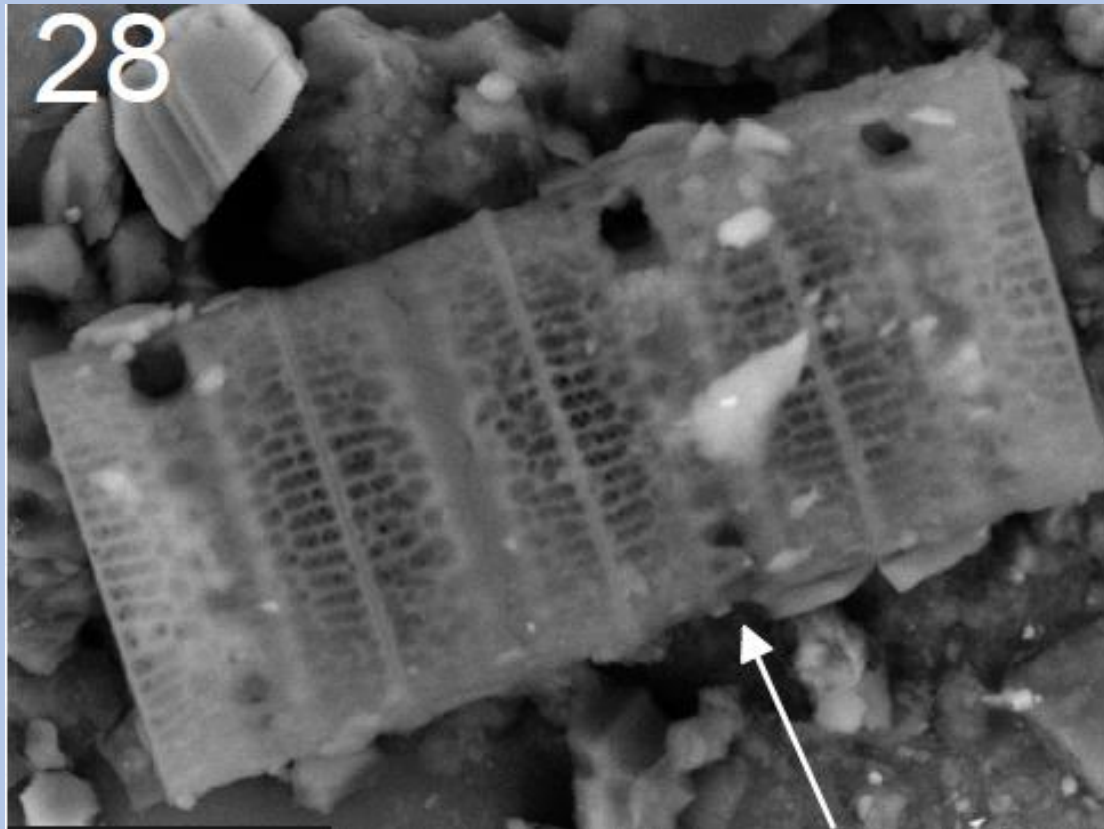


Tomas, 1997

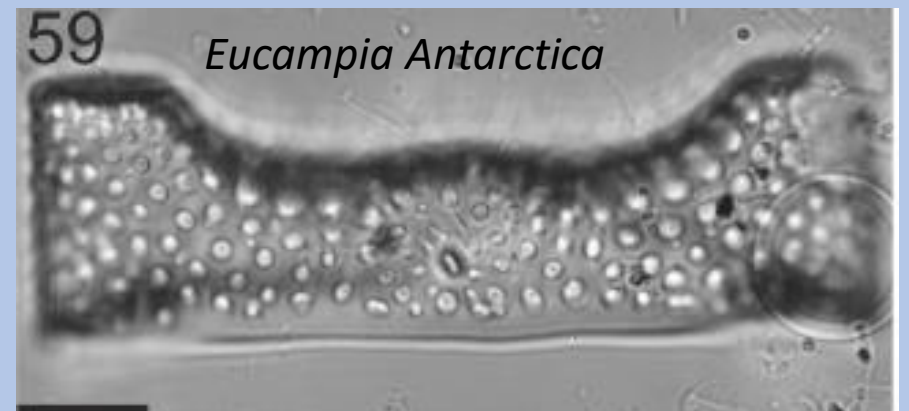
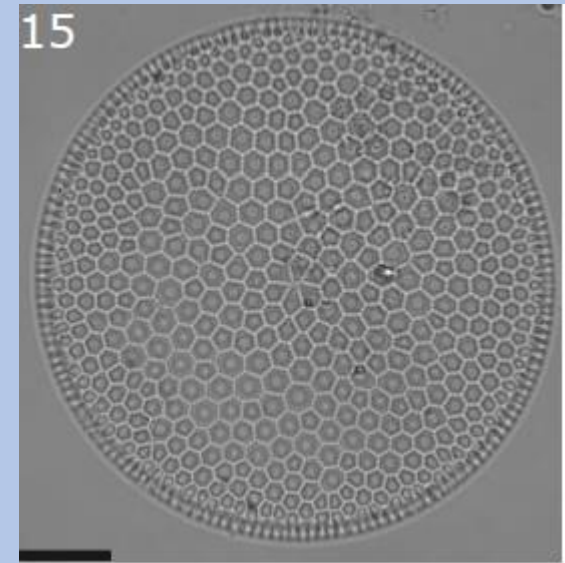


a) Catena in vista cingolare;
b,c) valve view; la morfologia delle valve cambia a seconda della posizione all'interno della colonia.
Scale bar 20 μm .

Esempi fossili di colonia di *Paralia sulcata*

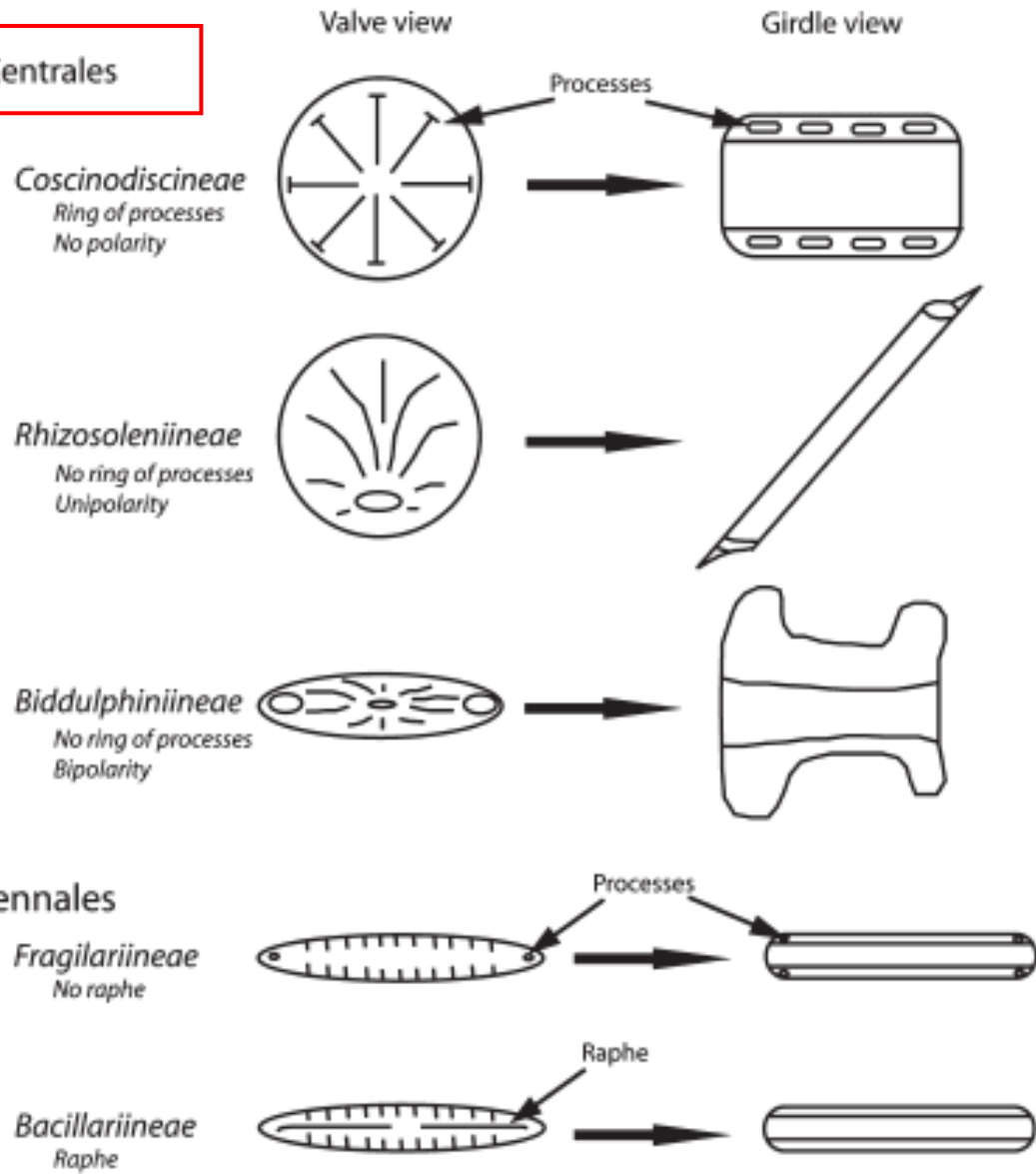


Coscinodiscus marginatus

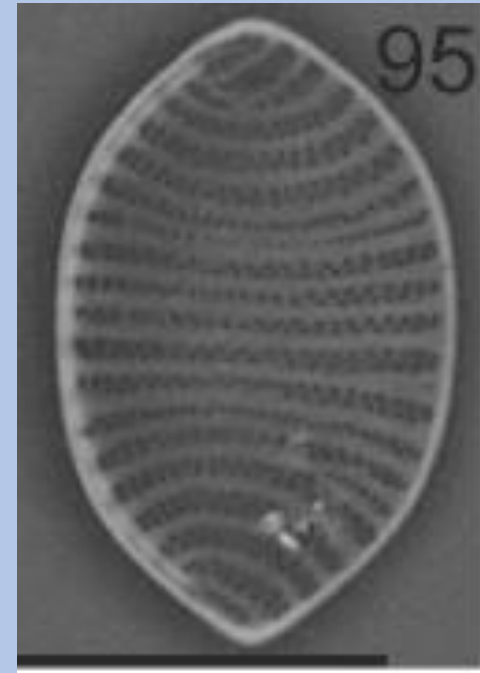


Scale bar 10 um

Centrales

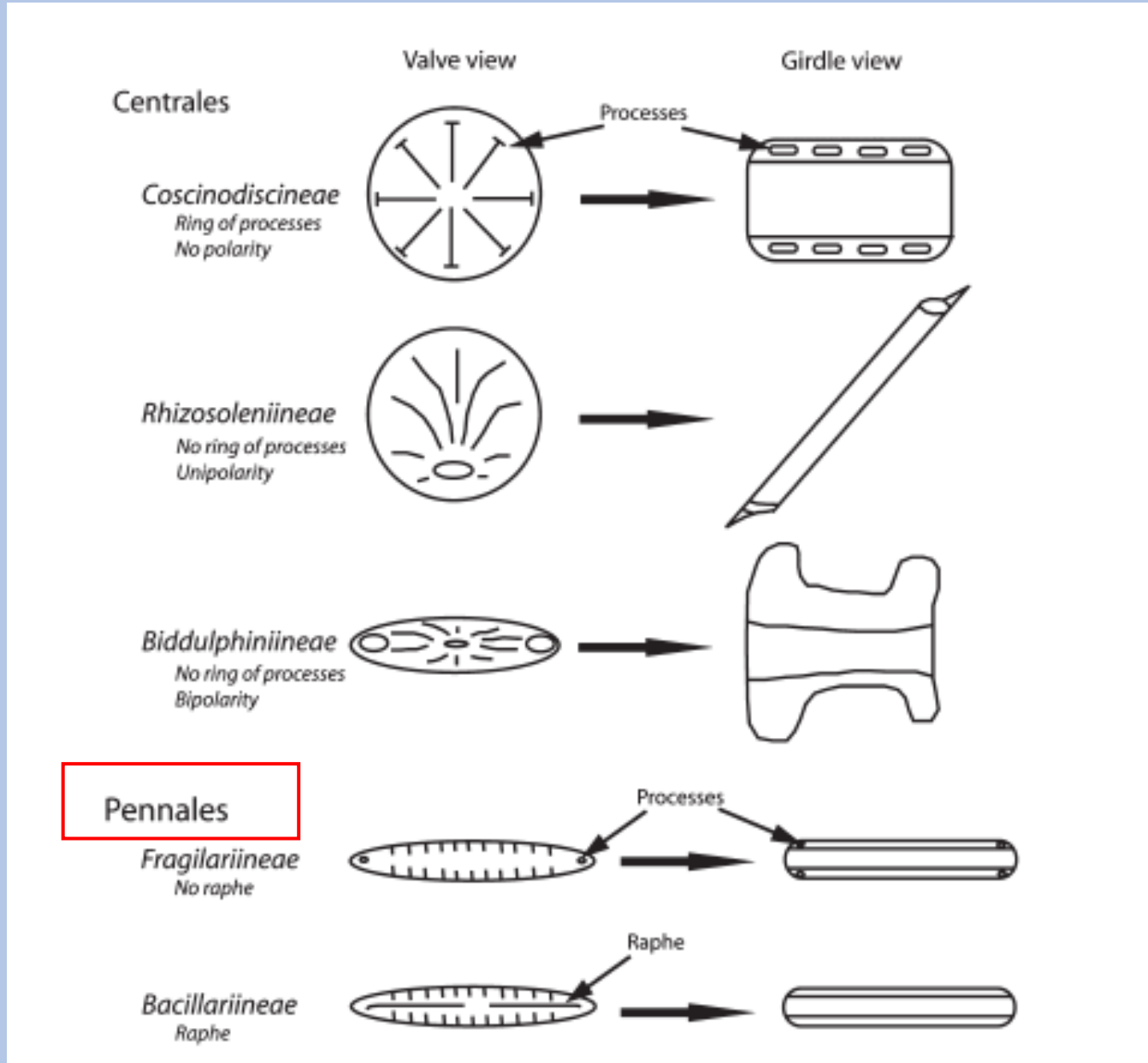


Fragilariopsis rhombica



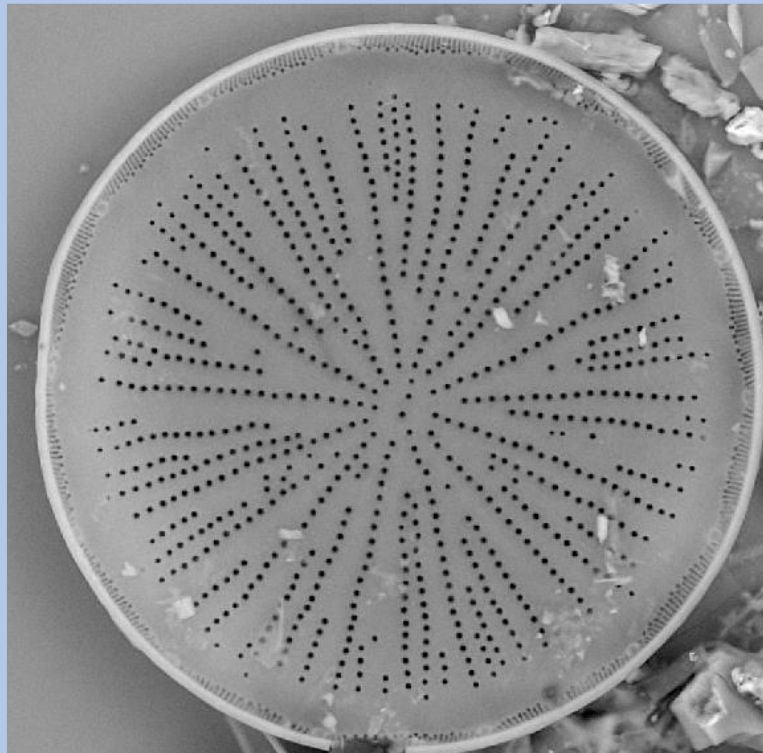
Coccoines sp.

Scale bar 10 um



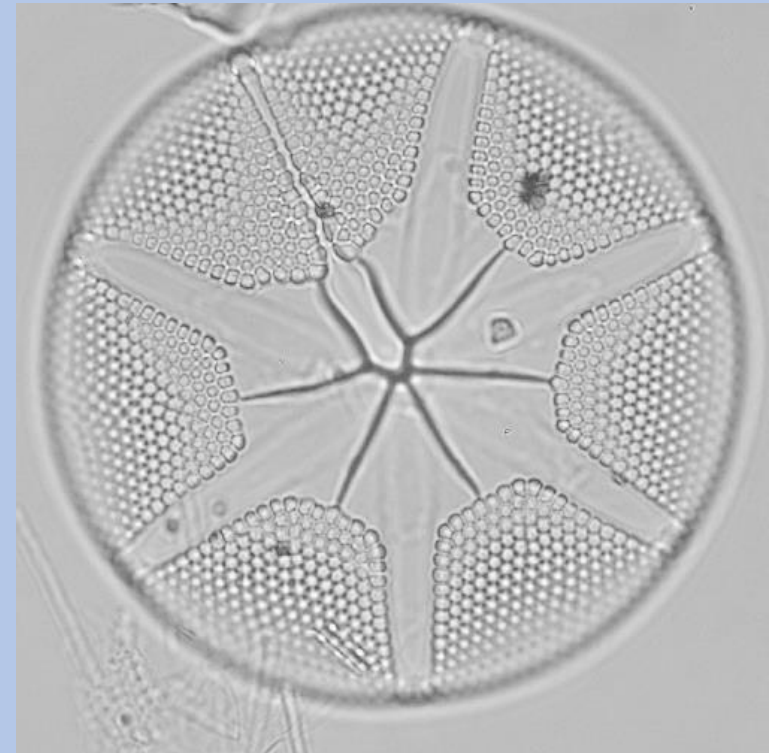
Ordine: *Biddulphiales* (Centrales)

Le *Centrales* comparse tra il **Giurassico e Cretacico** (*Gersonde & Harwood, 1990*), hanno simmetria raggiata e presentano un profilo circolare, triangolare o quadrato. Sono tutte planctoniche e prevalentemente marine. Si suddividono in tre subordini in base alla presenza o assenza di anelli di processi marginali e in base alla simmetria della valva (*Crosta & Koc, 2007*).



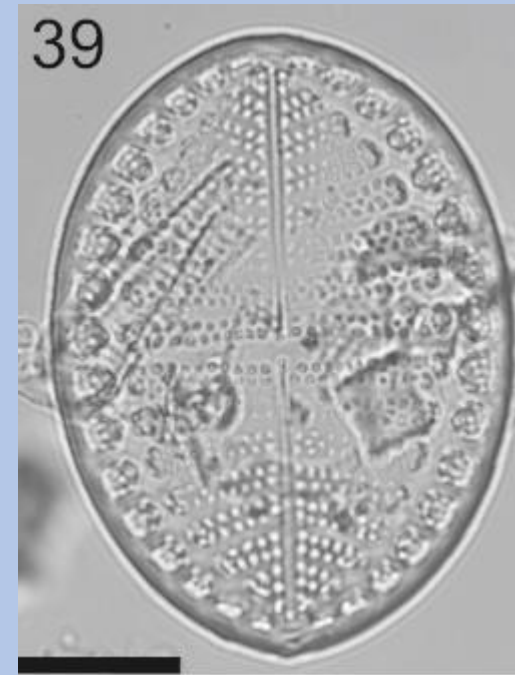
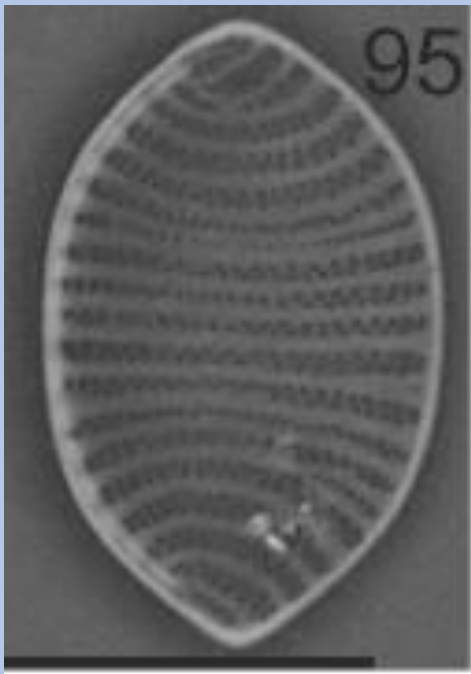
*Actinocyclus
actinochilus*

*Asteromphalus
hyalinus*

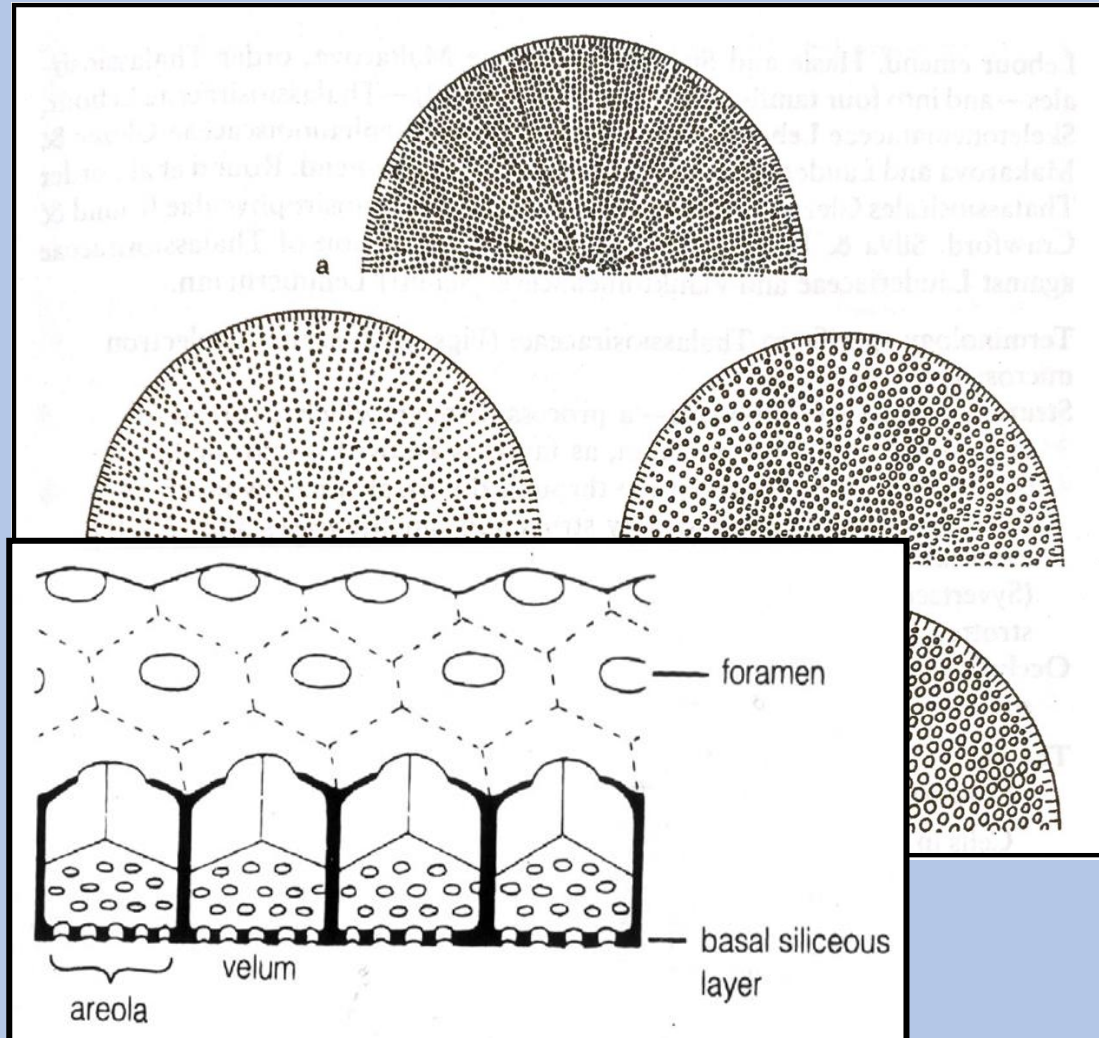


Ordine: (Bacillariales)Pennales

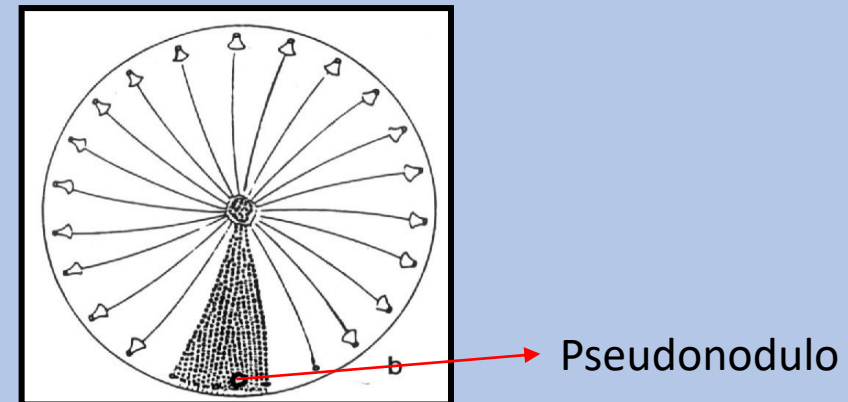
Le diatomee pennate hanno una simmetria bilaterale, sono allungate e possono apparire sia ellittiche che rettangolari. Sono prevalentemente bentoniche e sono presenti in acque dolci, salmastre e in acque marine di bassa profondità. Si suddividono in due sottordini in base alla presenza o assenza del *raphe*. Quelle prive di *raphe* sono comparse nel **tardo Cretacico**, mentre quelle araphidinee sono comparse a metà **Eocene** (*Medlin et al., 1993*).



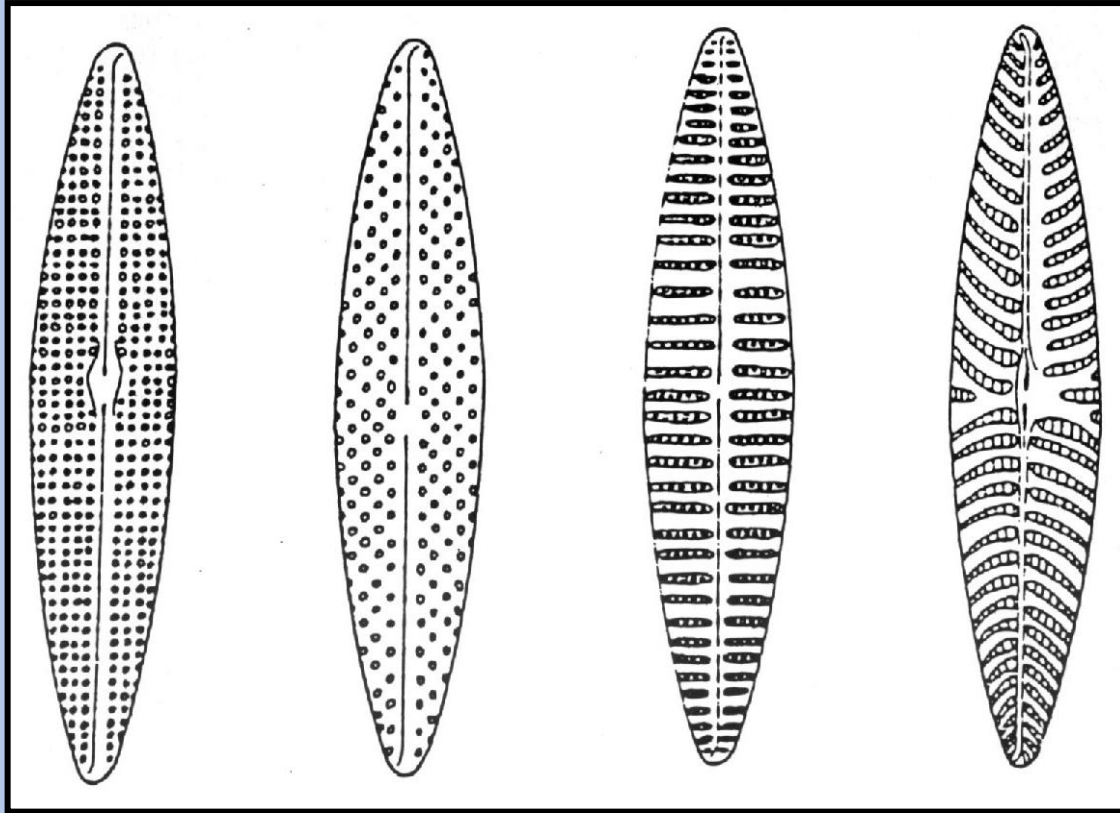
Caratteri diagnostici - *Centrales*



- **Areole:** perforazioni che regolarmente si ripetono attraverso tutta la superficie valvare
- **Velum:** sottile strato perforato che ricopre un'areola
- **Foramen:** la perforazione sulla superficie opposta a quella del velum.
- **Stria:** una o più file di areole o pori (uni-bi-multiseriate)
- **Interstria:** fascia imperforata tra due strie
- **Pseudonodulus:** foro formato dalla fusione di più areole.



Caratteri diagnostici - Pennales

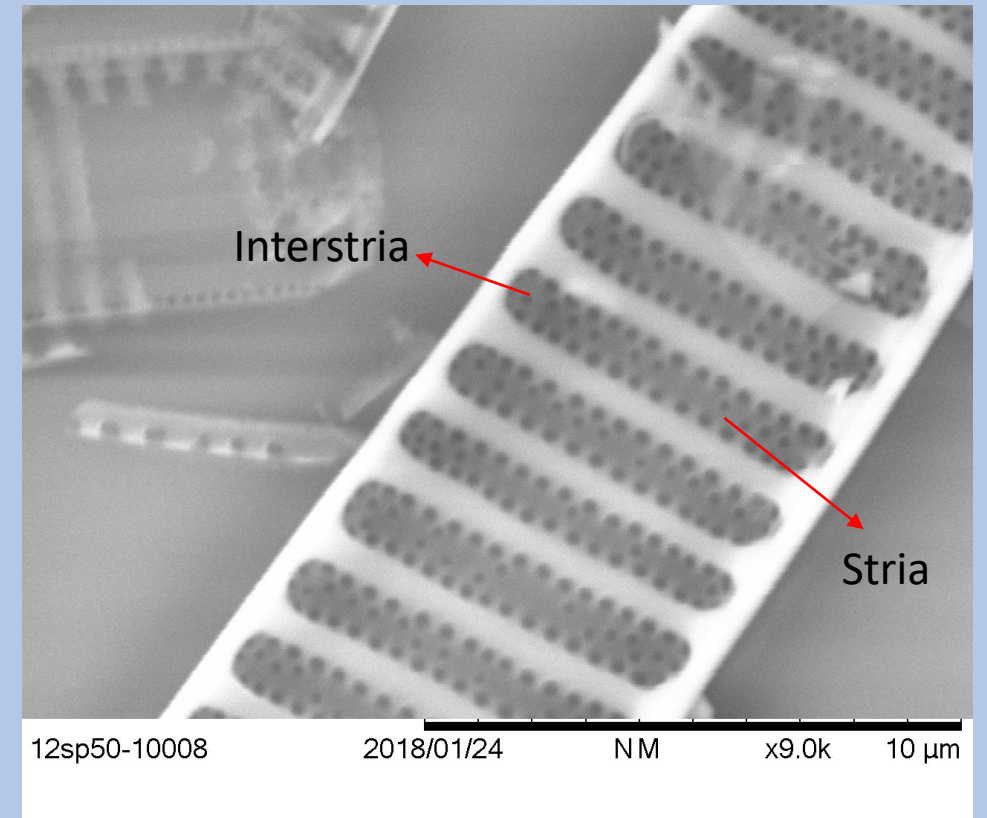


Altri caratteri diagnostici:

- Forma valva
- Presenza o assenza di raphe
- Disposizione delle perforazioni

Stria:area perforata

Interstria o costa:area ialina

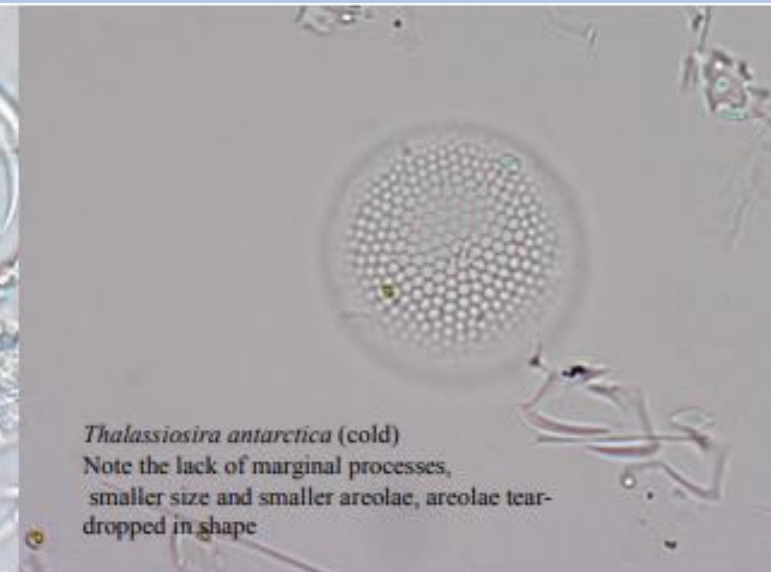
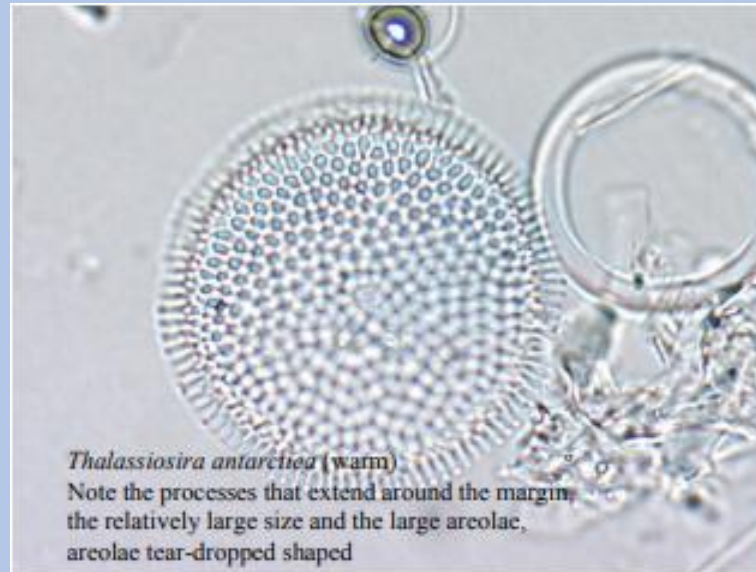


Ord: Centrales, Subord: Coscinodiscineae, Fam: Thalassiosiraceae

Genere: *Thalassiosira*

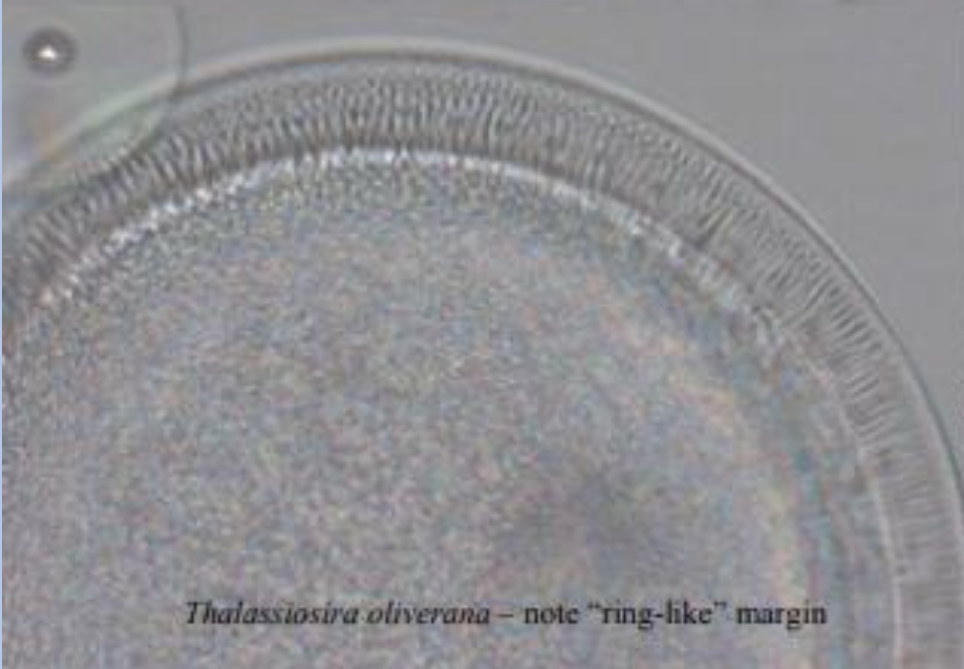
Caratteristiche principali:

- Valva circolare
- Areole loculate
- Anello marginale di fultoportule entro il quale si trova una singola rimoportula

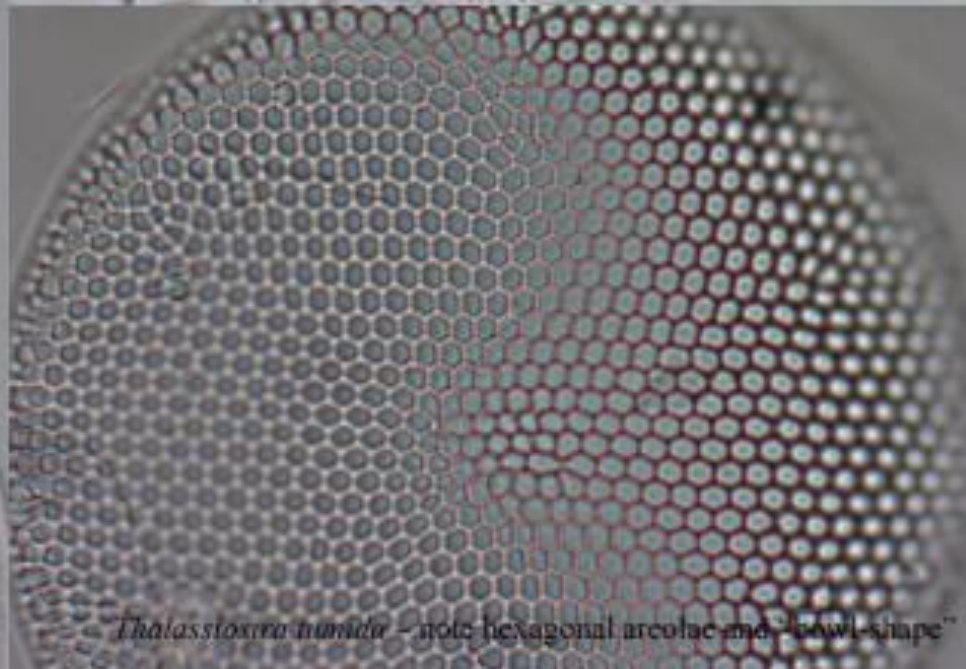




Thalassiosira leatiginosa – note prominent labiate process and lots of hyaline area



Thalassiosira oliverana – note "ring-like" margin



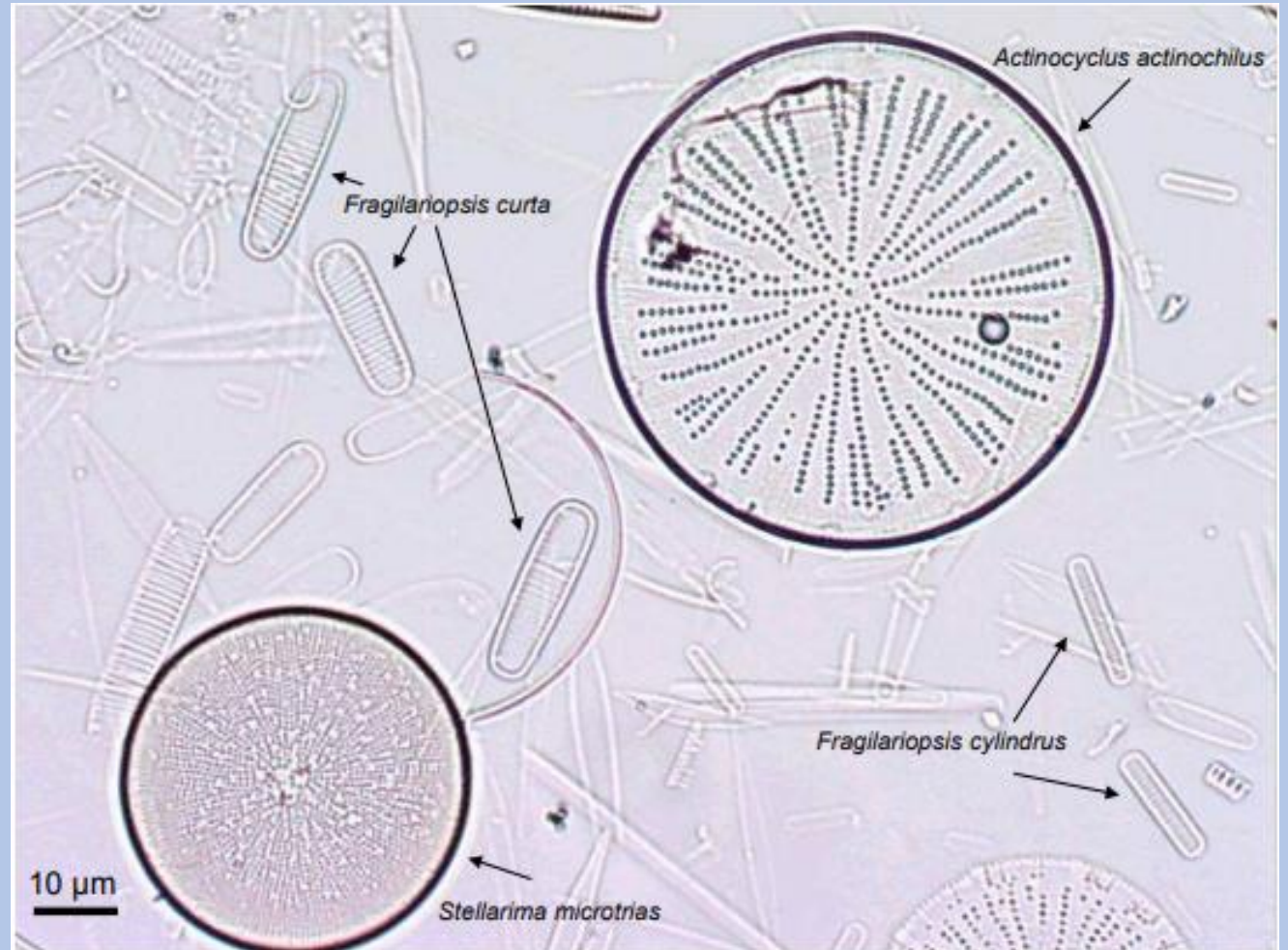
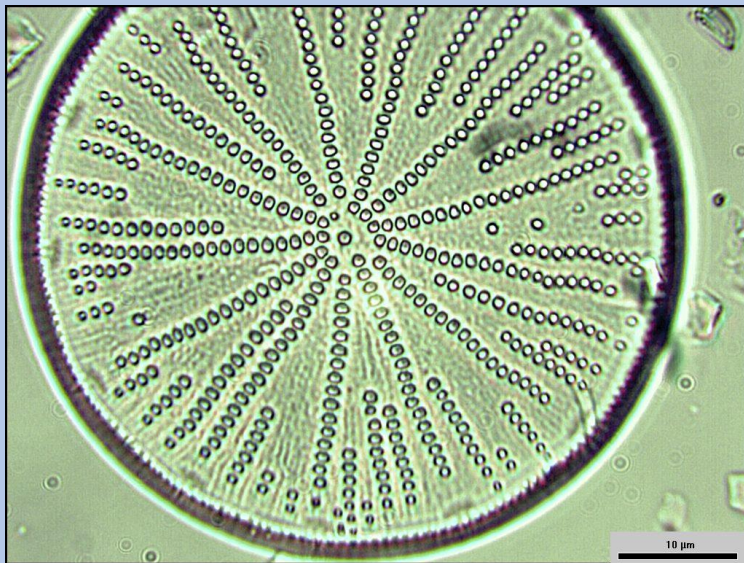
Thalassiosira tumida – note hexagonal areolae and "bowl-shape"

Ord: Centrales, Subord: Coscinodiscineae, Fam: Hemidiscaceae

Genere: *Actinocyclus*

Caratteristiche principali:

- Valva circolare
- fascicolazione e posizione del processo labiato
- posizione dello pseudonodulo

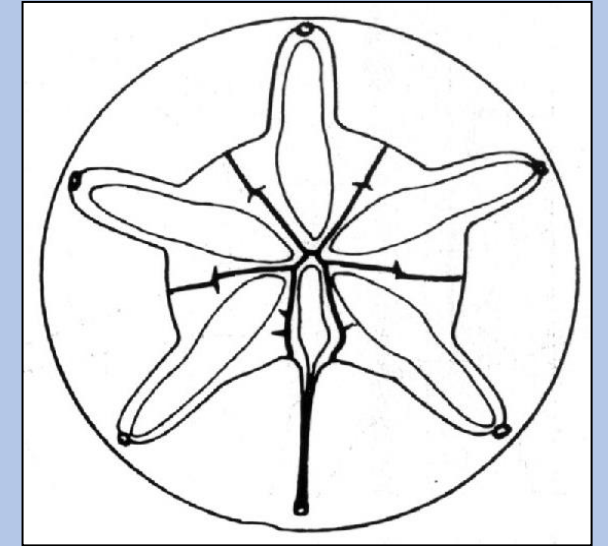


Ord: Centrales, Subord: Coscinodiscineae, Fam: Asterolampraceae

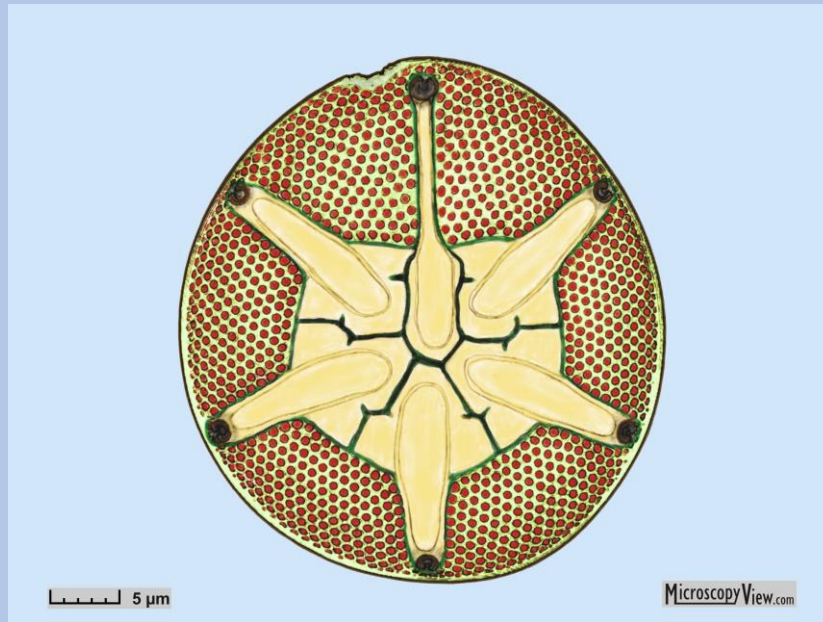
Genere: *Asterolamphalus*

Caratteristiche diagnostiche principali:

- Numero di raggi ialini
- Posizione dell'area centrale
- Dimensione dell'area centrale
- Forma delle linee di separazione



A. parvalus



Ord: Centrales, Subord: Coscinodiscineae, Fam: Biddulphiaceae

Genere: *Eucampia*

Caratteristiche diagnostiche principali:

- simmetria bipolare,
- elevazioni bipolari,
- aperture tra le cellule di una colonia formate dalle elevazioni,



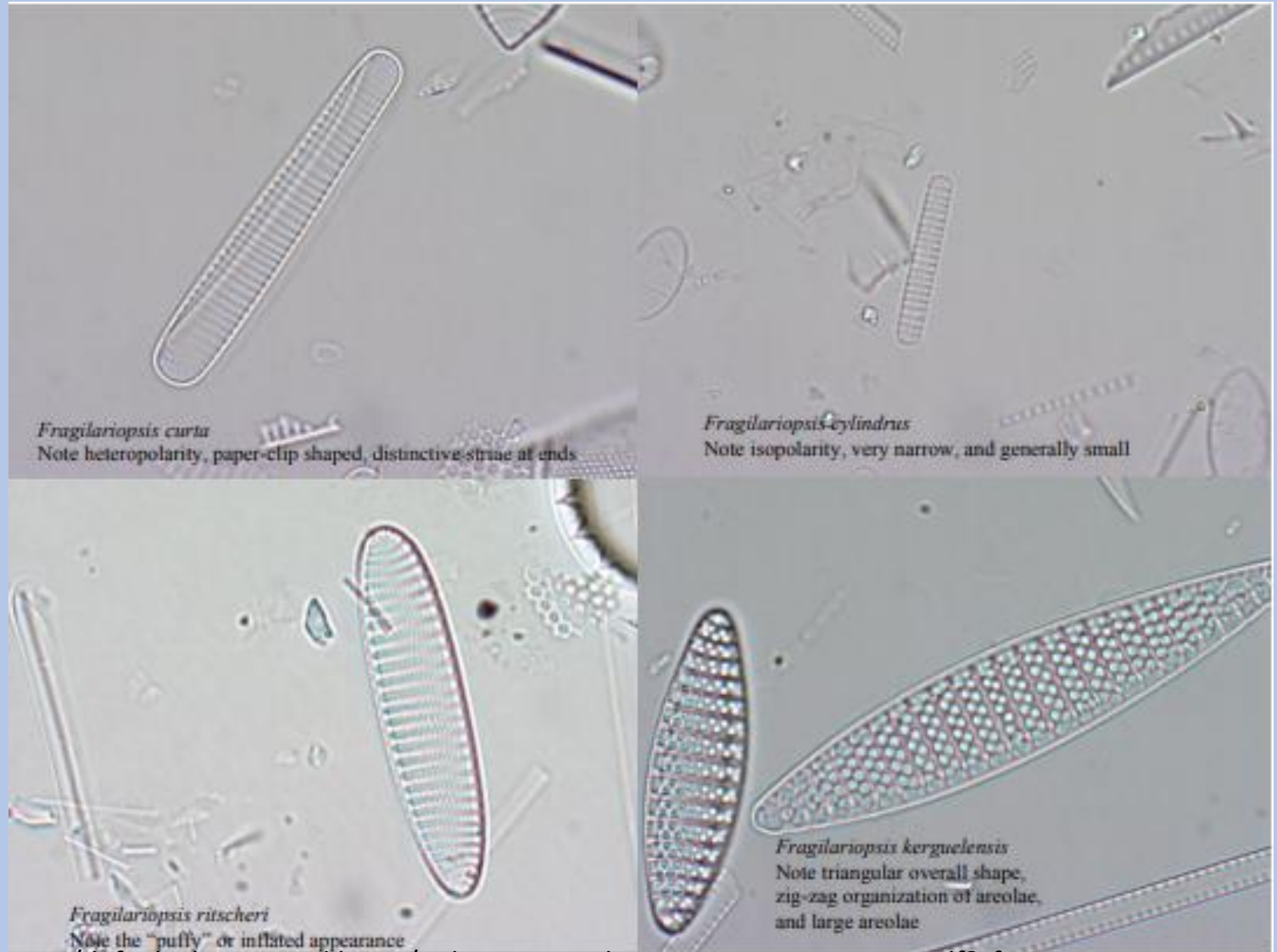
Eucampia antarctica –
Things to notice include:
Pointy versus flat
Symmetric versus asymmetric

Ord: Pennales, Subord: Fragilariineae, Fam: Bacillariaceae

Genere: *Fragilariopsis*

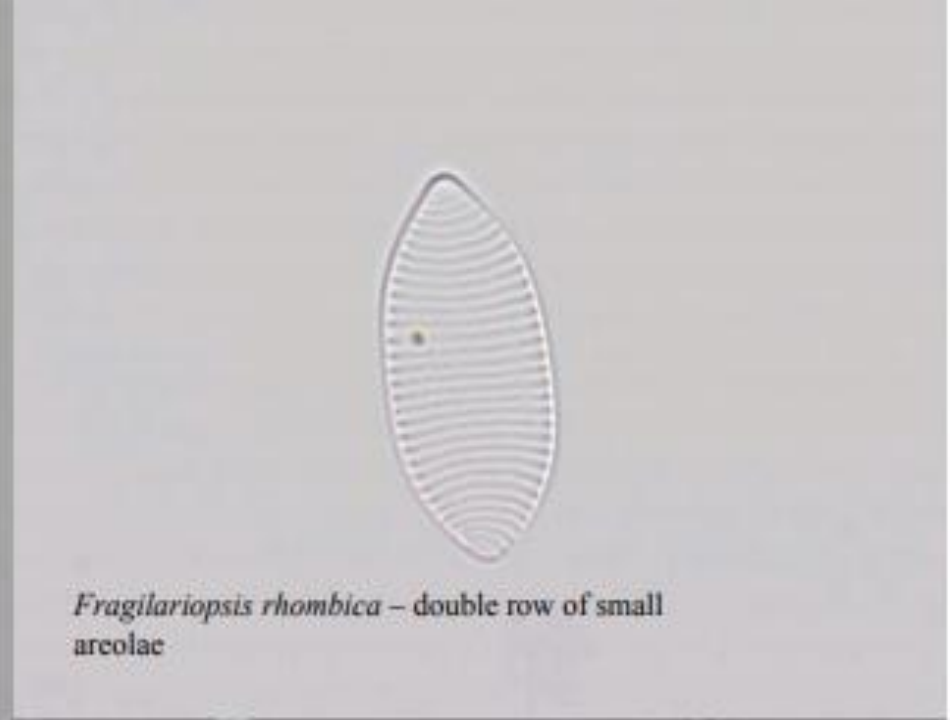
Caratteristiche diagnostiche principali:

- Profilo valva
- Forma degli apici (iso o etero polare)
- Striae





Fragilariopsis separanda – single row of large areolae



Fragilariopsis rhombica – double row of small areolae



Fragilariopsis obliquecostata – long, diamond-shaped and oblique striae



Fragilariopsis sublinearis – finer detail and "dots"

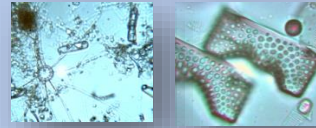
Come si studiano le diatomee?



Campionamento carota

2 analisi preliminare - *smear slides* (Rothwell, 1989)

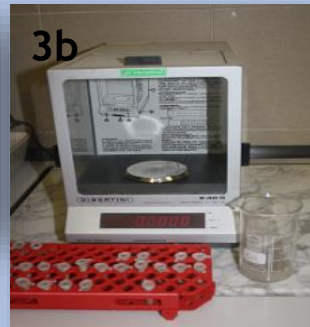
3 preparazione dei vetrini definitivi - metodo proposto da Rathburn et al. (1997)



Laboratorio: Dipartimento di Matematica e Geoscienze, Units



3a Essiccazione del sedimento a 50°C



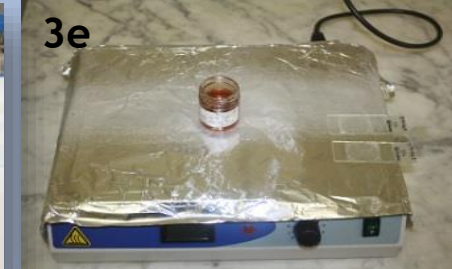
3b Dissoluzione



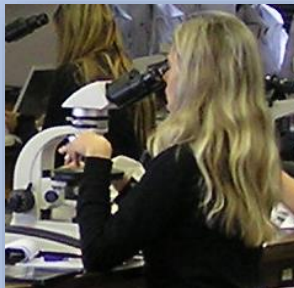
3c Centrifugazione



3d Disposizione delle gocce di soluzione sul coprioggetto nella capsula di Petri con H₂O distillata e filo

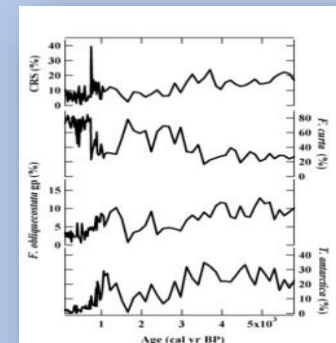


3e Preparazione del vetrino con collante Melthmount su piastra (70°C)

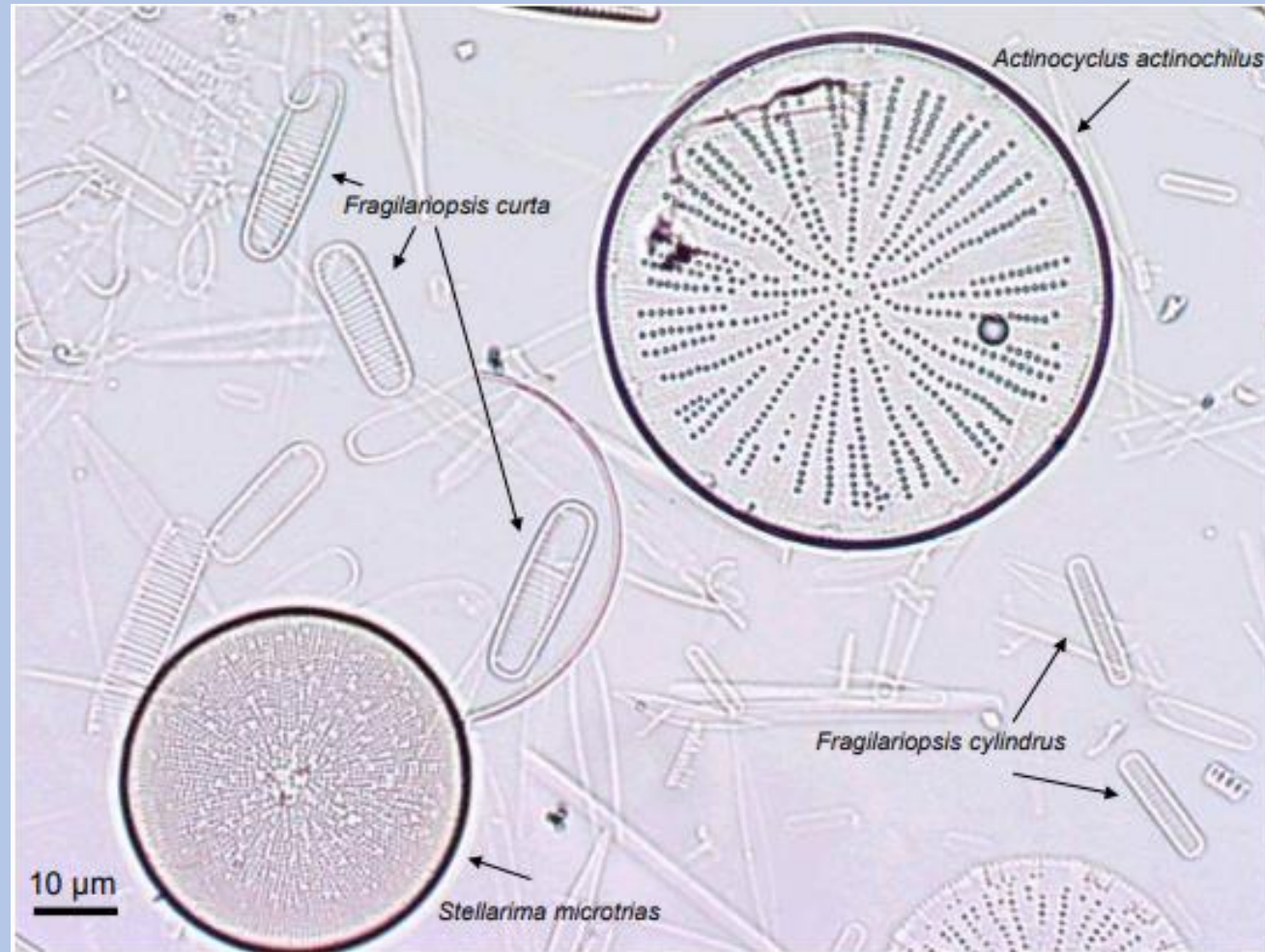


Determinazione e conteggio - MO, obiettivo ad immersione 1000x; Metodo Crosta & Koç (2007); Num. min. valve: 300 (oppure 500 c. v.-Antartide; 1000 c. v.-Artide)

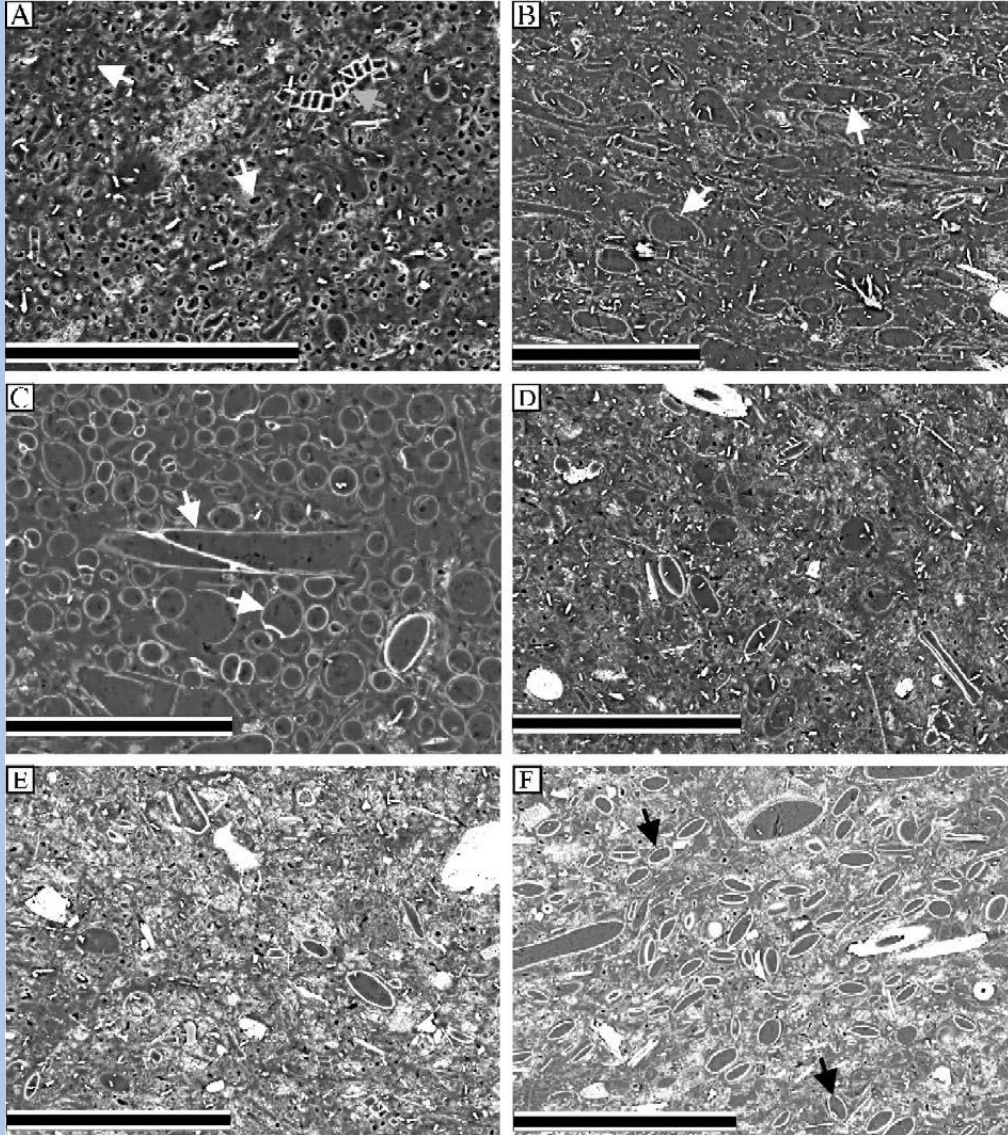
Calcolo dell'abbondanza relativa (%) e dell'abbondanza assoluta (v/gdw) delle diatomee



Esempio di osservazione al microscopio ottico



Osservazione al SEM di sezione di sottili di lamine impregnate



From Maddison et al., 2006

Backscattered electron imagery (BSEI) photographs. (A) Lamina Type 1. Near-monogeneric Hyalochaete *Chaetoceros* spp. resting spore (white arrows) biogenic laminae. Scale bar=200 μm . Grey arrow indicates a chain of *Fragilariopsis* spp. (B) Lamina Type 2. Biogenic laminae

characterised by *Corethron pennatum* (white arrows). Scale bar=200 μm . (C) Lamina Type 3. Biogenic laminae characterised by *Rhizosolenia* spp.

(white arrows). Scale bar=60 μm . (D) Lamina Type 4. Mixed diatom assemblage biogenic laminae. Scale bar=200 μm . (E) Lamina Type 5. Mixed

diatom assemblage terrigenous laminae. Scale bar=200 μm . (F) Sub-lamina Type 6. Terrigenous sub-laminae characterised by *Porosira glacialis* resting spores (black arrows). Scale bar=300 μm .

Perché si studiano?

La loro presenza all'interno dei sedimenti permette di ottenere informazioni sulla storia climatica ed evolutiva del nostro pianeta. La variazione dell'associazione di diatomee alla minime variazioni ambientali permette di utilizzare questi microfossili per le seguenti applicazioni:

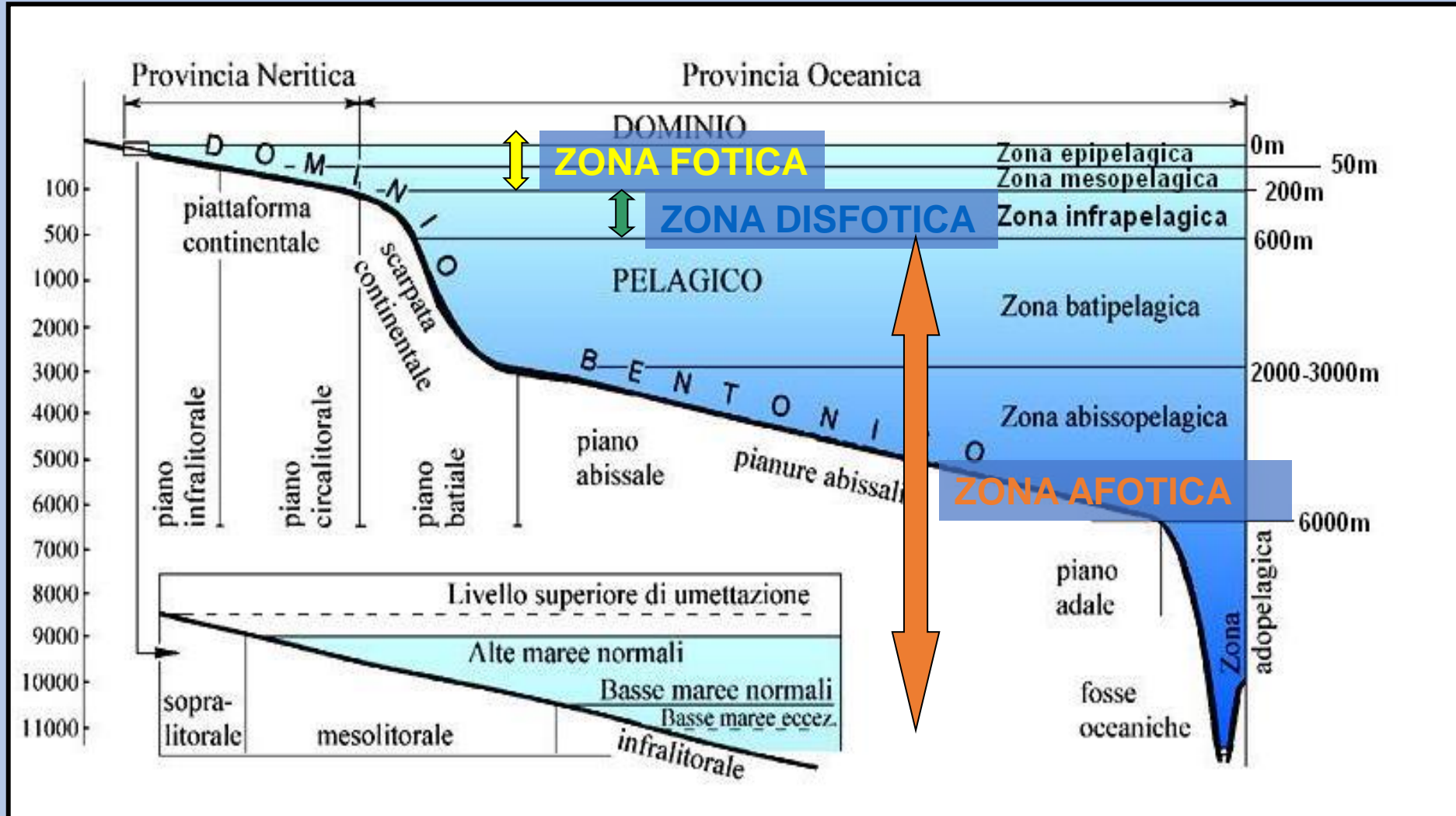
- Paleoambientali/paleoecologiche
- Biostratigrafiche
- Biomonitoraggio

Ecologia

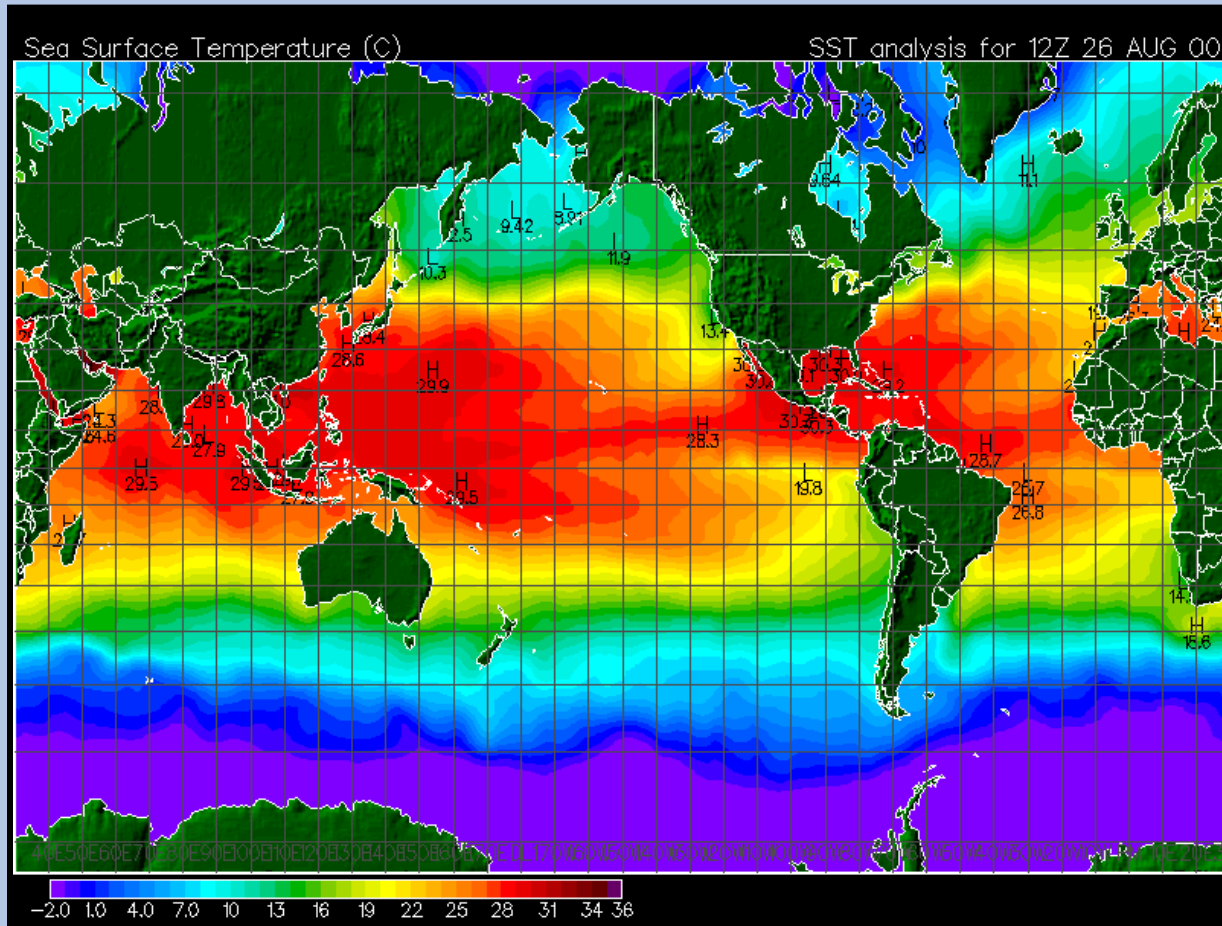
Fattori che controllano la distribuzione delle diatomee

- Luce (sono organismi fotosintetici)
- Presenza di nutrienti (in particolare silice, nitrati, fosfati)
- Temperatura delle acque superficiali
- pH
- Salinità
- Caratteristiche del substrato
- Ghiaccio marino (aree polari)

Luminosità



Temperatura



Ogni diatomea ha una temperatura ottimale ed è possibile risalire alla variazione della temperatura nel record fossile anche a livello stagionale. Per esempio in Antartide un forte aumento di *F. kerguelensis* indica la presenza di acque calde.

Nutrienti

Sono maggiormente concentrate in ambienti eutrofici (ricchi di nutrienti). In particolare sono più abbondanti:

- Aree di upwelling
- Regioni a latitudini maggiore di 40°N e S
- In aree di regime costiero in particolare vicino alle foci fluviali dove si ha un'alta concentrazione di nutrienti

Salinità

La salinità varia principalmente a causa di:

- Tassi di evaporazione
- Apporti fluviali
- Intensità delle precipitazioni
- *Fusione delle calotte glaciali*

Ogni specie di diatomea ha dei valori di salinità ottimali quindi è possibile in base all'associazione determinare la paleosalinità.

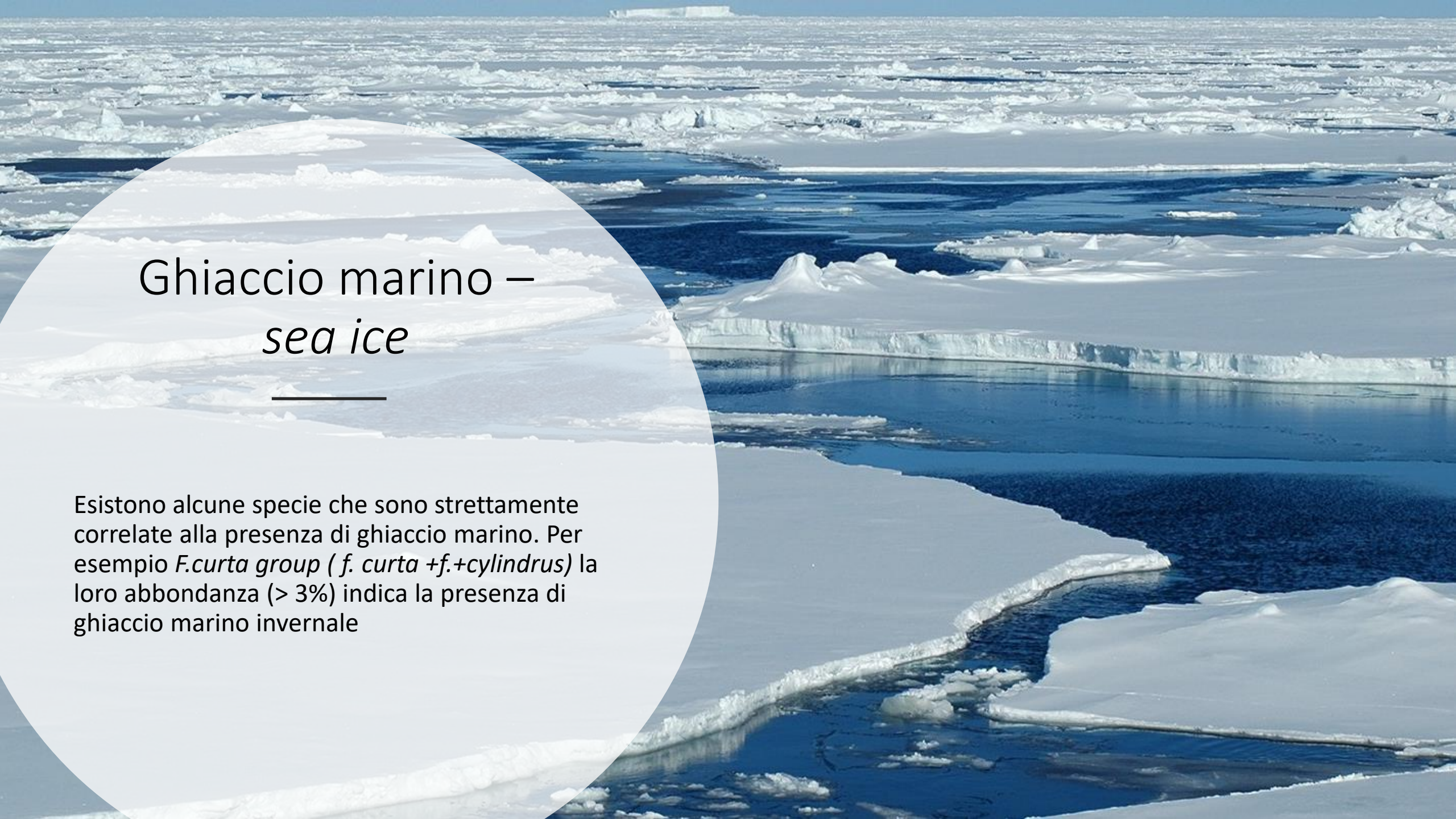
Bloom algali

Sono causati da un aumento della temperatura dell'acqua del mare e dalla riduzione della salinità che possono portare ad un aumento eccessivo dei nutrienti. La conseguenza è un aumento eccessivo del numero di individui di diatomee. La fioritura può manifestarsi con la presenza di schiume, mucillagine ect quando il peso di questi tappeti algali aumenta, precipitano sul fondo e sedimentano. Questo segnale rimane registrato nel record sedimentario dando a origine ad un sedimento fittamente laminato.

Substrato

Le diatomee bentoniche (solo le pennate) possono essere:

- Epifite : vivono su piante
- Episammite : vivono sulla sabbia
- Epipelitiche : vivono sul fanfo
- Epilitiche : vivono sulla roccia



Ghiaccio marino – *sea ice*

Esistono alcune specie che sono strettamente correlate alla presenza di ghiaccio marino. Per esempio *F.curta group* (*f. curta +f.+cylindrus*) la loro abbondanza (> 3%) indica la presenza di ghiaccio marino invernale

BIOSTRATIGRAFIA

Studia la distribuzione stratigrafica dei fossili.

La biostratigrafia a diatomee risulta particolarmente importante laddove non è possibile datare utilizzando i classici metodi (per esempio il ^{14}C).

CRETACEO INFERIORE: compaiono Centrales, esclusivamente marine.

TARDO PALEOCENE: compaiono Pennales.

EOCENE-OLIGOCENE: Pennales si diversificano e aumentano.

MIOCENE: incremento esponenziale sia in ambiente marino che lacustre a scala mondiale; incremento esponenziale delle Pennales.

(L.H. Burckle, in "Introduction to Marine Micropaleontology" ed. by B.U.Haq & A. Boersma, Elsevier, 1978)

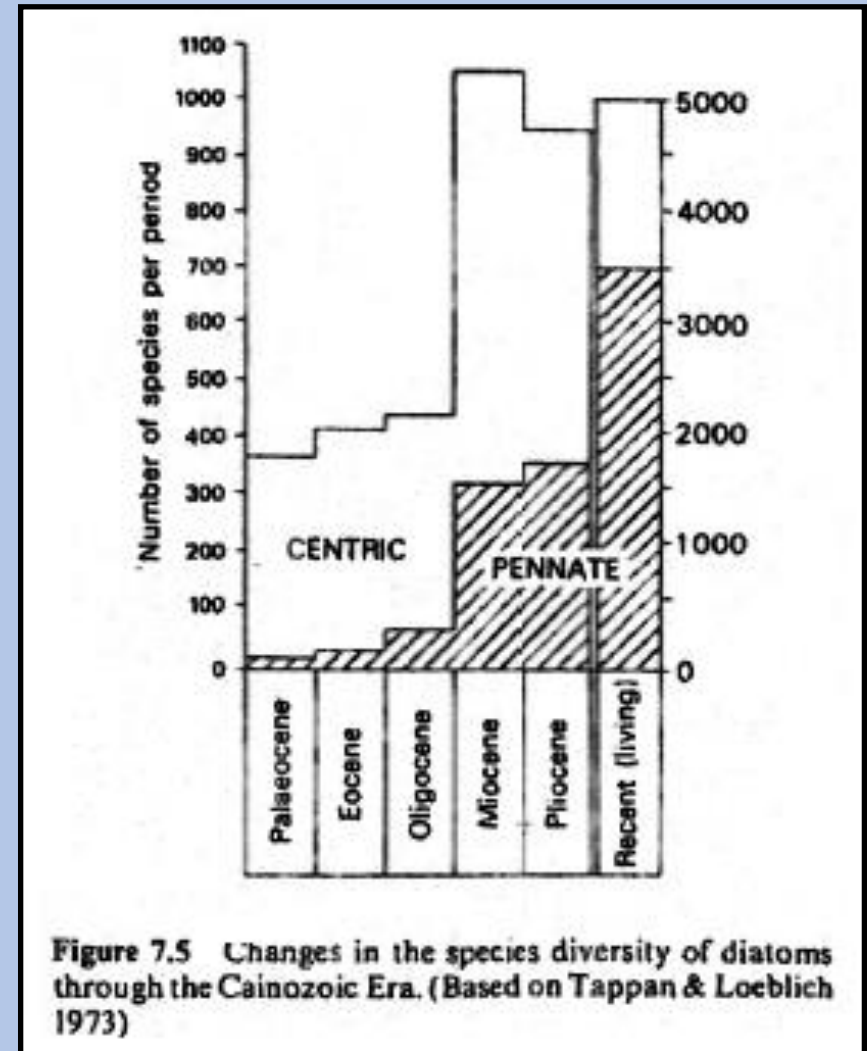
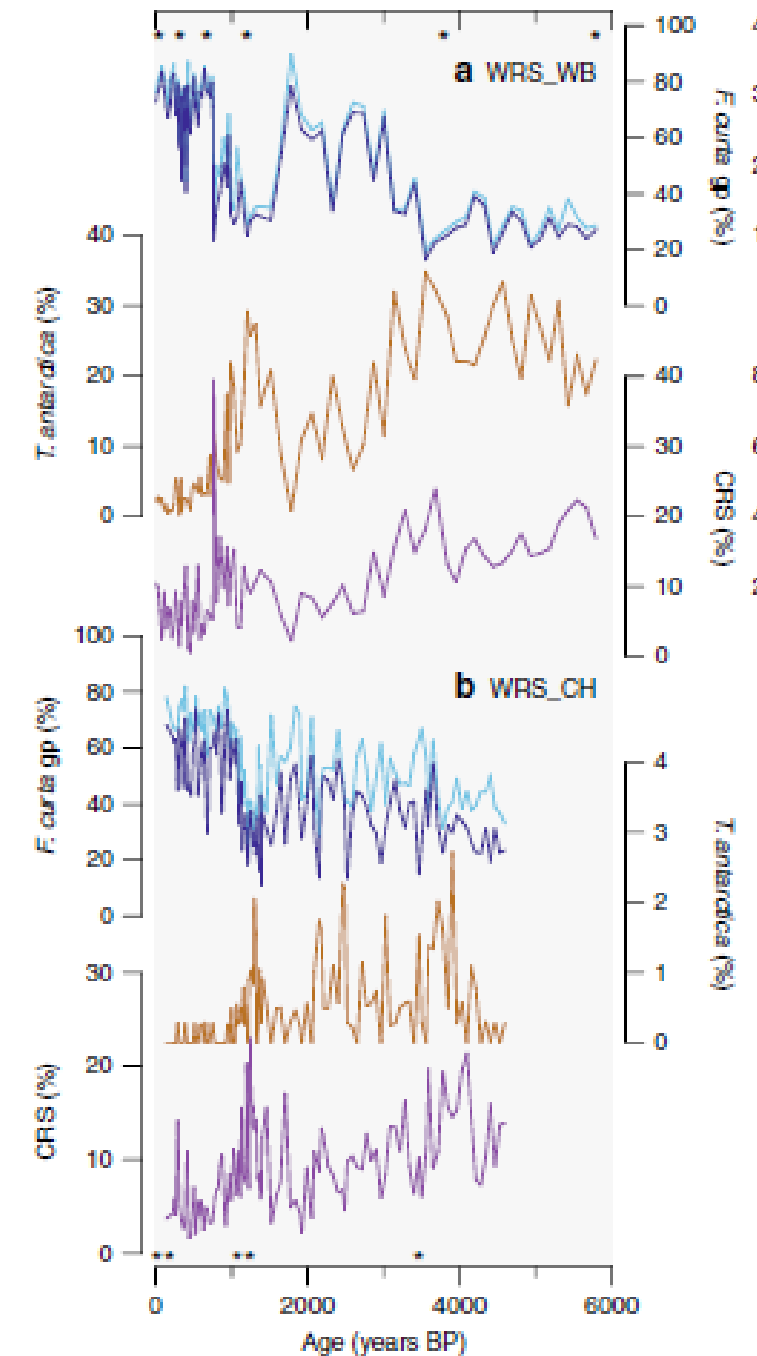


Figure 7.5 Changes in the species diversity of diatoms through the Cenozoic Era. (Based on Tappan & Loeblich 1973)

La forma *Eucampia antarctica* in determinati contesti assume un significato biostratigrafico, infatti un suo picco nell'associazione è un marker biostratigrafico per l'ultimo massimo glaciale (LGM) (Allen et al., 2011).

Anche *F. curta* quando è maggiore del 40% indica il passaggio al neoglaciale (Mezgec et al., 2017)

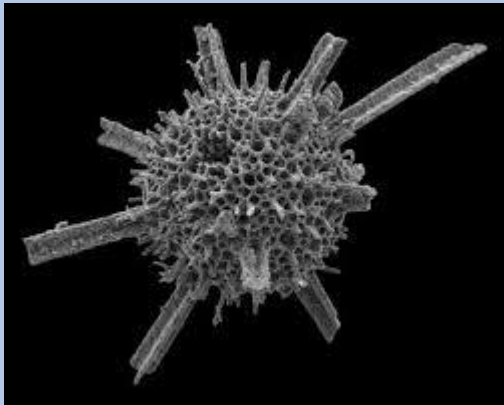




RADIOLARI

**Phylum RADIOZOA
Subphylum Radiolaria
Classe Polycystinea**

A cura di
Fiorenza Torricella





I radiolari fanno parte dello **zooplancton** e sono **oloplanctonici**, esclusivamente marini.

Sono individui singoli, anche se alcuni Spumellaria sono coloniali.

Gli individui singoli hanno una dimensione media compresa tra **30 μm** e **2 mm**. Le colonie possono avere forma sferica e diametri che hanno dimensioni comprese tra qualche mm a qualche cm. Possono avere una forma cilindrica o filiforme con dimensioni che possono variare di molto, passando da qualche mm a qualche metro di lunghezza.

Biologia

Una delle principali caratteristiche dei radiolari è quella di avere il protoplasma diviso in due parti: l'**endoplasma** interno e l'**ectoplasma** esterno, separati da una membrana organica perforata (**capsula centrale**).

L'endoplasma contiene al suo interno uno o più nuclei mentre l'ectoplasma contiene gli alveoli, strutture non visibili, disposti in una massa concentrica, detta **calimna**. La funzione degli alveoli è di regolatore idrostatico mentre il calimna può ospitare simbionti.

Le caratteristiche della capsula centrale hanno carattere tassonomico.

axopod
filopod

skeleton
alveoli
capsular membrane
nucleus
axoplast
central capsule
matrix
calymma

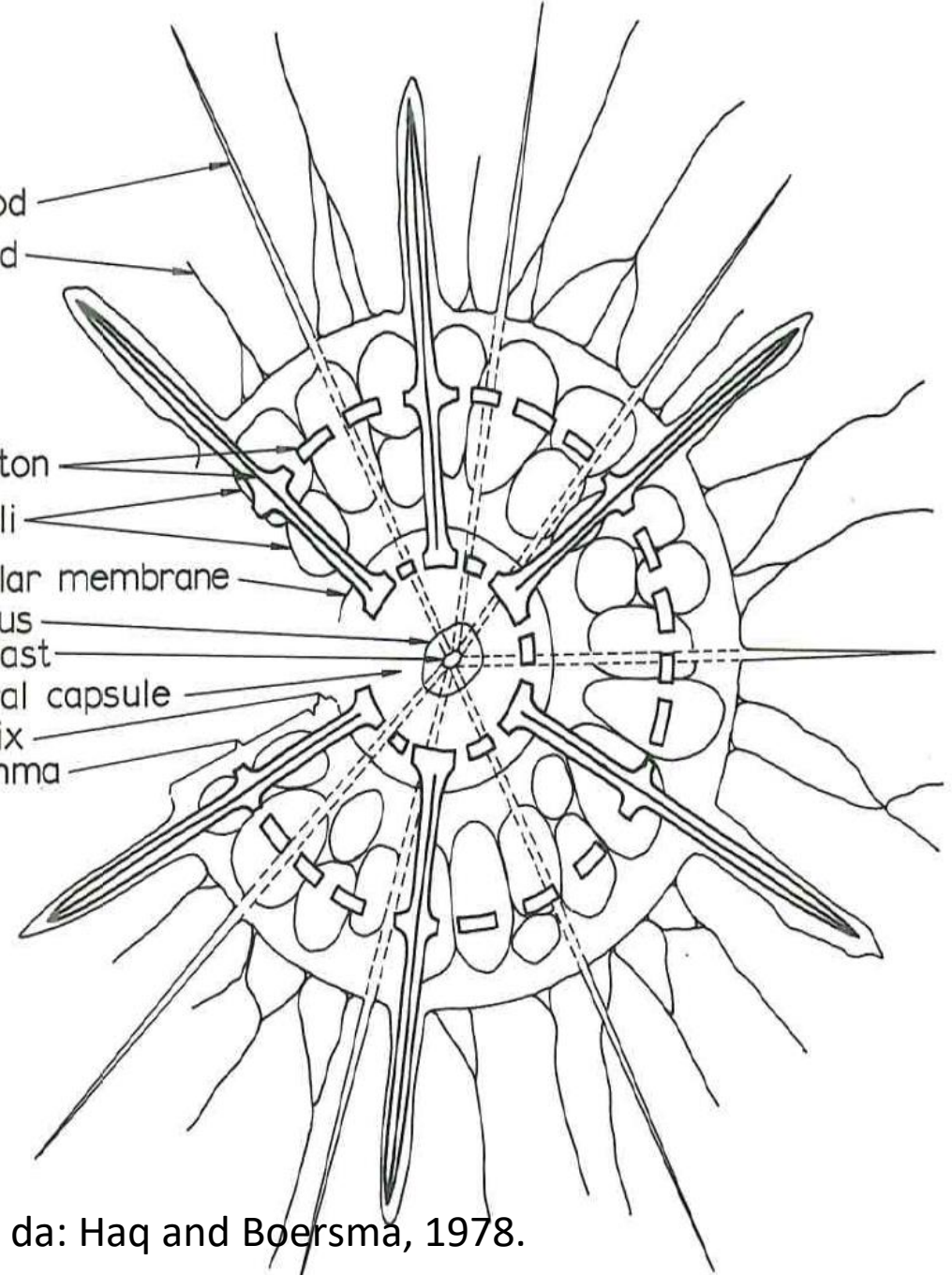


Immagine da: Haq and Boersma, 1978.

Introduction to Marine Micropaleontology, Elsevier.

Riproduzione e Trofismo

La riproduzione avviene per **fissione binaria**. Lo scheletro del genitore può essere utilizzato da una delle cellule figlie, oppure entrambe possono crearne uno nuovo e lo scheletro del genitore si depone sul fondo.

Il forte **dimorfismo** negli scheletri di alcune specie potrebbe suggerire che esista un'alternanza di generazioni nel ciclo vitale dei radiolari, analogamente a quanto avviene in altri gruppi planctonici. La durata di vita dei radiolari è al massimo di qualche mese.

Si cibano di altri organismi: alghe unicellulari, protisti, crostacei di piccole dimensioni. Possono avere all'interno del citoplasma delle alghe simbionti che garantiscono all'organismo tramite il processo fotosintetico l'acquisizione di sostanze nutritive (*Anderson, 1983*).

Ecologia

Sono **marini planctonici** diffusi in oceano aperto dalla superficie fino a parecchie centinaia di metri. Nelle **acque superficiali** dominano gli **Spumellaria** mentre i **Nasellaria** sono **più profondi**. Normalmente preferiscono l'ambiente oceanico in prossimità della scarpata continentale. Vivono a diverse profondità ma si diversificano maggiormente nella zona fotica.

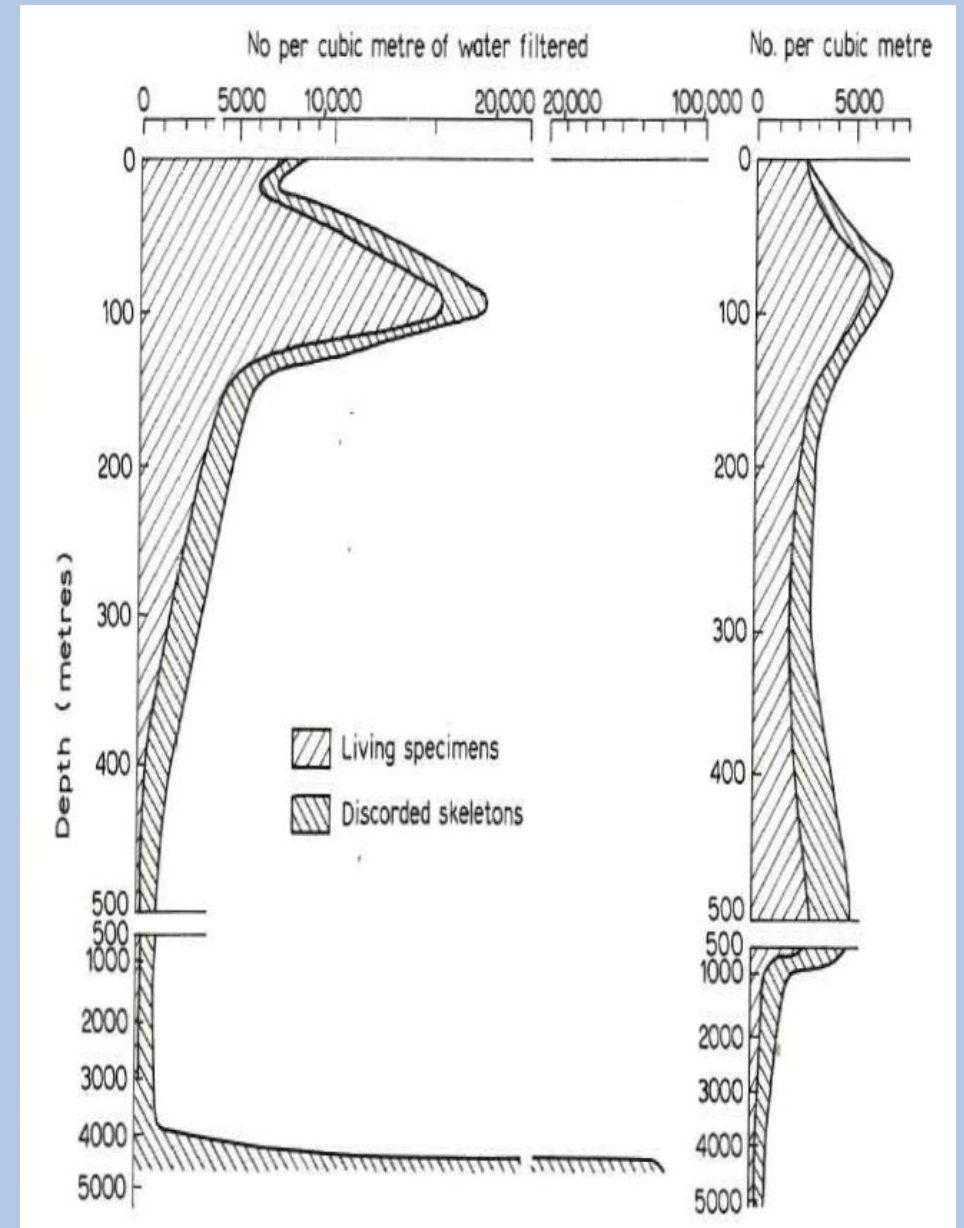


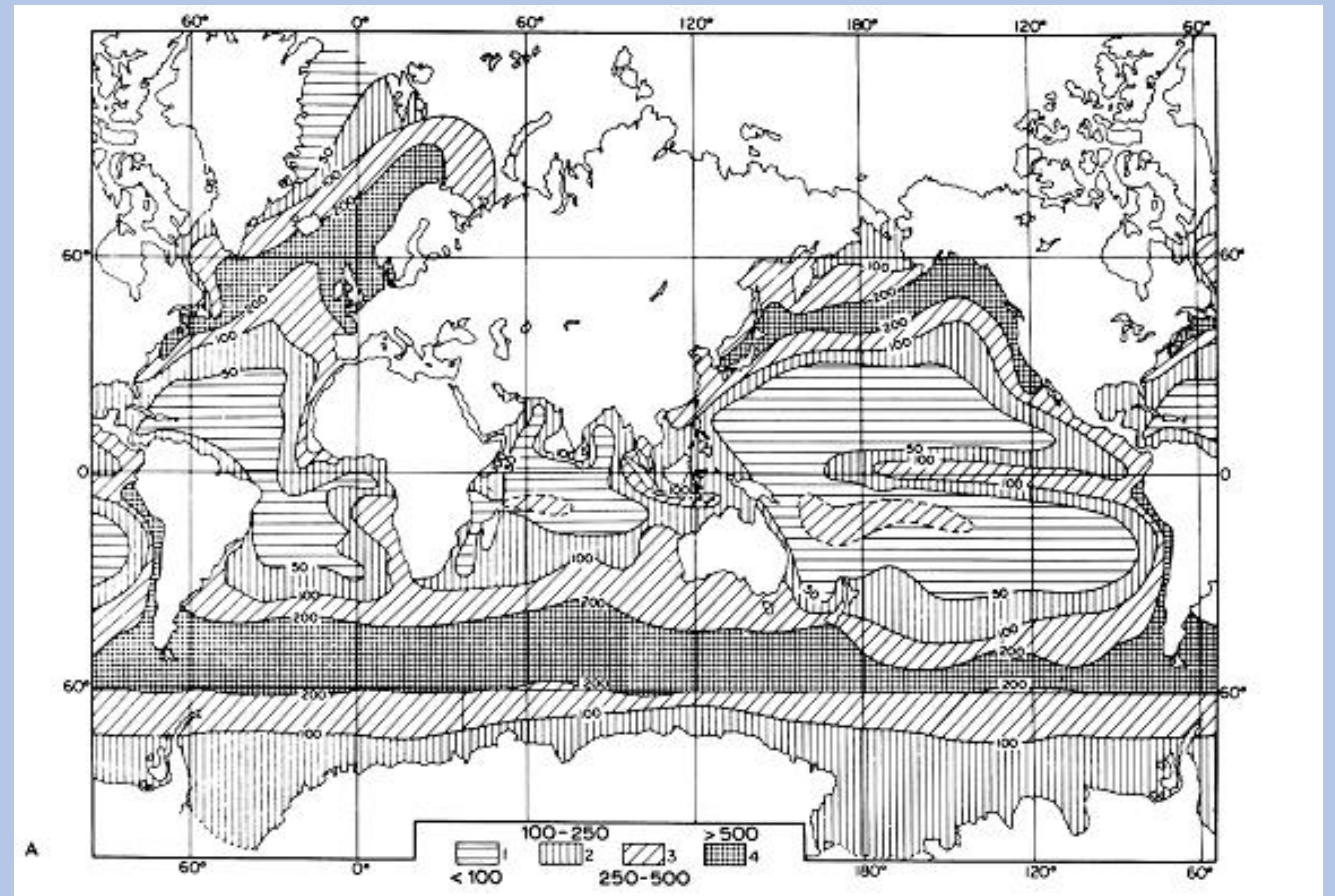
Immagine da: Haq and Boersma, 1978. Introduction to Marine Micropaleontology, Elsevier.

Distribuzione Geografica

-maggiore presenza nelle zone equatoriali, dove dominano rispetto alle diatomee; presenti anche nelle zone polari, dove sono subordinati rispetto agli altri silicei.

- la distribuzione geografica è dettata dalle caratteristiche chimico-fisiche delle acque, ma dipende anche dagli andamenti globali delle correnti.

-grande distinzione fra associazioni equatoriali, subantartiche e antartiche.



Evoluzione geologica

Si ipotizza che i radiolari, Spumellaria, siano comparsi **pre-Cambriano** popolando le acque poco profonde, si hanno dati certi della loro presenza a partire dal Cambriaco Medio, hanno quindi una storia geologica completa come pochi altri protisti. Le forme paleozoiche sono molto simili alle attuali, ma presentano una caratteristica spina centrale

Dal **Siluriano** iniziano a popolare gli ambienti più profondi.

A fine **Paleozoico** si assiste ad una riduzione della loro popolazione a causa della riduzione oceanica dovuta all'orogenesi Ercinica (Casey, 1993).

Nel **Triassico** compaiono le prime forme di Nasellaria che si diversificano costantemente. Le forme, evolvendosi, tendono ad essere più semplici.

Nel **Giurassico** si assiste ad un ripopolamento delle acque anche in seguito alla diffusione dei dinoflagellati.

Dal **Cretacico** inizia la competizione con le diatomee ed i gusci incominciano a diventare più leggeri.

Classificazione tassonomica secondo Reidel, 1967

- Regno: Protista
- Phylum: Sarcomastigophora
 - Subphylum: Sarcodina
 - Classe: Actinopoda
 - Subclassi:

Heliozoa: Actinopoda con pseudopodi rigidi (axopodi) che si dipartono dal loro corpo sferico. Vivono in acque dolci e non producono scheletro.

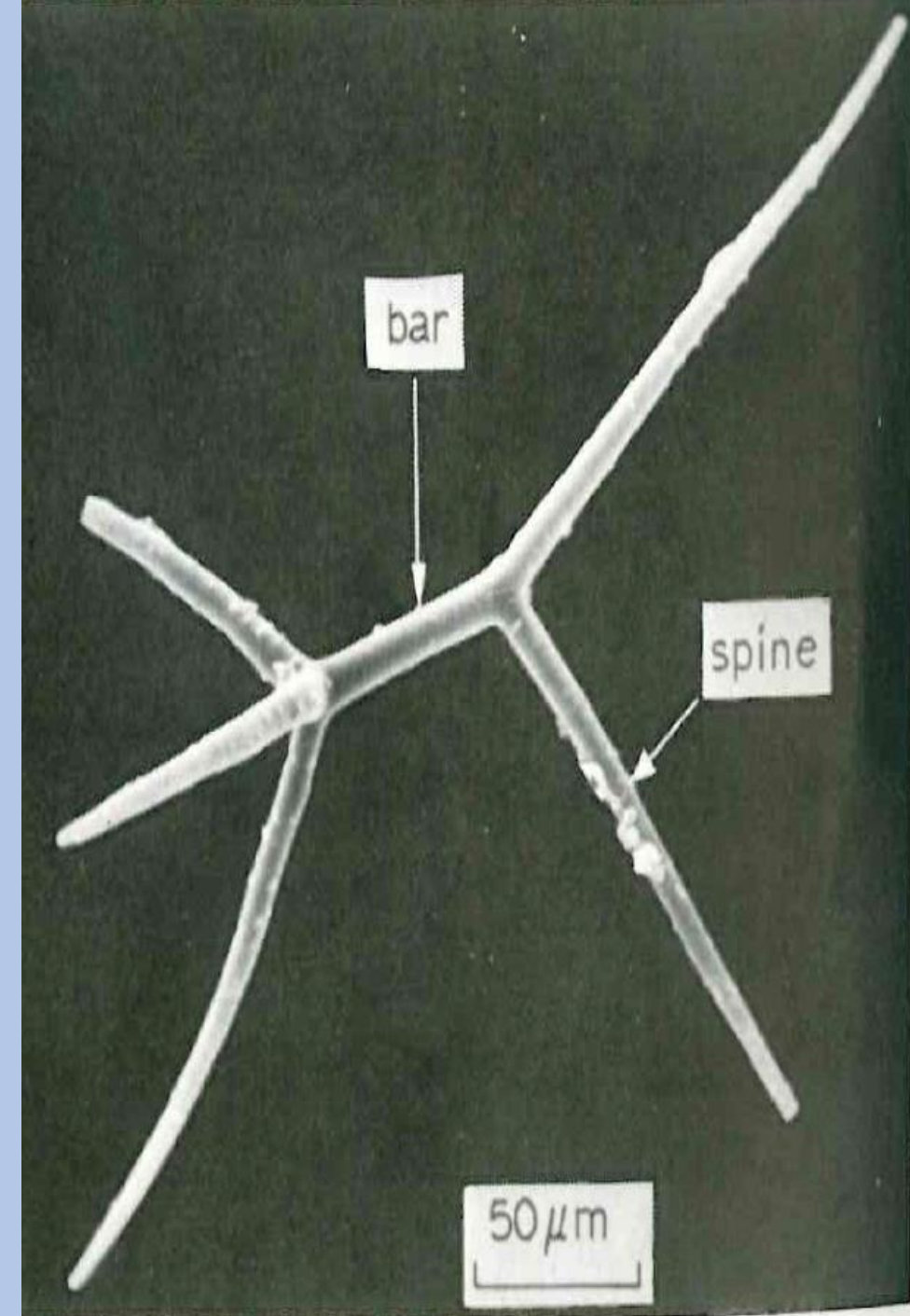
Acantharia: Actinopoda con pseudopodi rigidi (axopodi) che si dipartono dal loro corpo sferico. Producono uno scheletro in celestina (solfato di stronzio, SrSO_4) che non si conserva nel record fossile.

Radiolaria: Actinopoda caratterizzati dalla divisione del corpo molle in una capsula centrale, contenente l'endoplasma, e l'ectoplasma circostante. Quasi tutte le specie presentano uno scheletro che è siliceo ($\text{SiO}_2 \cdot x \text{nH}_2\text{O}$).

Lo scheletro

Lo scheletro è siliceo ed è costituito da tre elementi:

- **Barra:** elemento subcilindrico, corto o lungo, diretto o curvo, connesso alle due estremità con altri elementi
- **Spina:** elemento aghiforme di dimensioni estremamente variabile attaccata ad una sola delle due estremità
- **Spicule:** grossa barra portante alle sue due estremità spine ben sviluppate



STRUTTURA DELLO SCHELETRO SILICEO: Struttura Esterna

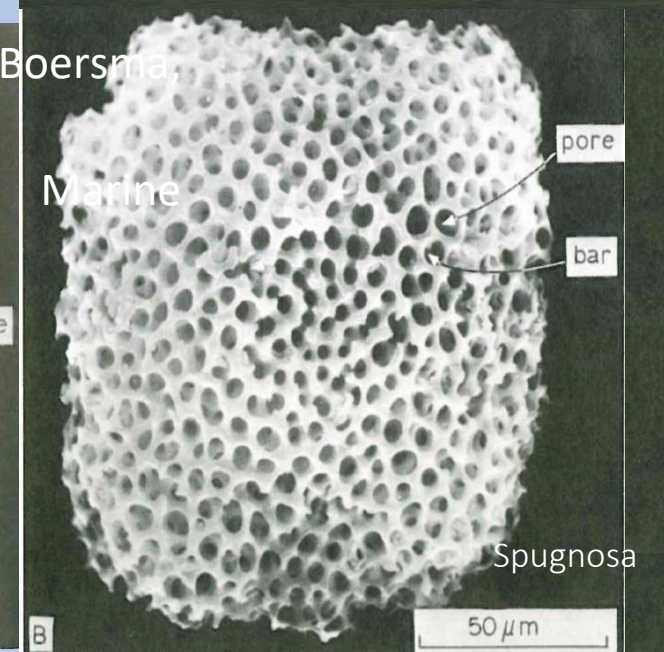
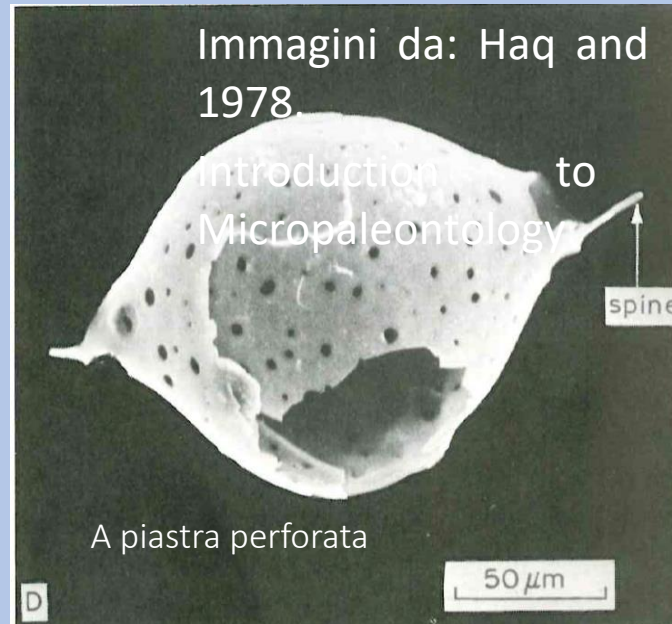
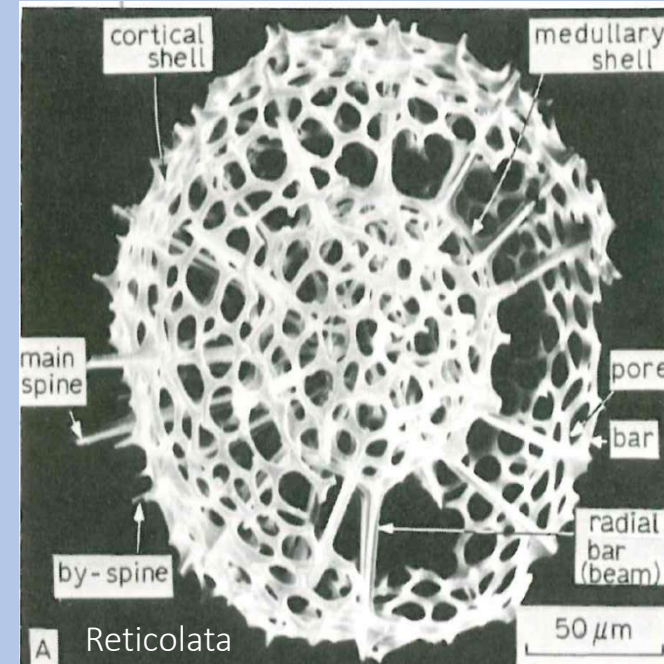
A seconda della disposizione relativa delle barre e del loro spessore si distinguono **3 tipi di struttura dello scheletro**:

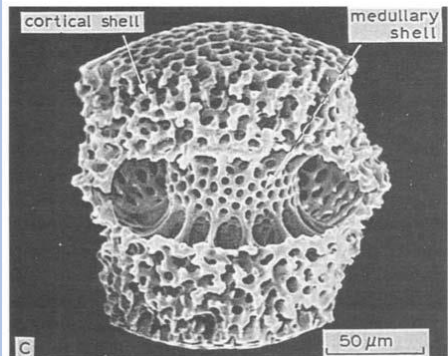
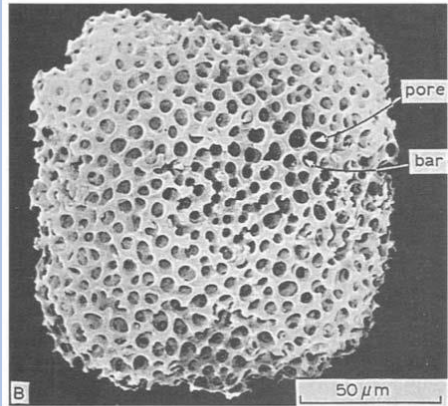
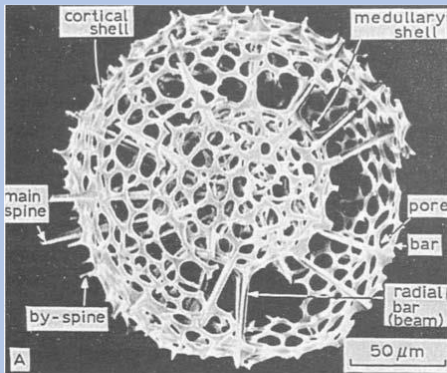
RETICOLATA (latticed wall): network di barre che formano pori ravvicinati tra loro. I pori sono esagonali ma la deposizione di silice all'interno dei pori li rende circolari. La forma dei pori e la loro distribuzione possono essere caratteri diagnostici per la specie.

SPUGNOSA (spongy wall): intreccio intricato di barre sottili in un network tridimensionale spesso e comunemente irregolare. Non è possibile riconoscere uno schema regolare nella deposizione dei pori.

A PIASTRA PERFORATA (perforate plate wall):

una piastra silicea sottile e solida perforata uniformemente da pori molto distanziati.





- Spumellaria e Nassellaria si distinguono per le diverse forme dello scheletro.

- Individui dell'ordine **Spumellaria** hanno scheletri comunemente **sferici**, con spine radiali che si estendono dalla superficie della sfera.

- Uno scheletro comunemente consiste di due o più sfere concentriche, connesse da barre radiali.

- Il guscio più esterno è conosciuto come **guscio corticale (cortical shell)**, mentre quelli interni sono conosciuti come **gusci midollari (medullary shells)**.

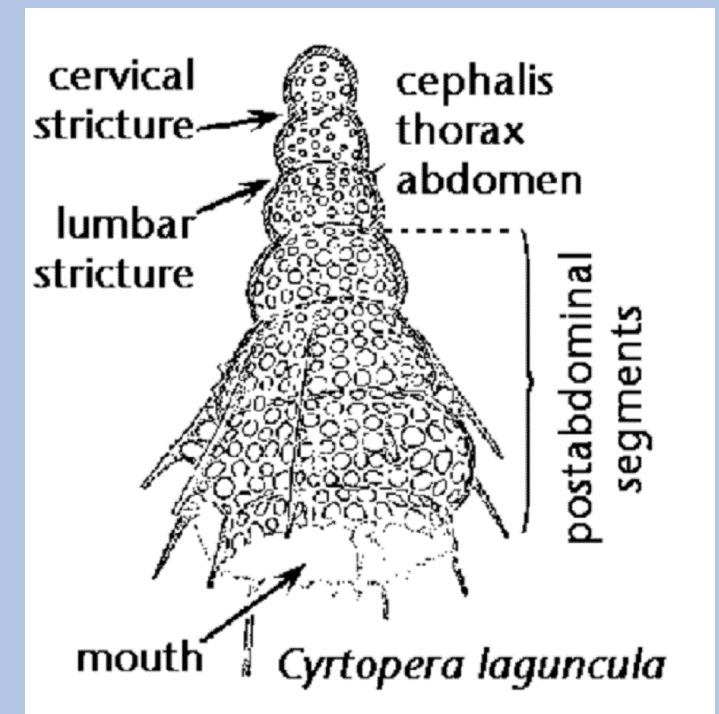
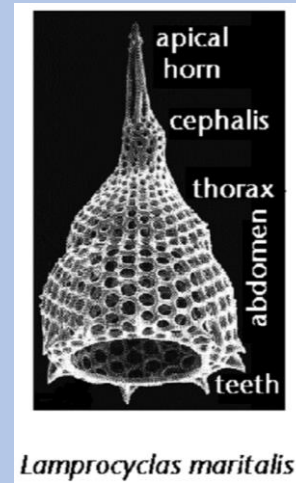
- Nonostante la sfera più piccola possa essere estremamente piccola, le componenti radiali non arrivano mai a toccarsi al centro dello scheletro.

- Gli Spumellaria possono avere anche scheletri **ellissoidali** o **discoidali**.

I **Nassellaria** sono caratterizzati da una **simmetria assiale**, nonostante possono esistere molte variazioni a questo schema fondamentale.

Lo scheletro è polare , ed è formato da più segmenti denominati (partendo dall'apice): **cefalo**, **torace** e **addome**. Oltre a questi segmenti si possono avere dei **segmenti post-addominali**.

Le diverse appendici dello scheletro prendono il nome a seconda della posizione in cui si collocano; si hanno quindi **corni**, **braccia** e **piedi** (o **denti**).



NASELLARIA

Alla base della struttura dei Nassellaria vi è un elemento scheletrico (simile ad un tripode).
Questo elemento, pur cambiando molto da famiglia in famiglia (intesa come gruppo tassonomico),
presenta sempre gli stessi elementi omologhi .

Sulla forma di questa struttura si base la suddivisione di Nassellaria nelle diverse famiglie:

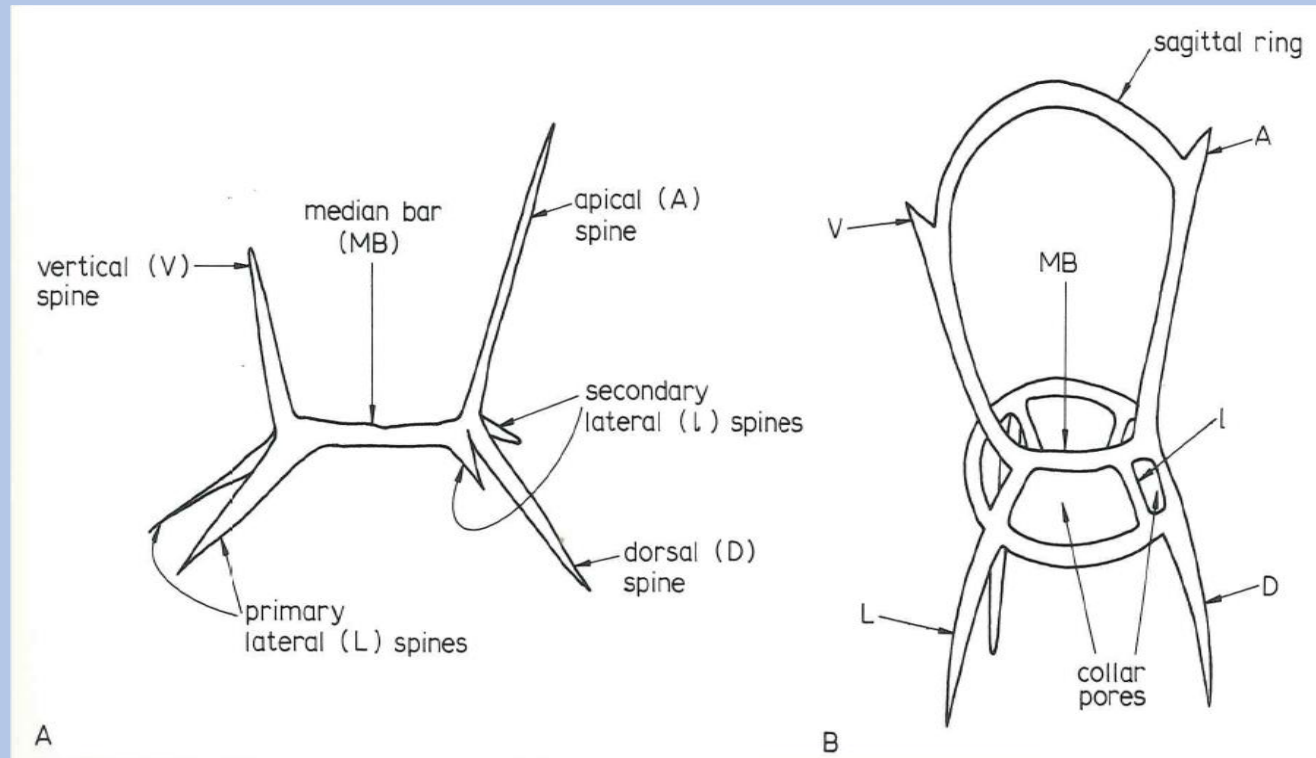


Immagine da: Haq and Boersma, 1978. Introduction to Marine Micropaleontology, Elsevier.

SPUMELLARIA

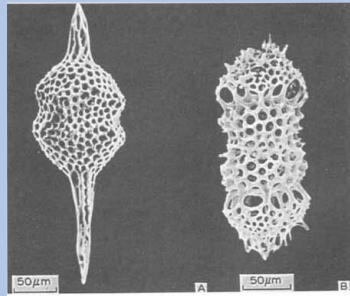


Fig. 15. Artiscins.

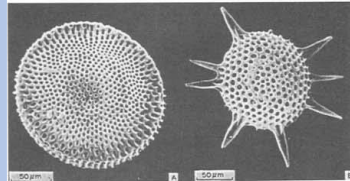


Fig. 16. Phacodiscids.

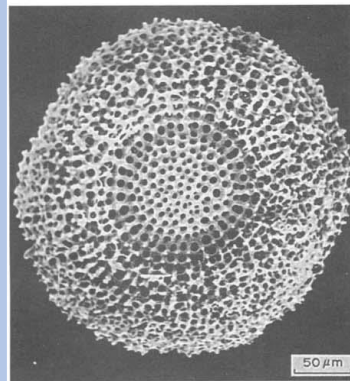


Fig. 17. Coccodiscid.

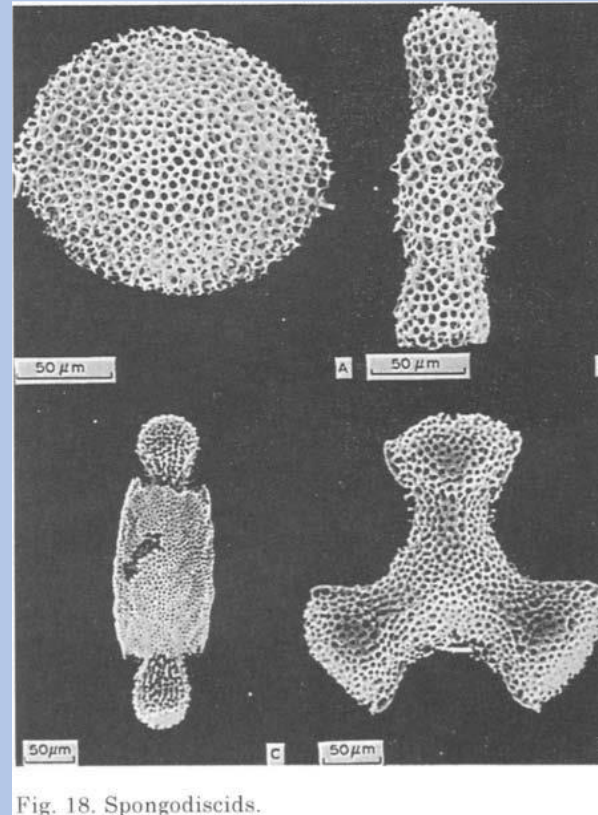


Fig. 18. Spongodiscids.

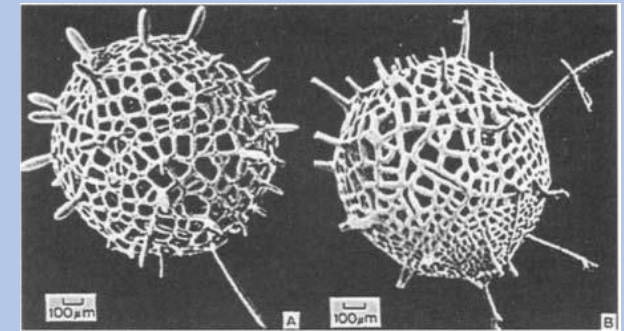


Fig. 11. Orosphaerids. Note coarse, angular lattice.

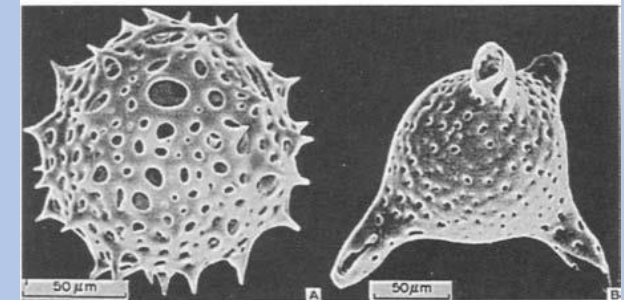


Fig. 12. Collosphaerids.

NASELLARIA

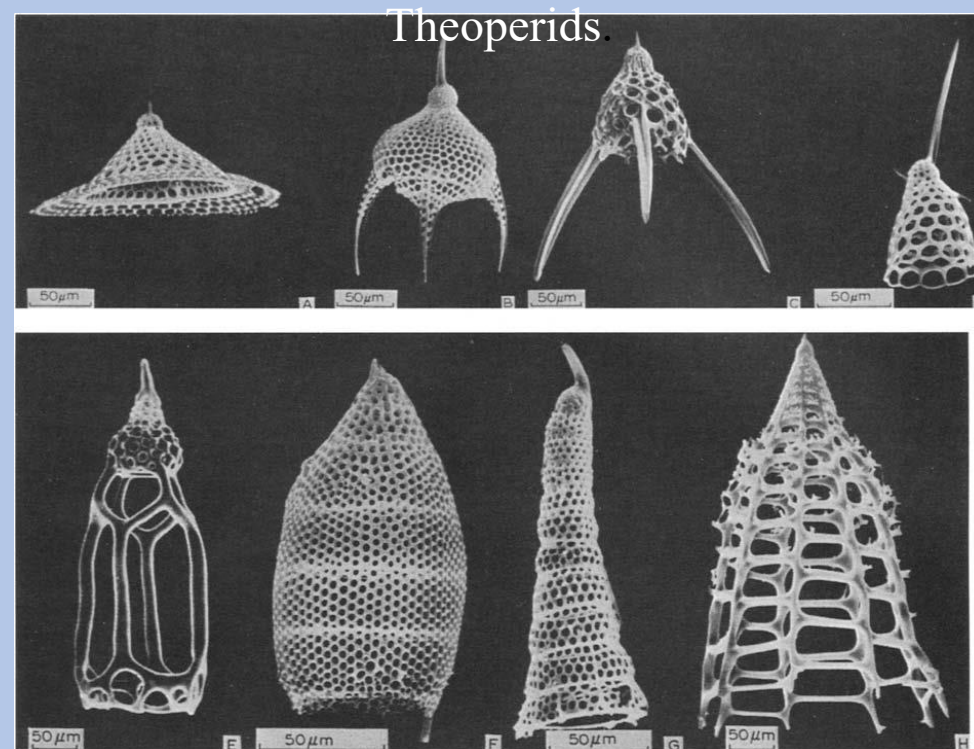
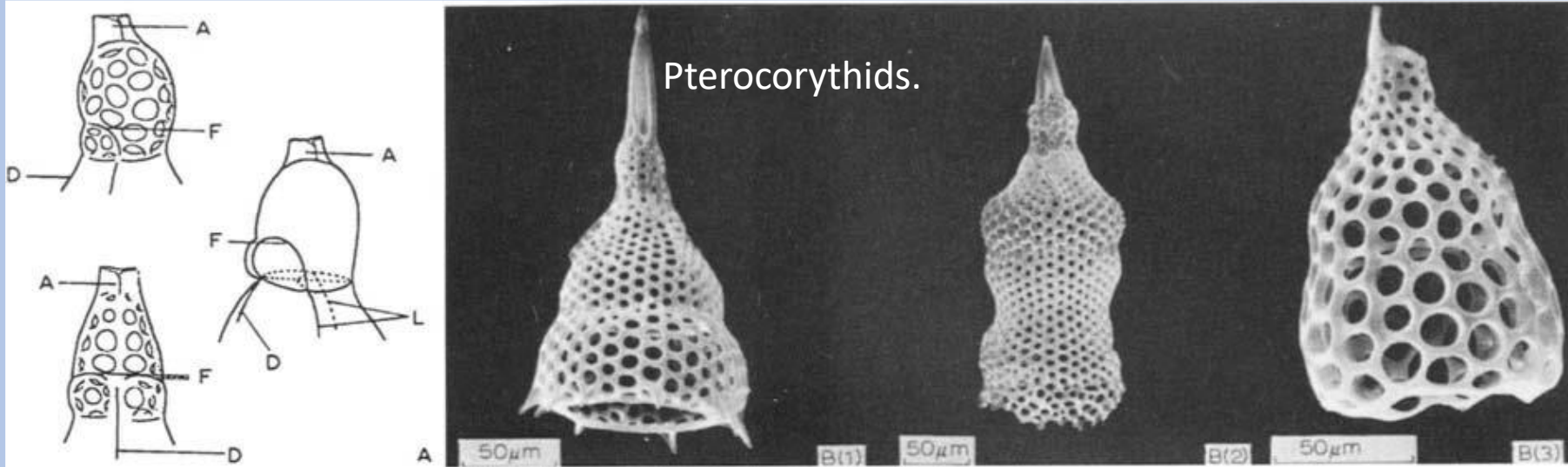


Immagine da: Haq and Boersma, 1978.
Introduction to Marine Micropaleontology, Elsevier.

PREPARAZIONE DEI CAMPIONI



Essiccazione campione
100°C per 5 ore



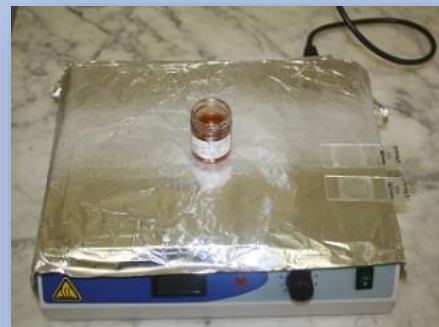
10 g di sedimento vengono trattati con
perossido di ossigeno per lasciando
reagire per 12 ore



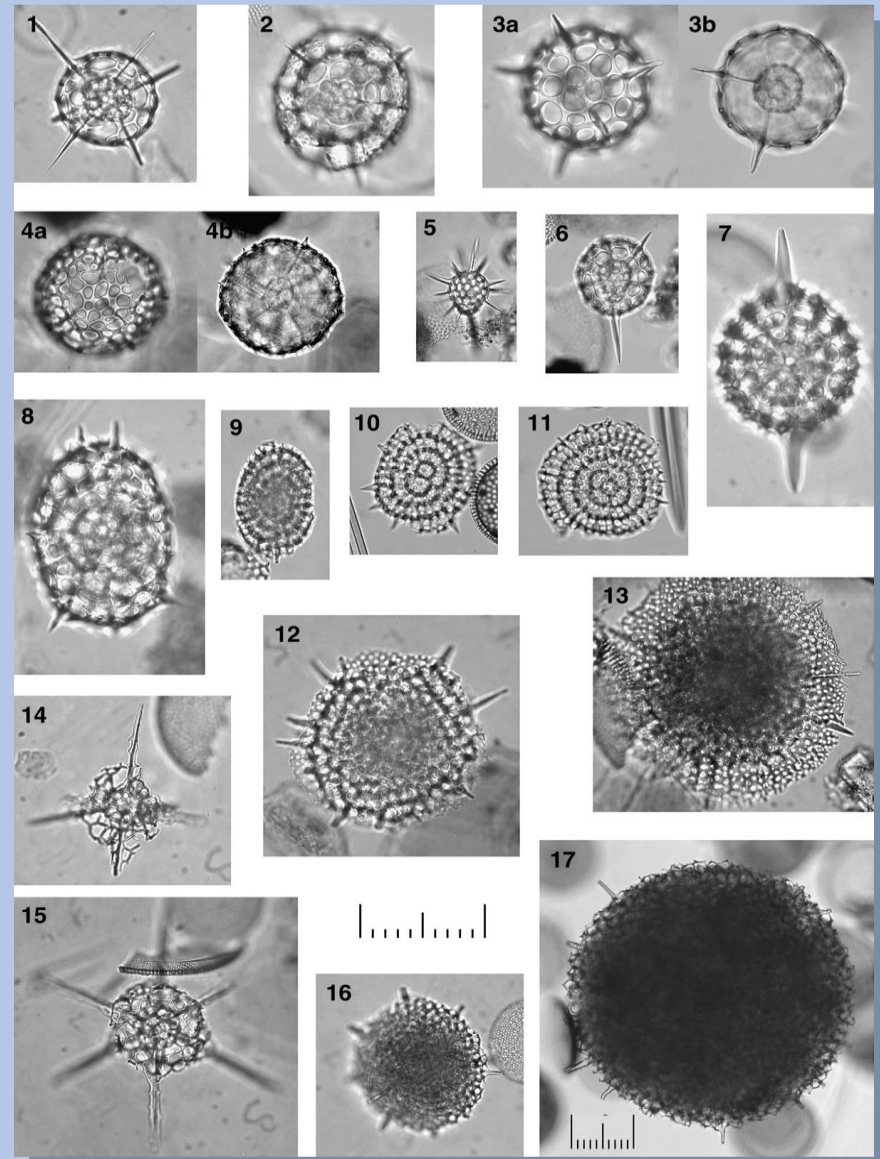
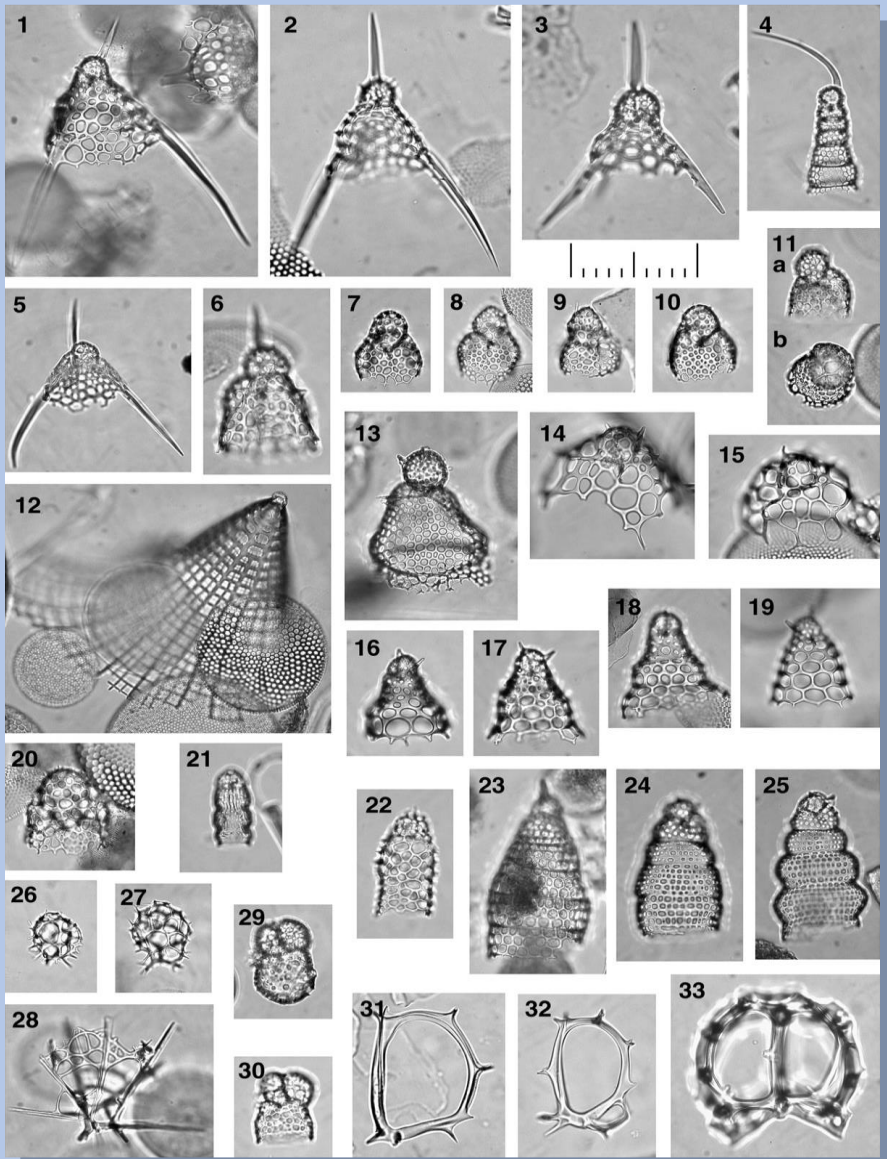
Trattare il materiale
con acido cloridrico



Separare il
materiale a 45 um



Il residuo viene posto in un becker con 100 cc di acqua distillata,
il materiale viene portato in sospensione ed infine viene prelevato
e messo su un vetrino porta oggetti



Perché si
studiano?

Stratigrafia Sono utilizzati dal Paleocene all'Attuale, anche se la loro risoluzione è molto inferiore a quella di altri organismi (es. Foraminiferi)

Indicatori ambientali La loro importanza è in continuo aumento come indicatori di profondità, paleoclima e paleotemperature.

Paleogeografia Sono stati usati per riconoscere variazioni geografiche nei fondali oceanici (es. Panama)

