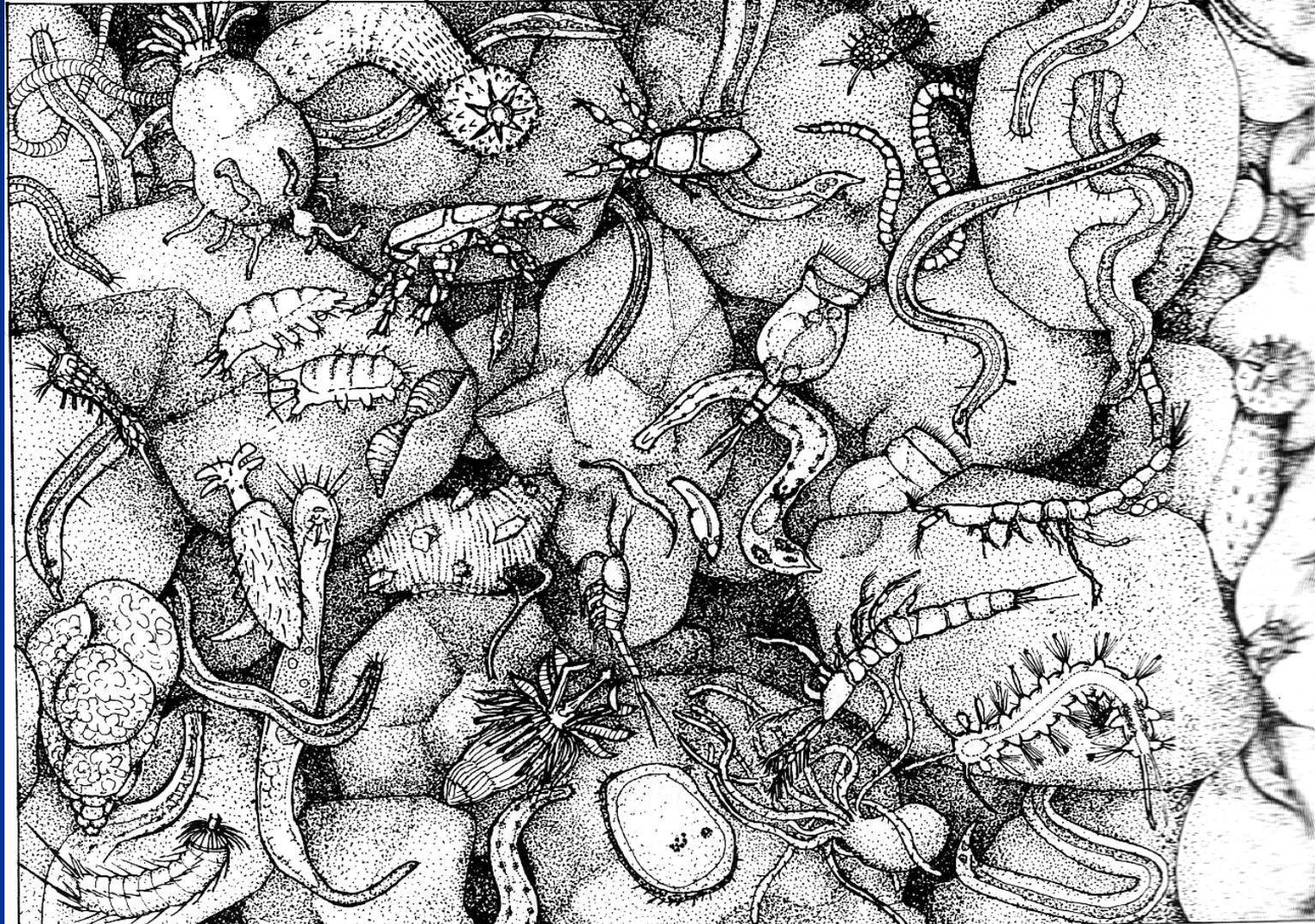
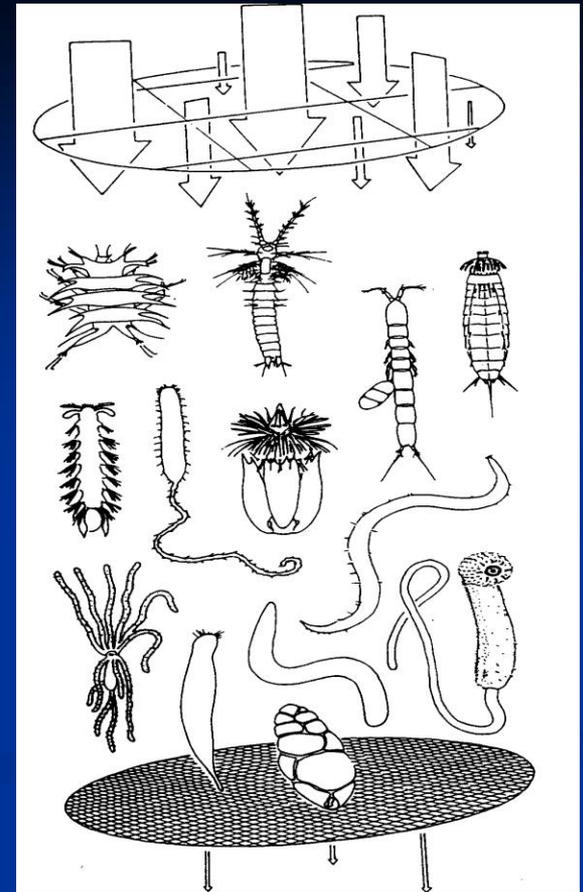


La Fauna Interstiziale



Definizioni

Tutti i sedimenti marini, dalle sabbie più grossolane ai fanghi più fini, senza limiti di profondità né di latitudine, sono popolati da minuscoli organismi, appartenenti alla cosiddetta **Meiofauna** o, includendo anche la componente microfitobentonica, **Meiobenthos**



(Microfauna) $100\mu\text{m} \geq$ Meiofauna \geq 1mm (Macrofauna)

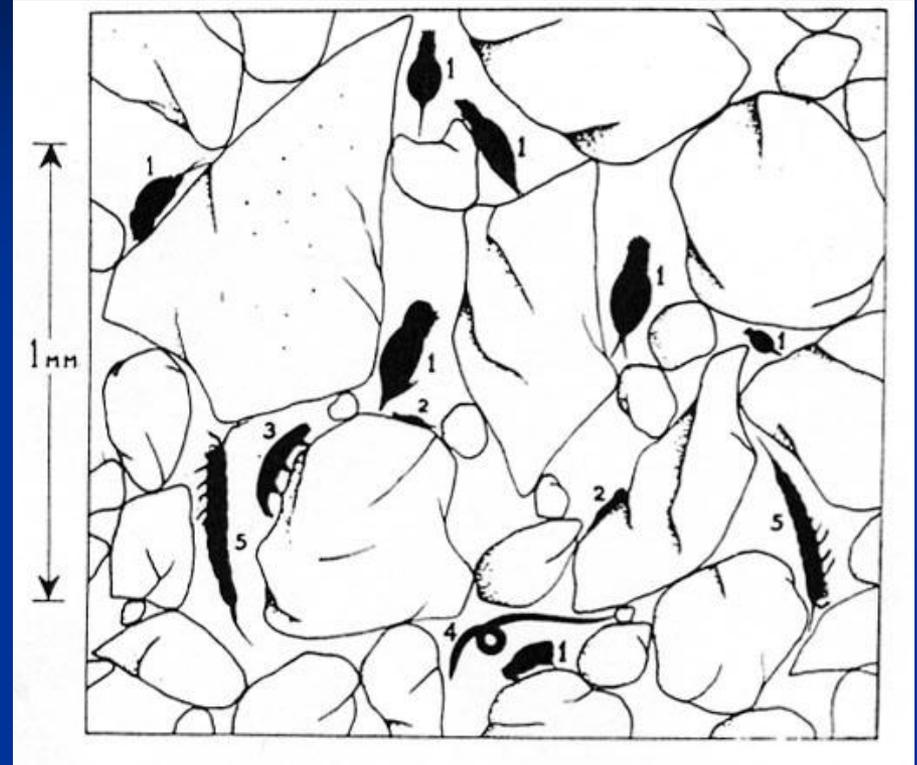
Il termine **meiobenthos** deriva dal greco “μειων” = meion, che significa “più piccolo”, ed è stato introdotto nel 1942 da Molly Mare per indicare tutti quegli organismi che popolano sedimenti e che, per le loro dimensioni, risultano più piccoli della macrofauna ($>1\text{mm}$) ma più grandi della microfauna ($<100\mu\text{m}$).

Definizioni

Fauna interstiziale o Mesopsammon



Acaro, *Schaptognathus* sp



- Passano attraverso 1 mm e sono trattenuti da 42 μm
- Mesobentici - interstiziali = sliders
- Endobentici – dislocano le particelle = scavatori
- Epibentici – vivono all'interfaccia sedimento-acqua

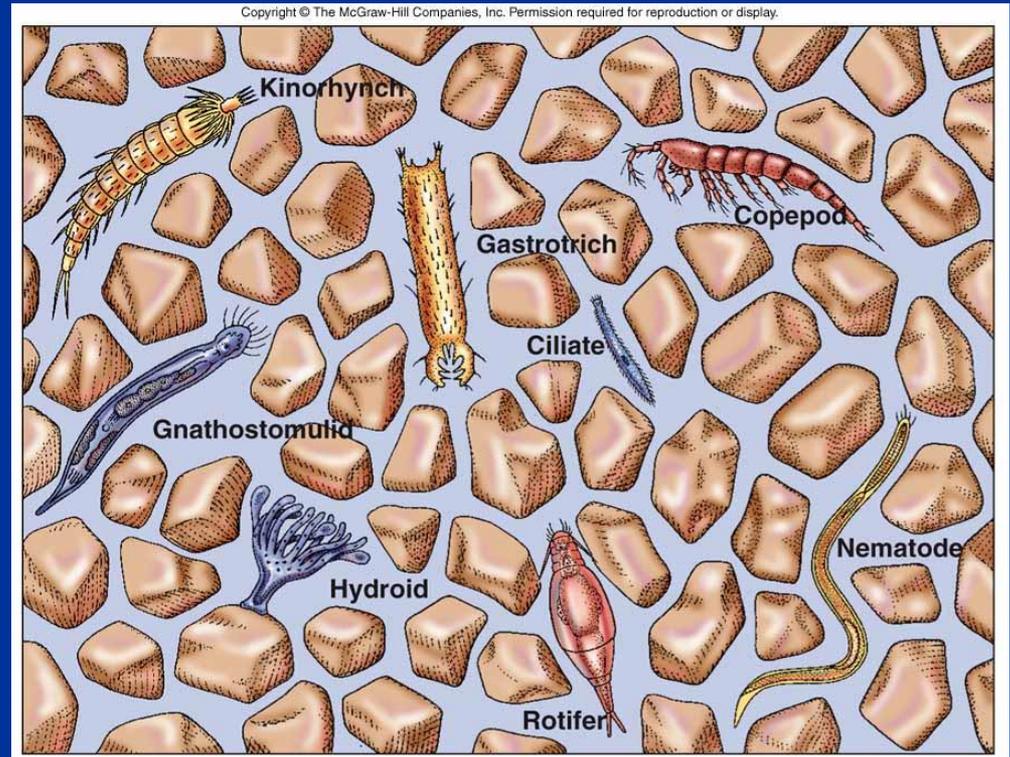
Gli organismi della Fauna interstiziale



PHYLA DEL REGNO ANIMALE

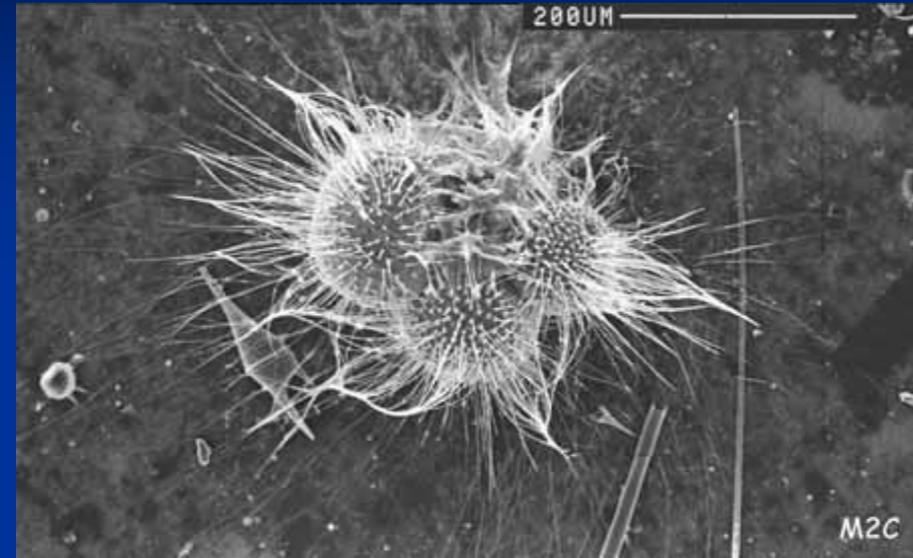
Porifera	Entoprocta
Placozoa	Priapulida
Cnidaria	Pogonophora
Ctenophora	Echiura
Platyhelminthes	Sipuncula
Orthonectida	Annelida
Rhombzoa	Arthropoda (Copepoda, Halacaroidea, Ostracoda, Mystacocarida, Tantulocarida)
Cycliophora	<u>TARDIGRADA</u>
Acanthocephala	Onychophora
Nemertea	Mollusca
Nematomorpha	Phoronida
<u>GNATHOSTOMULIDA</u>	Bryozoa
<u>KINORHYNCHA</u>	Brachiopoda
<u>LORICIFERA</u>	Echinodermata
Nematoda	Chaetognatha
Rotifera	Hemichordata
<u>GASTROTRICHA</u>	Cordata

Attualmente, dei 34 phyla conosciuti del Regno Animalia 19 appartengono alla meiofauna (in **rosso**); 5 di questi sono addirittura esclusivi della meiofauna (**GIALLO MAIUSCOLO**).

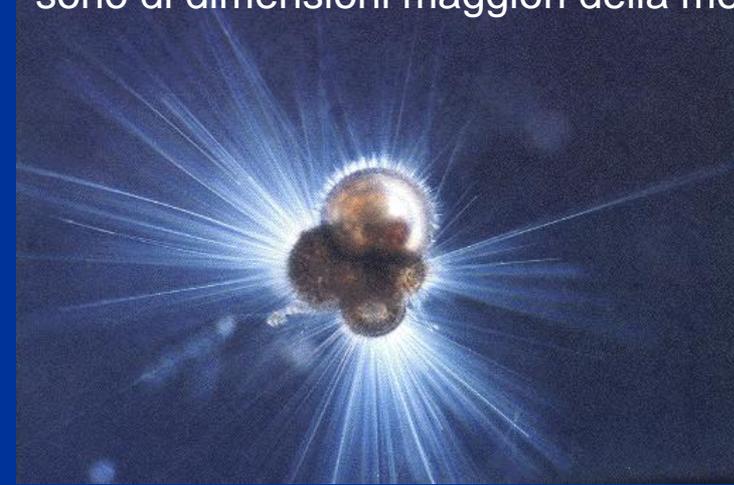
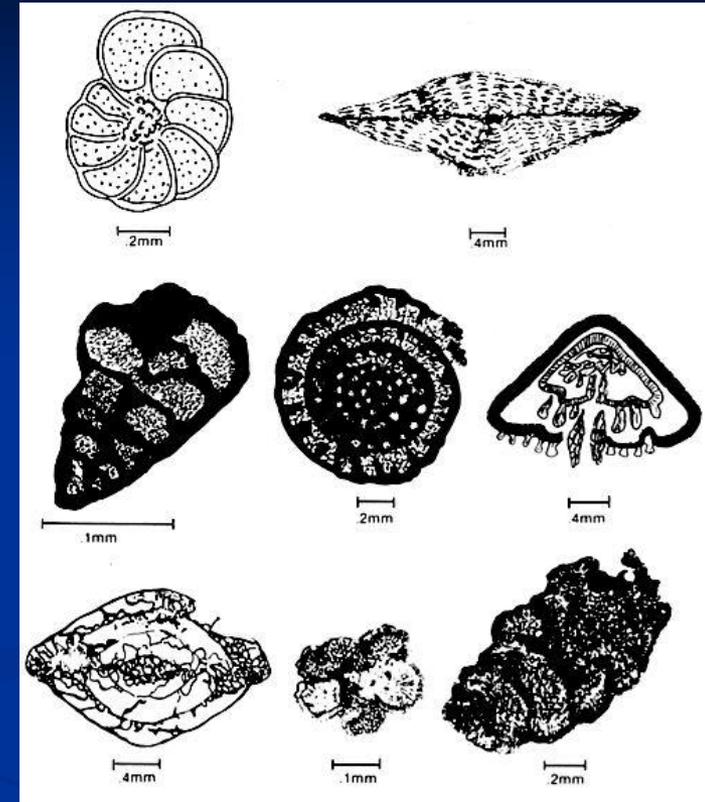


PROTOZOA

Classe Sarcodina: Foraminifera

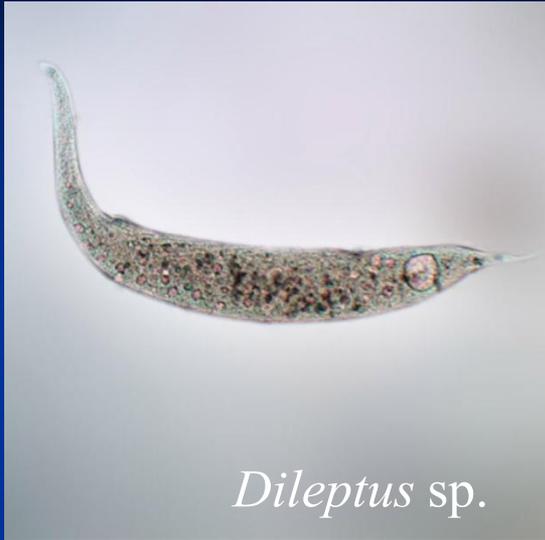


La maggior parte presenta gusci calcarei; alcune specie sono di dimensioni maggiori della meiofauna.



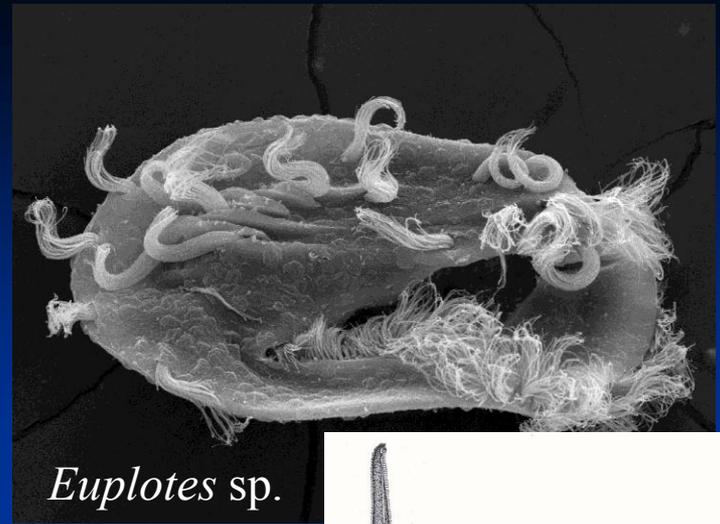
Gli pseudopodi vengono impiegati per la locomozione, l'ancoraggio, e per la cattura del cibo, consistente in piccoli organismi quali diatomee o batteri. Il ciclo vitale dei foraminiferi comprende l'alternanza di generazioni aploidi e diploidi.

Classe Ciliophora

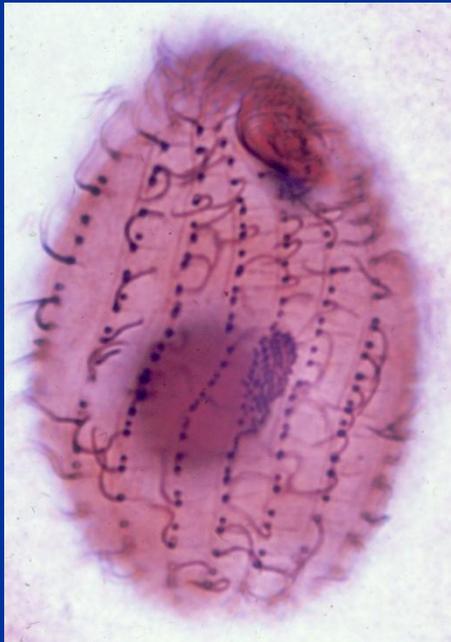


Dileptus sp.

- I Ciliophora si muovono grazie all'azione delle ciglia, proiezioni del citoplasma corte e piliformi, formate da coppie di microtubuli circondati da membrana cellulare. Anche le ciglia possono avere funzione alimentare.

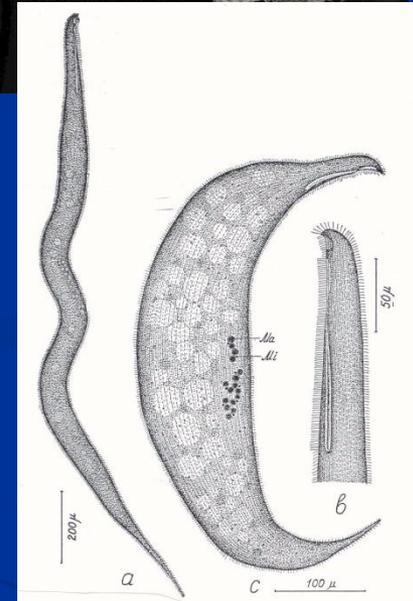


Euplotes sp.



- I Ciliati sono organismi multinucleati. Il macronucleo controlla le funzioni cellulari e la riproduzione asessuale. Anche il micronucleo è coinvolto nella riproduzione sessuale e nei fenomeni parasessuali (coniugazione).

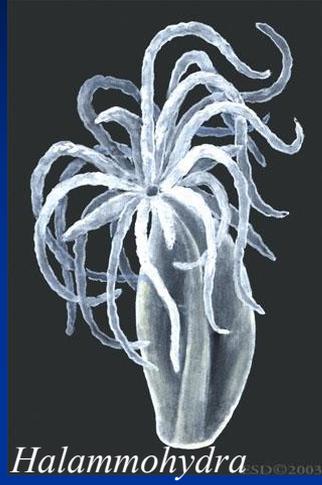
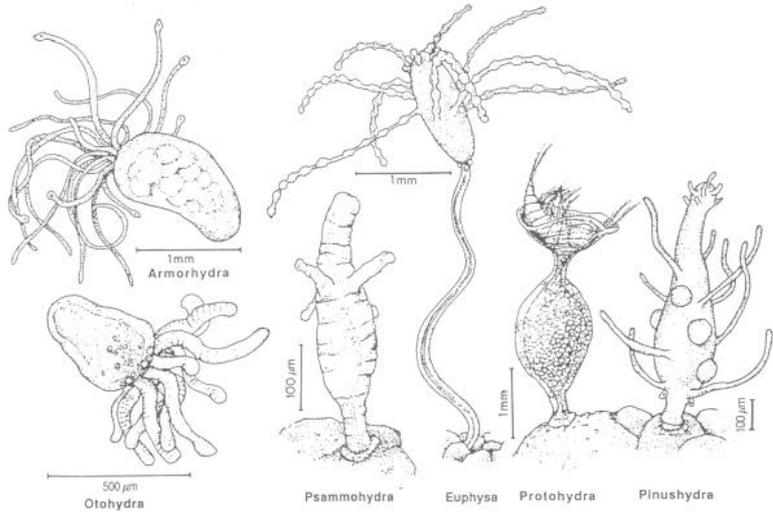
- I Ciliati sono organismi eterotrofi. Alcune species si nutrono di batteri, altre di microalghe o detrito.



CNIDARIA

■ Hydrozoa

- Interstiziali in sabbie, solitari
- epidermide ciliata
- 1 - 2 giri di tentacoli
- statoциsti

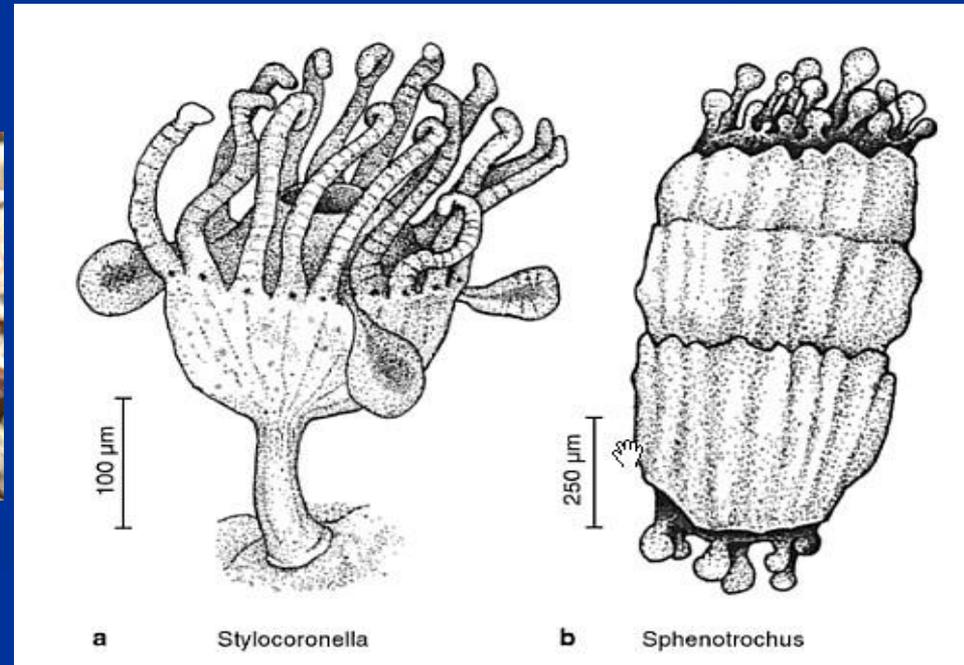


■ Scyphozoa

Lo scifopolipo interstiziale di *Stylocoronella riedli*.



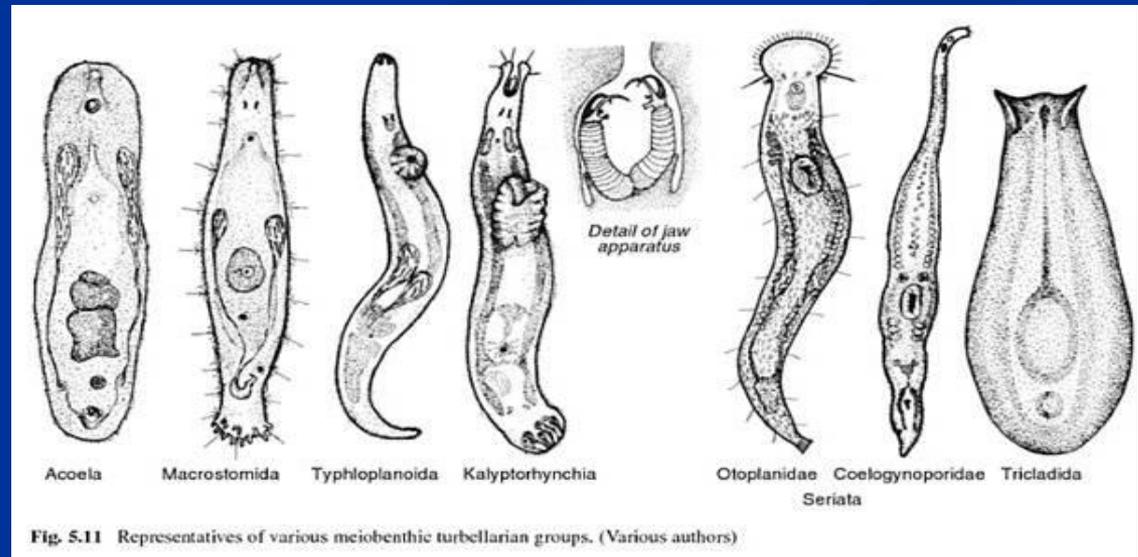
■ Anthozoa



PLATYHELMINTHES

Classe Turbellaria

- movimento via onde coordinate prodotte da **ciglia** su una traccia di **muco**.
- alcune specie possono nuotare grazie a ritmiche **contrazioni muscolari**
- **acelomati**
- ermafroditi con uova raggruppate in bozzoli
- possono riprodursi asessualmente per scissione



- **predatori** di invertebrati;
- **statocisti**, chemiorecettori, fotorecettori (macchie oculari);

Phylum GNATHOSTOMULIDA

Esclusivi della Meiofauna

Tutti interstiziali, 0,5-1mm
acelomati
No sistema circolatorio
No ano
Parenchima scarso
Faringe simile al mastax dei Rotiferi

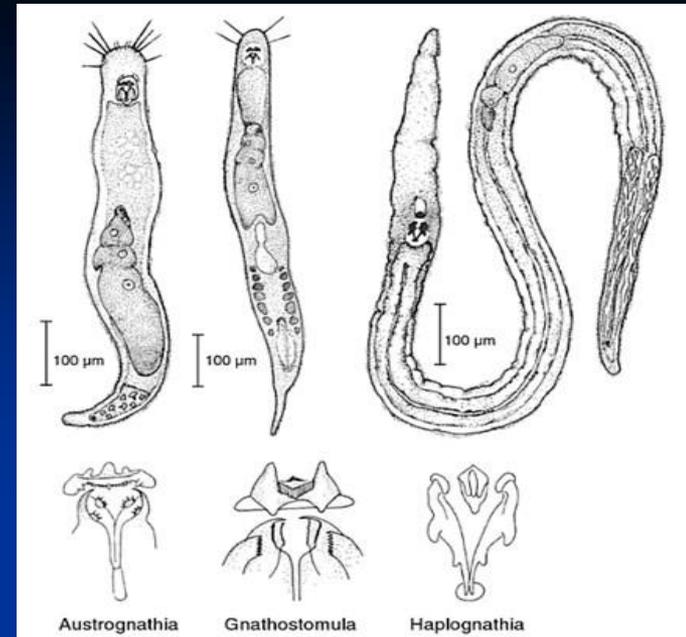
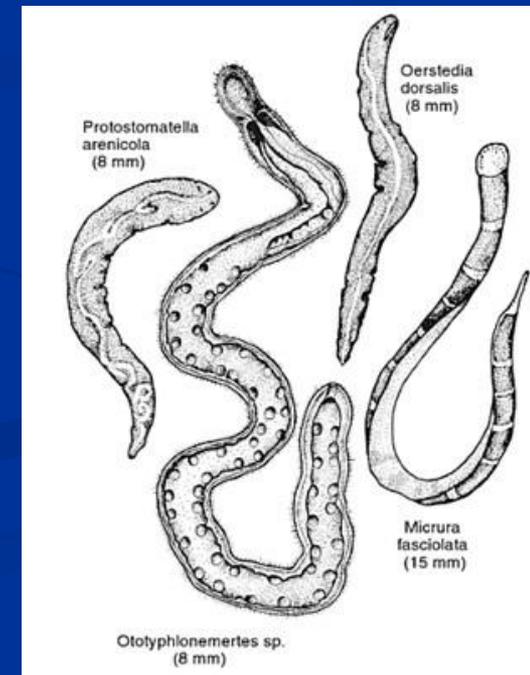


Fig. 5.12 Some representative Gnathostomulida, with details of jaw apparatus; all brought to same scale (Various authors)



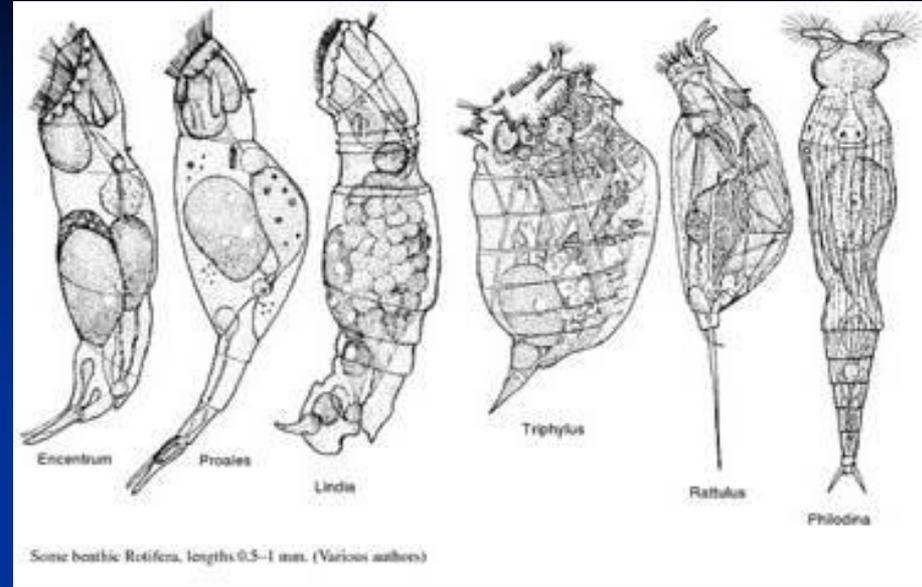
Phylum NEMERTEA

Acelomati non segmentati.
Proboscide nel rincocele.



Phylum ROTIFERA

- pseudocelomati
- corona ciliata intorno alla bocca.
- faringe (mastax) contenente piccole mascelle
- un paio di espansioni digitiformi posteriori per ancorarsi al substrato durante l'alimentazione
- cuticola ben sviluppata, a volte spessa e rigida.



Phylum PRIAPULIDA

- pseudocelomati
- testa grande e retrattile, tronco con spine e/o scaglie
- bocca circondata da spine o uncini
- scheletro idrostatico
- sistema nervoso con cordone ventrale
- a sessi separati e fecondazione esterna



Esclusivi della Meiofauna



Phylum GASTROTRICHA

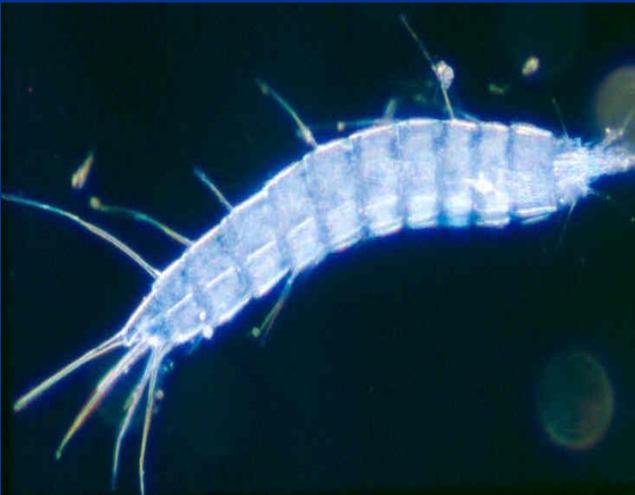
- simmetria bilaterale
- pseudocele?
- corpo ricoperto di cilia, in particolare intorno alla bocca e sulla superficie ventrale
- due proiezioni terminali dotate di ghiandole del cemento per l'adesione
- sistema a doppia-ghiandola, dove una ghiandola secerne la 'colla' e l'altra secerne una sostanza atta al suo scioglimento
- partenogenesi
- 152 specie italiane



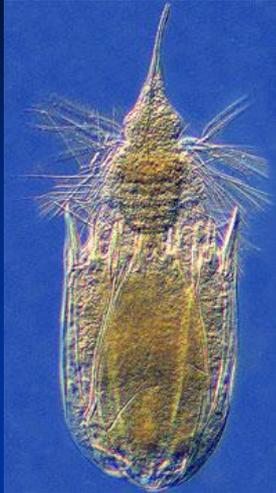
Ghiandole cefaliche *Tetranychoderma*. (100 X)

Phylum KINORHYNCHA

- pseudocelomati, segmentati
- testa, collo e tronco di 11 segmenti
- 50 specie italiane
- spine lungo il corpo;
- parecchi giri di spine intorno alla testa, impiegata anche nella locomozione.
- si nutrono in buona parte di diatomee
- abbondanti nei fanghi.



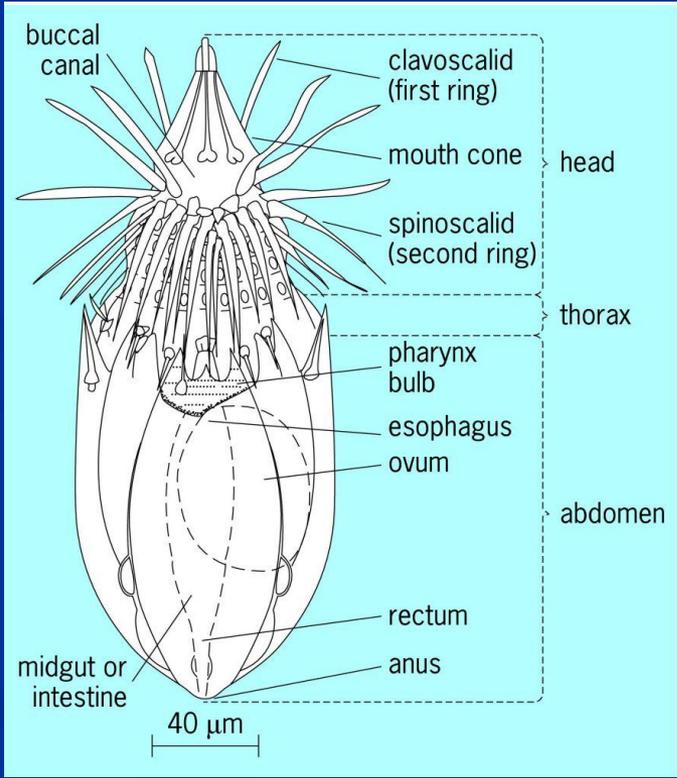
Phylum LORICIFERA



- capo, collo e tronco incassato in una lorica formata da placche protettive
- spine dette scalidi
- intestino muscolare con ghiandole salivari
- cervello e cordone nervoso ventrale
- La cavità corporea è uno pseudoceloma;
- bocca e ano

3 generi e 21 specie...per ora
...4 in Mediterraneo

Kristensen, 1983!



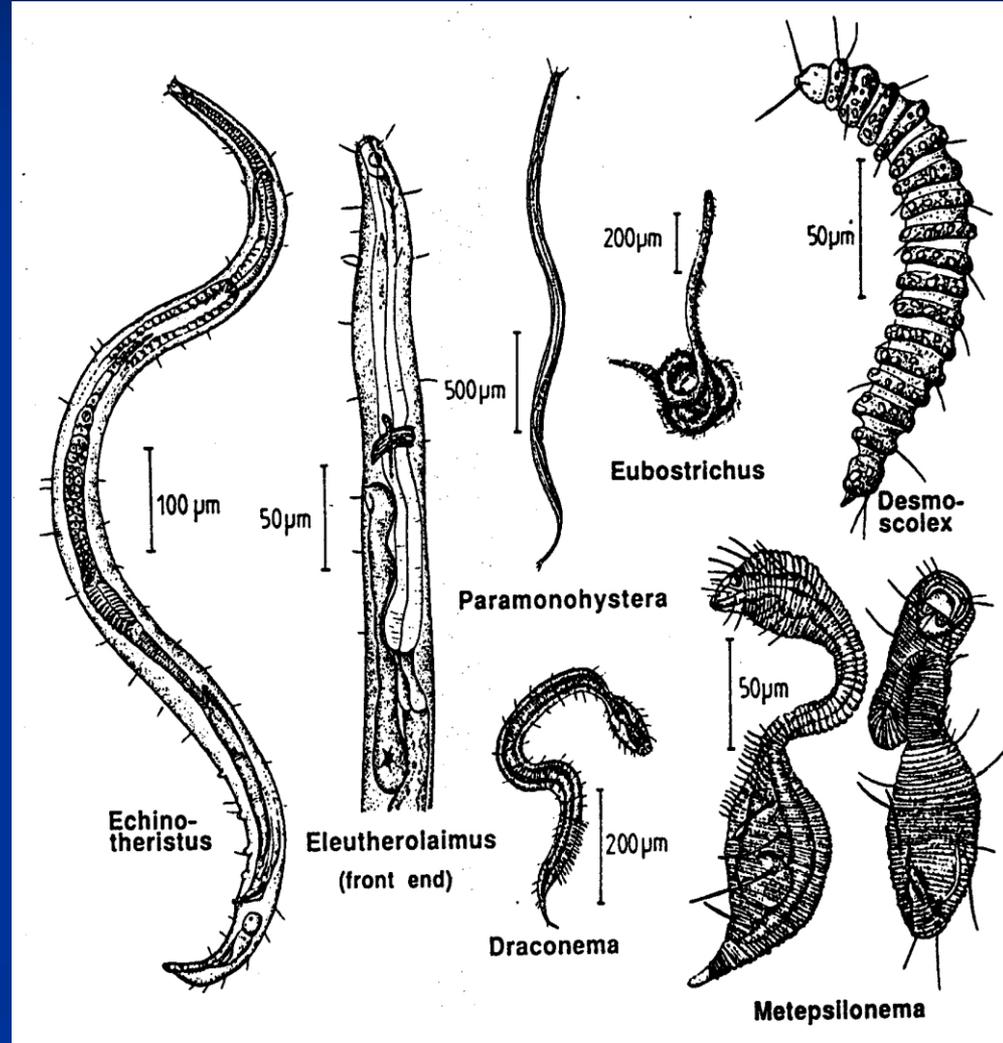
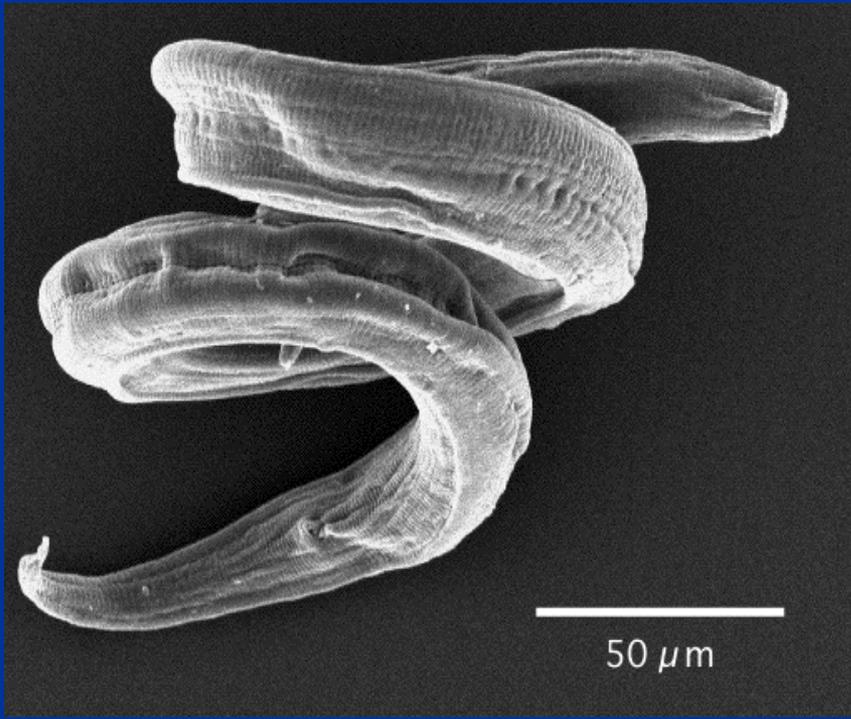
Phylum NEMATODA

Circa 60.000 specie di animali triblastici, pseudocelomati, vermiformi a simmetria bilaterale.

850 specie libere in Mediterraneo... finora



Epsilonema



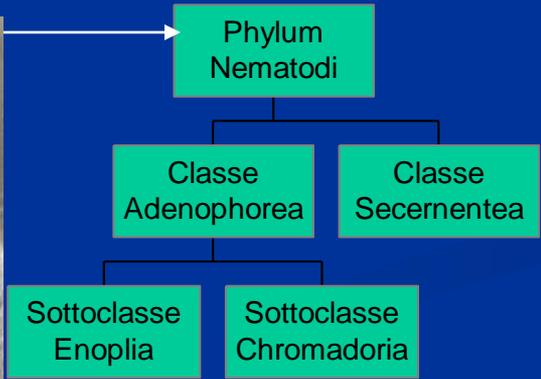
I NEMATODI

- Pseudocelomati con più successo in ogni ambiente
- Phylum più ricco di specie (60.000 conosciute)
- Da 0,1 mm a oltre 10 mm
- Presenti in tutti i tipi di substrati con rilevanti numeri
- Elementi per lo studio tassonomico



Draconema

- Regione cefalica
- Anfidio
- Cuticola
- App.copulatore maschile

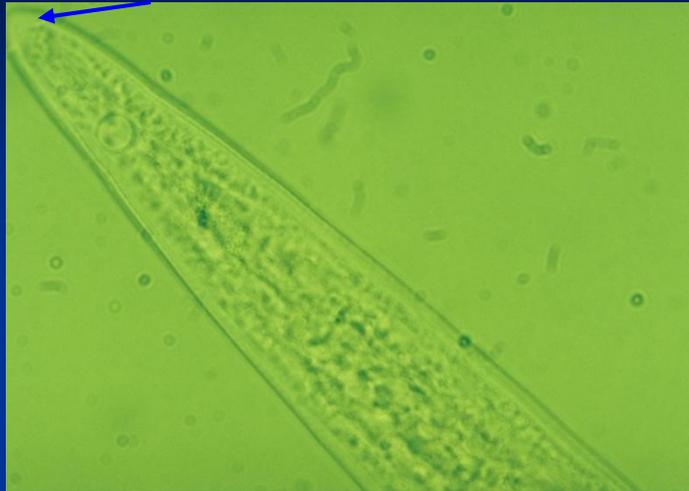


Desmoscolex



Desmodora

CAVITA' BUCCALE



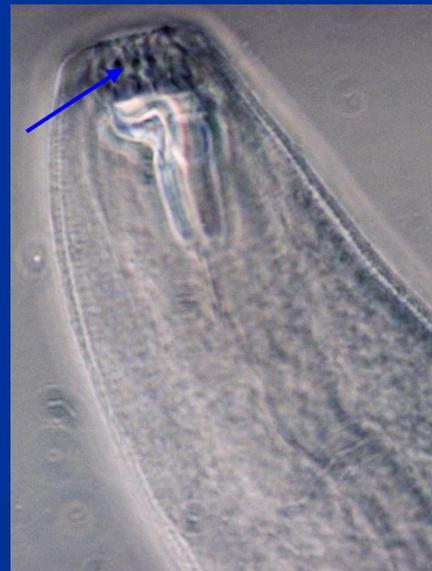
Astomonema (assente)



Terschellingia 1A



Sabatieria 1B



Gomphonema 2A



Sphaerolaimus 2B

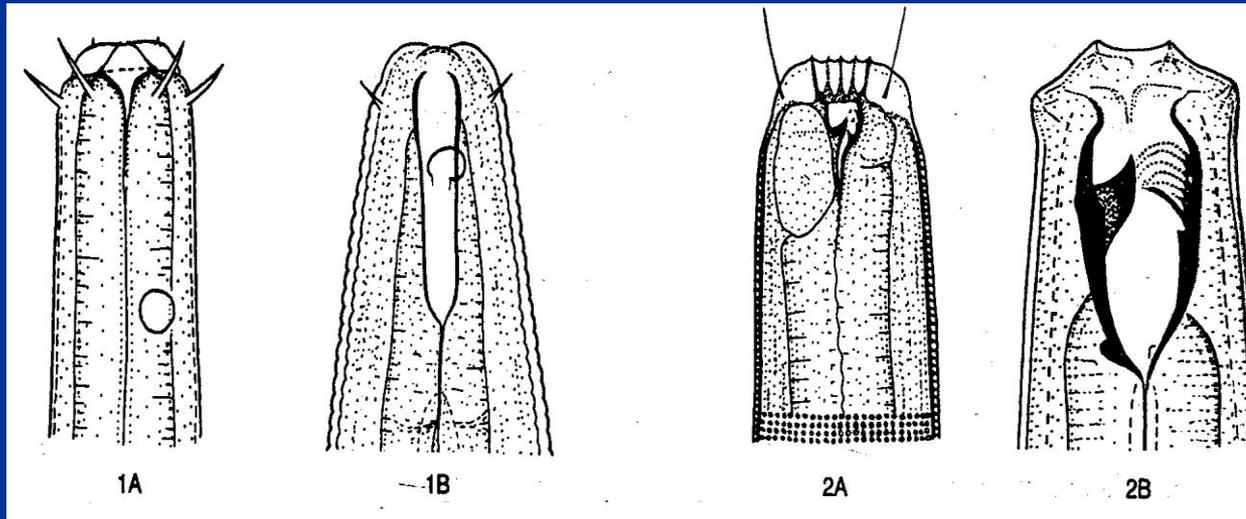
■ Nutrizione: predatori; erbivori (brucatori di diatomee bentoniche) e di epiflora; depositori e sospensivori.

SELECTIVE DEPOSIT-FEEDERS (1A):

- cavità boccale debolmente cuticularizzata
- particelle alimentari piccole, batteri, detrito

EPIGROWTH-FEEDERS (2A):

- cavità buccale ben sviluppata con denti e armature
- microalghe, batteri e piccole prede



NON SELECTIVE DEPOSIT-FEEDERS (1B):

- cavità buccale piccola o vestigiale, non cuticularizzata
- particelle alimentari di medie dimensioni, diatomee

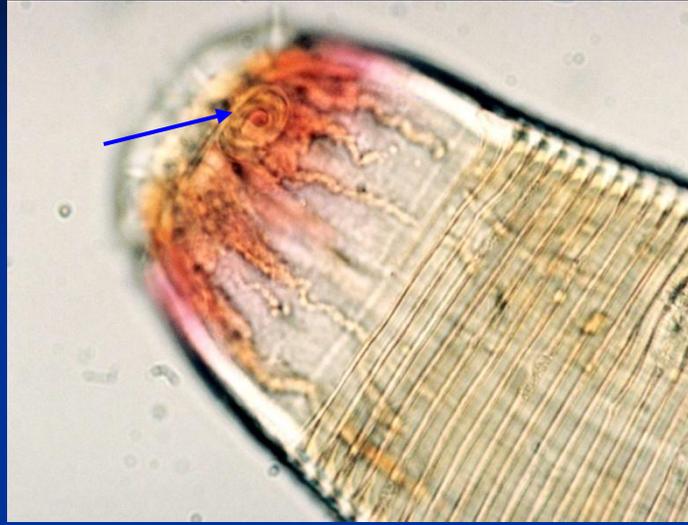
PREDATORS E OMNIVORES (2B):

- cavità buccali con armature robuste
- microrganismi e piccoli invertebrati, cisti

ANFIDI (organi di senso chimico)



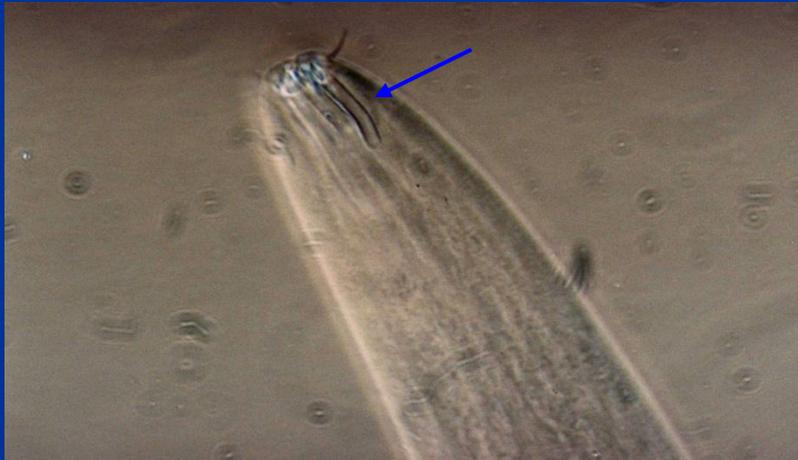
Axonolaimus



Desmodora



Setosabateria

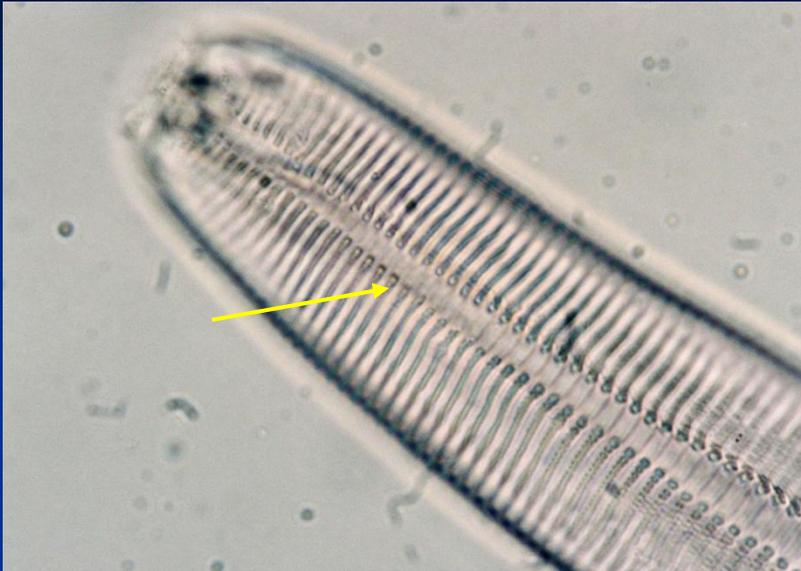


Parodontophora



Campilamus

CUTICOLA



Spilophorella



Metepsilonema



Parodontophora

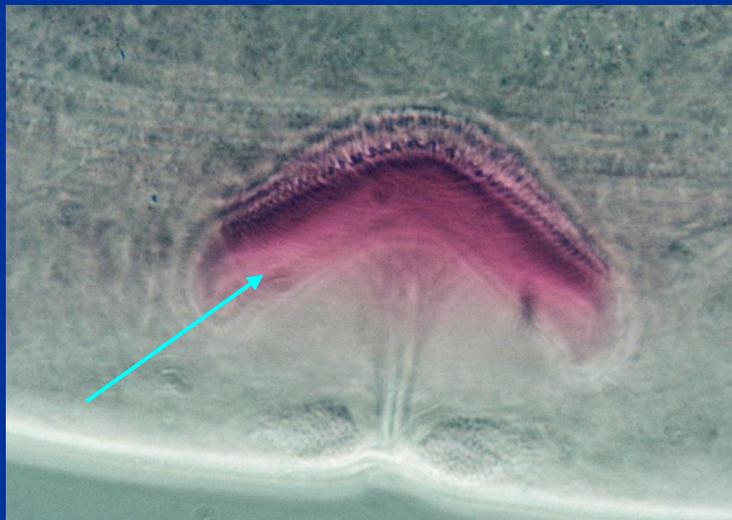
SISTEMA RIPRODUTTIVO



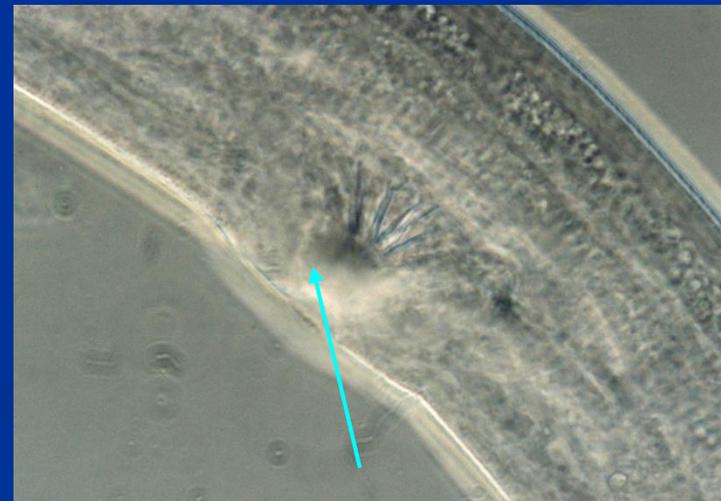
Setosabateria



Terschellingia



Dorylaimopsis



Spilophorella

Phylum ANNELIDA

■ Oligochaeta



- metamerici
- celoma usato da idroscheletro
- sete (chaetae) in basso numero
- fecondazione esterna, presenza di spermatozoi
- trocofora

■ Polychaeta

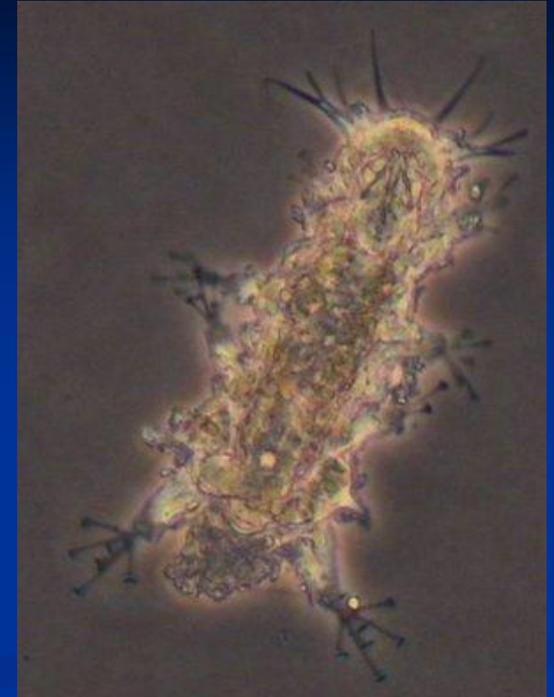
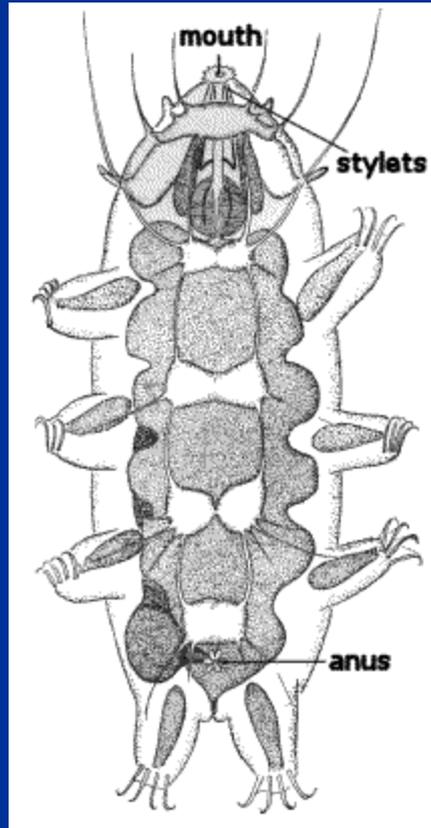
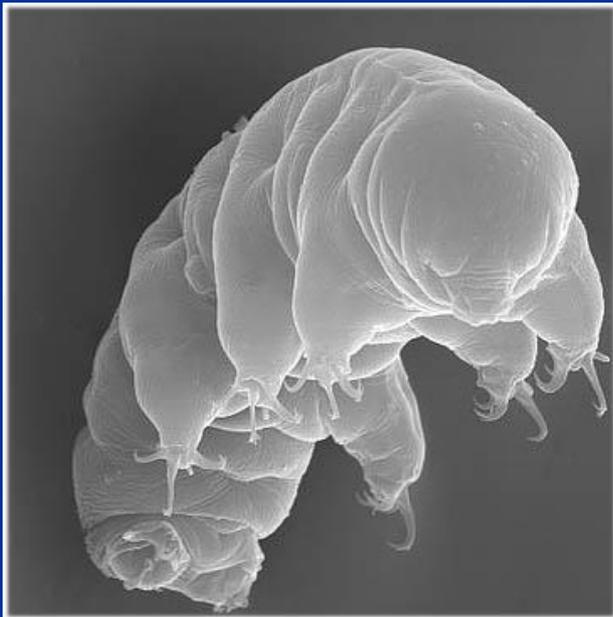
- evidente metameria
- celomati
- parapodi con chete, setole di chitina
- capo ben sviluppato



Phylum TARDIGRADA

Esclusivo della Meiofauna

- corpo formato da 4 segmenti, più la testa. 4 paia di appendici
- zampe con unghie retrattili o dita
- cuticola di chitina
- sistema nervoso ventrale
- emocele
- faringe muscolare con stiletti



Phylum ARTHROPODA

- Subphylum Chelicerata

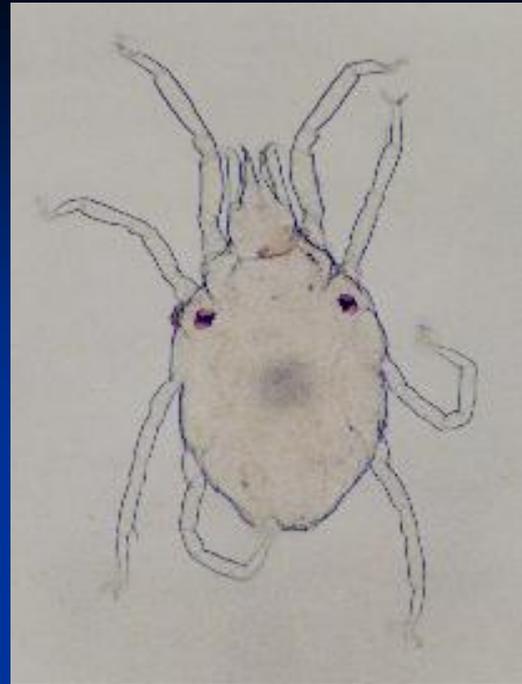
Classe Acari

- Subphylum Crustacea

Classe Branchiopoda

- Sottoclasse Cladocera

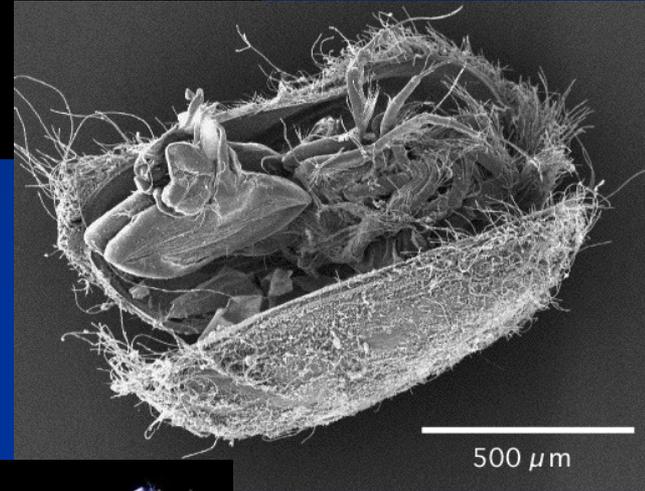
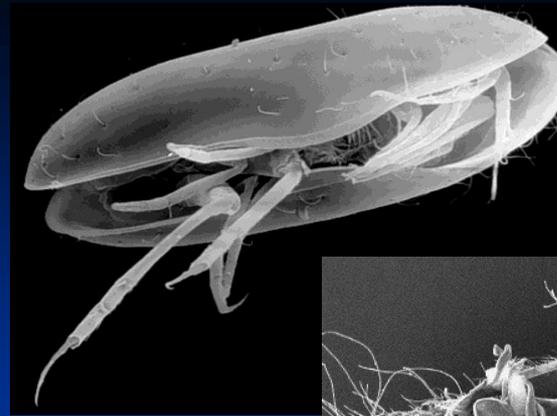
- carapace bivalve
- grande occhio composto
- due paia di antenne
- coda proiezione spinosa del carapace



Classe Maxillopoda

- Sottoclasse Ostracoda

- carapace bivalve
- addome assente o ridotto
- 5-8 paia di appendici
- gonadi relativamente grandi
- 8 stadi larvali



- Sottoclasse Mystacocarida

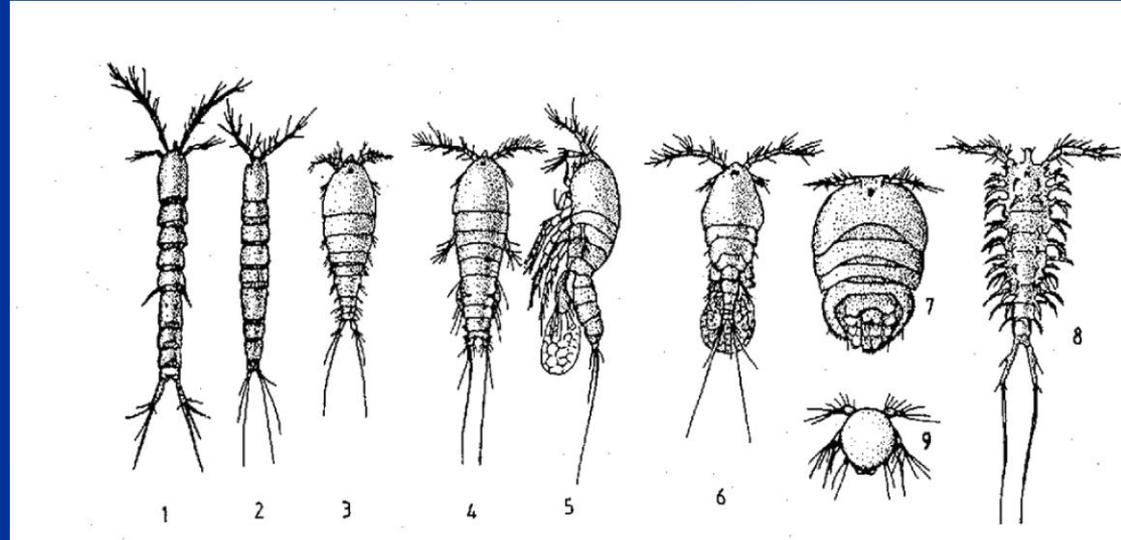
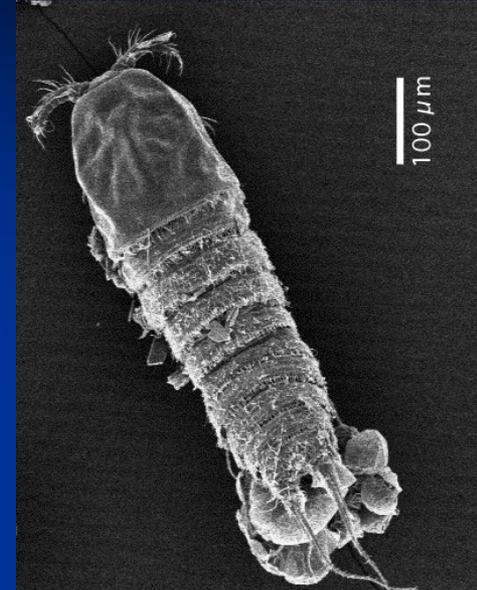
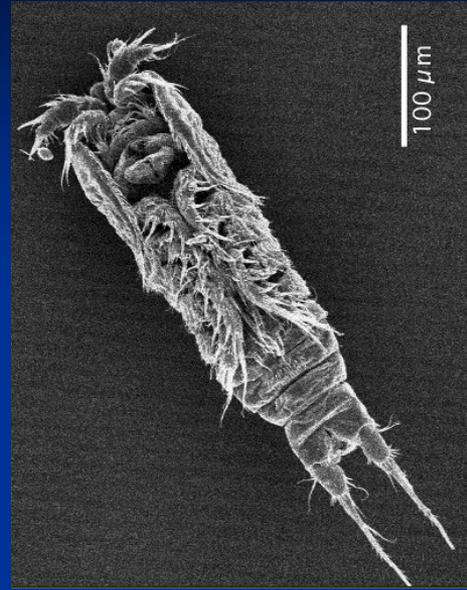


Derocheilocaris remanei

Sottoclasse Copepoda, Ordine Harpacticoidea



- occhio singolo
- carapace con robuste antenne
- prosoma: 6 segmenti toracici, con appendici
- urosoma: 4 segmenti addominali + telson



Classe Malacostraca

- Sottoclasse Cumacea



- Sottoclasse Tanaidacea

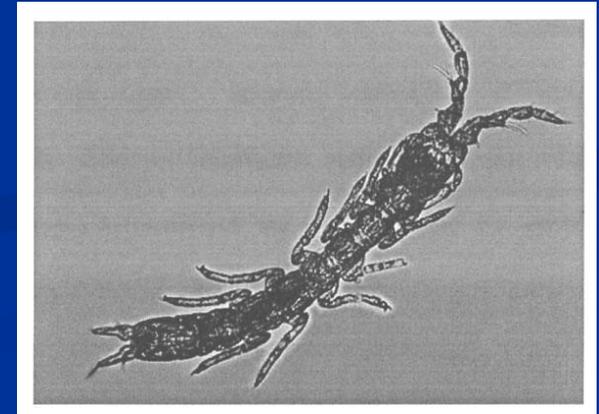


- carapace
- pereion: 6 segmenti toracici con pereiopodi
- pleon: 5 segmenti addominali con pleopodi
- telson: con un paio di uropodi

- Sottoclasse Amphipoda (8+5+1)



- Sottoclasse Isopoda (8+5+1)



Altri phyla

- Mollusca

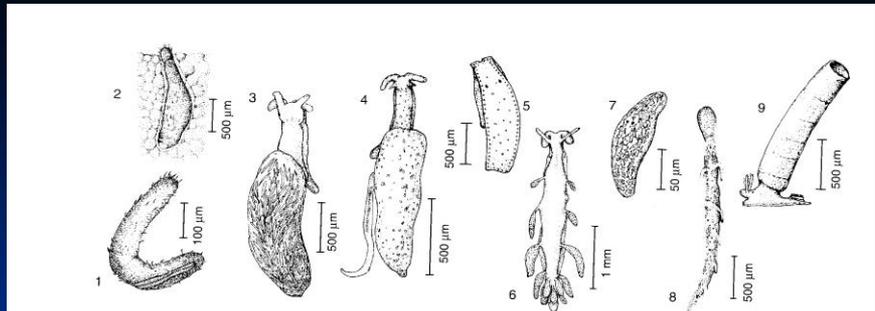


Fig. 5.48 Some meiobenthic Mollusca: 1, Meioherpia; 2, Prochaetoderma; 3, Hedylopsis spiculifera; 4, Microhedyle; 5, Philinoglossa; 6, Embletonia; 7, Rhodope; 8, Pseudovermis; 9, Caecum. (Various authors)

- Echinodermata - Holothuroidea

- Ectoprocta (Bryozoa)

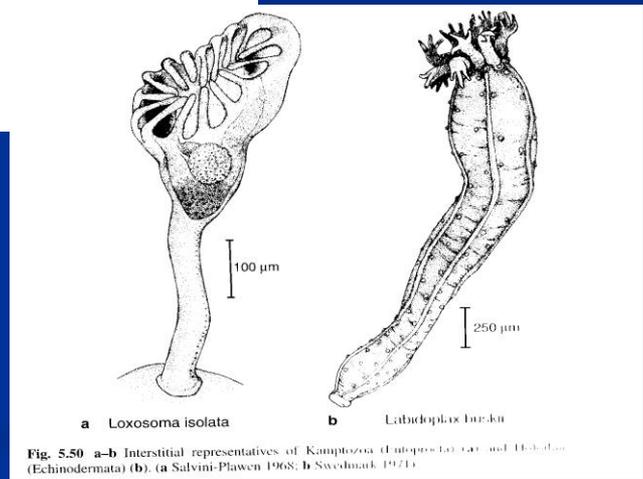


Fig. 5.50 a-b Interstitial representatives of Kamptozoa (Ectoprocta) (a) and Doliolus (Echinodermata) (b). (a) Salvini-Plawen 1968; (b) Swedmark 1971

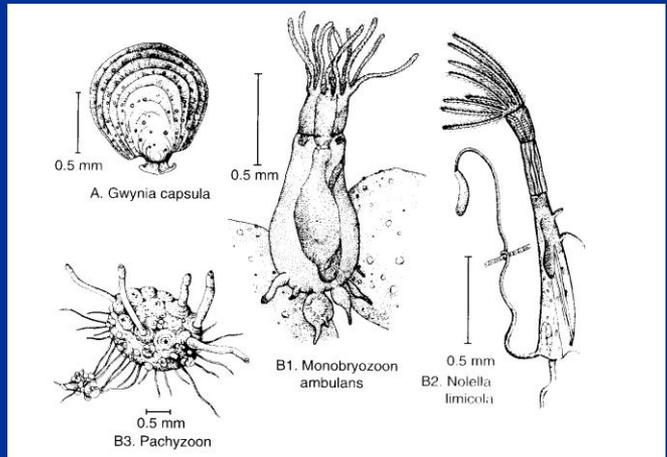
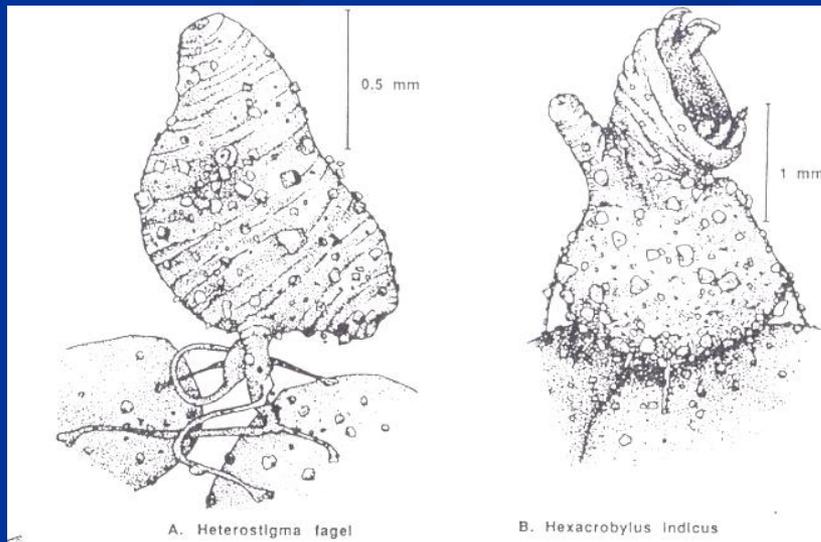


Fig. 5.49 a-b Meiobenthic Tentaculata: a Brachiopoda; b Bryozoa. B1, B2 Gametozooids; B3 Lunulitiformes. (a) Swedmark 1967; (b) Remane 1936b, b2 Pearson 1960, b3 Colloff 1971



- Chordata - Ascidiacea

Struttura e distribuzione

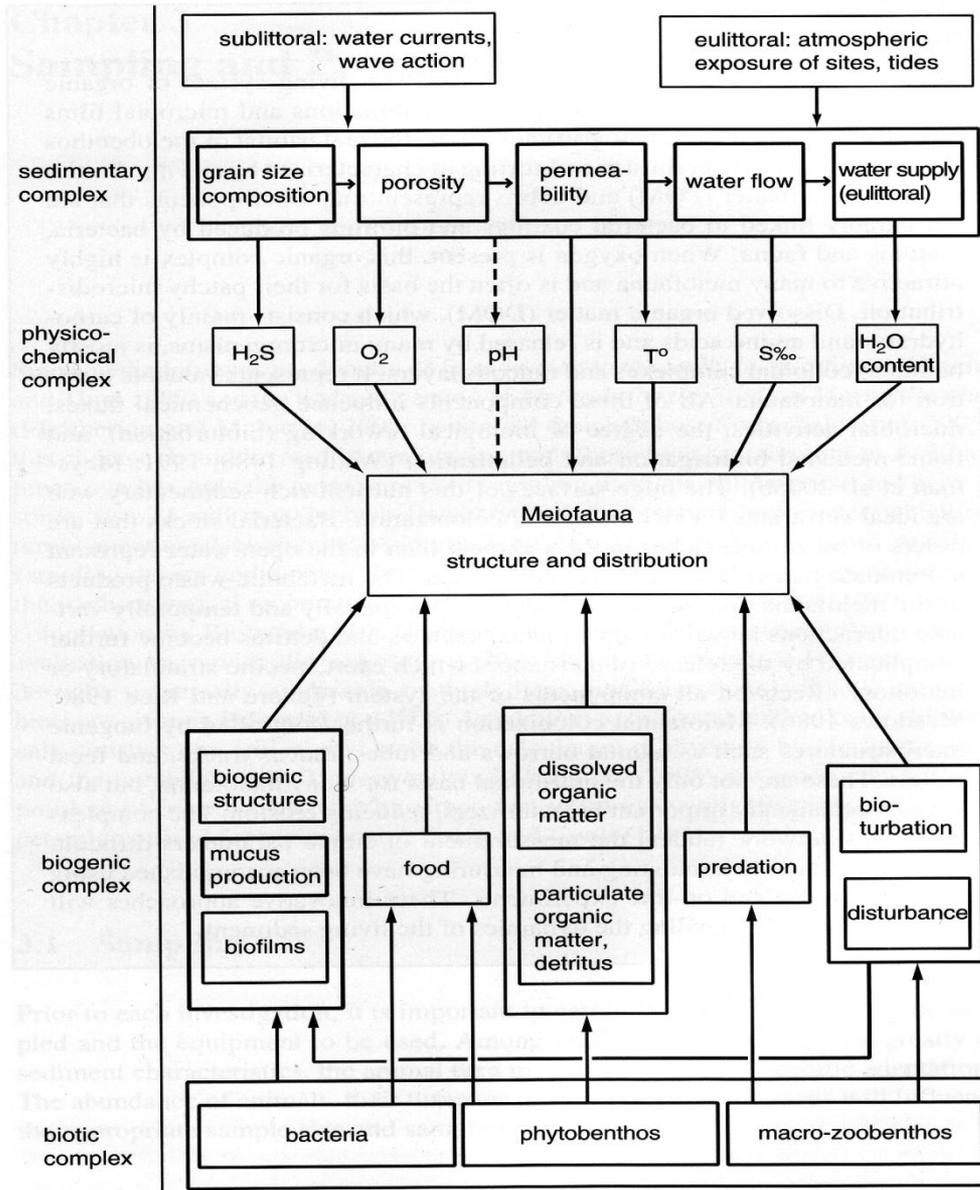


Fig. 2.16 A schematic factorial web structuring the habitat of meiobenthos

Comparto Idrologico

Comparto Sedimentario

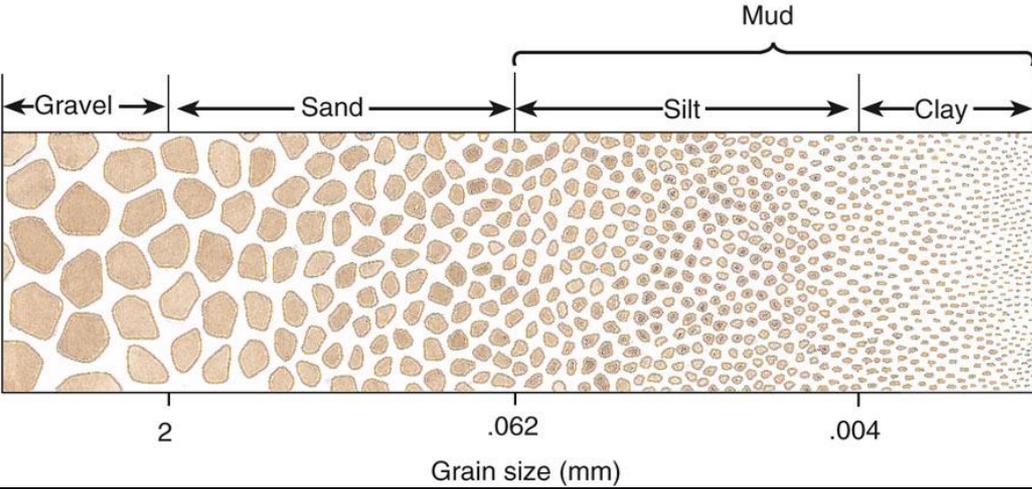
Comparto chimico-fisico

Comparto biogenico

Comparto biologico

Granulometria e Sorting

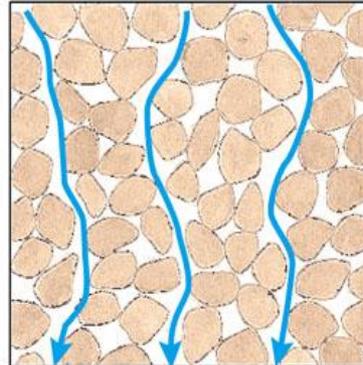
Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display.



- La granulometria influenza la taglia e la forma degli organismi

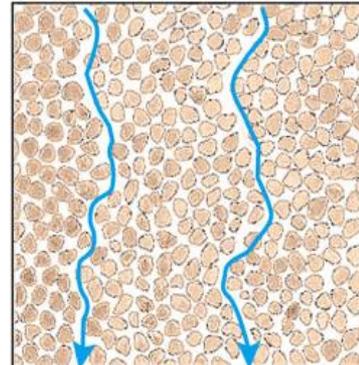
Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display.

Well-sorted (coarse)



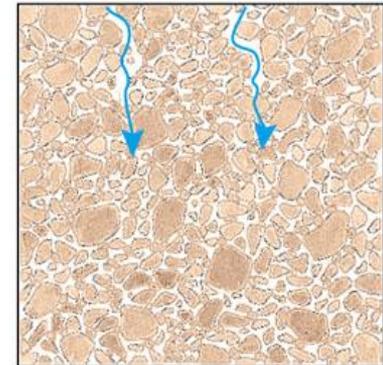
(a) Water drains quickly

Well-sorted (fine)



(b) Water drains slowly

Poorly sorted

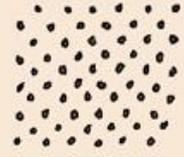


(c) Water blocked

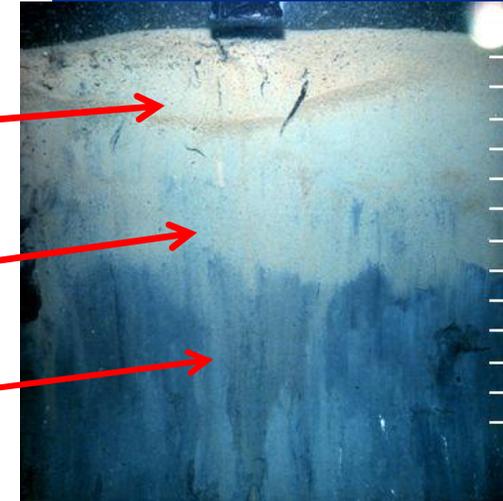
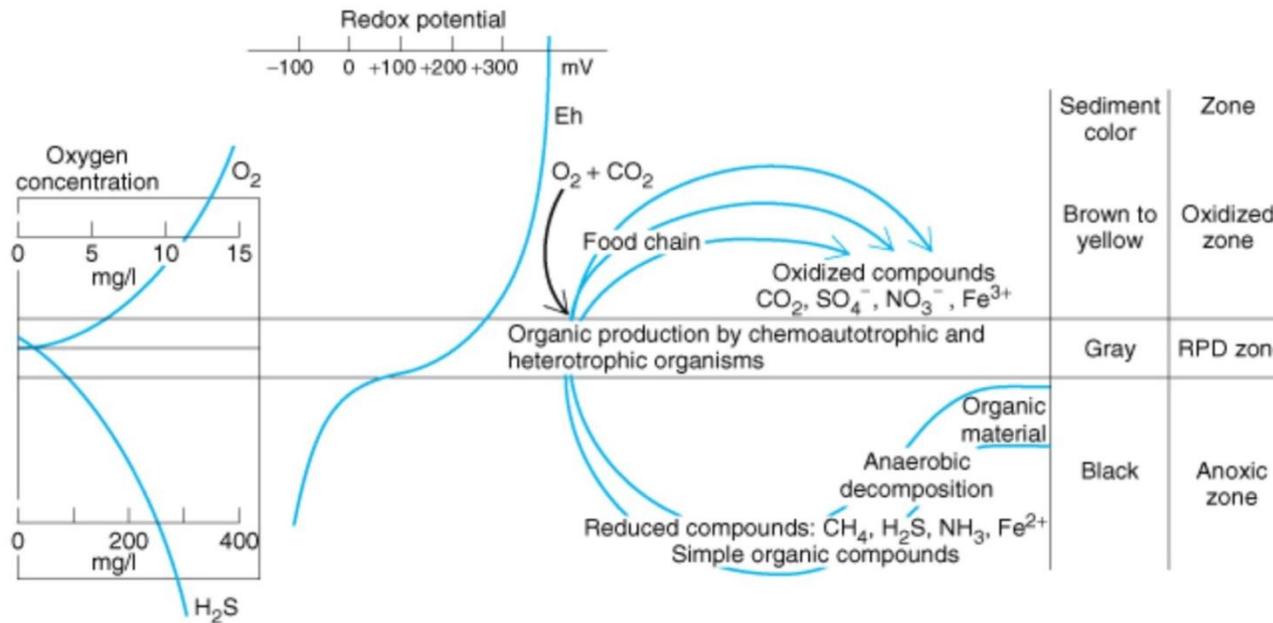
- La granulometria condiziona la circolazione dell'acqua
- La circolazione dell'acqua distribuisce i materiali organici

Azione delle onde: Turbolenza

- Risospensione dei sedimenti e degli organismi
- Riassortimento dei sedimenti e degli organismi

	More turbulence	Less turbulence
Size of sediment particles	 <p>Sand</p>	 <p>Mud</p>
Oxygen and detritus concentration	More oxygen, less detritus	Less oxygen, more detritus

Ossigeno e Potenziale Redox (Eh)

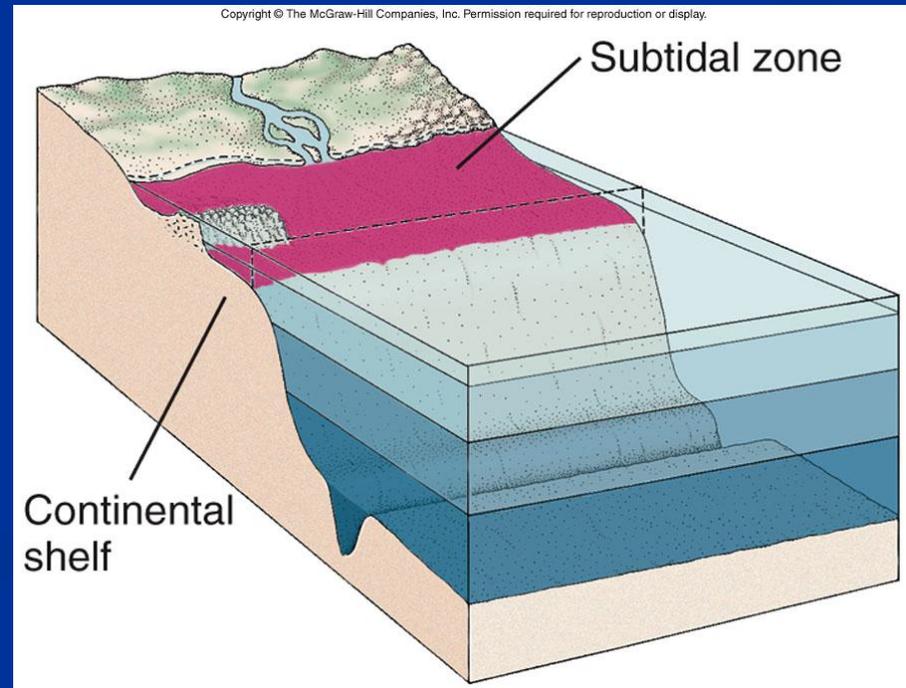


© Copyright 2001 by Benjamin Cummings, an imprint of Addison Wesley Longman.

- I sedimenti fangosi presentano un RPD più superficiale
- L'RPD più superficiale limita la distribuzione verticale della meiofauna

Altri Fattori Abiotici

- **Temperatura**
 - Stenotermi e stenoalini nella zona subtidale
- **Salinità**
 - euritermi e eurialini nella zona intertidale
- **Luce** (componente microfitobentica)
- **Profondità** (e.g. input organico)



Fattori biotici

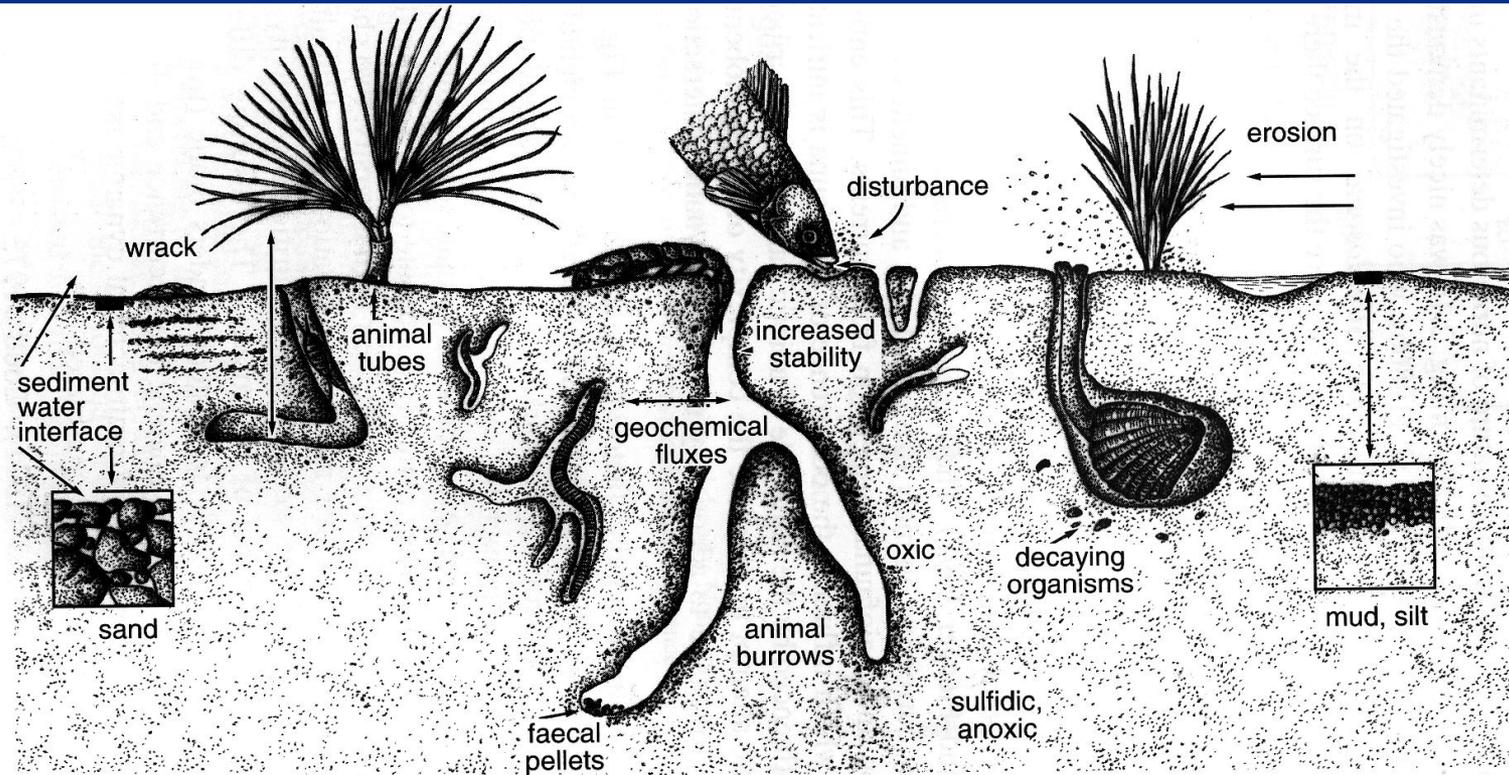
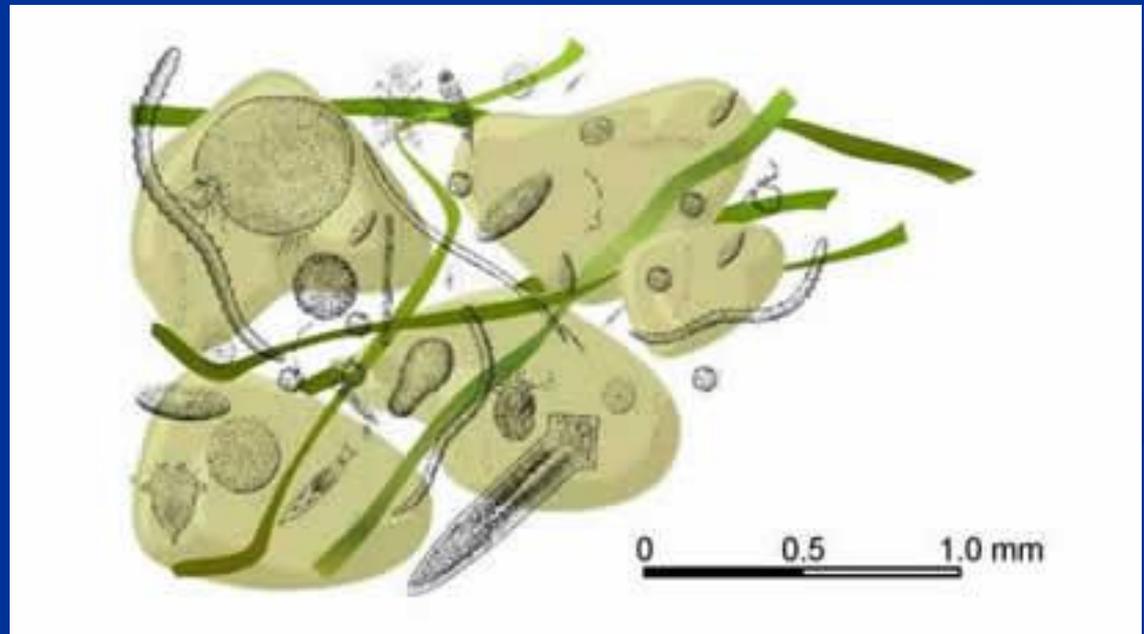


Fig. 2.15 An illustration of the biotic factors structuring the occurrence of meiofauna in a tidal flat sediment. (Compiled from Meadows 1986; Anderson and Meadows 1978, and other authors)

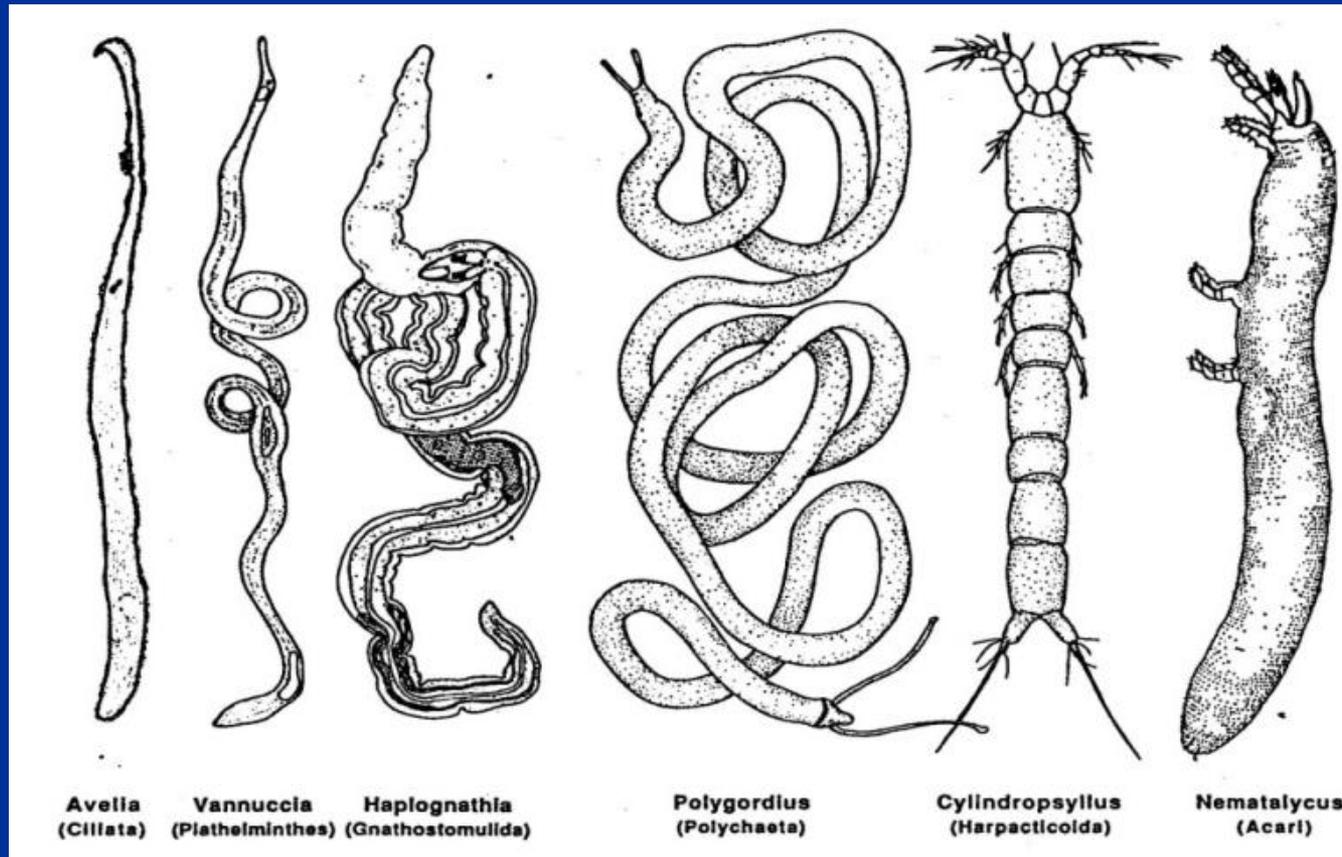
Biologia

- **Adattamenti morfologici**
- **Locomozione**
- **Nutrizione**
- **Cicli vitali**

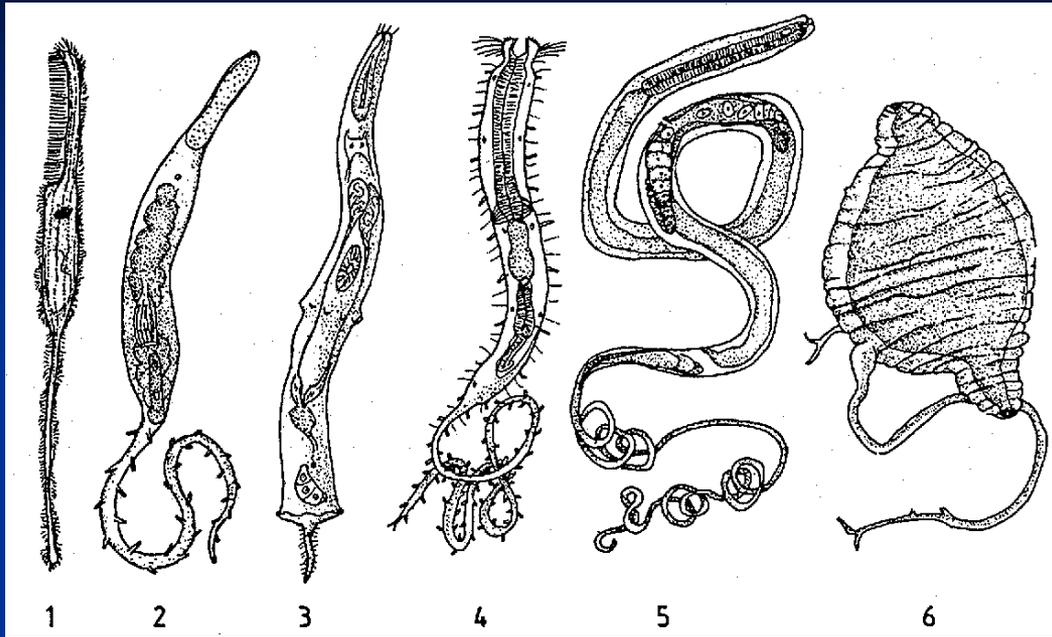


Adattamenti morfologici

- Taglia corporea: piccola
- Forma del corpo: vermiforme e/o appiattita
- Riduzione della 'complessità' - essenzialità



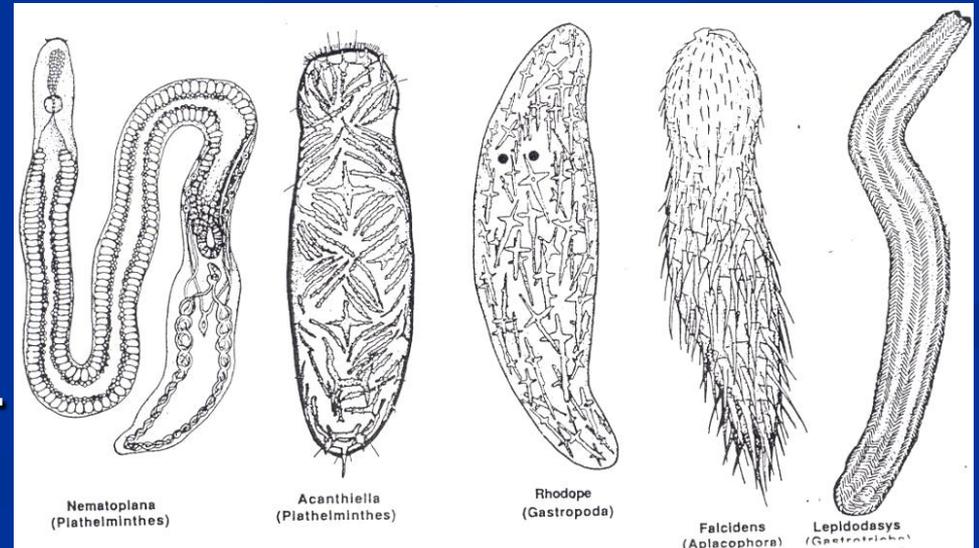
■ Appendici caudali allungate



Animali interstiziali caudati:

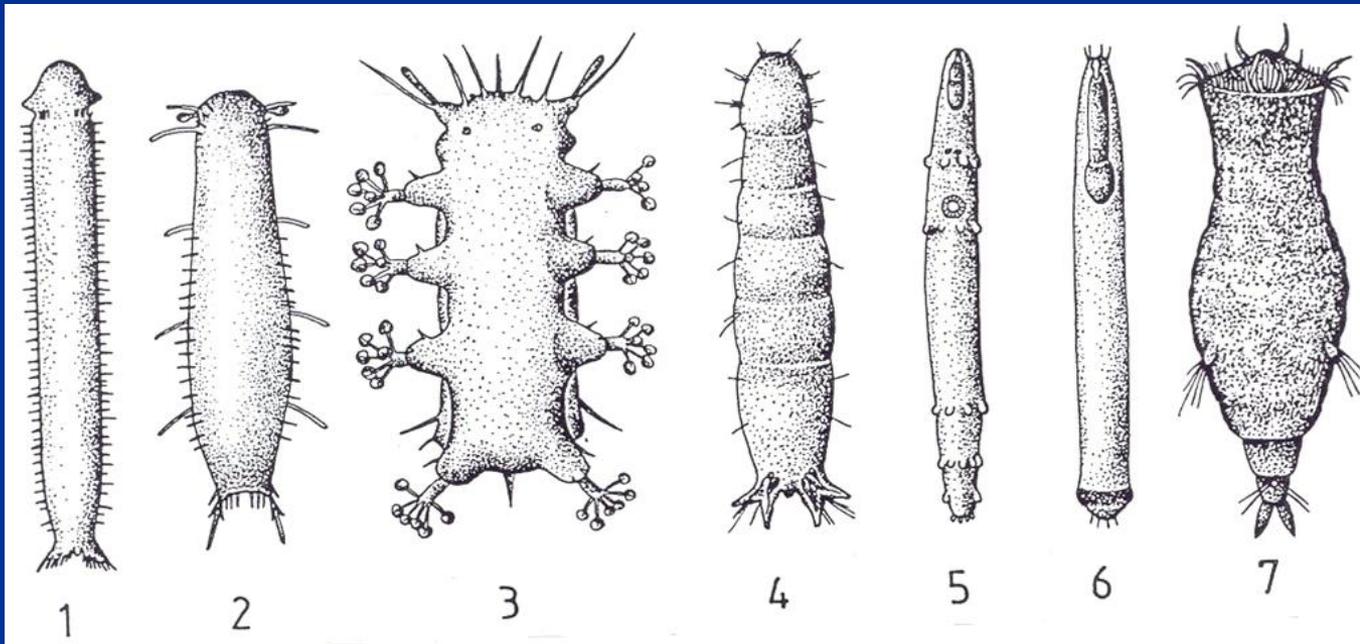
- 1) *Spirostomum filum* (Ciliata);
- 2) *Boreocelis urodasyoides* (Turbellaria);
- 3) *Thylacorhynchus caudatus* (Turbellaria);
- 4) *Urodasys viviparus* (Gastrotricha);
- 5) *Trefusia longicauda* (Nematoda);
- 6) *Heterostigma fagei* (Ascidiacea)

■ Pareti corporee irrobustite: spicole, spine, scaglie...



Movimento

- Contrazioni e rilassamenti rapidi
- Organi adesivi e organi di senso statico: ghiandole epidermiche (doppia ghiandola), papille, tubuli adesivi e statocisti



1) Turbanella (Gastrotricha)

2) Thaumastoderma (Gastrotricha)

3) Batillipes (Tardigrada)

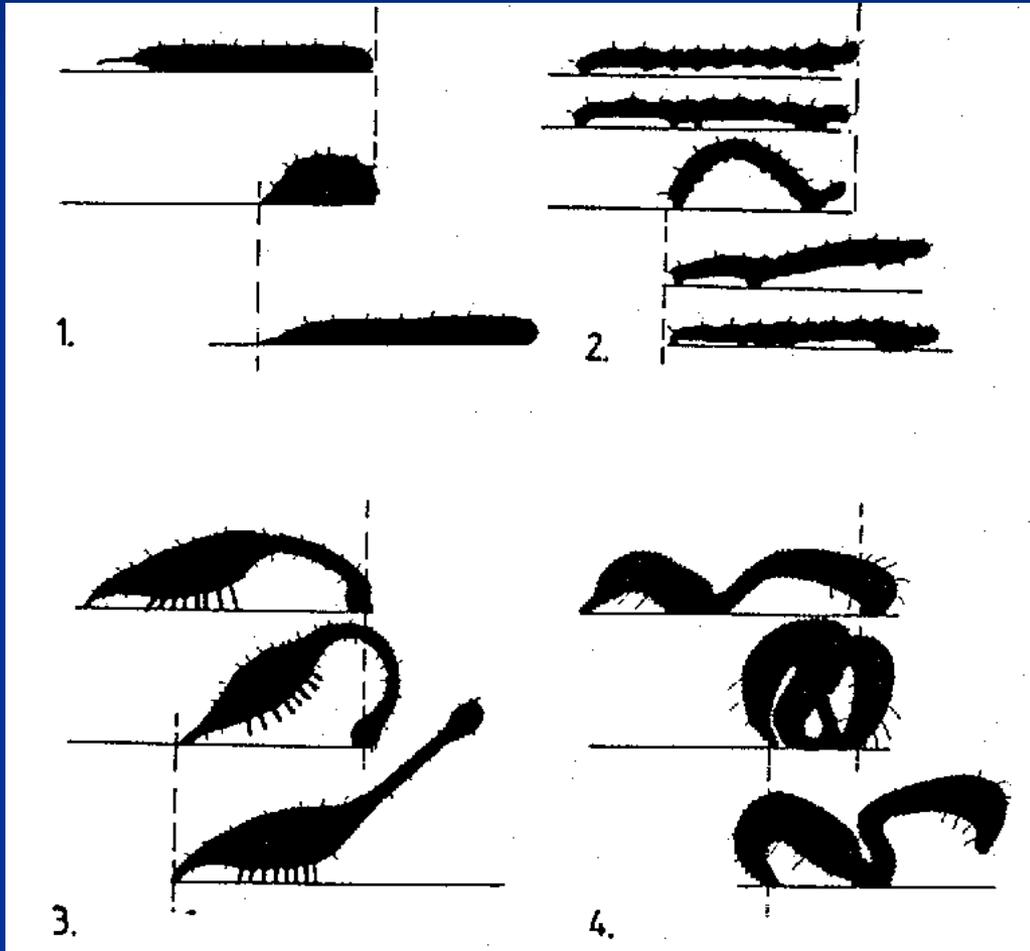
4) Diurodrilus (Polychaeta)

5) Cicerina (Turbellaria)

6) Rhinepera (Turbellaria)

7) Lindia (Rotifera)

- Locomozione: strisciamento (crustacea), contorsioni (nematoda) and scorrimento ciliare (platyhelminthes)



Movimento a "Loop" in vari taxa di animali meiobentici.

1 *Macrodasya* (Gastrotricha).

2 *Rheomorpha* (Annelida).

3 *Draconema* (Nematoda).

4 *Epsilonema* (Nematoda).

Riproduzione

- Ancora poco conosciuta
- Bassa produzione di gameti (1-10 uova/ind.)
- Media di 3 generazioni/anno alle nostre latitudini
- Meccanismi di fecondazione:
 - Copulazione (Crustacea, Harpacticoidea)
 - Spermatofore
 - Ermafroditismo (ad es. Gastrotricha)
- Meccanismi per assicurare la sopravvivenza dei juveniles
 - **Assenza di larve pelagiche**
 - Uova 'adesive'
 - Tasche incubatrici,

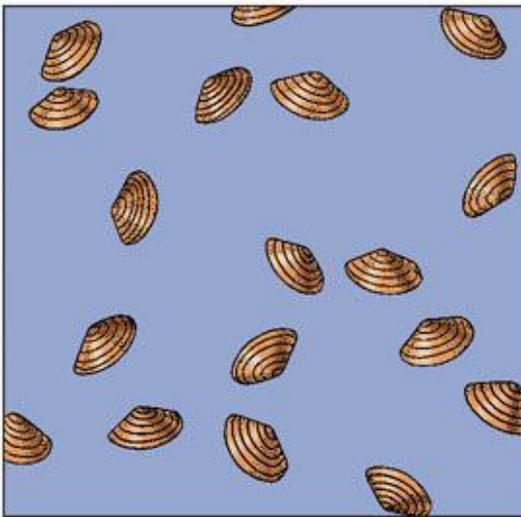
Ecologia

- **Abbondanza e Distribuzione**
 - $\sim 1000-6000 \text{ ind./10cm}^2 = \sim 10^6 \text{ ind./m}^2$
 - Biomassa: da $\sim 1-2 \text{ g/m}^2$ fino a 5 g/m^2
 - Abbondanza di solito decresce con la profondità
 - Abbondanza decresce con il diminuire dell'ossigeno nei sedimenti
 - Abbondanza può variare in funzione stagionale
- **Thiobios (tolleranti H_2S)**
- **Sensibilità a fenomeni di inquinamento**
- **Migrazioni verticali nel sedimento**

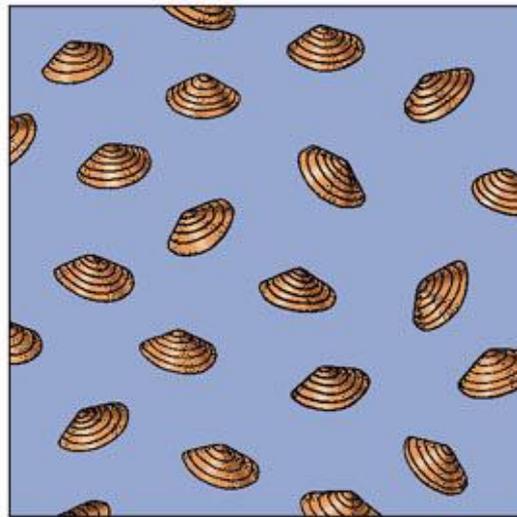
■ Distribuzione contagiosa (Patchy)

- Le risorse sono distribuite a 'patches'
- La macrofauna crea 'bioturbazioni'
- Bassa capacità di dispersione

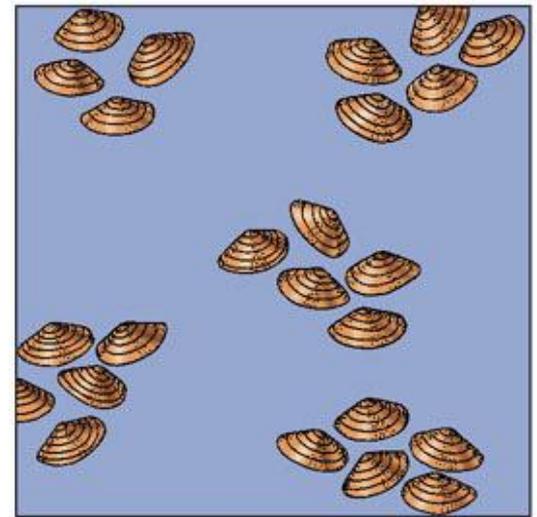
Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display.



(a) Random



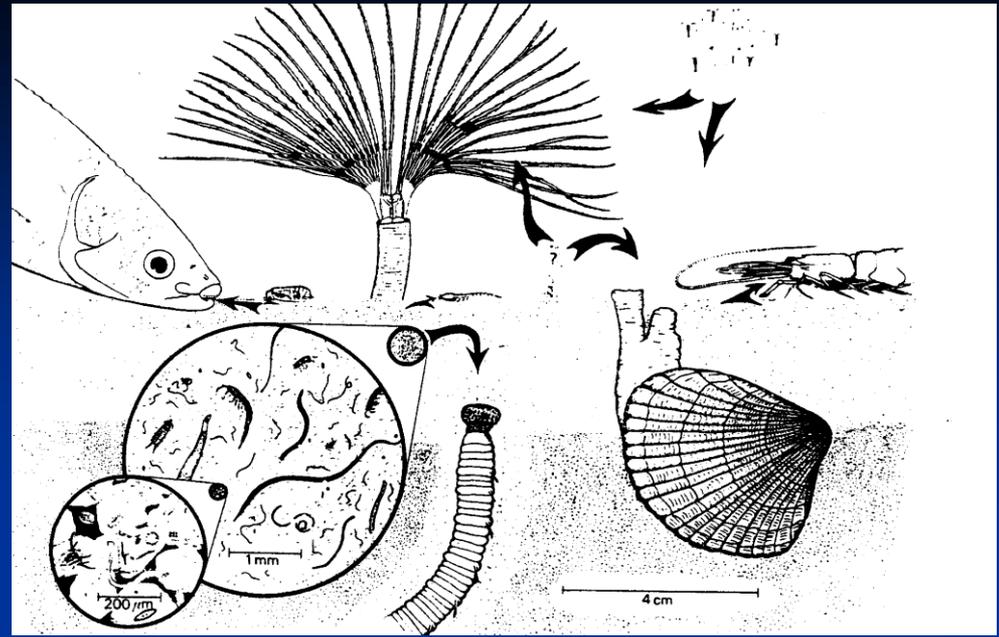
(b) Regular



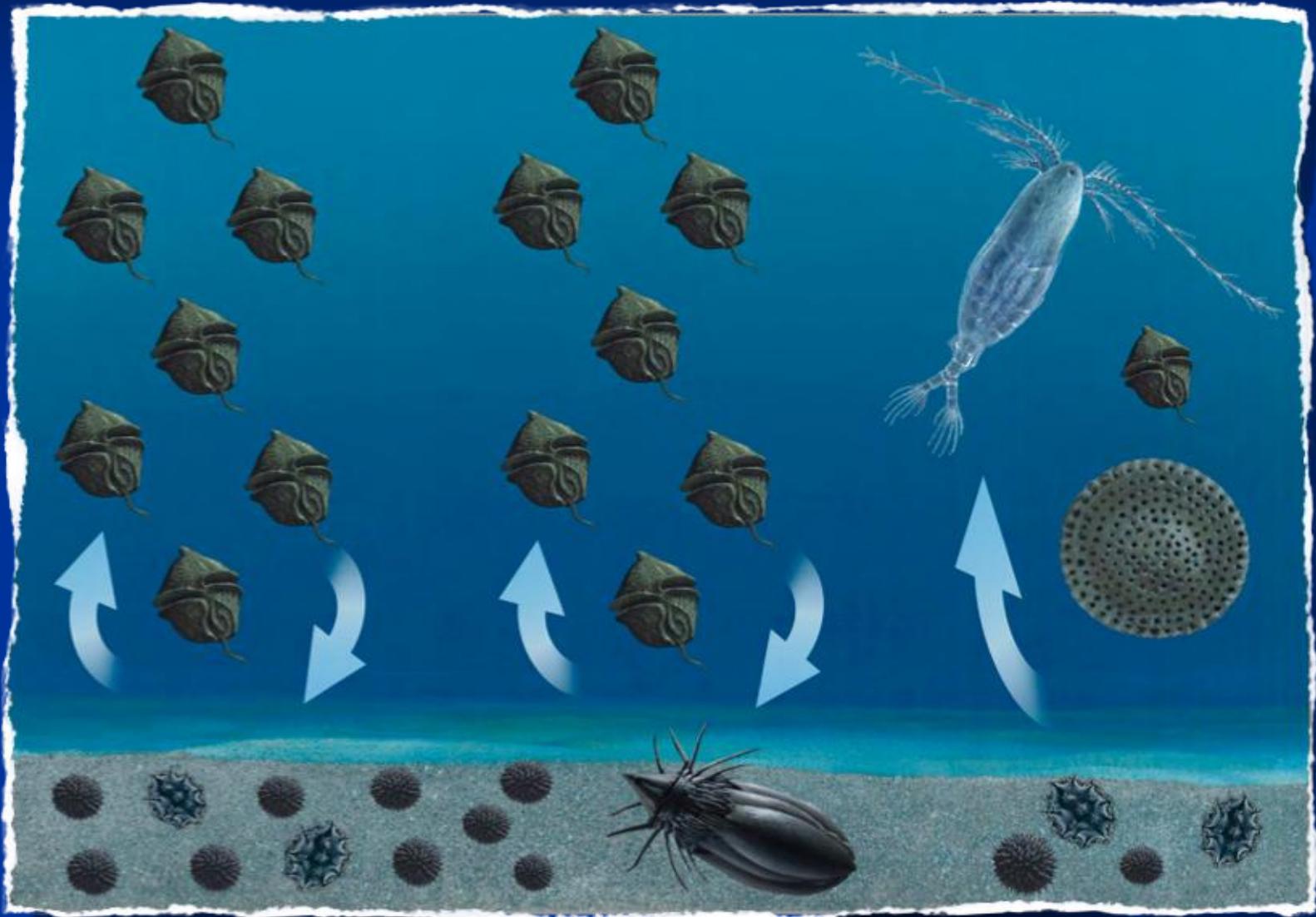
(c) Patchy

■ Relazioni trofiche

- Non ancora studiate a fondo
- Predazione selettiva da parte di pesci (adulti-juveniles)
- Gruppi trofici
 - Predatori
 - Erbivori/Batterivori
 - Depositivori
 - Sospensivori

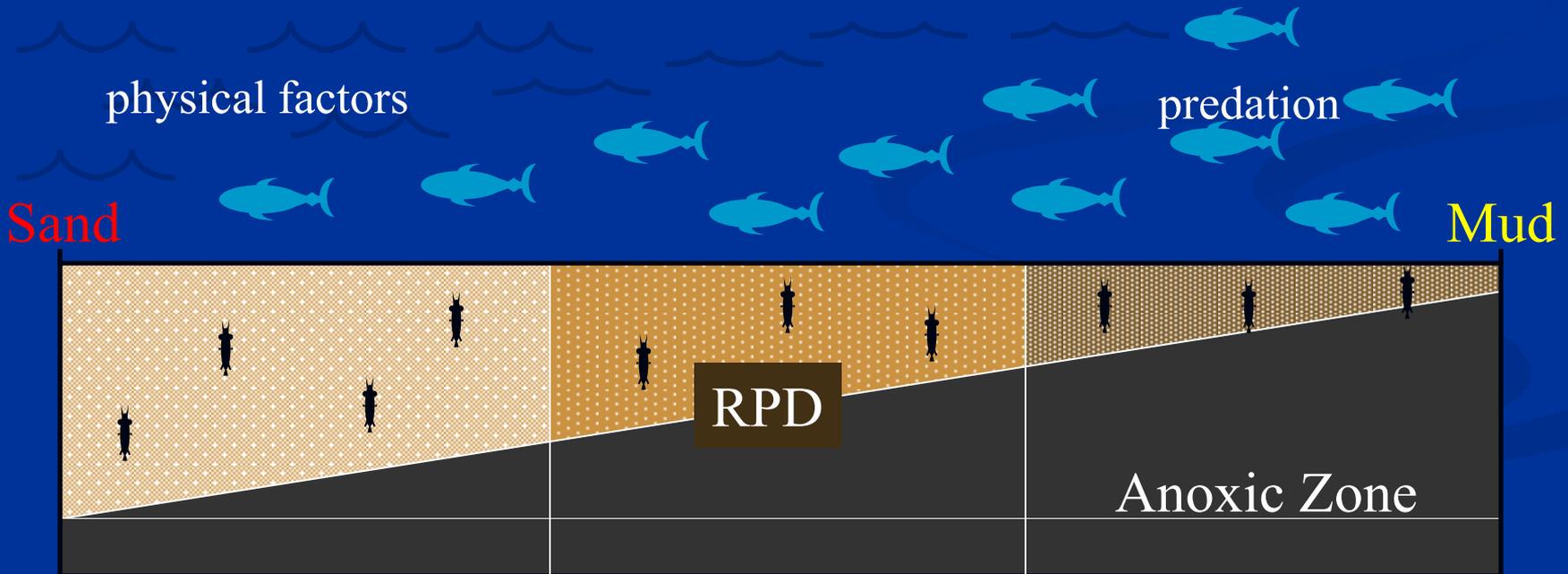


Un altro ruolo per la meiofauna: coupling bento-pelagico



Fattori di controllo delle comunità meiobentoniche

- Coull (1985):
 - Nei fanghi sono limitate dalla predazione.
 - Nelle sabbie sono limitate da fattori fisici.



Modelli biogeografici e meccanismi di dispersione

- Nessun gradiente latitudinale nella ricchezza di specie
- Dispersione con larve non-mobili?
- Tettonica a zolle ? (Sterrer, 1973)



Tempeste



Relitti galleggianti



Uccelli migratori

Meccanismi di dispersione

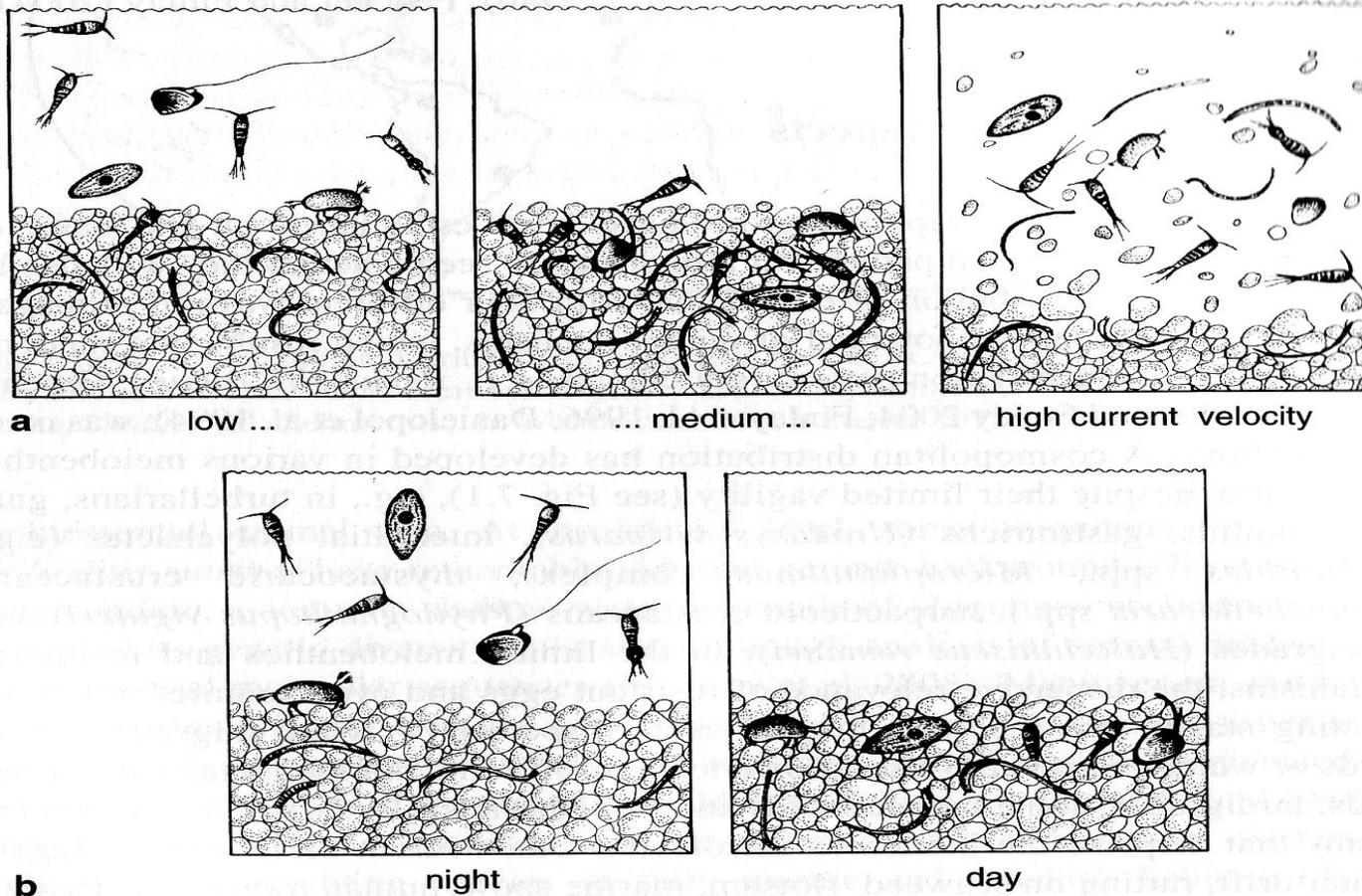


Fig. 7.2a–b Current-induced (a) and diurnal (b) emergence, erosion and re-entry of meiofauna. (After Armonies 1994)

Origine progenetica dal macrobenthos?

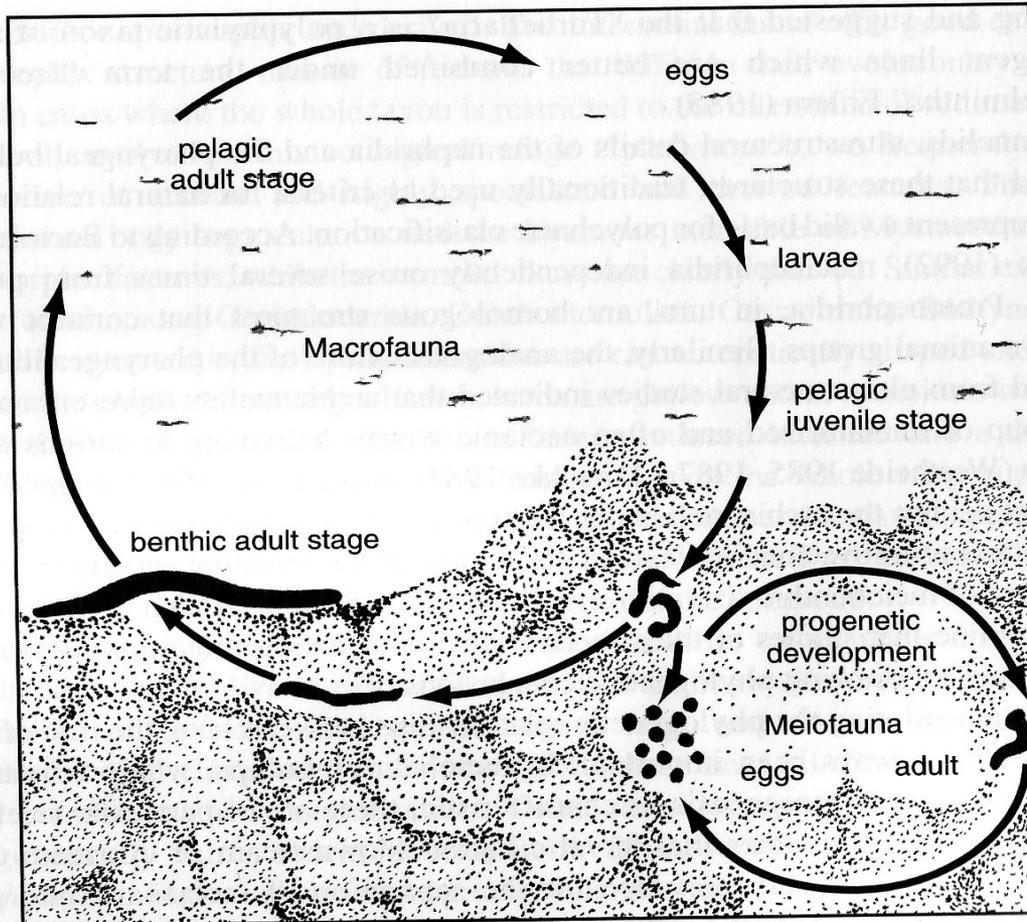


Fig. 6.1 Hypothetical progenetic origin of the interstitial meiobenthos, which evolved from the macrobenthos with a meroplanktonic larval phase. (After Westheide 1987a)

Perchè la Meiofauna è importante?

- Rapporti Trofici
- Onnipresenza (habitat) → indicatori
- Contributo al rapido riciclo dei materiali
- Phyla esclusivi e criptici → biodiversità
- Filogenesi

Meiofauna

- Piccoli (42 μm – 1 mm)
- Forme libere in tutti gli habitat
- Enorme abbondanza
- Rapido turnover
- Forme larvali esclusivamente bentoniche
- Sensibilità a fenomeni di inquinamento
- Risposta differenziale dei taxa più importanti

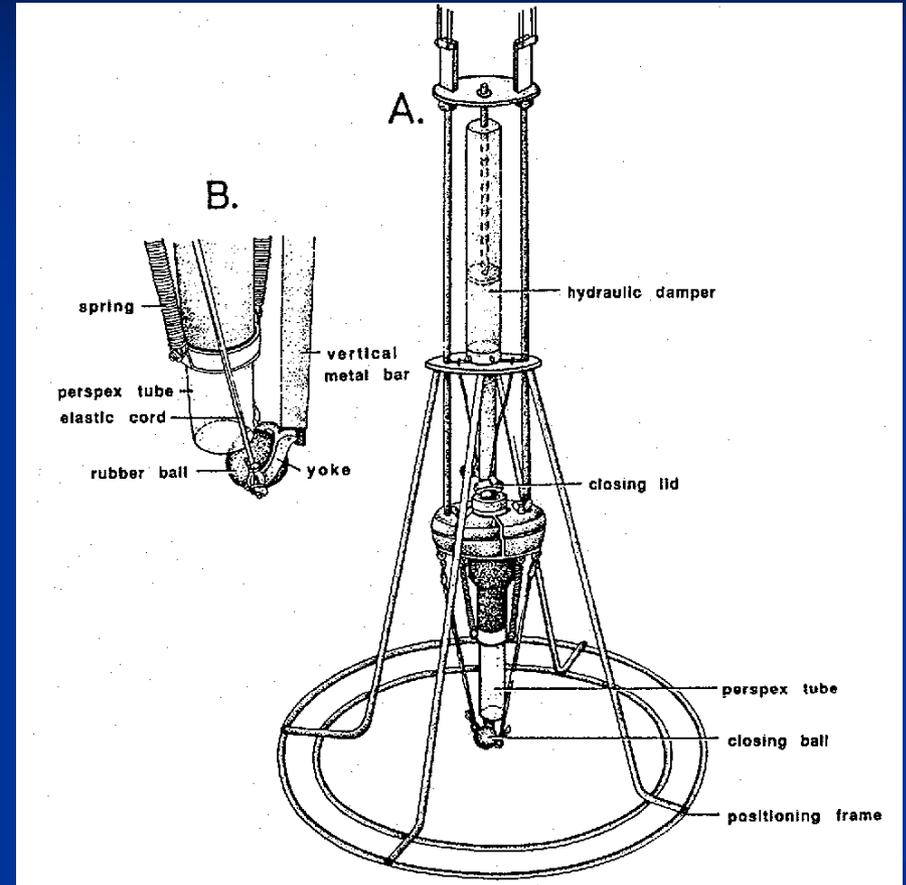


Bioindicatori ideali per il monitoraggio ambientale

Metodi di campionamento



Benna Van Veen



Craib corer

Metodi di campionamento



Multicorer



Misure di Eh



Foto 1



Foto 2

Sottocarotaggio da benna

Trattamento dei campioni

- Estrazione:
- In vivo: Anestetizzazione in $MgCl_2$ al 5% in acqua di mare filtrata.
- Fissazione in formalina/acqua di mare al 5%
 - Sabbie: Agitazione e Decantazione o Elutriazione
 - Fanghi: Flottazione con Ludox A.M. (silice colloidale)
 - Filtrazione attraverso setaccio da $45 \mu m$
- Sorting e conteggio allo stereomicroscopio
- Allestimento di vetrini per microscopio ottico composto

Caratteristiche strutturali

- Densità ($ind. \cdot 10cm^{-2}$)
- Biodiversità: Shannon-Wiener index (H') and Pielou index (J)