

# Il biomonitoraggio

Il monitoraggio è il processo di raccolta sistematica di dati qualitativi e quantitativi, operata con una procedura standardizzata in un dato periodo di tempo. Pertanto, il **biomonitoraggio** è un sistema integrato di valutazione nel tempo, secondo metodiche biologiche ben definite e con obiettivi precisi, dell'ambiente.

- I problemi dell'impatto antropico si rivolgono prevalentemente agli ambienti marini costieri (incluso il dominio paralico)
- Sono ambienti molto popolati (ad esempio le coste italiane)
- Le principali azioni «dannose» sono le attività domestiche, agricole, industriali, traffico portuale
- Numerose direttive si occupano di guidare i ricercatori verso obiettivi comuni che riguardino lo «stato ecologico» (EcoQS) e le azioni da compiere
- Ad esempio la EU Marine Strategy Framework Directive è stata adottata in giugno 2008 per proteggere in modo più efficiente l'ambiente marino europeo. La commissione ha adottato una serie di «lavori», tra cui quello che si occupa di biodiversità è:

**EU Biodiversity Strategy for 2030** (adottata a maggio 2020) è indirizzata allo studio dell'EcoQS e del suo miglioramento, anche attraverso l'espansione delle aree protette

- Questa strategia si avvale di indicatori biologici o bioindicatori (vengono normalmente utilizzati macroalghe, fitoplancton, pesci e macro e meiofauna bentonica) = **bersaglio biologico**

# Protecting Europe's Seas and Oceans

## The Marine Strategy Framework Directive

### A seagull's view

\*4 marine regions  
\*5,720,000 km<sup>2</sup>

**Ambitious, comprehensive, effective**

The MSFD:

- provides a strategy for the **entire marine environment**
- protects **marine biodiversity**
- assesses the impact of **all human activities**
- drives new **research and legal initiatives**
- aims for **Good Environmental Status (GES)** for the EU's marine waters.

### On the horizon

To reach GES for the EU's seas and oceans, we need:

- more **ambitious and coherent definitions** of 'good environmental status'
- more **resources and collective action** to address key pressures
- coherent and effective **networks** of marine protected areas
- marine data that is **comparable** across regions.

### North-east Atlantic Ocean

- 41% of assessed fish and shellfish stocks are within safe limits.
- Over 25% of marine bird species have declined.
- 93% of fulmar birds assessed had ingested plastic.

### Mediterranean Sea

- Monk seal populations have stabilised.
- Around 40% of sharks, rays and skates are declining.
- 85% of turtles assessed had ingested litter.
- 87% of fish and shellfish species are overfished.

### Baltic Sea

- White-tailed eagle populations are recovering.
- The Baltic Proper harbour porpoise population is down to a few hundred.
- Certain fish regularly exceed maximum dioxin limits.

### Black Sea

- Good cross-border cooperation between Romania and Bulgaria.
- 87% of fish and shellfish species are overfished.

### Key and emerging challenges

- underwater noise
- unsustainable fishing
- climate change
- litter
- non-indigenous species
- eutrophication
- contaminants

### Some facts & figures



The coastal sea bed disturbed due to **bottom trawling**.



From 32% to 53% of sharks rays and skates are threatened by **by-catch**.



Coastal waters with poor **eutrophication** status.



Efforts to fight **chemical pollution** have led to reduced concentrations.



The accumulation of **plastics** in marine species is a growing risk.



Share of beach litter from **single use plastic**.

## Cosa si intende per inquinamento?

«L'introduzione da parte dell'uomo, direttamente o indirettamente, di sostanze o energia nell'ambiente marino, compresi gli estuari, che risulta o può risultare in effetti deleteri come danni alle risorse viventi e alla vita marina, pericoli per la salute umana, intralcio alle attività marine, compresa la pesca e altri usi legittimi del mare, deterioramento della qualità per l'uso dell'acqua marina e riduzione dei servizi»  
**(Organizzazione Mondiale della Sanità)**

Le acque costiere sono molto colpite dall'inquinamento perché sono:

- Pesantemente utilizzate dall'uomo
- Vicine a fonti di inquinamento
- Corpi d'acqua poco profondi
- La circolazione delle acque è più limitata rispetto alle zone oceaniche

I principali inquinanti possono essere i metalli pesanti («potential toxic elements, PETs»), idrocarburi, fertilizzanti, rifiuti urbani, etc ...

Gli inquinanti alterano l'ecosistema provocando una “sindrome da stress”, cioè una alterazione misurabile dello stato fisiologico indotta da un cambiamento ambientale con possibile riduzione della fecondità e sopravvivenza e sviluppando possibili malattie trasmissibili all'uomo.

## I biomarkers

Definizione: alterazioni molecolari, fisiologiche o citologiche conseguenti ad uno stato di stress

- biomarker generici (alterazioni non correlate in maniera specifica ad un fattore di stress)

- Attività dell'acetilcolinesterasi (- da pesticidi)
- Livelli di metallotioneine (+ da metalli pesanti)

- biomarker specifici (alterazioni correlate in maniera specifica ad un fattore di stress)

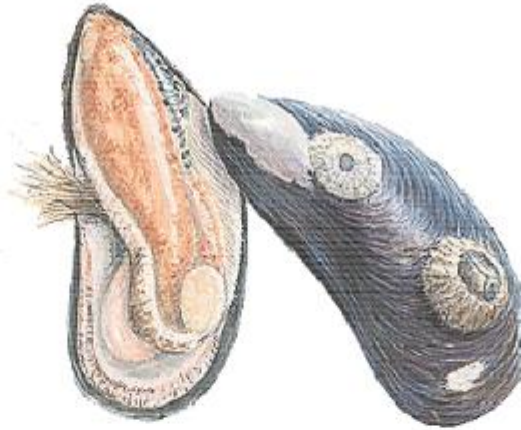
- Stabilità delle membrane lisosomiali
- Accumulo di lipidi neutri
- Accumulo di lipofuscine

**Organismi sentinella**, caratteristiche principali:

- Sensibili all'ambiente contaminato ma resistenti in ambienti di scarsa qualità
- Ampiamente diffusi e relativamente semplici da maneggiare
- Sviluppano risposte sufficientemente rapide e ripetibili
- Discreta conoscenza della fisiologia e delle risposte adattative

# Organismi sentinella

Branchie, ghiandole  
digestive, mantello  
e gonadi



Cozze:  
*Mytilus galloprovincialis*



Vongole:  
*Chamelea gallina* ("poverazze")  
*Tapes philippinarum* ("filippina")



Ostriche:  
*Crassostrea gigas*  
*Ostrea edulis*



## **Il micropaleontologo nello studio di ambienti costieri attuali**

**Si occupa di microrganismi a guscio mineralizzato (che potranno diventare fossili)**

**Si occupa dello stato di salute dell'ambiente attraverso il comportamento di questi organismi**



**Studia gli ambienti attuali per applicare le conoscenze agli ambienti del passato:  
disciplina dell'actuopaleontologia**

## Cosa può fare il micopaleontologo nello studio del biomonitoraggio

Ci si avvale sempre più di frequente di meiofauna bentonica (limitata mobilità), in ambienti fangosi

Operativamente fanno parte della meiofauna tutti gli organismi bentonici, specie fitili incluse, che, nel processo di setacciatura, passano attraverso maglie di 1-0.5 mm e vengono invece trattenuti su maglie di 63-45  $\mu\text{m}$  (Giere, 2009)

Grazie alle ridotte dimensioni, vita bentonica, sedentarietà e brevi cicli vitali, anche la meiofauna si sta rivelando sempre più un importante strumento nel biomonitoraggio degli ecosistemi marini (Todaro et al ., 2001; Danovaro et al ., 2003; Fraschetti et al ., 2006)

Si usano indici biotici: variazione della composizione e della biodiversità di microrganismi a **guscio mineralizzato**

**Vantaggio:** il guscio mineralizzato si può studiare anche in **serie storiche** utili per verificare le situazione precedenti all'impatto antropico.



Le principali fonti di inquinamento sono:

- apporto di sostanza organica (domestica e industriale)
  - diminuzione dell'ossigeno disciolto
- apporto di sostanze tossiche, quali i metalli pesanti



- NON E' FACILE VALUTARE L'INFLUENZA DEI DIFFERENTI INQUINANTI
- COME REGOLA GENERALE NELLE ASSOCIAZIONI A FORAMINIFERI:
  - 1) Diminuzione della ricchezza specifica
  - 2) **Scomparsa** di specie più sensibili in prossimità degli apporti inquinanti

## Ossigeno disciolto

E' un tenore che dipende dal bilancio fra **produzione primaria** (fitoplancton e secondariamente fanerogame ed alghe) e **consumo** (respirazione ed ossidazione);

- inoltre apporto da parte dell'atmosfera (inversamente  $\propto$  alla temperatura e salinità).

- la concentrazione dell'ossigeno tende a diminuire dalla zona fotica verso le maggiori profondità;

- ad una certa profondità si registra un sensibile aumento di concentrazione di  $O_2$  disciolto (minor consumo e maggiore circolazione);

- la diversità tassonomica è direttamente correlata al tenore di ossigeno.

### *Nella colonna d'acqua:*

In base al contenuto di ossigeno disciolto nell'acqua si distinguono:

- ambiente aerobico** > 1ml/l  $O_2$  disciolto
- ambiente disaerobico** 0.1 - 1.0 ml/l  $O_2$  disciolto
- ambiente anaerobico** < 0.1 ml/l  $O_2$  disciolto

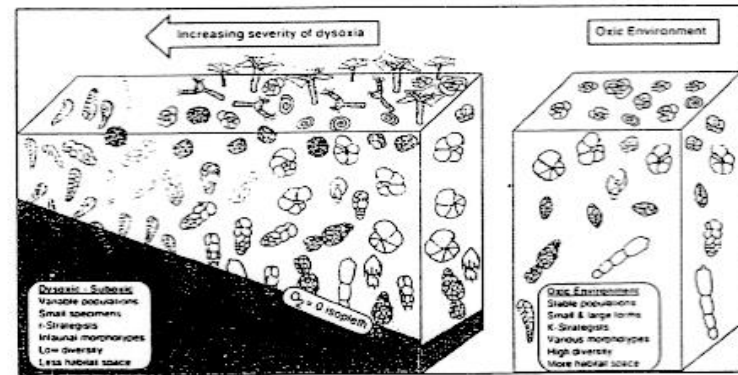
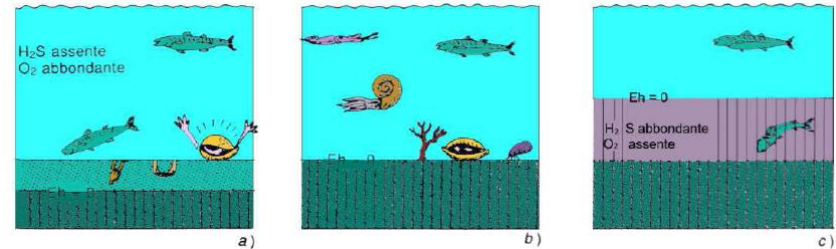
### *Nel sedimento di fondo:*

**Potenziale di ossidoriduzione (Eh)** misura lo stato di ossidazione degli ioni presenti nell'ambiente (capacità ossidante).

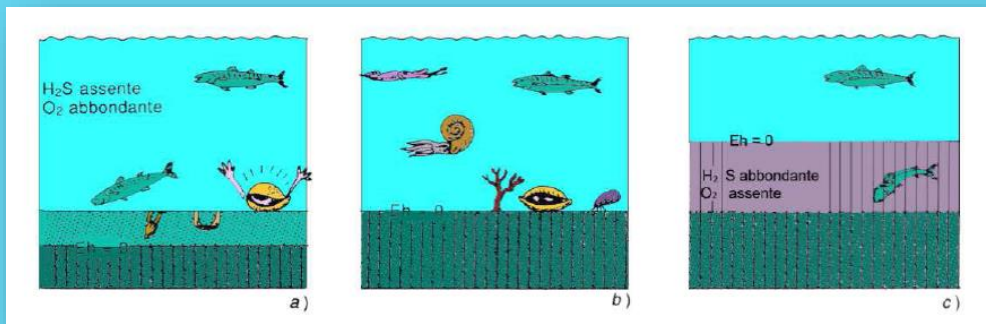
- Eh positivo  $\Rightarrow$  ambiente ossidante
- Eh negativo  $\Rightarrow$  ambiente riducente
- Eh = 0  $\Rightarrow$  interfaccia ossidazione/riduzione

Nei record sedimentari, per avere una caratterizzazione dell'ossigenazione dell'ambiente del passato si potranno osservare:

- rapporto epifauna/infauna
- presenza/assenza di tracce fossili
- presenza/assenza di bioturbazione



By Kaminski, M.A., Gerock, S., & Gasiński, M.A. (eds.), 1995. Proceedings of the Fourth International Workshop on Agglutinated Foraminifera, Kraków Poland, September 12-19, 1993. Grzybowski Foundation Special Publication no. 3, pp. 131-140.



Modello TROX relative alla distribuzione dei foraminiferi bentonici Jorissen et al., 1995\*

Fattori limitanti:

- Stato trofico
- Ossigenazione

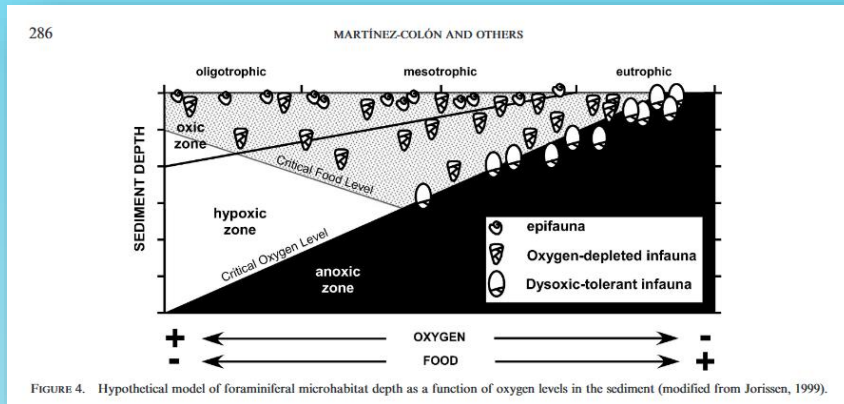
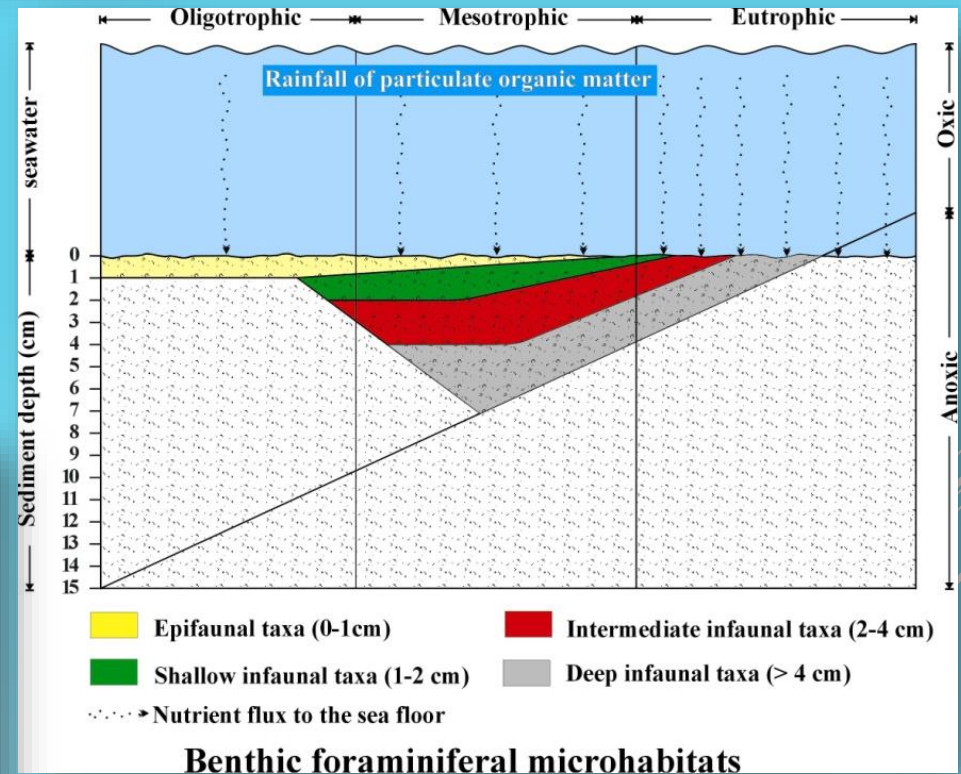


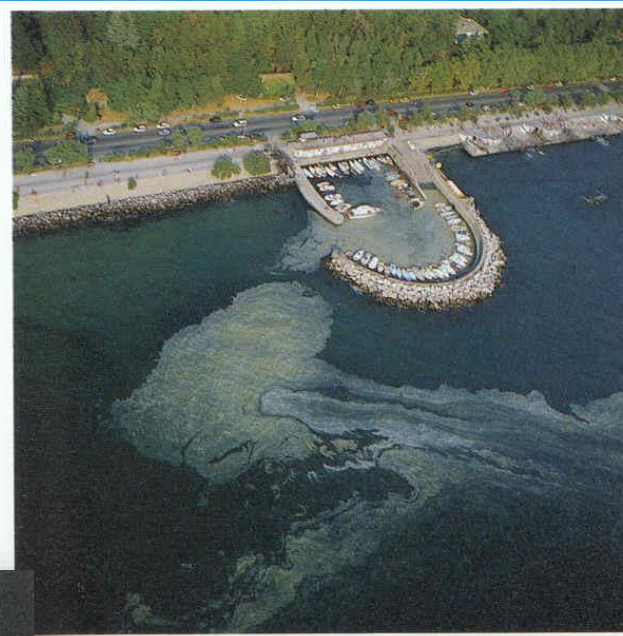
FIGURE 4. Hypothetical model of foraminiferal microhabitat depth as a function of oxygen levels in the sediment (modified from Jorissen, 1999).



\*Jorissen FJ, de Stigter HC, Widmark JGV (1995). A conceptual model explaining benthic foraminiferal microhabitats. Marine Micropaleontology 26, 3–15.

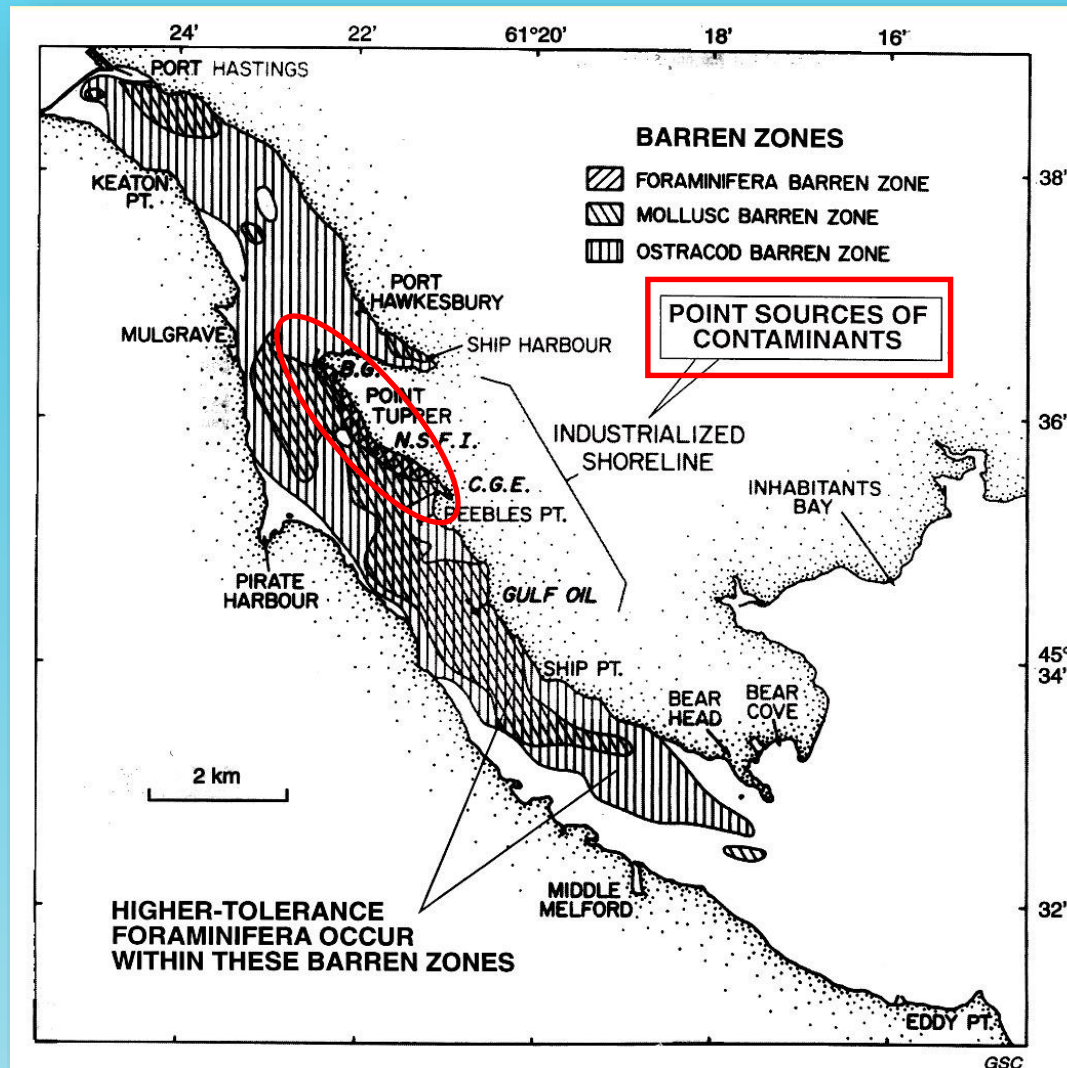


il fenomeno del "mare sporco"  
nell'Adriatico



le mucillagini sono prodotte  
da un'abnorme fioritura  
di alghe silicee (diatomee) e  
alghe dinoflagellate,  
presenza di batteri

# Diminuzione della ricchezza specifica Scomparsa in prossimità degli apporti inquinanti



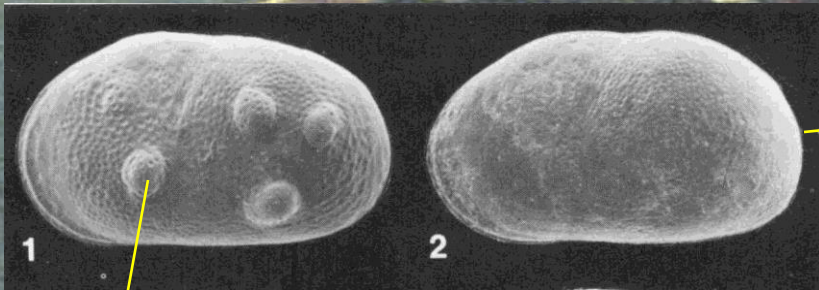
Da Schafer, 2000



ambienti inquinati da metalli pesanti





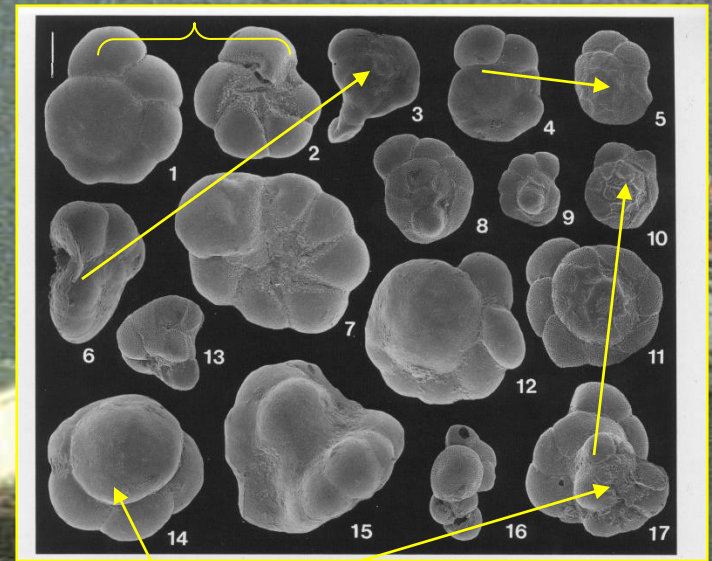


carapace con tubercoli  
(inquinamento!!!)



carapace normale (liscio)

guscio normale



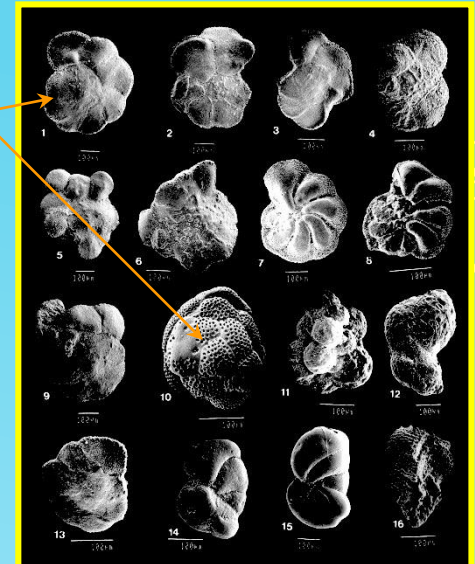
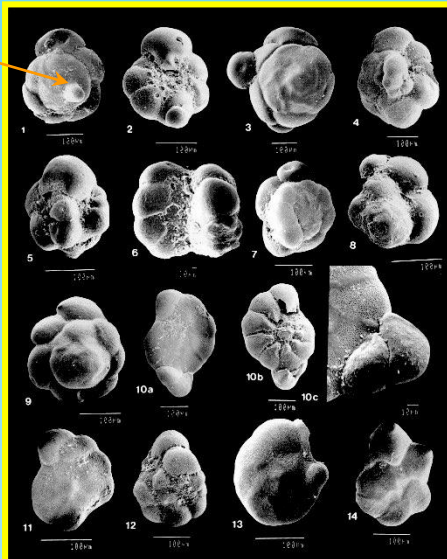
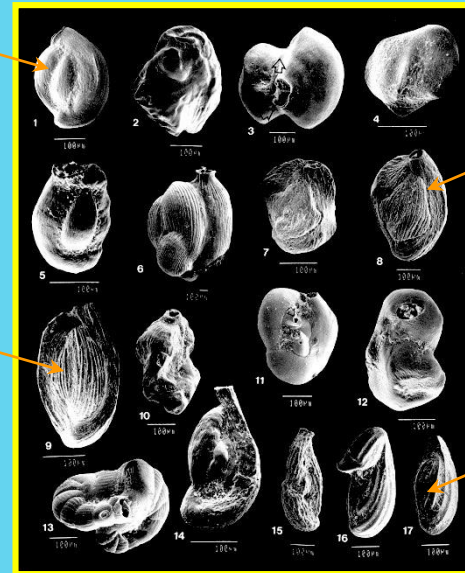
deformazione dei gusci in ambienti  
inquinati da metalli pesanti

guscio deformato



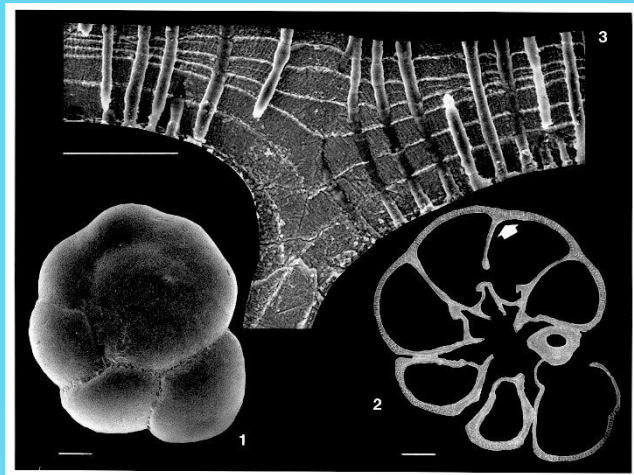
# La deformazione dei gusci nei foraminiferi

- ✓ aperture doppie
- ✓ presenza di protuberanze
- ✓ forma aberrante delle camere
- ✓ forme gemelle

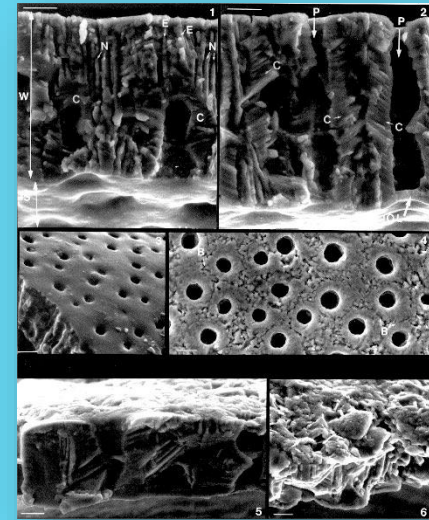


Fotografie da Yanko *et al.*,  
1994

## Il caso di *Ammonia tepida* (Geslin et al., 1998)

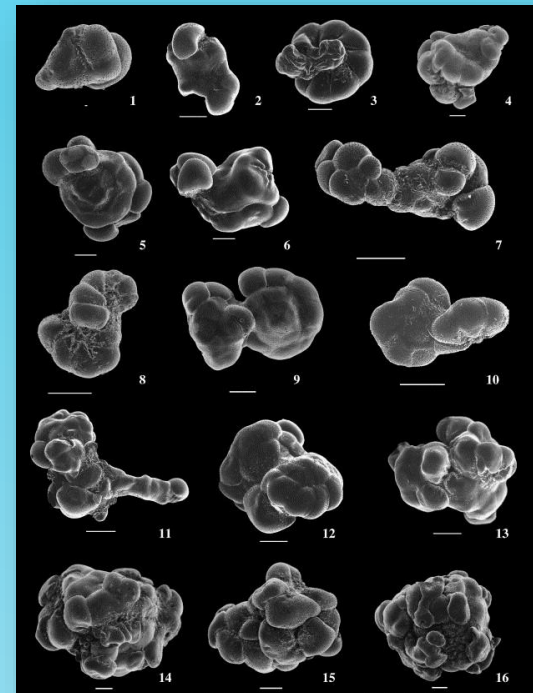


l'inquinamento  
provoca una  
distribuzione  
disordinata dei  
cristalli di calcite

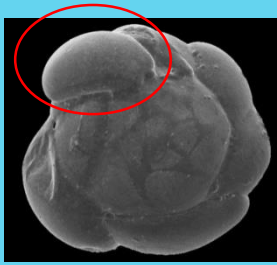


Nei gusci deformati si rilevano modifiche citologiche (ispessimento del rivestimento organico, proliferazione di fibrille e di grandi vescicole lipidiche, aumento del numero di corpi residui). Possono essere responsabili di anomalie nei processi di biomineralizzazione (Le Cadre et al., 2006).

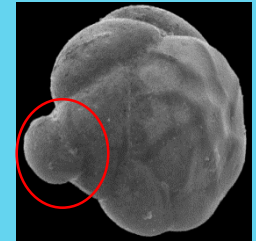
Tavole 4. (1-16) Anomalie morfologiche di *Ammonia tepida* in colture contaminate da 200  $\mu\text{g/l}$  di Cu.



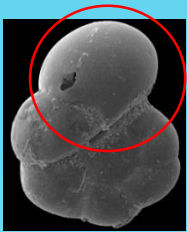
# Tipologie di deformazione nella Laguna di Marano e Grado:



camera addizionale anormale – tipologia 1



camera sporgente anormale – tipologia 2

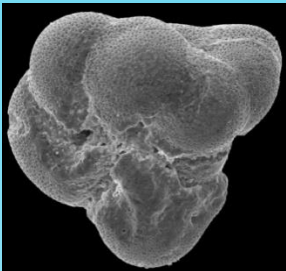


una o più camere ridotte – tipologia 3



una o più camere sovrasviluppate – tipologia 4

camera aberrante - tipologia 5

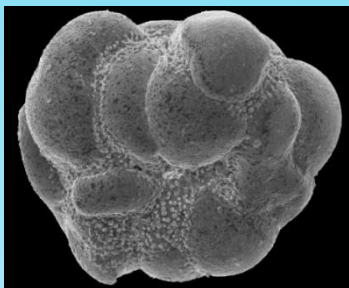


disposizione distorta delle camere – tipologia 6



fratelli siamesi – tipologia 7

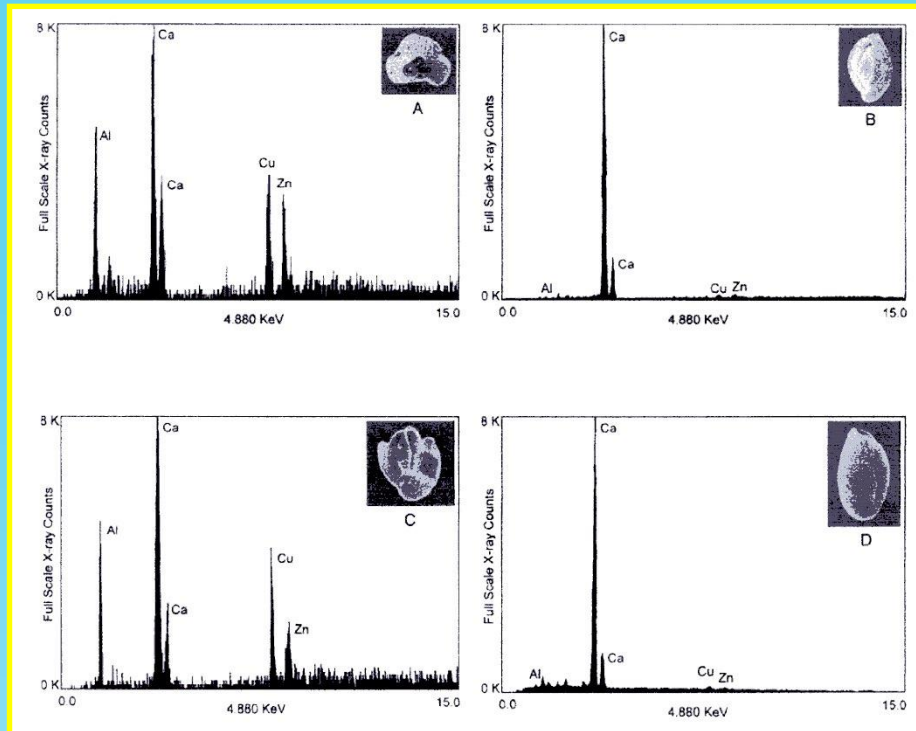
forme complesse (più deformazioni sullo  
stesso guscio) – tipologia 8





# Studi in ambienti portuali

Ambienti costieri inquinati (Alessandria d'Egitto), Samir & El-Din (2001)



# MICROANALISI TRAMITE SEM

taxa	tipologia di deformazione	Ca	C	O	Mg	Si	K
<i>A. tepida</i>	1	x	x	x	x	x	x
<i>A. tepida</i>	1	x	x	x			
<i>N. pauciloculm</i>	2	xxx	x	x			
<i>A. perlucida</i>	3	xxx	x	x			
<i>A. perlucida</i>	4	xxx	x	x			
<i>E. granosum</i>	5	xx	x	x			
<i>A. tepida</i>	6	x	x	x			
<i>A. tepida</i>	7	xx	x	x	x		
<i>E. gunteri</i>	7	xx	x	x	x		
<i>A. tepida</i>	8	x	x	x			
<i>E. gunteri</i>	8	xxx	x	x		x	
<i>A. tepida</i>	8	x	x	x	x		

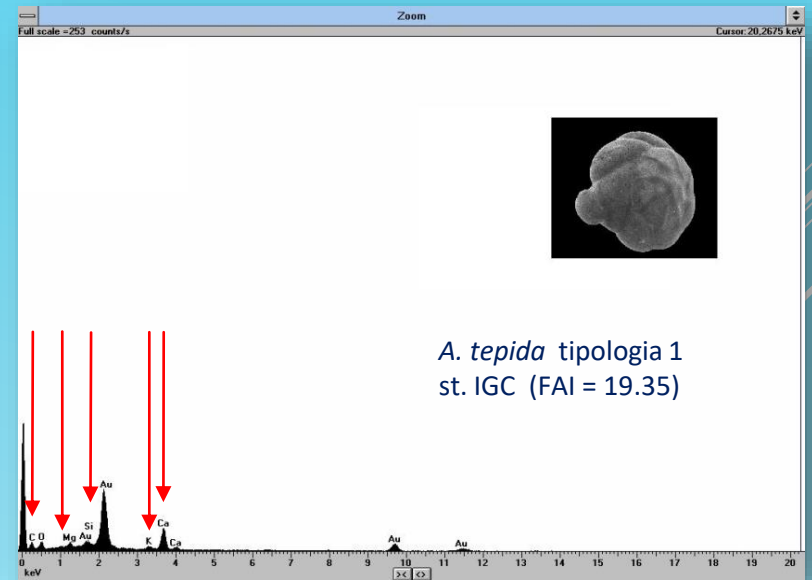
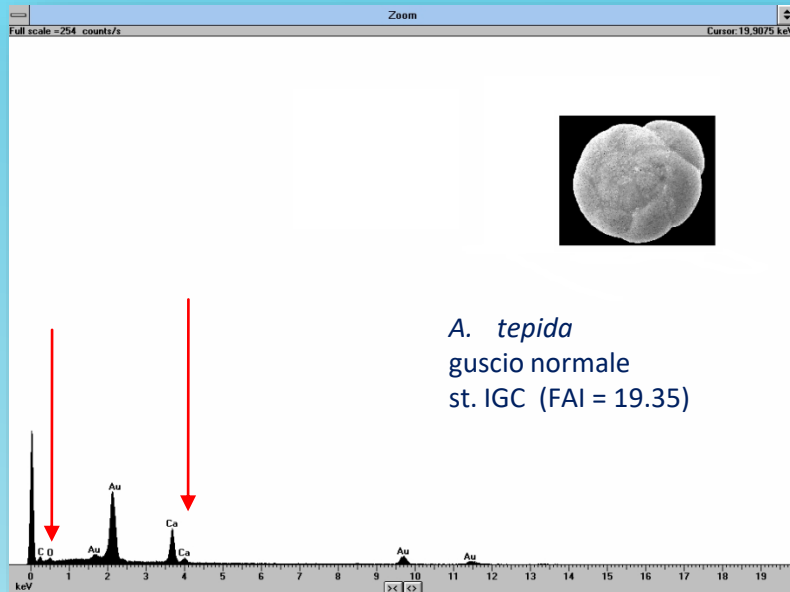


TABLE 2. Sources of anthropogenic and natural PTE's.

	As	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Hg	Mn	Mo	Ni	Pb	Sb	Se	Sn	Ti	V	Zn
<b>Anthropogenic*</b>																	
Alloys	x	x	x	x	x	—	—	x	—	x	x	x	x	—	x	—	x
Batteries	—	—	—	—	—	—	x	x	—	x	x	—	x	—	—	—	x
Biocides (agricultural, anti-fouling)	x	—	—	—	—	—	x	x	—	—	—	—	—	x	—	—	—
Coatings (anti-corrosives)	—	x	—	x	—	—	—	—	x	—	x	—	—	x	—	—	x
Pharmaceuticals, Dental	x	x	—	x	x	—	x	—	x	—	x	x	x	x	—	—	x
Fertilizers	x	x	—	x	x	—	x	x	—	x	x	—	—	—	—	—	x
Fossil Fuel Combustion	x	x	—	—	—	—	x	—	—	—	x	x	x	—	—	—	—
Mining, Smelting, Metallurgy	x	x	—	x	x	—	x	x	—	x	x	x	x	—	x	x	x
Nuclear Reactor	—	x	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Paints	x	x	x	x	x	—	—	x	—	x	x	x	x	—	x	—	x
Petroleum Refining	x	—	x	x	x	—	—	—	—	x	x	—	—	—	—	x	x
Plastics	—	x	—	—	—	—	—	—	—	x	x	—	—	—	—	—	x
Pulp and Paper	—	—	—	x	x	—	x	—	—	x	x	—	—	—	—	—	—
Semi/Super-Conductors	x	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	x	—	x	x	—	—
Pipes, Sheets	—	—	—	—	x	x	—	—	—	—	x	—	—	—	—	—	—
Electrical Equipment	—	—	—	—	x	—	x	—	—	—	—	x	—	—	—	—	—
<b>Natural</b>																	
Hydrothermal Processes	x	—	—	—	x	x	—	x	—	x	—	—	—	—	—	—	—
Chromite—FeCr <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	—	—	—	x	—	x	—	—	—	x	—	—	—	—	—	—	—
Pyrite—FeS <sub>2</sub> <sup>^</sup>	x	—	x	—	—	x	—	x	—	x	—	—	—	—	—	—	x
Cinnabar—HgS	—	—	—	—	—	—	x	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Azurite—Cu <sub>3</sub> (OH) <sub>2</sub> (CO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	—	—	—	—	x	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Pyroxene—(Mg,Fe)SiO <sub>3</sub>	—	—	—	—	—	x	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Montmorillonites*	—	—	x	x	x	x	—	x	—	x	x	—	—	—	x	x	x
Illites*	—	—	—	—	—	x	—	x	—	—	—	—	—	—	x	—	—
Mn Oxides*	—	—	x	—	—	x	—	—	—	x	x	—	—	—	—	—	x

\* Siegel (2002).

<sup>^</sup> Bierens de Haan (1991).

\* PTE's commonly found adsorbed (Siegel, 2002).

PTEs essenziali (N, P, Ca, Cu, Fe e Zn), richiesti per il metabolismo

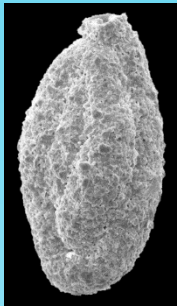
PTEs non essenziali (As, Cd, Hg, Pb)

Sono «fissati» dai minerali argillosi e dalla sostanza organica, quindi anche la rimobilitazione del sedimento è importante.

Esistono numerosi fattori complicanti naturali: pH, salinità, tessitura dei sedimenti, mineralogia, produttività organica

## I FORAMINIFERI VENGONO USATI COME BIOINDICATORI PERCHÈ:

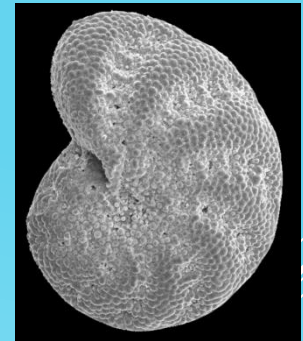
- possiedono un guscio mineralizzato, che risponde facilmente ai cambiamenti ambientali e si conserva facilmente nei sedimenti;
- hanno taglia piccola, essendo organismi unicellulari, per cui sono molto abbondanti anche in piccoli campioni di sedimento;
- sono ampiamente distribuiti in tutti gli ambienti marini;
- possono avere alta diversità tassonomica;
- i loro cicli riproduttivi abbastanza brevi (pochi mesi) li rendono perfetti per monitorare i cambiamenti ambientali rapidi.



FORAMINIERI



AMBIENTE "STRESSATO"



- la variazione della struttura delle associazioni;
- la diminuzione della diversità specifica e della densità della popolazione;
- la variazione del proloculus;
- la presenza significativa di deformazioni morfologiche del guscio;
- piritizzazione dello guscio;
- la risposta biologica dell'individuo.

- in tutti i lavori di actuopaleontologia bisogna evidenziare il rapporto fra organismi vivi e morti per fare considerazioni precise sui rapporti autoecologico dei taxa rinvenuti;
- raramente i foraminiferi vivi sono in equilibrio numerico con quelli morti, in quanto possono esserci anche differenti strategie di vita (epifaunali, infaunali e epifiti); inoltre tassi di sedimentazione differente portano a due modi di accumulo principale:
- **alto tasso di sedimentazione:** permette di mantenere più “reale” il rapporto fra vivi e morti;
- **basso tasso di sedimentazione:** porta ad un grande accumulo di gusci vuoti che corrispondono a successioni di generazioni, mescolamento delle tanatocenosi.

## QUALI SONO I PROCESSI CHE PORTANO ALL'ACCUMULO DI GUSCI VUOTI?

- ❖ riproduzione asessuata;
- ❖ crescita nelle forme globulari uniloculari;
- ❖ morte precedente alla riproduzione (in caso di predazione sembra che il loro guscio sia nuovamente rilasciato all'ambiente attraverso i prodotti fecali).

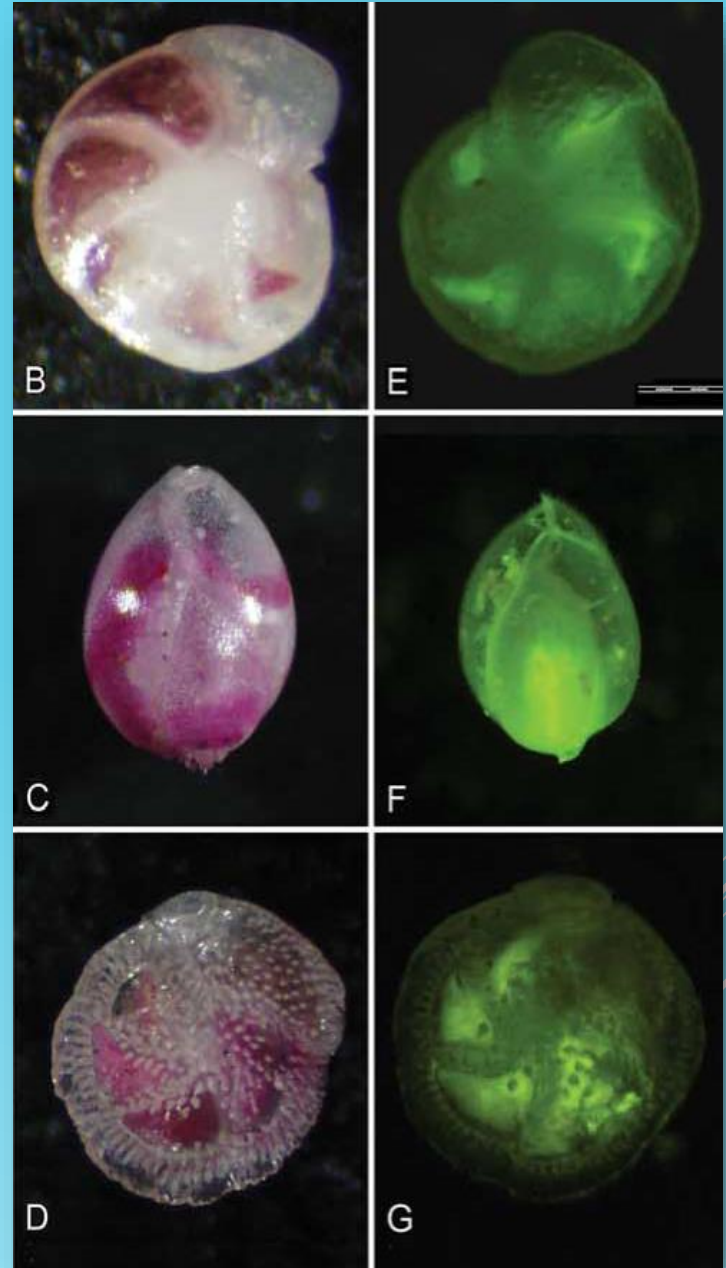
Grande discussione se utilizzare la biocenosi o l'associazione totale (biocenosi + tanatocenosi)



## I foraminiferi nello studio di ambienti attuali

solo a partire dal 1952 Walton introduce la metodologia per studiare i foraminiferi viventi al momento del prelievo:

- colorante **non-vitale** rosa Bengala che aderisce alle proteine producendo un intenso colore magenta ( $C_{20}H_4Cl_4I_4O$ );
- Sudan Black B (Walker et al., 1974);
- attualmente si usa anche il CellTracker<sup>TM</sup> Green CMFDA; (Molecular Probes Invitrogen Detection Technologies) che è un materiale fluorogenico che colora solo le cellule vive. Bisogna usare il microscopio ad epifluorescenza (utilizza radiazioni elettromagnetiche)



## COME LAVORARE SUI SEDIMENTI ATTUALI A FORAMINIFERI?

Il gruppo di ricerca FOBIMO (FOraminiferal BIo-MOnitoring) ha creato un protocollo per lo studio dei foraminiferi ad uso biomonitoraggio: Towards a standardized protocol for soft-bottom benthic foraminiferal monitoring studies (Schönfeld et al., 2012).

- campionatura,
- conservazione (ambienti attuali) con formalina al 4% (TOSSICO!) o etanolo almeno al 70% (in eguale volume di sedimento),
- Colorazione con Rosa Bengala (almeno 14 giorni) o Sudan Black B (ambienti attuali), o CellTracker Green CMFDA (sonda fluorogenica)
- lavaggio della frazione pelitica,
- raccolta qualitativa,
- riconoscimento dei vari taxa,
- conteggio statistico (minimo 250 individui),

**Table 1**  
Summary of recommendations for methods in foraminiferal bio-monitoring.

Topic	Mandatory recommendation	Advisory recommendation
Sample acquisition	<ul style="list-style-type: none"> <li>The interval 0–1 cm should be used.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>A tube with 8 cm in diameter or a surface area of 50 cm<sup>2</sup> is proposed as standard device.</li> <li>Sampling should preferably be done at least once a year.</li> <li>Autumn samples offer best perennial persistency. Bloom periods are to be avoided.</li> </ul>
Remotely operated sampling devices	<ul style="list-style-type: none"> <li>Soft sediments (e.g., muds, sands, and ooze): any interface corer or box corer that keeps the sediment surface intact should be used.</li> <li>Grab samplers are considered as inappropriate for soft sediments and sands.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Only one type of corer should be used in a particular sampling campaign.</li> <li>Hard bottoms: grabs are only to be deployed on hard grounds.</li> </ul>
Replication	<ul style="list-style-type: none"> <li>Three replicates are necessary to capture the variability of the system.</li> <li>Each replicate is to be treated independently.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Replicate samples should preferably come from different deployments.</li> <li>In case replicate samplings come from a single deployment, they should be as far apart as possible.</li> </ul>
Sub-sampling	<ul style="list-style-type: none"> <li>The zero level is to be defined with the midpoint of any irregular surface.</li> <li>For the study of the 0–1 cm level, the whole area within the core-liner is to be sampled.</li> <li>The sample volume has to be determined in a reliable way.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>When sediment layers deeper than 1 cm are sampled, the outer millimetres of sediment close to the core-liner should be removed.</li> </ul>
Preservation and staining	<ul style="list-style-type: none"> <li>Samples should be stored in a preservative or fixative.</li> <li>In order to distinguish living from dead foraminifera, a vital stain should be used.</li> <li>The stain is to be added to the preservative prior to its addition to the sample.</li> <li>The volume of preservative to be added should at least be equal of the volume of the sample.</li> <li>Minimum time for staining with a preservative—rose Bengal solution is 14 days.</li> <li>Samples have to be shaken gently until an entirely homogeneous mixture is obtained.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ethanol of &gt; 70% is strongly recommended as preservative.</li> <li>When using rose Bengal, a concentration of 2 g per litre of preservative is recommended.</li> <li>In environments with high organic matter contents, it may be necessary to add a larger volume of preservative.</li> <li>In low-oxic to anoxic environments where the decay of the dead organisms is very slow, it is strongly recommended to use more critical vitality assays.</li> </ul>
Sample preparation	<ul style="list-style-type: none"> <li>Samples are to be washed on a 63-<math>\mu</math>m screen.</li> <li>Commercially available wet or dry splitters should be used for sample partitioning.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Heavy liquid separation should be avoided as much as possible.</li> </ul>
Faunal analysis	<ul style="list-style-type: none"> <li>Bio-monitoring studies should be based on the living fauna.</li> <li>For at least one replicate, all counted foraminifera have to be picked and stored in micropalaeontological slides.</li> <li>The study should be based on the faunal inventory of the &gt; 125 <math>\mu</math>m fraction.</li> <li>Splits are always to be counted entirely.</li> <li>Soft-shelled species are not considered in routine monitoring studies.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>In certain environments, it may be necessary to analyse the &gt; 63 <math>\mu</math>m fraction.</li> <li>A target value of 300 counted specimens is recommended.</li> <li>The same split-size should be used throughout the study.</li> <li>Wet or dry picking are both considered as appropriate.</li> <li>The colouration intensity of specimens considered as living should be assessed for every individual species.</li> <li>A later re-wetting of the dry-picked specimens can help to better assess the staining.</li> <li>Breaking of miliolids and agglutinants to check for cytoplasm may be necessary.</li> <li>The analysis of the dead faunas may add important additional information.</li> </ul>
Documentation	<ul style="list-style-type: none"> <li>Census data and slides with picked specimens have to be archived.</li> <li>A list of all recognised species has to be archived.</li> <li>All available laboratory data are to be documented and archived.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>If available, untreated sample replicates or splits are to be archived.</li> </ul>



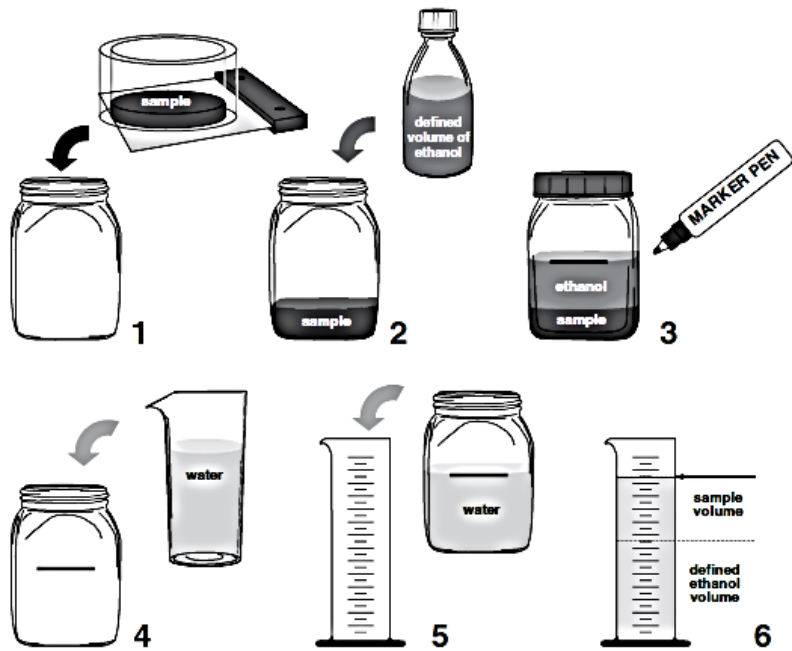


Fig. 3. Instruction how to determine the sample volume.

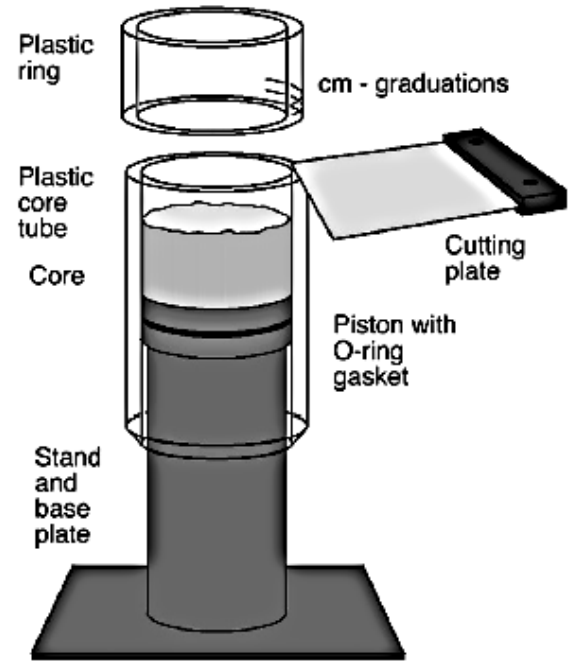
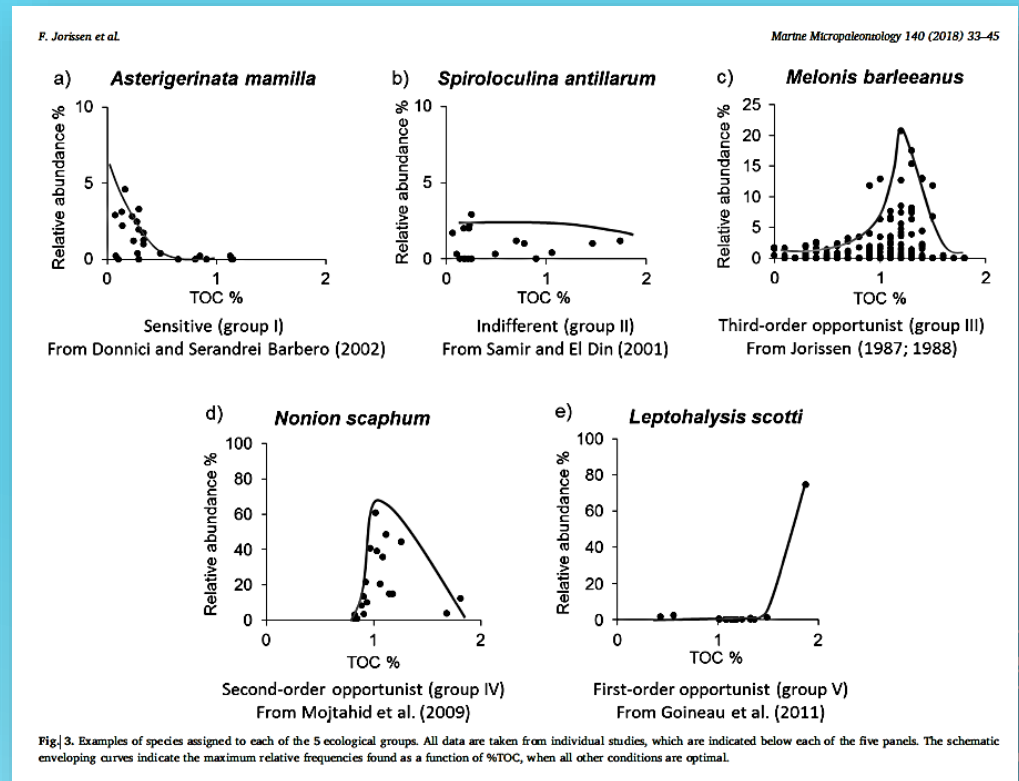
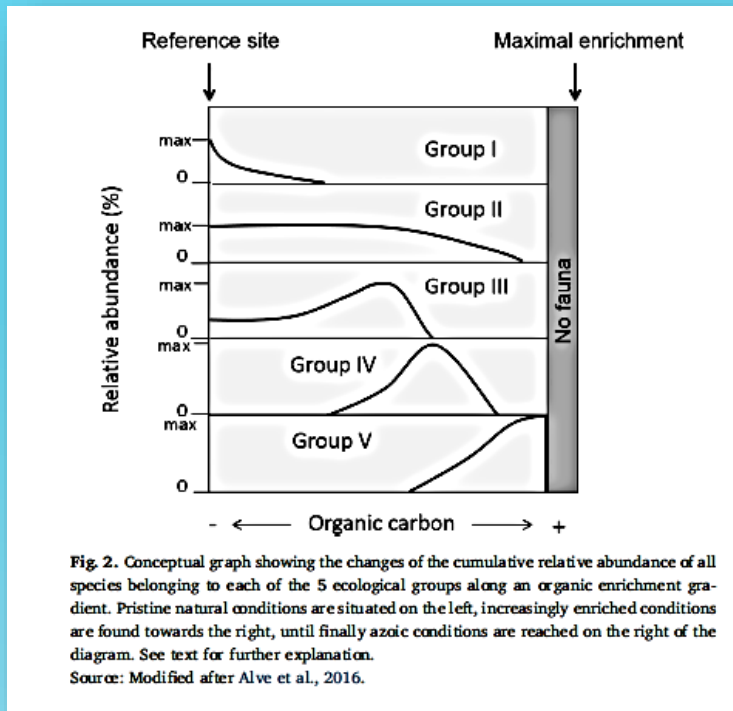


Fig. 2. Illustration showing how to subdivide a sediment core into slices (redrawn after Murray, 2006).

# Lo sviluppo di indici biotici



Jorissen et al., 2018. Developing Foram-AMBI for biomonitoring in the Mediterranean: Species assignments to ecological categories

Il gruppo di lavoro FOBIMO ha realizzato un indice basato sulla risposta ecologica delle varie specie di foraminiferi bentonici al carbonio organico totale (TOC), come ulteriore indicatore dello stress ambientale, ovvero l'indice **Foram-AMBI**.

$$\text{Foram-AMBI} = \{(0 \times \% \text{EGI}) + (1.5 \times \% \text{EGII}) + (3 \times \% \text{EGIII}) + (4.5 \times \% \text{EGIV}) + (6 \times \% \text{EGV})\} / 100$$

noti i valori di Foram-AMBI è possibile dare una valutazione sullo status di qualità ecologica (EcoQS) per ogni stazione indagata (da Bouchet et al., 2021).

EcoQS and associated color code	Bad	Poor	Moderate	Good	High
Foram-AMBI	>5.5	4.3–5.5	3.3–4.3	1.2–3.3	<1.2
Total organic carbon (%)	>4.1	3.4–4.1	2.5–3.4	2.0–2.5	<2.0





Contents lists available at ScienceDirect

## Marine Pollution Bulletin

journal homepage: [www.elsevier.com/locate/marpolbul](http://www.elsevier.com/locate/marpolbul)



### Indicative value of benthic foraminifera for biomonitoring: Assignment to ecological groups of sensitivity to total organic carbon of species from European intertidal areas and transitional waters

Vincent M.P. Bouchet<sup>a,\*</sup>, Fabrizio Frontalini<sup>b</sup>, Fabio Francescangeli<sup>c</sup>, Pierre-Guy Sauriau<sup>d</sup>,  
Emmanuelle Geslin<sup>e</sup>, Maria Virginia Alves Martins<sup>f,g</sup>, Ahuva Almogi-Labin<sup>h</sup>,  
Simona Avnaim-Katav<sup>i</sup>, Letizia Di Bella<sup>j</sup>, Alejandro Cearreta<sup>k</sup>, Rodolfo Coccioni<sup>b</sup>,  
Ashleigh Costelloe<sup>l</sup>, Margarita D. Dimiza<sup>m</sup>, Luciana Ferraro<sup>n</sup>, Kristin Haynert<sup>o</sup>,  
Michael Martínez-Colón<sup>p</sup>, Romana Melis<sup>q</sup>, Magali Schweizer<sup>c</sup>, Maria V. Triantaphyllou<sup>m</sup>,  
Akira Tsujimoto<sup>r</sup>, Brent Wilson<sup>s</sup>, Eric Armynot du Châtelet<sup>t</sup>

<sup>a</sup> Univ. Lille, CNRS, Univ. Littoral Côte d'Opale, UMR 8187, LOG, Laboratoire d'Océanologie et de Géosciences, Station Marine de Wimereux, F 59000 Lille, France

<sup>b</sup> Univ. Urbino Dipartimento di Scienze Pure e Applicate (DiSPEA), Università degli Studi di Urbino "Carlo Bo", Campus Scientifico Enrico Mattei, Località Crocicchia, 61029 Urbino, Italy

<sup>c</sup> University of Hamburg, Institute for Geology, Centre for Earth System Research and Sustainability, Bundesstraße, 5520146 Hamburg, Germany

<sup>d</sup> La Rochelle Université, CNRS, Littoral Environnement et Sociétés, UMR 7266 LIENSs, 2 rue Olympe de Gouges, 17000 La Rochelle, France

<sup>e</sup> UMR 6112 LPG-BIAF, Univ. Angers, Univ. Nantes, CNRS, 2 Bd Lavoisier, F 49000 Angers, France

<sup>f</sup> Rio de Janeiro State University (UERJ), R. São Francisco Xavier, 524, Lab 1006, Maracanã, Rio de Janeiro 20550-900, Brazil

<sup>g</sup> Aveiro University, Department of Geosciences, GeoBioTec, Campus de Santiago, 3810-197 Aveiro, Portugal

<sup>h</sup> Geological Survey of Israel, Yesha'yahu Leibowitz 32, Jerusalem 9692100, Israel

<sup>i</sup> Israel Oceanographic and Limnological Research, Haifa 3108001, Israel

<sup>j</sup> Dipartimento di Scienze Della Terra, Sapienza Università di Roma, Italy

<sup>k</sup> Departamento de Geología, Universidad del País Vasco UPV/EHU, Apartado 644, 48080 Bilbao, Spain

<sup>l</sup> BioStratigraphic Associates (Trinidad) Limited, 113 Frederick Settlement, Old Southern Main Rd., Caroni, Trinidad and Tobago

<sup>m</sup> National and Kapodistrian University of Athens, Faculty of Geology and Geoenvironment, Panepistimioupolis, 15784 Athens, Greece

<sup>n</sup> CNR, Institute of Marine Sciences, National Research Council of Italy, Calata Porta di Massa, Naples, Italy

<sup>o</sup> University of Göttingen, J.F. Blumenbach Institute of Zoology and Anthropology, Göttingen, Germany

<sup>p</sup> Florida A&M University, School of the Environment, FSH Science Research Center, RM306B, 1515 South MLK Blvd, Tallahassee, FL 32307, USA

<sup>q</sup> Department of Mathematics and Geosciences, 34127 Trieste, Italy

<sup>r</sup> Faculty of Education, Shimane University, 1060 Nishikawatsucho, Matsue, Shimane 690-8504, Japan

<sup>s</sup> Cedar Lodge, Maerdygroes, Cei Newydd, Ceredigion, Wales SA45 9RL, UK

<sup>t</sup> Univ. Lille, CNRS, Univ. Littoral Côte d'Opale, UMR 8187, LOG, Laboratoire d'Océanologie et de Géosciences, F 59000 Lille, France