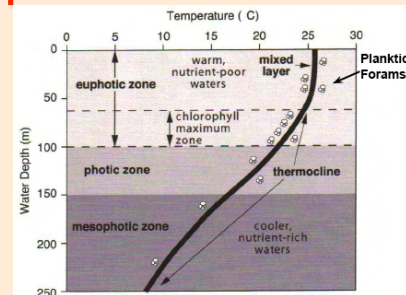
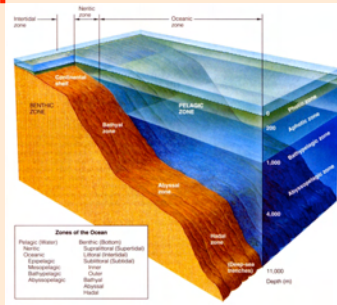
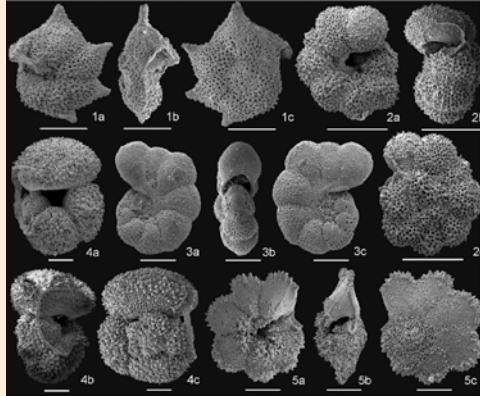
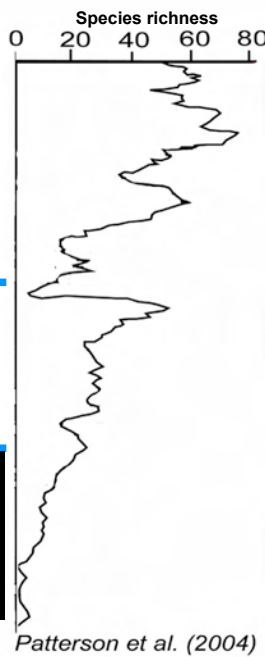
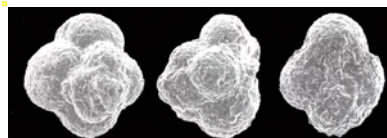
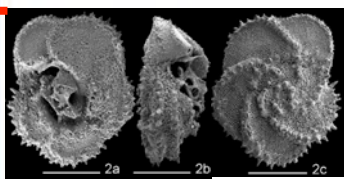
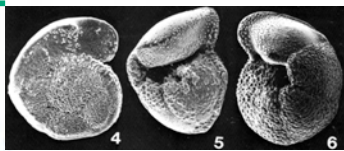


EVOLUZIONE E PALEOECOLOGIA

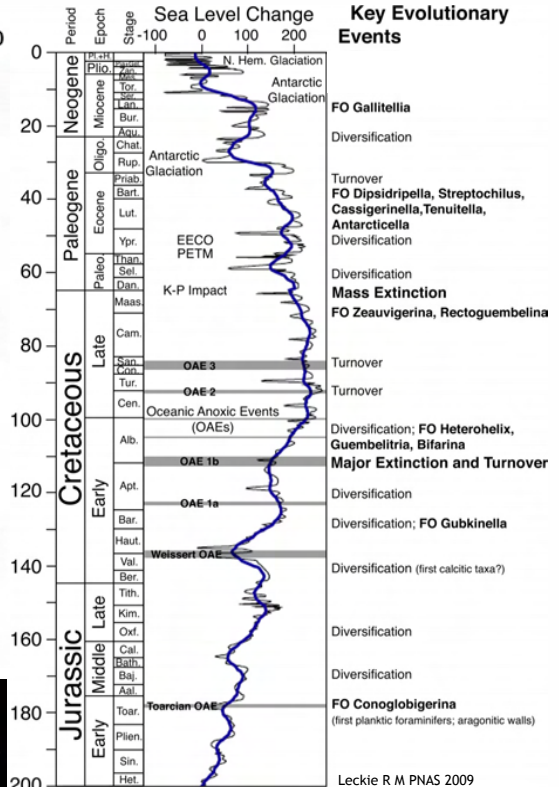


FORAMINIFERI PLANCTONICI

- Record stratigrafico dal Giurassico Superiore
 - Cretacico
 - Paleogene
 - Neogene - attuale



Patterson et al. (2004)

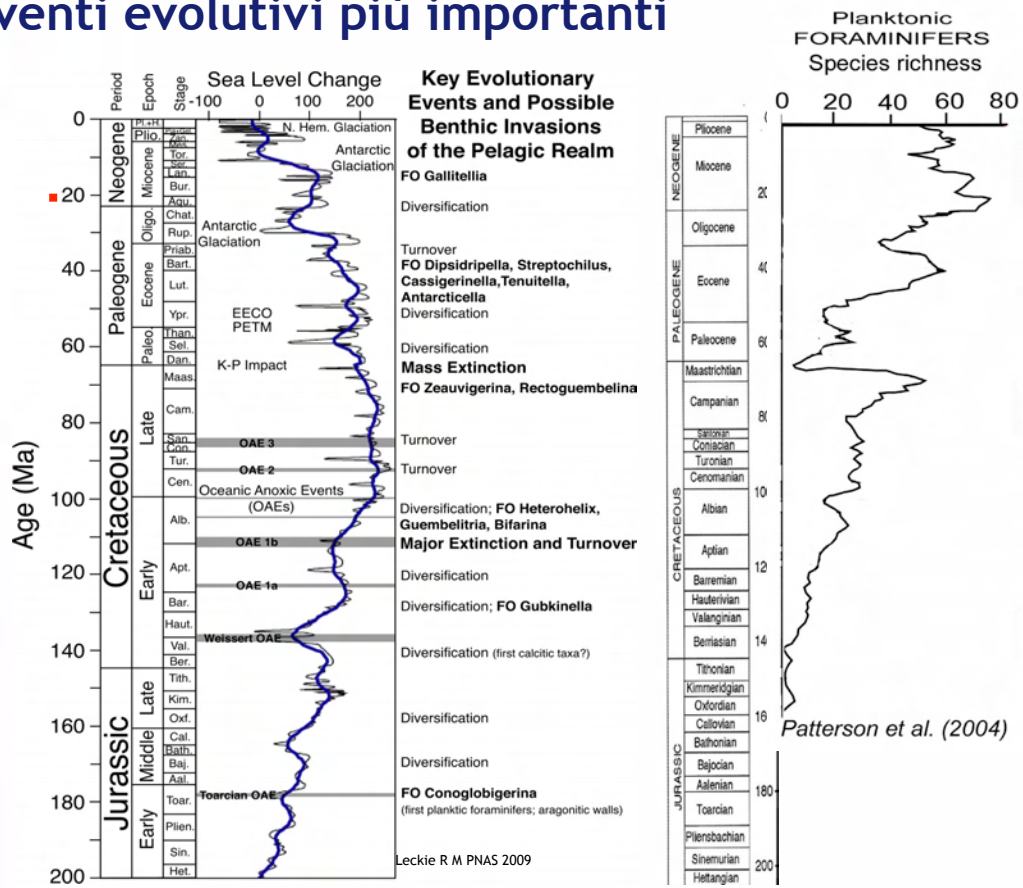




Eventi evolutivi più importanti

Maria Rose Petrizzo
mrose.petrizzo@unimi.it

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI MILANO
Facoltà di Scienze e Tecnologie
Dipartimento di Scienze della Terra "A. Desio"



85



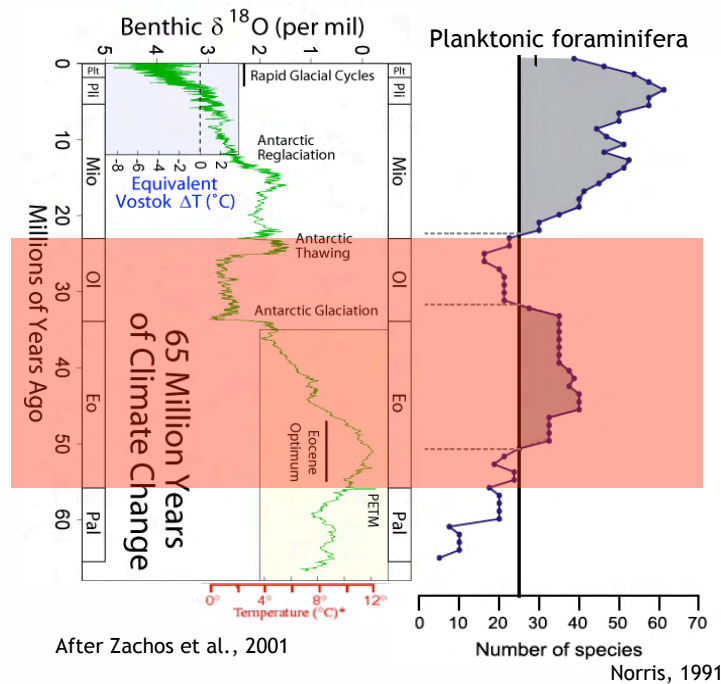
Evoluzione foraminiferi planctonici

i cambiamenti climatici sono registrati dai foraminiferi

- Modifiche nella composizione delle associazioni
 - Paleotemperatura e diversità specifica

Maria Rose Petrizzo
mrose.petrizzo@unimi.it

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI MILANO
Facoltà di Scienze e Tecnologie
Dipartimento di Scienze della Terra "A. Desio"



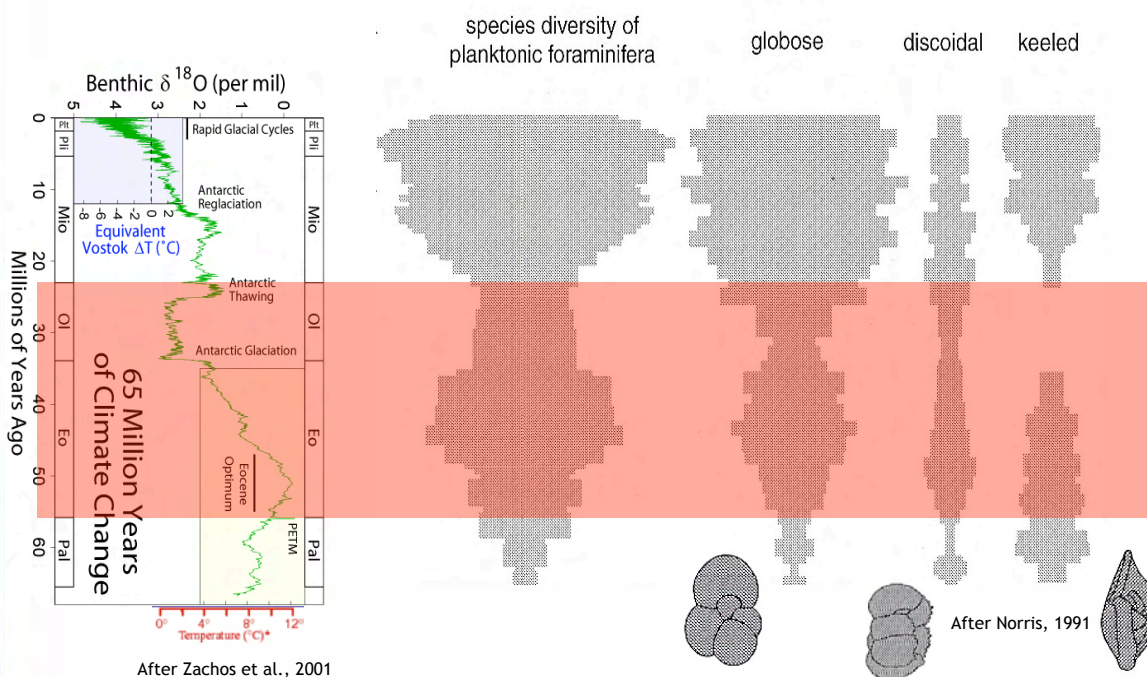
86



Evoluzione foraminiferi planctonici

cambiamenti climatici sono registrati dai foraminiferi

- Modifiche nella composizione delle associazioni
 - Paleotemperatura, diversità specifica e morfologia

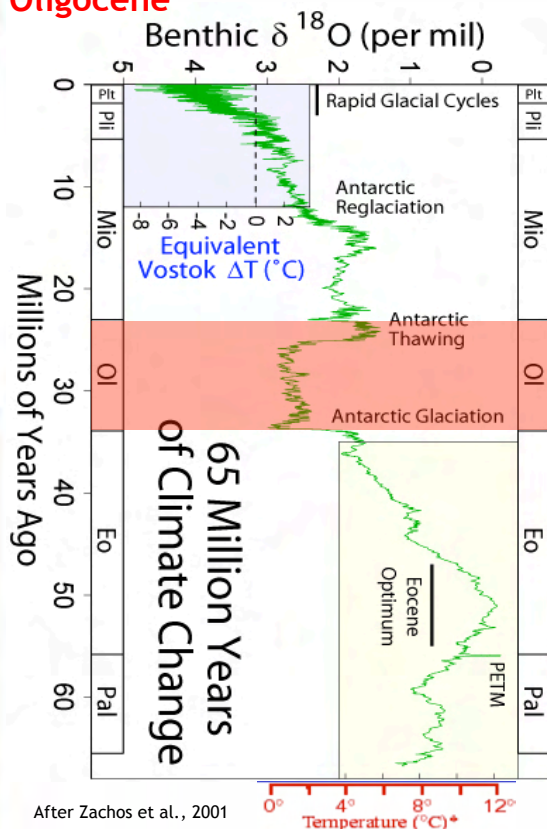


87



Evoluzione foraminiferi planctonici

Oligocene



Nell'Oligocene si osserva la comparsa di nuovi taxa legati ad acque più calde

Nell'Oligocene inferiore le estinzioni superano le comparse. Le associazioni sono dominate da taxa più freddi (i.e. *Globigerina*, *Catapsydrax*), mentre i taxa più caldi fluttuano in abbondanza durante gli episodi di aumento della temperatura

Dopo il limite E/O le associazioni a foraminiferi planctonici sono dominate da morfotipi con camere globose e biseriali (chiloguembeline) e sono assenti le forme carenate

88

Maria Rose Petrizzo
mrose.petrizzo@unimi.it

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI MILANO
Facoltà di Scienze e Tecnologie
Dipartimento di Scienze della Terra "A. Desio"

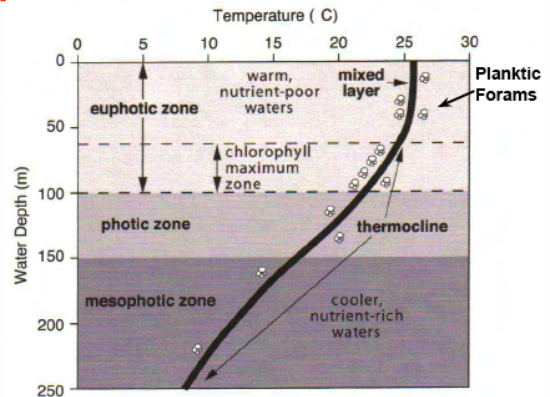
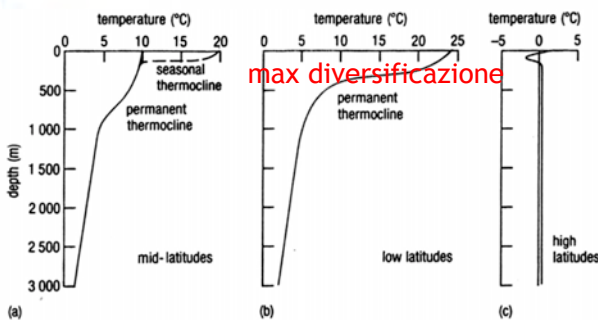




ECOLOGIA Foraminiferi planctonici

dove vivono

- La maggior parte dei foraminiferi planctonici vive nello strato di mescolamento (**mixed layer**) nella parte superiore della colonna d'acqua e solo poche forme hanno un habitat più profondo (**termoclino**)
 - I foraminiferi planctonici vivono a differenti profondità allo scopo di ridurre la competizione e sfruttare in modo efficiente le condizioni uniche di ciascun livello (nicchie ecologiche diversificate)
 - La massima separazione verticale delle specie si ha nelle acque calde tropicali e subtropicali

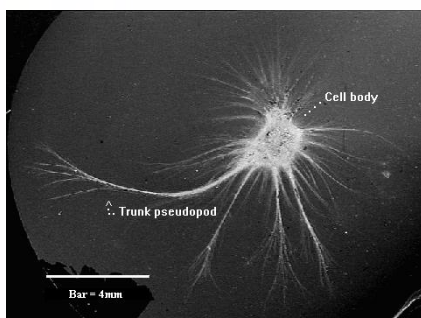


89



Ecologia: Fattori di controllo principali

- I foraminiferi planctonici vivono stratificati nella colonna d'acqua
 - Forme superficiali (mixed layer)
 - Forme profonde (termoclino)
- per cui la distribuzione verticale e geografica è controllata da
 - Temperatura
 - Circolazione oceanica
 - Disponibilità di nutrienti
 - Profondità legata a temperatura e riproduzione
 - Luce (simbionti) legata alla profondità
 - Salinità



90



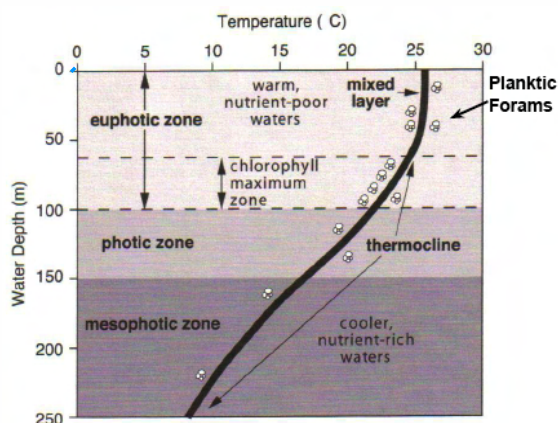
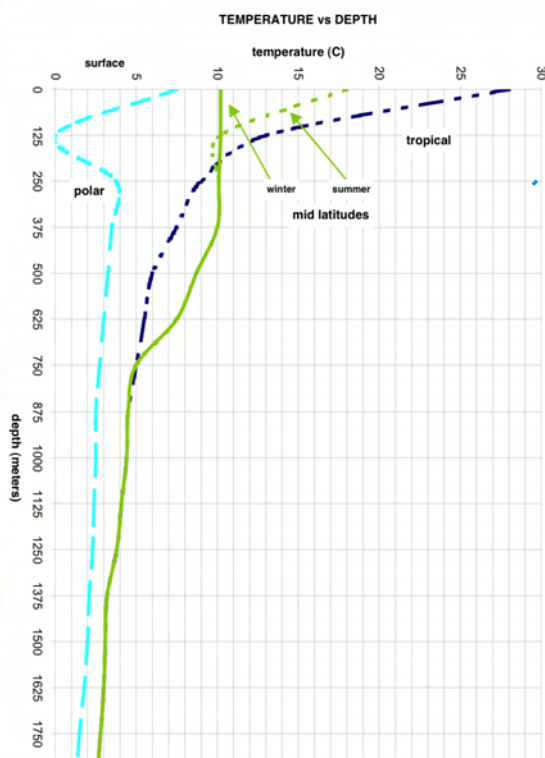


Temperatura

distribuzione nella colonna d'acqua (verticale)

Maria Rose Petrizzo
mrose.petrizzo@unimi.it

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI MILANO
Facoltà di Scienze e Tecnologie
Dipartimento di Scienze della Terra "A. Desio"



- Il termoclino permanente è
 - ben definito alle basse latitudini
 - è debole alle medie latitudini dove varia con le stagioni
 - è praticamente assente alle alte latitudini

91

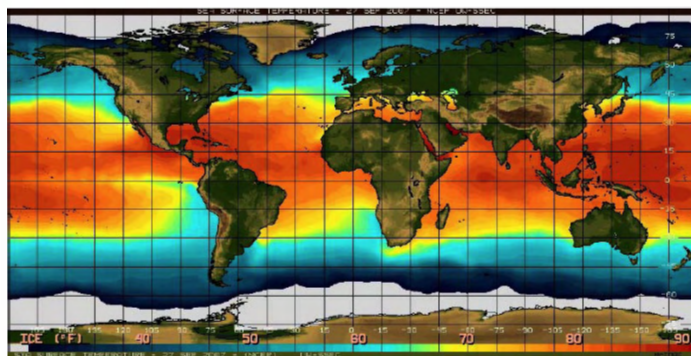


Temperatura

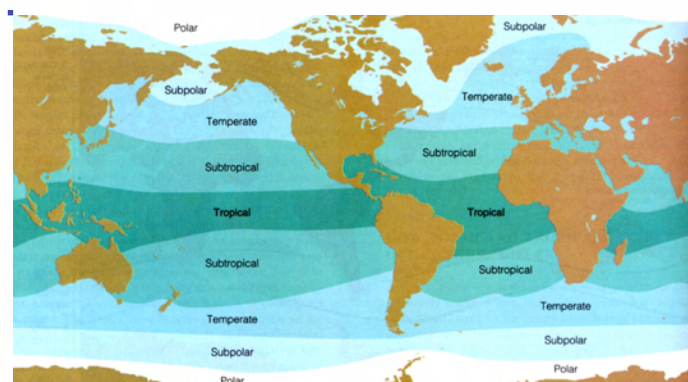
distribuzione nelle acque superficiali (areale)

Maria Rose Petrizzo
mrose.petrizzo@unimi.it

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI MILANO
Facoltà di Scienze e Tecnologie
Dipartimento di Scienze della Terra "A. Desio"



Temperatura acque superficiali



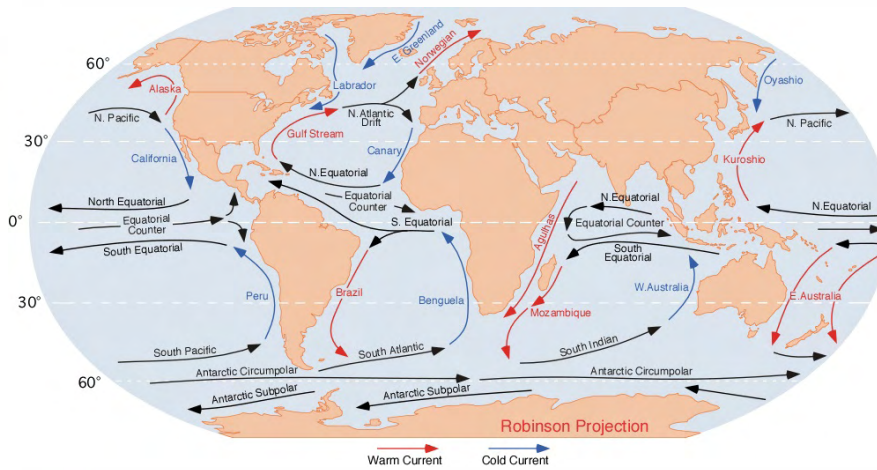
- La distribuzione della temperatura varia con la latitudine e stagionalmente
 - Zone climatiche

92



Circolazione oceanica principali circuiti

- Circuiti delle correnti superficiali
 - Correnti calde direzione oraria nell' emisfero settentrionale e antioraria nell' emisfero meridionale
 - Correnti fredde direzione antioraria nell' emisfero settentrionale e oraria nell' emisfero meridionale

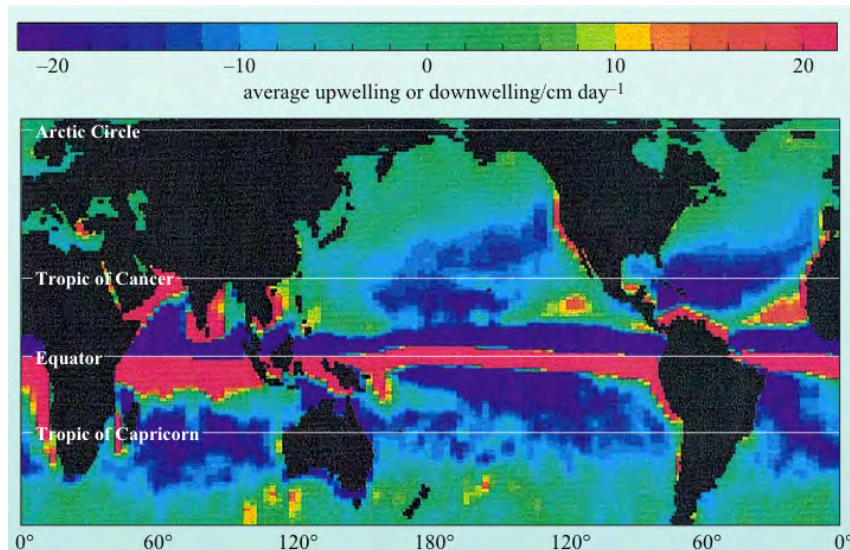


93



Disponibilità di nutrienti distribuzione delle aree più eutrofiche

- | | |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • Regime oligotrofico <ul style="list-style-type: none"> • Stabile • Pochi nutrienti • Colonna d'acqua stratificata | <ul style="list-style-type: none"> • Regime eutrofico <ul style="list-style-type: none"> • Instabile • Tanti nutrienti • Upwelling |
|---|---|



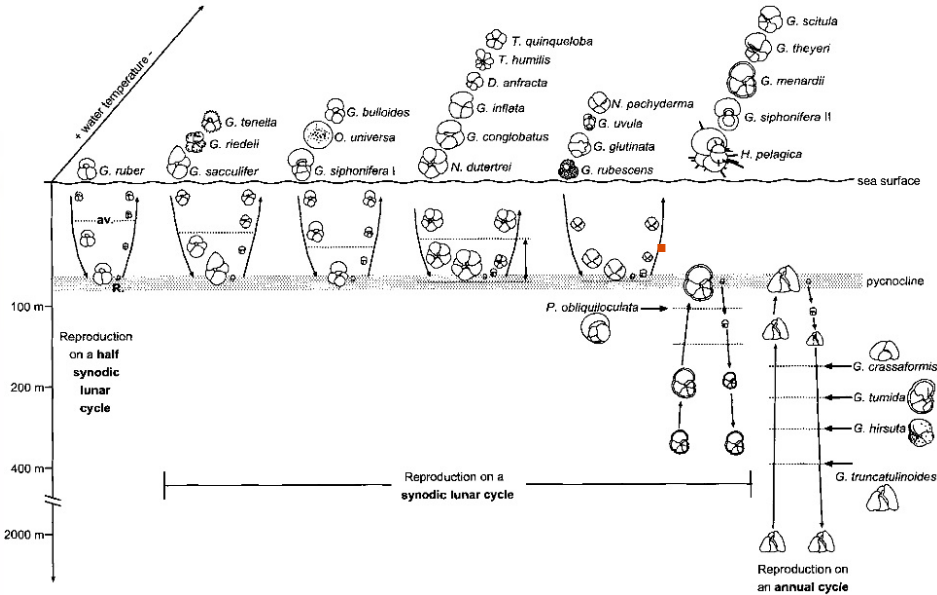
94





Profondità temperatura e riproduzione

- Alcune specie a morfologia complessa (es. *T. truncatulinoides*, *G. hirsuta*) apparentemente si riproducono con ciclo annuale nei luoghi dove le fioriture primaverili forniscono ricche prede fitoplanctoniche e la temperatura dell'acqua ne permette la sopravvivenza.
- Durante il resto dell'anno vivono in acque più fredde e profonde nelle aree tropicali probabilmente nutrendosi di detrito organico e "marine snow", ma si spostano progressivamente più in superficie verso le alte latitudini (temperatura come fattore di controllo della riproduzione)

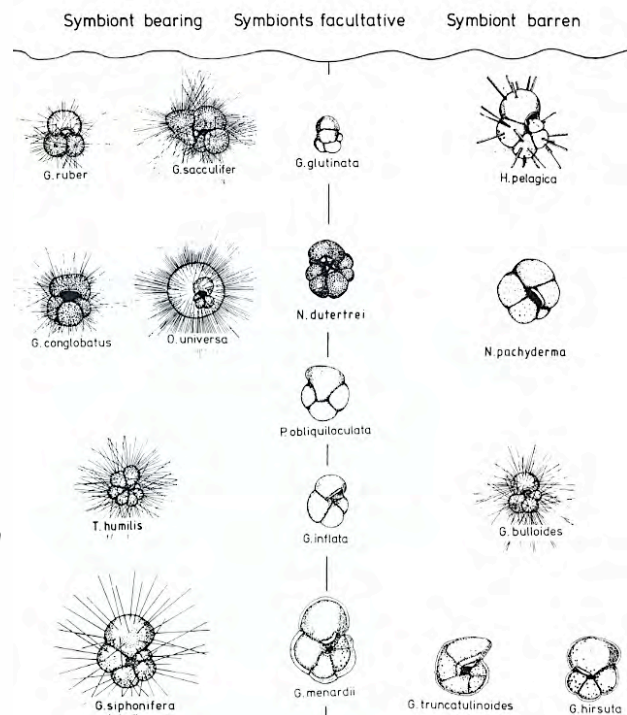


95



Luce profondità

- La luce influenza l'habitat dei foraminiferi provvisti di simbioti
- Simbionti
 - Richiedono spettri diversi di luce
 - vantaggio energetico:
 - in ambienti oligotrofici (bassa produttività) = fotosintesi favorisce calcificazione
 - Dinoflagellati *Gymnodinium béii* (simbiosi obbligatoria es. *Orbulina universa*)
 - Alghe crisofite (simbiosi facoltativa)



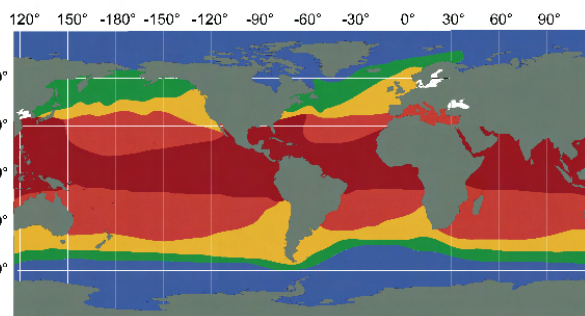
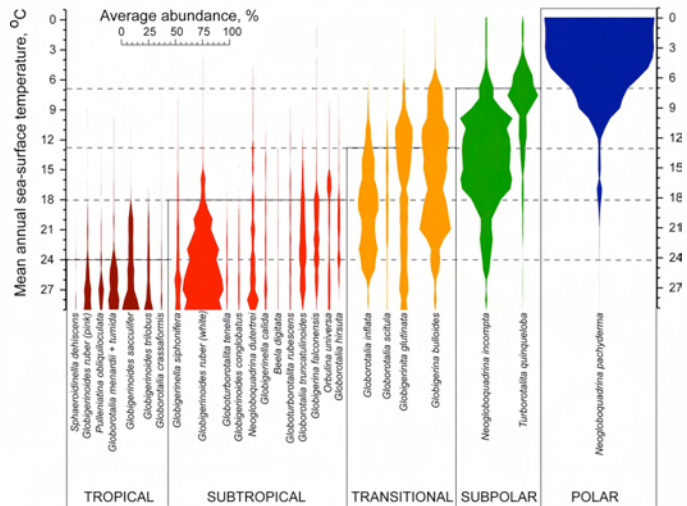
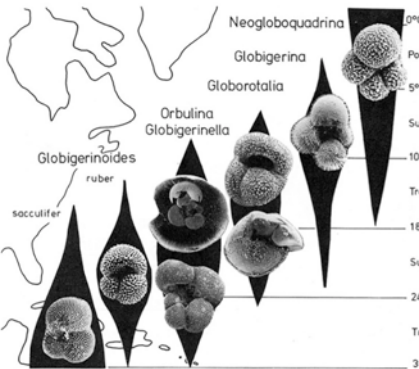
96



Distribuzione areale

diversità specifica

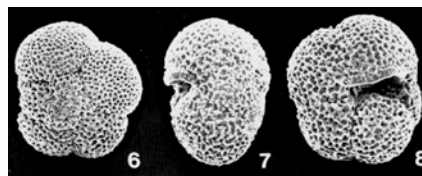
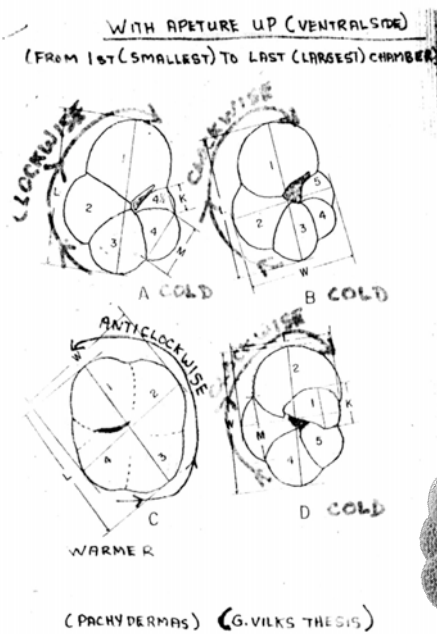
- I foraminiferi planctonici attuali decrescono in numero e in diversità specifica dai tropici verso le alte latitudini e in generale sono assenti nelle acque polari
- In condizioni estreme, le associazioni sono dominate da una sola specie:
 - Globigerina bulloides* nelle aree di risalita equatoriali
 - Neogloboquadrina pachyderma* nella bioprovincia polare
- 5 bioprovince



Morfologia e temperatura

direzione di avvolgimento

- N. pachyderma*
 - dx - avvolgimento antiorario: più calda
 - sx - avvolgimento orario: più fredda



Neogloboquadrina pachyderma (dex)																							
Neogloboquadrina pachyderma (sin)																							
Globigerinita uvula																							
Globigerina bulloides																							
Globigerinita glutinata																							
Globobulimina scitula																							
Globobulimina inflata																							
Globobulimina truncatulinoides																							
Globobulimina hirsuta																							
Orbulina universa																							
Globigerinita aequileralis																							
Globigerinoides ruber																							
Globigerina falconensis																							
Globigerinoides triloba																							
Globobulimina menardii																							
Neogloboquadrina dutertrei																							
Globigerinoides conglobatus																							
Globigerinoides tenellus																							
Globobulimina calida																							
Globobulimina crassaformis																							
Hastigerina pelagica																							
Globigerina rubescens																							
Globigerinoides triloba (f. sacculifera)																							
Pulliatina obliquiloculata																							
Globobulimina tumida																							
Candeina nitida																							
Beella digitata																							
Chambers of Neogloboquadrina pachyderma																							
Beella adamsi																							
Protoloides hexagona																							
Neogloboquadrina conglomera																							



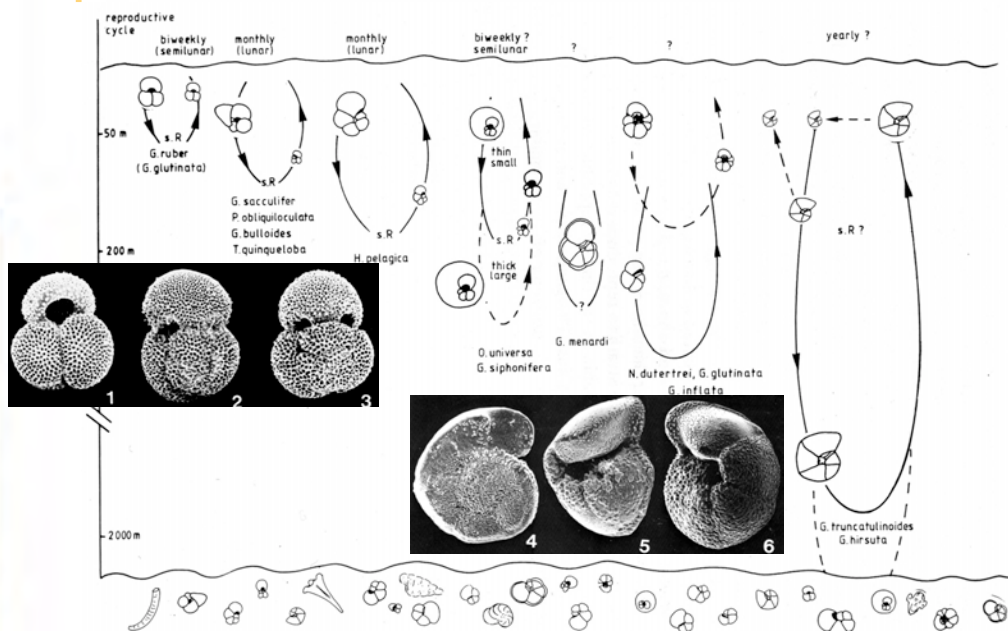


Morfologia e profondità di vita

- In linea generale dipende dal ciclo riproduttivo
 - Le specie morfologicamente più semplici (globigeriniformi) vivono più in superficie
 - Le specie morfologicamente più complesse (globorotalifomi) vivono più in profondità

Maria Rose Petrizzo
mrose.petrizzo@unimi.it

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI MILANO
Facoltà di Scienze e Tecnologie
Dipartimento di Scienze della Terra "A. Desio"



99

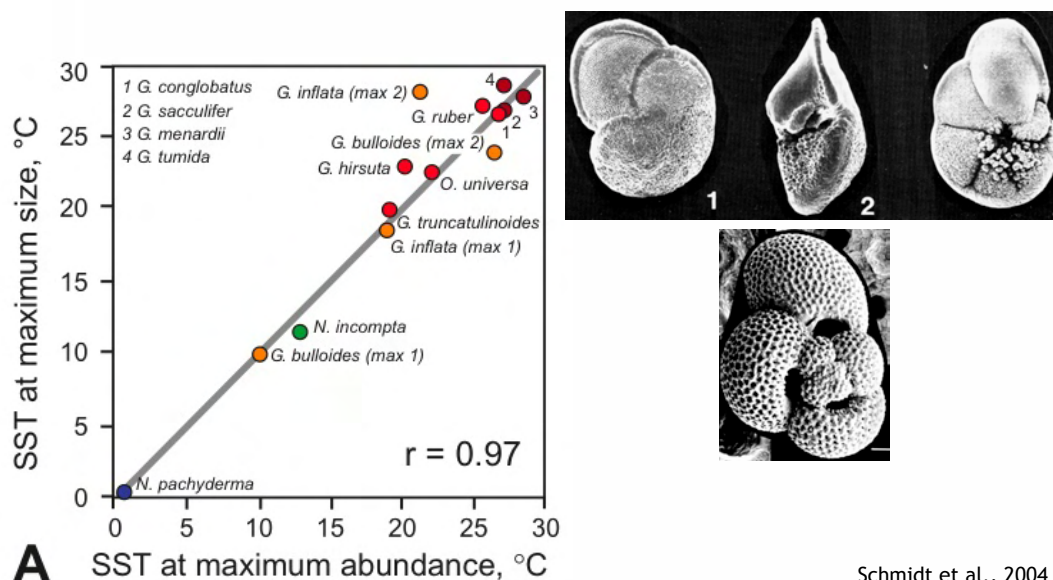


Dimensioni e temperatura

- Correlazione diretta tra abbondanza e massima dimensione di certe specie con la temperatura
 - Massime dimensioni riflettono condizioni ottimali nella colonna d'acqua
 - Aumento graduale delle dimensioni e abbondanza verso i tropici

Maria Rose Petrizzo
mrose.petrizzo@unimi.it

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI MILANO
Facoltà di Scienze e Tecnologie
Dipartimento di Scienze della Terra "A. Desio"



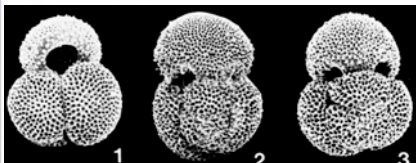
Schmidt et al., 2004

100



Distribuzione verticale

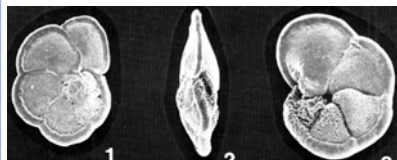
- Correlazione tra habitat preferenziale e profondità:
 - morfologia
 - ornamentazione della parete (specie spinose e non spinose)
 - presenza/assenza di simbionti
 - ciclo riproduttivo



Globigerinoides ruber



Neogloboquadrina dutertrei



Globorotalia menardii

Globigeriniformi - Spinose
"Shallow-water" species living predominantly in the upper 50 m

Globigerinoides ruber
Globigerinoides sacculifer
Globigerinoides conglobatus
Globigerina quinqueloba
Globigerina rubescens

"Intermediate-water" species living in the upper 100 m, but predominantly from 50–100 m

Globigerina bulloides
Hastigerina pelagica
Pulleniatina obliquiloculata
Globoquadrina dutertrei

Orbulina universa
Candeina nitida
Globigerinella acquilateralis
Globigerina calida
Globigerinella glutinata

"Deep-water" species living in the upper few hundred meters and whose adult stages occur predominantly below 100 m

Globorotalia menardii
Globorotalia tumida
Globorotalia inflata
Globorotalia hirsuta
Globorotalia truncatulinoides
Globorotalia crassaformis
Globorotalia scitula

Globoquadrina pachyderma
Globoquadrina conglomerata
Globoquadrina hexagona
Globigerinella adamsi
Sphaeroidinella dehiscentes
Hastigerinella digitata

Globorotaliformi - Non Spinose

101



Distribuzione verticale

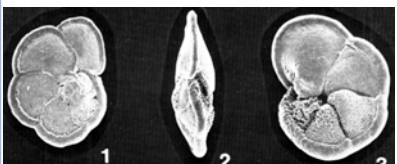
concetti principali



Globigerinoides ruber



Neogloboquadrina dutertrei



Globorotalia menardii

- Specie globigeriniformi e spinose, abbondano soprattutto nelle acque superficiali
- Specie spinose con simbionti sono più abbondanti in acque oligotrofiche
- Specie globorotaliformi e non-spinose, vivono in acque più profonde e alcune possono essere presenti in abbondanza in acque superficiali temperate durante i mesi invernali
- Specie non-spinose sono più abbondanti in acque eutrofiche che sono più ricche in fitoplancton (es. aree di upwelling, acque antartiche ricche in diatomee).
- Distribuzione verticale in aree tropicali (da acque superficiali a profonde)
 - Spinose portatrici di simbionti
 - Miste con o senza simbionti
 - Non spinose senza simbionti

102



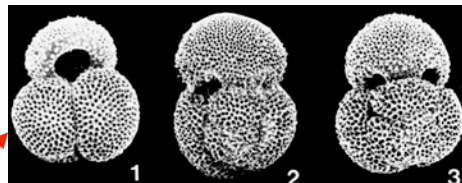
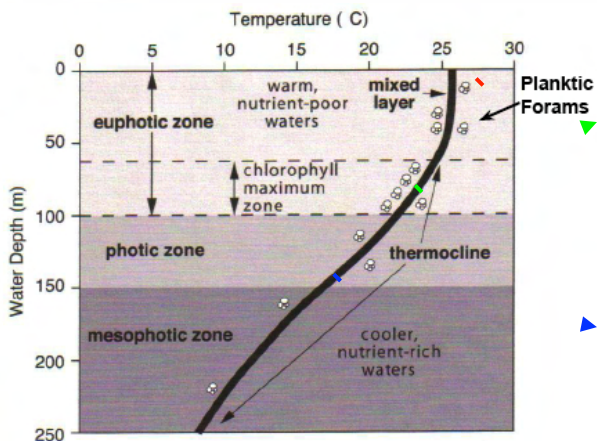


Distribuzione verticale

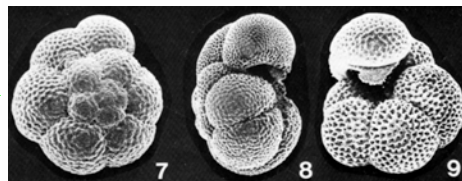
- Le specie spinose con simbionti sono più abbondanti in acque oligotrofiche
- le specie non-spinose sono più abbondanti in acque eutrofiche che sono più ricche in fitoplancton (es. aree di upwelling, acque antartiche ricche in diatomee).

Maria Rose Petrizzo
mrose.petrizzo@unimi.it

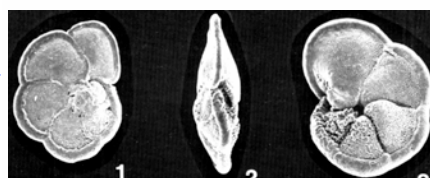
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI MILANO
Facoltà di Scienze e Tecnologie
Dipartimento di Scienze della Terra "A. Desio"



Globigerinoides ruber



Neogloboquadrina dutertrei



Globorotalia menardii

103



Strategie di vita

Teoria r/k selezione (MacArthur e Wilson 1970)

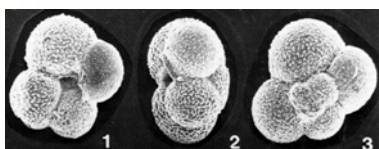
- La pressione ambientale guida l'evoluzione in due direzioni opposte
- r-strategisti (opportunisti)
 - Ambiente instabile, ricco in nutrienti - più eutrofico
 - Organismi cosmopoliti
 - Piccole dimensioni-morfologie semplici
- k-strategisti (specializzati)
 - Ambiente stabile, povero in nutrienti - più oligotrofico
 - Organismi poco tolleranti
 - Grandi dimensioni-morfologie complesse

Maria Rose Petrizzo
mrose.petrizzo@unimi.it

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI MILANO
Facoltà di Scienze e Tecnologie
Dipartimento di Scienze della Terra "A. Desio"



Streptochilus



Globigerina falconensis



Globorotalia menardii

104

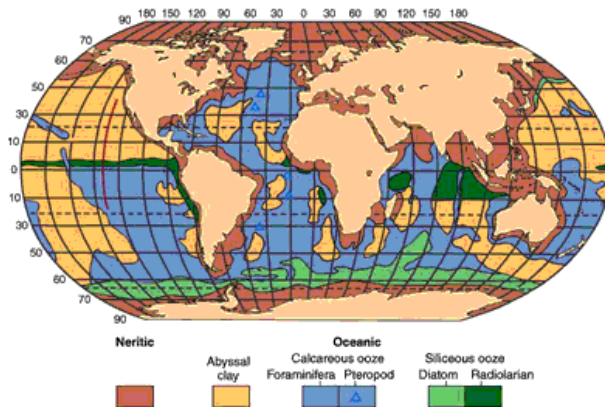


Distribuzione dei sedimenti

Maria Rose Petrizzo
mrose.petrizzo@unimi.it

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI MILANO
Facoltà di Scienze e Tecnologie
Dipartimento di Scienze della Terra "A. Desio"

- **Aree Subtropicale**
 - Bassa fertilità, bassa produttività
 - Sedimenti: ooze carbonatiche sopra CCD, no silicei, argilla
- **Aree di Divergenza**
 - Aumenta fertilità e produttività
 - Sedimenti: ooze carbonatiche, CCD profonda, ooze silicee (radiolari)
- **Aree di Upwelling (risalita acque profonde fredde)**
 - Max fertilità e produttività
 - Dominanza delle ooze silicee (diatomee)



105

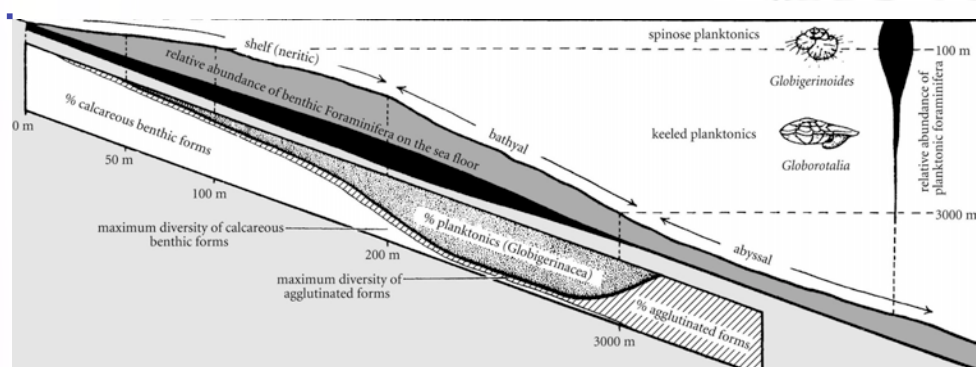
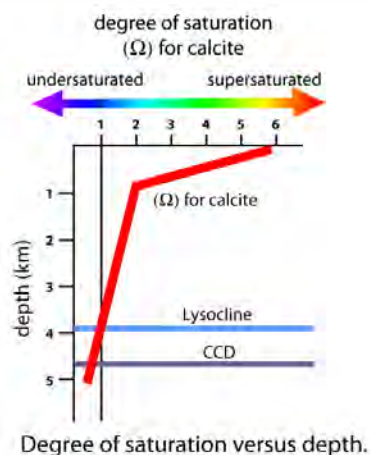


Conservazione nel record fossile

Maria Rose Petrizzo
mrose.petrizzo@unimi.it

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI MILANO
Facoltà di Scienze e Tecnologie
Dipartimento di Scienze della Terra "A. Desio"

- Dissoluzione gusci carbonatici
 - Lisocline
 - Segni evidenti di dissoluzione
 - Molti gusci rotti
 - Livello di compensazione del carbonato CCD
 - No gusci carbonatici



106



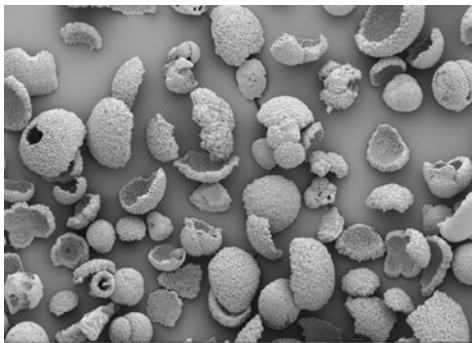
Dissoluzione dei foraminiferi esempi dal Paleogene (Oceano Pacifico)

Maria Rose Petrizzo
mrose.petrizzo@unimi.it

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI MILANO
Facoltà di Scienze e Tecnologie
Dipartimento di Scienze della Terra "A. Desio"



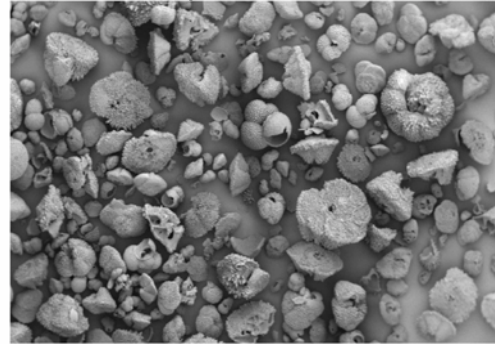
- Eocene superiore



3c

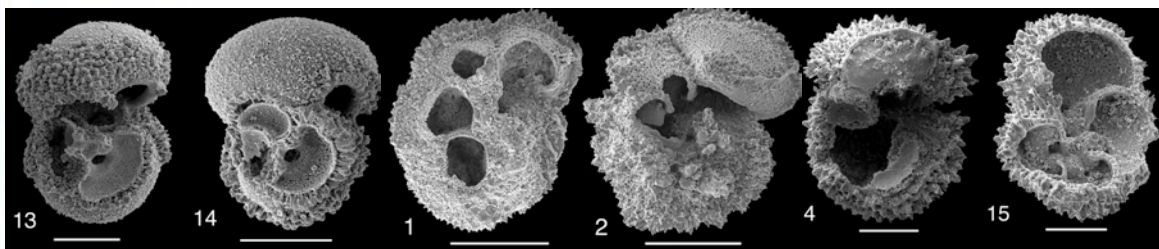
1.00 mm

- Paleocene superiore



2c

1.00 mm



Petrizzo et al 2005, 2008, Petrizzo 2005, Nguyen et al 2009, 2011

107



Proxies basati sui Foraminiferi planctonici

Maria Rose Petrizzo
mrose.petrizzo@unimi.it

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI MILANO
Facoltà di Scienze e Tecnologie
Dipartimento di Scienze della Terra "A. Desio"



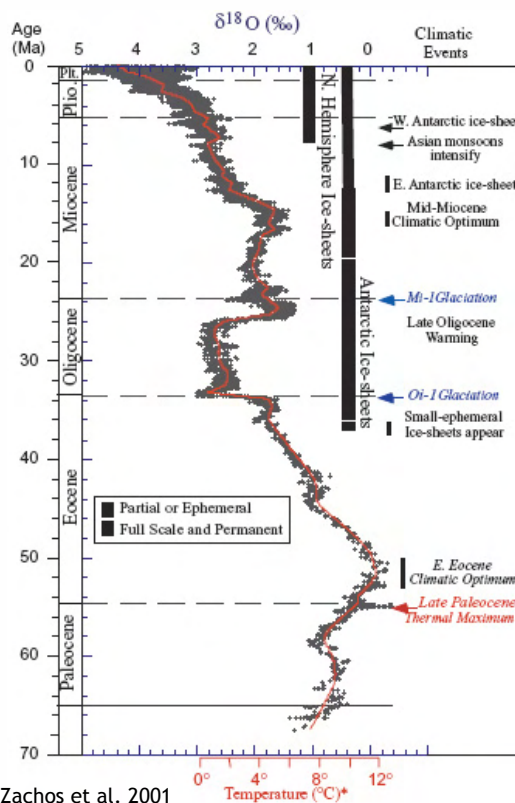
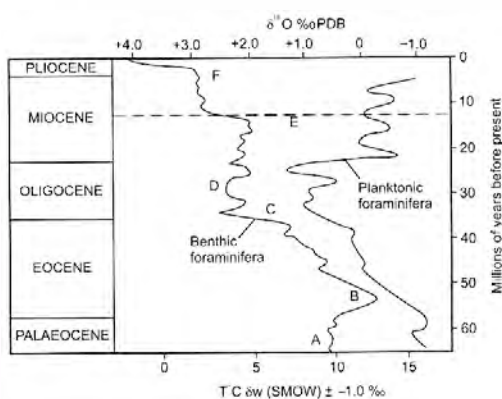
- I gusci conservati nei sedimenti sono utilizzabili come proxy per la paleotemperatura delle acque superficiali (SST)
- Metodi quantitativi basati sul conteggio dei taxa in funzione del tipo di morfologia e delle caratteristiche ecologiche
 - Morfologia e direzione di avvolgimento
 - Presenza/assenza di certi taxa
 - Diversità specifica
 - Dimensioni
 - Abbondanze assolute
 - Conteggi in frazioni di campione pesato
 - Abbondanze relative
 - Conteggio su 300 esemplari
 - Transfer functions
- Metodi geochimici
 - Composizione isotopica dell'ossigeno nei gusci carbonatici (rapporto $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$)

108



Paleotemperatura e isotopi dell'ossigeno

- Misure del $\delta^{18}\text{O}$ sui gusci dei foraminiferi bentonici permettono di ricostruire
 - Temperature al fondo
 - Sorgente di acque profonde nel passato



Zachos et al. 2001

109



Relazione tra $\delta^{18}\text{O}$ e Temperatura

- Equazione Paleotemperatura (Epstein et al., 1953)
 - $T = 16.5 - 4.3 \times (\delta^{18}\text{O}_{\text{calcite}} - \delta w) + 0.14 \times (\delta^{18}\text{O}_{\text{calcite}} - \delta w)^2$
 - T= temperatura °C
 - $\delta w = \delta^{18}\text{O}$ acqua marina al momento della calcificazione - oceano attuale
 - $\delta^{18}\text{O}_{\text{calcite}}$ = rapporto isotopico del guscio misurato nello spettrometro di massa
- $\delta^{18}\text{O}$ misurato nei gusci carbonatici riflette:
 - $\delta^{18}\text{O}$ acqua marina (δw) al momento della calcificazione
 - δw è funzione:
 - Volume globale dei ghiacci
 - Apporto fluviale
 - Evaporazione/precipitazione (soprattutto alle alte latitudini). Il frazionamento durante l'evaporazione risulta in arricchimento in ^{16}O sui continenti e in ^{18}O negli oceani
 - » ^{16}O sequestrato nei ghiacci poi rilasciato nel sistema durante gli interglaciali
- Relazione inversa tra $\delta^{18}\text{O}$ della calcite e Temperatura
 - per ogni 1°C si ha una diminuzione di circa 0.23‰ del valore misurato di $\delta^{18}\text{O}_{\text{calcite}}$



Maria Rose Petrizzo
mrose.petrizzo@unimi.it



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI MILANO
Facoltà di Scienze e Tecnologie
Dipartimento di Scienze della Terra "A. Desio"



110

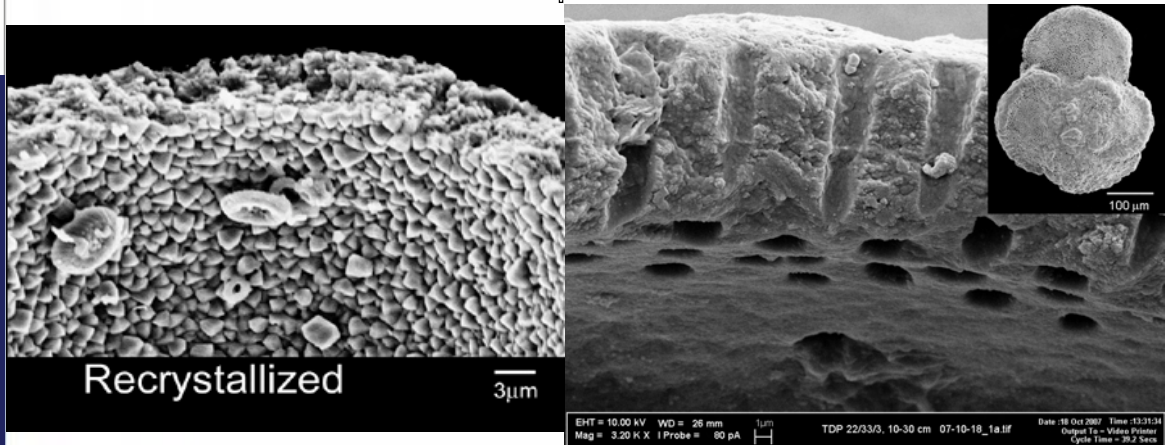


$\delta^{18}\text{O}$ - fattori di errore

- Conservazione ed effetto della diagenesi
 - A seconda della profondità di seppellimento i valori isotopici risultano alterati e danno indicazioni di paleotemperatura poco attendibili
 - Gusci ricristallizzati hanno valori isotopici spesso discordanti
- Materiale ideale
 - gusci conservati in sedimenti ricchi in argilla poco permeabile per cui il guscio carbonatico è con molta probabilità non ricristallizzato

Maria Rose Petrizzo
mrose.petrizzo@unimi.it

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI MILANO
Facoltà di Scienze e Tecnologie
Dipartimento di Scienze della Terra "A. Desio"



111

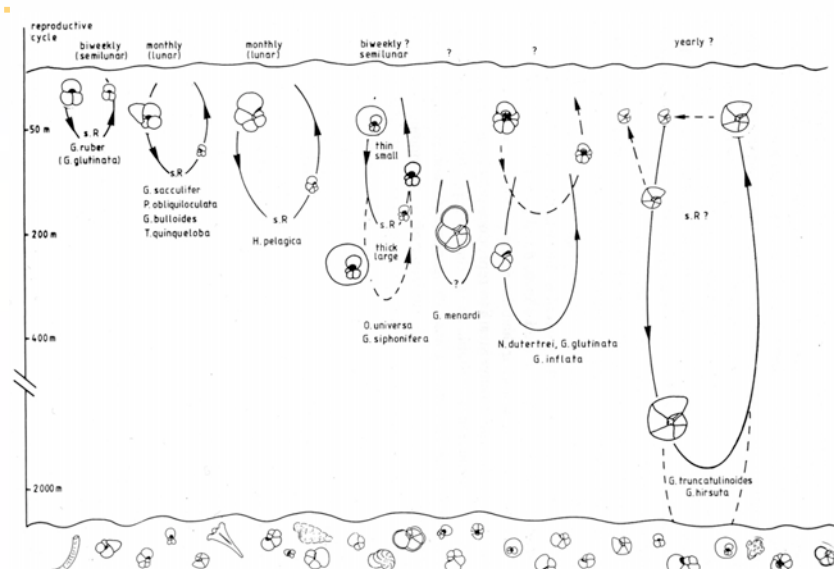


$\delta^{18}\text{O}$ - fattori di errore

- Diverse specie possono presentare un offset dei valori
 - Effetto vitale
 - Guscio non secreto in equilibrio isotopico (planctonici e piccoli bentonici molto vicini - grandi foraminiferi spesso non in equilibrio)
- Diverso habitat
 - Ciclo vitale: migrazione verticale nella colonna d'acqua (diverse profondità di calcificazione)

Maria Rose Petrizzo
mrose.petrizzo@unimi.it

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI MILANO
Facoltà di Scienze e Tecnologie
Dipartimento di Scienze della Terra "A. Desio"



112



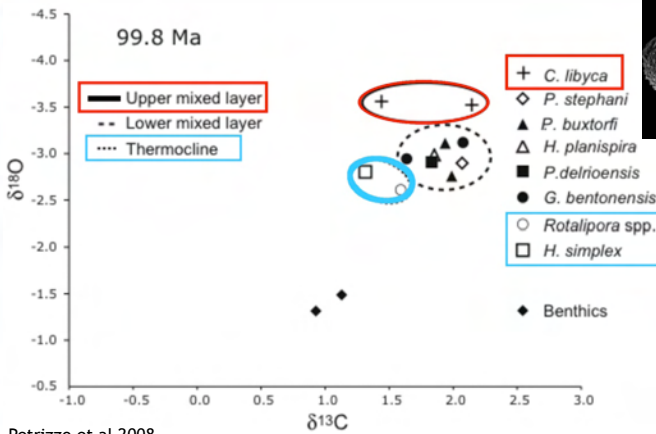
Paleoecologia

esempio del Cretaceo

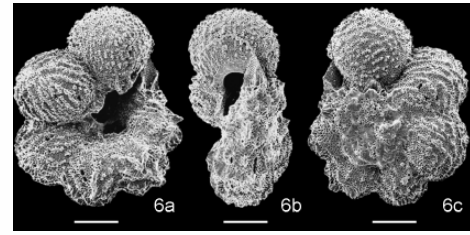
- Albiano: Blake Nose ODP 1052E - Atlantico settentrionale
- Dati isotopici = Analogia solo parziale
 - Forme più semplici non sono superficiali ma più legate al termoclino

Maria Rose Petrizzo
mrose.petrizzo@unimi.it

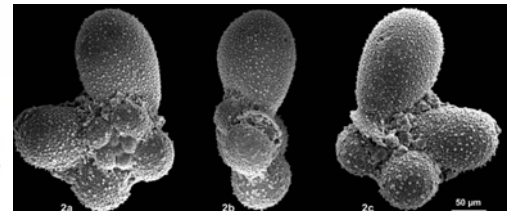
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI MILANO
Facoltà di Scienze e Tecnologie
Dipartimento di Scienze della Terra "A. Desio"



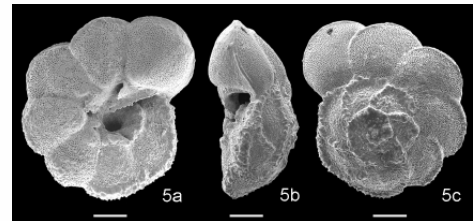
Petrizzo et al 2008



Paracostellagerina libyca



Hedbergella simplex



"Rotalipora" balernaensis



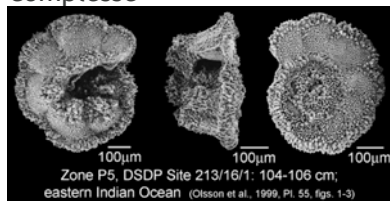
Paleoecologia

esempio dal Paleogene

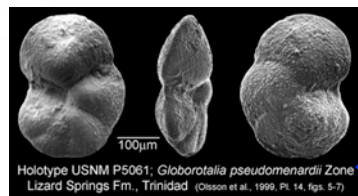
- Analogia solo parziale
 - In generale le forme superficiali e con simbionti sono morfologicamente più complesse

Maria Rose Petrizzo
mrose.petrizzo@unimi.it

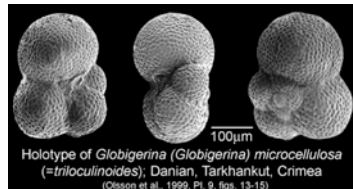
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI MILANO
Facoltà di Scienze e Tecnologie
Dipartimento di Scienze della Terra "A. Desio"



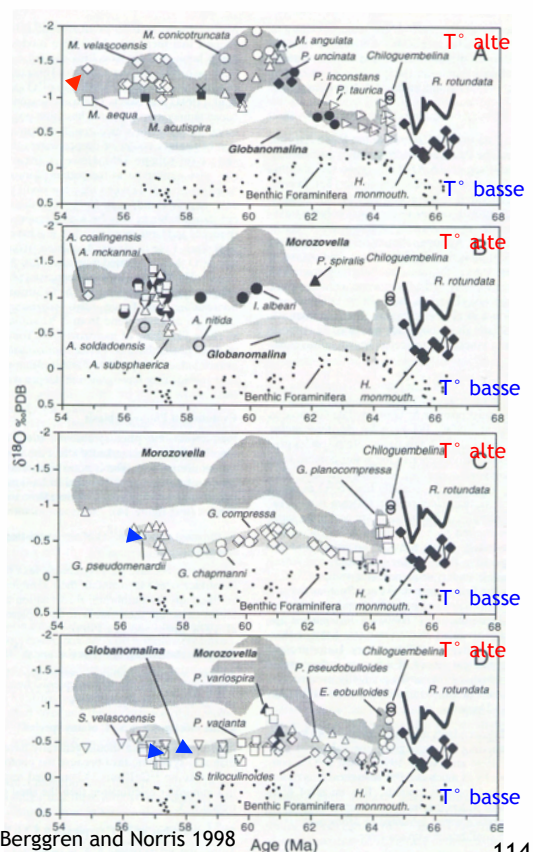
Morozovella velascoensis



Globanomalina pseudomenardi



Subbotina triloculinoides



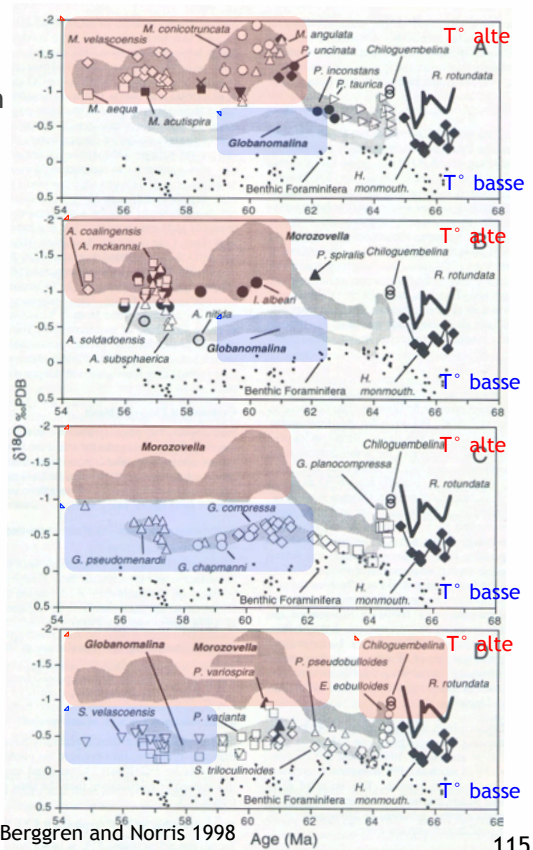
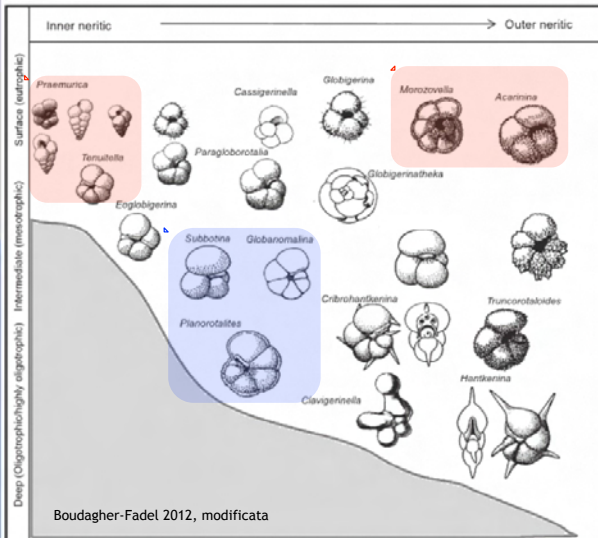
Berggren and Norris 1998



Paleoecologia

esempio dal Paleogene

- Analogia solo parziale
 - In generale le forme superficiali e con simbionti sono morfologicamente più complesse



Maria Rose Petrizzo
mrose.petrizzo@unimi.it

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI MILANO
Facoltà di Scienze e Tecnologie
Dipartimento di Scienze della Terra "A. Desio"



_seminario 27 giugno 2013

Bibliografia

I foraminiferi planctonici del Paleogene: classificazione, biostratigrafia e paleoecologia



IMMAGINI E TESTI DA:

- Hemleben et al 1989. Modern planktonic foraminifera
- Armstrong and Brasier 2005. Microfossils
- Sen Gupta 1999. Modern Foraminifera
- Hillaire-Marcel and De Vernal A. 2007. Proxies in Late Cenozoic Paleoceanography
- Archivio di immagini pubblicate (e non) di Petrizzo

