

**Università degli Studi di Trieste – a.a. 2022-2023**  
**Corso di Studio in Scienze e Tecnologie per L'ambiente e la Natura**

**213SM – Ecologia**  
**213SM-3 – Ecologia Generale**

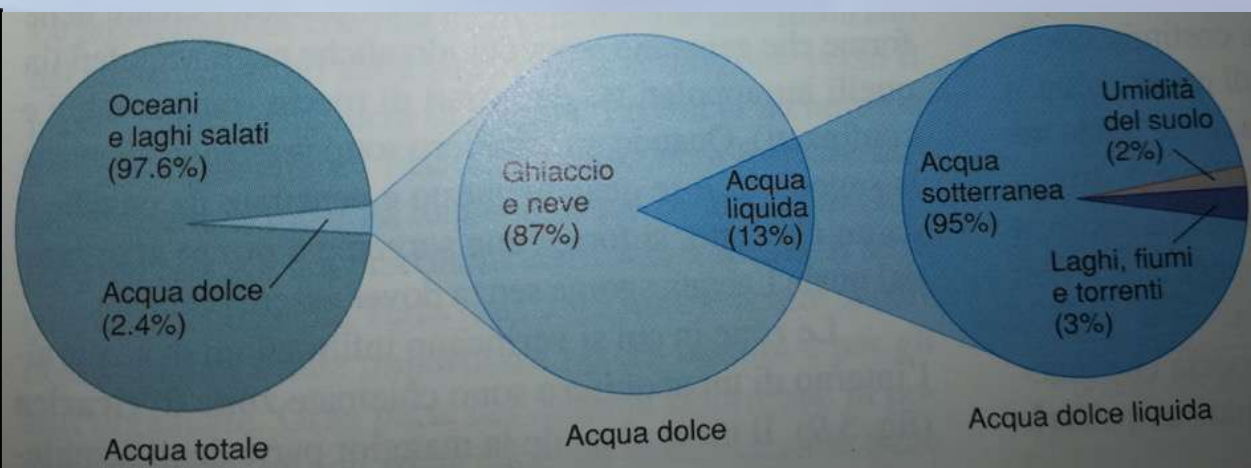
**CICLI BIOGEOCHIMICI E CATENA  
DEL DETRITO**

**Prof. Stanislao Bevilacqua ([sbevilacqua@units.it](mailto:sbevilacqua@units.it))**

# L'acqua sul pianeta

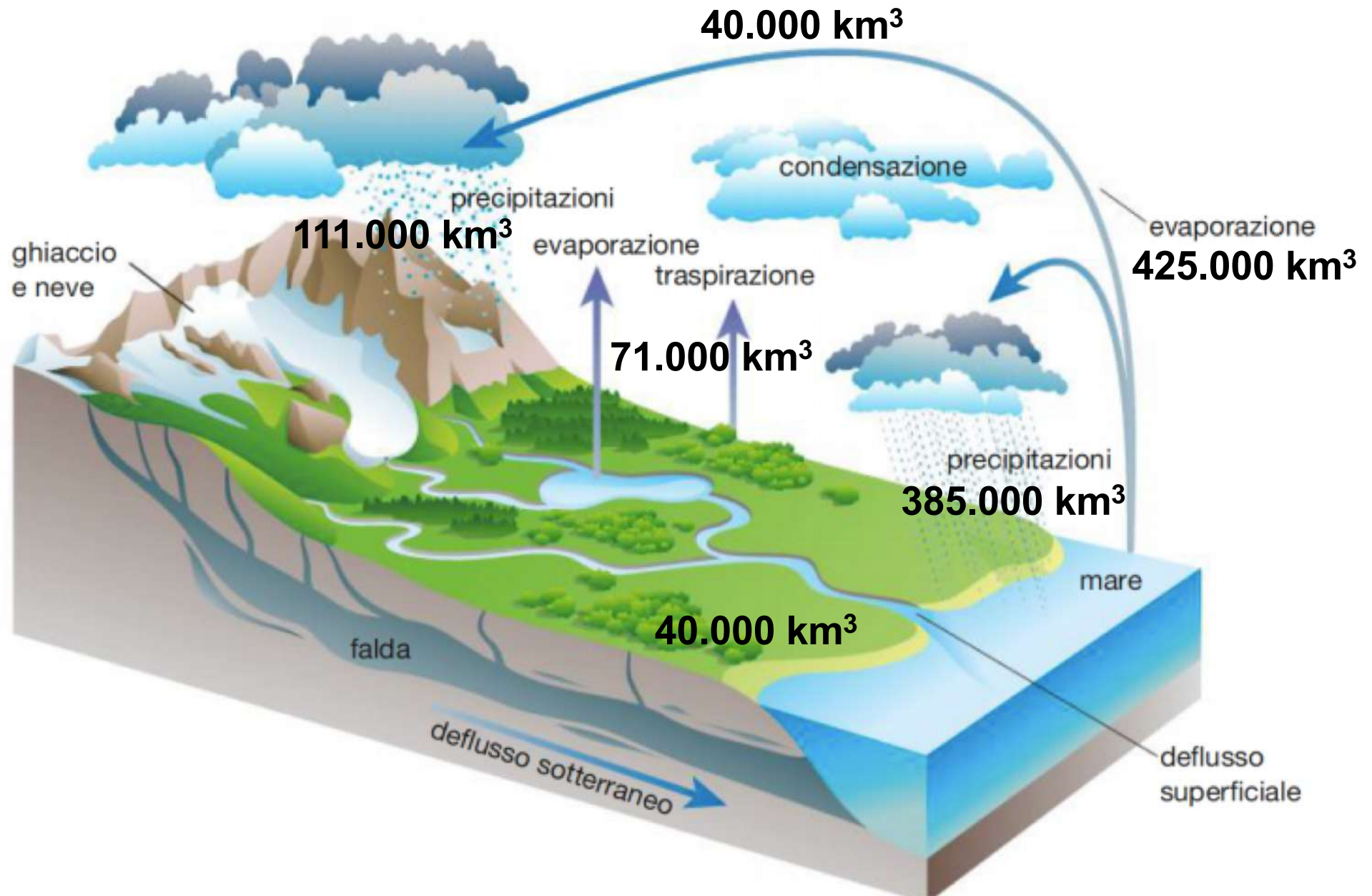
L'acqua è essenziale per la vita. Essa costituisce il mezzo in cui avvengono tutte le reazioni biologiche. Dissolve i nutrienti, ne consente il trasporto e l'assorbimento da parte degli organismi, il trasporto interno di sostanze e gas e rimozione dei rifiuti, partecipa alla regolazione della temperatura corporea, supporta strutturalmente gli organismi.

La Terra ne possiede una quantità significativa (1400 milioni di km<sup>3</sup>).



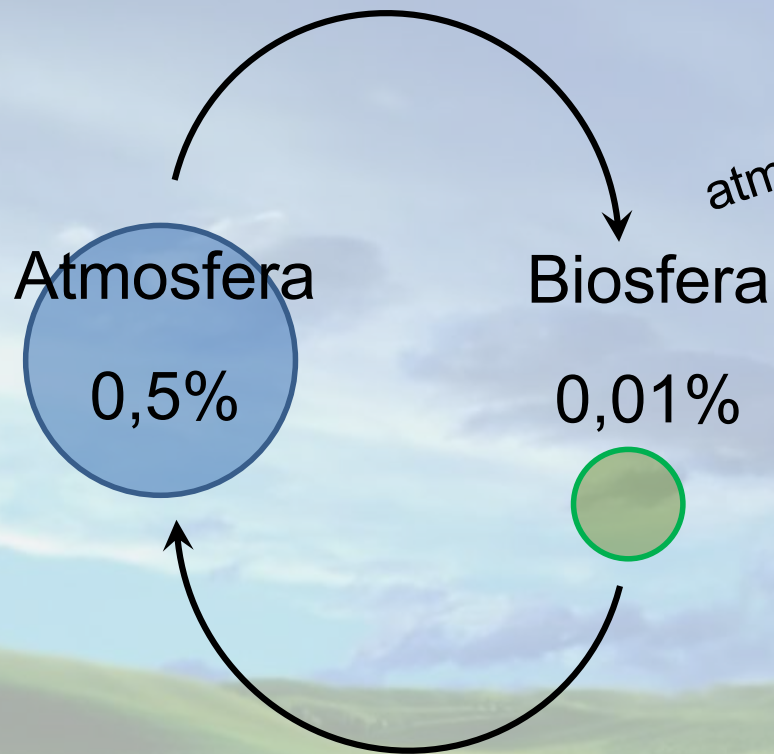
Solo 33,6 milioni di km<sup>3</sup> sono acqua dolce, la maggior parte della quale congelata nelle calotte polari e ghiacciai

# Ciclo idrologico e bilancio idrico



# Ciclo dell'ossigeno

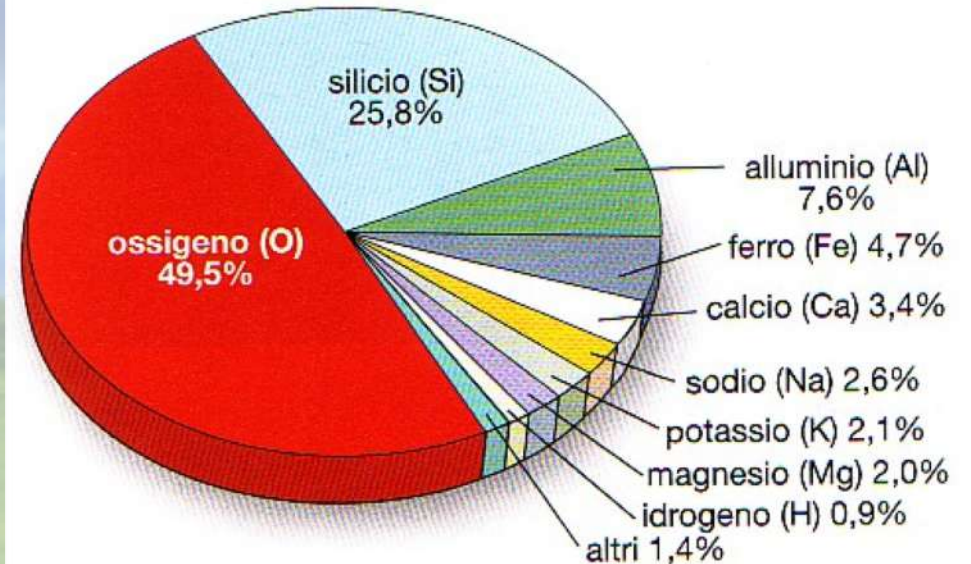
Consumo  
(80% respirazione e 20% ossidazione)



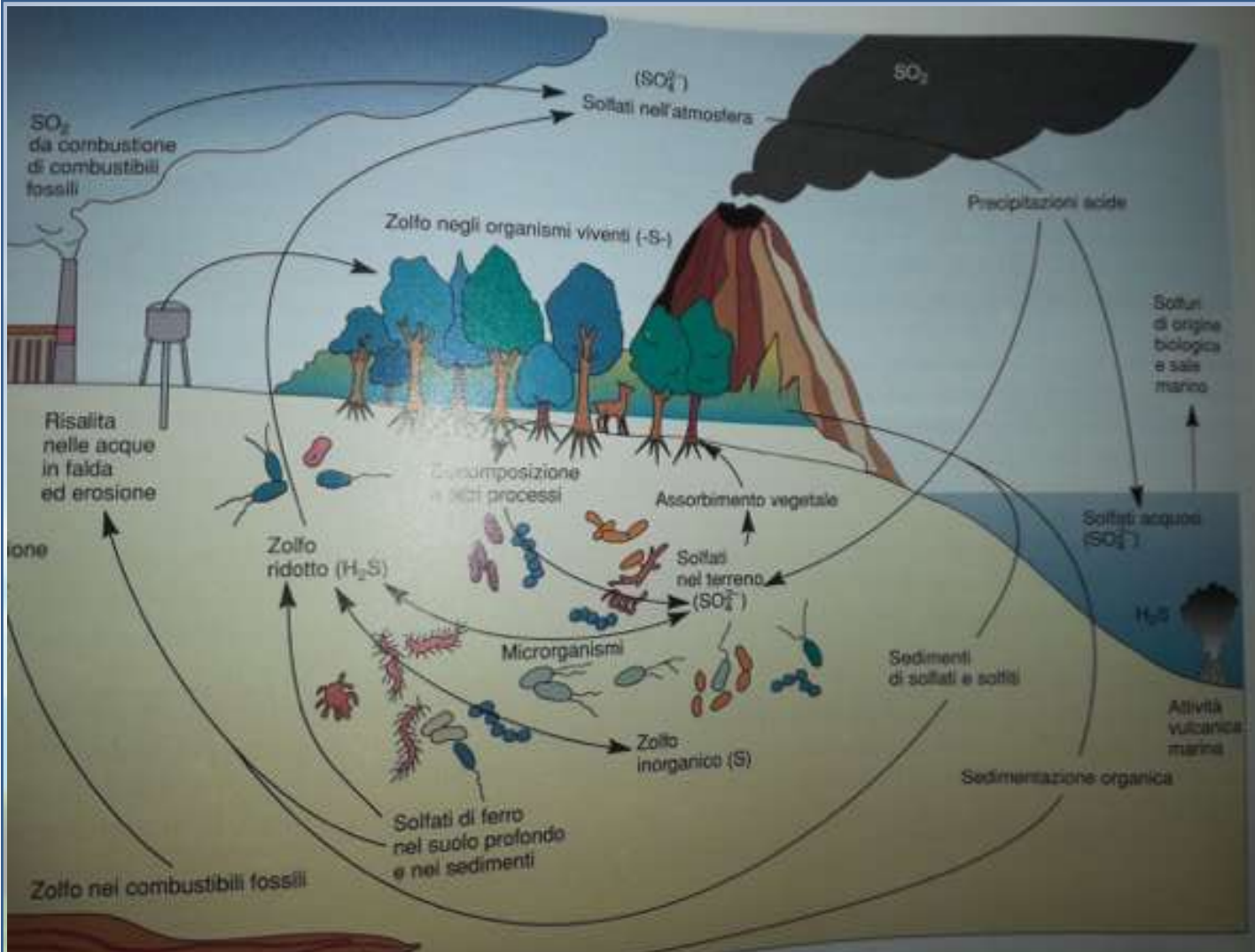
Fotosintesi  
(55% terra e 45% oceani)

Agenti  
atmosferici/ossidazione

Litosfera  
99,5%



# Ciclo dello zolfo

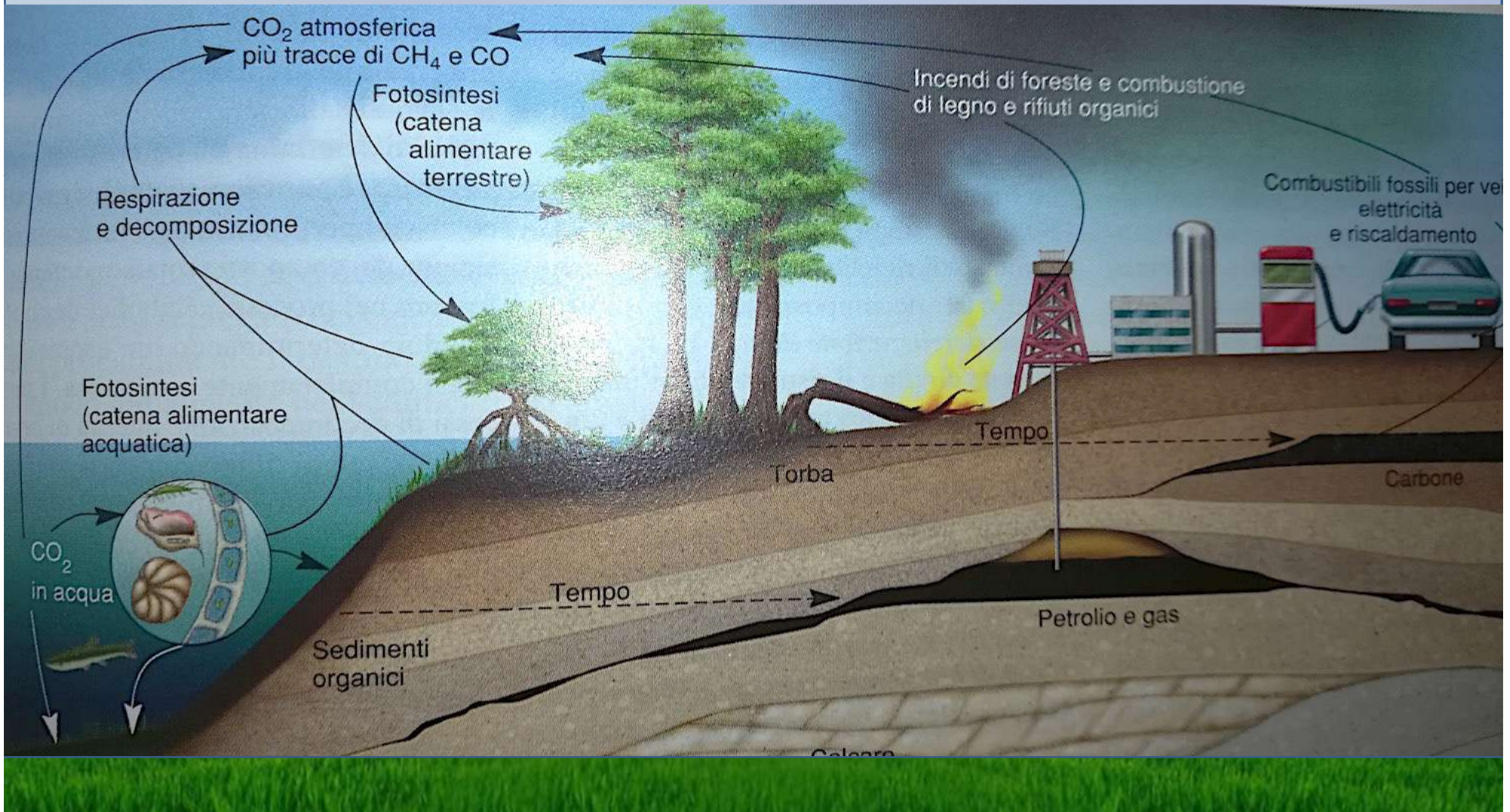


Lo zolfo si trova in gran parte nella crosta terrestre (solfati). Esso è una componente fondamentale di alcuni amminoacidi, coenzimi e altre molecole di importanza biologica. Può trovarsi in varie forme (H<sub>2</sub>S, SO<sub>2</sub>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, solfuri, zolfo molecolare).

Lo zolfo viene assorbito dagli organismi autotrofi entrando nel ciclo della materia, dal quale fuoriesce tramite i processi di decomposizione. I batteri hanno un ruolo fondamentale nel rendere disponibile lo zolfo o sequestrandolo.

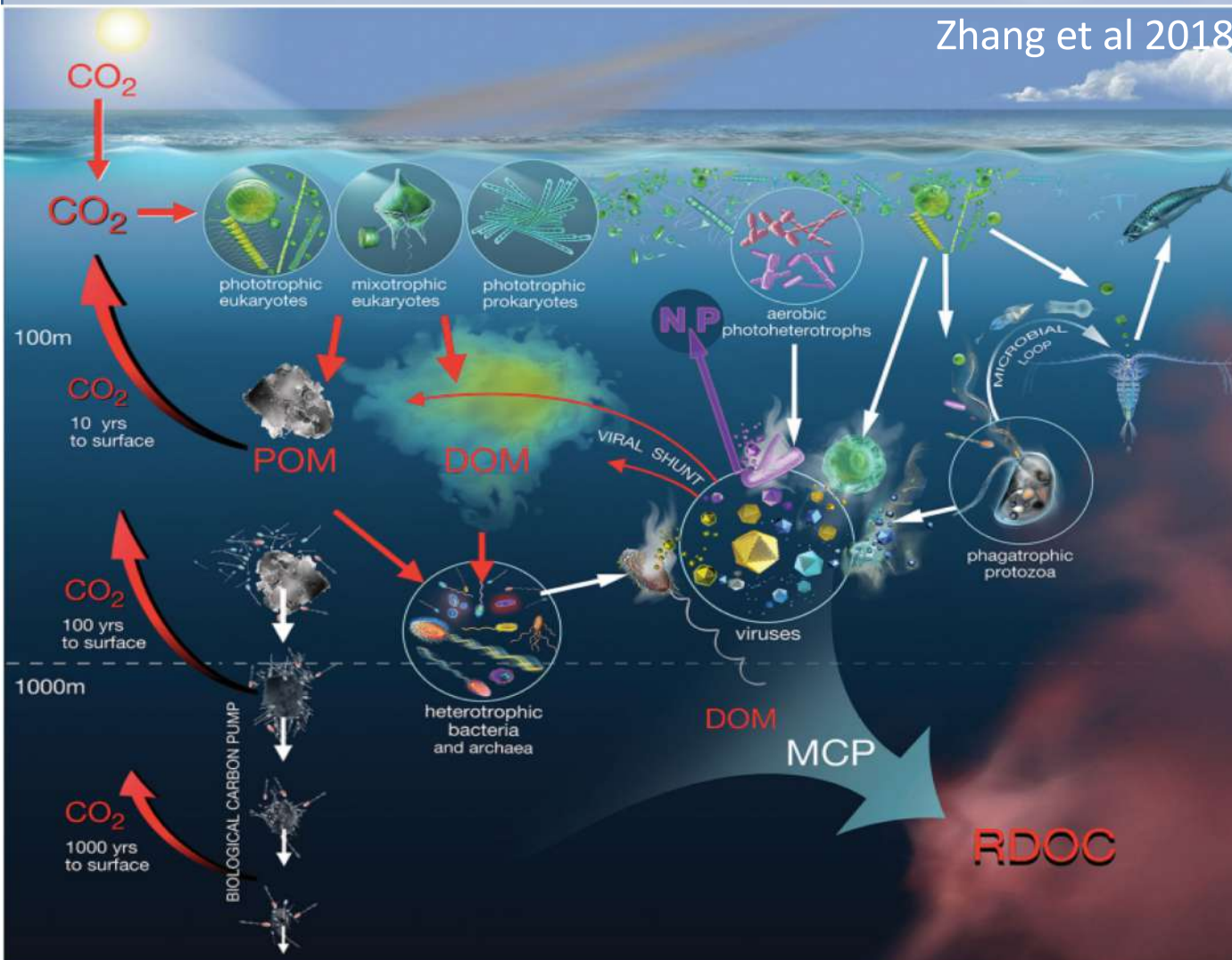
# Ciclo del carbonio

1,85 miliardi di Gt. Di queste solo 44.000 Gt sono sulla superficie, il resto è presente all'interno del pianeta, nel nucleo e nel mantello. Sulla superficie, gli oceani contengono circa il 94% di questo carbonio (acqua e sedimenti), mentre il 4,5% nella biosfera terrestre e l'1,5% in atmosfera.



# Pompa biologica (soft pump)

Zhang et al 2018

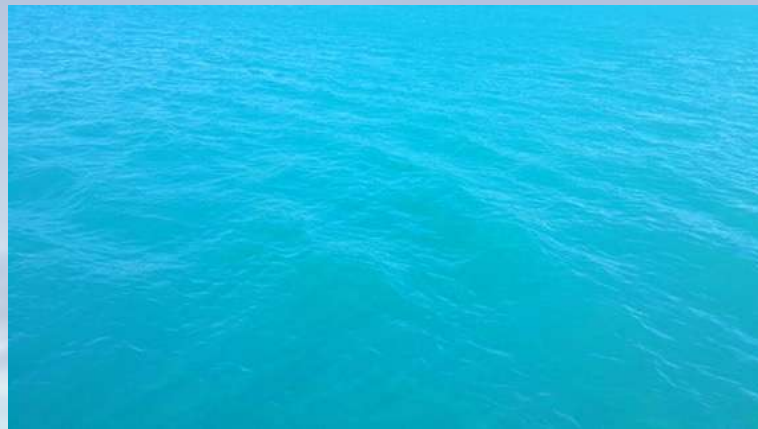
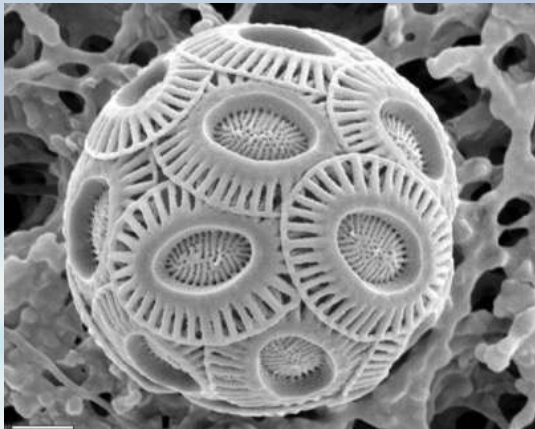


Nella zona eufotica, gli organismi fotosintetici fissano la CO<sub>2</sub> disciolta nell'acqua e producono sostanza organica. Questa viene inglobata dagli organismi eterotrofi o mixotrofi e viene respirata producendo nuovamente CO<sub>2</sub>. Una piccola porzione della sostanza organica (sia POM che DOM) affonda e raggiunge il fondo, venendo incorporata nei sedimenti (precipitazione per gravità, movimenti masse d'acqua, migrazioni plancton).

Una volta nei sedimenti, può essere utilizzata dagli organismi dell'infauna o del fondo, oppure rimanere intrappolata nella matrice. Questo si traduce con uno spostamento di carbonio dalla superficie al fondo degli oceani

# Pompa biologica (carbonate pump)

Molti organismi marini inglobano  $\text{CO}_2$  anche sotto forma di carbonato di calcio. Questo costituisce gran parte delle strutture calcaree di molluschi, echinodermi, madrepore, alcune spugne, e altri phyla animali, e organismi fitoplanctonici (es. coccolitofori).



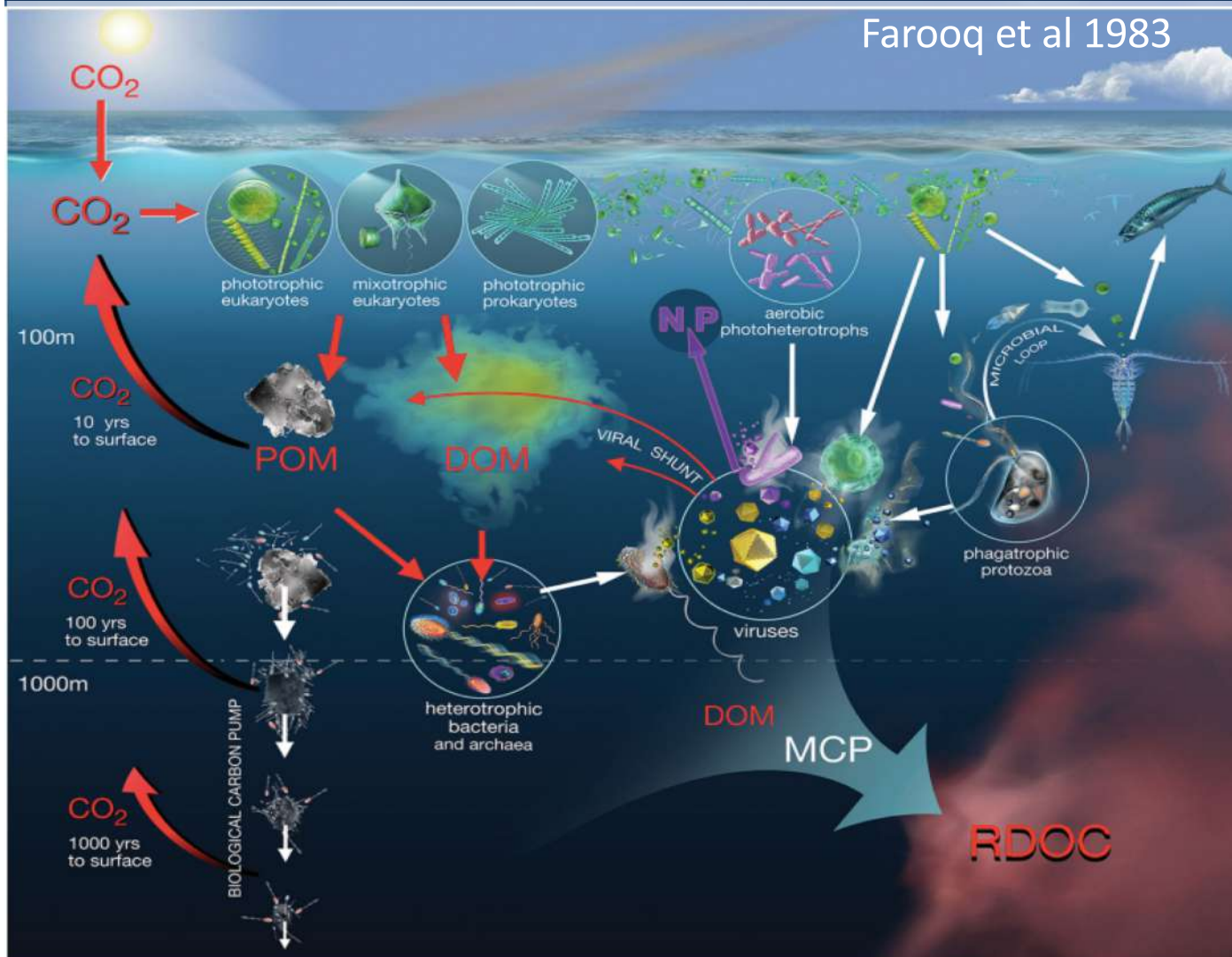
*Emiliania huxleyi* ad esempio è cosmopolita, e si trova dalle regione equatoriali ai poli.



I coccolitoforidi sono tra gli organismi fotosintetizzanti più abbondanti negli oceani. Insieme ai foraminiferi (principalmente bentonici) rappresentano un sink di carbonato di calcio.



# Microbial loop

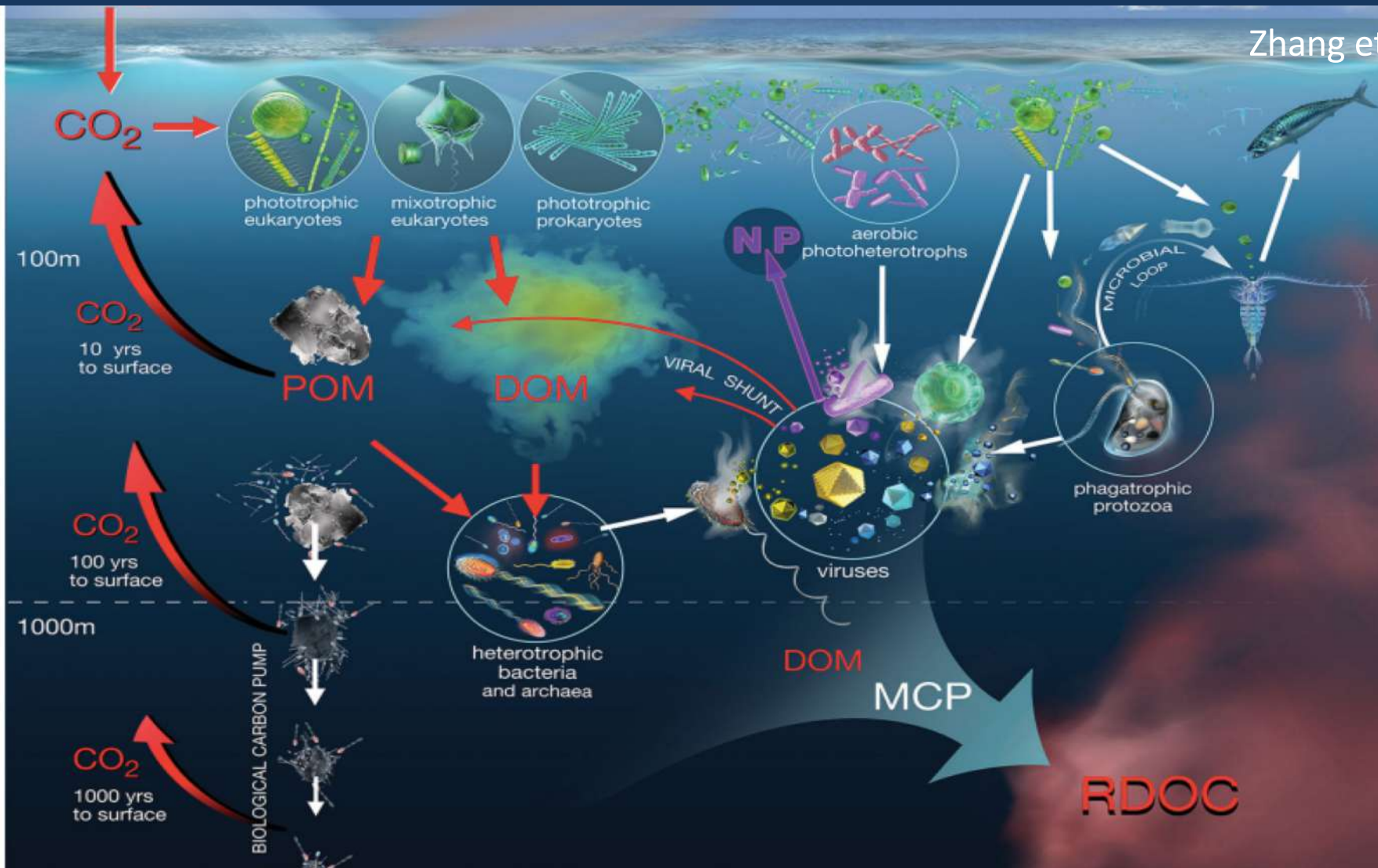


Il loop microbico è un circuito trofico nel quale la sostanza organica disciolta e quella particolata vengono intercettate e incorporate nella biomassa batterica.

Questo consente alla sostanza organica di essere disponibile per gli organismi eterotrofi del plancton e rientrare, quindi, nel circuito trofico superficiale.

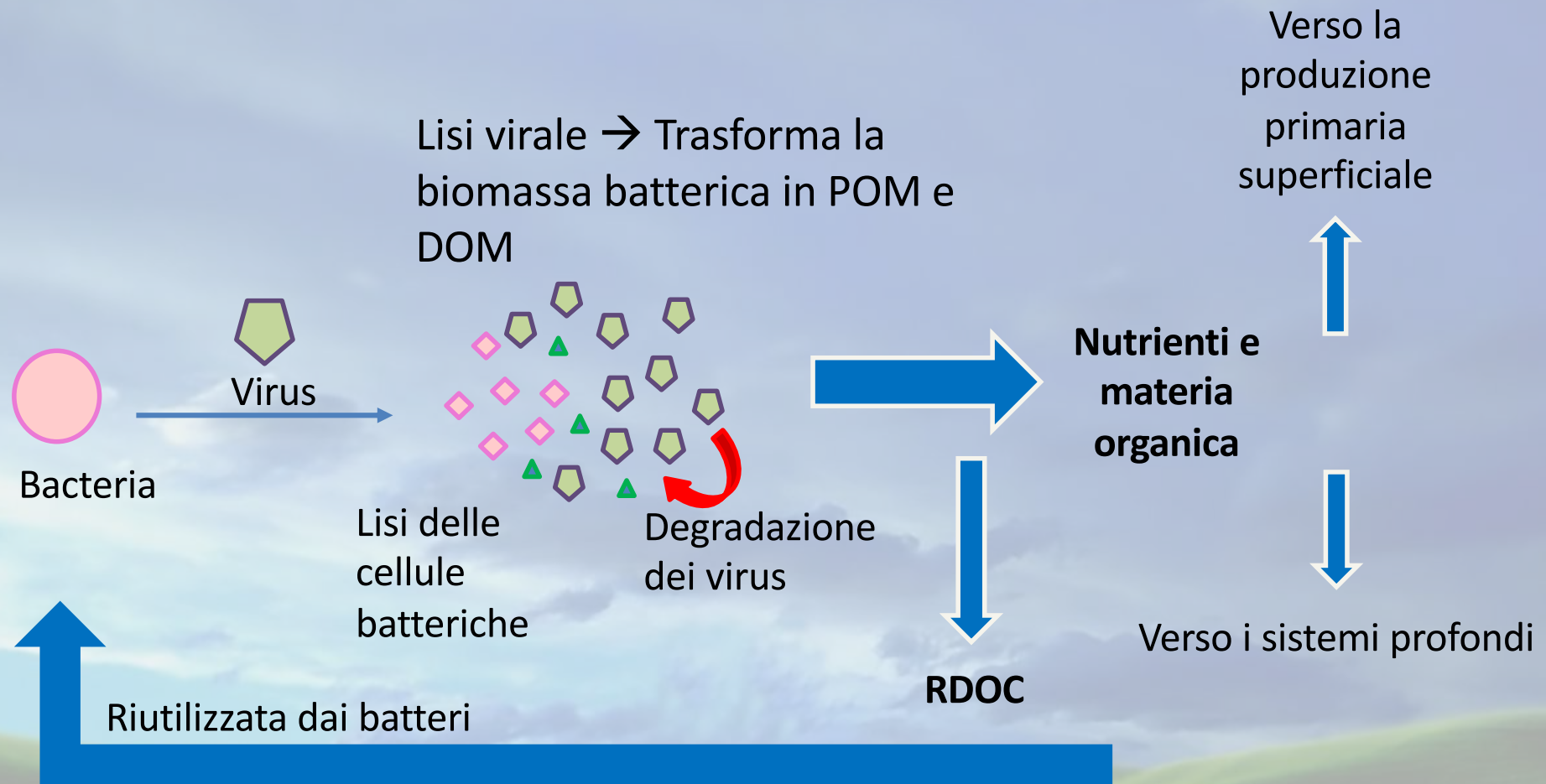
# Microbial Carbon Pump

Zhang et al 2018



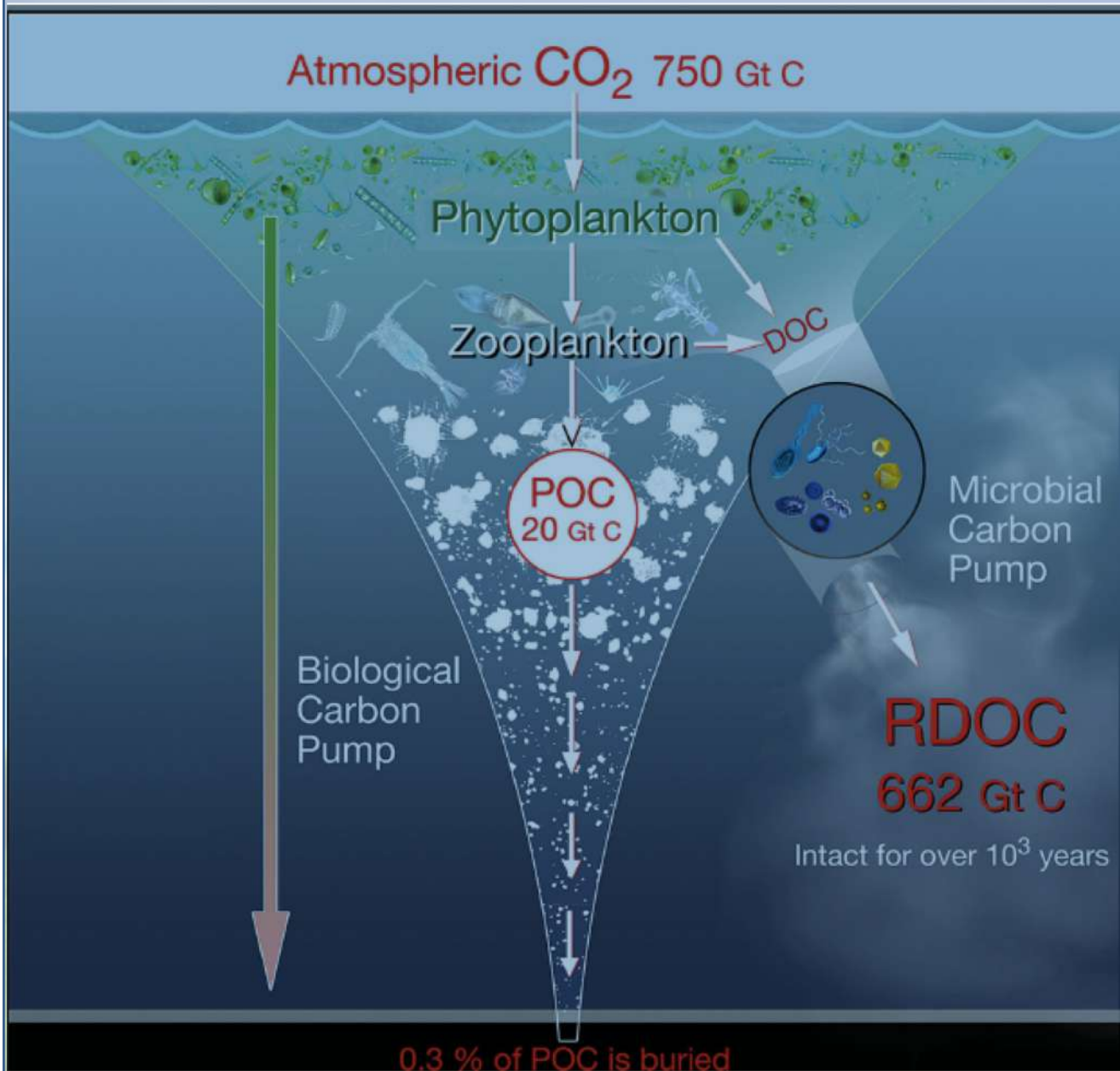
La pompa microbica media la trasformazione della sostanza organica labile (disciolta e particolata) in sostanza organica refrattaria, cioè non disponibile per gli organismi in tempi brevi (lignine, terpenoidi, catene di carbonio lunghe) che costituisce la maggior parte del DOC (662 Gt C) negli oceani e persiste per millenni (4000–6000 anni).

# Viral shunt



Il viral shunt rilascia a scala globale **37-50 milioni di tonnellate di carbonio all'anno**, rappresentando una sorgente di carbonio labile preziosa per i sistemi marini profondi.

# Sequestro di CO<sub>2</sub>



L'insieme dei processi descritti ha portato nel corso del tempo ad immagazzinare negli oceani un quantitativo di C sottoforma di DOC quasi pari alla CO<sub>2</sub> atmosferica. Questa è mantenuta in equilibrio dagli scambi tra atmosfera e ambiente terrestre (circa 440 emesse contro 450 Gt assorbite) e tra atmosfera e oceani (330 contro 340 Gt circa). Le attività antropiche ne producono circa 30 Gt all'anno.

# Detrito

*“qualsiasi perdita non predatoria di carbonio organico da qualunque livello trofico o derivante da input esterni”* (Wetzel et al., 1972)

Quindi, qualunque apporto di materia non vivente e organica, indipendentemente dalle dimensioni, composizione e origine



# Origine



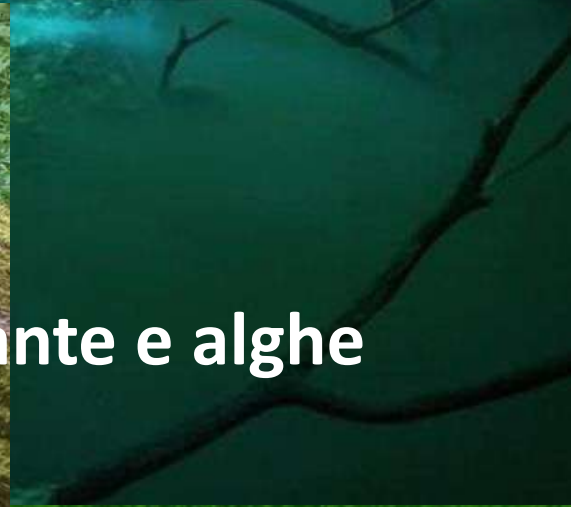
Mute, carcasse animali



Resti di organismi planctonici  
pellet fecali



Piante e alghe



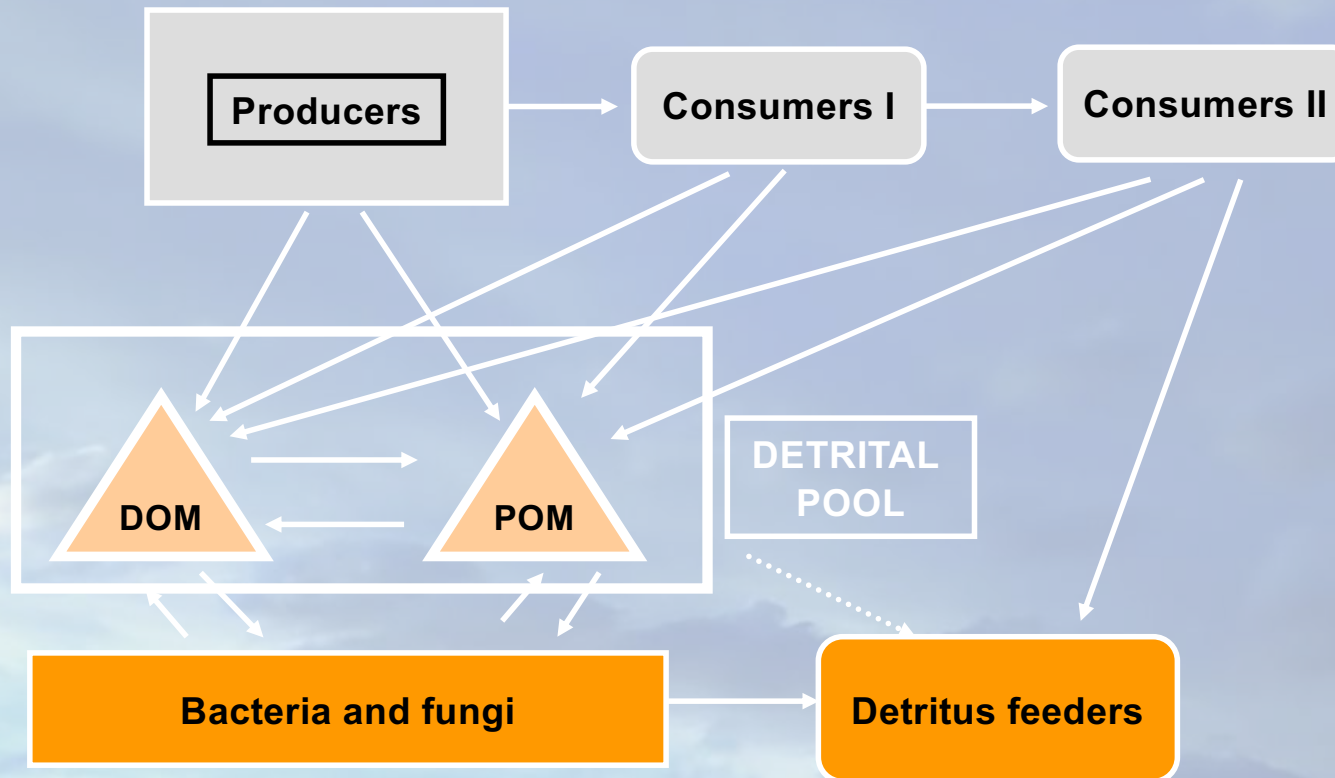
# Relazione consumatori-risorsa

I carnivori, gli erbivori e i parassiti, consumando le loro prede, esercitano un controllo sulla loro disponibilità. Essi infatti, nel momento in cui consumano la risorsa ne compromettono la capacità di rigenerazione.



Decompositori e detritivori, al contrario, non regolano l'apporto di detrito, che dipende da fattori a loro esterni (senescenza, malattia, predazione, ecc.). Le 'prede' regolano la densità dei consumatori fornendo la risorsa (detrito) ma non avviene il contrario (regola del donatore, Pimm 1982).

# Ruolo dei detritivori e decompositori



Gli elementi nutritivi inorganici vengono incorporati in forma organica principalmente dai produttori primari (*immobilizzazione*). Questi poi sono incorporati nella biomassa dei consumatori di vario livello. La decomposizione, che consiste nella disintegrazione della sostanza organica morta, ad opera degli organismi decompositori e detritivori, rilascia nuovamente le sostanze nutritive in forma inorganica (*mineralizzazione*).



# Il processo di decomposizione

Enzimi presenti nella materia organica possono iniziare a lisare i tessuti.

Sostanze minerali e organiche solubili possono lisciviare a causa del dilavamento, o passare nel mezzo in ambienti acquatici.

Il processo inizia con la colonizzazione della risorsa morta da parte di batteri e funghi. Questi, in forma attiva o di spore, sono presenti nell'ambiente e spesso sulla risorsa viva.

La degradazione può essere aerobia o anaerobia. In questo caso si ha un processo fermentativo che produce alcoli o acidi organici.

Gli spazzini (scavengers) possono appropriarsi della risorsa morta prima o dopo l'inizio del processo, favorendo il processo di degradazione.

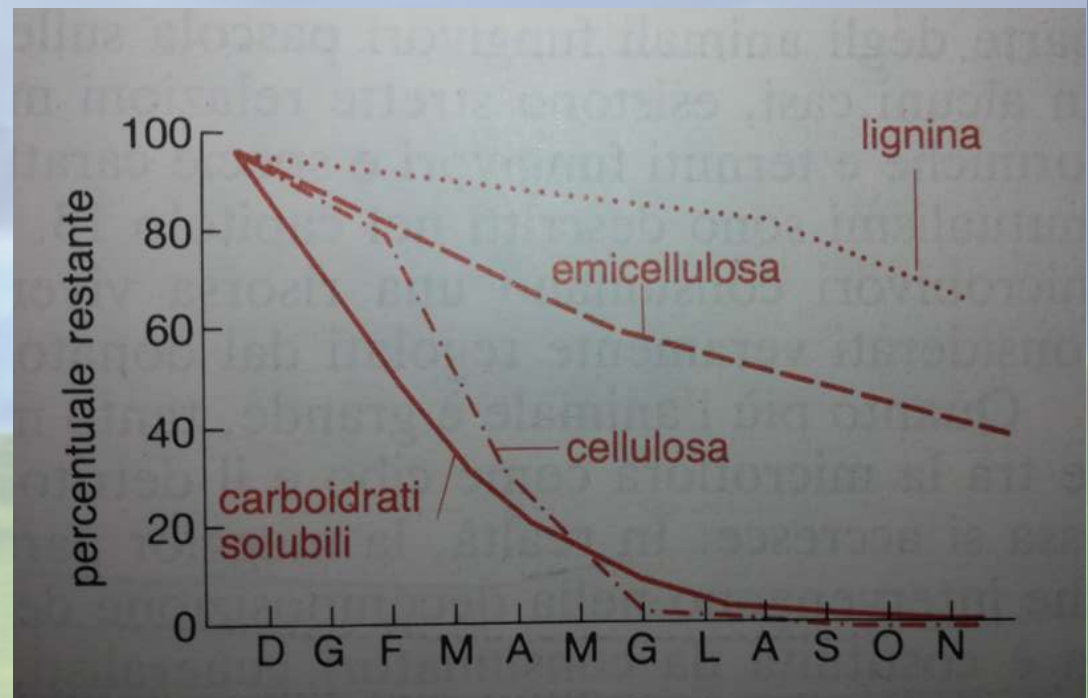


# Il processo di decomposizione

La velocità di degradazione varia a seconda dei fattori ambientali. In generale, aumenta con la **temperatura**. Il **pH** basso favorisce l'azione fungina rispetto a quella batterica. La presenza di **umidità** può accelerare il processo attraverso la lisciviazione. L'intervento di organismi **spazzini e detritivori** ha un effetto accelerante sullo smaltimento della sostanza organica morta.

Ad ogni modo, le diverse sostanze organiche hanno **tempi di degradazione differenti**.

I carboidrati e le altre molecole solubili vengono attaccate e degradate facilmente da molti organismi. Lignine, emicellulose e altri tessuti (es. osseo) sono molto più refrattari e attaccati da organismi specializzati. Per cui la **diversità dei decompositori diminuisce nel tempo**.



# Detritivori

Possiamo dividere i detritivori in 4 categorie in base alle dimensioni:

Microfauna (<100 micron): protozoi, nematodi, rotiferi

Principalmente microbivori, necessitano di umidità

Mesofauna (>0.1 < 2 mm): acari, collemboli, enchitreidi.

Detritivori, microbivori generalisti

Macrofauna e megafauna (> 2 e >20 mm): isopodi, diplopodi, lombrichi, chiocciole e lumache, larve di insetti.

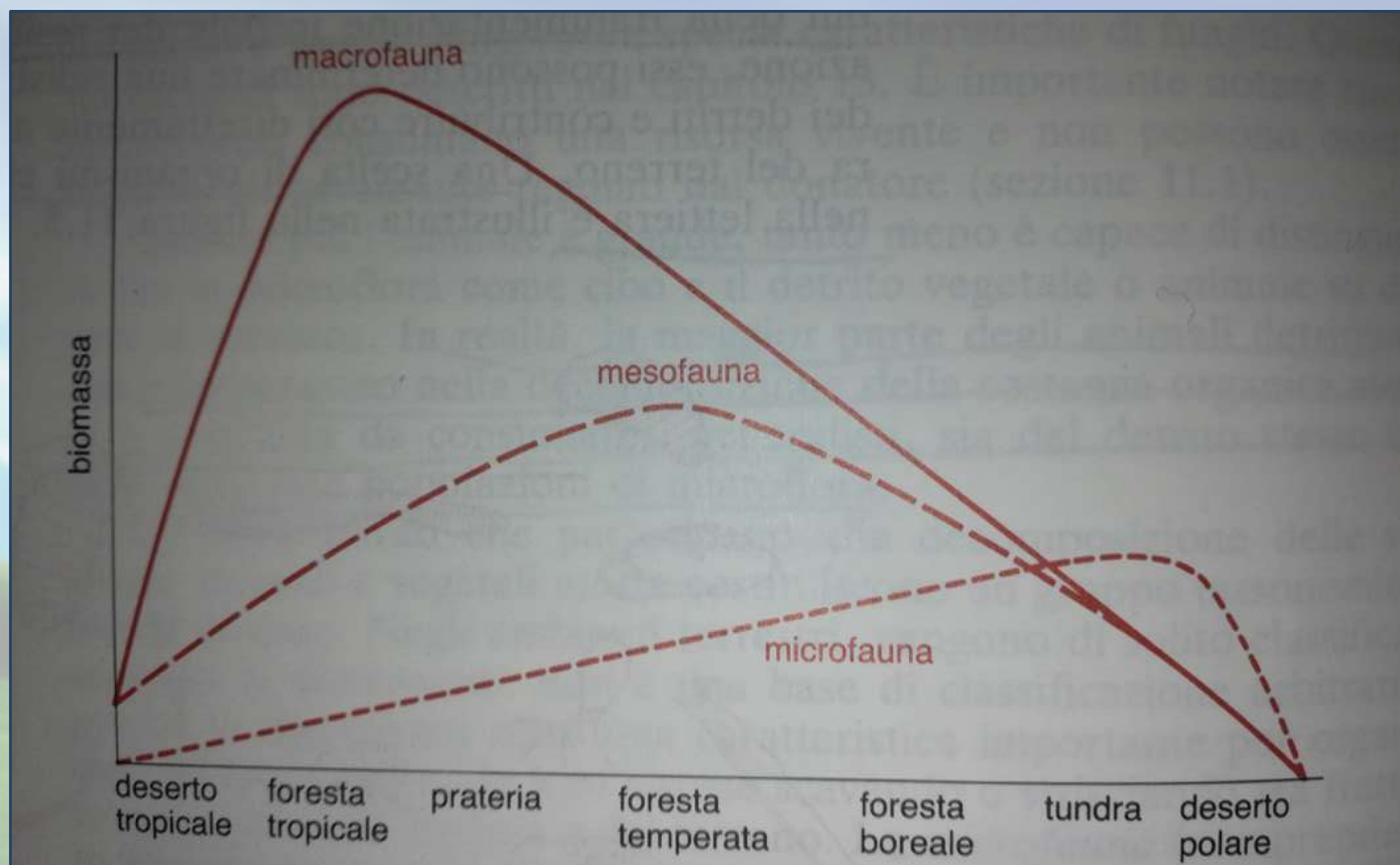
Detritivori, microbivori generalisti



Classificazione valida anche per ambienti acquatici, anche se può esserci una classificazione in base al ruolo (frammentatori, collettori, filtratori, raschiatori)

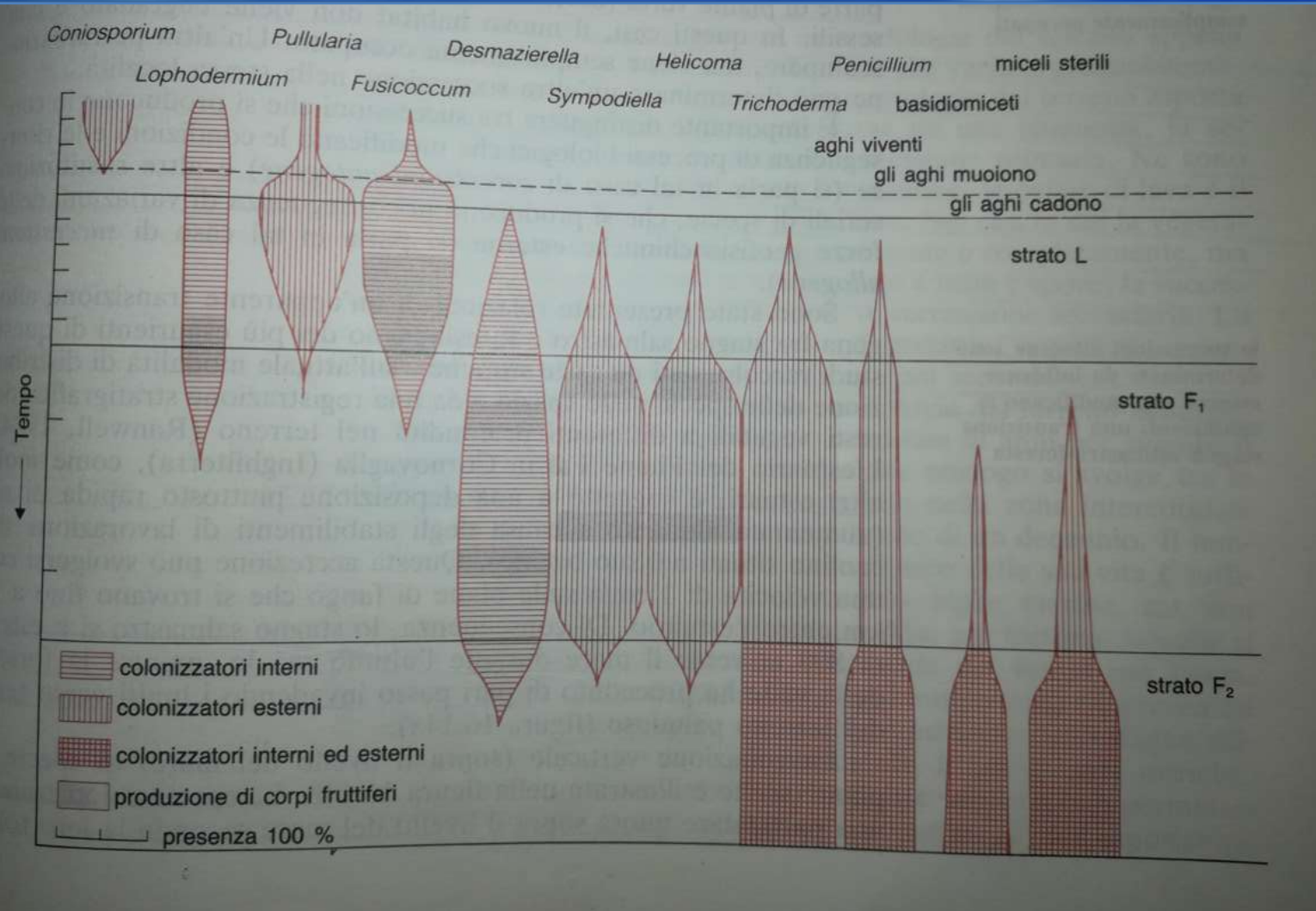
# Detritivori

Gli organismi più grandi spesso si nutrono del detrito e della microflora associata. Questi organismi spesso permettono una degradazione più veloce della sostanza organica attraverso il tritramento e il rimescolamento.



L'importanza dei vari gruppi cambia con le caratteristiche dell'ambiente, soprattutto in ragione del clima/latitudine

# Successione degradativa



6 mesi

2 anni

Azione dei  
detritivori (acari,  
collemboli, ecc.)

7 anni

Funghi terminano  
digerendo anche  
tessuti refrattari (es.  
lignine)

Nel processo di decomposizione spesso si susseguono specie differenti a seconda dello stadio. Mentre la degradazione prosegue, nuove risorse si rendono disponibili e risorse precedenti terminano, causando un alternarsi delle specie che sono in grado di sfruttarle, o di vivere nelle condizioni che si instaurano col procedere della decomposizione (es. variazioni nel pH). **Questo sequenza è nota come successione degradativa.**

# I sistemi marini profondi

- **Carcasse di animali morti**
  - 1. Cetacei
  - 2. Pesci
  - 3. Grandi invertebrati (e.g., cefalopodi)
- **Detrito da organismi vegetali**
  - 1. Macroalghe
  - 2. Fanerogame marine
  - 3. Piante terrestri

## Movimenti delle masse d'acqua

1. POM e DOM

## POM dalla zona fotica

1. Neve marina
2. Pellet fecali
3. Mute zooplancton

