

# **CHIMICA AMBIENTALE**

CdL triennale in  
Scienze e Tecnologie per l'Ambiente e la Natura

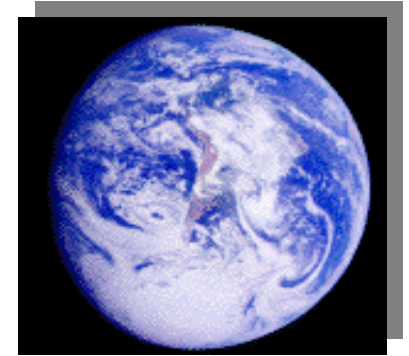
Docente  
Pierluigi Barbieri

**SSD Chimica dell'ambiente e dei beni culturali, CHIM/12**

# CHIMICA DELLE ACQUE

## Idrosfera

Il sistema di tutta l'acqua che circonda il pianeta terra.



L'acqua dell'idrosfera, stimata in  $1.36 \cdot 10^9 \text{ Km}^3$ , è distribuita in modo estremamente disomogeneo:

**Oceani  $\approx 97\%$**

**Acqua dolce  $\approx 3\%$**

L'acqua dolce è ripartita in: calotte polari, acque superficiali, sotterranee, acqua contenuta negli esseri viventi e vapore acqueo presente nell'atmosfera.



# Idrosfera

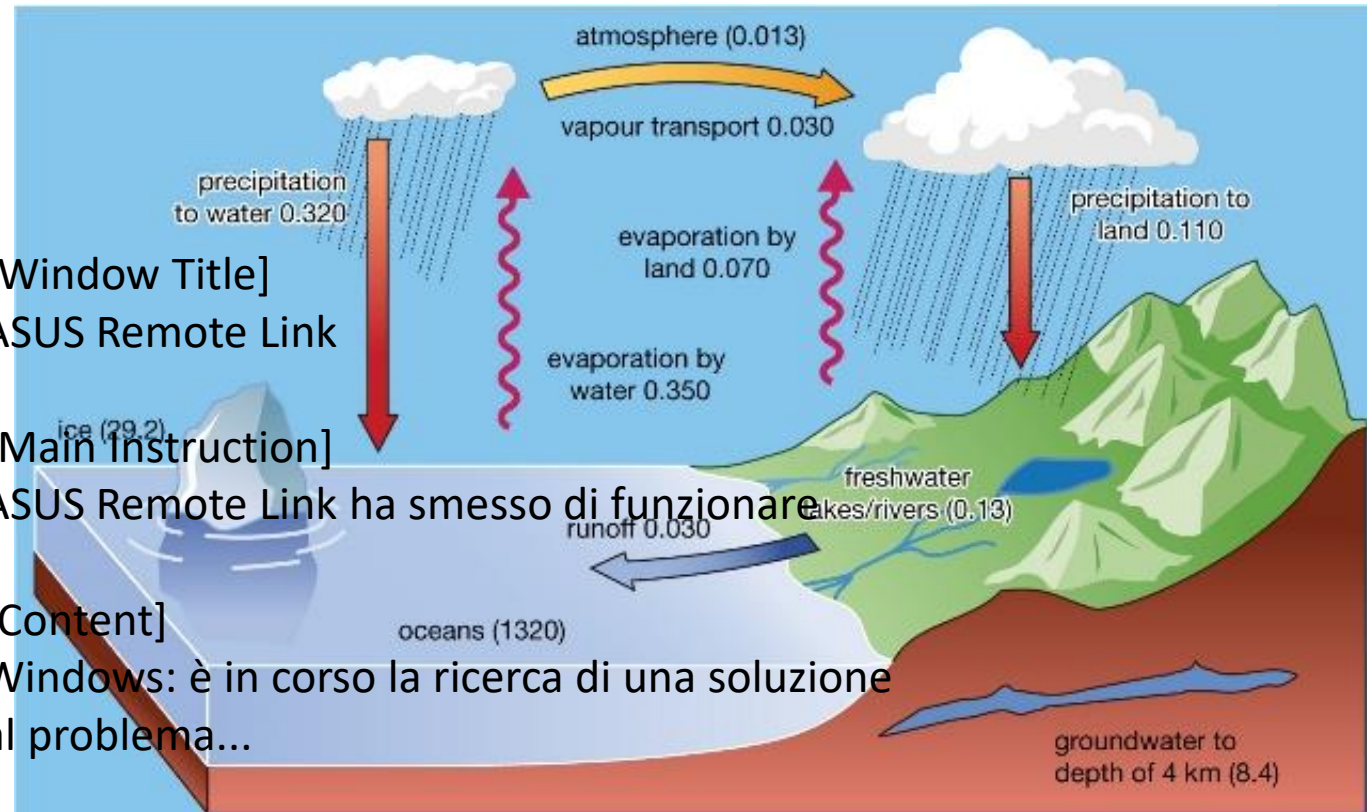
Le acque dolci disponibili sono solo 0.3-0.6%.

[Window Title]  
ASUS Remote Link

[Main Instruction]  
ASUS Remote Link ha smesso di funzionare

[Content]  
Windows: è in corso la ricerca di una soluzione al problema...

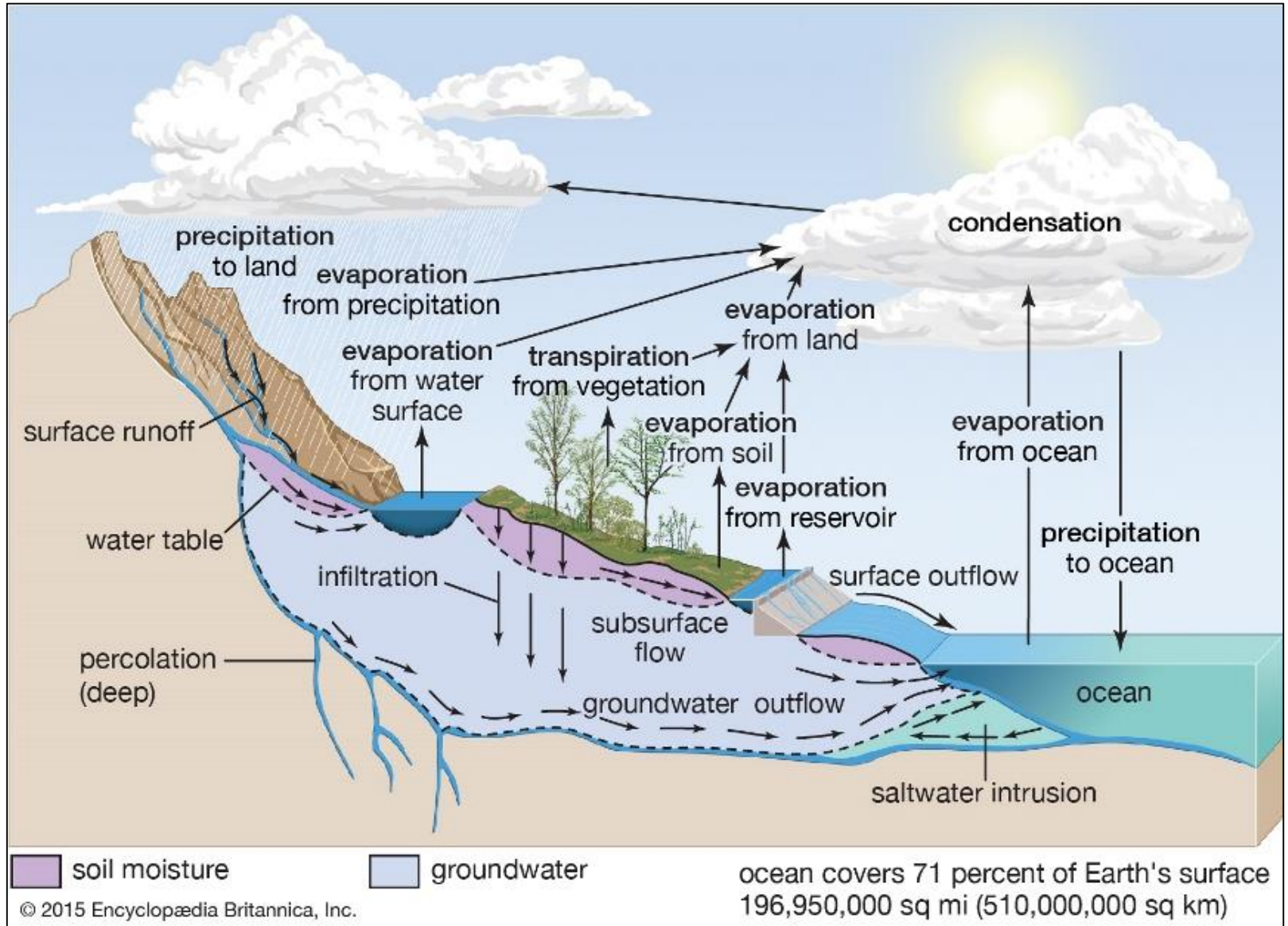
[Annulla] © 2011 Encyclopædia Britannica, Inc.



I valori tra parentesi, per i corpi d'acqua, sono espressi in milioni di km<sup>3</sup>.  
I flussi dei processi sono espressi in milioni di km<sup>3</sup>/anno.

- **Acqua in evaporazione:** quasi-distillata
- **Acque meteoriche e acqua di dilavamento dei suoli:** ricche di inquinanti (piogge acide, composti organici, particolato, microorganismi)
- **Acque di falda :** filtrate ma con inquinanti solubili (sali, composti organici più solubili)

# Ciclo dell'acqua



# Uso dell'acqua in Europa

## Il consumo di acqua in Europa

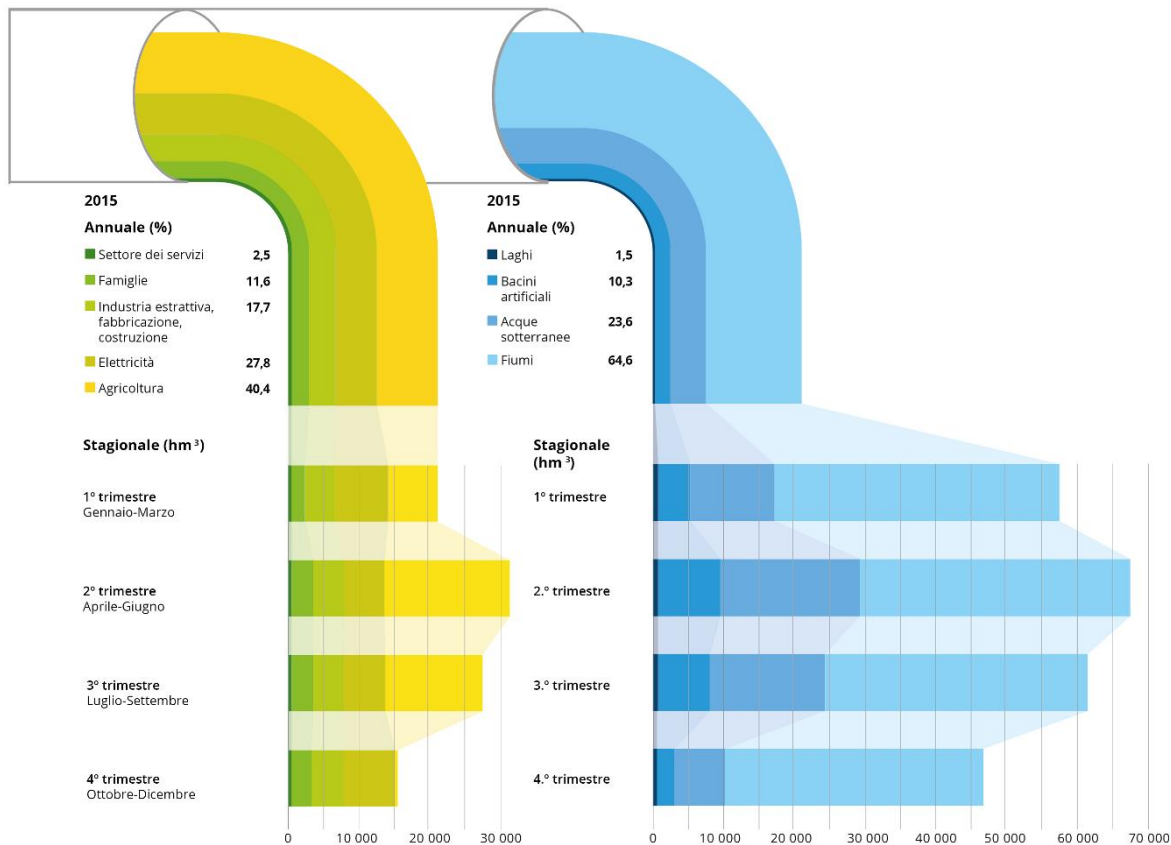
Secondo l'indice di sfruttamento idrico (WEI) dell'AEA, le attività economiche in Europa utilizzano in media circa 243 000 ettometri cubi di acqua all'anno. Sebbene gran parte di tale quantità (oltre 140 000 ettometri cubi - Hm<sup>3</sup>) sia restituita all'ambiente, questa contiene spesso impurità o agenti inquinanti, fra cui sostanze chimiche pericolose.

Nonostante la relativa abbondanza di fonti di acqua dolce in alcune zone dell'Europa, la disponibilità di acqua e l'attività socioeconomica non sono distribuite in modo omogeneo, il che determina notevoli differenze nei livelli di stress idrico nelle diverse stagioni e regioni.

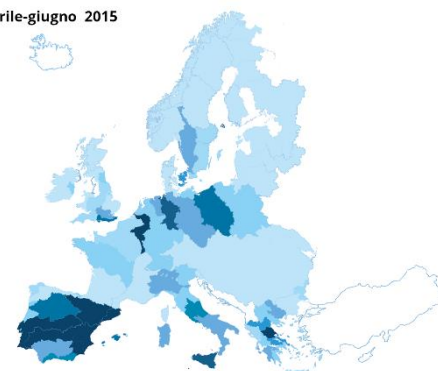
### Utilizzo dell'acqua da parte dei settori economici

### Estrazione di acqua dolce per fonte

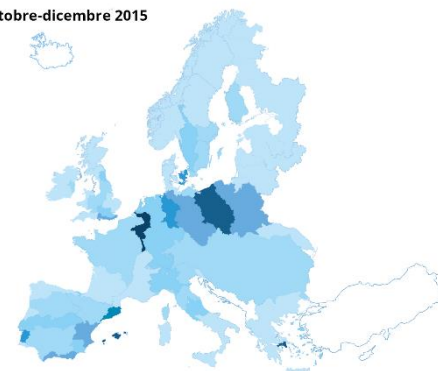
### Sfruttamento idrico per bacino idrografico (1)



Aprile-giugno 2015



Ottobre-dicembre 2015



Fonte: indicatore dell'AEA sull'utilizzo delle fonti di acqua dolce.

Nota: (1) L'indice WEI+ (Water Exploitation Index Plus), che valuta il totale delle acque dolci utilizzate in percentuale del totale delle risorse di acqua dolce rinnovabili disponibili, costituisce un indicatore della pressione o dello stress sulle risorse di acqua dolce. Un WEI+ superiore al 20 % indica che un'unità idrica è minacciata, mentre un WEI+ superiore al 40 % indica una minaccia grave e un utilizzo della risorsa chiaramente non sostenibile (Raskin et al., 1997).

# Utilizzo delle acque in Italia

Giornata mondiale dell'acqua. 22 marzo 2017

Istat Istituto Nazionale di Statistica

**ACQUA POTABILE consumata\***  
al giorno da una persona

\* nei comuni capoluogo di provincia

**245**  
LITRI



Spesa media mensile familiare per l'acquisto di **ACQUA MINERALE**

circa **10**  
EURO



Spesa media mensile familiare per fornitura di **ACQUA DI USO DOMESTICO**

circa **13**  
EURO



Costa italiana con **ACQUA BALNEABILE** (su oltre 9mila km di linea litoranea)

**67%**



Costa italiana balneabile con **ACQUA di QUALITÀ ECCELLENTE**

**92%**



Anno 2015

**FAMIGLIE CHE NON SI FIDANO A BERE L'ACQUA DEL RUBINETTO**

Anni 2002-2016, per 100 famiglie



2002 2004 2006 2008 2010 2012 2014 2016

**FAMIGLIE CHE LAMENTANO IRREGOLARITÀ NELL'EROGAZIONE DI ACQUA**

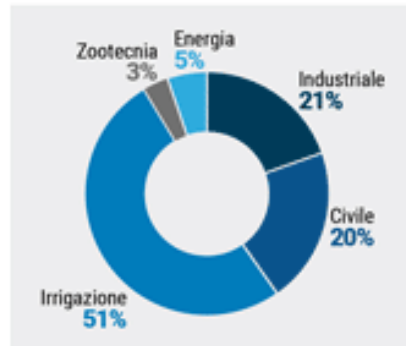
Anni 2002-2016, per 100 famiglie



2002 2004 2006 2008 2010 2012 2014 2016

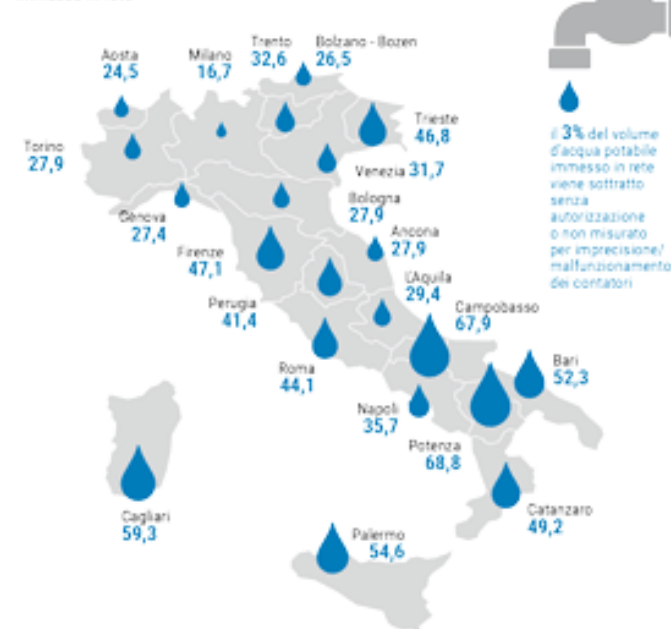
**USO DI ACQUA PER LE PRINCIPALI ATTIVITÀ**

Anno 2012, composizione percentuale



**PERDITE IDRICHE DELLE RETI DI DISTRIBUZIONE DI ACQUA POTABILE NEI COMUNI CAPOLUOGO DI REGIONE**

Anno 2015, rapporto percentuale tra perdite totali e volume di acqua immesso in rete



il 3% del volume d'acqua potabile immesso in rete viene sottratto senza autorizzazione o non misurato per imprecisione/malfunzionamento dei contatori

Attività di raccolta, trattamento e fornitura di acqua, gestione delle reti fognarie nel 2014



# Impronta idrica di alcuni prodotti (*water footprint*)

Prodotto	Quantità di acqua (l)	Tipo di acqua
1 litro di birra	300	85% verde, 6% blu, 9% grigia
1 litro di latte	1'000	85% verde, 7% blu, 8% grigia
1 kg di grano	1'600	70% verde, 19% blu, 11% grigia
1 kg di zucchero di canna	1'800	67% verde, 27% blu, 6% grigia
1 kg di riso	2'500	69% verde, 20% blu, 11% grigia
1 kg di cotone	10'000	54% verde, 33% blu, 13% grigia
1 kg di carne di manzo	15'400	93% verde, 4% blu, 3% grigia

- **Acqua blu:** si riferisce al prelievo di acque superficiali e sotterranee destinate ad un utilizzo per scopi agricoli, domestici e industriali. È la quantità di acqua dolce che non torna a valle del processo produttivo nel medesimo punto in cui è stata prelevata o vi torna, ma in tempi diversi;
- **Acqua verde:** è il volume di acqua piovana che non contribuisce al ruscellamento superficiale e si riferisce principalmente all'acqua evapo-traspirata per un utilizzo agricolo;
- **Acqua grigia:** rappresenta il volume di acqua inquinata, quantificata come il volume di acqua necessario per diluire gli inquinanti al punto che la qualità delle acque torni sopra gli standard di qualità.

# Proprietà dell'acqua ed interesse biologico-ambientale

Proprietà	Effetti
<b>Solvente</b>	L'elevato potere solvente dell'acqua consente il trasporto di nutrienti e scarti biologici e quindi permette lo svolgersi dei processi biologici
<b>Costante dielettrica</b>	L'alta costante dielettrica promuove la solubilità di sostanze ioniche e la loro ionizzazione in soluzione
<b>Tensione superficiale</b>	L'alta tensione superficiale controlla fattori fisiologici e governa fenomeni di superficie e formazione di gocce ( <i>drops</i> )
<b>Trasparenza alla luce</b>	La trasparenza alla luce visibile e alla frazione di ultravioletto a maggiore lunghezza d'onda consente lo svolgimento della fotosintesi anche a profondità considerevoli nei corpi idrici
<b>Densità</b>	Il massimo di densità in fase liquida a 4°C contrasta la circolazione verticale nei corpi idrici agevolando la stratificazione. Inoltre la densità minore in fase solida (ghiaccio) consente il galleggiamento sopra alla fase liquida.
<b>Entalpia di vaporizzazione</b>	E' elevata, promuove il trasferimento di calore e molecole d'acqua dai corpi d'acqua all'atmosfera.
<b>Entalpia di fusione</b>	E' elevata, promuove la stabilità della temperatura al punto di congelamento.
<b>Capacità termica</b>	E' elevata, promuove la stabilità delle temperature degli organismi e delle regioni geografiche.



# Componenti della matrice acqua

## ACQUE

(fiumi, laghi, paludi, estuari, mari, oceani)

Le specie e i materiali disciolti variano sensibilmente a seconda dell'ambiente acquatico considerato

### Soluti:

- costituenti maggiori (concentrazione > 1 mg/l);
- costituenti minori (concentrazione < 1 mg/l);
- gas disciolti (O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, etc...)
- sali disciolti;
- nutrienti (N, P);
- sostanza organica (DOM - *dissolved organic matter*).

# Componenti della matrice acqua

## ACQUE

(fiumi, laghi, paludi, estuari, mari, oceani)

Le specie e i materiali disciolti variano sensibilmente a seconda dell'ambiente acquatico considerato

### Soluti:

- costituenti maggiori (concentrazione > 1 mg/l);
- costituenti minori (concentrazione < 1 mg/l);
- gas disciolti (O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, etc...)
- sali disciolti;
- nutrienti (N, P);
- sostanza organica (DOM - *dissolved organic matter*).

### Materiale particellato:

- Silicati e alluminosilicati;
- Carbonati di calcio;
- Ossi e idrossidi (es. di Fe e Mn);
- sostanza organica (SOM - *suspended organic matter*).

# Parametri di qualità delle acque

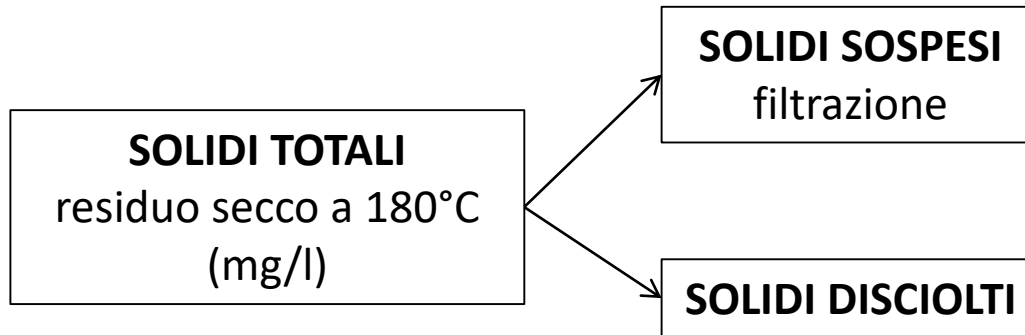
## PARAMETRI FISICI

- Solidi totali, sospesi e disciolti
- Torbidità
- Colore, odore, sapore
- Temperatura
- Conducibilità elettrica

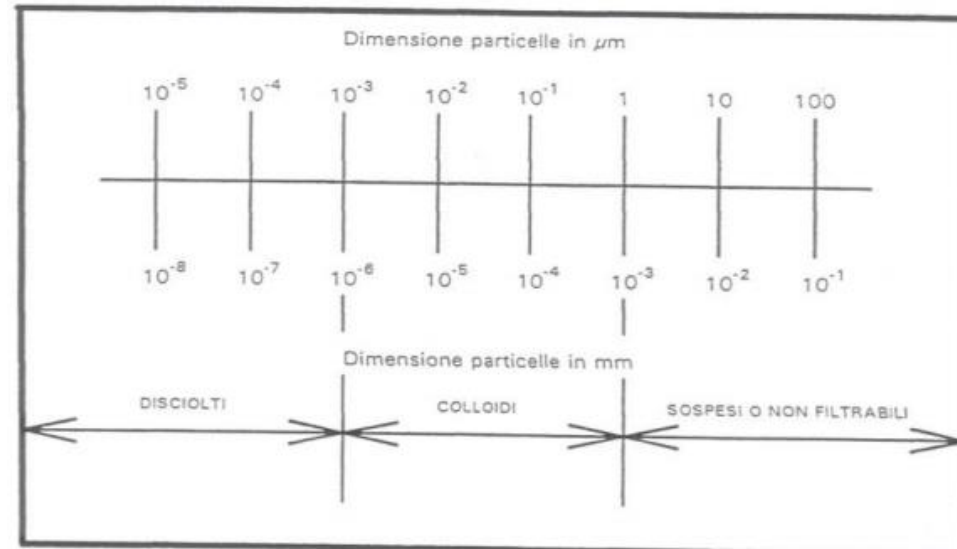
## PARAMETRI CHIMICI

- O<sub>2</sub> disciolto
- BOD (*Biochemical Oxygen Demand*)
- COD (*Chemical Oxygen Demand*)
- pH
- Nutrienti: P (fosforo totale, ortofosfato), N (azoto totale, ammoniacale, nitrico)
- Durezza
- Alcalinità

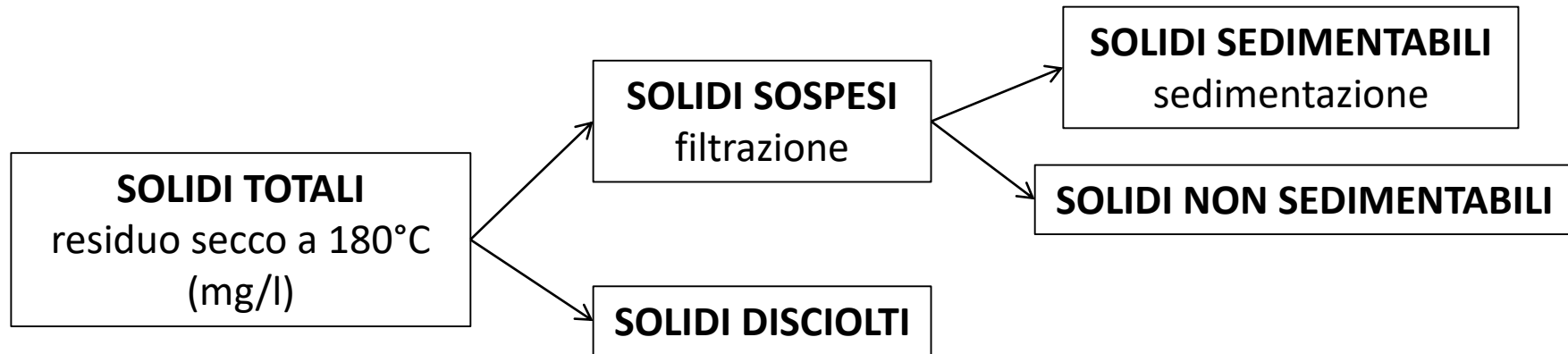
# Classificazione dei solidi presenti in un'acqua



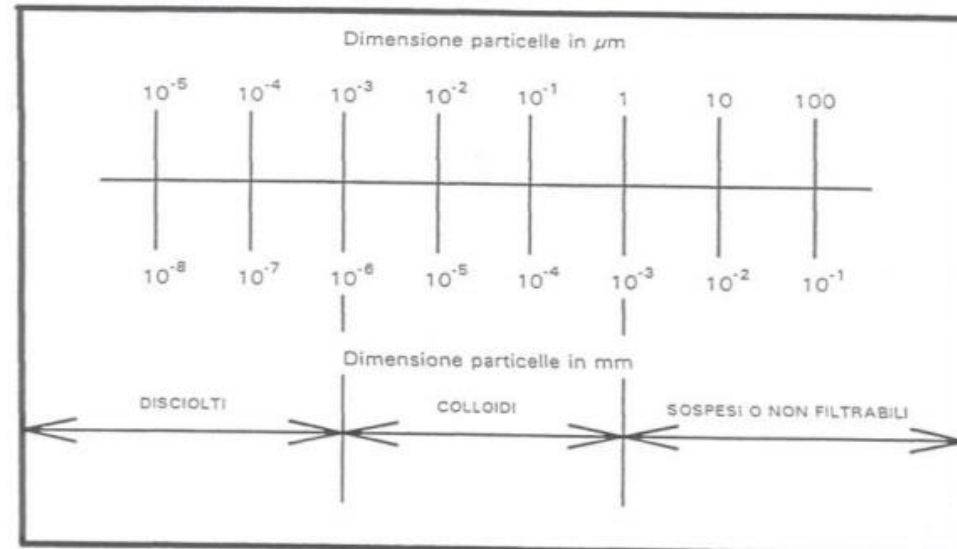
Classificazione dei solidi in acqua in base alle dimensioni



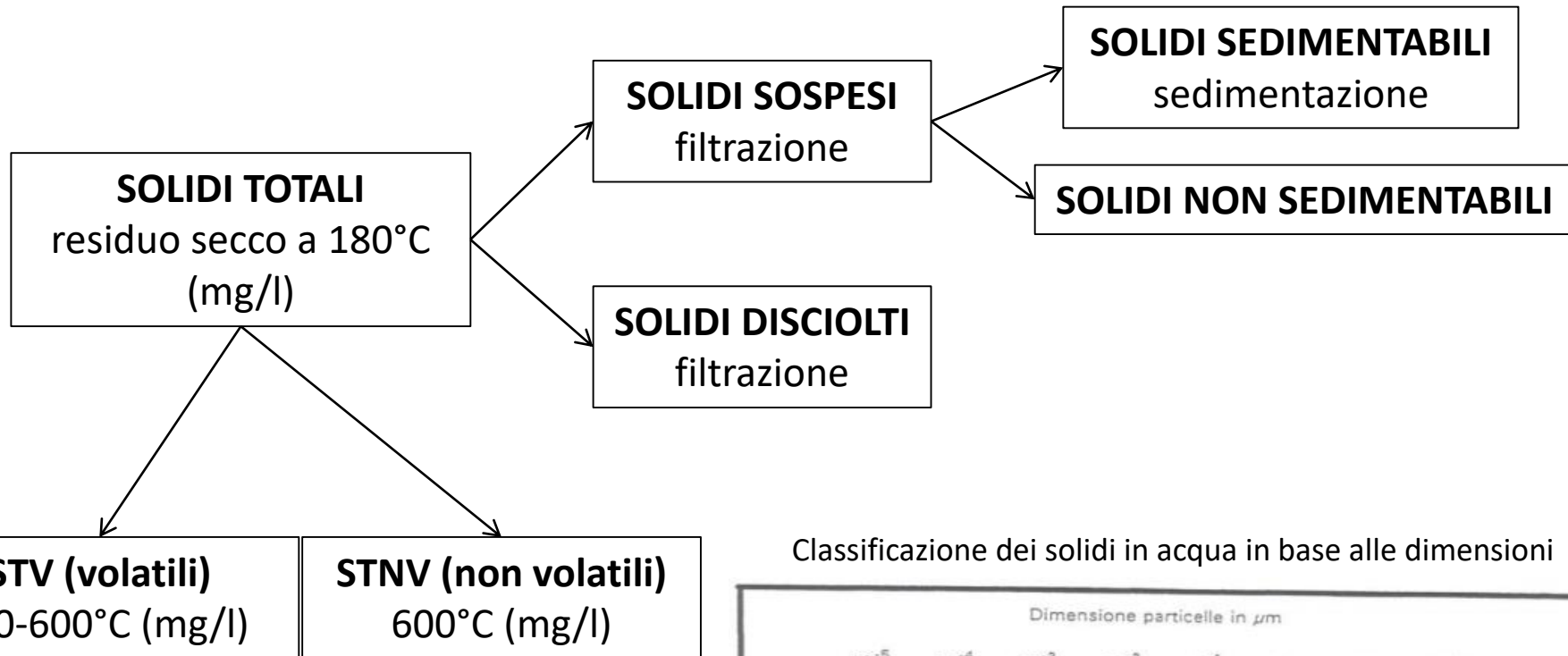
# Classificazione dei solidi presenti in un'acqua



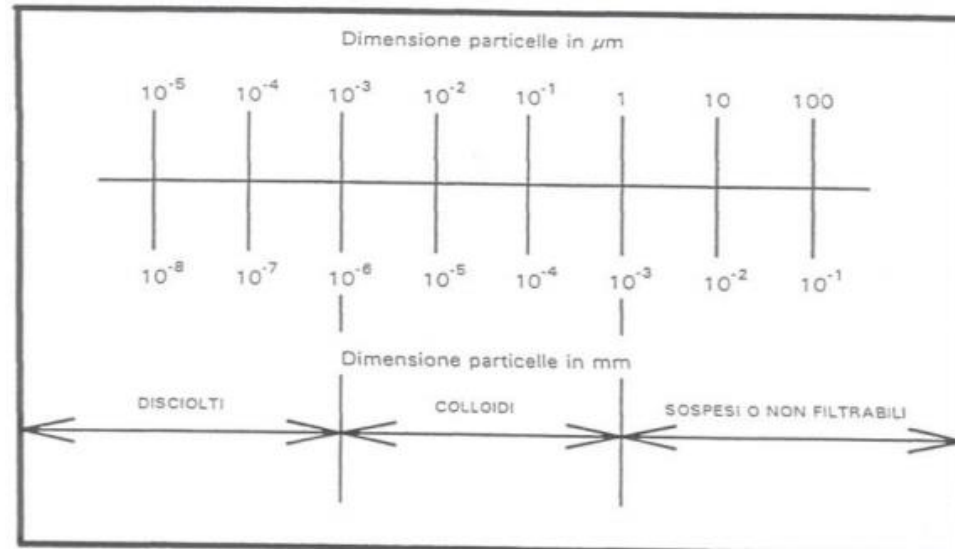
Classificazione dei solidi in acqua in base alle dimensioni



# Classificazione dei solidi presenti in un'acqua



Classificazione dei solidi in acqua in base alle dimensioni



# Torbidità

La torbidità è correlata con il contenuto (e la dimensione) di solidi sospesi

- Diminuisce penetrazione luce (attività algale, specie ittiche)
- Influisce negativamente sull'uso (ricreazione, approvvigionamento)



# Torbidità

La torbidità è correlata con il contenuto (e la dimensione) di solidi sospesi

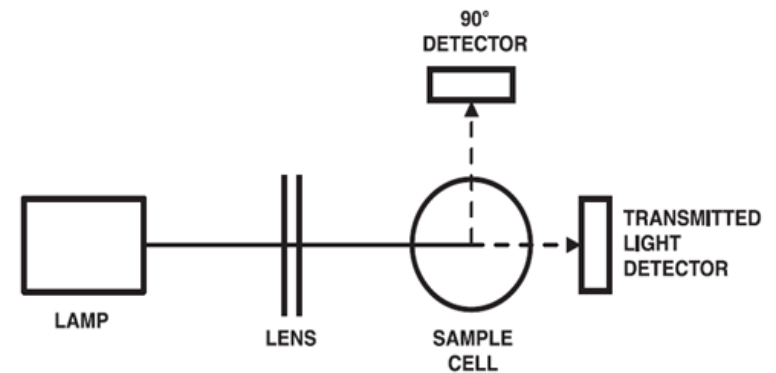
- Diminuisce penetrazione luce (attività algale, specie ittiche)
- Influisce negativamente sull'uso (ricreazione, approvvigionamento)



Si misura per via spettrofotometrica con il nefelometro:  
% luce diffusa su perpendicolare al raggio incidente



Es. soluzione standard "Unità di silice": SiO<sub>2</sub> (mg/l)

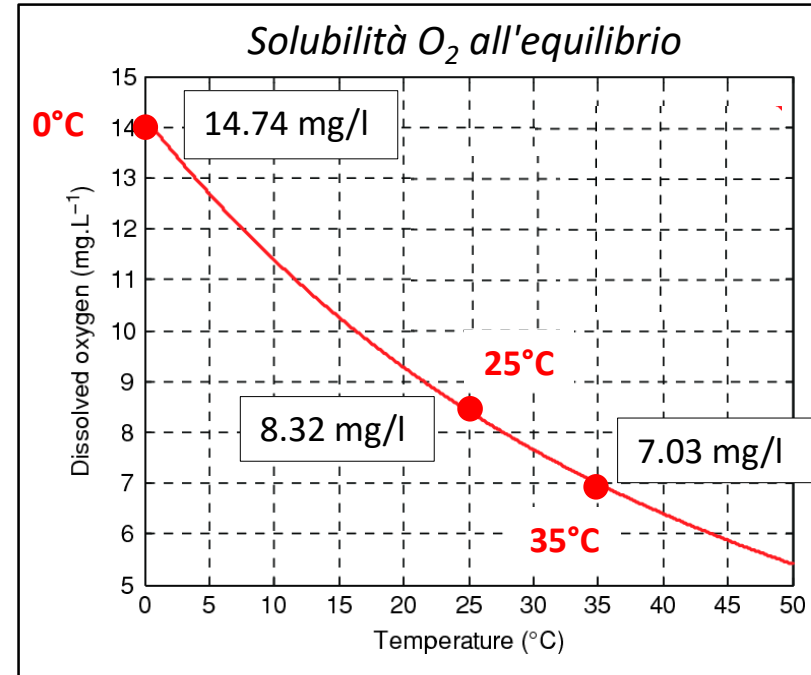




# Temperatura delle acque

La **TEMPERATURA** (°C) è uno dei parametri fisici di base per la classificazione della qualità delle acque.

Influenza la velocità delle reazioni, la solubilità dei composti, la densità dell'acqua (max a 4°C, stratificazione laghi).



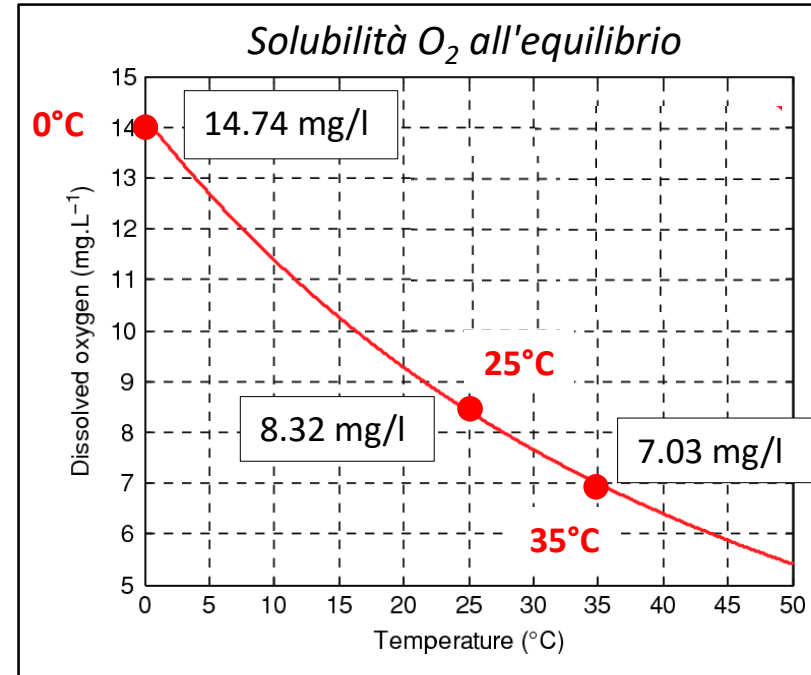
# Temperatura delle acque

La **TEMPERATURA** (°C) è uno dei parametri fisici di base per la classificazione della qualità delle acque.

Influenza la velocità delle reazioni, la solubilità dei composti, la densità dell'acqua (max a 4°C, stratificazione laghi).



**Inquinamento  
termico**



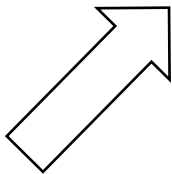
# Temperatura delle acque

La **TEMPERATURA** (°C) è uno dei parametri fisici di base per la classificazione della qualità delle acque.

Influenza la velocità delle reazioni, la solubilità dei composti, la densità dell'acqua (max a 4°C, stratificazione laghi).

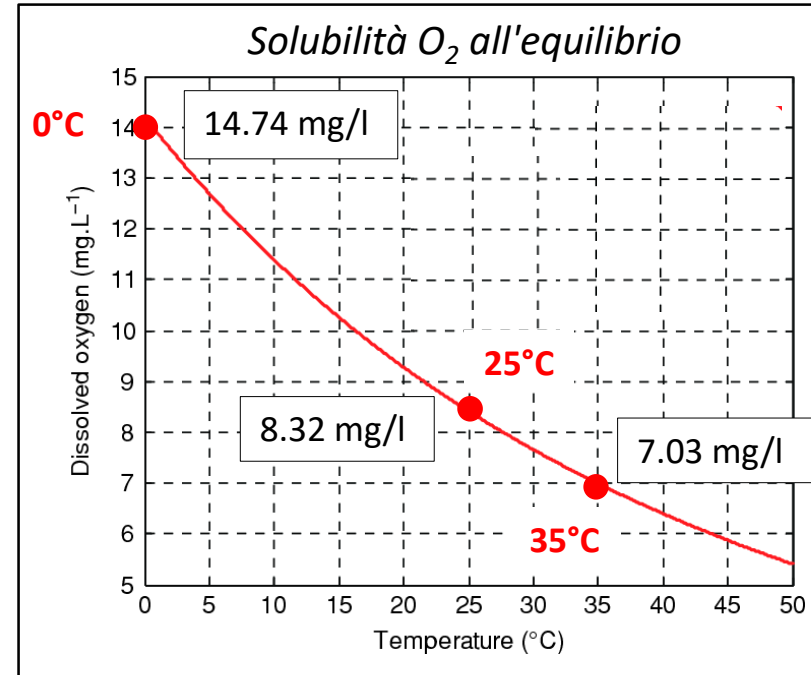


**Inquinamento  
termico**



## Cause:

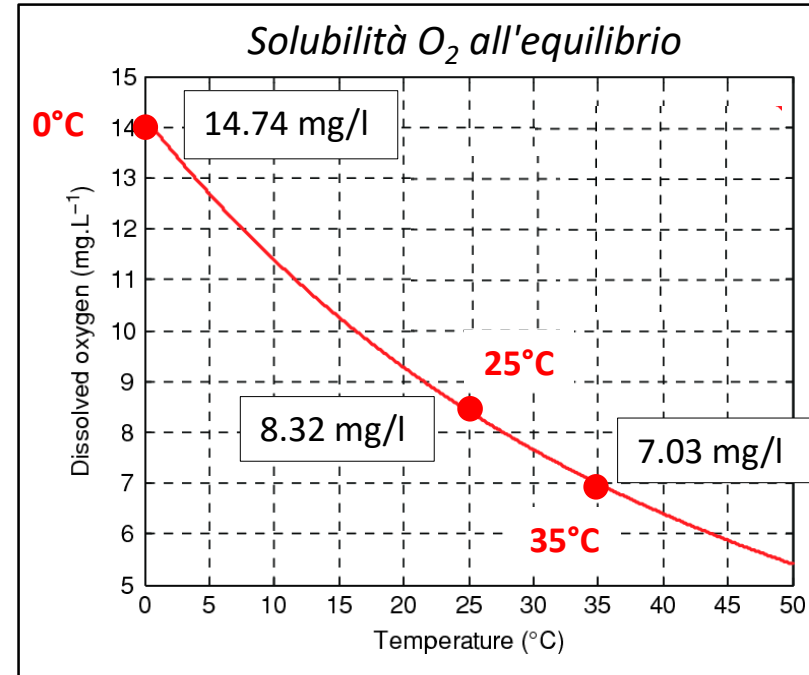
sversamento di acque di raffreddamento industriali (fino a 8-12°C)



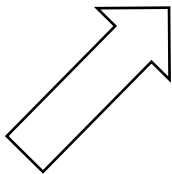
# Temperatura delle acque

La **TEMPERATURA** (°C) è uno dei parametri fisici di base per la classificazione della qualità delle acque.

Influenza la velocità delle reazioni, la solubilità dei composti, la densità dell'acqua (max a 4°C, stratificazione laghi).

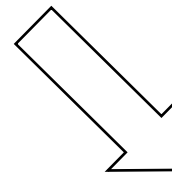


## Inquinamento termico



### Cause:

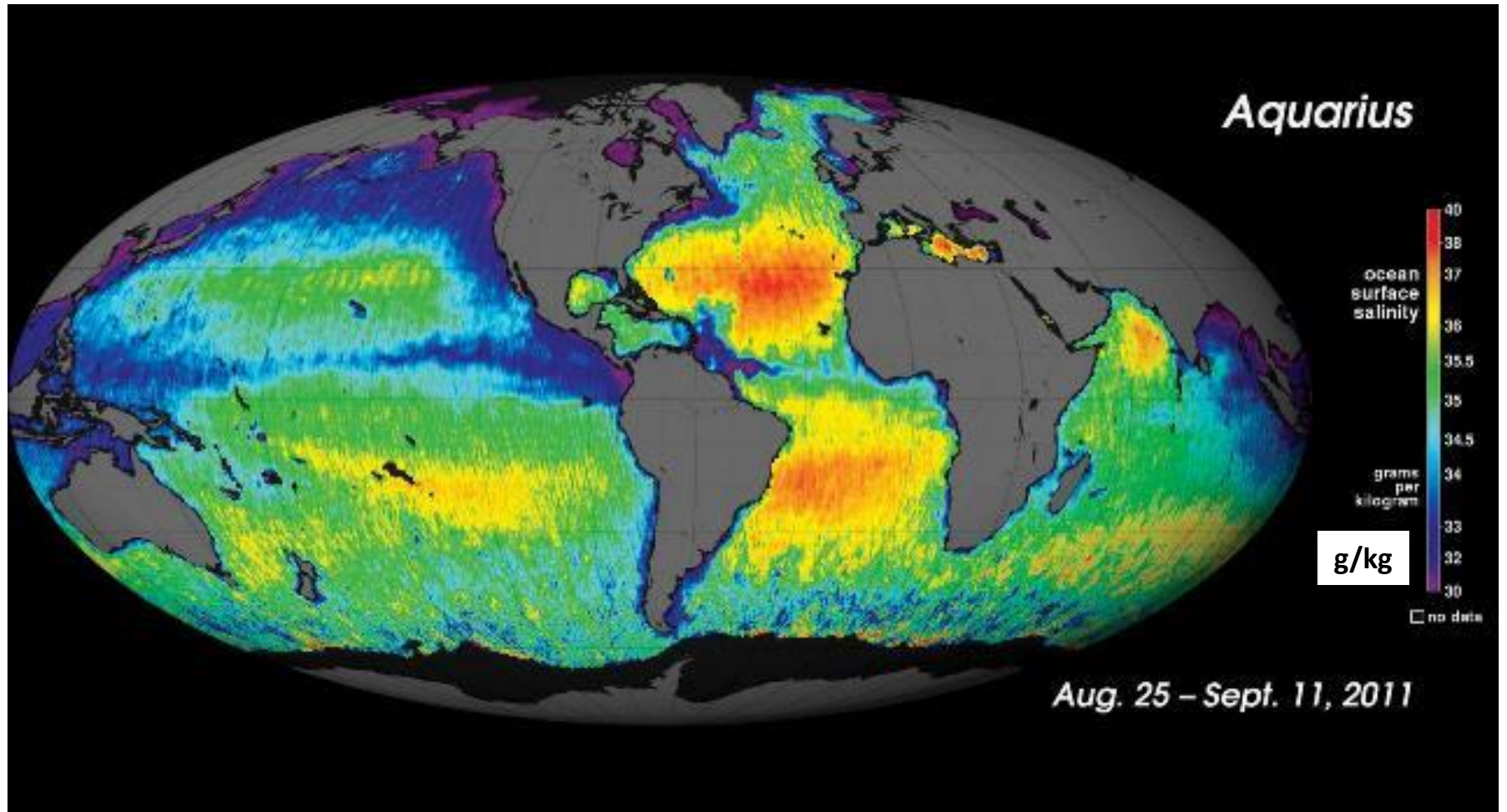
sversamento di acque di raffreddamento industriali (fino a 8-12°C)



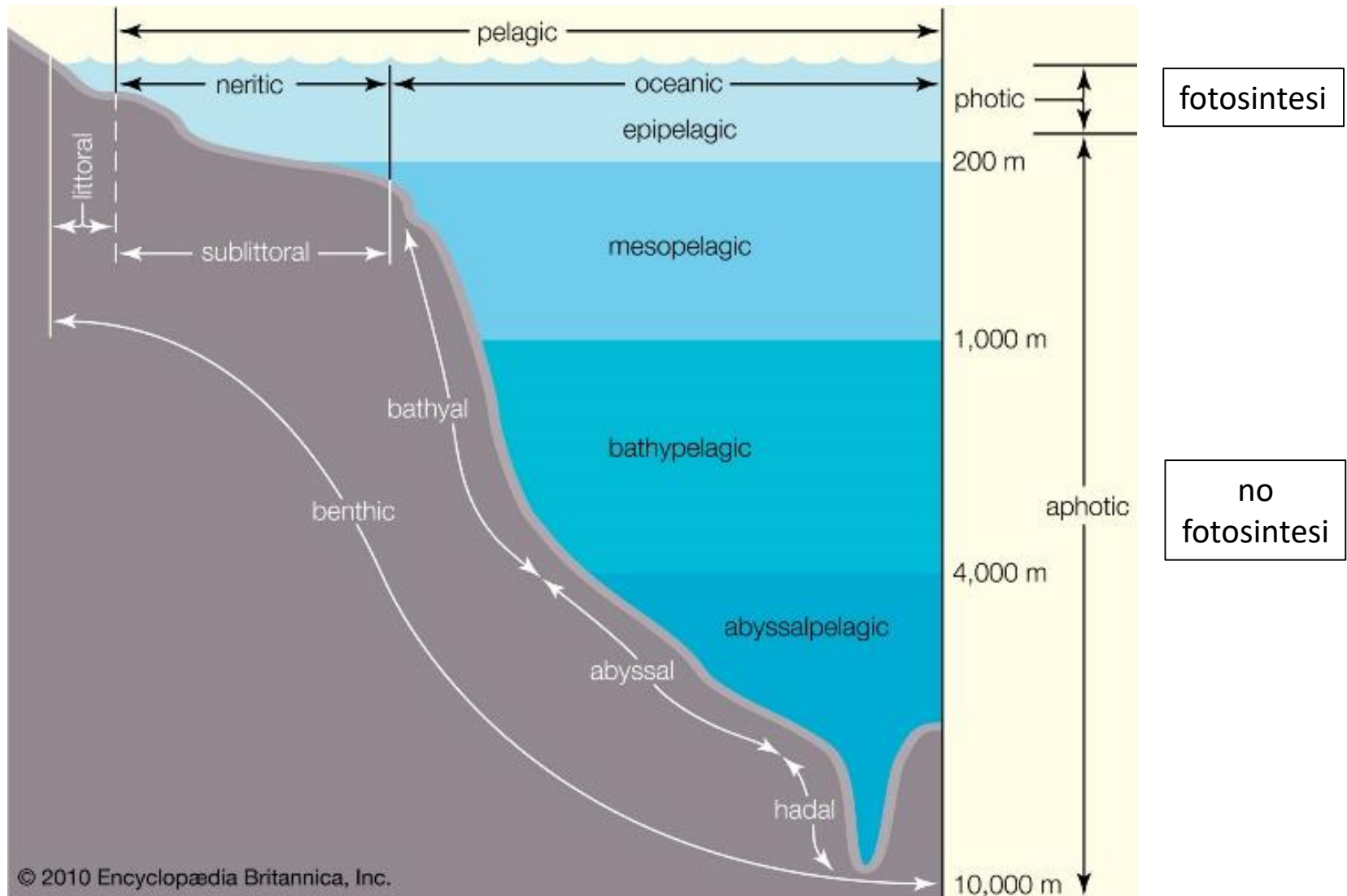
### Effetti:

- Riduzione O<sub>2</sub> disciolto;
- Aumento reazioni di autodepurazione;
- Alterazione delle condizioni naturali per le specie acquatiche.

# Salinità



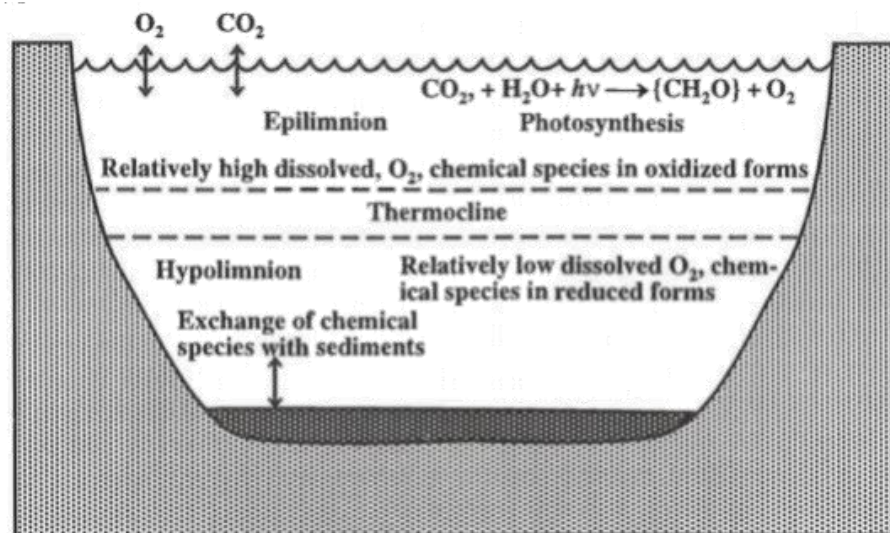
# Stratificazione degli oceani



# Stratificazione delle acque lacustri

## Stratificazione termica

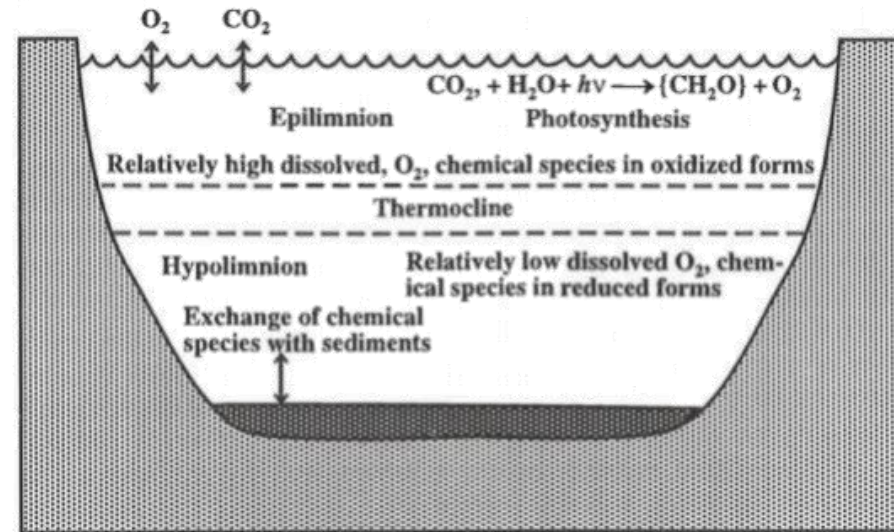
- Durante l'estate lo strato superficiale (**epilimnio**) è irraggiato dalla luce solare e, a causa della sua minore densità, galleggia sullo strato inferiore (**ipolimnio**);
- Lo strato di separazione tra i due è detto **termoclino**.



# Stratificazione delle acque lacustri

## Stratificazione termica

- Durante l'estate lo strato superficiale (**epilimnio**) è irraggiato dalla luce solare e, a causa della sua minore densità, galleggia sullo strato inferiore (**ipolimnio**);
- Lo strato di separazione tra i due è detto **termoclino**.
- Se la differenza di temperatura è sensibile, i due strati **si comportano come comparti acquosi indipendenti** dal punto di vista delle proprietà chimiche e biologiche, che quindi possono essere anche molto differenti.

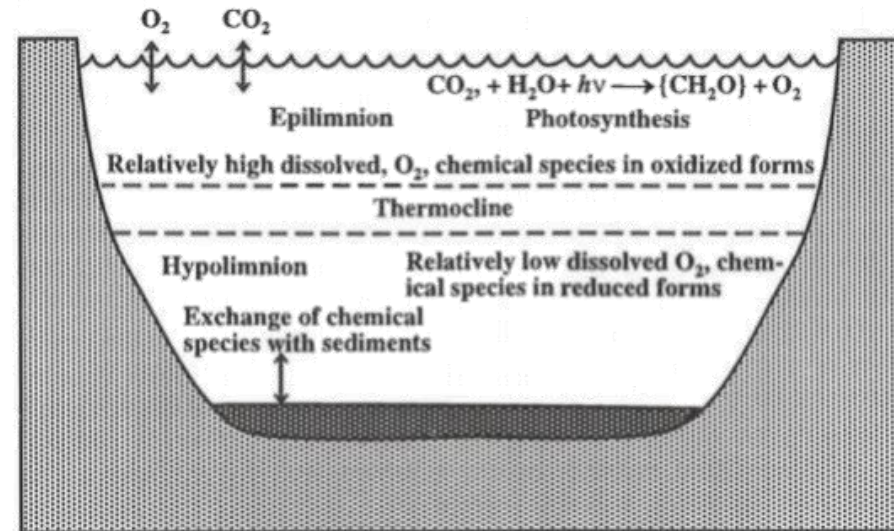




# Stratificazione delle acque lacustri

## Stratificazione termica

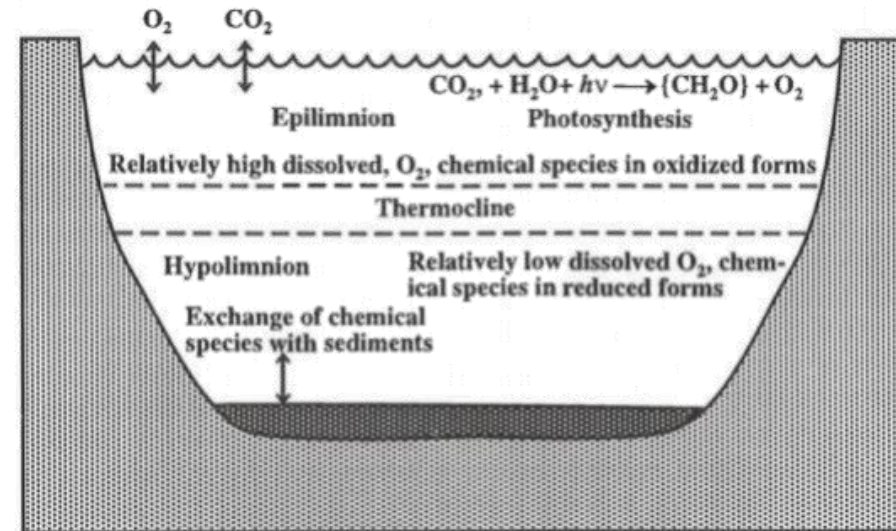
- Durante l'estate lo strato superficiale (**epilimnio**) è irraggiato dalla luce solare e, a causa della sua minore densità, galleggia sullo strato inferiore (**ipolimnio**);
- Lo strato di separazione tra i due è detto **termoclino**.
- Se la differenza di temperatura è sensibile, i due strati **si comportano come comparti acquosi indipendenti** dal punto di vista delle proprietà chimiche e biologiche, che quindi possono essere anche molto differenti.
- L'**epilimnio** può mostrare una elevata crescita di alghe per la presenza di luce, quindi con alta produzione di O<sub>2</sub> (**condizioni aerobiche**);



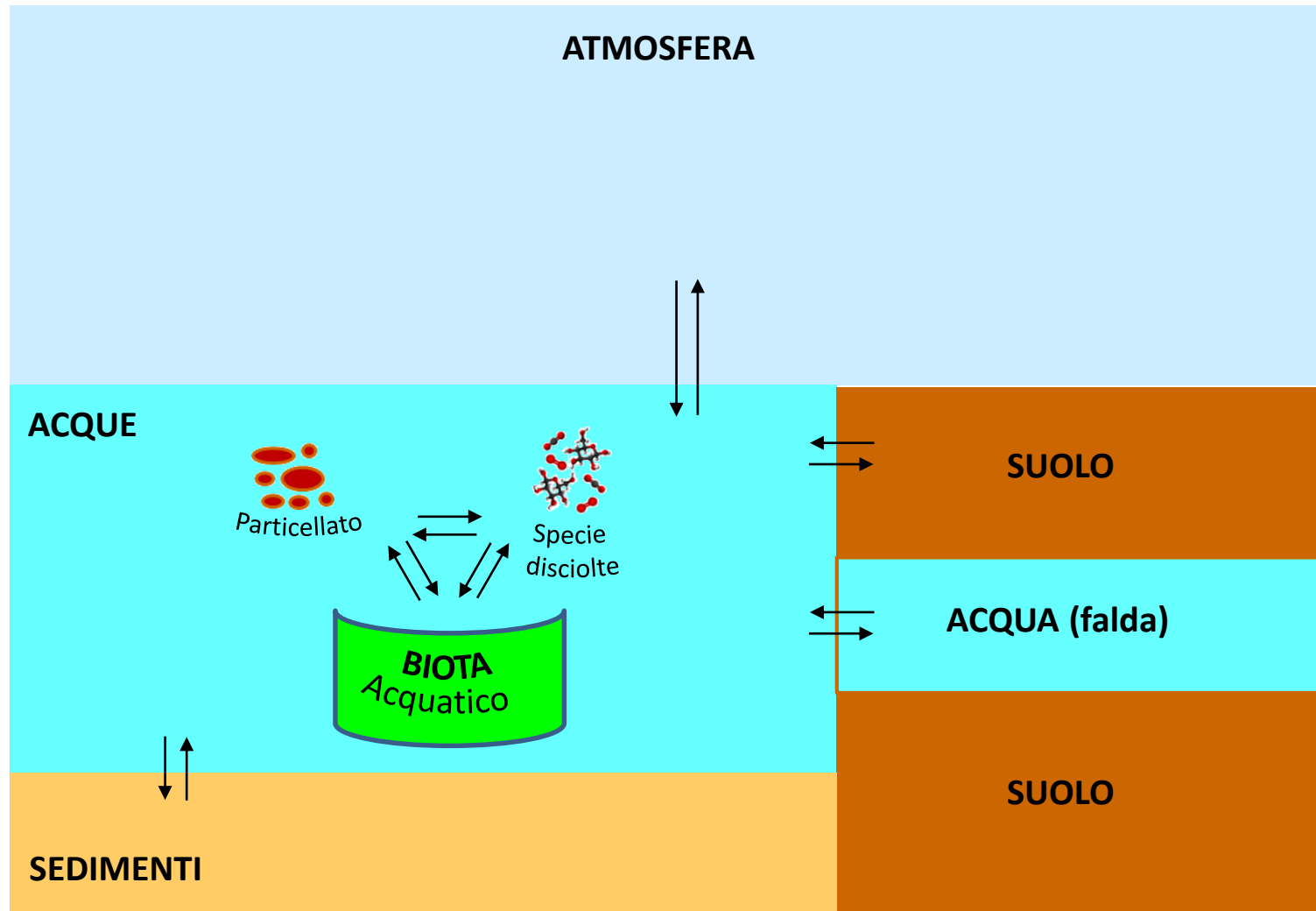
# Stratificazione delle acque lacustri

## Stratificazione termica

- Durante l'estate lo strato superficiale (**epilimnio**) è irraggiato dalla luce solare e, a causa della sua minore densità, galleggia sullo strato inferiore (**ipolimnio**);
- Lo strato di separazione tra i due è detto **termoclino**.
- Se la differenza di temperatura è sensibile, i due strati **si comportano come comparti acquosi indipendenti** dal punto di vista delle proprietà chimiche e biologiche, che quindi possono essere anche molto differenti.
- L'**epilimnio** può mostrare una elevata crescita di alghe per la presenza di luce, quindi con alta produzione di  $O_2$  (**condizioni aerobiche**);
- Nell'**ipolimnio**, più lontano dalla luce, prevalgono condizioni di degradazione batterica con consumo di  $O_2$  (**condizioni anaerobiche**);
- Quando le temperature, durante i cicli stagionali, diventano prossime avviene un **rimescolamento** e il bacino si comporta come un **corpo idrico unico**.



# Processi chimici nelle acque



# Processi chimici nelle acque (2)

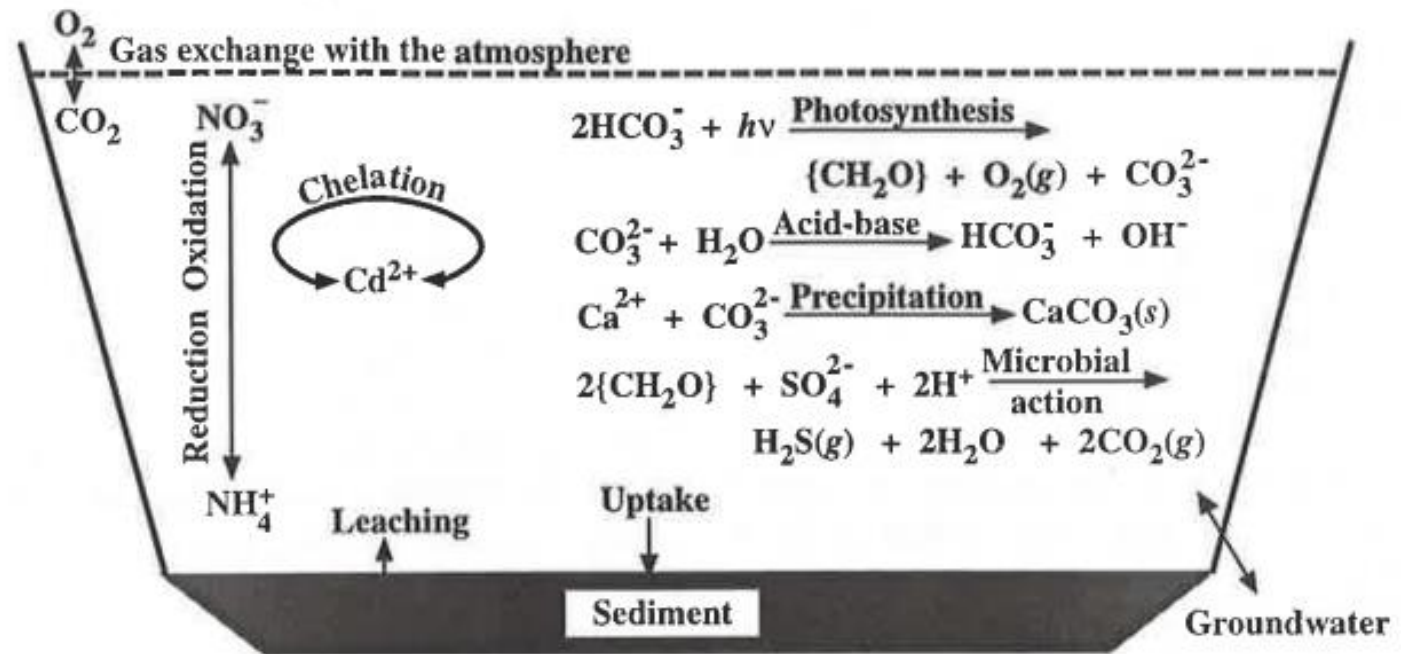
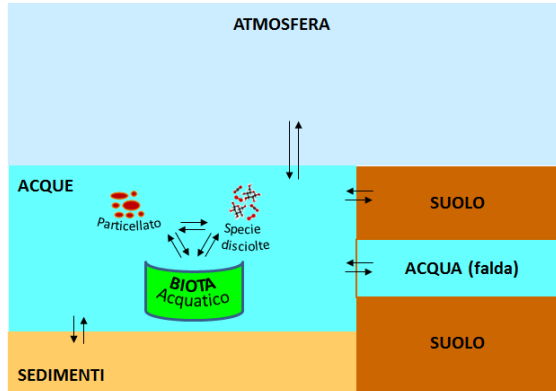


Figure 3.7. Major aquatic chemical processes.