

Corso di Metodologie Bioanalitiche Ambientali con Lab

Mod-A

Orari del corso:

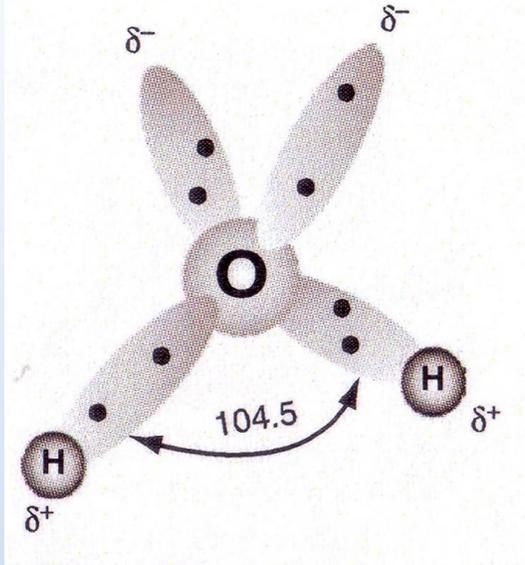
Mcoledì 10:30-12:30

Giovedì 10:30-12:0

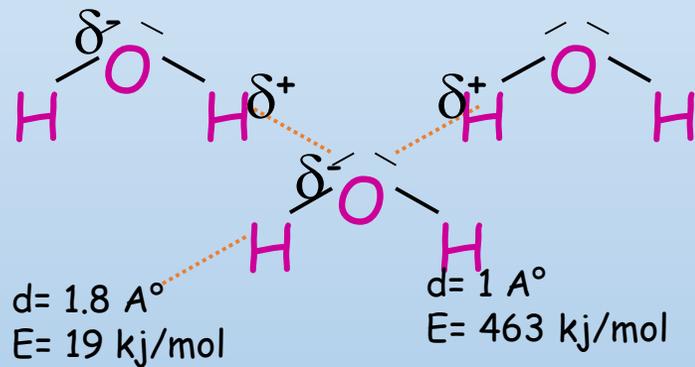
Docente

Prof Elena Chianese

Struttura dell'acqua



L'acqua costituisce circa il 96.5% della massa dell'acqua di mare. Le particolari proprietà dell'acqua influenzano gran parte delle proprietà dell'oceano (densità, salinità, solubilità dei gas) e dei processi che in esso hanno luogo (circolazione, scambi di calore, reazioni chimiche, trasformazioni biologiche). Gran parte delle proprietà dell'acqua derivano dalla distribuzione di densità elettronica tra ossigeno ed idrogeno, legati covalentemente, che genera un dipolo interno.

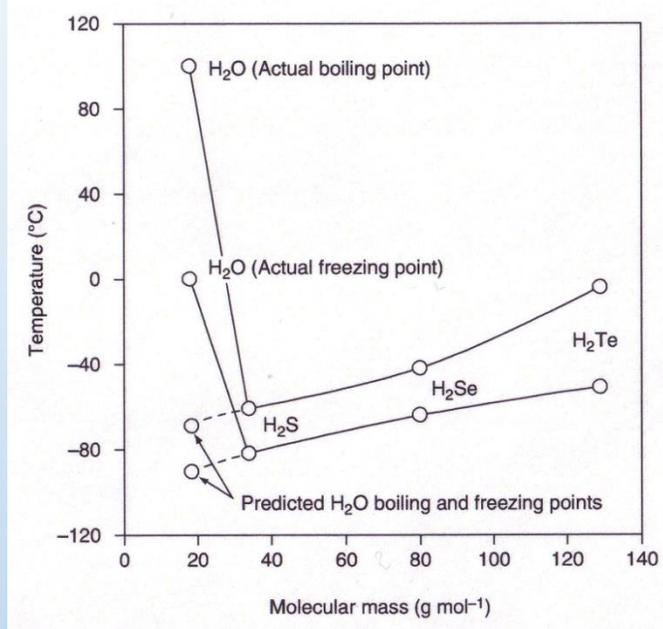


L'esistenza di un dipolo interno, spinge le singole molecole di acqua a disporsi in modo "ordinato" ossia in modo tale da orientare il polo positivo di una molecola verso il polo negativo di una molecola adiacente; ciò genera un legame intermolecolare detto anche legame a ponte di idrogeno, tipico di tutte le molecole in cui l'H è legato covalentemente ad un elemento più elettronegativo.



L'esistenza di questo legame intermolecolare si riflette in tutte le proprietà fisiche dell'acqua, sia nello stato liquido che solido. Ad esempio l'acqua liquida ha la capacità termica, il calore di evaporazione, la tensione superficiale e la costante dielettrica maggiori di tutte le sostanze.

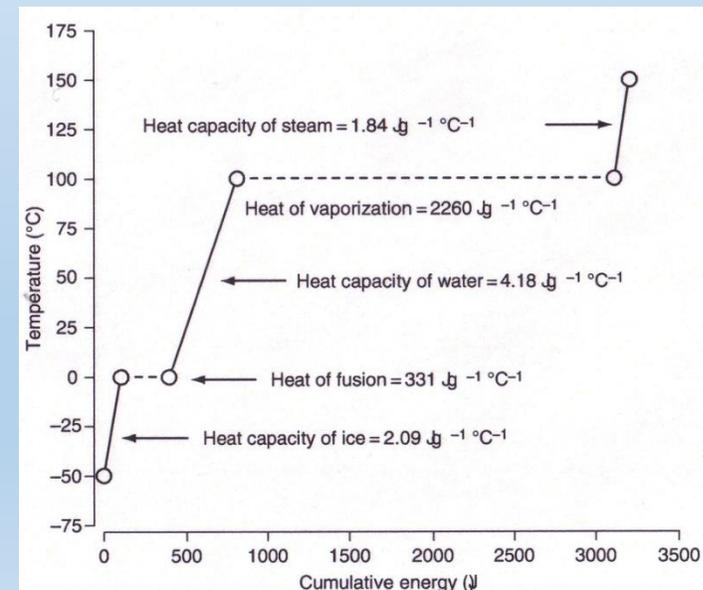
In aggiunta a ciò e sempre come conseguenza del dipolo molecolare, la quantità di calore necessario per passare dal ghiaccio solido all'acqua liquida è maggiore rispetto a tutte le altre sostanze, esclusa l'ammoniaca.

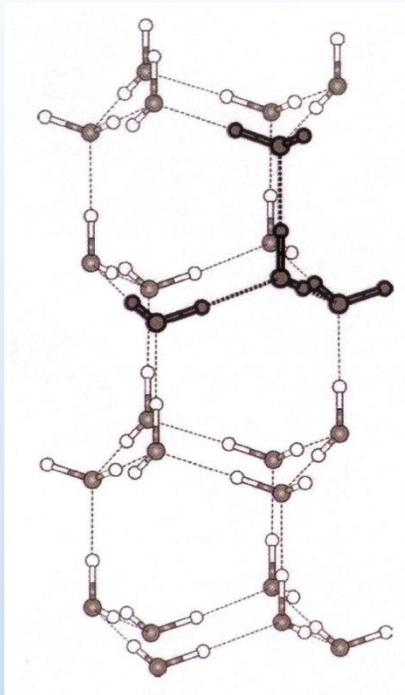


I calori di evaporazione e di scioglimento caratteristici dell'acqua non sono direttamente prevedibili, sulla base delle masse molecolari semplicemente interpolando i dati relativi alle altre molecole biidrogenate degli altri elementi del gruppo dell'ossigeno.

Un'importante conseguenza di questo comportamento particolare delle molecole d'acqua è la capacità di comportarsi come materiale termostatico: 1 g di acqua può assorbire 3000j di energia quando portato da ghiaccio a -50°C a vapore a +150°C.

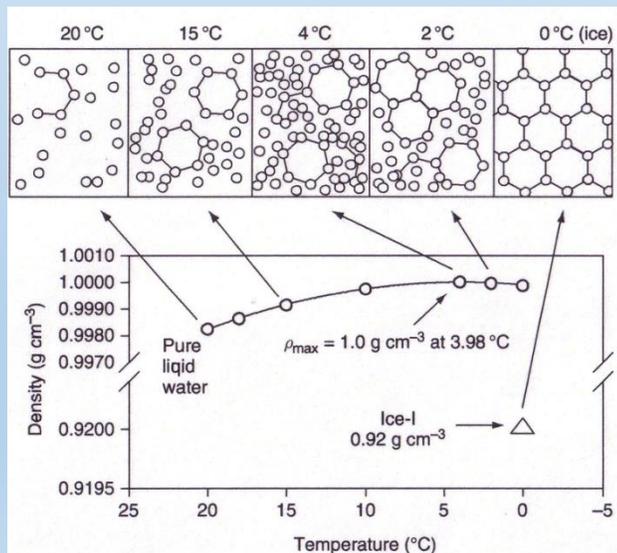
La stessa quantità di energia aumenterebbe la T di 10g di granito (capacità termica 0.8 j/g) di circa 380°C. Questa differenza trova spiegazione nel fatto che l'acqua ha una capacità termica 5 volte maggiore rispetto a quella del granito e subisce solo 2 transizioni di fase rispetto alle 9 del granito. Ciò rende anche chiaro perché le masse d'acqua hanno la capacità di contenere le variazioni di temperatura sui margini continentali.





Le due forme estreme dell'acqua, il vapore ed il ghiaccio, hanno proprietà strutturali molto differenti. Il vapore è costituito da molecole singole, con interazioni intermolecolari nulle. Il ghiaccio invece ha una struttura ordinata, in cui le singole molecole si dispongono per consentire la maggiore realizzazione "collettiva" di legami ad idrogeno, orientando tutti gli atomi di idrogeno lungo gli assi tra gli atomi di ossigeno delle molecole che assumono forma perfettamente tetraedrica. Questa struttura è molto "vuota".

La struttura dell'acqua liquida è molto meno definita; può essere descritta come domini solidi simili a quelli del ghiaccio che coesistono con aree "non" organizzate. Questa visione consente di spiegare l'andamento di molte proprietà dell'acqua, come ad esempio la densità.



La densità dell'acqua presenta un massimo a 4°C. in corrispondenza di questa temperatura è come se si bilanciassero l'impacchettamento della struttura solida ed il disordine della struttura liquida.

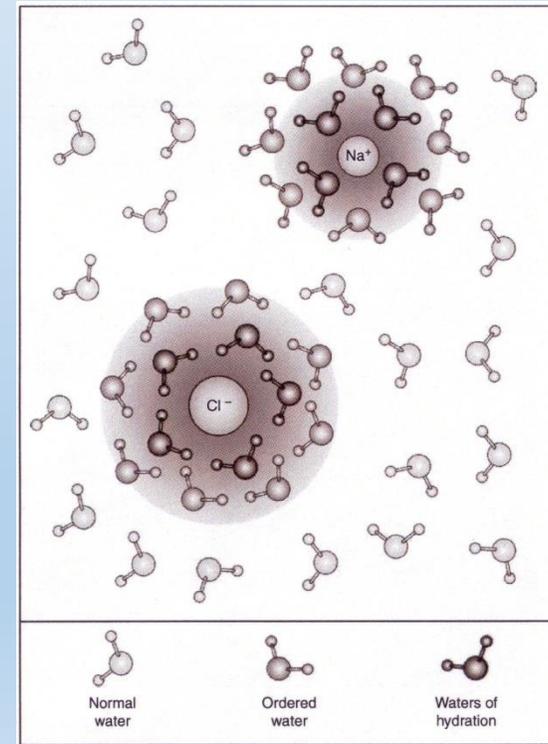
La prova del fatto che nella forma liquida esistano dei domini associati è data dal fatto che quando l'acqua congela libera solo il 15% dell'energia che teoricamente dovrebbe fornire partendo da molecole separate.

L'esistenza di un dipolo, ossia di una separazione di carica, fa sì che l'acqua interagisca ottimamente con ioni disciolti; una prova importante di questa interazione è la elettrostrizione, ossia la diminuzione di volume conseguente all'aggiunta di una certa quantità di sali.

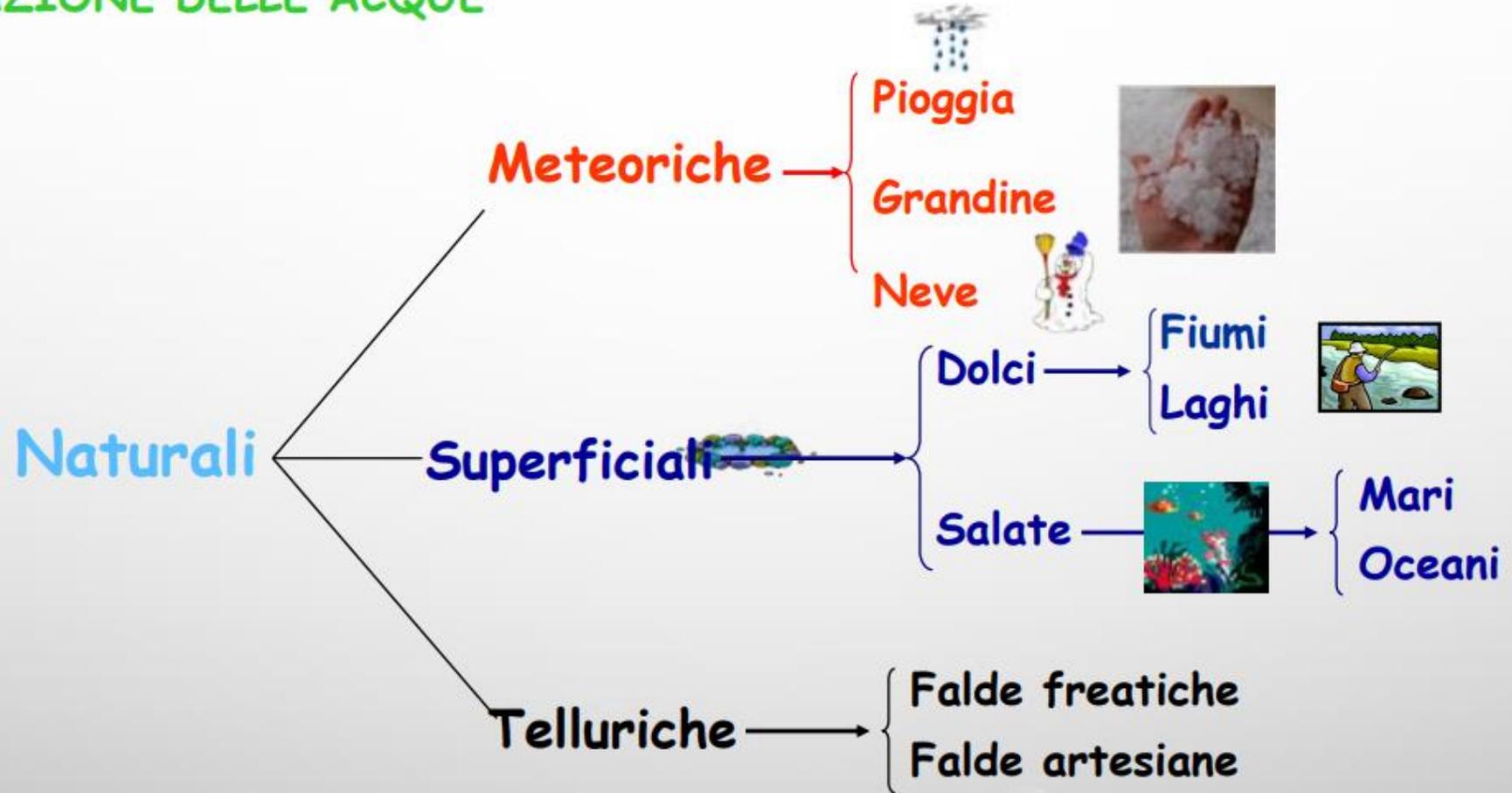
| ingrediente | grammi | cm ³ |
|-------------------------|---------|-----------------|
| H ₂ O (25°C) | 970.78 | 973.5 |
| NaCl | 29.22 | 13.5 |
| somma | 1000.00 | 987.0 |
| reale | 1000.00 | 982.0 |
| differenza | - | 5.0 |

La contrazione di volume risulta dal fatto che le molecole di acqua circondano gli ioni aggiunti generando una struttura impacchettata ed ordinata.

Le molecole di idratazione si sistemano orientando l'ossigeno verso gli ioni positivi e l'idrogeno verso gli ioni negativi. In questo modo le cariche elettrostatiche degli ioni vengono in parte compensate, consentendo la dissoluzione del sale. Oltre alla contrazione del volume si osserva anche un aumento della viscosità; l'elettrostrizione aumenta all'aumentare del rapporto carica-volume e del numero degli ioni aggiunti. L'effetto dell'aggiunta degli ioni dipende anche dalla temperatura del sistema, essendo maggiore a temperature maggiori.



CLASSIFICAZIONE DELLE ACQUE



ACQUE TELLURICHE

.....➤ Falde freatiche

Questa falda è caratterizzata dalla presenza di un substrato impermeabile che raccoglie tutte le acque di infiltrazione superficiale.

Risente degli eventi meteorici e dell'ambiente.

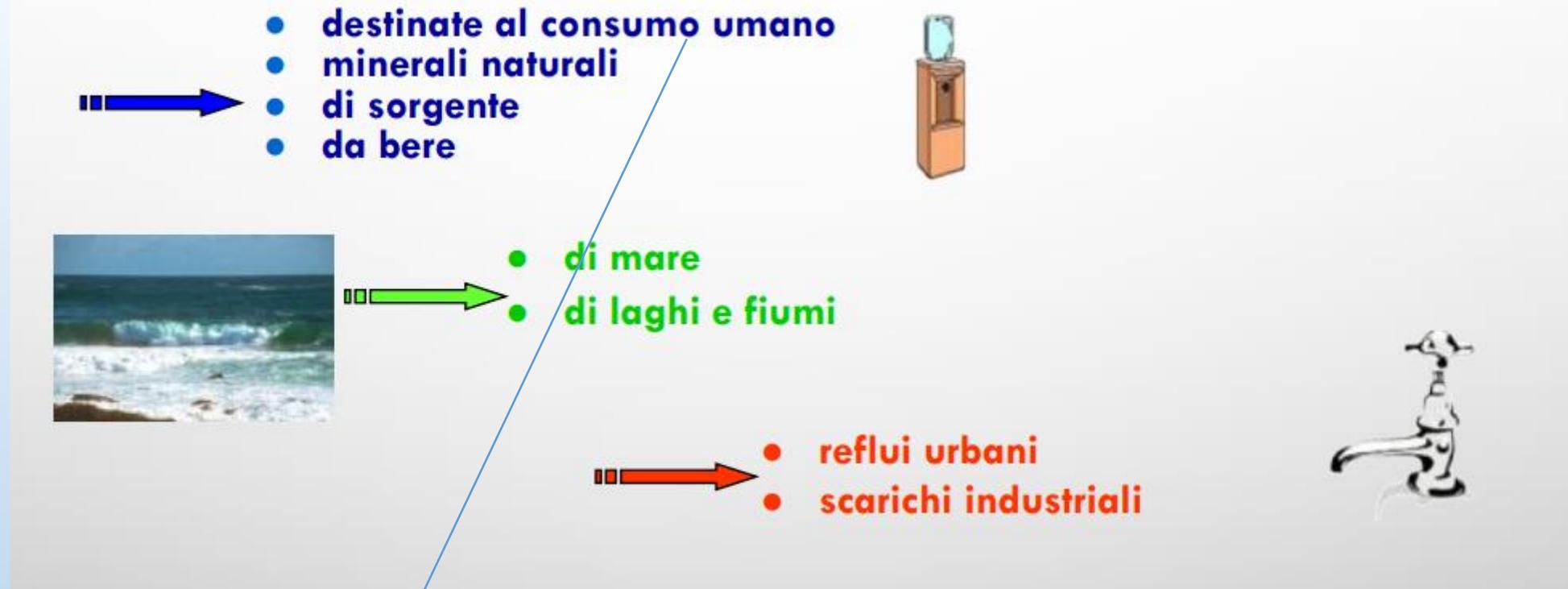


.....➤ Falde artesiane

Le falde artesiane circolano a bassa velocità, in pressione, lungo un percorso sotterraneo confinato tra due strati impermeabili senza apporti superficiali diretti.

Non risente degli eventi meteorici e dell'ambiente.





La normativa che regola la qualità delle acque destinate al consumo umano si trova nel DPR 236 del 24/5/88, che attiva la direttiva CEE 80/778. Vengono presi in considerazione 62 parametri, per ognuno dei quali viene dato un valore guida ed un valore massimo accettabile. Il decreto d.Lgs. 31/2001 attuante la direttiva 98/83/CE impone che i parametri siano rispettati al sito d'utenza.

•Acque minerali

DL1105 25.1.92 integrato dal DL339 4.1.99

1. Sono considerate ACQUE MINERALI NATURALI tutte quelle acque che, avendo origine da una falda o giacimento sotterraneo, provengono da una o più sorgenti naturali o perforate e che hanno caratteristiche igieniche particolari e, eventualmente, proprietà favorevoli alla salute.

2. Le acque minerali naturali si distinguono dalle ordinarie acque potabili per la purezza originaria e sua conservazione, per il tenore in minerali, oligominerali e per i loro effetti.

3. Le loro caratteristiche devono essere valutate sul piano: A) geologico ed idrogeologico; B) organolettico, fisico, fisico-chimico e chimico; C) microbiologico; D) se necessario, farmacologico, clinico, e fisiologico

Acque di sorgente

D.L. 339 4.1.1999

1. Il termine "ACQUA DI SORGENTE" è riservato alle acque destinate al consumo umano, allo stato naturale e imbottigliate alla sorgente, che, avendo origine da una falda o giacimento sotterraneo, provengano da una sorgente con una o più emergenze naturali o perforate.

2. Le caratteristiche delle acque di sorgente sono valutate sulla base dei seguenti criteri: A) geologico e idrogeologico; B) organolettico, fisico, fisicochimico e chimico; C) microbiologico

| Grado di mineralizzazione | Residuo a 180 ° C g/l | Denominazione |
|----------------------------------|------------------------------|--|
| Oligominerali | < 0,5 | |
| Minerali | 0,5 ÷ 1,5 | |
| Fortemente mineralizzate | > 1,5 | <p>A) Salse</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Salse 2. Salso-solfato-alcaline 3. Salso-solfato-alcantino-terrose 4. Salso-bromo-iodiche 5. Salso-iodiche-solfato-alcaline 6. Salso-iodiche-alcantino-terrose <p>B) Solfuree</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Solfuree 2. Solfuree-bicarbonato 3. Solfuree-salse 4. Solfuree-salso-bromo-iodiche 5. Solfuree-salso-solfato-alcaline 6. Solfuree-solfato-alcaline <p>C) Arsenicali ferruginose</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Arsenicali 2. Arsenicali-ferruginose <p>D) Bicarbonato-alcaline</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Bicarbonato-alcaline 2. Bicarbonato-alcantino-bromo-iodico 3. Bicarbonato-alcantino-terrose 4. Bicarbonato-solfato-alcaline 5. Bicarbonato-solfato-alcantino-terrose <p>E) Solfate</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Solfato-alcaline 2. Solfato-alcantino-terrose |

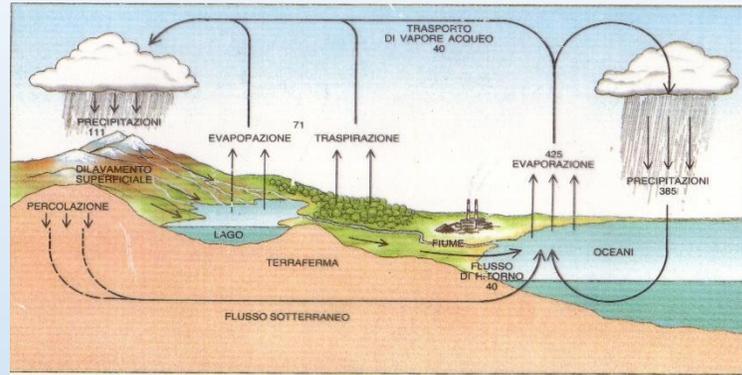
0,002% = ? ppm

0,002 g in 100 mL

2 mg in 100 mL

20 mg in 1L = 20 ppm

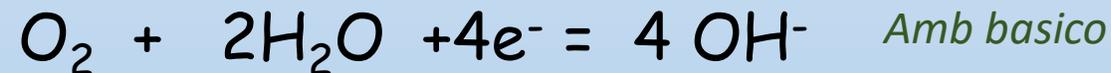
La chimica delle acque naturali è essenzialmente determinata da due tipologie di processo: le reazioni di **ossidazione** e le reazioni **acido base**.



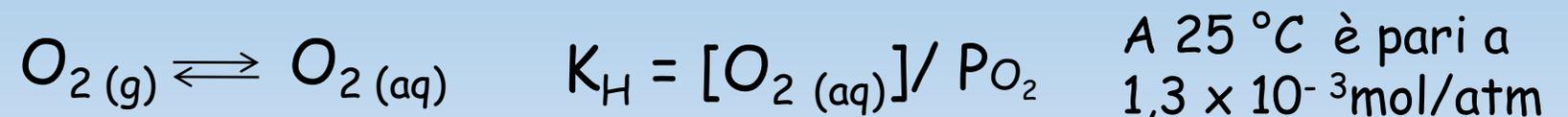
L'ossidante naturale più importante è l'ossigeno; tali processi interessano in modo particolare lo stato del materiale organico

La specie che determina il pH delle acque naturali è essenzialmente l'acido carbonico; l'acidità condiziona in modo particolare lo stato degli ioni inorganici

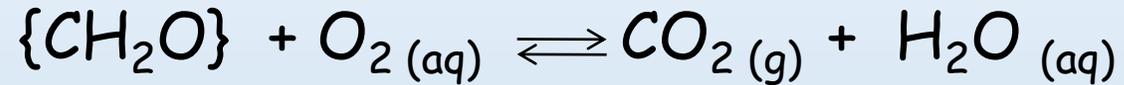
Le condizioni di ossidazione sono determinate dalle reazioni dell' O_2 :



La concentrazione di O_2 presente nelle acque deriva dallo scambio con l'atmosfera ed è regolata dalla costante di Henry:



La materia organica è sempre presente nelle acque naturali, e può essere considerata come materiale contenente C ridotto; tale materiale reagisce con l'ossigeno, essendo ossidato da questo, secondo la reazione:



Anche le forme ridotte dell'azoto possono reagire con l'ossigeno, consumandolo. La capacità di consumare ossigeno o anche la necessità di ossigeno da parte di un corpo idrico viene misurata tramite due diversi parametri:

BOD

Domanda Biologica di Ossigeno
Misura la quantità di materia organica presente che reagisce in presenza di ossigeno.

Sperimentalmente:

- Aggiunta di O_2 come ossidante,
- si aggiungono batteri,
- assenza di luce,
- temperature tra 20 e 25 °C,
- 5 giorni di incubazione

COD

Domanda Chimica di Ossigeno
Misura la quantità di materia organica presente, anche quella *resistente*, che reagisce in presenza di ossigeno.

Sperimentalmente:

- Aggiunta di $Cr_2O_7^{2-}$ come ossidante

COD > BOD

Altri parametri misurati: TOC, DOC

Altri processi che consumano ossigeno (inclusi nel COD):



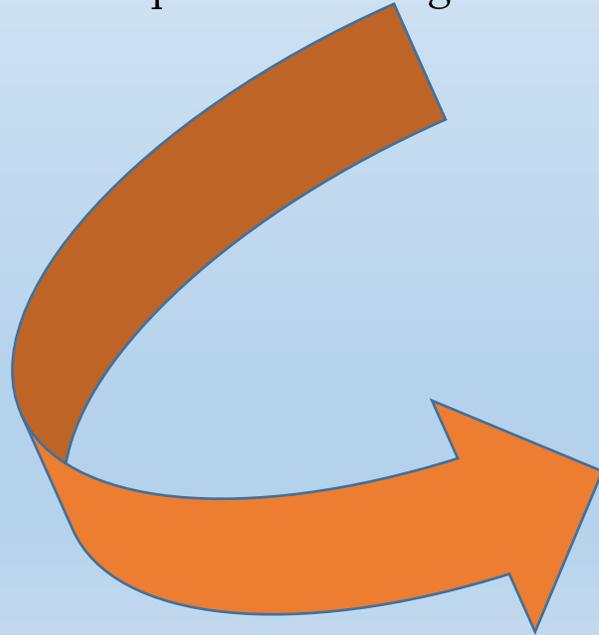
Sulla richiesta di ossigeno di un corpo idrico possono avere influenza anche le attività antropiche: *eutrofizzazione* delle acque

Table 7.3. Essential Plant Nutrients: Sources and Functions

| Nutrient | Source | Function |
|--|--|--|
| <i>Macronutrients</i> | | |
| Carbon (CO ₂) | Atmosphere, decay | Biomass constituent |
| Hydrogen | Water | Biomass constituent |
| Oxygen | Water | Biomass constituent |
| Nitrogen (NO ₃ ⁻) | Decay, atmosphere (from nitrogen-fixing organisms), pollutants | Protein constituent |
| Phosphorus (phosphate) | Decay, minerals, pollutants | DNA/RNA constituent |
| Potassium | Minerals, pollutants | Metabolic function |
| Sulfur (sulfate) | Minerals | Proteins, enzymes |
| Magnesium | Minerals | Metabolic function |
| Calcium | Minerals | Metabolic function |
| <i>Micronutrients</i> | | |
| B, Cl, Co, Cu, Fe, Mo, Mn, Na, Si, V, Zn | Minerals, pollutants | Metabolic function and/or constituent of enzymes |

Un fenomeno strettamente legato alle sostanze chimiche presenti nelle acque è il fenomeno dell' eutrofizzazione. Il termine indica il processo di arricchimento di un ambiente acquatico di sostanze nutrienti, ovvero di sostanze contenenti azoto o fosforo. Un apporto eccessivo di nutrienti può causare uno sviluppo algale tale da:

- impedire alla luce solare di raggiungere gli strati più profondi.
- i processi di decomposizione della biomassa algale provocano una diminuzione dell'ossigeno presente in acqua.
- i processi di respirazione vegetale, esaltati dal fenomeno dell'eutrofia, determinano un calo della quantità di ossigeno.



Per quanto riguarda le acque dolci, è la quantità di fosfati e di nitrati che costituisce il fattore da controllare per ridurre il fenomeno dell'eutrofizzazione. Le principali fonti sono infatti, in ordine di importanza:

- scarichi urbani contenenti detersivi, rifiuti organici, ecc;
- scarichi agricoli e zootecnici, ovvero tutti quei rifiuti organici che non vengono utilizzati come fertilizzante naturale e che vengono smaltiti direttamente nelle acque superficiali;
- scarichi industriali, soprattutto nel caso di produzioni di fosfati, industrie alimentari, distillerie, ecc.

In assenza di ossigeno il materiale organico non viene degradato?

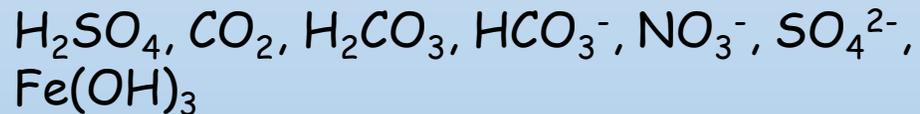
In realtà esistono batteri in grado di degradare il materiale organico anche in assenza di ossigeno. Anche i fondali, meno ricchi di ossigeno sono attivi.



Le condizioni sono in questo caso riducenti, per cui avvengono in parallelo una serie di processi tra i quali:



Solubilizzazione dei Sali del ferro.



EPILIMNIO:
disponibilità di ossigeno



IPOLIMNIO:
assenza di ossigeno

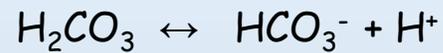
La separazione tra le due zone dipende dalla stagione dell'anno.

L'acido carbonico

Il carbonio inorganico in acqua esiste in 4 possibili forme:



$$K'_{\text{CO}_{2(\text{aq})}} = \frac{[\text{CO}_2]_{(\text{aq})}}{[\text{H}_2\text{CO}_3]}$$

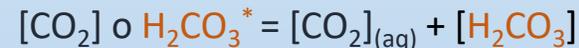


$$K'_{\text{H}_2\text{CO}_3} = \frac{[\text{HCO}_3^-] \times [\text{H}^+]}{[\text{H}_2\text{CO}_3]}$$



$$K'_2 = \frac{[\text{CO}_3^{2-}] \times [\text{H}^+]}{[\text{HCO}_3^-]}$$

Poiché all'equilibrio solo l'1% è presente come acido carbonico neutro e poiché H_2CO_3 e $\text{CO}_{2(\text{aq})}$ sono indistinguibili analiticamente, essi vengono indicati come:

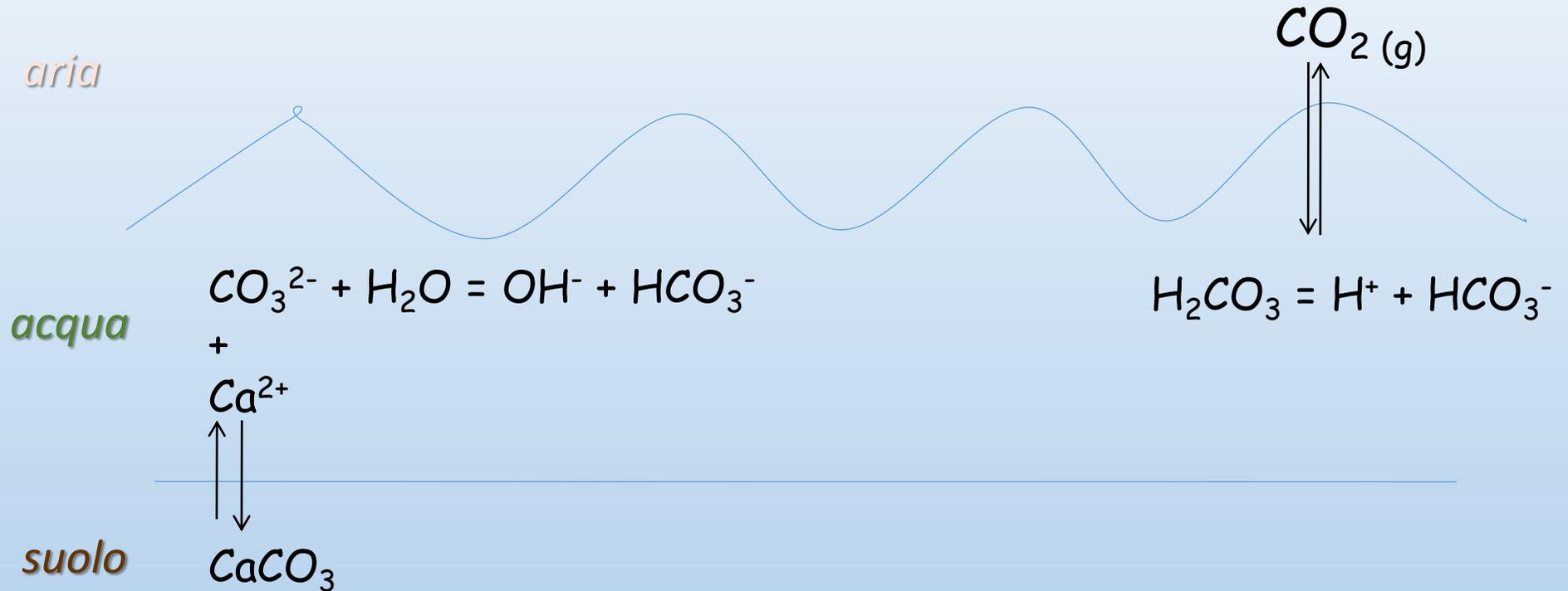


Le equazioni e le costanti di equilibrio possono essere combinate tra loro per dare la prima reazione di dissociazione dell'acido carbonico:

L'anidride carbonica disciolta in soluzione è legata alla fugacità dell'anidride carbonica in atmosfera mediante la legge di Henry:

$$K_{\text{H}, \text{CO}_2} = \frac{[\text{CO}_2]}{P_{\text{CO}_2}}$$

In realtà la CO_2 deriva in parte anche dalla degradazione del materiale organico, così come gli ioni carbonato e bicarbonato derivano dalla dissoluzione del carbonato di calcio:



L'insieme di questi equilibri rende le acque alcaline.

Diverso è il discorso per le precipitazioni atmosferiche, per quali l'equilibrio con la sola CO_2 comporta il raggiungimento di un pH acido (5,6)

L'acido carbonico determina l'aggressività dell'acqua nei confronti delle rocce.



Sulle rocce calcaree si ha:



Sulle rocce magmatiche silicee

Ortoclasio



Albite



Anortite



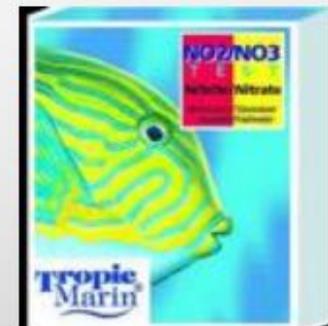
• PARAMETRI CHIMICO-FISICI

- CONDUCTIBILITÀ,
- TEMPERATURA,
- PH,
- OSSIGENO DISCIOLTO
-



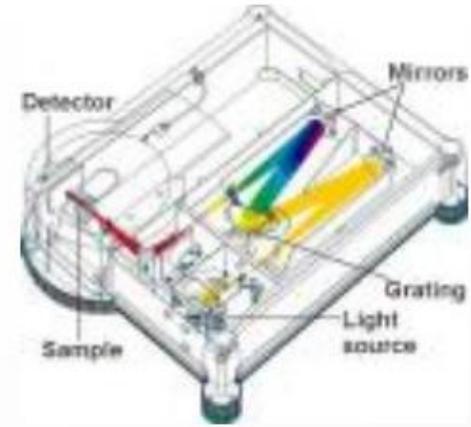
• ANALISI QUALITATIVE

- AMMONIACA
- NITRITI
- SOLFURI
-



CATIONI

- Na^+ ,
- K^+ ,
- Ca^{2+} ,
- Mg^{2+} ,
-



Anioni

- Cl^- ,
- NO_3^- ,
- SO_4^{2-} ,
- HCO_3^- ,
-

mg/L_{Ca}

mg/L_{Na}

mg/L_{Cl}

$\text{mg/L}_{\text{SO}_4}$

.

.

.

$\text{mg/L Residuo Fisso}$



Residuo fisso a 180 °C

I parametri monitorati

Cloruri

I cloruri nell'acqua derivano dalla composizione dei suoli, da scarichi industriali e urbani, dall'uso dei sali utilizzati per sciogliere il ghiaccio sulle strade.

Concentrazioni eccessive di cloruri in un'acqua in funzione dell'alcalinità o dell'acidità dell'acqua stessa accelerano la corrosione dei metalli nelle reti di acquedotto.

Concentrazioni di cloruri superiori a 250 mg/l possono causare un sapore indesiderabile all'acqua e alle bevande.

Effetti avversi alla salute si possono verificare a concentrazioni uguali o superiori a 200 mg/l.

Fluoruri

La loro origine è solitamente naturale (rocce vulcaniche), possono anche derivare da industrie di fertilizzanti e dell'alluminio.

Generalmente nelle acque i livelli di fluoro sono inferiori a 1,5 mg/l ma in aree ricche di minerali contenenti fluoruri le acque sotterranee possono contenerne circa 10 mg/l.

Non hanno effetti tossici ma livelli di fluoruri superiori a 1,5 mg/l possono causare la fluorosi dentale (annerimento dello smalto dei denti).

Poiché d'altra parte i fluoruri hanno effetti benefici nella prevenzione della carie dentaria in alcune aree essi vengono aggiunti artificialmente all'acqua potabile (fino a 1 mg/l).

| cationi | | anioni | |
|-----------------------|----------|------------------------------------|-------------------------------------|
| mg/L Ca ²⁺ | meq/L Ca | mg/L SO ₄ ⁼ | meq/L SO ₄ |
| mg/L Na ⁺ | meq/L Na | mg/L Cl ⁻ | meq/L Cl |
| . | . | . | . |
| . | . | . | . |
| mg/L Fe ³⁺ | meq/L Fe | mg/L HCO ₃ ⁻ | meq/L HCO ₃ ⁻ |
| meq cationici | | = | meq anionici |

Oltre ai parametri che forniscono indicazioni sulla composizione chimica, ci sono parametri che indicano le proprietà delle acque che stiamo considerando, come ad esempio il potenziale redox:

- Fornisce un'indicazione della capacità dell'acqua di degradare gli inquinanti inorganici ed organici.
- È un parametro comprensivo di tutti i potenziali di reazione redox del sistema similmente al concetto di pH.
- L'acqua a contatto con l'aria ha un potenziale redox compreso tra 350mv e 500mv. Processi redox microbici possono abbassare il valore a -300mv.
 - La concentrazione di batteri coliformi cala da 300 a 3 ppm (99%) passando da un potenziale redox da 200 a 400 mv.
 - Alti valori favoriscono la crescita di alghe verdi e sopprimono le alghe marron e quelle rosse.

Alro parametro, sempre associato alle proprietà delle acque, in particolare quelle destinate all'irrigazione, è la salinità espressa in *sodium adsorption ratio*, meglio conosciuto come indice SAR, che consente di misurare il rischio di alcalinizzazione del suolo. Per il Sodio - SAR le concentrazioni sono espresse in milliequivalenti/L. pHc rappresenta il pH dell'acqua irrigua in equilibrio con CO₂ del suolo e con il carbonato di calcio

$$SAR = \frac{Na^+}{\sqrt{\frac{Ca^{2+} + Mg^{2+}}{2}}} [1 + (8.4 - pHc)]$$

A livello fisiologico le piante subiscono tre tipi di danni da salinità : osmotico, nutrizionale e tossico. A questi si aggiungono quelli derivanti da asfissia radicale causata dalla riduzione della permeabilità dei terreni, quando nell'acqua di irrigazione il contenuto di sodio rispetto a quello del calcio e del magnesio (SAR, *sodium absorption ratio*) è molto elevato.

| Qualità | mΩ×10 ⁻³ | Sali _{TOT} | SAR | pH |
|----------------|---------------------|---------------------|---------|-----------|
| Eccellente | 0.25 | 175 | 3 | 6.5 |
| Buona | 0.25 - 0.75 | 175 - 525 | 20 - 40 | 6.5 - 6.8 |
| Accettabile | 0.75 - 2.0 | 525 - 1400 | 40 - 60 | 6.8 - 7.0 |
| Dubbia | 2.0 - 3.0 | 1400 - 2100 | 60 - 80 | 7.0 - 8.0 |
| Inutilizzabile | > 3.0 | > 2100 | > 80 | > 8.0 |

I parametri monitorati

Durezza

La durezza dell'acqua è dovuta alla naturale presenza in essa del calcio e del magnesio; quest'ultimo è normalmente presente in concentrazione minore rispetto al calcio.

In relazione al concetto di durezza si ritrovano frequentemente le seguenti espressioni:

Durezza totale è la durezza propriamente detta: essa può essere espressa in gradi francesi F ($1^\circ \text{ F} = 10 \text{ mg/l CaCO}_3$) o in gradi tedeschi D ($1^\circ \text{ D} = 10,0 \text{ mg/l CaO}$). I valori consigliati sono compresi tra 15 e 50° F .

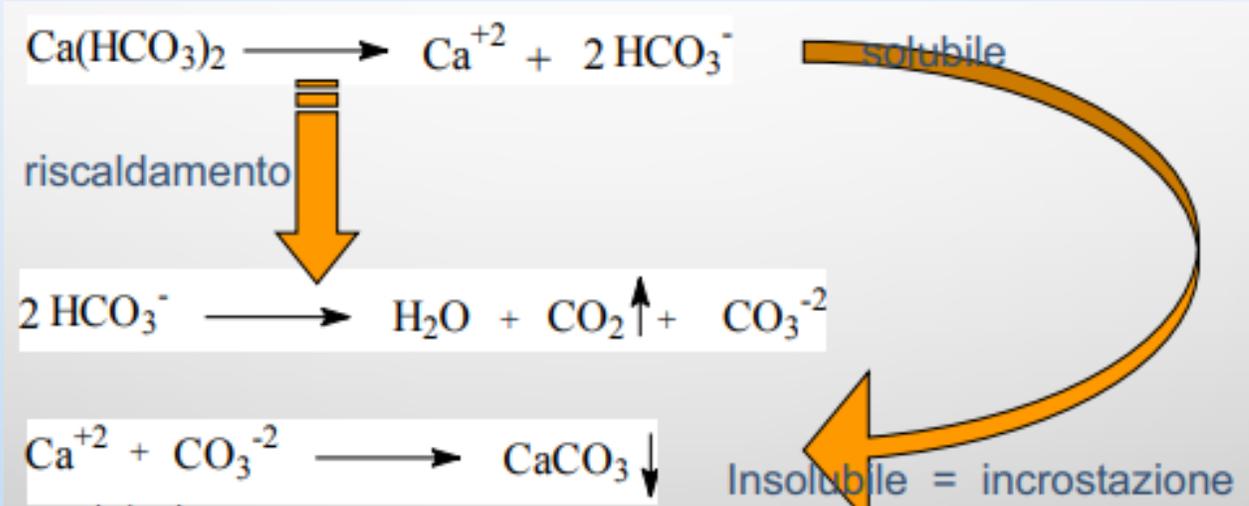
Durezza temporanea o durezza carbonatica è quella frazione della durezza totale che può essere allontanata dall'acqua con un'ebollizione prolungata; in tal modo gli ioni Ca e Mg si legano ai Carbonati e formano un composto insolubile che precipita. Tale valore dipende evidentemente anche dalla concentrazione iniziale dei Bicarbonati presenti.

La frazione di durezza residua dopo questa operazione (ebollizione) è detta durezza permanente o durezza non carbonatica ed è dovuta alla presenza di anioni diversi dai Bicarbonati, e cioè principalmente Solfati, Nitrati, Cloruri e Fluoruri.

Dipendentemente dal pH e dall'alcalinità un'acqua molto dura ($>38^\circ \text{ F}$ o 21° D) provoca deposito di incrostazioni nelle tubazioni, in particolare negli impianti di riscaldamento, e richiede nel lavaggio della biancheria un elevato consumo di detersivi, mentre un'acqua dolce ($< 13^\circ \text{ F}$ o 7° D) al contrario è addirittura corrosiva per le tubazioni metalliche.

DUREZZA

La durezza dell'acqua è data dal contenuto di sali. Alcuni di essi (bicarbonati di calcio e magnesio) sono solubili a temperatura ambiente, mentre precipitano, formando incrostazioni, già a temperatura di 50-60 °C.



La durezza viene generalmente espressa in gradi francesi (°F) Un grado corrisponde a 10 mg di carbonato di calcio (CaCO_3) per litro di acqua ($1^\circ\text{F} = 10 \text{ mg/L} = 10 \text{ ppm}$), prendendo, per convenzione, tutte le moli dei cationi titolabili dall'EDTA a pH 10 come moli di carbonato di calcio.

Altre unità di misura della durezza sono i *gradi tedeschi* (°dH, da *Grad deutscher Härte*, oppure °GH, da *GesamHarte*) con $1^\circ \text{dH} =$ quantità di sali equivalenti a 10 mg/l di CaO ($1^\circ \text{dH} = 1,79^\circ\text{f}$), i *gradi inglesi* (o di Clark) °e (oppure e, °Clark o, raramente, °eH) dove $1^\circ \text{e} = 1 \text{ g}$ di carbonato di calcio in 70 litri di acqua ($1^\circ \text{e} = 1,43^\circ\text{f}$), i *gradi americani* (°TH, da *total hardness*, oppure °aH) dove $1^\circ \text{TH} = 17,1 \text{ mg/l}$ di carbonato di calcio ($1^\circ \text{TH} = 1,71^\circ\text{f}$), i *gradi russi* (°rH, dal 2014 definiti da uno standard GOST come °Ж), i *meq/l* e le *ppm* di carbonato o ossido di calcio.

Secondo le norme CEE acque con meno di 30 gradi francesi sono considerate dolci; più in dettaglio:

< 7° F : molto dolci

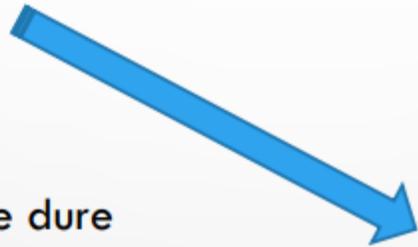
7° F ÷ 15° F : dolci

15° F ÷ 20° F : poco dure

20° F ÷ 30° F : mediamente dure

30° F ÷ 50° F : dure

> 50° F : molto dure



- In presenza di calcare la lavastoviglie non funziona più bene, i fori della doccia si ostruiscono, la lavatrice si blocca, l'acqua nello scaldabagno impiega più tempo a scaldarsi e consuma più energia,

Non è dannosa per l' uomo, ma:

- è dimostrata l'importanza della presenza di calcio nell'acqua ad uso alimentare (aiuta la calcificazione delle ossa e previene malattie cardiovascolari)
- i sali presenti nell'acqua potabile sono così importanti per la salute che la legge vieta, nel caso di installazione di un addolcitore, di abbassare la durezza sotto i 15° F

I parametri monitorati

Sebbene un certo numero di studi epidemiologici abbia dimostrato l'esistenza di una correlazione negativa tra durezza dell'acqua potabile e malattie cardiovascolari i dati disponibili non consentono di concludere che tale associazione sia causale.

Non viene pertanto proposto alcun valore di linea guida basato su criteri di protezione della salute. Tuttavia il grado di durezza di un'acqua può influire sulla sua accettabilità in termini di sapore. L'OMS (organizzazione mondiale della Sanità) indica infatti un valore massimo di 500mg/l di ioni Calcio, al fine di evitare sapori sgradevoli dell'acqua.

Inoltre l'assunzione di elevati quantitativi di calcio potrebbe acuire il quadro di calcolosi renale.

Alcalinità carbonatica (CO_3) e bicarbonatica (HCO_3)

L'alcalinità in generale si riferisce all'insieme delle sostanze che reagiscono con un acido.

Nelle acque naturali queste sostanze sono costituite per la massima parte da carbonati e bicarbonati. I carbonati e i bicarbonati hanno un effetto stabilizzante sul pH dell'acqua, si parla in questo caso di potere tampone.

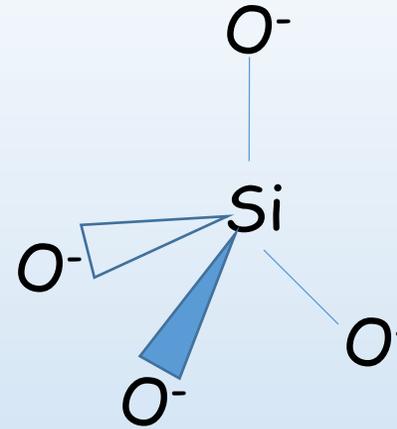
Carbonati, bicarbonati e biossido di carbonio, che forma l'acido carbonico, sono in equilibrio tra loro dipendentemente dal pH dell'acqua. In un'acqua con pH=7 ad esempio si ha circa il 20% di biossido di carbonio e circa 80% di bicarbonati mentre i carbonati sono praticamente assenti.

Con un pH=8,5 nell'acqua si trovano solo bicarbonati, ad un pH maggiore di 8,5 aumenta la quota dei carbonati a sfavore dei bicarbonati.

Come descritto nel paragrafo "durezza" l'alcalinità bicarbonatica è collegata alla durezza carbonatica. Un'acqua dura con un'alta alcalinità bicarbonatica se scaldata causa molti depositi incrostanti (ad esempio negli impianti di riscaldamento).

Il suolo

L'unità di base è rappresentata da atomi di Si legati a 4 atomi di Ossigeno disposti ai vertici di un tetraedro; ciascuno di questi atomi di ossigeno lega il silicio di un tetraedro adiacente.



Ci sono delle varianti; ad esempio in alcuni casi al centro dello ione c'è lo ione Al^{3+} , nel qual caso la carica negativa in eccesso è bilanciata da altri cationi come H^+ , K^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} , Fe^{2+} .

Negli interstizi delle strutture trovano spazio bolle d'aria, acqua, micorganismi, sostanze organiche prodotte dalle attività metaboliche oppure dalla decomposizione del materiale organico.

I parametri monitorati

pH

In ogni acqua sono contenute piccole quantità di ioni idrogeno (forma chimica: H^+) e ioni ossidrile (OH^-). La reazione acida, alcalina o neutra di un'acqua dipende dalla concentrazione di ioni idrogeno. Se in un'acqua ci sono più ioni idrogeno che ioni ossidrile, l'acqua dal punto di vista chimico è acida, in caso contrario è basica (detta anche alcalina).

Il valore pH (proposto nel 1909 dal chimico danese S.P.L. Soerensen) è correlato alla concentrazione degli ioni idrogeno (H^+) nella soluzione acquosa. Il pH delle acque naturali è un elemento di giudizio molto importante, valori molto più bassi o più alti dell'intervallo consentito indicano un inquinamento rispettivamente da acidi o da basi forti.

Conducibilità

Il dato di conducibilità indica con immediatezza il grado di mineralizzazione delle acque. Essa si esprime in microsiemens per cm ($1\mu S/cm = 10^{-6} \text{ ohm}^{-1} \times \text{cm}^{-1}$) e fisicamente corrisponde al reciproco della resistenza offerta dall'acqua.

Se il valore è alto si tratta di un'acqua ricca di sali, se è basso si tratta di un'acqua povera di sali.

La maggior parte delle acque ha una conducibilità compresa da 100 a 1000 $\mu S/cm$.

Componente organica:

La parte organica responsabile del colore scuro è detta humus, originata essenzialmente dalle piante fotosintetiche, alcune componenti delle quali hanno subito degradazione.

La parte non decomposta è costituita da proteine e lignina, sostanze polimeriche non solubili in acqua che tendono a formare colloidali.

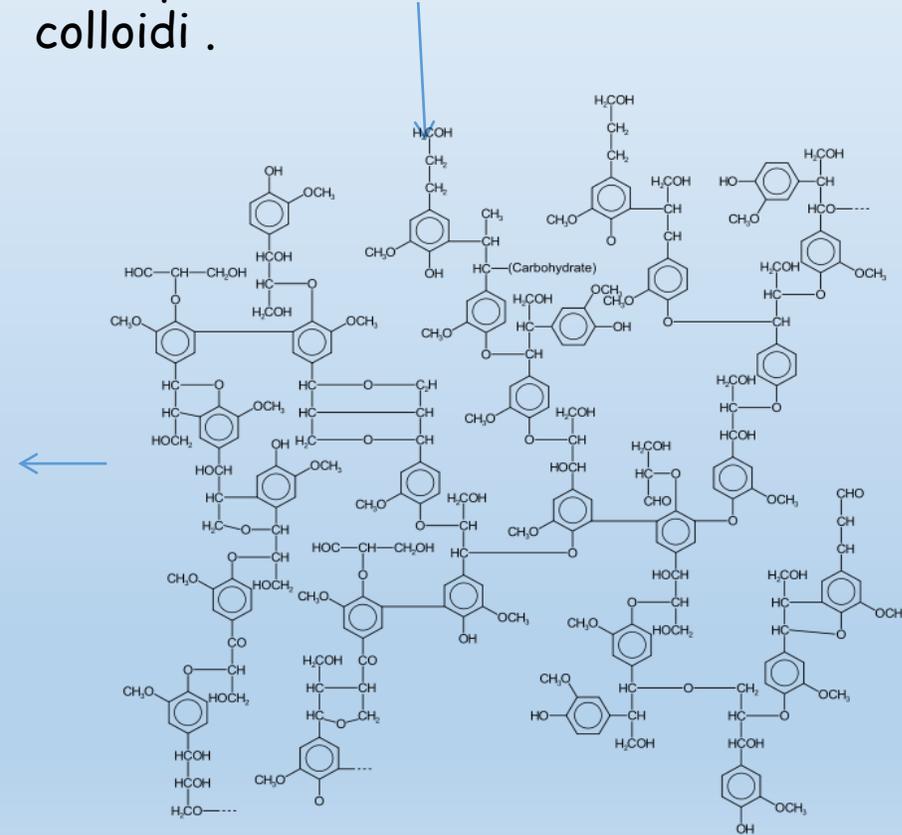
L'ossidazione della lignina produce strutture contenenti i gruppi funzionali $-COOH$, che prendono il nome di acidi

Fulvici

-Minore peso molecolare
-Maggiore solubilità in sol acide

Umici

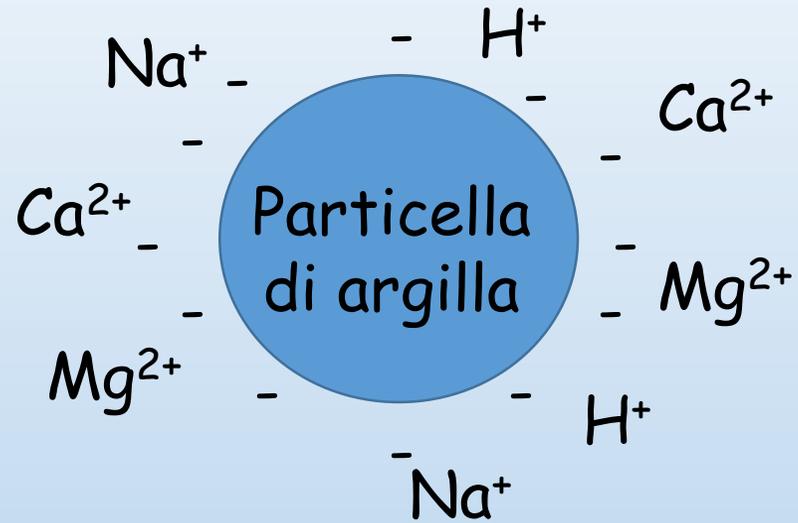
-Maggiore peso molecolare
-Minore solubilità in sol acide



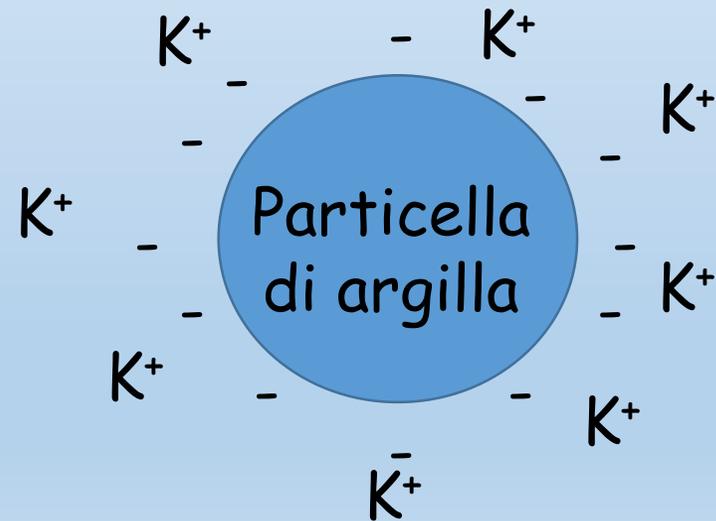
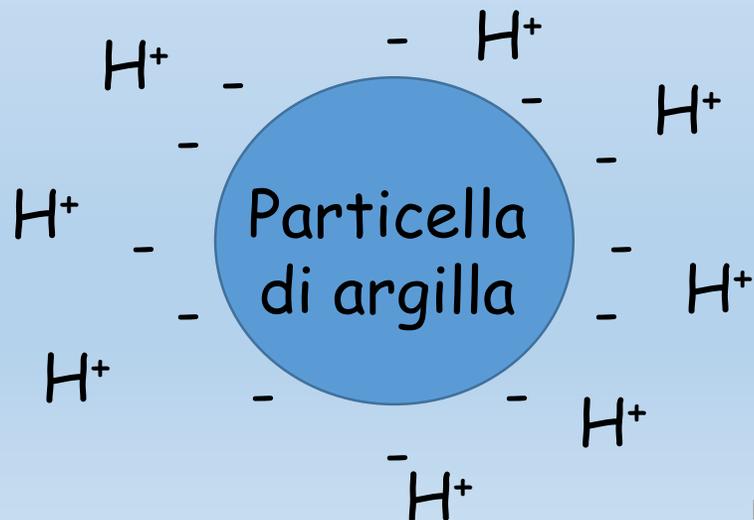
In base alla granulometria si distinguono diverse fasi del suolo:



Le particelle argillose hanno dimensioni minori e pertanto maggiore superficie. Su questa avvengono i processi di scambio ionico



Gli ioni legati elettrostaticamente alla superficie della particella possono essere scambiati con altri ioni:



La capacità di scambiare ioni viene espressa come

Cation Exchange Capacity (CEC)=

Quantità di ioni che possono essere scambiati espressa in moli di cariche +

Massa di materiale asciutto in g o kg

Per le argille la CEC varia da 1 a 150 centimoli/kg; aumenta se sono presenti acidi carbossilici .

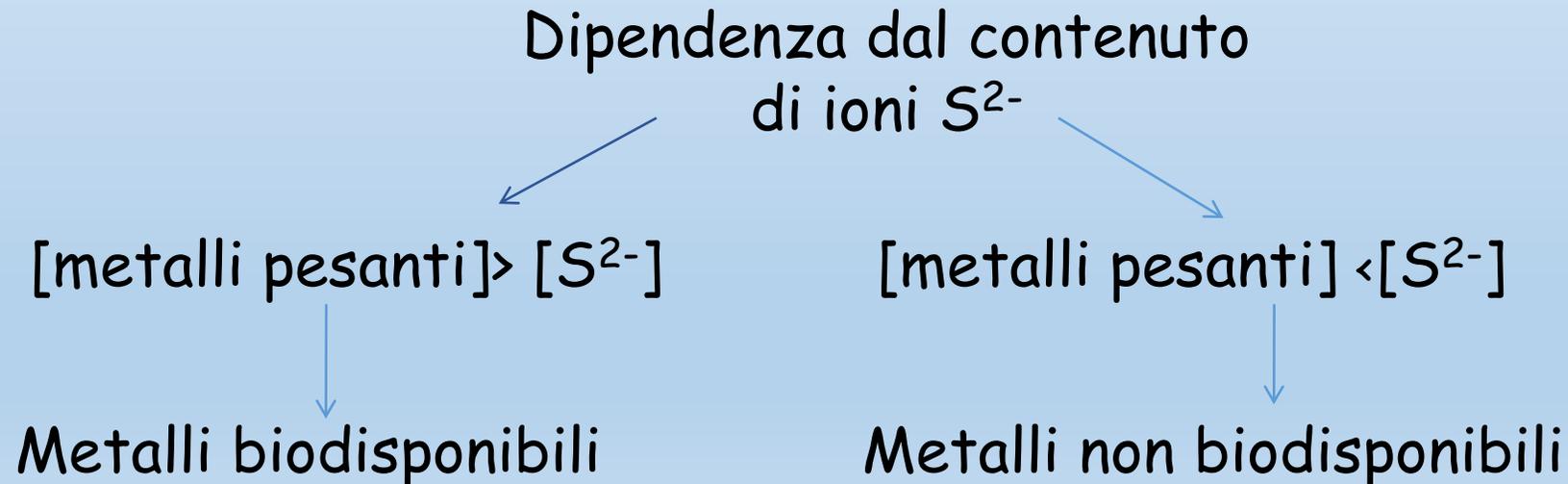
Grazie allo scambio ionico le piante assimilano gli ioni tramite le radici, rilasciando ioni H^+ .

I suoli risultano in genere debolmente acidi sia per la presenza degli acidi organici, sia per i processi metabolici dei microrganismi che producono H_2CO_3 .

Un esempio particolare di terreno è rappresentato dai sedimenti.

**Materiale solido a grana fine in
contatto con una frazione
acquosa**

Rappresentano una frazione molto importante poiché sono la destinazione finale di sostanze tossiche organiche nonché dei metalli pesanti che si legano alla superficie delle particelle



CHE COS' E' L'INQUINAMENTO?

Con il termine generico inquinamento si indica il degrado dell'acqua e dei suoli causato dall'immissione, da parte dell'uomo, di sostanze che ne alterano le caratteristiche chimico-fisiche.

Sono sostanzialmente tre i modi attraverso i quali l'acqua può essere inquinata:

1. immettendo sostanze inquinanti non di per sé tossiche ma con una velocità tale che i cicli biogeochimici non riescono del tutto a smaltire: è questo il caso dell'anidride carbonica e di molti composti organici;
2. liberando sostanze tossiche per gli organismi viventi: alcune di loro poiché non sono biodegradabili (non sono cioè trasformabili in composti inattivi dai normali meccanismi biologici) aumentano la loro concentrazione, e quindi la loro tossicità, nei viventi passando da un anello all'altro delle catene alimentari;
3. depositando nell'ambiente sostanze inquinanti che restano inalterate nel tempo, cioè non subiscono alcuna forma di degradazione, come la plastica.

- *Inquinamento naturale*

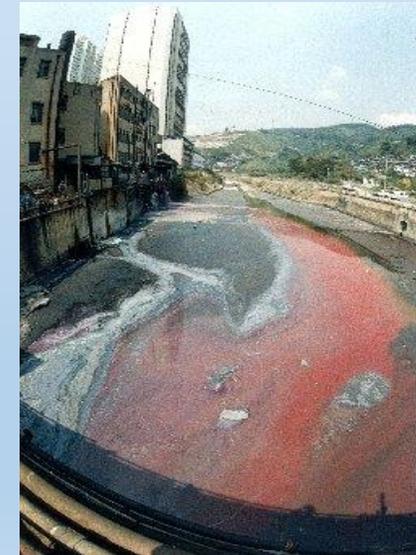
L'inquinamento naturale non avviene per opera dell'uomo ma a causa di frane, alluvioni, eventi atmosferici e stagionali. Questo fenomeno non crea problemi particolari, perché l'acqua è in grado di autodepurarsi, entro certi limiti.

- *Inquinamento urbano*

L'inquinamento urbano proviene dalle fogne delle città

Ognuno di noi consuma da 100 a 200 litri di acqua potabile al giorno: questa acqua, che contiene residui organici, saponi, detersivi e rifiuti di natura varia, finisce nei tubi di scarico, di lì nelle fogne e, in genere senza alcun trattamento di depurazione, nei fiumi e poi in mare.

Ciò significa una quantità da 5 a 10 miliardi di litri di prodotti inquinanti che finiscono nelle acque pubbliche, con il risultato che a causa di questa concimazione forzata le alghe e le piante dei fiumi e dei laghi aumentano in gran copia, consumando ossigeno durante la notte, poi muoiono e marciscono aggravando lo stato dell'inquinamento, sottraendo ossigeno alle creature acquatiche e provocandone la morte. Questo fenomeno si chiama eutrofizzazione ed è la causa della morte biologica di molti corsi d'acqua.



- *Inquinamento industriale*

L'inquinamento industriale è dovuto all'immissione di sostanze chimiche non biodegradabili nelle acque dei fiumi, dei laghi e dei mari. Ogni giorno migliaia di fabbriche scaricano nel sistema idrico quantitativi enormi di coloranti, acidi, tinture, schiume, polveri di metalli e mille altri veleni che danneggiano irrimediabilmente la flora e la fauna acquatica.

- *Inquinamento termico*

L'inquinamento termico è dovuto all'immissione, nei fiumi e nei torrenti, dell'acqua calda usata per raffreddare gli impianti. Ne sono responsabili le centrali termoelettriche e termonucleari, oppure le industrie siderurgiche.

- *Inquinamento agricolo*

L'inquinamento agricolo è provocato da un uso indiscriminato di fertilizzanti, concimi chimici e pesticidi. Queste sostanze tossiche finiscono nel sottosuolo o nei fiumi e giungono, attraverso la catena alimentare, fino all'uomo.



CLASSI DI INQUINANTI DELLE ACQUE

ELEMENTI IN TRACCE: metalli pesanti e metalli legati a composti organici

INQUINANTI INORGANICI: nutrienti delle alghe

INQUINANTI ORGANICI IN TRACCE: pesticidi, policlorobifenili, rifiuti del petrolio

RADIONUCLIDI

PETROLI

METALLI PESANTI

Vengono generalmente definiti metalli pesanti una serie di elementi chimici appartenenti in massima parte al cosiddetto gruppo degli elementi di transizione, ai quali vengono normalmente aggiunti alcuni altri elementi (As, Sb, Bi e Se) con proprietà chimiche e fisiche molto simili:

- alta massa atomica
- elevata densità ($> 5,0 \text{ g/cm}^3$)

| Elemento | Densità (g/cm^3) |
|------------------|--------------------------------|
| Hg | 13,5 |
| Pb | 11,3 |
| Cd | 8,7 |
| As | 5,8 |
| H ₂ O | 1,0 |

- si comportano in genere come cationi
 - bassa solubilità dei loro idrati
- spiccata attitudine a formare complessi
- grande affinità per i solfuri, nei quali tendono a concentrarsi
- diversi stati di ossidazione a seconda delle condizioni di pH

Tossicità dei metalli pesanti

- La tossicità e la pericolosità dei metalli pesanti non è semplicemente legata alla loro presenza nell'ambiente ed al loro possibile contatto con gli organismi viventi, ma soprattutto alla forma chimica in cui essi sono presenti.
- Le forme cationiche sono potenzialmente più pericolose dal punto vista ambientale sia per la loro maggiore possibilità di diffusione nell'ambiente, che per la maggiore capacità di essere assimilate dagli organismi viventi.
- In generale, i cationi metallici sono fortemente affini allo zolfo, per cui possono legarsi facilmente ai gruppi sulfidrilici (-SH) degli enzimi che regolano reazioni metaboliche fondamentali:



Principali metalli pesanti

I metalli pesanti che più frequentemente si trovano nell'ambiente quali inquinanti sono:

Mercurio
(Hg)

Cadmio (Cd)

Arsenico (As)

Piombo (Pb)

Cromo (Cr)

MERCURIO (forme comuni: vapori di mercurio, forma cationica, metilmercurio)



- Il Mercurio (Hg) trova vaste applicazioni poiché è l'unico metallo pesante che si trova allo stato liquido a temperatura ambiente ed ha, quindi, l'insolita proprietà di essere un liquido ottimo conduttore di elettricità.
- Si trova raramente come metallo nativo e più spesso nel cinabro (chimicamente solfuro mercurico, HgS) da cui viene estratto per arrostitimento in aria e successiva condensazione dei vapori.
- Veniva usato nelle lampade a vapori di mercurio.
- È il più volatile fra tutti i metalli ed il suo vapore presenta un'elevata tossicità: penetra dai polmoni nel torrente ematico ed attraversa con facilità la barriera ematoencefalica penetrando nel cervello dove viene trasformato nel catione 2+.
- Bruciando gli oli combustibili, si ottiene mercurio gassoso che si deposita molto difficilmente.
- Molto usato nelle amalgame con altri metalli: amalgame dentarie, estrazione di oro e argento: veniva eseguita aggiungendo mercurio ai minerali, formando un'amalgama che veniva poi scaldata per gocciolare il mercurio; Amalgama di sodio e mercurio negli impianti industriali di cloro-alcali

Lo ione 2+ del mercurio

- Il comune ione del mercurio presenta numero di ossidazione 2+.

- Un esempio di questo sale è molto insolubile. In natura il mercurio viene estratto da minerali come il cinabro, HgS .

- Lo ione mercurio si trova in natura in forma di ione molecolare, il Hg_2^{2+} .

- In natura il diossido di mercurio si trova in condizioni di ossidazione +2.

- Esso si converte in acido mercurico con un meccanismo di ossidazione.



Baia di Minamata

Morbo di Minamata
(avvelenamento da mercurio organico)

Tremori, disturbi sensoriali agli arti, mancanza di coordinamento muscolare, disturbi della parola e del linguaggio, restringimento del campo visivo e perdita dell'equilibrio



questo sale sono ioni di Hg in HgS .

liquido volatile

particolarmente

acido contenente e trattenuto,

CADMIO



- Il cadmio, Cd, è un elemento chimico compreso nello stesso sottogruppo della Tavola Periodica Zn e Hg.
- Il solo ione formato dal Cd è la specie 2+.
- La maggior parte del Cd si ottiene:

dalla combustione del
carbone

dalla fusione dello Zn (come sottoprodotto), dato che in natura i due metalli si presentano in genere associati.

Il Cadmio deriva le sue proprietà tossicologiche dalla sua somiglianza chimica allo zinco, un micronutriente essenziale per le piante, gli animali e gli esseri umani.

Il Cadmio è biopersistente e, una volta assorbito da un organismo, rimane in esso per molti anni (nell'ordine di decine per gli uomini) prima di venire espulso. Il cadmio presenta una tossicità acuta: la dose letale è di circa 1g. L'uomo è protetto dall'esposizione cronica a basse concentrazioni dalle metallothioneine (proteine che regolano il metabolismo dello zinco).

1945 Episodio di intossicazione acuta da cadmio nell'uomo in Giappone dove causò la malattia "itai-itai", da cui furono maggiormente colpite le donne (intense mialgie e proteinuria) Risultò contaminato il riso alimentare raccolto in risaie sommerse da acqua proveniente da una miniera di Pb, Zn e Cd

ARSENICO



L'arsenico è un metalloide; può essere trovato naturalmente sulla terra in piccole concentrazioni. Si presenta nel terreno e in minerali e può entrare nell'aria, nell'acqua e nella terra attraverso polvere trasportata dal vento e scorrimento superficiale.

L'arsenico nell'atmosfera proviene da varie fonti:

80.000 tonnellate di arsenico all'anno sono liberate dalla combustione dei combustibili fossili.

i vulcani liberano
circa 3000
tonnellate all'anno

i microorganismi liberano metilarsine
volatili nella misura di 20.000 tonnellate
all'anno

- Le principali forme chimiche sono:

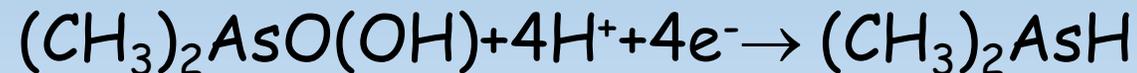
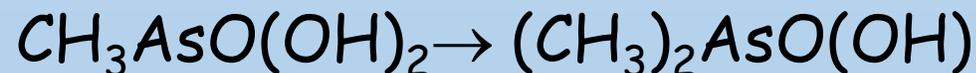
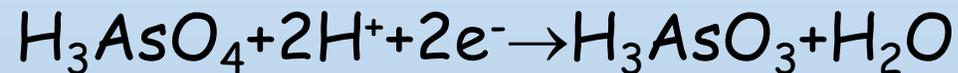
Arsenico inorganico
- pentavalente (As^{5+})
- trivalente (As^{3+})

Arsenicali organici

Gas arsina (AsH_3)

L'arsenico (As)

- È un metalloide, tossico e cancerogeno; può dare avvelenamento acuto o cronico;
- Proviene soprattutto dai processi di combustione del carbone; è presente anche in molti minerali fosfati;
- Come il mercurio può essere trasformato in una forma mobile dall'attività batterica:



Tossicità da arsenico



- L'arsenico è uno degli elementi più tossici che esistono.
- L'esposizione ad arsenico inorganico può causare i vari effetti sulla salute, quali irritazione dello stomaco, produzione ridotta di globuli rossi e bianchi del sangue, cambiamenti della pelle e irritazione dei polmoni.
- Generalmente la dose di arsenico considerata letale e' pari a 100 mg.

*In Bangladesh, l'**arsenico** naturalmente contenuto in molti pozzi utilizzati per l'irrigazione dei campi sta contaminando il terreno ed i raccolti, soprattutto di riso, coinvolgendo milioni di persone*

Environmental Science and Technology

PIOMBO

Metallo tossico ubiquitario

Le principali fonti di esposizione sono:



Aria
•Fonderie, raffinerie, impianti elettrici
•Autoveicoli (carburante con piombo)

Acqua
•Dall'aria o dal suolo

Alimenti
•Fonte principale per l'uomo
•Ceramiche smaltate, vernici, alimenti contaminati

- Il Piombo (Pb) non rappresenta un problema ambientale finchè non si dissolve nella sua forma ionica.
- Lo ione stabile del Pb è del tipo 2+ ma negli ambienti fortemente ossidanti il piombo può formare lo ione 4+.
- Il piombo non reagisce di per sé con gli acidi diluiti; infatti, in forma elementare è un elemento stabile che viene utilizzato come elettrodo nelle batterie per accumulatori, rimanendo tale perfino se viene a contatto con H₂SO₄ abbastanza concentrato.
- Dato che il piombo viene ossidato dall'O₂ in ambiente acido, avremo:



Prof.ssa Elena Chianese

Tossicità da piombo



- Negli esseri umani l'esposizione al piombo può provocare una vasta gamma di effetti biologici a seconda del livello e della durata di esposizione:

Problemi nella sintesi di emoglobina

Problemi renali

- La tossicità del Pb deriva dalla sua capacità di 'imitare' il calcio, ovvero di sostituirsi ad esso in molti dei processi cellulari fondamentali che dipendono dal calcio.
- Il piombo supera agevolmente la barriera emato-encefalica, come ione $PbOH^+$, con una velocità tale da potersi considerare un potente neurotossico a livello centrale.

Problemi sul sistema riproduttivo

Problemi sul tratto gastrointestinale

Danneggiamento acuto o cronico del sistema nervoso

Tossicità da piombo



- Pesci → Ridotta vitalità
- Uccelli → Paralisi del ventriglio
- Piante semi → Inibizione della germinazione dei
elettroni
→ Soppressione della crescita e allungamento delle
radici
→ Inibizione del trasporto di

CROMO



Il cromo è presente nelle acque naturali ma arriva per scarichi industriali tipo concerie ,tintorie,coloranti e cromature di metalli.

Il cromo è presente in forma di ioni inorganici; i suoi stati di ossidazione sono +3 e +6, ossia Cr (III) e Cr (VI). La solubilità in acqua dello ione Cr^{3+} non è elevata.

È un elemento abbastanza diffuso in natura; la crosta terrestre ne contiene circa 0.04%.

Esso si presenta come ione disciolto in acqua o come precipitato se l'ambiente acquoso è ossidante o riducente.

Il cromo viene diffusamente utilizzato nella galvanoplastica, nella protezione contro la corrosione e per la concia della pelle. A causa delle emissioni industriali, il cromo rappresenta un inquinante delle acque di falda situate al di sotto delle aree in cui sorgono le centrali.

Data la bassa solubilità e quindi la bassa mobilità del Cr, il sistema più semplice per estrarre il Cr (VI) dall'acqua è usare un sistema riducente al fine di convertire Cr (VI) in Cr (III):



Composti inorganici: l'alluminio trivalente Al^{3+}

L'alluminio è di solito presente a basse concentrazioni nelle acque naturali, ciò poiché la solubilità dell'idrossido di alluminio è bassa nell'intervallo di pH tra 6 e 9.



$$[Al^{3+}] [OH^-] = 10^{-33}$$

$$\text{a pH} = 6$$

$$[Al^{3+}] = 10^{-33} / [OH^-]$$

$$[Al^{3+}] = 10^{-8} \text{ mol/l}$$

Dipendenza
dal pOH e
quindi dal pH

Una variazione di pH anche di una sola unità comporta un aumento di 3 ordini di grandezza della $[Al^{3+}]$.

Tossicità:

- nell'uomo è probabilmente causa del morbo di Alzheimer
- Nei pesci è sicuramente danno in quanto nelle branchie dei pesci precipita formando un gel di $Al(OH)_3$ che dunque provoca soffocamento.

Gli inquinanti inorganici: **gli ioni nitrato NO_3^- e nitrito NO_2^-**

È uno dei principali inquinanti di falda, è presente negli acquiferi rurali e suburbani (poco profondi) meno in quelli pubblici (più profondi).

Deriva da:

- Uso di fertilizzanti azotati (sia inorganici che organici come lo stallatico animale)
- Deposizioni atmosferiche
- Liquami di origine umana depositati nelle fosse settiche
- Coltivazione dei terreni (maggiore ossidazione dell'azoto atmosferico a causa dell'aumento di umidità ed ossigeno).

Tossicità:

- Generazione di metaemoglobina nei bambini e negli adulti con deficit enzimatico.

Azione dei batteri intestinali:

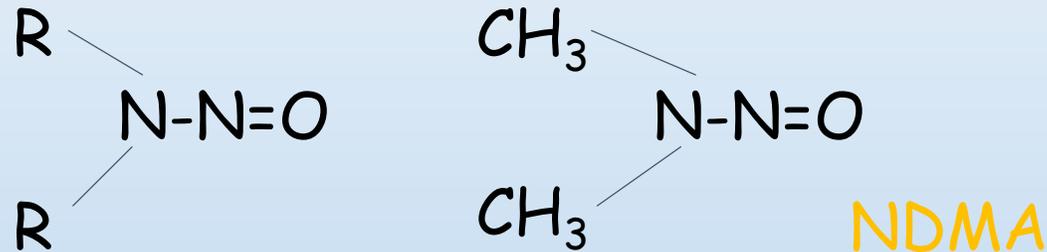


Lo ione nitrito lega l'emoglobina e la ossida impedendole di trasportare ossigeno.

Allo presenza dei composti azotati è associata anche l'insorgenza di forme tumorali.

Anche in questo caso la specie responsabile del danno è lo ione nitrito, che reagisce con le ammine dando le

N-nitrosammine:



È il derivato peggiore; è moderatamente solubile in acqua e nei solventi organici. Trasferisce un gruppo metile al DNA, alterando il codice genetico che fornisce le informazioni per la sintesi proteica.

I nitrati sono usati come conservanti delle carni suine; la attività biochimiche lo trasformano in ione nitrito che inibisce la crescita dei microrganismi responsabili del botulino. Lo ione nitrito in eccesso viene trasformato in N-nitrosammine nei processi di frittura o nell'apparato digerente.

I parametri monitorati

Ammonio, Nitrati e Nitriti

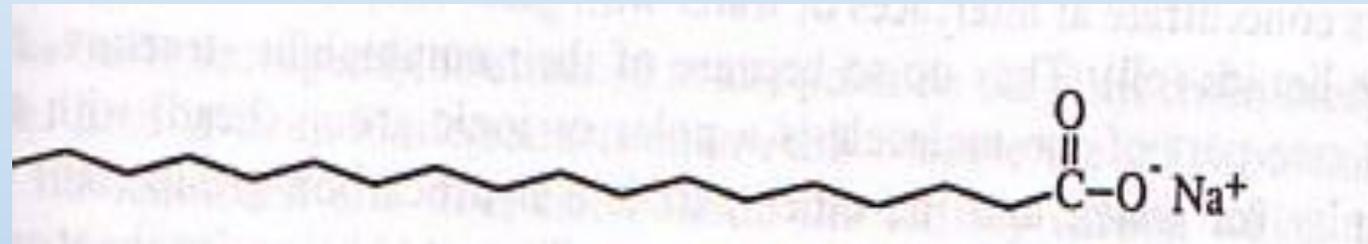
Sono indice di contaminazione organico-fecale, in quanto derivano principalmente da processi di decomposizione del materiale organico azotato (proteine) presente in acqua, possono anche derivare dall'utilizzo di fertilizzanti. Mentre l'ammoniaca (ammonio) e i nitriti indicano una contaminazione organica più recente, invece i nitrati indicano una contaminazione pregressa, in quanto essi costituiscono l'ultimo stadio del processo di ossidazione dell'ammoniaca, tuttavia i nitrati possono derivare anche dalla solubilizzazione del materiale roccioso o dal dilavamento dei terreni con fertilizzanti a base di nitrato d'ammonio. Elevate concentrazioni di nitrati possono provocare nei neonati la **metaemoglobinemia** (cioè impediscono al sangue di portare l'ossigeno ai tessuti). I nitrati introdotti nell'organismo si riducono a nitriti e a contatto con le ammine ($-NH_2$) formano le **nitrosammine**, sospette di essere cancerogene.

Il valore guida (5 mg/l) per i nitrati è stato stabilito per prevenire la metaemoglobinemia infantile.

Inquinanti organici delle acque e dei suoli

I saponi

Si tratta di sali degli acidi dei grassi superiori, come ad esempio:



Precipitano facilmente formando sali insolubili con calcio e magnesio, per biodegradazione vengono facilmente eliminati dall'ambiente:

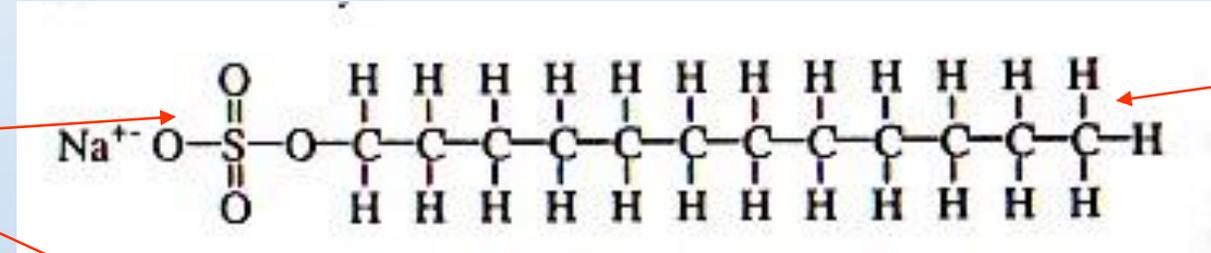
Non rappresentano una minaccia!

Inquinanti organici delle acque e dei suoli

I detergenti

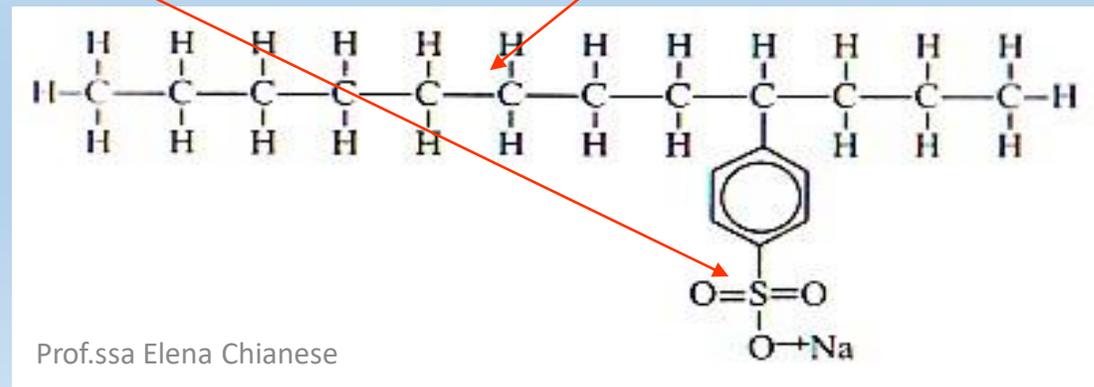
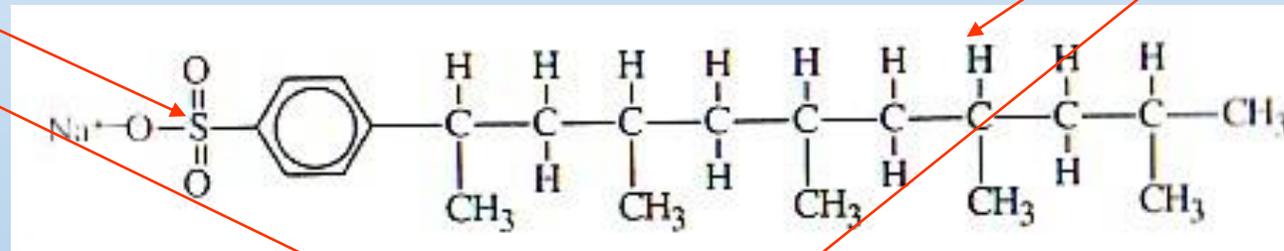
Si tratta di molecole sintetiche, con ottime proprietà detergenti, non formano Sali dunque non precipitano.

Gruppo ionico con forte affinità con l'acqua



Gruppo idrocarburico fortemente idrofobico.

Effetti: non sono biodegradabili; danno emulsioni in superficie, sospensione di solidi



Inquinanti organici delle acque e dei suoli

Gli additivi

I detergenti attualmente sul mercato hanno in realtà un basso impatto ambientale, essendo biodegradabili.

Il problema però continua a sussistere a causa degli additivi presenti nei detergenti stessi, in un detergente la parte attiva costituisce solo il 10-30% del composto.

Si tratta di leganti per gli ioni, sodio carbonato, silicati anticorrosivi, enzimi, profumi, diluenti, etc..

Gli additivi presenti in maggiori quantità sono polifosfati addizionati per complessare il calcio e impedire precipitazione.

Attualmente molto si punta sulle aggiunte di enzimi per migliorare le prestazioni del detergente in questione, sia per le applicazioni domestiche che per quelle commerciali. È un bene ma può anche essere un male!!!

I pesticidi

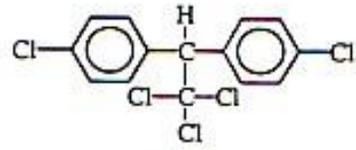
Sotto questo nome vengono considerate in realtà molte classi di sostanze, con effetti differenti.

- Insetticidi, molluschicidi per lumache e consimili, nematicidi per il controllo di afidi.
- Derattizzanti, avicidi e pescicidi.
- Erbicidi
- Regolatori della crescita, defolianti, dessiccanti (fitofarmaci).
- Battericidi, fungicidi e alghicidi.

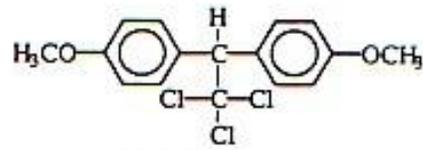
Queste sostanze sono utilizzate in molte applicazioni, oltre all'agricoltura: gestione di beni forestali, giardinaggio, distribuzione di alimenti, applicazioni domestiche.

I più utilizzati sono comunque i fungicidi e gli insetticidi.

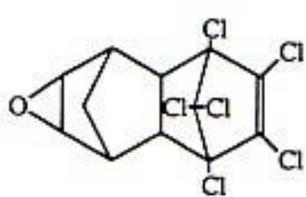
I pesticidi



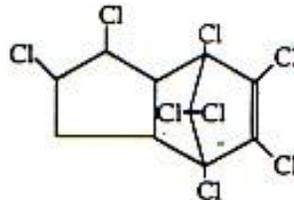
DDT



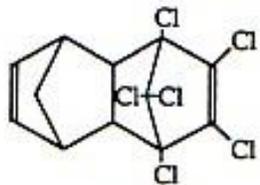
Methoxychlor



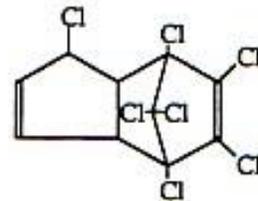
Dieldrin/Endrin



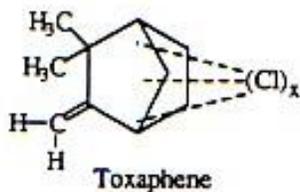
Chlordane



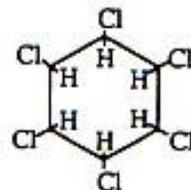
Aldrin



Heptachlor



Toxaphene



1,2,3,4,5,6-Hexachlorocyclohexane,
Gamma isomer (Lindane)

La classe più importante è quella dei composti organo clorurati, in realtà ce ne sono molti altri come fosfati e carbammati.

La maggior parte di essi da bioaccumulo ed è cancerogena.

I parametri monitorati

| parametri | unità di misura | valori limite <i>D.Lgs. 31/01</i> | valore guida |
|----------------------|-----------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------|
| pH | | $6 \leq \text{pH} \leq 9,5$ | $6,5 \leq \text{pH} \leq 8,5$ |
| conducibilità | $\mu\text{s} / \text{cm}$ a 20° C | 2500 | 400 |
| durezza | gradi francesi ° F | | 15-50 ° F |
| nitrati | mg/l NO ₃ | 50 | 5 |
| nitriti | mg/l NO ₂ | 0,5 | 0,1 |
| cloruri | mg/l Cl | 250 | 25 |
| fluoruri | mg/l F | 1,5 | |
| ferro | $\mu\text{g}/\text{l}$ Fe | 200 | 50 |
| manganese | $\mu\text{g}/\text{l}$ Mn | 50 | 20 |
| ammonio | mg/l NH ₄ | 0,5 | 0,05 |
| cloro residuo libero | mg/l | 0,2 | |

I parametri monitorati

| | | |
|--------------|-----------------------|------|
| colore | mg/l (Pt/Co) | 20 |
| torbidità | mg/l SiO ₂ | 10 |
| alluminio | µg/l Al | 200 |
| cromo VI | µg/l Cr | 50 |
| rame | mg/l Cu | 1 |
| cianuro | µg/l CN | 50 |
| zinco | µg/l Zn | 3000 |
| nichel | µg/l Ni | 20 |
| calcio | mg/l Ca | |
| magnesio | mg/l Mg | 50 |
| sodio | mg/l Na | 150 |
| solfato | mg/l SO ₄ | 200 |
| ossidabilità | mg/l O ₂ | 5 |
| fosforo | µg/l P ₂₀₅ | 5000 |

I parametri monitorati

| parametri | unità di misura | valori limite <i>D.Lgs.</i> <i>31/01</i> | valore guida |
|------------------------------------|-----------------|--|--------------|
| escherichia coli | UFC/100 ml | 0 | 0 |
| enterococchi | UFC/100 ml | 0 | 0 |
| coliformi totali | UFC/100 ml | 0 | 0 |
| carica batterica totale a 37° C | UFC/ml | | 10 |
| carica batterica totale a 22° C | UFC/ml | | 100 |

UFC: unità formanti colonia

Ai parametri finora elencati vanno aggiunte le misure di
BOD e COD