

2. Acqua come stai?

Proprietà chimiche

Ore

20

Risultato

Giudicare la qualità di un'acqua analizzando i dati delle analisi fisico-chimiche

Attività

1. Analisi di laboratorio
2. Elaborazione dati utilizzando strumenti informatici
3. Raccogliere dati anche utilizzando supporti multimediali

Competenze

- Utilizzare strumenti di laboratorio
- Utilizzare kit per l'analisi delle acque
- Tabulare dati
- Calcolare indici di qualità dell'acqua
- Correlare vari tipi di indici di qualità dell'acqua

Pre-requisiti

- Conoscere e utilizzare strumenti di laboratorio
- Conoscere le caratteristiche di alcuni elementi chimici
- Le reazioni chimiche

Contenuti

- La risorsa acqua
- Il ciclo dell'acqua
- Proprietà fisiche dell'acqua

Modalità formative

- Lezione dialogica
- Analisi di laboratorio
- Lavoro di gruppo
- Attività operativa

Modalità di valutazione

- Relazione tecnica delle esercitazioni svolte
- Test
- Prove strutturate

Competenze certificate

È in grado di riconoscere alcuni parametri di qualità dell'acqua e ne conosce il significato ambientale ed ecologico, elabora un giudizio, ipotizza modalità di intervento



Suddivisione in moduli e UD

Mod.	Unità didattica	Obiettivi	Contenuti	Metodologia e strumenti
1	La risorsa acqua	<ul style="list-style-type: none"> • Riconoscere la provenienza dell'acqua • Nominare gli usi dell'acqua • Commentare un diagramma sulla distribuzione dell'acqua • Commentare un diagramma ad albero sugli usi dell'acqua 	<ol style="list-style-type: none"> 1. l'acqua sulla terra 2. gli usi dell'acqua 	Libri di testo Diagrammi ad albero Aerogrammi Quaderno di lavoro pagina 2
	Il ciclo dell'acqua	<ul style="list-style-type: none"> • Riprodurre utilizzando la lavagna luminosa un cartellone del ciclo dell'acqua • Spiegare il ciclo dell'acqua 	<ol style="list-style-type: none"> 1. evaporazione 2. traspirazione 3. ruscellamento 4. capacità idrica 	Quaderno di lavoro pagina 3-4 Lavoro di gruppo
2	Proprietà fisiche dell'acqua	<ul style="list-style-type: none"> • Spiegare la polarità dell'acqua • Spiegare la tensione superficiale • Riconoscere le diverse densità dell'acqua • Definire l'inerzia termica • Utilizzare il disco del Sechi e spiegare la sua utilità 	<ol style="list-style-type: none"> 1. la polarità dell'acqua 2. la tensione superficiale 3. la densità 4. l'inerzia termica 5. la torbidità e la penetrazione della luce 6. la velocità dell'acqua 	Scheda 1 Scheda 3 Scheda 4 Scheda 5 Scheda 6 Scheda 7
	Proprietà chimiche	<ul style="list-style-type: none"> • Esplicitare il concetto di solubilità • Conoscere il concetto di salinità • Definire la conduttività • Conoscere le caratteristiche del carbonato di calcio e il concetto di durezza • Spiegare la funzione dell'ossigeno dell'acqua • L'anidride carbonica nell'acqua • Definire il pH • Conoscere gli effetti dell'acqua • Valutare la presenza del fosforo e la sua importanza nell'acqua • Valutare l'inquinamento dell'acqua in funzione della presenza di fosforo 	<ol style="list-style-type: none"> 1. la solubilità 2. la salinità 3. la conduttività 4. la durezza 5. BOD 6. COD 7. gli indicatori 8. il pH 9. il pH metro 10. il fosforo 11. l'azoto 	Scheda 2 Scheda 8 Scheda 9 Scheda 10 Scheda 11 Scheda 12 Scheda 13 Scheda 13 Scheda 14

Articolazione percorso

Competenze finali	<ul style="list-style-type: none"> • Utilizzare strumenti di laboratorio • Utilizzare kit per l'analisi delle acqua • Tabulare dati • Calcolare indici di qualità dell'acqua • Correlare vari tipi di indici di qualità dell'acqua
Indicatori	<ul style="list-style-type: none"> • Riconoscere dato uno schema le principali fasi del ciclo dell'acqua • Riconoscere un becher, un cilindro graduato, un matraccio, una beuta, una provetta, un porta provetta • Dato un campione di acqua e utilizzando le istruzioni è in grado di determinare utilizzando un kit la percentuale di nitrati, nitriti, ammoniaca • Dato un campione di acqua e utilizzando le istruzioni è in grado di valutare con l'uso del colorimetro la percentuale di P, N, NH₃ • È in grado di utilizzare un pH ametro • Determina la torbidità con il disco del Sechi • Determina i solidi sospesi utilizzando i tubi di Himnof • Determina la temperatura dell'acqua
Indicatori operativi	Utilizzare strumenti di laboratorio

Mappa concettuale Percorso 2



Obiettivi per la scuola materna ed elementare	Contenuti
	<ul style="list-style-type: none"> • Riconoscere la fasi cruciali del ciclo dell'acqua • Registrare i cambiamenti climatici locali, calcolo della piovosità • Riconoscere e commentare i principali passaggi di stato <ul style="list-style-type: none"> • il ciclo dell'acqua • la piovosità • I passaggi di stato

Obiettivi per la scuola superiore	Contenuti
	<ul style="list-style-type: none"> • Scrivere le principali reazioni che avvengono nelle acque • Analizzare un'acqua • Stendere una relazione tecnica • Utilizzare le procedure di analisi in modo preciso <ul style="list-style-type: none"> • nitrati • nitriti • solfati • ammoniaca • BOD

Obiettivi per la scuola media	Contenuti
	<ul style="list-style-type: none"> • Il ciclo dell'acqua • Riconoscere i principali inquinanti delle acque • Descrivere schemi che rappresentano i processi fondamentali relativi alle acque <ul style="list-style-type: none"> • il ciclo dell'acqua • nitrati • nitriti • solfati • ammoniaca • BOD

Attività nel centro di educazione ambientale di Serravalle
<ul style="list-style-type: none"> • Analisi di laboratorio con kit o strumenti (scuola media) • Indagini microbiologiche e chimiche (scuola superiore)

Capitolo 1

La risorsa acqua

Premessa

La vita è nata e si è evoluta nell'acqua, che si ritrova in notevole percentuale in tutti gli organismi viventi. Con il passare del tempo i consumi idrici da parte dell'uomo sono aumentati progressivamente, in quanto si sono moltiplicate e diversificate le destinazioni d'uso dell'acqua. Da sempre gli animali e l'uomo hanno usato l'acqua per dissetarsi; dopo il Paleolitico, con l'avvento dell'agricoltura, essa è stata destinata anche all'irrigazione dei campi. Questo impiego è andato via via aumentando con l'incremento demografico e l'introduzione delle tecniche intensive; nell'Età Moderna, poi, con l'avvento dell'industrializzazione, il consumo d'acqua, richiesta nei processi produttivi, si è sempre più intensificato.

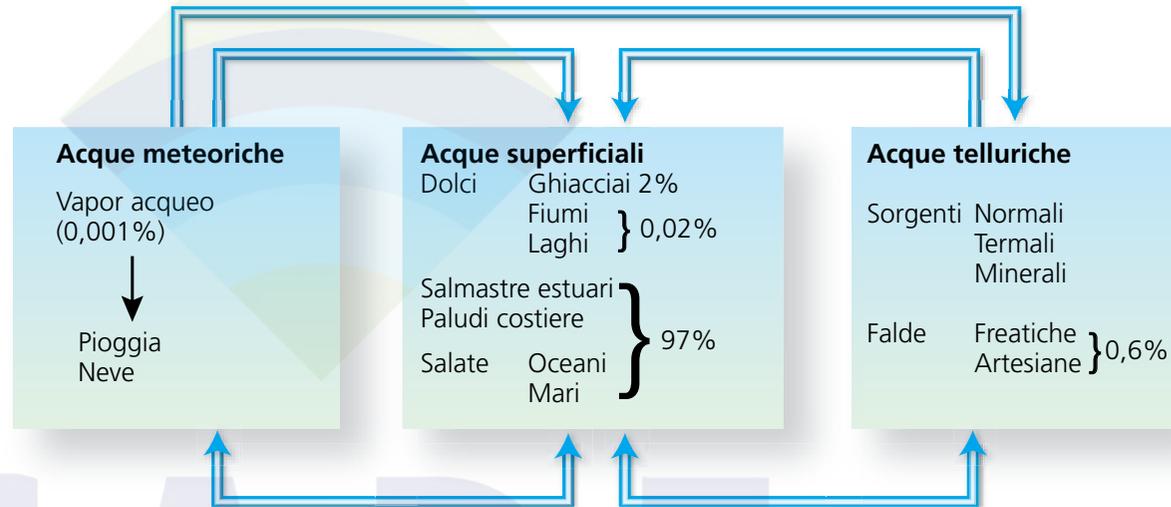
Benché questa risorsa sia diversamente ripartita nel mondo, in generale gli uomini che vivono in regioni caratterizzate da una relativa abbondanza d'acqua sono portati a considerarla come un bene a costo nullo, e di conseguenza a sprecarla e inquinare, spezzando il suo fondamentale ciclo biologico.

Se non si avrà un'inversione di questa tendenza, le conseguenze per il pianeta e per l'umanità saranno incalcolabili. Per questo motivo il Consiglio d'Europa nel 1968 ha stilato la Carta Europea dell'acqua, nella quale vengono individuati i principali motivi per cui è necessario salvaguardare questa risorsa.

La Fabbrica dell'Acqua

La distribuzione e l'utilizzazione

Riportiamo di seguito un semplice schema riassuntivo sulla distribuzione delle acque naturali sulla Terra (Figura 1).



Le acque meteoriche sono quelle più immediatamente utilizzabili dall'uomo, in quanto sono povere di sali minerali e pressoché pure dal punto di vista batteriologico, contenendo esclusivamente gli elementi e i gas disciolti nel lavaggio dell'atmosfera. È evidente che ogni alterazione della qualità dell'aria si rifletterà su quella dell'acqua piovana, fino a renderla inutilizzabile.

Le acque superficiali comprendono quelle dolci, salate e salmastre, che costituiscono gli eco sistemi acquatici. La quantità di sostanze disciolte in esse (salinità) è assai variabile e passa dallo 0,048% in alcuni fiumi che scorrono su rocce non solubili al 216 % nel Mar Morto. Sono proprio la quantità e la qualità dei sali che influenzano l'utilizzazione dell'acqua, peraltro condizionata anche dagli inquinamenti chimico-fisici e microbiologici.

Le acque telluriche comprendono le acque di falda, che sono in genere caratterizzate da uno stato di purezza direttamente proporzionale alla profondità della falda. Queste acque sono state sempre utilizzate dall'uomo nei punti in cui affiorano, cioè le sorgenti, oppure in pozzi scavati nel terreno. Le acque sorgive a volte scaturiscono a temperature superiori a quelle dell'ambiente, e in questo caso vengono definite termali, mentre rientrano tra le acque minerali quelle caratterizzate da un differente contenuto di diversi elementi chimici, di alcuni ioni o di veri e propri composti.

Per quanto riguarda l'impiego dell'acqua, distingueremo gli usi civili, agricoli, industriali, energetici e quelli di mantenimento della vita acquatica.

- L'uso civile coinvolge le acque potabili o quelle utilizzate per scopi igienici e ricreativi; tale impiego ha subito un grande incremento nel tempo e nelle società ricche, poiché l'acqua viene sfruttata per lavarsi, per tenere puliti edifici pubblici e strade, per annaffiare parchi e giardini, per costruire piscine e parchi di divertimento. Mediante gli acquedotti, costruiti fin dal tempo dei Romani, l'acqua raggiunge ogni casa ed è teoricamente controllata e preservata da infiltrazioni e fattori inquinanti.
- Nell'uso agricolo, l'acqua viene utilizzata per l'irrigazione, ma anche per l'allevamento del bestiame e l'itticoltura. Le terre irrigate possono dare anche più di un raccolto all'anno e la loro produttività è assai elevata.
- L'uso industriale prevede che le acque siano richieste nei processi produttivi come refrigeranti, come solventi, per il lavaggio degli impianti e per l'eliminazione delle scorie. Questo utilizzo è nato con la rivoluzione industriale e da allora in poi è andato sempre aumentando.
- L'uso energetico è uno dei più antichi per l'uomo. Sorto per soddisfare le esigenze energetiche dei primi mulini ad acqua, tale impiego è andato evolvendosi fino a divenire indispensabile per la produzione di energia attraverso le centrali idroelettriche e mareomotrici.
- L'uso di mantenimento della vita acquatica richiede un buono stato di qualità dei corpi idrici superficiali, al fine di conservarne la vita e la diversità biologica. A questo proposito si sottolinea l'importanza degli indicatori biologici di qualità; in particolare le acque dei fiumi vengono classificate, in base alla possibilità di vita per i pesci, in acque salmonicole o ciprinicole.

CADF
La Fabbrica dell'Acqua

Significato dei colori

Il celeste pallidissimo rappresenta l'acqua nella fase di gas: evaporazione dell'acqua del mare, dell'acqua libera (corsi d'acqua), del suolo e dell'acqua piovana intercettata a livello del manto vegetale.

L'acqua sotto forma condensata (nuvole, precipitazioni) è colorata in celeste più intenso, mentre gli azzurri più cupi sono attribuiti alla fase liquida dell'acqua. La tinta verde-azzurro pallido corrisponde all'acqua che penetra nel terreno, assorbita e traspirata dalle piante. La componente verde esprime l'intervento di un meccanismo attivo, proprio dei vegetali. Un colore discordante, il rosso, è stato usato per porre l'accento sulla scarsa valutazione dell'importanza dell'acqua sottratta al ciclo stesso dall'uomo.

Le acque usate e quelle consumate dall'uomo (traspirazione, evaporazione dell'acqua impiegata nelle industrie, ecc.) sono rappresentate da tinte verdi arbitrarie.

Caratteri del ciclo dell'acqua

L'acqua è il maggior costituente degli organismi: in peso, il 60% nell'uomo, fino al 95% nelle piante. La sua circolazione sulla superficie terrestre avviene, come è noto, coi passaggi seguenti: formazione dell'umidità atmosferica per evaporazione degli strati liquidi operata dall'energia solare; condensazione di questa umidità in nuvole trascinate dal vento; loro raffreddamento con conseguenti precipitazioni in forma di pioggia o neve; assorbimento delle precipitazioni da parte del terreno o scorrimento sulla sua superficie; ritorno dell'acqua agli strati liquidi di partenza.

Le fasi di questa circolazione che si svolgono all'interno degli ecosistemi possono classificarsi in intercezione, evapotraspirazione, infiltrazione, scorrimento.

L'intercezione è data da quella parte di acqua piovana (il 25% al massimo nelle nostre regioni temperate) che viene fermata dalla vegetazione prima di raggiungere il suolo: essa in parte torna nell'aria per evaporazione, in parte arriva a terra per sgocciolamento dalle foglie o per discesa lungo il fusto e qui giunta, in parte s'infiltra nel suolo, in parte vi scorre sopra. Dell'acqua d'infiltrazione una parte è trattenuta nel suolo e può tornare all'atmosfera o per diretta risalita alla superficie per capillarità da una profondità di 20-30 centimetri e successiva evaporazione, oppure indirettamente per assorbimento da parte delle radici di piante, da profondità anche ben maggiori di 20-30 centimetri, e successiva traspirazione fogliare.

L'evapotraspirazione è data da tutta l'acqua che l'ecosistema restituisce all'atmosfera in parte per evaporazione fisica, in parte per traspirazione biologica: essa ammonta, nelle regioni temperate, a 3000- 7000 tonnellate per ettaro all'anno, di cui circa 1000 per evaporazione fisica. Occorre notare però che variano fortemente tanto la frazione evaporata a seconda del clima e dell'assenza o presenza di rivestimento vegetale, quanto la frazione traspirata a seconda della natura delle piante diversamente esigenti e consumatrici di acqua, del tipo di cultura, della forma di irrigazione, ecc.; nelle nostre regioni è di circa 2000-3000 tonnellate per ettaro all'anno, ma può arrivare a 4000-6000 in colture particolarmente esigenti o in vegetazioni sempreverdi.

Dell'acqua d'infiltrazione, la parte che eventualmente supera la capacità massima del suolo percola fino alla falda acquifera. La percolazione è maggiore nei climi piovosi e nei terreni sabbiosi, è minore nei terreni contenenti radici di piante ad elevata traspirazione: essa determina il dilavamento degli elementi utili alla vita e dei colloidali del suolo.

L'acqua perduta per scorrimento è tanto maggiore quanto più forte è il pendio e più scarsa è la vegetazione: i terreni denudati e su pendio sono soggetti a una intensa erosione.

La tavola sulla pagina precedente illustra quantitativamente i dati del ciclo dell'acqua nella Repubblica Federale Tedesca secondo i rilievi compiuti da Clodius e Keller. Da essa risulta che della media di 711 mm di acqua piovana all'anno, meno della metà (367 mm) raggiunge il mare per mezzo delle falde acquifere e dei corsi d'acqua (acqua di scorrimento, di gran lunga superiore all'acqua d'infiltrazione); più della metà (404 mm) torna nell'atmosfera per evapotraspirazione con grande prevalenza della traspirazione vegetale (38%); infine una parte minima, nonostante la densità della popolazione (20 mm pari al 2,5%), è sottratta dall'uomo per i suoi bisogni domestici e industriali. Si noti infine che solo 11% dell'acqua caduta annualmente è adoperata per costruire la biomassa dell'ecosistema.

CADF

La Fabbrica dell'Acqua

Capitolo 3

Le caratteristiche dell'acqua

Premessa

L'acqua è una sostanza dalle caratteristiche molto particolari, che non sono presenti, tutte insieme, in altri composti.

L'acqua è inoltre l'unico composto che è possibile trovare comunemente allo stato liquido sulla superficie terrestre. Le caratteristiche fisico-chimiche dell'acqua sono state determinanti per lo sviluppo della vita sul pianeta. Vediamo ora una sintesi delle principali proprietà dell'acqua; per una trattazione più completa si rimanda a testi di fisica e chimica, essendo qui brevemente descritte solo le caratteristiche importanti per il presente lavoro.

Proprietà fisiche

1. L'acqua è una molecola polare, in grado di solubilizzare le sostanze dotate di carica elettrica (sali), o comunque le sostanze polari; risultano insolubili in acqua le molecole apolari di grandi dimensioni (grassi, oli, solventi organici) mentre sono solubili alcune piccole molecole apolari (gas come ossigeno, anidride carbonica, ecc.). [>Scheda 1](#)
2. Le molecole d'acqua preferiscono legarsi tra loro che con quelle d'aria, per cui sulla superficie di separazione acqua/aria le molecole d'acqua sono saldamente unite le une alle altre, creando una tensione superficiale che è in grado di sostenere degli oggetti leggeri il cui peso sia distribuito su ampie superfici. [>Scheda 3](#)
3. La variazione della densità dell'acqua in funzione della temperatura è assolutamente caratteristica. Di norma la densità nei corpi tende ad aumentare col diminuire della temperatura. L'acqua si comporta in questo modo fino a circa 4 °C; la sua massima densità corrisponde alla temperatura di 3,94 °C. A temperature inferiori l'acqua tende a diminuire la propria densità, fino agli 0 °C, temperatura che corrisponde alla minima densità dell'acqua. Il ghiaccio, essendo meno denso, galleggia sull'acqua e ciò ha conseguenze molto importanti sugli ecosistemi acquatici. Se così non fosse il ghiaccio si depositerebbe sul fondo dei corpi idrici impedendo la vita acquatica e si scioglierebbe molto difficilmente a primavera. [>Scheda 4](#)

4. L'acqua ha una elevata inerzia termica, cioè tende ad opporsi alle variazioni di temperatura. L'acqua è infatti caratterizzata da un elevato calore specifico, che è la quantità di calore che è necessario fornire all'unità di massa per aumentarne la temperatura di un grado, o viceversa la quantità di calore che l'unità di massa cede nel raffreddarsi di un grado. L'acqua è quindi in grado di immagazzinare grandi quantità di calore anche riscaldandosi di pochi gradi. Nel raffreddarsi l'acqua libererà quantità relativamente elevate di calore. Si spiega così l'azione di mitigazione del clima dovute a grandi masse d'acqua (laghi, mari). [>Scheda 5](#)
5. La luce che penetra nell'acqua si attenua progressivamente con la profondità, a causa dell'assorbimento della radiazione da parte delle molecole d'acqua. Le differenti lunghezze d'onda di cui si compone la luce sono assorbite in modo differente: l'acqua pura attenua fortemente le radiazioni rosse, meno le verdi e le blu. Anche le sostanze disciolte nell'acqua e quelle sospese influenzano l'assorbimento di radiazione luminosa. [>Scheda 6](#)

Proprietà chimiche

1. Solubilità

L'acqua è un ottimo solvente, essendo in grado di sciogliere un elevato numero di sostanze presenti in natura, compresi gas come l'ossigeno e l'anidride carbonica. L'acqua che ritroviamo negli ecosistemi non è mai chimicamente pura: durante le precipitazioni l'acqua piovana "lava" l'aria assorbendo le sostanze presenti, poi scorrendo sul terreno o infiltrandosi in esso scioglie una grande quantità di sali e composti chimici. La composizione chimica dell'acqua dolce presente in un ecosistema dipende dal tipo di terreno che essa ha attraversato. [>Scheda 2](#)

2. Salinità

Le acque di mare hanno di norma un contenuto salino superiore alle acque dei fiumi e dei laghi. Gli ioni più diffusi nelle acque di mare sono il sodio (Na^+) ed i cloruri (Cl^-), costituenti il cloruro di sodio. Nelle acque dolci i sali più abbondanti sono i carbonati (CO_3^{2-}) e i bicarbonati (HCO_3^-) di calcio e magnesio. Questi sali sono infatti tra i costituenti più comuni dei suoli e la forma bicarbonato è molto solubile nell'acqua per cui si trasferisce facilmente agli ambienti acquatici.

La concentrazione salina dell'acqua è un fattore limitante molto importante per la vita acquatica. Se gli organismi sono posti in un mezzo acquoso con concentrazione salina diversa da quella dei tessuti che li compongono, subiscono una pressione osmotica alla quale devono opporsi per evitare l'alterazione della normale composizione delle cellule. [>Scheda 8](#)

3. Durezza

Una volta la durezza veniva definita come la capacità dell'acqua di "precipitare" il sapone, dovuta alla presenza di cationi come il calcio, il magnesio, il ferro, l'alluminio, il manganese ed altri, che si legano con il sapone formando composti insolubili che si depositano. Oggi, essendo praticamente il calcio ed il magnesio gli unici ioni presenti in quantità significativamente elevate, la durezza misura solamente la concentrazione dei loro sali.

I principali sali responsabili della durezza dell'acqua sono i carbonati di calcio CaCO_3 e magnesio MgCO_3 scarsamente solubili in acqua, e i bicarbonato $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ e $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$ invece molto solubili.

Quando si riscalda o si fa bollire l'acqua, i bicarbonati presenti in soluzione si trasformano in carbonati formando un residuo solido: è il fenomeno della precipitazione del calcare, che si deposita come incrostazioni nelle stoviglie, nei rubinetti, nelle serpentine dei boiler e delle lavatrici.

La durezza, dal punto di vista analitico, si suddivide in:

- durezza temporanea, dovuta ai bicarbonati di calcio e magnesio, che scompare con l'ebollizione dell'acqua, a causa della loro precipitazione.
- durezza permanente, dovuta ai solfati ed ai cloruri di calcio e magnesio, che non è influenzata dal riscaldamento dell'acqua ed è quindi sempre presente in soluzione. >[Scheda 9](#)

La durezza totale corrisponde alla somma di durezza temporanea e permanente.

La misura più utilizzata della durezza è in gradi francesi (cf); un grado francese corrisponde a 0,01 g/1 di CaCO_3 .

Acque molto dure possono creare problemi per gli usi umani, come le incrostazioni nei macchinari e nei tubi, o l'ingiallimento dei capi di biancheria; a questi problemi molte famiglie cercano di ovviare con l'installazione degli addolcitori domestici (da alcuni erroneamente chiamati "depuratori").

Nonostante una certa "pesantezza" al gusto, non è stato verificato alcun danno alla salute dovuto al consumo di acque "dure" e non è stato altresì possibile dimostrare una relazione tra la durezza dell'acqua e l'insorgenza di calcoli renali. La normativa italiana non pone limiti massimi riguardo alla durezza nelle acque potabili, ma si limita a consigliare valori compresi tra i 15 e i 50 cf.

• **Ossigeno disciolto**

La solubilità dell'ossigeno nell'acqua varia in funzione della pressione atmosferica e della temperatura dell'acqua. La quantità di ossigeno disciolto aumenta con l'incremento della pressione atmosferica e con il diminuire della temperatura. Acque più fredde sono capaci di solubilizzare quote maggiori di ossigeno, mentre in altitudine, a causa delle pressioni più basse, è minore la concentrazione di ossigeno disciolto.

L'ossigeno entra nell'acqua per diffusione nel mezzo liquido dell'ossigeno atmosferico.

Esistono diversi fattori in grado di alterare la normale concentrazione di ossigeno disciolto:

- la turbolenza delle acque ed il moto ondoso facilitano il mescolamento acqua/aria, rendendo più veloce la solubilizzazione dell'ossigeno;
- la presenza di organismi fotosintetizzanti provoca un arricchimento di ossigeno;
- la presenza di materiale organico nell'acqua, che tende ad essere decomposto, provoca una riduzione della concentrazione dell'ossigeno, consumato dagli organismi eterotrofi decompositori durante la respirazione.

Se l'ambiente diventa anossico (deficit di ossigeno), le reazioni di decomposizione proseguono condotte da microrganismi anaerobi, che non sono in grado di ossidare completamente la sostanza organica e producono residui quali metano, ammoniaca ed acido solfidrico, di cattivo odore e che alterano la qualità delle acque.

Le condizioni possono pertanto essere differenti da quelle prevedibili teoricamente in base alla coppia di fattori pressione/temperatura.

Un modo di esprimere numericamente questo concetto è la percentuale di saturazione di ossigeno disciolto: la concentrazione massima possibile di O₂ in base ai valori di pressione/temperatura equivale al 100% di saturazione; concentrazioni di ossigeno disciolto (D.O. = dissolved oxygen) più basse rispetto a quelle teoriche, corrispondono a valori inferiori al 100% di saturazione, mentre concentrazioni più alte di quelle teoriche corrispondono a valori superiori al 100% (soluzione sovrasatura di ossigeno).

Condizioni di sottosaturazione (dette anche di deficit di ossigeno) possono intervenire in ambienti non inquinati durante le ore notturne, a causa dei fenomeni respiratori della comunità biotica, o nei corpi idrici inquinati da sostanze organiche, a causa del forte consumo di O₂ dovuto all'attività di decomposizione.

Un modo di esprimere numericamente questo concetto è la percentuale di saturazione di ossigeno disciolto: la concentrazione massima possibile di O₂ in base ai valori di pressione/temperatura equivale al 100% di saturazione; concentrazioni di ossigeno disciolto (DO = Dissolved Oxygen) più basse rispetto a quelle teoriche corrispondono a valori inferiori al 100% di saturazione.

La percentuale di saturazione (% Sat) si calcola nel modo seguente:

$$\% \text{ Sat} = \frac{100 \times (\text{concentrazione O}_2 \text{ misurata})}{(\text{concentrazione O}_2 \text{ teorica di saturazione})}$$

Richiesta biochimica di ossigeno (BOD Biological Oxygen Demand)

Misura l'ossigeno disciolto consumato dai microrganismi eterotrofi presenti nell'acqua per degradare la sostanza organica contenuta nell'acqua analizzata.

È quindi una stima della sostanza organica biodegradabile contenuta nell'acqua e si utilizza per misurare questo tipo di inquinamento. Il periodo necessario alla completa biodegradazione della sostanza organica nelle condizioni di analisi è mediamente di 20 giorni, ma per accorciare i tempi dell'analisi si è convenuto di abbreviare il periodo di incubazione a 5 giorni (BOD₅).

In generale nelle acque correnti non inquinate, il BOD₅ è inferiore a 3 mg/l O₂.

La richiesta biochimica di ossigeno (BOD) viene normalmente applicata nell'analisi delle acque e degli scarichi. Esiste una stretta correlazione con il COD ma mentre quest'ultimo permette di valutare sostanze di difficile degradazione biologica quale la cellulosa, viceversa il BOD permette di determinare sostanze di difficile ossidazione chimica. >[Scheda 10](#)

Richiesta chimica di ossigeno (COD Chemical Oxygen Demand)

Il COD misura l'ossigeno consumato dall'ossidazione chimica delle sostanze organiche contenute in un campione d'acqua. Con questa analisi si dosano le sostanze organiche non degradabili biologicamente con l'analisi del BOD₅ come la cellulosa, mentre ci sono altre sostanze resistenti all'ossidazione per via chimica, ma che invece si ossidano facilmente per via biologica. >[Scheda 11](#)

- **Anidride carbonica**

L'anidride carbonica si scioglie facilmente nell'acqua (ha una solubilità 200 volte superiore a quella dell'ossigeno).

Il prodotto della dissoluzione dell'anidride carbonica è un acido debole, l'acido carbonico:



Le piogge, anche in aree prive di inquinamento, sono sempre leggermente acide (con un valore di pH di circa 5,6 che è lo stesso dell'acqua distillata), a causa dell'anidride carbonica che dall'atmosfera si scioglie nelle gocce d'acqua.

L'acido carbonico disciolto nell'acqua piovana è in grado di solubilizzare i carbonati (CaCO₃) che costituiscono le rocce calcaree ed il calcare presente nel terreno, trasformandoli in bicarbonati solubili (HCO₃⁻).

L'arricchimento dell'acqua in bicarbonati ha importanti conseguenze sul pH. L'acido carbonico, il bicarbonato e il carbonato di calcio, presenti temporaneamente in una soluzione acquosa, costituiscono un sistema tampone in grado di opporsi alle variazioni di pH, in grado cioè di neutralizzare sia le basi che gli acidi che vengono immessi in acqua.

La presenza di un sistema tampone è di fondamentale importanza per gli organismi acquatici, impedendo brusche variazioni di pH che potrebbero risultare letali.

Il sistema tampone acido carbonico/bicarbonato di calcio, presente normalmente negli ambienti di acqua dolce, stabilizza il pH in un intervallo compreso tra 6,0 e 8,5.

La capacità di un'acqua di neutralizzare un acido (o una base), opponendosi alle variazioni di pH, ovvero il suo potere tampone, viene definita Alcalinità. >[Scheda 12](#)

- **Il PH**

L'influenza degli organismi viventi e dei fattori stagionali sul pH. Gli organismi viventi presenti negli ambienti acquatici influenzano il pH del mezzo in cui vivono; infatti il consumo di anidride carbonica dovuto all'attività fotosintetica provoca un innalzamento del pH, che è rilevabile in particolare nelle ore diurne e durante il periodo estivo. La produzione di CO₂ dovuta ai processi respiratori della comunità biotica provoca invece un abbassamento del pH ed è rilevabile soprattutto nelle ore notturne e durante l'inverno, quando la fotosintesi risulta assente o scarsamente rilevante. >[Scheda 13](#)

- **Azoto e fosforo come fattori limitanti >Scheda 14**

Le alghe e le piante acquatiche necessitano di molti elementi chimici per la loro crescita, ma due in particolare sono quelli che più di frequente scarseggiano risultando quindi fattori limitanti. Questi due elementi sono azoto e fosforo.

Nella maggioranza degli ambienti acquatici, il nutriente limitante risulta essere il fosforo, in quanto:

- ha concentrazioni più basse nelle rocce e nel terreno, rispetto all'azoto
- non è presente, a differenza dell'azoto, come gas atmosferico
- i suoi sali sono molto meno solubili di quelli dell'azoto
- forma complessi insolubili con molti metalli comuni nelle acque, come ferro e calcio; queste sostanze insolubili si depositano nel sedimento e non sono più disponibili per l'assorbimento vegetale
- non esistono organismi capaci di fissare il fosforo, mentre esistono diversi tipi di azotofissatori anche in ambienti acquatici (es. le alghe azzurre)

L'azoto nelle acque può essere presente in 4 forme chimiche:

- Azoto organico, contenuto all'interno di sostanza organica non ancora decomposta
- Ammoniaca (NH_4^+), forma inorganica ridotta derivante dalla degradazione della sostanza organica; è indice di un inquinamento organico e fecale relativamente recente o di inquinamento ammoniacale di origine industriale
- Nitriti (NO_2^-), la forma di ossidazione intermedia verso la formazione dell'azoto nitrico; essendo molto labile in quanto rapidamente ossidata, indica inquinamento di origine organica
- Nitrati (NO_3^-), forma inorganica più ossidata, indice di inquinamento organico non recente o di dilavamento da aree agricole fertilizzate.

L'ammoniaca è tossica per la fauna ittica, i nitriti rappresentano la forma azotata inorganica più tossica, i nitrati sono meno tossici, ma risultano egualmente pericolosi per l'uomo in concentrazioni superiori ai 50 mg/l.