

Acqua ed i suoi elementi chimici e caratteristiche microbiologiche

Escludendo la presenza di eventuali inquinanti e le caratteristiche microbiologiche gli elementi chimici contenuti nell'acqua si suddividono in due grandi famiglie: Anioni e Cationi

Cationi

Calcio

Il calcio è un elemento molto abbondante ed è presente in molti minerali costituenti la crosta terrestre. Quantità elevate di calcio nelle acque indicano generalmente la provenienza da rocce come calcari (carbonato di calcio) e dolomite (carbonato doppio di calcio e magnesio). Nelle acque minerali i valori di calcio che più frequentemente si riscontrano sono compresi fra 50 e 150 mg/L. Quando il tenore di calcio è superiore a 150mg/L l'acqua può essere definita "calcica".

Magnesio

Anche il magnesio è un elemento diffuso in molti minerali della litosfera. Concentrazioni elevate si riscontrano nelle acque che hanno un lungo tempo di residenza in acquiferi costituiti da sabbie e ghiaie contenenti dolomia o da ofioliti (rocce vulcaniche formatesi in ambiente marino). In questi casi si raggiungono valori fino a 100 mg/L. Quando il tenore di magnesio supera il valore di 50 mg/L l'acqua si definisce "magnesiaca"

DUREZZA DELL'ACQUA

La durezza dell'acqua nel suo complesso è determinata dal contenuto di sali di calcio e di magnesio, generalmente solfati e bicarbonati. Questi sali hanno la prerogativa, in determinate situazioni, di precipitare ossia passare dallo stato disciolto allo stadio solido precipitando e formando resistentissimi blocchi calcarei. Il grado di durezza viene indicato in gradi tedeschi e gradi francesi.

Rispettivamente indicano:

1/10 del contenuto in ppm di CaO, per gradi tedeschi, $1^\circ \text{dH} = 17,8 \text{ mg/lit di CaCO}_3$ (carbonato di calcio)

1/10 del contenuto in ppm di CaO₃ per gradi francesi, $1^\circ \text{F} = 10 \text{ mg/lit di CaCO}_3$ (carbonato di calcio)

La durezza dell'acqua merita un discorso a parte in quanto è particolarmente pericolosa per il corretto funzionamento delle membrane osmotiche ed è rappresentata dal contenuto di sali, in particolare bicarbonati di calcio, bicarbonati di magnesio e solfati di calcio. I bicarbonati di calcio e magnesio, a temperatura ambiente, sono solubili in acqua ma, a temperature elevate, precipitano formando incrostazioni. La durezza dovuta a questi sali di Ca e Mg è detta TEMPORANEA (o durezza carbonatica), perchè è eliminabile con l'ebollizione. La durezza dovuta invece agli altri sali, eliminabile solo tramite processi di addolcimento, è detta PERMANENTE. La somma delle due è la DUREZZA TOTALE.

A seconda del valore in gradi francesi, le acque vengono così classificate:

DUREZZA

Una sia pur sommaria tabella della durezza dell'acqua in Italia è indicativa della situazione. Nel Friuli Venezia Giulia, in Sardegna e in Umbria l'acqua è quasi dolce (da 0 a 15°Francesi). In Piemonte, Valle d'Aosta, Liguria, Trentino, Veneto, Abruzzo, Molise, Campania, Puglia, Basilicata l'acqua risulta mediamente dura (da

15 a 30° F). In Lombardia, Toscana, Lazio, Calabria, Sicilia l'acqua appare dura (Da 30 a 40°F). Ancor più dura è in Emilia Romagna e Marche (Oltre 40°F).

Sodio

Il sodio è un elemento molto diffuso sulla crosta terrestre ed è uno dei costituenti base di molti tipi di rocce. E' sempre presente nelle acque minerali principalmente a causa dell'elevata solubilità. Nelle acque il sodio deriva dalla lisciviazione dei depositi superficiali e sotterranei di sali, dalla alterazione dei minerali silicei, dalle intrusioni di acqua marina negli acquiferi di acqua dolce; apporti, infine, molto contenuti, ma comunque evidenti in alcune acque, sono dovuti alla pioggia che contiene, in certe aree, aerosol marino.

Potassio

Il potassio proviene per lo più dai principali silicati costituenti le rocce magmatiche o argillose. Le quantità che normalmente si riscontrano nelle acque minerali di media mineralizzazione sono basse, spesso intorno a 1 mg/L. Poiché è un elemento indispensabile per l'organismo umano e spesso in bassa quantità nella maggior parte delle acque (minerali e potabili), non è stato definito un limite per l'assunzione di questo elemento dalle acque.

Anioni

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. I cloruri sono presenti in tutte le acque fluviali, lacustri e sotterranee grazie alla mobilità e solubilità di questo ione. In acque sotterranee, generalmente, si possono riscontrare concentrazioni da pochi mg/L fino a 1000 mg/L; quantità più elevate sono presenti nelle acque che vengono in contatto con rocce evaporitiche (salgemma). Non esiste un valore limite per le acque minerali, comunque valori superiori a 200 mg/L determinano il sapore salato dell'acqua.

Solfati

I solfati sono tra gli anioni meno tossici, tuttavia alte concentrazioni di solfati possono causare effetti lassativi e irritazioni gastrointestinali. La presenza dei solfati nelle acque deriva da numerosi minerali, soprattutto depositi di gesso e dalle deposizioni atmosferiche. In concentrazioni superiori a 250 mg/l i solfati provocano un sapore amaro all'acqua. I solfati sono presenti in tutte le acque fluviali, lacustri e sotterranee; in certe acque sotterranee si possono riscontrare concentrazioni da pochi mg/L fino 1500 mg/L e oltre; quantità più elevate si osservano nelle acque che vengono a contatto con sedimenti evaporitici a gesso. In Toscana, dove è presente una notevole variabilità geologica, si verificano frequenti situazioni che determinano la circolazione di acque con solfati, spesso in concentrazione elevata e superiori a quel valore di 200 mg/L che definisce le acque minerali "solfate". Quando i solfati sono associati al magnesio e sono in quantità piuttosto elevate, le acque possono manifestare proprietà purgative. Recenti studi negli USA indicano che queste caratteristiche si manifestano con concentrazioni di solfati maggiori di 1000 mg/l.

Fluoruri

I fluoruri 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. 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) . Il fluoro è un elemento indispensabile per l'organismo umano in quanto è un costituente dei denti e delle ossa; tuttavia quantità elevate di fluoruri introdotte con le acque e gli alimenti possono indurre formazione di chiazze scure nella dentatura e alterazione del processo di calcificazione delle ossa (fluorosi). Mentre per le acque di acquedotto esiste un valore limite (1,5 mg/L), al momento questo non è previsto per le acque minerali, anche se, dal 1 Luglio 2004, le etichette delle acque minerali naturali dovranno obbligatoriamente riportare il contenuto esatto di fluoro.

Nitrati

I nitrati sono presenti in tutte le acque per fenomeni naturali (in questo caso gli apporti sono sempre molto modesti), ma soprattutto per conseguenza di attività umane. Composti azotati, successivamente trasformati in nitrati, si formano nell'atmosfera per azione delle scariche elettriche. Con la pioggia penetrano nel suolo e raggiungono le acque sotterranee. Altri fenomeni naturali (nitrificazione delle sostanze vegetali) concorrono alla produzione di nitrati. Quantità elevate di nitrati nelle acque sono imputabili all'azione dei fertilizzanti azotati: dopo lo spargimento sul terreno essi vengono dilavati dalle piogge e trasferiti nelle acque superficiali o infiltrati in quelle sotterranee. Nelle acque minerali, per i nitrati sono previsti due differenti limiti: 44 mg/L nelle ordinarie acque minerali e 10 mg/L in quelle destinate all'infanzia. I nitrati ed i nitriti sono ioni che fanno parte del ciclo dell'azoto che si svolge in atmosfera e nel terreno. Nelle acque superficiali e sotterranee i livelli naturali di nitrati e nitriti sono di pochi milligrammi per litro. Un aumento della concentrazione dei nitrati nell'acqua è spesso associato all'attività agricola (uso di fertilizzanti azotati). Il valore guida (5 mg/l) per i nitrati è stato stabilito per prevenire la metaemoglobinemia infantile, nella quale viene compromessa la capacità del sangue dei lattanti di trasportare ossigeno .

Arsenico

L'arsenico compare in tre forme allotropiche: giallo, nero e grigio; la forma stabile è un solido cristallino grigio-argento, fragile, che si appanna velocemente in aria e ad alte temperature brucia per formare una nube bianca di triossido di arsenico. La forma cristallina gialla e una forma amorfa nera sono inoltre note. L'arsenico è un membro della gruppo Va della tavola periodica. Si lega rapidamente con molti elementi. La sua forma metallica è fragile, si annerisce e se riscaldato si ossida rapidamente a triossido di arsenico, che ha un odore simile a quello dell'aglio. La forma non metallica è meno reattiva ma si dissolve una volta riscaldata con acidi e alcali d'ossidazione forti. L'arsenico 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: i vulcani liberano circa 3000 tonnellate all'anno ed i microorganismi liberano metilarsine volatili nella misura di 20.000 tonnellate all'anno, ma l'attività umana è responsabile di molto di più: 80.000 tonnellate di arsenico all'anno sono liberate dalla combustione dei combustibili fossili. Malgrado la relativa notorietà come veleno mortale, l'arsenico è un oligoelemento essenziale per alcuni animali ed forse persino per gli esseri umani, anche se la presa necessaria può essere solo 0,01 mg/giorno. L'arsenico è un componente estremamente difficile da convertire in prodotti solubili in acqua o volatili. Il fatto che l'arsenico è naturalmente un componente abbastanza mobile, significa in pratica che non è probabile che grandi concentrazioni compaiano su un luogo specifico. Questo è un fatto positivo, ma il lato negativo è che l'inquinamento da arsenico si trasforma diventa un problema maggiore perché si sparge facilmente. L'arsenico non può essere mobilitato facilmente quando è immobile. A causa delle attività umane, soprattutto estrazione mineraria e fusione, arsenico naturalmente immobile è stato mosso e può ora essere trovato in molti altri posti rispetto a dove esisteva naturalmente. Il ciclo dell'arsenico si è ampliato come conseguenza dell'interferenza umana e a causa di ciò grandi quantità di arsenico finiscono nell'ambiente e negli organismi viventi. L'arsenico è principalmente emesso dalle industrie produttrici di rame, ma deriva anche dalla produzione di piombo e zinco e dall'agricoltura. Non può essere distrutto una volta che entrato nell'ambiente, di modo che le quantità che aggiungiamo si possono disperdere e avere effetti

negativi sulla salute agli esseri umani ed degli animali in molte zone della terra. Le piante assorbono abbastanza facilmente l'arsenico, quindi alte concentrazioni possono essere presenti negli alimenti. Le concentrazioni di pericoloso arsenico inorganico che sono attualmente presenti nelle acque superficiali aumentano le probabilità di alterazione del materiale genetico dei pesci. Ciò avviene principalmente tramite accumulazione di arsenico nei corpi di organismi d'acqua dolce che si nutrono di piante. Gli uccelli mangiano i pesci che contengono già elevate quantità di arsenico e muoiono in conseguenza di avvelenamento da arsenico mentre il pesce a' decomposto nei loro corpi.

Sostanze inorganiche disciolte

Tra le sostanze inorganiche disciolte rientrano il calcio e il magnesio, minerali comunemente associati con la durezza dell'acqua, e diversi metalli pesanti. I sali inorganici si dissociano in acqua per formare ioni carichi positivamente (cationi) e negativamente (anioni), che fanno sì che l'acqua esibisca una certa conducibilità elettrica. Come misura standard della purezza dell'acqua è stata adottata la resistività, che è il reciproco della conducibilità. Gli ioni disciolti vengono misurati con un conduttimetro o resistivimetro che trasmette una corrente elettrica tra due elettrodi. L'acqua con più alta concentrazione di ioni conduce più elettricità (alta conducibilità o bassa resistività) di un'acqua con più bassa concentrazione di ioni.

Sostanze organiche disciolte

Le sostanze organiche disciolte che si trovano tipicamente nell'acqua derivano sia dall'inquinamento industriale sia dalla degradazione della vegetazione. Inoltre, esse includono gli erbicidi, i pesticidi, le cloramine, i trihalometani e i detersivi, così come le lignine, i tannini, gli acidi umici, i polisaccaridi e gli altri prodotti di decomposizione. Come la resistività è la misura della purezza ionica, così il valore del TOC (Carbonio Organico Totale), misurato a livello delle parti per miliardo (ppb), è una misura molto sensibile del contenuto di organici nell'acqua. Le sostanze organiche tendono a 'sporcare' i letti di resina, i filtri e le altre apparecchiature di trattamento dell'acqua, rendendole inoperanti.

Particelle sospese e colloidali

Le particelle sospese includono i sedimenti, le incrostazioni delle tubazioni, la polvere, i minerali e gli organici indisciolti, e i prodotti generati dall'abrasione e dall'erosione. La loro concentrazione è misurata mediante turbidimetria: un raggio luminoso attraversa l'acqua e viene quindi misurata la quantità di luce bloccata dalle particelle sospese. Vengono eliminate mediante filtri di porosità compresa tra 1 e 20 μ m. I colloidali sono particelle di dimensioni variabili da 0,01 a 1 μ m e possono avere origine sia organica sia inorganica. Vengono quantificati misurando la velocità di intasamento di una membrana filtrante di adeguata porosità. Sono rimossi mediante ultrafiltrazione, osmosi inversa, distillazione o con resine anioniche macroreticolate. Le particelle sospese e i colloidali possono causare problemi per un laboratorio in almeno due modi: innanzitutto esse vanno a intasare le parti in movimento di precisione, influenzando l'affidabilità della strumentazione analitica, e inoltre impediscono la disinfezione dei batteri. Le particelle, inoltre, interferiscono con la trasmissione della luce e con le misure che richiedono chiarezza ottica.

Microrganismi, pirogeni e virus

I microrganismi (batteri, muffe e alghe) e i virus possiedono le peggiori caratteristiche degli organici e delle particelle combinate insieme. Infatti, oltre a moltiplicarsi a velocità logaritmica, producono pirogeni (endotossine), secernono enzimi che degradano le proteine ed anche gli acidi nucleici. I batteri si possono contare mettendo in coltura con terreni nutritivi specifici il campione d'acqua e contando le colonie che si sviluppano (metodo UFC). La potabilizzazione, ottenuta con aggiunta di cloro, uccide i microrganismi presenti. Poiché il cloro residuo di norma è rimosso o ridotto nei primi stadi di tutti gli apparecchi per il trattamento e produzione di acqua, se non adeguatamente ridosato permetterebbe ai microrganismi di moltiplicarsi di nuovo all'interno del sistema stesso.

Gas disciolti

La presenza di gas nell'acqua come anidride carbonica ed ossigeno che sono i gas disciolti più comuni possono provocare inconvenienti. L'anidride carbonica si solubilizza formando acido carbonico; viene misurata con un conduttimetro o resistimetro ed è rimuovibile solamente con resine a scambio ionico ad alta efficienza. L'ossigeno è determinabile con elettrodi sensibili a questo gas; provoca corrosione delle superfici metalliche dei circuiti idraulici ed è eliminabile con resine anioniche in forma solfitica.

Conducibilità

Il dato di conducibilità indica con immediatezza il grado di salinità delle acque. Essa si esprime in microsiemens per cm ($1\mu\text{S}/\text{cm} = 10^{-6} \text{ ohm}^{-1} \times \text{cm}^{-1}$) 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. Il dato di conducibilità elettrica è sintomatico della presenza o meno di un qualsiasi tipo di inquinante.

