



Trattamenti delle acque

L'acqua si definisce **potabile** quando può essere ingerita dall'uomo senza nessun rischio per la salute. La disciplina che regola la qualità delle acque destinate al consumo umano prevede che soddisfi alcuni requisiti.

- **Parametri microbiologici:** non devono essere presenti alcuni microrganismi patogeni come *Escherichia Coli* ed *Enterococchi*. La loro presenza è indice di un possibile inquinamento fecale delle acque.
- **Parametri chimici:** riguardano la presenza di elementi (come il piombo) e composti chimici tossici (come il benzene) per i quali sono stati stabiliti precisi limiti di concentrazione.
- **Parametri indicatori:** riguardano la presenza di elementi non direttamente correlabili a rischi per la salute, ma indicatori della variazione delle qualità organolettiche delle acque e delle sue caratteristiche chimico-fisiche, e per i quali è consigliato non superare certi valori. Tra questi: la durezza, il residuo fisso (o residuo secco), il pH, la conduttività (che fornisce informazioni sulla concentrazione totale di sali disciolti), ecc.
- **Parametri di radioattività:** riguardano la presenza di specie radioattive nelle acque come il radon e il trizio. Anche in questo caso, il livello di sostanze radioattive non deve superare un certo limite.

Analisi chimica delle acque

I metodi per effettuare le analisi delle acque sono **standardizzati** e seguono specifiche procedure monitorate dall'Istituto Superiore di Sanità (ISS). Quando le acque vengono analizzate, si verificano:

- il **grado di acidità (pH)** dell'acqua, che fornisce indicazioni sulla concentrazione degli ioni idronio H_3O^+ in soluzione;
- la **concentrazione di nitriti e nitrati**, perché valori alti di queste specie possono indicare un inquinamento delle acque da parte di microrganismi o contaminazione da fertilizzanti agricoli o da parte di acque reflue;
- la **concentrazione di solfati e cloruri**, perché alte percentuali di queste specie possono indicare un inquinamento delle acque dovuto rispettivamente a scarichi industriali o a scarichi contenenti contaminazioni saline;
- il **residuo fisso a 180 °C**, un parametro che indica la quantità in massa di solidi presenti dopo aver fatto evaporare un litro dell'acqua in esame alla temperatura di 180 °C; si esprime in mg di residuo/litri di soluzione. Minore è questo valore, tanto più l'acqua è leggera;
- la **conducibilità elettrica**, dovuta ai sali minerali disciolti che favoriscono il passaggio di corrente; maggiore è la loro presenza, maggiore è di conseguenza la conducibilità elettrica;
- la **durezza dell'acqua**, che indica il contenuto di sali di calcio e magnesio disciolti (più sono, più l'acqua è dura, meno sono più l'acqua è dolce).



Scienza e Tecnologia

La durezza dell'acqua

La durezza di un'acqua è un parametro che esprime il contenuto totale di sali di calcio e magnesio disciolti nell'acqua. Più ioni calcio e magnesio sono presenti, più l'acqua risulta **dura**. Al contrario, un'acqua povera di ioni calcio e magnesio, è un'acqua **dolce**. Gli ioni calcio e magnesio sono presenti in soluzione acquosa principalmente come sali di **solforati** (solfato di calcio CaSO_4 e solfato di magnesio MgSO_4), **nitrati** ($\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ e $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$), **cloruri** (CaCl_2 e MgCl_2), **bicarbonati** ($\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ e $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$) e **carbonati** (CaCO_3 e MgCO_3), anche se questi ultimi sono molto poco solubili.

Ci sono tanti modi di esprimere la durezza di un'acqua, quindi il valore numerico della **concentrazione totale di ioni calcio e magnesio** in un'acqua, ma attualmente, la scala più comunemente utilizzata è quella in **gradi francesi** ($^\circ\text{f}$). Un grado francese corrisponde a un contenuto di sali di calcio e/o di magnesio equivalenti a 10 mg di CaCO_3 presenti in un litro di acqua o, più intuitivamente, a un'acqua che contiene 10 mg/L (ossia 10 ppm) di CaCO_3 , quindi $1^\circ\text{f} = 10 \text{ mg } \text{CaCO}_3/\text{l} = 10 \text{ ppm}^*$

Le diverse acque a seconda della loro durezza, si possono così collocare nella scala dei gradi francesi:

- durezza $< 4^\circ\text{f}$ → acque molto dolci;
- $4^\circ\text{f} < \text{durezza} < 8^\circ\text{f}$ → acque dolci;
- $8^\circ\text{f} < \text{durezza} < 12^\circ\text{f}$ → acque medio-dure;
- $12^\circ\text{f} < \text{durezza} < 18^\circ\text{f}$ → acque discretamente dure;
- $18^\circ\text{f} < \text{durezza} < 30^\circ\text{f}$ → acque dure;
- durezza $> 30^\circ\text{f}$ → acque molto dure.

Alla durezza totale di un'acqua sono associati due contributi, che vengono chiamati durezza temporanea e durezza permanente.

La **durezza temporanea** è associata solo alla presenza di **bicarbonato di calcio** e **bicarbonato di magnesio** (o idrogenocarbonato di calcio e magnesio, $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ e $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$). Il fatto che sia "temporanea" si spiega perché in seguito ad una ebollizione della soluzione il suo contributo svanisce e si ha la precipitazione di carbonato di calcio $\text{CaCO}_{3(s)}$ e carbonato di magnesio $\text{MgCO}_{3(s)}$ solidi.

La **durezza permanente**, invece, è dovuta a diversi sali di calcio e magnesio, come i cloruri, i nitrati e i solfati la cui presenza in acqua permane anche dopo una prolungata bollitura.

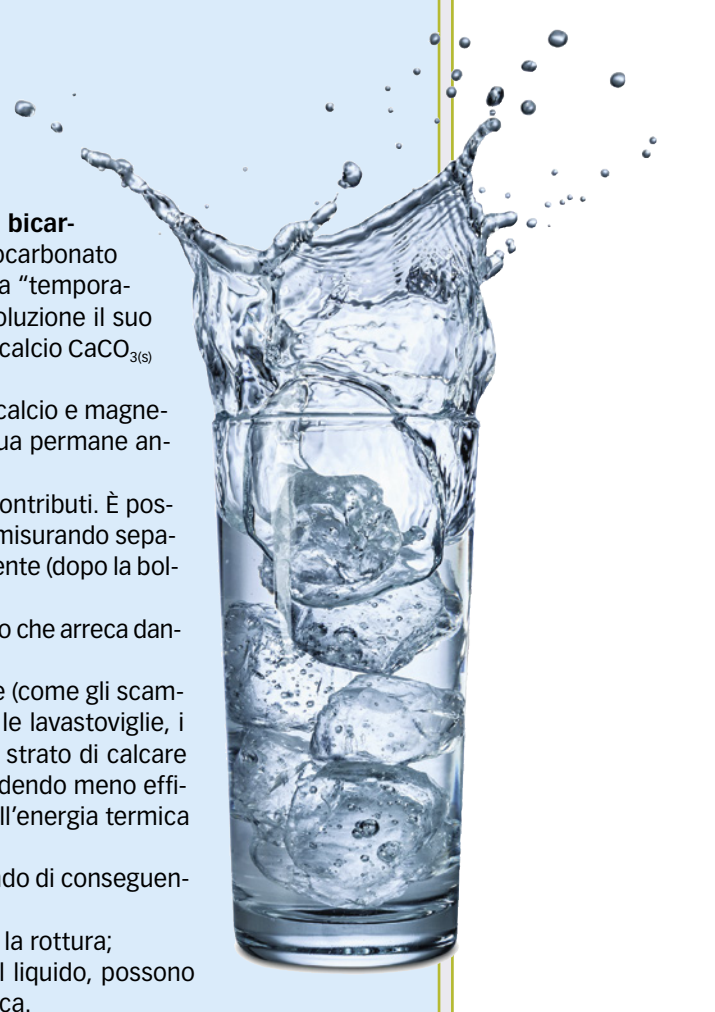
La **durezza totale** dell'acqua è data dalla somma dei due contributi. È possibile calcolare sperimentalmente la durezza temporanea, misurando separatamente la durezza totale (prima della bollitura) e permanente (dopo la bollitura) e sottraendo la seconda alla prima.

Un'acqua dura dà problemi di formazione di calcare, fenomeno che arreca danni per diversi motivi:

- in condutture e resistenze che devono scambiare calore (come gli scambiatori di calore e i ribollitori nelle industrie, le caldaie, le lavastoviglie, i ferri da stiro e le lavabiancherie negli appartamenti), lo strato di calcare fornisce una resistenza in più al trasporto di calore, rendendo meno efficiente quell'apparecchio, con conseguente aumento dell'energia termica necessaria e aumento delle spese;
- le incrostazioni diminuiscono la sezione dei tubi, riducendo di conseguenza il flusso di liquido all'interno della tubatura;
- appesantisce la tubatura e gli apparecchi rischiano così la rottura;
- le minuscole pietre formate e trasportate in circolo dal liquido, possono creare problemi di erosione fisica della struttura metallica.

***Attenzione!** È chiaro che il carbonato di calcio, essendo praticamente insolubile in acqua non si trova in soluzione, e quindi parlare di concentrazione di CaCO_3 disciolto non è molto corretto.

Utilizzare tuttavia questa unità di misura risulta semplificante e comodo perché equivale a esprimere la concentrazione di ioni Ca^{2+} e Mg^{2+} in soluzione, come se al loro posto ci fosse un numero equivalente di moli di CaCO_3 .





Procedure per il trattamento delle acque

Se le acque per uso potabile devono rispettare rigorosi parametri e avere un buon bilanciamento dei sali disciolti, le acque per usi industriali possiedono caratteristiche che variano al variare della loro specifica applicazione e possibilmente devono avere bassa durezza e presentare una bassa concentrazione salina. In generale, a seconda dell'acqua disponibile, si rendono necessari diversi trattamenti prima di poter distribuire la stessa acqua nelle reti, tranne nei rari casi in cui si riesca a trovare un'acqua, disponibile per un determinato uso, che già rispecchi i parametri necessari. Fino a qualche decennio fa, l'interesse tecnologico era rivolto esclusivamente all'approvvigionamento di acque dolci e ai relativi trattamenti. Oggi, con l'aumento della richiesta di acqua dolce, dovuto soprattutto a una parte della popolazione che vive in luoghi aridi o carenti di acqua dolce, l'attenzione della scienza, soprattutto della chimica, si è rivolta al problema della dissalazione dell'acqua di mare, essendo i mari la fonte più abbondante di acqua salata.

Dissalazione

Separare il sale dall'acqua è un processo che costa energia, basti pensare al processo più semplice per eseguire questa operazione ovvero l'**evaporazione dell'acqua**. Per fare avvenire l'evaporazione di una parte dell'acqua contenuta in un bacino e separarla dai sali che rimangono in soluzione liquida, occorre il calore del sole. Se si vuole fare a meno del sole nel dissalare l'acqua di mare, il primo problema che si presenta è il costo energetico. I primi impianti di dissalazione di acqua di mare su larga scala sono stati realizzati nella seconda metà del Novecento, diffondendosi poi in territori con larga disponibilità di combustibili a basso costo, come in Medio Oriente.

Multi-stage flash

La tecnologia di dissalazione per evaporazione più famosa è la **Multi-stage flash (MSF)** che sfrutta diversi step di evaporazione dell'acqua salata. Ogni step opera a temperatura via via decrescente e, di conseguenza, a pressioni decrescenti (minore è la pressione operativa a quella temperatura e più facilmente evapora l'acqua). Il vapore acqueo ottenuto viene poi condensato in acqua dolce e raccolto in uscita dall'apparecchiatura.

Osmosi inversa

L'osmosi inversa sfrutta **membrane osmotiche selettive** nei confronti dei sali presenti in soluzione nell'acqua. Quando una membrana osmotica viene posizionata tra una soluzione meno concentrata (come l'acqua dolce) e una più concentrata (come l'acqua salata) si ha un passaggio di sola acqua dalla zona concentrata a quella meno concentrata; il sale invece viene bloccato dalla presenza della membrana.

Il passaggio dell'acqua dal lato dell'acqua dolce al lato dell'acqua salata è un processo spontaneo che avviene per via di una differenza di concentrazione di sale, una vera e propria forza spingente, che prende il nome di **pressione osmotica**, mentre il processo prende il nome di **osmosi**. Per dissalare acqua salata,

si sfrutta il suo processo inverso applicando una pressione sul lato dell'acqua salata che sia maggiore della pressione osmotica, in modo da invertire il flusso spontaneo dell'acqua. In questo modo l'acqua passerà dal lato salato a quello dolce mentre il sale rimane sempre bloccato dall'azione della membrana osmotica. Per esercitare una pressione tale da invertire il flusso osmotico sono necessarie delle pompe la cui alimentazione costituisce il principale costo energetico. Questa tecnologia ha una resa in acqua dissalata di circa il 50%, ciò significa che la metà dell'acqua in ingresso viene dissalata, mentre l'altra metà rimane concentrata di sali.





Elettrodialisi

L'elettrodialisi è un processo di dissalazione che sfrutta particolari membrane dette **membrane a scambio ionico**, la cui caratteristica è quella di consentire il passaggio ad un solo tipo di ione disciolto in soluzione, che può essere carico positivamente (**membrane a scambio cationico**, fanno passare i cationi e bloccano gli anioni) o negativamente (**membrane a scambio anionico**, fanno passare gli anioni e bloccano i cationi). Una serie di membrane a scambio anionico e cationico sono poste alternativamente per separare due tipi di canali. Nel primo tipo di canale scorre l'acqua che deve essere dissalata (perde anioni e cationi) e nel secondo tipo invece l'acqua che si concentra (si arricchisce di anioni e cationi). Gli ioni positivi e negativi di sali disciolti si spostano grazie all'azione di un campo elettrico che viene applicato dall'esterno tramite degli elettrodi posti ai capi del gruppo di membrane. Questa tecnologia ha costi leggermente più bassi rispetto quelli dell'osmosi inversa, tuttavia il campo di salinità dell'acqua da trattare in cui lavora in maniera ottimale è leggermente inferiore alla salinità dell'acqua di mare, il che la rende particolarmente efficace per il trattamento di acque salmastre. L'elettrodialisi trova le maggiori applicazioni in campo industriale come pretrattamento dell'acqua di processo.

Vista l'importanza vitale dell'acqua dolce, il mondo della ricerca scientifica ha sempre più orientato l'attenzione su come poter abbassare i costi energetici di questi processi, per questo nascono interessanti proposte su come **combinare** ed **integrare** risorse energetiche rinnovabili e processi di dissalazione. Per abbattere, per esempio, i costi di pompaggio dell'acqua di mare o per generare energia elettrica possono essere sfruttate sia l'energia termica solare sia l'energia eolica sia l'energia che deriva dai gradienti salini tra due effluenti di acqua.

Sedimentazione

In caso di acque torbide si ricorre a un trattamento di **chiarificazione**. Quasi sempre la torbidità di un'acqua è data da piccole particelle solide in sospensione che devono essere rimosse. Molto spesso si usa una **vasca di sedimentazione** che sfrutta la forza di gravità che agisce sui corpi per rimuovere gran parte delle particelle solide. Tuttavia, quando queste particelle sono troppo piccole e leggere, i tempi di sedimentazione risultano essere troppo lunghi (le particelle hanno bisogno di più tempo per sedimentare). In questi casi, per accelerare i tempi, si ricorre all'uso di **coagulanti**, per far unire più particelle in modo da renderle più pesanti e farle depositare più rapidamente. I coagulanti sono sostanze costituite da sali di ioni positivi trivalenti come Al^{3+} e Fe^{3+} (derivanti rispettivamente dai sali AlCl_3 , $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ e $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ e FeCl_3) che riescono a interagire con la superficie delle particelle in sospensione. A questa fase, detta **coagulazione**, segue la **flocculazione**: le particelle ricoperte dai cationi attraggono a sé altre particelle la cui superficie è rimasta non coperta, in modo da unirsi e depositarsi più velocemente. Queste operazioni vengono effettuate in **vasche di sedimentazione** con un fondo a tronco di cono rovesciato. L'acqua entra dal centro della vasca e, quando la sua velocità diminuisce, i solidi sospesi si depositano in tempi di sedimentazione che sono dell'ordine di qualche ora (di solito 3 ore). Le particelle vengono raccolte sul fondo e convogliate verso l'esterno della vasca. In alcune tipologie di vasche sono montati degli organi in movimento che raschiano le particelle dal fondo. L'acqua chiarificata tracima invece dal bordo della vasca e viene poi raccolta per essere mandata al trattamento successivo.



Filtrazione

Non sempre la sedimentazione delle acque, che ha un costo basso, riesce a offrire il livello di chiarificazione desiderato, soprattutto per le acque da potabilizzare. Per questo motivo, a valle della sedimentazione, molto spesso si aggiunge una **filtrazione** più spinta, per poter



rimuovere anche le particelle più piccole presenti nell'acqua. Il primo tipo di filtro utilizzato per trattamenti di potabilizzazione è stato il **filtro a sabbia** costituito da sabbia con granuli di dimensioni diverse, trattenuti da una grata. L'acqua attraversa il filtro partendo dalla granulometria più grande e finendo con la granulometria più piccola, spinta solamente dalla forza di gravità. L'economicità di questa tecnologia si paga con i tempi lunghi poiché per far attraversare tutto il filtro all'acqua, sono necessarie diverse ore e le portate che si possono trattare sono basse.

I filtri a sabbia, sebbene ancora in uso per alcune applicazioni, sono stati via via sostituiti con filtri più rapidi. La maggiore rapidità del processo è data dalla diversa tipologia di materiale filtrante, e dal fatto che non si sfrutta più solamente la gravità per fare attraversare il filtro dall'acqua, bensì si applica una differenza di pressione tra ingresso e uscita del filtro grazie all'**azione di pompe**. I filtri più moderni possono essere costituiti oltre che da sabbia, anche da **teli** di diversi tessuti o da materiali sintetici. In tutti i casi il materiale blocca nei propri pori le particelle che sono in sospensione nell'acqua, purificandola. A seconda della dimensione dei pori scelti, può avvenire anche la rimozione di alcuni batteri, come accade nel caso dell'**ultrafiltrazione**, processo in cui si utilizzano particolari membrane con dimensione dei pori da 0,1 a 10 μm . Al diminuire della dimensione dei pori crescono le pressioni necessarie per fare passare l'acqua attraverso il filtro e quindi aumenta il dispendio energetico dovuto al lavoro delle pompe. Un altro problema che si riscontra in queste operazioni è l'intasamento dei filtri, dovuto alle particelle stesse. Per pulire i filtri si ricorre a dei contro-lavaggi periodici con acqua o aria compressa, in modo da far uscire i detriti dal materiale filtrante. Periodicamente comunque, quando l'efficienza di filtrazione cala drasticamente, il materiale filtrante viene sostituito.

Disinfezione

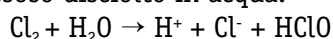
L'acqua che viene distribuita alle utenze deve essere microbiologicamente pura, cioè priva di **batteri** e **microrganismi** dannosi per la salute umana. Alcune forme di vita, infatti, se presenti nelle acque, possono portare a diverse patologie nell'uomo, alcune anche gravi. I trattamenti di disinfezione sono quindi tra i più importanti e vanno obbligatoriamente effettuati, anche se l'acqua alla fonte presenta già tutti i requisiti per essere considerata potabile, per prevenire la contaminazione e l'accrescimento di batteri lungo le condutture di distribuzione. Normalmente si procede con due trattamenti di disinfezione dell'acqua prelevata:

- una **iniziale** per evitare la proliferazione di alghe e microrganismi che potrebbero arrecare danni ai trattamenti successivi;
- una **finale** per abbattere eventuali microrganismi rimasti o che sono proliferati durante i trattamenti.

Tra i metodi per effettuare la disinfezione delle acque vi sono la **clorazione**, l'**ozonizzazione**, i **raggi UV**, i **carboni attivi** e l'**aerazione**.

Clorazione

Il **cloro** è un battericida molto efficace poiché riesce a uccidere batteri e virus rompendo letteralmente i legami presenti nelle loro molecole. Basta una concentrazione di qualche ppm nell'acqua per esplicare la sua azione. Fino a qualche decennio fa il cloro era usato in forma gassosa negli impianti di potabilizzazione e veniva insufflato direttamente nelle vasche in modo da farlo disciogliere in soluzione acquosa. Successivamente è stato sostituito nella sua azione disinfettante da sostanze come gli **ipocloriti** (come l'ipoclorito di sodio, NaOCl). L'azione disinfettante vera e propria avviene ad opera dell'**acido ipocloroso** (HClO) che si forma dal cloro gassoso disciolto in acqua:



La struttura molecolare dell'acido ipocloroso è assimilabile a quella dell'acqua e per questo riesce a penetrare attraverso le membrane cellulari delle cellule batteriche svolgendo la sua funzione disinfettante.





Recentemente si è scoperto che, oltre a modificare le caratteristiche organolettiche dell'acqua, il cloro gassoso e gli ipocloriti possono formare in soluzione acquosa numerosi sottoprodotti indesiderati, tra i più pericolosi i **trialometani**, dannosi per l'uomo in quanto cancerogeni.

Per evitare questi rischi, si è passati all'uso di composti del cloro come il **biossido di cloro** (ClO_2) che non forma trialometani, e attualmente è tra i prodotti più utilizzati per la disinfezione dell'acqua potabile.

Ozonizzazione

L'**ozono** ha un altissimo potere ossidante ed è in grado di eliminare sia virus che batteri, alghe e funghi. Uno dei grossi vantaggi dell'ozono rispetto al cloro e i suoi derivati è che non modifica le caratteristiche organolettiche dell'acqua e riduce al minimo la formazione di sottoprodotti. Il principale svantaggio è quello di essere un gas instabile e quindi deve essere prodotto in situ aumentando mediamente i costi. I **reattori ozonizzatori** sono particolari apparecchi in cui si preleva aria dall'ambiente e la si investe con scariche elettriche per formare radicali ossigeno (per ogni molecola di ossigeno si formano due radicali ossigeno) che si trasformano poi in ozono (che è ossigeno trivalente, O_3) interagendo con l'ossigeno (O_2).

Raggi UV

Uno dei processi più recenti per la potabilizzazione dell'acqua, utilizza i **raggi ultravioletti** (**raggi UV**) che distruggono le molecole dei batteri bloccando i loro processi vitali, facendoli così morire.

L'acqua, per rendere efficace questo trattamento, deve essere stata precedentemente chiarificata e quindi presentarsi limpida. In pratica si investe l'acqua, che scorre su una superficie piana o all'interno di un tubo, con radiazioni elettromagnetiche intorno ai 250 nm di lunghezza d'onda, generati da una **lampada a vapori di mercurio**. Il principale vantaggio di questa tecnologia sta nel fatto che i raggi UV riescono a sostituire perfettamente altri trattamenti chimici (non si rende necessario quindi l'uso di ulteriori agenti chimici) e il trattamento non altera le caratteristiche organolettiche dell'acqua. Purtroppo le portate processabili per ogni trattamento sono basse.

Carboni attivi

I **carboni attivi** sono materiali solidi derivanti da materiale organico vegetale (come carbone, noci di cocco, legno, ecc.) o da polimeri sintetici, inerti chimicamente ma con grande capacità di **adsorbimento**. Questi carboni riescono facilmente a catturare le sostanze disciolte nell'acqua, e per questo sono sempre più impiegati negli appartamenti come trattamento (contro il cloro residuo) dell'acqua di rubinetto.

Il trattamento su carbone attivo è in grado di rimuovere dall'acqua sostanze non polari, sostanze alogenate (sottoprodotti a base di cloro dovuti a trattamenti precedenti di disinfezione), lieviti, sostanze che danno cattivi odori e sapori. Durante il processo si pompa l'acqua da trattare in una colonna riempita da carboni attivi. L'acqua rilascia le sostanze indesiderate disciolte nel materiale adsorbente, ma come in ogni filtro, anche nei carboni attivi avviene l'intasamento per un accumulo eccessivo di sostanze. In questo caso, a livello industriale, avviene una **rigenerazione** del materiale, solitamente con processi termici (riscaldando il carbone per fare de-adsorbire le sostanze) o chimici (ossidando le sostanze). A un certo punto, quando la rigenerazione perde la sua efficacia e il carbone attivo è **irreversibilmente** inquinato, si ricorre alla sostituzione del riempimento della colonna.

Aerazione

L'**aerazione** è usata soprattutto per ossidare ioni Fe^{2+} e Mn^{2+} che possono essere presenti nelle acque dando colorazioni e sapori indesiderati, oltre che favorire lo sviluppo di alcuni batteri. Inoltre, si eliminano sostanze volatili e la stessa anidride carbonica, rendendo così l'acqua meno acida. L'aerazione può avvenire a pressione ambiente facendo scorrere l'acqua in un film sottile in controcorrente con un flusso d'aria, o sotto pressione in particolari apparecchiature in cui l'acqua viene nebulizzata per aumentare la superficie di contatto con l'aria che viene mandata in pressione.

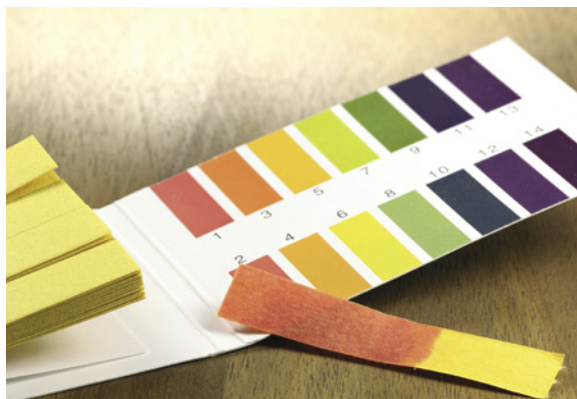
adsorbimento:
proprietà della
superficie di una
sostanza solida di
fissare molecole di un
gas o di un liquido con
cui è a contatto, per
via di deboli
interazioni molecolari
(adsorbimento fisico)
o mediante veri e
propri legami chimici
(adsorbimento
chimico).



Correzione pH

Il controllo del **pH** è molto importante, una sua diminuzione, infatti, rende l'acqua particolarmente corrosiva e cioè in grado di attaccare i materiali metallici con cui viene a contatto, come per esempio le tubazioni. Per alzare il pH (e quindi per **de-acidificare**) è possibile aggiungere reagenti basificanti (alcalinizzanti) come la **calce** e i suoi derivati.

Per abbassare invece un pH troppo alcalino, piuttosto che fare uso di acidi forti (vi è il rischio che un sovradosaggio porti velocemente il pH a valori molto bassi), si ricorre alla **CO₂**. La manipolazione dell'anidride carbonica, infatti, permette di regolare più facilmente il pH e, anche in caso di errore di dosaggio, non vi è alcun rischio di superacidificazione delle acque.

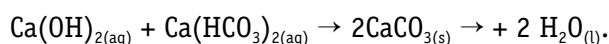


Addolcimento delle acque

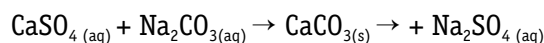
I trattamenti di **addolcimento** mirano ad abbassare la durezza di un'acqua eliminando gli ioni calcio e magnesio disciolti in essa.

Calce e soda

Tra i metodi di addolcimento delle acque più comunemente usati c'è l'**addolcimento con calce-soda**. In particolare la calce (spenta o idrata) $\text{Ca}(\text{OH})_2$ è utilizzata per eliminare la durezza temporanea dell'acqua, formando carbonato di calcio che precipita:



La durezza permanente viene eliminata con la soda (Na_2CO_3):



Quanto sopra visto similmente avviene con il magnesio.

Resine a scambio ionico

Una resina a scambio ionico è formata da un polimero sintetico poroso, che forma la **matrice**, a cui vengono aggiunti **gruppi ionici** che sono disponibili per lo **scambio ionico**. I gruppi ionici sono formati da uno ione fisso e da uno ione mobile che viene scambiato. Nel caso di ioni mobili positivi si ha una **resina a scambio cationico** (o **resina cationica**), viceversa, con ioni mobili negativi si ha una **resina a scambio anionico** (o **resina anionica**). Lo scambio ionico serve a sottrarre all'acqua delle specie ioniche non desiderate, donandone altre al loro posto (deve essere sempre garantita l'elettroneutralità). Quando la resina viene impregnata d'acqua, le cariche vincolate alla matrice attraggono gli ioni di segno opposto presenti in soluzione e li trattengono a sé, scambiandoli con gli ioni mobili.

A seconda del trattamento da effettuare, si scelgono resine anioniche o cationiche. Nel caso di addolcimento delle acque, gli ioni da sottrarre sono positivi (Ca^{2+} e Mg^{2+}) e quindi sono necessarie resine cationiche.

Queste resine si saturano periodicamente e vanno perciò rigenerate rimuovendo gli ioni a loro legati con trattamenti chimici, ripristinando così la forza di scambio ionico della resina.



Classe capovolta

Fare
per
Comprendere

Un filtro per chiarificare l'acqua

Prima di cominciare

Cosa contiene l'acqua di una pozzanghera?

.....

.....

.....

.....

.....

.....



All'opera

Realizziamo un filtro per chiarificare l'acqua. Procurati:

- Una bottiglia di plastica da 2 l
- Un contenitore trasparente (barattolo di vetro)
- Un paio di forbici
- Sabbia (va bene quella per la lettiera del gatto)
- Pietrisco e ghiaia
- Erba verde
- Carbone macinato
- Batuffoli di cotone
- Filtri per il caffè

Procedimento

- 1 Taglia in due la bottiglia.
- 2 Capovolgila con l'apertura in basso nel contenitore trasparente (deve essere chiusa con il tappo).
- 3 Nella bottiglia realizza degli strati, di 5 cm ciascuno, dei vari materiali intervallati l'uno dall'altro dai filtri per il caffè (utili per separare i vari materiali che si vanno stratificando). In ordine: batuffoli di cotone (impediscono al carbone macinato di cadere nel contenitore una volta tolto il tappo), filtri per il caffè, carbone macinato (più fine è il carbone e migliore sarà la sua azione filtrante), filtri per il caffè, sabbia, filtri per il caffè, erba verde, filtri per il caffè, ghiaia e piccoli ciottoli.
- 4 Togli il tappo della bottiglia.

- Il tuo filtro è pronto. Puoi verificarne il funzionamento versandoci del fango o dell'acqua proveniente da una pozzanghera. Attenzione: l'acqua chiarificata non è del tutto pura perché non è stata liberata dai microrganismi quindi non deve essere assolutamente bevuta.

Confrontati con la classe

In classe rifletti con i compagni sui seguenti punti.

- Come si presenta l'acqua in uscita dalla bottiglia?
- Che tipo di trattamento delle acque hai messo in atto?
- Quali sostanze hai eliminato?
- Perché l'acqua usata diventi potabile, quali altri processi sarebbero necessari?