

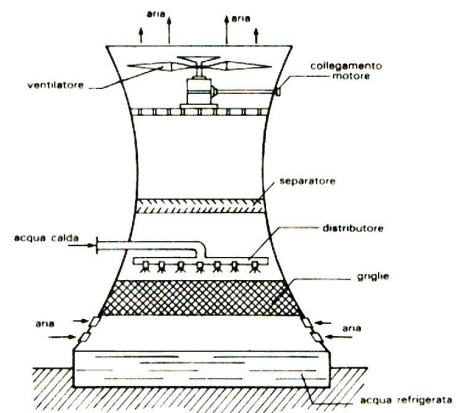
Processi di condizionamento delle acque



Spesso le acque grezze naturali non possono essere utilizzate per primo impiego e le acque reflue per reimpiego a causa d'inquinamento energetico (da calore) o per specifici soluti o sospensioni che ospitano. Gas, solventi, sali di ferro e manganese, fosfati, microrganismi e riducenti non sono che alcuni esempi dei possibili inquinanti di acque di primo impiego e, più ancora, di acque reflue.

REFRIGERAZIONE DELLE ACQUE.

Acque inquinate e potenzialmente inquinanti sono quelle di condensa e di raffreddamento, se per quantità e contenuto termico possono innalzare sensibilmente la temperatura dei corpi idrici in cui si scaricano. Spesso, inoltre, conviene riciclare tali acque nel quadro dell'economia di processo. In questi casi occorre sottrarre ai corpi idrici gli eccessi di calore: ciò che si fa generalmente per mezzo di *torri di raffreddamento*, dove l'acqua viene distribuita su griglie da suddivisione ed investita da aria fresca insufflata. Un separatore di gocce impedisce il trascinarsi dell'acqua da parte dell'aria che, aspirata da un ventilatore, esce dall'alto mentre l'acqua raffreddata si raccoglie in basso.

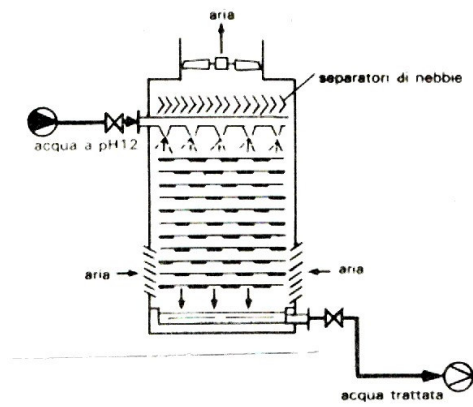


Torre a profilo iperbolico per refrigerare acque

DEGASAGGIO.

Riguardo alle acque da disinquinare per asportazione di gas si devono distinguere i casi in cui tali gas siano "vivi", cioè disciolti allo stato libero nell'acqua, ed in cui i gas siano solo potenzialmente presenti (per es. acqua contenente NH_4OH o ioni NH_4^+). Nel primo caso, caratteristico in riferimento a CO_2 e idrocarburi, si ricorre ad insufflazione d'aria oppure a corrente d'azoto recuperando su carboni attivi gli aeriformi volatili asportati per riciclare il gas di

strippaggio o ancora a vapore d'acqua operando in controcorrente in torre a piatti. Nel caso in cui i gas siano solo potenzialmente contenuti nell'acqua si provvede prima a liberarli tramite reazione chimica (ad es. una base forte come NaOH libera NH_3 gassosa da ioni NH_4^+) e poi a strapparli con uno dei metodi già descritti.



Metodo di strippaggio con aria dell'ammoniaca dall'acqua

ADSORBIMENTO.

Per rimuovere dalle acque certe sostanze si ricorre all'adsorbimento su materiali granulari porosi che generalmente sono carboni o polimeri macroporosi. Il meccanismo d'adsorbimento mette per lo più in gioco legami intermolecolari del tipo forze di Van Der Waals, trattandosi di *adsorbimento fisico*, e veri legami chimici nel *chemiadsorbimento*. L'adsorbimento fisico è preferito sia perché consente di reimpiegare il materiale adsorbente e sia perché, ove interessi, permette anche di recuperare l'adsorbito.

Il *carbone attivato* che generalmente si usa in questa tecnica è disponibile sia in forma granulare che di polvere, ha sempre elevata area superficiale per unità di peso e presenta una velocità di adsorbimento in stretta relazione con le dimensioni medie dei granuli di carbone e con il pH ambientale. Per evitare la riduzione rapida e finanche permanente della capacità d'adsorbimento del carbone, le acque trattate vengono preventivamente liberate da torbidità e da solidi in sospensione, chiarificandole ed eventualmente filtrandole.

La rigenerazione del carbone adsorbente granulare si può fare, a seconda dei casi, con quattro tecniche distinte:

- per *lavaggio con solventi*;
- per *lavaggio acido o alcalino*;
- per *rigenerazione a vapore*;
- per *rigenerazione termica*;

ma più spesso ad una delle prime tre tecniche si abbina la quarta. Il carbone in polvere non è rigenerabile e pertanto, dopo l'adsorbimento, deve essere smaltito.

I *polimeri macroporosi* per adsorbimento variano di costituzione a seconda dei composti da adsorbire usando fundamentalmente copolimeri stirenici per adsorbire composti apolari e copolimeri acrilici per adsorbire composti piuttosto polari tutti resistenti all'azione di reattivi chimici non troppo concentrati quali sono sempre quelli presenti nelle acque trattate. La rigenerazione di questi polimeri si attua per strippaggio con vapore o per eluizione con solventi; in ogni caso vi è la possibilità di recuperare le sostanze adsorbite.

NEUTRALIZZAZIONE.

I risultati che si richiedono ad un processo di neutralizzazione sono generalmente valutati come valori di pH dopo il trattamento; i quali dipendono dalla destinazione delle acque trattate. Ad esempio le acque destinate a processi di raffreddamento devono avere un pH nei limiti $7,3 \div 8,3$ soprattutto per evitare corrosioni da acidi e prevenire la formazione di precipitati incrostanti. Per scaricare acque in un corpo idrico il loro pH deve essere ricondotto tra $5,5 \div 9,5$ onde evitare alterazioni dell'ecosistema idrico.

Il neutralizzante dell'acidità più comune è il latte di calce ma parecchio usati sono anche il carbonato di calcio e la dolomite in pezzi, comunemente disposti su letti fissi. Poco usati "in grande" per ragioni economiche, ma abbastanza adoperati per rifinire i pH, sono la soda caustica e la soda Solvay.

In qualità di antialcali si usano l'acido solforico e l'acido cloridrico, ma è pure comune l'operazione di diminuzione dell'alcalinità d'acque reflue per mescolanza con vari effluenti acidi.

OSSIDAZIONI E RIDUZIONI.

Il cambiamento dello stato di ossidazione di alcuni composti nocivi, presenti soprattutto nelle acque reflue, ha lo scopo di trasformare tali composti in altri poco o per nulla dannosi o di provocarne la rimozione.

Le ossidazioni perseguono spesso anche un'azione biocida, cioè distruttrice di vari microrganismi: esistono infatti due principali metodiche di disinfezione delle acque, una di tipo chimico (largamente utilizzata) ed un'altra di tipo fisico basata sull'utilizzazione di apparecchiature generanti radiazione UV germicida per effetto denaturante. Quest'ultima si fonda, appunto, sull'emissione di onde elettromagnetiche UV (emesse anche dal sole, che però agisce solamente a livello superficiale) generate da lampade a vapori di mercurio a bassa pressione ad una lunghezza d'onda di 254 nm. Un grosso vantaggio di questa tecnica di disinfezione consiste nella totale assenza di residui di trattamento ma, di contro, la necessità di operazioni di manutenzione molto delicate e il relativamente alto costo relegano questa tecnologia ad applicazioni prevalentemente di carattere privato e medio piccole (impianti casalinghi o condominiali, per disinfezione di piscine, colture acquatiche, ecc.) anche se l'innovativa adozione di tubi di Teflon in sostituzione del quarzo ha prodotto un notevole miglioramento impiantistico-funzionale.

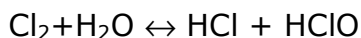
Tra le riduzioni, generalmente meno praticate delle ossidazioni, spicca per importanza quella che comporta il passaggio da composti di Cr(VI) a composti di Cr(III).

I più comuni ossidanti sono l'ossigeno atmosferico, il cloro e i vari suoi composti e l'ozono. Normali riducenti sono l'anidride solforosa e vari suoi derivati, il solfato ferroso, l'idrazina e il ferro metallico.

Agenti ossidanti.

L'ossigeno dell'aria è, indubbiamente, a lungo andare il più importante ossidante dei corpi idrici; mentre tale gas serve relativamente poco per ossidazioni rapide e quale biocida. Gli agenti ossidanti immediati e biocidi più importanti sono il *cloro e certi suoi composti*.

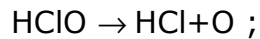
Il cloro in acqua si dismuta secondo l'equilibrio:



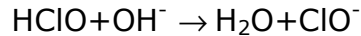
che si sposta a destra in condizioni favorevoli a sottrazione di HClO.

Ciò avviene:

1) per decomposizione a pH 5 ÷ 6:



2) per formazione di anioni ipoclorito:



a pH dell'acqua trattata di 6 ÷ 9,5.

La quantità di cloro usato varia a seconda dei processi d'ossidazione coinvolti: da un massimo per ossidare sostanze organiche ad un minimo per potabilizzazione. Il cloro esercita pure decisa azione antisettica, ha un costo molto basso mentre di contro è un gas tossico e porta alla formazione (così come i suoi derivati) di composti organoalogenati alcuni dei quali sono cancerogeni. Quest'ultimo fatto è stato ampiamente studiato e in conclusione si è evidenziato che il rischio associato alla produzione di tali composti è decisamente inferiore al rischio associato ad una disinfezione non efficace con possibilità di sviluppo di malattie infettive o addirittura epidemie.

L'azione antisettica del cloro si interpreta tradizionalmente in base all'ossidazione del protoplasma della cellula batterica provocata dall'ossigeno liberato dall'acido ipocloroso che si forma e, più modernamente, sia ammettendo denaturazione delle proteine costituenti le strutture algali e batteriche e sia ipotizzando trasformazioni chimiche di fattori dietetici e riproduttivi dei batteri da parte degli anioni ipoclorito ClO^- . Il cloro e i suoi derivati, se presenti in concentrazione eccessiva nell'acqua, oltre ad essere nocivi alterano anche le caratteristiche organolettiche (soprattutto il sapore).

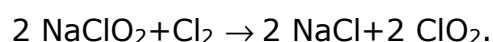
Tra i composti ossigenati del cloro usati come ossidanti nel trattamento delle acque rivestono interesse:

- il *cloruro di calce* $\text{Ca}(\text{OCl})\text{Cl}$ disponibile in polvere e che agisce sviluppando cloro;

- gli *ipocloriti di calcio* granulare e di *sodio* in soluzione, che agiscono attraverso gli anioni ClO^- fortemente ossidanti e antisettici. Non richiedono speciali cautele, sono di facile impiego e costano più del cloro. Vengono utilizzati per installazioni medio-piccole (per problemi di stoccaggio e rifornimento);

- il *clorito di sodio* NaClO_2 , stoccato solido, che in acqua fornisce ossigeno;

- il *diossido di cloro* ClO_2 che viene prodotto al momento dell'uso secondo la reazione:



È fortemente ossidante perché fornisce sia cloro che ossigeno, è un gas tossico e corrosivo ed è più costoso sia del cloro che degli ipocloriti.

L'ozono (O_3 , forma allotropica dell'ossigeno), prodotto come è noto per scarica elettrica a 9.000 - 10.000 V in flusso d'aria in camera oscura, esplica energiche proprietà antisettiche, antiodori e fortemente ossidanti. Ha costi di impiego elevati, è corrosivo ed è un disinfettante ad ampio spettro (batteri, virus, spore batteriche), non ha azione di copertura residua ed è richiesto l'utilizzo del cloro o di suoi derivati per garantire la disinfezione fino al momento dell'utilizzo dell'acqua. L'ozono non lascia residui e non altera le caratteristiche organolettiche dell'acqua.

Sul meccanismo di distruzione di batteri e miceti le opinioni sono ancora discordanti, diverse ipotesi sono state proposte:

- ossidazione letale del protoplasma batterico;
- trasferimento o "cattura" di elettroni della cellula di tale intensità da alterare irreversibilmente il meccanismo tampone;
- alterazione della membrana per ozonolisi di acidi grassi insaturi componenti la membrana stessa.

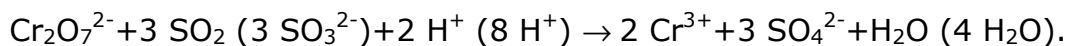
Il meccanismo di azione dell'ozono sui virus non è sicuramente quello di una distruzione, come nel caso dei batteri, ma di un'inattivazione: l'azione dell'ozono consisterebbe in una ossidazione e conseguente inattivazione dei recettori virali specifici utilizzati per la creazione del legame con la parete della cellula da invadere.

Agenti riducenti.

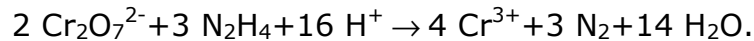
I riducenti più usati nel trattamento delle acque sono l'*anidride solforosa* e i suoi derivati. Questi, per ordine di importanza, sono:

- il *metabisolfito di sodio* $Na_2S_2O_5$;
- il *bisolfito di sodio* $NaHSO_3$;
- il *solfito sodico* Na_2SO_3 .

Tutti questi composti agiscono ossidandosi a solfati e le reazioni possono così schematizzarsi:



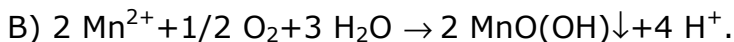
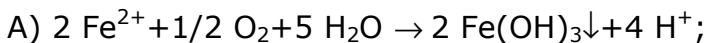
L' *idrazina* è in generale, per motivi di costo, un riducente di complemento della SO_2 e dei suoi derivati, nel senso che si usa per completare riduzioni provocate per la maggior parte da riducenti solfitici. L'idrazina, ossidandosi, produce azoto e quindi il relativamente alto costo è dunque parzialmente compensato dal fatto che è un riducente che non lascia tracce:



Il *ferro* e i suoi *sali ferrosi*, in relazione alla grande quantità di fanghi che provocano, sono riducenti poco convenienti.

DEFERRIZZAZIONE E DEMANGANIZZAZIONE.

Ferro e manganese sono presenti in acque di primo impiego ed in acque reflue in stato di valenza II. L'eliminazione di questi cationi richiesta da processi di potabilizzazione d'acque e da rifornimenti idrici industriali si basa su semplice trattamento ossidante a stato d'ossidazione 3+ tramite ossigeno atmosferico (l'aria viene compressa in acqua), raggiungendo massime velocità di reazione a pH 7 ÷ 7,5. Le reazioni coinvolte sono:

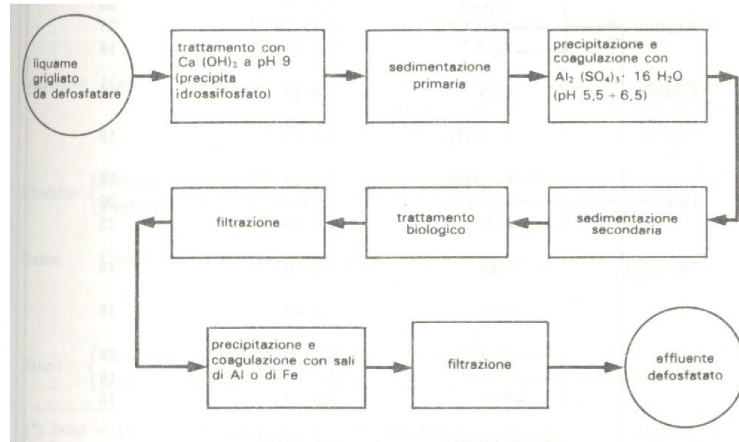


Su un filtro a carbone verranno depositati i precipitati di $Fe(OH)_3$ ed $MnO(OH)$ che dovranno essere periodicamente rimossi onde evitare intasamento. Dovendosi avere acqua a bassissimi tenori di ferro e di manganese, l'operazione ora descritta va rifinita per scambio su resine o, più specificamente, su permutiti al manganese (ottenute da normali permutiti sodiche per lavaggio con soluzione di sale manganoso ed ulteriore ossidazione per percolamento di soluzione di permanganato, schematizzate col termine Pe_2MnO).

DEFOSFATAZIONE.

Si è già detto che tra le maggiori cause dell'eutrofizzazione vi è il contenuto di fosforo nelle acque di scarico. Da ciò nasce la necessità di operare defosfatazioni sui liquami di scarichi dei più vari processi di detersione domestica e metalmeccanica (i composti fosfatici conferiscono al detergente: potere sequestrante dei cationi induritori di acque, dissoltrice dei sali di calcio e magnesio che legano tenacemente lo sporco al substrato, potere disperdente, antidepositante e di sinergismo lavante), di lavaggio e trattamenti vari di fibre e tessuti ecc. Il fosforo è presente in acque di scarico urbano in forma d'ortofosfati, di polifosfati e di fosforo combinato organicamente. Di queste tre forme quella più facilmente rimuovibile per precipitazione chimica è

l'ortofosfatica. Dal canto loro poi i trattamenti biologici convogliano nei fanghi il fosforo "organico" e parte del fosforo polifosfatico, mentre lasciano passare quasi tutto il rimanente fosforo polifosfatico ad ortofosfatico. Tenuto conto di ciò, il modo di defosfatere in maniera completa le acque risponde al seguente schema:



Quando non sia richiesta defosfatazione assai spinta degli effluenti acquosi, si può attuare solo una delle tre precipitazioni indicate nello schema. In generale, in tal caso, si preferisce compiere la precipitazione dopo il trattamento biologico.

DEMETALLIZZAZIONE.

I metalli "pesanti" di presenza a vario titolo inammissibile nei corsi idrici ed apportati alle acque da una serie di cause più o meno gravi, possono essere precipitati allo stato di idrossidi, di solfuri o di carbonati: cioè sotto forma di composti pochissimo solubili.

Un impianto per demetallizzare acque comprende:

- un sistema di dosaggio d'agenti precipitanti e flocculanti;*
- una vasca di reazione mantenuta in agitazione con aria;*
- una vasca di flocculazione a lenta agitazione;*
- una unità di separazione meccanica del precipitato.*

La separazione del precipitato può farsi per sedimentazione e/o per filtrazione, ma talvolta si usa pure la flottazione. Occorre altresì un efficiente sistema di controllo del pH che deve assumere specifici valori in ragione del precipitato da ottenere.