

Inquinamento delle acque



Le direttive CEE indicano cosa significa inquinare le acque, così esprimendosi: <<L'inquinamento idrico è l'effetto dello scarico in ambiente acquoso di sostanze o di energie tali da compromettere la salute umana, da nuocere alle risorse dei



viventi e, più in generale, al sistema ecologico idrico e da costituire ostacolo a qualsiasi legittimo uso delle acque, comprese le attrattive ambientali>>.

L'inquinamento delle acque può svilupparsi a tre livelli. Esistono infatti:

- modifiche delle qualità delle acque dovute a cause naturali insopprimibili, in quanto l'acqua piovana a contatto con certi ambienti aerei (di distretti vulcanici, ad esempio) e più generalmente del suolo porta in soluzione ed in sospensione sostanze dei mondi minerale e biologico (<<**inquinamento naturale**>>);
- uno stato di inquinamento superiore a quello ora detto derivante dall'apporto per cause non naturali di inquinanti di varia specie, perfino energetica (calore), in quantità peraltro non superiore alla capacità d'autodepurarsi dell'acqua interessata (<<**inquinamento indotto temporaneo**>>);
- un terzo e più grave stato d'inquinamento quando gli inquinanti sono tali, qualitativamente e quantitativamente, da inibire la capacità d'autodepurazione dell'acqua e da provocare quindi permanente degradamento estetico o funzionale del corpo idrico (<<**inquinamento indotto permanente**>>).

Gli *scarichi di fognature civili* portano nelle acque soprattutto prodotti del metabolismo umano con relativa carica batterica, inquinanti derivanti da attività domestiche (alimentazione e lavaggio) e rifiuti convogliati dal drenaggio di strade, piazzali e officine.

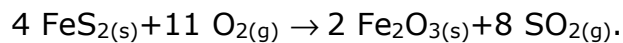
Gli *scarichi di effluenti industriali*, contenenti residui delle materie prime e dei prodotti intermedi e finali delle lavorazioni, hanno composizione variabile a seconda del tipo d'industria che li fornisce. Gli scarichi delle acque di raffreddamento o per altri motivi inquinate termicamente, alterano gli equilibri

chimici e biochimici dei corpi idrici e producono diminuzione dell'ossigeno disciolto o direttamente, diminuendone la solubilità, o indirettamente a causa dell'aumentato metabolismo della flora acquatica, con tutte le evidenti conseguenze che ciò comporta.

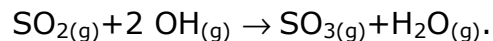
Gli *scarichi inerenti l'attività agrario-zootecnica* apportano alle acque soprattutto liquami metabolici, di lavorazioni di mattatoio e lattiero-casearie, pesticidi e concimi dilavati.

PIOGGE ACIDE

Le *piogge acide* rappresentano, attualmente e in chiave futura, una delle principali e più preoccupanti fonti di inquinamento: esse sono frutto di contaminazione di acque meteoriche da parte di gas quali le *anidridi di zolfo* (SO_x) e, in parte minore, da *ossidi d'azoto* (NO_x). L'anidride solforosa è presente nell'atmosfera a causa dell'attività vulcanica (inquinamento naturale) ma soprattutto a causa di attività umane quali gli impianti a carbone (l' SO_2 prodotta è dovuta alla presenza di pirite e a composti solforati organici) e parte dell'industria metallurgica. La reazione che porta alla formazione di SO_2 a partire dalla pirite (FeS_2) è la seguente:



L'anidride solforosa reagisce con radicali OH presenti nell'atmosfera (questa reazione peraltro è catalizzata dalla fuliggine) generando anidride solforica (SO_3):

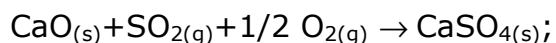


Se sicuramente ben poco si può fare per "controllare" l'emissioni vulcaniche, esistono alcuni accorgimenti adottabili nella combustione di carbone o composti solforati in genere:

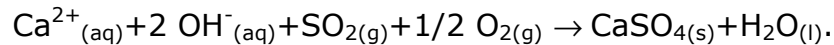
- la pirite può essere separata dal carbone per "lavaggio" con soluzione concentrata di cloruro di calcio. Per utilizzare questo metodo il carbone deve essere polverizzato (pericolosamente esplosivo) ed inoltre questa tecnica non funziona con i composti solforati organici;
- aggiungendo calcare nelle caldaie di combustione, il biossido di zolfo reagisce con CaO prodotto:



e quindi

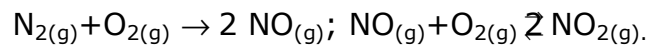


- fare reagire l'SO₂ con soluzione acquosa di idrossido di calcio in "vasche di gorgogliamento":

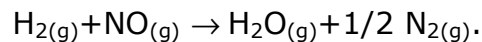


Entrambi gli ultimi due metodi producono grosse quantità di solfato di calcio che debbono essere smaltite. Per questo motivo i costi di questa operazione si sommano in parte al costo dell'energia elettrica prodotta per combustione del carbone.

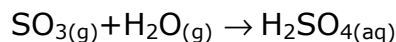
Gli ossidi d'azoto (NO, NO₂) vengono principalmente prodotti per ossidazione dell'azoto atmosferico dovuta alle alte temperature generate dalla combustione del carburante d'autoveicoli. In un primo stadio viene prodotto NO che poi può essere ulteriormente ossidato ad NO₂:



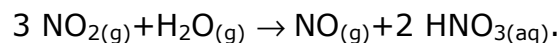
Questi ossidi sono molto più noti per essere anche i fattori chiave dello smog fotochimico. I moderni convertitori catalitici (a base di metalli preziosi quali platino, rodio e talvolta palladio) presenti nelle automobili sono in grado di convertire, tra le loro altre funzioni, l'NO in N₂ con reazioni del seguente tipo:



Gran parte degli effetti dannosi provocati dalle anidridi di zolfo e dagli ossidi d'azoto sono causati dalla formazione di acidi per reazione con l'acqua:



e

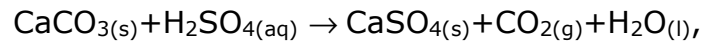


Sono proprio questi i costituenti delle piogge acide, il cui valore di pH può oscillare tra 6,3 e 5 con valori di concentrazione di H⁺ da 5 a 100 volte più alta di quella dell'acqua pura.

Gli effetti dannosi delle piogge acide, che sono particolarmente gravi nelle aree in cui il terreno è costituito prevalentemente da rocce granitiche o da altri materiali incapaci di neutralizzare ioni H⁺, si possono così schematizzare:

- *scomparsa di vita vegetale ed animale dai laghi per forte accumulo di acido;*
- *effetti dannosi su alberi e sulla vita marina;*
- *dilavamento di ioni metallici tossici dal terreno (ad es. alluminio);*

- *erosione di materiali da costruzione come pietre e marmo, gravi deterioramenti a carico di monumenti* (esempio eclatante le Acropoli di Atene). La reazione con marmo è così schematizzata:



il solfato di calcio formato è sufficientemente solubile da essere gradualmente dilavato dalle piogge.

EUTROFIZZAZIONE.

L'*eutrofizzazione* è il termine che indica l'eccessivo accrescimento e moltiplicazione disordinata di vegetali acquatici, soprattutto di alghe, per effetto della presenza nelle acque di dosi assai elevate di sostanze nutritive. Principali responsabili dell'eutrofizzazione sono i composti azotati e fosforati provenienti da scarichi civili o industriali e dal dilavamento dei fertilizzanti in agricoltura.

Secondo i gradi di trofizzazione le acque si possono distinguere in: *oligotrofiche, mesotrofiche ed eutrofiche.*

Le *acque oligotrofiche* sono limpide ed incolori ad occhio nudo; praticamente inodori ed insapori. In esse sono molto scarse le alghe. Il loro contenuto di ossigeno a 20 °C ed 1atm è sui 40 mg/l (il limite di saturazione in ossigeno dell'acqua a questa temperatura e pressione equivale a 44,34 mg/l). Il fosforo (come P) contenuto è minore di 0,001 mg/l mentre l'azoto (come N) meno di 0,03 mg/l.

Le *acque mesotrofiche* sono caratterizzate dalla torbidità ed hanno colore verde e, a ben sentire, sono puzzolenti e di cattivo sapore. Il loro contenuto di ossigeno (20 °C e 1 atm) varia da 2 a circa 20 mg/l. Il fosforo è presente in ragione di circa 0,002 mg/l mentre l'azoto è circa 0,06 mg/l.

Le *acque eutrofiche* sono infestate da alghe, sono assolutamente torbide, verdastre e chiaramente maleodoranti e di pessimo sapore. Il loro contenuto di ossigeno è minore di 2 mg/l (sempre riferito a 20 °C ed 1 atm). Il fosforo è maggiore di 0,01 mg/l e l'azoto più di 0,3 mg/l.

COD e BOD.

Non solo a seguito d'eutrofizzazione, ma anche quando un corpo idrico (acqua di mare, di fiume o di lago) tiene sospese o sciolte sostanze ossidabili tipo solfuri e composti solforosi, nitriti o sali ferrosi, prodotti del metabolismo animale, idrocarburi e la stragrande maggioranza delle sostanze organiche di origine industriale, il corpo diventa inospitale per la fauna ittica e i microrganismi aerobici che dovrebbero promuovere l'attività autodepurante.

Poiché gli inquinanti dei corpi idrici sono in genere sostanze che consumano ossigeno, si può ritenere che lo stato di inquinamento di questi corpi idrici sia correlato con la quantità di ossigeno che è richiesta per eliminare l'azione dei riducenti che li inquinano. La domanda d'ossigeno di un corpo idrico può essere espressa come COD o come BOD.

Il COD (chemical oxygen demand) si riferisce alla *quantità di ossigeno espressa in mg/l necessaria per ossidare chimicamente, in condizioni prefissate, tutte le sostanze ad azione riducente ad eccezione dei cloruri in esso presenti (in quanto ciò non avviene nei corpi idrici naturali).*

Il BOD (biochemical oxygen demand) si riferisce invece alla *quantità di ossigeno espressa in mg/l necessaria per ossidare biologicamente, pure in condizioni prefissate, una parte delle sostanze ad azione riducente che in esso sono presenti.*

Talvolta, ma non sempre, il BOD viene specificato come BOD₅ per indicare che la prova di determinazione è durata 5 giorni. Il BOD₅ rappresenta solo una frazione del totale d'ossigeno occorrente a trasformare completamente le sostanze organiche biodegradabili, perché l'intero processo si svolge in un tempo molto più lungo (circa un mese).

La Royal Commission of Sewage Disposal, l'ente britannico che ha messo a punto il metodo di determinazione del BOD, ritiene molto pulita un'acqua con BOD pari ad 1 ppm, con dubbia presenza di sostanze inquinanti con BOD di 5 ppm e sicuramente inquinata un'acqua con BOD di 10 ppm.

Secondo le vigenti disposizioni di legge le aziende già esistenti in Italia possono scaricare in acque pubbliche effluenti con BOD fino a 250 ppm mentre le nuove aziende devono fornire degli effluenti con BOD massimo di 40 ppm.

Per conoscere le generalità tecnico-analitiche della determinazione del BOD e del COD, si rimanda alla sezione "Determinazioni chimico analitiche".

ELIMINAZIONE DELLE SOSPENSIONI DALLE ACQUE.

I trattamenti per eliminare dalle sospensioni le acque sono: la *grigliatura*, la *sedimentazione*, la *filtrazione* e la *chiaroflocculazione*. Questi sono i cosiddetti "trattamenti preliminari" da attuare prima delle altre ulteriori operazioni lavorative delle acque che verranno descritte successivamente nelle prossime pagine.

La *grigliatura* è utilizzata per eliminare solidi grossolani ed è attuata tramite griglie con determinate dimensioni e forma delle aperture a seconda della pezzatura dei solidi che si intendono eliminare.

La *sedimentazione* (o *decantazione*) è un fenomeno fisico provocato dall'azione della forza di gravità che fa depositare sul fondo il materiale da eliminare; tale processo viene effettuato nei sedimentatori.

La *filtrazione* viene condotta su *filtri a sabbia* sistemata a granulometria crescente dall'alto verso il basso con l'aggiunta di ghiaia e pietrisco. Nei casi in cui il processo di filtrazione risulterebbe eccessivamente lento è possibile utilizzare un *filtro a pressione*, costruttivamente più complesso e quindi più costoso e bisognoso di ben altra manutenzione.

La *chiaroflocculazione* è l'insieme dei processi di coagulazione, flottazione e di sedimentazione. Tale processo è utilizzato per la separazione di sostanze solide allo stato colloidale. L'effetto coagulante si ottiene aggiungendo all'acqua degli elettroliti come $Al_2(SO_4)_3$, $Fe_2(SO_4)_3$ o $FeCl_3$ ovvero dei polielettroliti organici. Il meccanismo di formazione dei fiocchi è detto flocculazione ed alla base di ciò vi sono fenomeni di adsorbimento. La sedimentazione di tali fiocchi, in condizioni adeguate, è lo stadio finale della chiaroflocculazione.

Apparecchiatura di chiaroflocculazione.

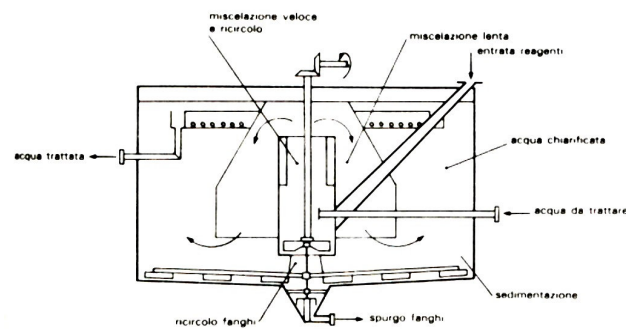
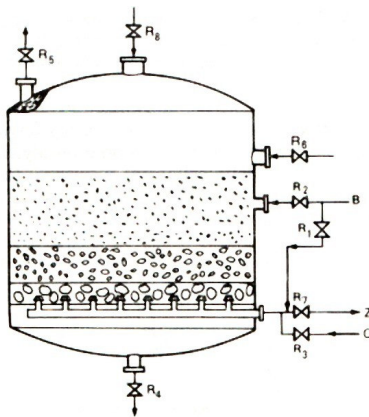


Immagine esplicativa di un filtro a pressione.