

DEPURAZIONE ACQUE.

NOTA 3: TRATTAMENTI BIOLOGICI

Ferruccio Trifirò

Il trattamento biologico è sempre un processo di purificazione delle acque secondario che avviene dopo il trattamento preliminare e primario e prima del terziario e serve per eliminare le sostanze organiche biodegradabili, i composti azotati e, solo parzialmente, i fosfati utilizzando microrganismi. I processi di trattamento biologico possono essere a biomassa sospesa, a biomassa adesa, con un reattore MBR (Membrane Biological Reactor) o con un reattore MBBR (Moving Bed Biofilm Reactor).



Introduzione

In due precedenti note sono stati esaminati i trattamenti meccanici e fisici [1] e quelli chimici [2] per la purificazione delle acque. In questo terzo articolo si esamineranno i trattamenti biologici, che sono quelli più importanti della depurazione delle acque reflue civili ed industriali [3-15]. Il trattamento biologico, utilizzato per eliminare le sostanze organiche biodegradabili ed i composti che contengono azoto ed in piccole percentuali i fosfati, è sempre un trattamento secondario, ossia necessita di un trattamento primario per eliminare le sostanze che sono negative per il trattamento biologico e di un terziario per allontanare le sostanze non rimosse con il trattamento biologico.

Il trattamento biologico

I trattamenti che accompagnano il biologico sono: la denitrificazione, realizzata in assenza di O_2 , la nitrificazione e l'ossidazione, realizzate in presenza di O_2 , la post-denitrificazione, realizzata in assenza di O_2 , e la post-areazione, realizzata in presenza di O_2 . Questi trattamenti sono seguiti sempre dalla flocculazione, dalla sedimentazione/decantazione e dalla filtrazione fanghi.

Il trattamento biologico consiste: a) nella biodegradazione da parte di microrganismi di sostanze organiche presenti nell'acqua da depurare per ossidazione, fino a trasformarle in sostanze più semplici e innocue dal punto di vista ambientale e, infine, a CO_2 ; b) nella trasformazione dell'ammoniaca per ossidazione a nitrati e dopo riduzione ad azoto; c) nella trasformazione delle sostanze organiche disciolte presenti in forma colloidale in composti sedimentabili; d) in un accrescimento della quantità dei microrganismi che vanno nei fanghi a seguito del consumo delle sostanze organiche; e) nella formazione di gas; f) nella formazione di aggregati di sostanza organica e microrganismi in forma di fiocchi. Il meccanismo depurativo si basa sulla degradazione delle sostanze organiche operata da batteri e microrganismi, utilizzando l'ossigeno disciolto nelle acque di scarico o le sostanze organiche ossigenate.

I tipi di microrganismi impiegati sono prevalentemente protozoi (flagellati, amebe, ciliati), alcuni metazoi (nematodi, rotiferi e gastrotrichi, oligocheti e tardigradi), e anche batteri, alghe

flagellate e miceti. Hanno le seguenti funzioni: degradazione, che consiste nell'ossidazione del carbonio organico; fiocco-formatori; nitrificanti-denitrificanti e altri generi che degradano composti del carbonio utilizzando come accettori di elettroni l'ossigeno o anche nitrati e nitriti (respirazione anaerobica); fosforo-accumulanti; filamentosi e zolfo-ossidanti.

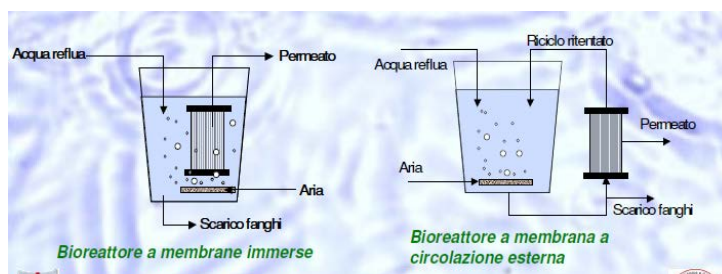
Il BOD₅ ed il COD sono utilizzati come indicatori per il trattamento biologico. Il BOD₅ (Biochemical Oxygen Demand), espresso in mg/l di O₂, rappresenta la quantità di O₂ che viene utilizzata in 5 giorni (120 ore) dai microorganismi aerobi (inoculati o già presenti in soluzione da analizzare) per decomporre (ossidare) al buio e alla temperatura di 20 °C le sostanze organiche presenti in un litro d'acqua o di soluzione acquosa. Il BOD è quindi una misura indiretta del contenuto di materia organica biodegradabile presente in un campione d'acqua o soluzione acquosa.

Il COD (Chemical Oxygen Demand), espresso in mg/l di O₂, rappresenta la quantità di ossigeno necessaria per la completa ossidazione per via chimica dei composti organici ed inorganici presenti in un campione di acqua. Il trattamento biologico è realizzato quando il rapporto ottimale COD/BOD è 1,9-2,4. Le alternative al trattamento biologico sono il trattamento con membrane e l'ossidazione chimica, quando il rapporto COD/BOD > 4, e il trattamento naturale (fitodepurazione e lagunaggio). La fitodepurazione rappresenta un'alternativa vantaggiosa, non solo dal punto di vista ambientale, ma anche economico soprattutto in zone rurali. Il principio di base del processo prevede la coltivazione di piante acquatiche su un idoneo terreno di coltura. Gli elementi inquinanti, diventano sostanze nutritive per le piante coltivate e consentono di restituire all'ambiente acqua depurata, si tratta di un processo che richiede molto spazio e ed è lento, pertanto non è applicabile in tutte le circostanze.

Le condizioni ottimali per il trattamento biologico sono le seguenti: temperatura 25-30 °C; non deve scendere troppo il livello di ossigeno, l'ideale è l'uso di ossigeno non di aria; ci devono essere dei nutrienti N e P non ci devono essere sostanze tossiche e inibenti come metalli pesanti (Cr, Ni, Cu, ecc.) e sostanze organiche tossiche (insetticidi, pesticidi, fungicidi, ecc.) e sali; il rapporto ottimale COD/BOD è 1,9-2,4; deve essere presente una buona agitazione.

Impianti per il trattamento biologico

Gli impianti per il trattamento biologico sono i seguenti: a biomassa sospesa, a biomassa adesa, utilizzo di reattori MBR (Membrane Biological Reactor), utilizzo di reattori MBBR (Moving Bed Biofilm Reactor). Gli impianti a biomassa sospesa (a fanghi attivi) hanno tutti, dopo il trattamento a fanghi attivi, la fase di sedimentazione e di filtrazione per riciclare il fango biologico in parte nella vasca di prima sedimentazione, in parte nella vasca di ossidazione e in parte viene smaltito dopo opportuni trattamenti. Le popolazioni batteriche sono presenti sotto forma di fiocchi tenuti in sospensione attraverso l'insufflazione d'aria (se reattori aerati) o mediante agitatori (se reattori anossici o anaerobici). Gli impianti a biomassa sospesa sono attualmente il sistema più utilizzato per l'elevata efficienza (>90% rimozione BOD₅). I reattori a



fanghi attivi con funzionamento a ciclo discontinuo chiamati reattori SBR (Sequential Batch Reactor) sono sistemi di trattamento a flusso discontinuo in grado di incorporare le diverse fasi di trattamento in un unico bacino, non sono come i

sistemi a fanghi attivi tradizionali, in cui il flusso passa da una vasca alla successiva, ma sono processi che avvengono in una sola vasca, con variazioni del flusso e del volume della vasca. Gli impianti realizzati con tecnologia SBR, sono particolarmente adatti per il trattamento dei reflui domestici di piccole e medie comunità ed in modo particolare degli scarichi industriali, in quanto poco sensibili alle variazioni di carico idraulico ed organico.

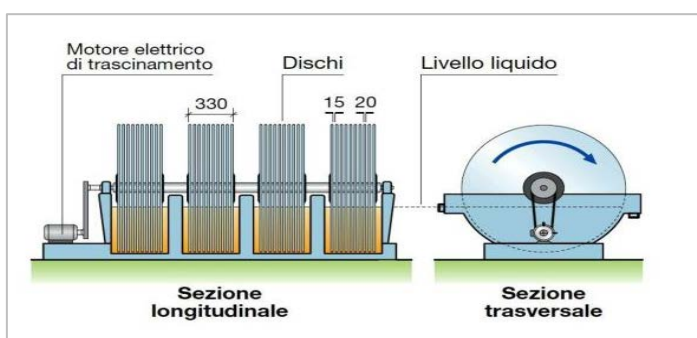
L'impiego di ossigeno invece che di aria per l'ossigenazione consente di avere una maggiore trattamento delle acque reflue, riduce i problemi relativi alla formazione di schiuma, di odori e di emissioni volatili e, quindi, capacità di trattamento a parità di volume utilizzato.

Gli impianti a biomassa adesa sono a letti percolatori, a dischi biologici o a biofiltri, nei quali la biomassa batterica cresce restando adesa ad una superficie. Questi impianti si suddividono in due tecnologie, a supporti fissi e a supporti mobili. Nei sistemi a supporti fissi il liquame scorre attraverso letti percolatori. I sistemi a supporti mobili, come i sistemi a dischi biologici, il supporto si muove semi immerso nel liquame. I sistemi a biomassa adesa non hanno bisogno del ricircolo dei fanghi per garantire l'idonea concentrazione di fanghi attivi nel bioreattore.

Il sistema MBR (Membrane Bio Reactor) è un sistema di depurazione biologica delle acque che consiste nella combinazione del processo tradizionale di depurazione a fanghi attivi e di un sistema di separazione a membrana (generalmente microfiltrazione o ultrafiltrazione) che sostituisce il normale sedimentatore secondario.

I sistemi MBBR (Moving-Bed Biofilm Reactor) sono reattori a biomassa adesa, il fango attivo presente nel comparto di reazione, non si trova in sospensione nell'acqua da trattare, ma attecchisce ad una serie di supporti in materiale plastico e mobili all'interno del reattore biologico. Tali mezzi di supporto sono realizzati in materiale plastico, con una densità prossima a quella dell'acqua, e vengono mantenuti in sospensione.

L'eliminazione dell'azoto avviene con i seguenti trattamenti: pre-dinitrificazione, ossidazione e nitrificazione, post-denitrificazione e post-aerazione. La pre-dinitrificazione è un processo di



riduzione dei nitrati per mezzo dei batteri in ambiente anossico. I microrganismi denitrificanti, metabolizzando la sostanza organica, utilizzano come fonte l'ossigeno dei nitrati riducendo questi ultimi ad azoto. I processi anaerobici producono gas (CH_4 , CO_2 , H_2S) e sviluppano meno fanghi.

Il trattamento di ossidazione-nitrificazione riceve le acque provenienti dalla pre-denitrificazione e tale trattamento avviene in vasca con microrganismi aerobici e nitrificanti. Per mezzo di un sistema di compressione e distribuzione d'aria in microbolle viene fornito ai microrganismi l'ossigeno necessario alla metabolizzazione delle sostanze organiche ed all'ossidazione dell'ammoniaca contenute nel liquame: il processo di ossidazione-nitrificazione determina una crescita batterica e quindi una produzione di fango biologico.

Nella fase di post-denitrificazione avviene lo stesso processo della pre-denitrificazione, con riduzione dei nitrati per mezzo di batteri denitrificanti in ambiente anossico. Nella vasca viene aggiunta una miscela idroalcolica come fonte di carbonio organico e i microrganismi denitrificanti, metabolizzando la sostanza organica, utilizzano come fonte l'ossigeno dei nitrati riducendo questi ultimi ad azoto. La fase di post-aerazione consiste nel sottoporre le acque ad aerazione tramite diffusori a microbolle per ristabilire condizioni aerobiche ed ossidare gli ultimi residui. I fanghi ottenuti nella depurazione delle acque con trattamento biologico vanno per il 16% negli inceneritori, per il 46% nel settore rurale, mentre il 38% viene collocato in discarica.

BIBLIOGRAFIA

- [1] F. Trifirò, *La Chimica e l'Industria Newsletter*, 2019, 6(4), 8.
- [2] F. Trifirò, *La Chimica e l'Industria Newsletter*, 2019, 6(6), 8.
- [3-15] [V. riferimenti della Nota 1](#)