

**UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI NAPOLI  
"FEDERICO II"**



**FACOLTA' DI INGEGNERIA**

*DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA IDRAULICA, GEOTECNICA ED  
AMBIENTALE*

**TESI DI LAUREA IN  
INGEGNERIA PER L'AMBIENTE E IL TERRITORIO**

**EVOLUZIONE TECNOLOGICA PER LA  
DEPURAZIONE DELLE ACQUE REFLUE:  
DAI TRADIZIONALI IMPIANTI A FANGHI  
ATTIVI ALL'INNOVAZIONE DEI  
BIOREATTORI A MEMBRANA (MBR)**

Relatore:  
Ch.mo Prof.  
Gianpaolo Rotondo

Candidato:  
Di Donato Melania  
Matr. 518/554

ANNO ACCADEMICO 2010-2011

Qualsiasi attività umana, sociale, produttiva o ricreativa, richiede ed utilizza un'abbondante quantità di acqua. La conseguenza diretta di questo utilizzo è la produzione di scarichi che, per poter essere restituiti all'ambiente, devono necessariamente essere sottoposti ad un trattamento depurativo.

Il corretto approccio nei confronti delle problematiche ambientali, nel caso specifico il deterioramento della qualità dei corpi idrici recettori, dovrebbe essere quello di ridurre le sorgenti di inquinamento alle fonti. E' in ogni caso vero che la realtà attuale presenta imponenti sorgenti d'inquinamento puntiforme (centri urbani, attività industriali, ecc.), tali da rendere i processi di depurazione ancora molto attuali ed indispensabili in un'ottica di gestione sostenibile delle risorse idriche. Poiché i mari, i fiumi e i laghi non sono in grado di ricevere una quantità di sostanze inquinanti superiore alla propria capacità autodepurativa, l'assenza di trattamenti depurativi comporterebbe la compromissione dei normali equilibri dei rispettivi ecosistemi, nonché della qualità delle acque. Risulta, quindi, evidente la necessità di depurare le acque di scarico attraverso sistemi di trattamento che imitino i processi biologici naturali nei corpi idrici. E' per questo che i trattamenti biologici hanno avuto un maggior successo rispetto ai trattamenti chimico-fisici; tra l'altro il loro rendimento depurativo è alto e raggiunge percentuali di abbattimento degli inquinanti di matrice organica molto elevate

Grazie alla tecnologia e all'energia impiegata, la depurazione risulta molto più veloce ed efficace negli impianti che nei corsi d'acqua. Inoltre, la concentrazione della popolazione microbica è sensibilmente maggiore negli impianti che negli ecosistemi naturali, dato il volume forzatamente limitato delle vasche. Ne consegue la necessità di ricorrere a sistemi di aerazione artificiali, al fine di garantire un'adeguata ossigenazione dei microrganismi, necessaria alla loro crescita, e quindi ai processi depurativi. Data, quindi, l'importanza del processo di aerazione per l'attività biologica e per la depurazione, nel corso degli anni sono state numerose le migliorie e le modifiche apportate a tali sistemi, sia in termini di innovazioni tecnologiche che in relazione ai consumi energetici; questi ultimi, infatti, corrispondono al 45-60% dei consumi energetici totali di un impianto di depurazione.

Tra i sistemi di depurazione per via biologica che, negli ultimi anni, ha riscosso maggior interesse, oltre al tradizionale sistema a fanghi attivi, vi è, senza dubbio, quello denominato MBR (Membrane Biological Reactor), costituito, in sintesi, dall'accoppiamento di un sistema biologico a fanghi attivi con un sistema di filtrazione su membrana per la separazione della biomassa. Gli MBR presentano indubbi vantaggi, in termini sia di elevata qualità dell'effluente depurato che di ridotti ingombri planimetrici e volumetrici, che li rendono particolarmente adatti in molte situazioni, quali quelle dove si rende necessaria l'attuazione di interventi di adeguamento o di potenziamento ai sensi del

D.Lgs. n° 152/06, ovvero dove è richiesto il rispetto di standard di qualità idonei a consentire il riutilizzo dell'effluente depurato in ambito agricolo o all'interno del ciclo produttivo di processi industriali.

Il presente lavoro di tesi riguarda il confronto, economico e funzionale, di due tipologie di sistemi di depurazione biologica, quello a fanghi attivi e il sistema MBR, e si articola in cinque capitoli, che vengono descritti brevemente di seguito:

- il capitolo 1 è dedicato alla legislazione riguardo alla tutela delle acque;
- nel capitolo 2 vengono illustrate le caratteristiche fisiche, chimiche e biologiche delle acque reflue, nonché la descrizione dei processi di trattamento;
- il capitolo 3 è incentrato sulla descrizione dei processi a fanghi attivi, dai parametri fondamentali che li contraddistinguono agli aspetti funzionali e alle possibili problematiche;
- nel capitolo 4 è illustrato il processo MBR, che rappresenta un'innovazione nell'ambito della depurazione biologica;
- il capitolo 5 è interamente dedicato alla comparazione tra due sistemi: contiene una descrizione dei vantaggi di un sistema, che rappresentano gli svantaggi dell'altro e viceversa; vengono fatti degli esempi reali, in base al numero di abitanti equivalenti e alle portate di progetto, che mettono in evidenza le differenze tra i due impianti, soprattutto riguardo ai costi di investimento e a quelli di gestione.

L'obiettivo è stato valutare non solo i vantaggi e gli svantaggi di entrambe i sistemi, ma anche quello di evidenziare la loro efficienza, di analizzarli economicamente, di verificare come attualmente si muove il mercato su questi due fronti per poter ottimizzare i consumi energetici e il processo di depurazione biologica.

La continua e crescente domanda di tutela ambientale sta determinando limiti sempre più stringenti alle caratteristiche degli scarichi in acque superficiali, con la conseguenza di maggiori richieste di trattamento e di livelli di efficienza degli impianti sempre più elevati. La rimozione delle sostanze inquinanti dalle acque reflue, in particolare azoto, fosforo e composti organici, per il raggiungimento dei vincoli di legge, impone una continua ricerca per il miglioramento degli impianti esistenti, con tecnologie sempre più efficienti e, nel contempo, economiche. Per gli impianti a fanghi attivi un parametro fondamentale che ne influenza la gestione è l'ossigeno disciolto, vista la sua influenza sia sui processi biologici, quindi per la crescita batterica ed gli equilibri dei processi di denitrificazione e nitrificazione, che sui consumi energetici e quindi sui costi d'esercizio dell'impianto. In quest'ottica, quindi, il controllo dei sistemi di aerazione e dell'ossigeno disciolto risulta essere una parte molto importante degli impianti di depurazione. Per quanto riguarda i sistemi MBR, dall'analisi dei consumi energetici e dei costi riportati, risulta evidente come per poter raggiungere l'eccellenza tecnologica i sistemi MBR debbano necessariamente ridurre il fabbisogno energetico; ciò è perseguibile attraverso l'introduzione di migliorie tecnologiche, soprattutto per quanto riguarda i sistemi di