

**UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI SALERNO**

**FACOLTA' DI INGEGNERIA**

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



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

***“STUDIO SPERIMENTALE SUI PROCESSI DI  
SEDIMENTAZIONE ASSISTITA PER LA DEPURAZIONE  
DELLE ACQUE REFLUE URBANE”***

Relatore:

Ch.mo Prof. Ing.

**Giovanni De Feo**

Candidato:

**Sabino De Gisi**

Matr: 167/000058

Correlatore:

Dott. Chim.

**Maurizio Galasso**

**ANNO ACCADEMICO 2005-2006**



# INDICE GENERALE

## I. Introduzione

### Capitolo 1

## II. I processi di sedimentazione assistita per il trattamento delle acque reflue urbane

1.1	Introduzione	3
1.2	La coagulazione	3
1.2.1	Definizioni di base	4
1.2.2	Caratteristiche delle particelle presenti nelle acque reflue	5
1.2.3	I meccanismi di destabilizzazione	13
1.2.3.1	Destabilizzazione delle particelle mediante specie ioniche ed elettroliti agenti sul potenziale	13
1.2.3.2	Destabilizzazione e aggregazione delle particelle con polielettroliti	16
1.2.3.3	Destabilizzazione e rimozione delle particelle a mezzo di ioni metallici idrolizzati	18
1.3	La sedimentazione assistita nell'ambito del trattamento delle acque reflue urbane	28
1.3.1	Descrizione del processo	28
1.3.2	L'uso di cloruro ferrico e del polianionico nella sedimentazione assistita – Caso studio	32
1.3.3	L'uso di polimeri organici solubili per il trattamento delle acque reflue – Caso studio	38

## Capitolo 2

III.	<b>Materiali e metodi</b>		
	2.1	<b>Introduzione</b>	39
	2.2	<b>Descrizione dell' impianto oggetto di studio</b>	39
	2.3	<b>Attività di campionamento</b>	42
	2.4	<b>Attività di laboratorio</b>	45
	2.4.1	Parametri misurati	45
	2.4.2	Modalità di prove e loro descrizione	57
	2.4.3	Metodiche analitiche	77
	2.4.4	Preparazione delle soluzioni madre	86
	2.4.5	Strumenti analitici	88

## Capitolo 3

IV.	<b>Risultati e discussione</b>		
	3.1	<b>Introduzione</b>	94
	3.2	<b>Prove di chiariflocculazione sul refluo urbano e scelta del coagulante ottimo</b>	94
	3.2.1	Le caratteristiche di un buon coagulante per la CAPS	94
	3.2.2	Raccolta dei dati delle prove di chiariflocculazione sul refluo urbano	96
	3.2.3	La scelta del coagulante e del suo dosaggio ottimo	129
	3.3	<b>Prove di chiariflocculazione sul refluo urbano con il coagulante ottimo</b>	131
	3.4	<b>Stima della produzione di fango primario nel caso della sedimentazione naturale e della sedimentazione assistita</b>	135
	3.5	<b>Simulazione della sedimentazione assistita su scala reale</b>	140

3.5.1	Il caso della sedimentazione naturale	142
3.5.2	Il caso della sedimentazione assistita	150
3.5.3	Il confronto tra i due casi	155
<b>3.6</b>	<b>Prove di chiariflocculazione sul refluo urbano contenente i tannini mediante l'utilizzo dell' Ecofloc CP</b>	<b>159</b>
<b>3.7</b>	<b>Caratterizzazione delle soluzioni madre di tannino considerate</b>	<b>161</b>
<b>3.8</b>	<b>Prove di biodegradabilità delle soluzioni madre di tannino</b>	<b>166</b>
<b>3.9</b>	<b>Conclusioni e linee di sviluppo</b>	<b>169</b>

#### Capitolo 4

V.	<b>Conclusioni</b>	
4.1	<b>Conclusioni</b>	171
VI.	<b>Riferimenti bibliografici</b>	175
VII.	<b>Appendice A</b>	177
	<b>Appendice B</b>	210

## INTRODUZIONE

La depurazione delle acque reflue sia urbane che industriali, è un argomento di grande attualità ed anche uno dei più studiati nell'ambito dell'ingegneria ambientale.

I principali temi sui quali si concentrano gli studi dei ricercatori e dei tecnici sono la ricerca di nuovi processi di trattamento, l'ottimizzazione di quelli esistenti, lo studio della possibilità di riutilizzo delle acque reflue e, più in generale, l'upgrading e l'ottimizzazione della gestione dei singoli impianti di depurazione, nonché degli schemi depurativi.

Questo lavoro di tesi si propone di affrontare lo studio dell'ottimizzazione dei processi depurativi con riferimento alle acque reflue urbane ed alla fase di sedimentazione.

Il processo che si è indagato in dettaglio è noto in letteratura scientifica con l'acronimo CAPS (Chemically Assisted Primary Sedimentation) e corrisponde alla "sedimentazione assistita"; si tratta di un processo di natura chimica da applicare in un impianto per la depurazione dei reflui urbani dotati di un trattamento primario e consiste nell'aggiunta di un reattivo chimico al refluo urbano in modo da incrementare il rendimento depurativo della sedimentazione naturale per ciò che riguarda i solidi sospesi totali senza interferire sui trattamenti biologici successivi.

Il termine assistito fa riferimento, appunto al contributo migliorativo che il reattivo fornisce al processo di sedimentazione naturale.

Un siffatto processo è di solito applicato con successo negli impianti a "precipitazione chimica" costruiti appositamente per il trattamento dei reflui industriali; è da sottolineare però che quando si parla di sedimentazione assistita si fa riferimento esclusivamente ad un processo applicato su impianti per il trattamento dei reflui urbani.

Di conseguenza, con questo lavoro di tesi viene affrontato il problema dell'introduzione di un processo di natura chimica in un impianto progettato con un trattamento secondario di natura biologica, costruito appunto sul "solo biologico."

Quindi, la pretesa è quella di dimostrare che è possibile introdurre con successo e a costi sopportabili un processo di natura chimica in un impianto pensato e progettato per poter funzionare con processi fisici e biologici (ci si riferisce sempre alla linea acqua), complicando da un lato lo schema del processo depurativo (senza interferire sui processi biologici) e dall'altro, ottenendo degli ottimi risultati sia sul refluo che sul fango in uscita dal depuratore.

L'esigenza dell'introduzione di un siffatto processo chimico, oltre al miglioramento delle caratteristiche del refluo in uscita dall'impianto, è dovuta anche alla presenza nelle acque reflue urbane di alcuni reflui industriali che, pur essendo ammessi dalla normativa attuale, possono provocare problemi fastidiosi alla gestione dell'impianto.

Il lavoro sperimentale che viene presentato è strutturato in quattro capitoli ed è articolato nello stesso modo di un articolo scientifico, presentando dapprima le basi teoriche per poter capire la sperimentazione e poi successivamente i materiali, i metodi e la sintesi dei risultati ottenuti.

Nel capitolo 1 ("I processi di sedimentazione assistita per il trattamento dei reflui urbani") viene descritta la teoria della coagulazione ed il processo di sedimentazione assistita, che appunto si basa sul meccanismo della coagulazione.

Nel capitolo 2 ("Materiali e metodi") vengono presentate le modalità di prova effettuate in laboratorio, i materiali utilizzati e le metodiche seguite per ogni singola prova.

Nel capitolo 3 ("Risultati e discussione") vengono presentati dapprima i dati ottenuti nel corso dell'attività di laboratorio e successivamente tutte le elaborazioni su di essi effettuate.

Infine il capitolo 4 ("Conclusioni") sintetizza le conclusioni dei singoli capitoli e sottolinea l'importanza del vivere un'esperienza di laboratorio.

## **CAPITOLO 4**

### **CONCLUSIONI**

#### **4.1 Conclusioni**

Il seguente lavoro sperimentale si inserisce nell'ambito del tema della depurazione delle acque di rifiuto prodotte sia dagli agglomerati urbani che dalle zone industriali.

Il tema della depurazione delle acque di scarico è molto importante per l'uomo e la sua condizione igienica in relazione al fatto che molte gravi malattie sono correlate proprio all'acqua inquinata da agenti patogeni.

La prima risposta normativa alla problematica della depurazione delle acque nel nostro paese risale al 1976, con la legge numero 319 del 10 maggio; attualmente il testo unico 152/2006 legifera nel suddetto settore.

L'esigenza che è emersa in questi anni è quella di provvedere alla costruzione di impianti di depurazione in numero tale da ricoprire la "domanda di depurazione" su tutto il territorio nazionale, mediante l'investimento di risorse per la costruzione di nuovi depuratori o per l'adeguamento strutturale degli impianti attualmente esistenti.

E' da dire che molti importanti impianti di depurazione nel nostro paese sono stati realizzati nel periodo in cui ha operato la "Cassa del Mezzogiorno". Di conseguenza, tenendo in considerazione il fine dell'operato del suddetto ente istituzionale, in molti casi si sono costruiti impianti non correttamente dimensionati e tali da far emergere problematiche gestionali di difficile risoluzione.

Per molti di loro, il poter funzionare in maniera corretta, ha necessitato e necessita tuttora di operazioni di adeguamento, soprattutto in relazione alle nuove problematiche emerse in questi ultimi anni nel settore dell'ambiente.

Limiti più restrittivi sull'efficienza di depurazione degli impianti, interventi finalizzati alla minimizzazione degli odori e del rumore, possibili incrementi dell'utenza da servire, il riutilizzo delle acque reflue in agricoltura, rappresentano gli aspetti di "upgrading" di maggior interesse all'attualità.

Le soluzioni da proporre al fine di un adeguamento devono evitare gli interventi finalizzati al semplice ampliamento dei comparti esistenti, anche se la scelta della soluzione ottimale va effettuata caso per caso, tenendo in conto sia dei risultati tecnici che si vogliono conseguire sia dell'aspetto economico del progetto.

Il processo presentato in questo lavoro sperimentale si inserisce a pieno titolo negli interventi di upgrading di impianti di depurazione già esistenti ed è finalizzato ad incrementare l'efficienza depurativa di un impianto per il trattamento delle acque reflue urbane.

Esso amplia l'insieme delle scelte di adeguamento attualmente esistente e si presenta come un processo innovativo capace di elevare la qualità del refluo e del fango all'uscita dell'impianto tenendo soprattutto in considerazione l'aspetto economico, che data la scarsità dell'assegnazione delle risorse all'attualità, si presenta di fondamentale importanza.

Il processo di sedimentazione assistita consiste nell'adozione di un reattivo chimico, che dosato nel refluo urbano in ingresso all'impianto, è in grado di incrementare l'efficienza di rimozione dei solidi sospesi totali di una vasca di sedimentazione primaria in un impianto a "schema classico" già esistente.

La scelta del reattivo rappresenta il cuore del problema, in quanto occorre tenere in conto sia degli obiettivi da raggiungere (il miglioramento dell'efficienza di depurazione dell'impianto) che dei trattamenti biologici e chimici successivi al comparto nel quale applicare la sedimentazione assistita.

A tal fine è da dire che in un impianto a schema classico nel quale si vuole applicare la sedimentazione assistita, la presenza del trattamento secondario di natura biologica corrisponde ad un vincolo per ciò che riguarda la scelta del reattivo chimico, in quanto reattivi "sbagliati" possono inibire i processi biologici che appunto avvengono nei comparti di denitrificazione ed aerazione/nitrificazione.

E' da dire che in questo lavoro di tesi, avendo provato diversi coagulanti, il coagulante ottimale utilizzato non altera la bontà dei processi ossidativi del trattamento secondario.

Oltre al miglioramento delle caratteristiche del refluo all'uscita dell'impianto, l'applicazione della sedimentazione assistita consente di ottenere anche i seguenti vantaggi:

- alleggerimento del carico organico sul trattamento secondario di natura biologica;
- avere una produzione di fango secondario minore e di qualità superiore rispetto al caso dello scenario senza l'applicazione della sedimentazione assistita;
- la possibilità di destinare il fango secondario ad un suo utilizzo in agricoltura, secondo quanto stabilisce il D.Lgs del 27 gennaio 1992, n. 99;
- incrementare la produzione di fango primario in modo da avere un aumento della produzione di gas biologico;
- diminuire il consumo di ossigeno (e quindi di corrente elettrica) per ciò che riguarda il trattamento di aerazione/nitrificazione, a causa dell'abbassamento del fattore di carico organico dovuto ad un incremento delle percentuali di abbattimento dei solidi sospesi totali e

del BOD<sub>5</sub> a seguito dell'applicazione della sedimentazione assistita a monte del trattamento secondario;

- migliorare la disidratabilità del fango a monte del trattamento di disidratazione meccanica, in modo da eliminare il condizionamento chimico del fango.

Il seguente lavoro sperimentale è stato articolato con una struttura simile a quella di un articolo scientifico, presentando dapprima le basi teoriche per poter comprendere il trattamento di sedimentazione assistita, poi i materiali ed i metodi utilizzati nel corso dell'attività di laboratorio, ed infine la raccolta e la discussione dei dati provenienti dalle diverse prove effettuate.

Nel primo capitolo si sono presentate le nozioni teoriche riguardanti il processo di coagulazione e di sedimentazione assistita; l'aggiunta del coagulante al refluo da trattare e che schematizziamo come una sospensione colloidale, destabilizza la sospensione stessa rendendo l'intensità delle forze di attrazione tra le singole particelle (Van der Waals) superiore all'intensità delle forze di repulsione tra le particelle. In queste condizioni le particelle tendono ad aggregarsi e a raggiungere una dimensione sufficiente per poter sedimentare.

Nel secondo capitolo sono stati presentati i materiali e i metodi riguardanti l'attività di laboratorio svolta all'impianto di depurazione consortile del Partenio e dell'alta valle del fiume Sabato; si sono presentate nel dettaglio tutte le procedure di laboratorio utilizzate, gli strumenti analitici presenti nel laboratorio e in generale tutto ciò che riguarda il "modus operandi" seguito nel corso del lavoro sperimentale.

Nel terzo capitolo sono stati raccolti i dati delle prove di laboratorio svolte nell'impianto oggetto di studio, sviluppando gli stessi in modo da saggiare la bontà dell'applicazione della sedimentazione assistita in un impianto a schema classico già esistente e con un trattamento secondario di natura biologica.

Si è osservato che il prodotto scelto, l'Ecofloc CP commercializzato dalla Bierrechimica s.r.l. di Fisciano (SA), è in grado di migliorare l'efficienza depurativa del refluo all'uscita della vasca di sedimentazione primaria e di non creare problemi al trattamento secondario di natura biologica successivo con una spesa compatibile con la gestione di un impianto di depurazione per reflui urbani.

Infine un'ultima osservazione va fatta su ciò che riguarda l'attività di laboratorio e in generale l'esser partecipi alle operazioni di gestione e di manutenzione di un impianto di depurazione.

Non può far altro che aumentare il desiderio di curiosità nell'imparare i meccanismi di gestione di un impianto, i quali difficilmente rimangono costanti potendo variare nel tempo in base alle nuove esigenze che si presentano.

Ed è proprio l'affrontare nuovi problemi in un impianto per il trattamento delle acque reflue urbane, il motivo della realizzazione di questo lavoro sperimentale, il quale si prefigge come ulteriore obiettivo quello di creare un precedente nell'ambito dell'approccio al problema della sedimentazione assistita.