

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI NAPOLI “FEDERICO II”

SCUOLA POLITECNICA E DELLE SCIENZE DI BASE
Dipartimento di Ingegneria Civile, Edile e Ambientale



Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria per l’Ambiente ed il Territorio
(Classe delle Lauree magistrali in Ingegneria per l’Ambiente ed il Territorio, Classe LM-35)

Tesi di Laurea

*“Stima delle costanti cinetiche dei processi biologici aerobici previsti
per l’ampliamento dell’impianto di depurazione delle acque reflue
dell’Area Casertana”*

Relatore:
Prof. Ing. Francesco Pirozzi

Candidata:
Maria Grazia Pascarella

Correlatore:
Ing. Vincenzo Luongo

Matr. M67/292

Anno Accademico 2015/2016

Abstract

Obiettivo principale del presente elaborato di tesi riguarda la stima delle costanti cinetiche dei processi biologici aerobici in funzione presso l'impianto di depurazione "Area Casertana" sito in Marcianise (CE). Le attività di tesi svolte in tale contesto possono essere suddivise in due fasi ben distinte: la prima, preliminare, svolta presso l'impianto di depurazione sotto la supervisione dei tecnici in servizio presso lo stesso, ed una seconda, puramente sperimentale, tenuta presso il Laboratorio di Analisi e Ricerche Ambientali del Dipartimento di Ingegneria Civile, Edile e Ambientale dell'Università di Napoli "Federico II".

La prima fase di estrapolazione e analisi dei dati, tenuta durante l'attività di tirocinio, è stata incentrata al controllo dell'andamento depurativo dell'impianto. Questo è stato progettato per il trattamento delle acque reflue urbane di 16 comuni (numero di abitanti equivalenti complessivo di 803.000) e presenta, allo stato attuale, un trattamento biologico costituito da una unità di reazione di tipo a fanghi attivi realizzata negli anni '70 dalla Cassa per il Mezzogiorno. Vale la pena sottolineare che la normativa allora in vigore fosse la legge Merli (1976) abrogata successivamente dal più stringente, soprattutto riguardo ai composti azotati, D.M. 152/2006. A tal scopo, è stata accettata una proposta di riammodernamento dell'impianto che verrà adeguato nell'anno 2018. In sostanza, sono state eseguite analisi di natura chimico – fisica di routine normalmente attuate allo scopo di verificare che i parametri normativi previsti dal D.M. 152/2006 per lo scarico in acque superficiali risultassero rispettati.

La seconda fase ha previsto il prelievo e lo studio del fango attivo dalla vasca di ossidazione biologica dell'impianto finalizzati alla stima delle costanti cinetiche relative alle biomasse eterotrofe ed autotrofe che operano la degradazione biologica rispettivamente della sostanza organica e dei composti azotati. La loro valutazione ha consentito di verificare l'efficienza depurativa dell'impianto in esame fornendo, contestualmente, dati utili al corretto dimensionamento dell'adeguamento previsto.

Le costanti cinetiche di una generica biomassa batterica sono solitamente studiate grazie alle ben note equazioni di Michaelis-Menten e di Monod. Queste esprimono il legame esistente tra il consumo di un generico substrato nel tempo e la crescita, nello stesso, della quantità di biomassa che ne opera la degradazione. Nel presente lavoro di tesi, la tecnica attraverso la quale è stata possibile la determinazione sperimentale di tali costanti è detta Respirimetria e relaziona il

consumo di ossigeno disciolto all'interno di un campione di fango all'attività delle biomasse batteriche operante i processi di degradazione dei substrati (Figura 1).

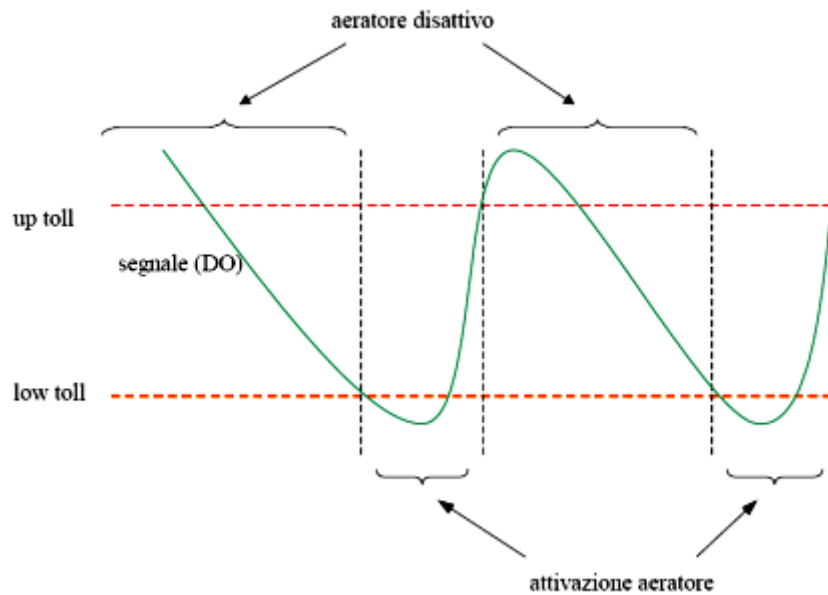


Figura 1. Andamento tipico dell'ossigeno disciolto nel tempo relativo ad un generico test respirometrico

La Respirometria, dunque, misura la respirazione della biomassa a seguito della degradazione del substrato ed è rappresentata schematicamente dal profilo dell'OUR (Oxygen Uptake Rate). Il tasso di respirazione della biomassa si ricava dalla pendenza di un tratto decrescente di ossigeno in assenza di aerazione. Per ottenere una sequenza di valori di OUR nel tempo è necessario disporre di una successione di tratti decrescenti di ossigeno disciolto, ricavati alternando fasi di aerazione e di non aerazione. Le indagini condotte in questo lavoro sono state possibili grazie all'utilizzo di un moderno respirometro di tipo elettrochimico prodotto da un'azienda spagnola specializzata, BM Advance Respirometer.

Le costanti cinetiche stimate in tale lavoro sono state il tasso di crescita della biomassa μ_{max} , il tasso di decadimento endogeno b ed il coefficiente di resa cellulare Y per entrambe le biomasse prese in considerazione. Vale la pena sottolineare, inoltre, l'utilizzo di due distinti approcci metodologici per le prove eseguite: Cyclic-OUR e Dynamic-OUR. Il primo, di tipo statico, prevede l'immissione discontinua dell'ossigeno e controllata mediante un ossimetro. Vengono fissati valori limite di ossigeno disciolto entro i quali è possibile evitare condizioni di ossigeno limitante con accensioni controllate dell'aeratore. Il secondo approccio è di tipo dinamico, cioè prevede l'immissione continua di ossigeno, controllata direttamente dal software del respirometro. A differenza della Cyclic-OUR, metodologia ampiamente consolidata dalla letteratura scientifica, la Dynamic-OUR, ancora oggi in fase sperimentale, ha consentito di stimare molto più agevolmente i parametri cinetici relativi alla biomassa autotrofa operante nella fase biologica dell'impianto in studio. Per

quanto riguarda i batteri nitrificanti, infatti, la tecnologia tradizionale risulta spesso poco affidabile, e i valori medi riportati in letteratura sono solitamente compresi in ampi range.

Vengono nel seguito riportati, a titolo di esempio, due dei test respirometrici condotti durante l'attività sperimentale.

Coefficiente di resa cellulare eterotrofa Y_H

La prova riguarda la stima del coefficiente di resa cellulare eterotrofa Y_H . Tale valore è solitamente adimensionale, ed è un parametro di grande interesse in quanto consente di stimare la quantità di fango che viene generata in un impianto reale a partire dalla concentrazione di sostanza organica in ingresso al trattamento. Infatti, ulteriore unità di misura che solitamente viene utilizzata è KgVSS/KgS, ovvero rapporto nel tempo tra la massa di Solidi Sospesi Volatili, indicatori indiretti della sostanza organica presente in un campione di fango attivo, e la massa di Sostanza organica degradata dalla fase biologica dell'impianto di depurazione.

Sono previste tre iniezioni consecutive di substrato organico sintetico (Acetato di Sodio) somministrate facendo attenzione che il rapporto tra substrato e microrganismi in vasca (F/M) sia pari a 0.05. Questo valore, chiaramente molto modesto, viene settato in maniera tale da poter considerare costante la biomassa attiva agente all'interno del sistema. Si considera, infatti, che non vengano a determinarsi reazioni di sintesi di nuova biomassa cellulare. Successivamente ad ogni dosaggio del substrato, il respirogramma mostra un incremento della velocità di respirazione rispetto ai valori di OUR endogeno. Le prime due curve vengono previste per la semplice acclimatazione della biomassa al tipo di substrato (sintetico) somministrato, mentre la vera e propria stima del coefficiente Y_H avviene attraverso la terza parte del respirogramma (Figura 2).

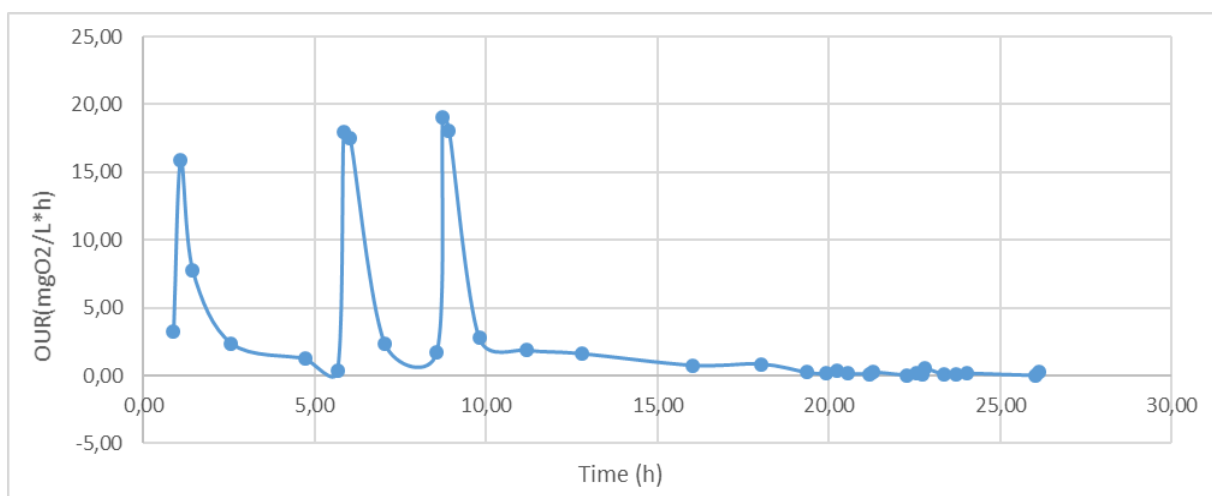


Figura 2. Respirogramma ottenuto per la valutazione del coefficiente di resa cellulare della biomassa eterotrofa.

Infatti, misurando l'area sottesa al terzo picco di OUR, ovvero la quantità di ossigeno consumato a seguito dell'immissione del substrato, e relazionandola alla quantità di substrato organico immesso all'interno del reattore, è possibile ricavare con una semplice equazione di bilancio di massa (equazione 1) il valore del parametro ricercato.

$$Y_H = 1 - \frac{\Delta O_2}{\Delta COD_{biodegradato}} \quad (1)$$

Nel caso sperimentale in esame il valore di Y_H ottenuto risulta perfettamente in accordo con la letteratura di settore e pari a 0.62. Chiaramente in un fango della depurazione sono sempre presenti microrganismi autotrofi che possono falsare la misura dell'ossigeno consumato a seguito dell'immissione del substrato. Per tale motivo, per tutti i test relativi alla biomassa eterotrofa, è stata somministrata alliltiorea, un inibitore dell'attività dei batteri nitrificanti.

Tasso di decadimento endogeno della biomassa autotrofa b_A

Il tasso di decadimento endogeno rappresenta la velocità con la quale la biomassa decade, ovvero fisiologicamente smette di vivere. Questa viene convertita in substrato organico disponibile alla frazione di microrganismi ancora attiva all'interno di un sistema biologico, determinando un relativo consumo di ossigeno utile alla sua degradazione. Solitamente viene misurato in d^{-1} .

La stima del tasso di decadimento endogeno della biomassa autotrofa b_A è stata possibile mediante la valutazione dell'OUR a mezzo di un test Cyclic-OUR. La prova è stata avviata in assenza di substrati, registrando il profilo dell'OUR che, in questa particolare condizione, dipende esclusivamente dal decadimento cellulare delle due biomasse (eterotrofa ed autotrofa). Successivamente (Figura 3) è stata somministrata una dose contenuta di cloruro di ammonio ($5mgNH_4Cl/L$) al fine di stimolare l'attività dei nitrificanti con incremento del consumo di ossigeno.

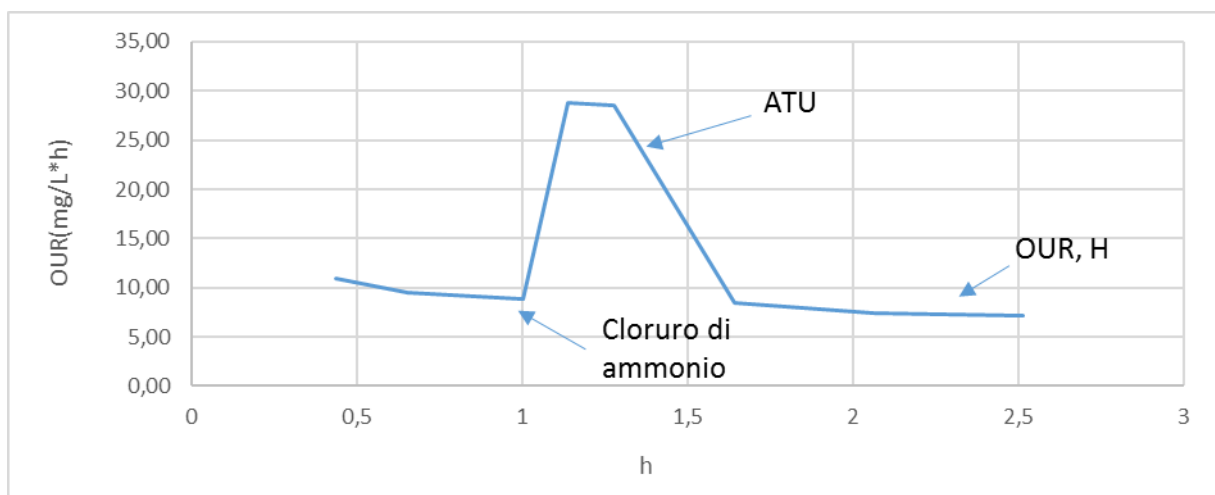


Figura 3. Respirogramma ottenuto per la valutazione del tasso di decadimento endogeno della biomassa autotrofa.

Raggiunto un valore elevato del tasso di respirazione dei microrganismi autotrofi è stata aggiunta alliltiorea, con l'effetto di inibire bruscamente la degradazione di azoto ammoniacale (NH_4Cl) precedentemente somministrato. A questo punto è stato possibile riferire l'OUR misurato, nella fase iniziale dovuto ai contributi dell'attività delle due biomasse, alla sola respirazione dei microrganismi eterotrofi operanti nel respirometro. Ricavati, quindi, i valori di OUR allo stato di decadimento endogeno, e ripetendo il test con differenti fattori di diluizione, è stato possibile ricavare la concentrazione di biomassa autotrofa ed il tasso di decadimento endogeno tramite la relazione seguente:

$$X_A = \text{OUR}_{\text{end,A}} / (f_{\text{CV}} * b_A) \quad (2)$$

in cui b_A ed X_A sono le uniche incognite poiché f_{CV} è un semplice fattore di conversione sperimentale pari a 1.42. Disponendo dunque di test ripetuti e ipotizzando che il rapporto tra la biomassa autotrofa ed i solidi volatili utilizzati in ciascun test sia una caratteristica intrinseca del fango analizzato, è stato possibile ricavare il valore del tasso di decadimento endogeno di 0.025 d^{-1} .