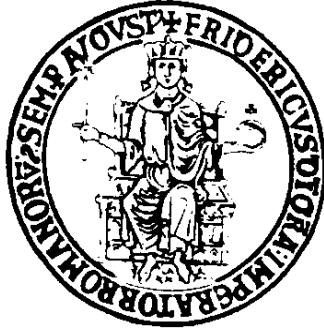


UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI NAPOLI “FEDERICO II”



Scuola Politecnica e delle Scienze di Base

Dipartimento di Ingegneria Civile, Edile e Ambientale

CORSO DI STUDIO IN INGEGNERIA PER L'AMBIENTE E IL TERRITORIO

TESI DI LAUREA

**“ANALISI SPERIMENTALI DELLE PRESTAZIONI DI DUE IMPIANTI DI DIGESTIONE
ANAEROBICA IN SCALA DI LABORATORIO, ALIMENTATI CON LA FRAZIONE
ORGANICA DEI RIFIUTI SOLIDI URBANI”**

Relatore

Ch.mo Prof. Ing. Francesco Pirozzi

Candidata

***Maria Domenica Gigi
matricola M67/105***

Correlatore

Ing. Luigi Frunzo

Anno Accademico 2013 - 2014

Abstract

La crescita esponenziale della popolazione mondiale e il conseguente incremento della domanda energetica necessaria allo sviluppo e all'attuazione delle attività ad essa connessa, ha inevitabilmente portato, negli ultimi decenni, alla formazione di due grosse problematiche, da un lato si è riscontrata una sempre maggiore richiesta energetica, dall'altro una sempre maggiore produzione di rifiuti.

L'elevato bisogno energetico ha portato ad un sempre maggiore utilizzo dei combustibili di natura fossile, utilizzo che ha contribuito al peggioramento delle condizioni ambientali, condizioni che hanno altresì risentito dell'aumento del quantitativo di rifiuto da smaltire.

In tale contesto s'inserisce il presente lavoro di tesi, nel quale, al fine di affrontare il problema inerente allo smaltimento della frazione organica dei rifiuti solidi urbani, viene individuata, quale possibile strategia, l'applicazione di processi biologici volti a:

- Impiegare nel modo più razionale ed economico possibile le risorse utilizzate (materie prime ed energia);
- Minimizzare la quantità di scarti e residui (gassosi, liquidi e solidi) derivanti dall'attuazione di tali processi.

A tal uopo, l'attività di sperimentazione ha previsto il controllo e il monitoraggio di due differenti impianti, in scala di laboratorio, di DIGESTIONE ANAEROBICA; si tratta di uno dei processi più promettenti per il trattamento della FORSU (Frazione Organica dei Rifiuti Solidi Urbani) e di biomasse, a valle del quale è possibile ottenere, quale prodotto delle trasformazioni biologiche attuate, una miscela gassosa, dall'elevato potere calorifico, costituita prevalentemente da metano e biossido di carbonio. Oltre al vantaggio derivante dal recupero del biogas, e quindi dalla produzione di energia elettrica e termica da fonti rinnovabili, va considerato che, dal punto di vista ambientale, l'applicazione della digestione anaerobica attua una mitigazione non trascurabile dell'effetto serra; infatti, rispetto ai processi anaerobici per il trattamento dei rifiuti organici, tale applicazione consente di limitare considerevolmente le emissioni di biossido di carbonio (CO₂) in atmosfera. L'effluente della digestione anaerobica viene usualmente denominato digestato, matrice solida dall'elevato tenore di azoto, dal quale è possibile ottenere, previo pretrattamenti, diversi fertilizzanti utilizzabili nell'ambito dell'agricoltura.

Nello specifico, quindi, la digestione anaerobica è un processo biologico complesso attraverso il quale, in condizione di anaerobiosi, avviene la decomposizione della sostanza organica presente nel substrato in ingresso; a seconda della tipologia di sostanza organica digerita e delle condizioni alle quali ha luogo il processo, è possibile sfruttare le reazioni metaboliche sinergiche di differenti famiglie microbiche, batteri idrolitici, batteri acidificanti (acetogeni ed omoacetogeni) e batteri metanigeni, al fine di ottenere un prodotto gassoso del processo costituito per circa i 2/3 da metano (CH_4). La percentuale di metano nel biogas varia tra un minimo del 50% fino ad un massimo dell'80% (Crpa, Reggio Emilia).

Affinché il processo abbia luogo è necessario che l'attività batterica avvenga in condizioni ottimali e controllate; a tal proposito la necessità di avere sistemi sempre più affidabili e innovativi suggerisce il confronto tra le due configurazioni impiantistiche più diffuse e utilizzate in tutta Europa:

- Digestione anaerobica in reattori Monostadio;
- Digestione anaerobica in reattori a Doppio stadio (Bi-stadio).

Nel primo caso le diverse reazioni metaboliche avvengono nello stesso ambiente di reazione, in cui è possibile creare un delicato equilibrio che, a fronte di una maggiore semplicità gestionale, consente rese produttive inferiori. Negli ultimi anni, invece, sono state sviluppate soluzioni tecnologiche alternative con finalità di incrementare il carico e ottimizzare il processo in termini di resa di biogas prodotto. Particolare interesse è stato rivolto, quindi, ai processi "a doppio-stadio", che sfruttano la possibilità di realizzare due ambienti distinti di reazione, il primo in cui avviene l'Acidificazione ed il secondo in cui avviene la Metanizzazione.

La sperimentazione, condotta presso il Laboratorio di Analisi e Ricerche Ambientali (LARA) del Dipartimento di Ingegneria Civile, Edile e Ambientale (DICEA), ha visto l'utilizzo di due reattori in scala di laboratorio, monostadio e bi-stadio, messi a punto al fine di valutare e confrontare, l'efficienza prestazionale delle due differenti tecnologie impiantistiche adottate. Nella seguente figura vengono mostrati entrambi gli impianti e il sistema di misurazione volumetrico del biogas prodotto (Figura 1).

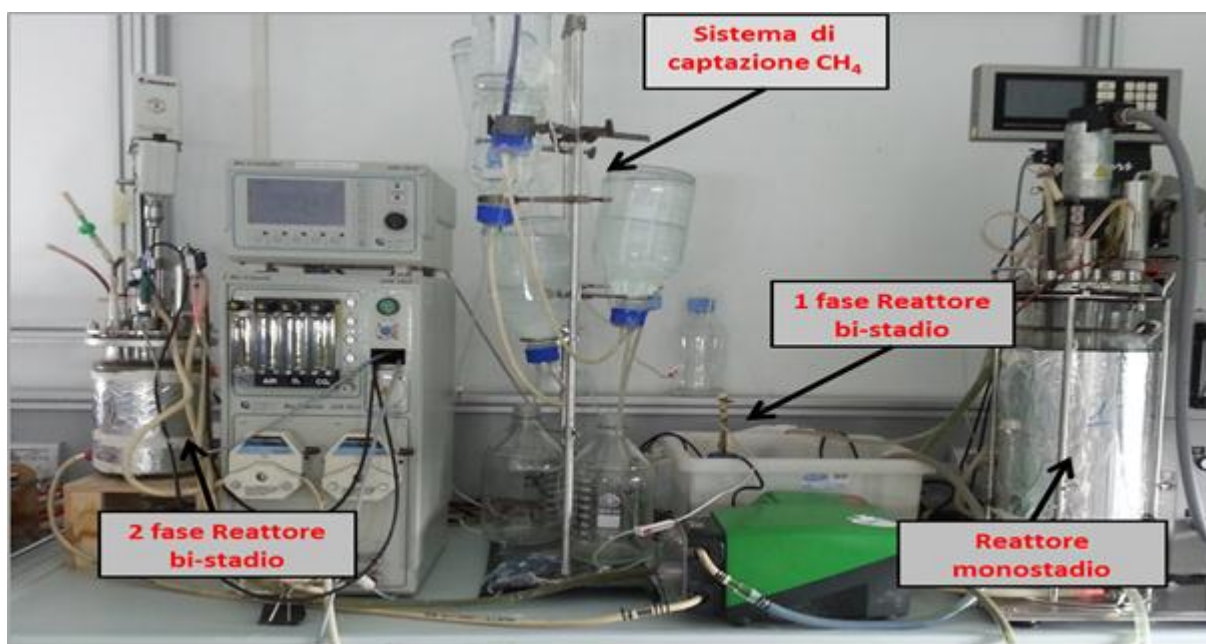


Fig. 1 – Configurazioni impiantistiche Monostadio e Bi-stadio in scala di laboratorio

Lo studio è finalizzato a verificare la stabilità delle due differenti configurazioni impiantistiche adoperate al variare del carico organico fornito in forma di substrato; a partire da una condizione di stabilità iniziale, è stato osservato il differente comportamento dei due reattori in condizioni di sovralimentazione, indotta, nello specifico, dall'utilizzo di un maggior Organic Loading Rate (OLR fattore di carico organico) fornito ai reattori. In questo modo, attuate le necessarie contromisure, è stato possibile osservare la capacità di ripresa dei due differenti impianti pilota.

I due reattori CSTR (Continuous Stirred Tank Reactor) sono stati alimentati quotidianamente, in modalità semi-continua, con un substrato, preparato in laboratorio, rispondente alle caratteristiche medie europee della FORSU; i processi sono stati condotti alla temperatura di 38°C grazie all'utilizzo di un fango mesofilo proveniente da un digestore anaerobico reale.

Sono state, inoltre, eseguite tutte le analisi necessarie alla determinazione dei principali parametri di stabilità del processo: pH, alcalinità, rapporto FOS/TAC, produzione di biogas, concentrazione degli acidi volatili grassi (VFAs), azoto ammoniacale e composizione percentuale del biogas.

Per ottimizzare il processo di biodegradazione del substrato operato dai microrganismi anaerobici e, contestualmente, garantire una sua migliore manipolazione, la FORSU è stata sottoposta ad operazione di macinazione ed omogeneizzazione prima di essere immessa all'interno dei reattori.

Raggiunta la condizione di stabilità di entrambi i sistemi, è stata prevista una fase di sovralimentazione dei reattori, al fine di studiarne i differenti comportamenti in una condizione di stress; in questo periodo, della durata di 50 giorni, il carico organico volumetrico (OLR, Organic

Loading Rate) scelto è stato di 0.9 gVS/Ld. Successivamente, secondo periodo, è stata osservata la ripresa di entrambi i sistemi per effetto di successivi interventi che hanno condotto a somministrare ai reattori un OLR di 0.3 gVS/Ld.

GIORNI	OLR [gVS/Ld]	SOLIDI VOLATILI [gVS]	
		Monostadio	Bi-stadio
Giorno 1-50	0.9	3.96	1.98
Giorno 51-135	0.3	1.32	0.66

Tab.1 - Carico organico volumetrico di substrato nei differenti periodi di sperimentazione

L'elaborazione dei dati relativa all'attività di monitoraggio dei due sistemi, ha consentito, di confrontare i due impianti a valle degli interventi attuati.

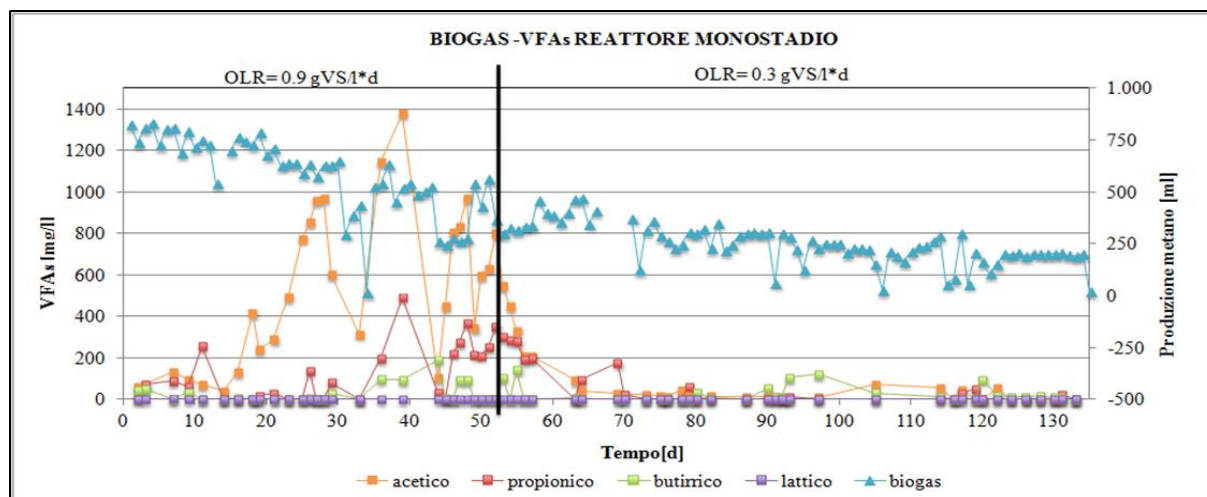


Fig. 2 – Concentrazioni degli acidi organici volatili nel reattore monostadio e produzione di biogas

Nel digestore monostadio è stata osservata una prima fase di aumento degli acidi grassi volatili con corrispondente diminuzione della produzione di metano; successivamente all'intervento attuato, il reattore ha ripreso stabilmente la sua attività mostrandosi, nuovamente, perfettamente ottimizzato (Figura 2).

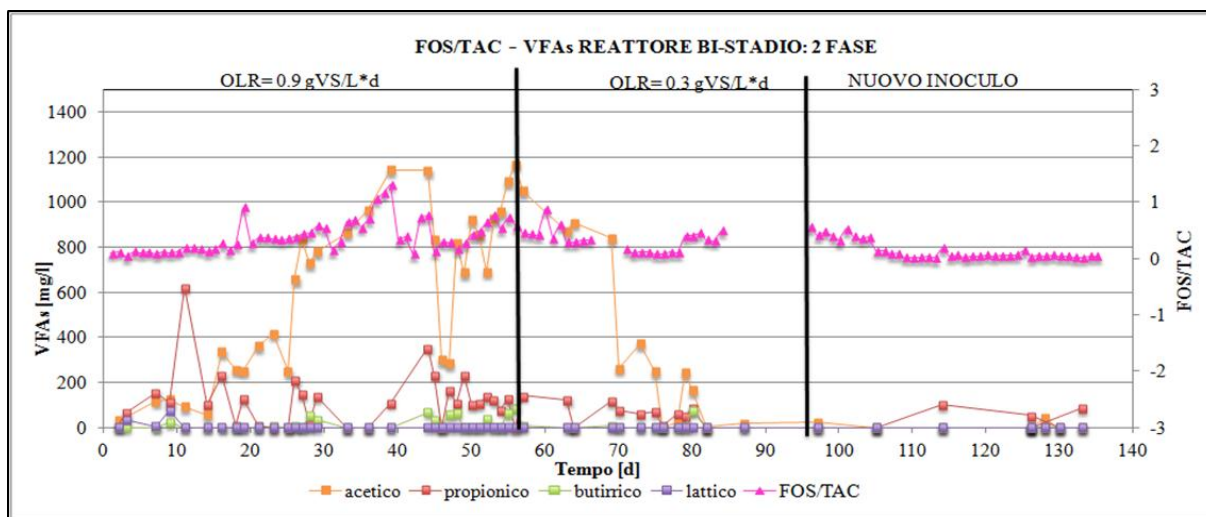


Fig. 3 – Concentrazioni degli acidi organici volatili nel reattore bi-stadio e andamento del FOS/TAC

Nel sistema bi-stadio (Figura 3) la crisi indotta dall'aumento del carico organico ha causato un netto decremento del biogas prodotto, conducendo, lentamente, il reattore al totale collasso (dopo circa 100 giorni di funzionamento); è stata prevista, dunque, una nuova fase di avviamento al fine di poter condurre ulteriori approfondimenti e studi futuri relativi al confronto di queste due configurazioni impiantistiche.

Il processo condotto in singolo stadio ha mostrato maggiore elasticità a cambiamenti e condizioni di stress dovute a fattori esterni (aumento o diminuzione del carico alimentato). Tuttavia la maggiore produzione di metano, circa il 10%, ottenibile attraverso la configurazione a doppio stadio, rende estremamente interessante la prospettiva di ottimizzare questo processo al fine di controllare e gestire nella maniera più appropriata gli impianti in scala reale dotati di questa tecnologia.