

Life Cycle Assessment of the urban bio-wastes conversion into bio-based polymers in a bio-refinery context (PHA-based bio-plastic)

Abstract

In un futuro nel quale l'economia circolare diverrà l'unica via per risolvere i problemi ambientali inerenti alla produzione e gestione dei flussi di rifiuti, l'Europa, attraverso ricercatori e industrie, si sta muovendo con progetti incentrati sul recupero di energia e materia da questi substrati diminuendo di conseguenza i residui da disporre in discarica.

Nell'ottica di circolarità è stato finanziato all'interno del programma Horizon 2020, il progetto RES URBIS (RESources from URban Bio-waSte). La sfida di quest'ultimo riguarda la possibilità di ricavare bio-plastiche a base poliidrossialcanoati (PHA) all'interno della filiera di trattamento dei rifiuti organici di origine urbana oltre al biogas e al compost (Majone Mauro 2017).

L'obiettivo della tesi è stato quello di determinare gli impatti ambientali del processo produttivo del PHA sviluppato all'interno di un preesistente impianto di trattamento delle acque esaminando un caso reale su scala pilota e due up-scale industriali.

Il processo produttivo dei PHA, biopolimeri con caratteristiche molto simili ai polimeri plastici non biodegradabili (Raza, Abid, and Banat 2018), è stato pensato per essere integrato nella linea che tratta i fanghi di depurazione delle acque reflue assieme alla frazione organica del rifiuto solido urbano (FORSU) (Valentino et al. 2017). Questo processo di Co-Digestione Anaerobica, che già ricava dai rifiuti Bio-gas e Compost con performance migliori rispetto alla classica digestione anaerobica (Bolzonella, D., Battistoni P., Susini C. 2006) è stato modificato per poter ricavare anche bio-polimeri. Gli step principali sono: il mixaggio di FORSU e Fanghi in percentuale nota, successivamente avviene un processo fermentativo acidogenico che porta alla produzione di acidi grassi volatili, i quali sono un ottimo substrato per la produzione di PHA (Kourmentza and Kornaros 2016); gli step successivi sono inerenti a due processi aerobici di crescita e selezione di batteri accumulanti bio-polimeri fino al 90% del loro peso secco in un sistema chiamato feast-famine. Infine, vi è un processo di estrazione delle bioplastiche con procedimenti chimici (CO₂ supercritica, Dimetilcarbonati etc.).

Gli obiettivi della tesi sono stati quelli di implementare il bilancio di massa del processo produttivo attraverso un sistema di analisi dei flussi di materia con un programma sviluppato dall'Università Tecnica di Vienna (STAN, (Cencic and Rechberger 2008)) che ha permesso di confermare il processo di up-scale della tecnologia per poter confrontare il progetto in un'ottica industriale. Sono stati analizzati i seguenti casi: il sistema pilota presente nell'impianto di depurazione di Treviso, sul quale si basa la tecnologia del progetto; la Provincia Autonoma di Trento e nello specifico l'implementazione della tecnologia nell'impianto di Rovereto; la città Metropolitana di Copenhagen e l'implementazione in uno dei tre impianti di depurazione presenti. Successivamente nell'ottica dell'analisi del ciclo di vita dei processi e prodotti si è deciso di utilizzare un software specifico per i sistemi di trattamento dei rifiuti per valutare gli impatti ambientali generati nei tre casi studio: Easetech (Clavreul et al. 2014) sviluppato dall'Università Tecnica della Danimarca attraverso il metodo ILCD 2011 basato sulla ISO 14044. Infine, è stata predisposta un'analisi contributiva della sensibilità e dell'incertezza dei dati per definire al meglio i parametri più importanti nei casi analizzati.

I flussi di rifiuti considerati sono stati: nella Provincia di Trento una produzione di rifiuti di più di 450 mila tn/anno con più di 600 mila abitanti equivalenti; nella città metropolitana di Copenhagen più di 1 milione e 300 mila tn/anno con più di 1 milione e 750 mila abitanti equivalenti; l'impianto pilota di Treviso con 390 tn di rifiuto misto all'anno con una produzione giornaliera di PHA pari a 4.16 kg.

I risultati ottenuti confermano come questa tecnologia possa sicuramente portare a una riduzione delle quantità di rifiuto da disporre in discarica e hanno evidenziato che la produzione di bio-plastiche da rifiuto in un concetto di riutilizzo (End-of-Waste) ha dei vantaggi in termini socioeconomici e ambientali.

L'analisi contributiva ha evidenziato che i parametri più importanti all'interno del sistema sono le emissioni (in aria, nelle acque superficiali e sotterranee e nel suolo) del digestato applicato al suolo sotto forma di compost che contribuiscono positivamente (aumentando gli impatti ambientali) nelle categorie di impatto della tossicità umana (HT 0.268 CTUh), dell'eutrofizzazione delle acque dolci e marine (FE 0.079 e ME 0.025 CTUh). Altri processi molto importanti a livello di emissioni in ambiente sono: la fermentazione acidogenica, la produzione di biogas e le fasi aerobiche di produzione di PHA.

Al contrario i miglioramenti dal punto di vista ambientale (impatti negativi) riguardano soprattutto la sostituzione di fertilizzanti chimici con quelli minerali ricavati dal processo di trattamento dei rifiuti organici che migliorano molto i valori degli impatti nelle categorie di impatto della tossicità umana (HT -0.223CTUh), eutrofizzazione delle acque dolci (FE -0.085 CTUh) e l'eco-tossicità dell'acqua dolce (FEcotox -0.012 CTUh).

Se ci si focalizza nella sola produzione di PHA possiamo vedere come questo processo inserito nel contesto dell'impianto di depurazione delle acque e nello specifico in una linea di co-digestione anaerobica dei fanghi di depurazione e FORSU per il recupero di biogas e compost, non comporta impatti negativi ma non migliora nemmeno gli impatti ambientali.

Per quanto riguarda invece il confronto degli scenari analizzati è stata dimostrata la riproducibilità del sistema pilota su scala industriale poiché i sistemi presentano risultati perfettamente confrontabili e in linea con i flussi di rifiuti considerati.

In un'ottica di cicli integrati e circolarità o "End-of-Waste", questo progetto dimostra come la produzione di bioplastiche da rifiuti organici può sostituire le plastiche fossili non biodegradabili avendo un riscontro socio-ambientale elevato e positivo grazie alla possibilità di essere completamente biodegradate in un determinato numero di mesi in acqua marina (Raza et al. 2018).

In ogni caso è necessario continuare a investigare e migliorare il processo produttivo riducendo al minimo i difetti presenti (ad es. la presenza di microinquinanti metallici e non che non ne consentono attualmente l'utilizzo nel packaging a contatto alimentare) per poter arrivare ad un prodotto competitivo sia dal punto di vista chimico che di prezzo per il mercato globale.

Bibliografia

- Bolzonella, D., Battistoni P., Susini C., Cecchi F. 2006. "Anaerobic Codigestion of Waste Activated Sludge and OFMSW: The Experiences of Viareggio and Treviso Plants (Italy)." *Water Science & Technology - IWA Publishing* 53(8):203–11.
- Cencic, Oliver and Helmut Rechberger. 2008. "Material Flow Analysis with Software STAN." *Environmental Informatics and Industrial Ecology* 2008:440–47.
- Clavreul, Julie, Hubert Baumeister, Thomas H. Christensen, and Anders Damgaard. 2014. "An Environmental Assessment System for Environmental Technologies." *Environmental Modelling and Software* 60:18–30.
- Kourmentza, C. and M. Kornaros. 2016. "Biotransformation of Volatile Fatty Acids to Polyhydroxyalkanoates by Employing Mixed Microbial Consortia: The Effect of PH and Carbon Source." *Bioresource Technology* 222:388–98.
- Majone Mauro. 2017. "RES URBIS." Retrieved (<http://www.resurbis.eu>).
- Raza, Zulfiqar Ali, Sharjeel Abid, and Ibrahim M. Banat. 2018. "Polyhydroxyalkanoates: Characteristics, Production, Recent Developments and Applications." *International Biodeterioration and Biodegradation* 126(October 2017):45–56.
- Valentino, Francesco, Fernando Morgan-Sagastume, Sabrina Campanari, Marianna Villano, Alan Werker, and Mauro Majone. 2017. "Carbon Recovery from Wastewater through Bioconversion into Biodegradable Polymers." *New Biotechnology* 37:9–23.