

PRODURRE BIOCOMBUSTIBILI E BIOPLASTICA DA EFFLUENTI ZOOTECNICI E SCARTI AGRICOLI



UNIVERSITÀ
di VERONA



SAPIENZA
UNIVERSITÀ DI ROMA

di **Nicola Frison^{1,2}, Edoardo Righetti², Simone Nortilli², David Bolzonella^{1,2}, Francesco Valentino³, Marco Zeppilli³, Marianna Villano³, Mauro Majone³**

¹Dipartimento di Biotecnologie, Università degli Studi di Verona; ²InnovEn srl, - spin off dell'Università degli Studi di Verona; ³Dipartimento di Chimica, Università La Sapienza di Roma

IL PROGETTO EUROPEO NOAW DIMOSTRA SU SCALA PILOTA COME GLI IMPIANTI BIOGAS ESISTENTI POSSANO DIVENTARE BIORAFFINERIE.

Il progetto "No Agricultural Waste", acronimo NoAW (www.noaw2020.eu), finanziato nell'ambito della call "WASTE-7-2015: Ensuring sustainable use of agricultural waste, co-products and by-products" del programma Horizon 2020 della Commissione Europea, vuole trovare nuovi destini e mercati agli effluenti zootecnici ed alle biomasse di scarto del settore agricolo: in particolare, si mira a trovare mercati di nicchia e con forte valore aggiunto per molecole ricavate da scarti, quali i materiali lignocellulosici (paglie), gli scarti del settore enologico e gli effluenti zootecnici.

Il progetto si inserisce nel più ampio panorama della cosiddetta Economia Circolare, vale a dire un approccio in cui i prodotti vengono pensati e progettati affinché a fine vita non generino rifiuti,

ma componenti da utilizzare per fabbricare nuovi prodotti. Nel caso specifico dei sistemi viventi, questo modello economico immagina i "residui" come flussi di nutrienti che tornano in circolo dando origine a nuova biomassa (www.ellenmacarthurfoundation.org).

Nell'ambito del progetto, un gruppo di ricercatori affiliati ad Innoven, spin off del Dipartimento di Biotecnologie dell'Università di Verona, e al Dipartimento di Chimica della Sapienza di Roma, hanno realizzato un impianto pilota per la produzione di biometano e bioplastiche, ospitato presso l'Azienda Agricola Zootecnica La Torre di Isola della Scala (VR), socio del Consorzio Italiano Biogas, ove già opera un impianto biogas da 1 MW alimentato ad effluenti di bovini da carne e insilati di diversa origine.

UN GRUPPO DI RICERCATORI HA REALIZZATO UN IMPIANTO PILOTA PER LA PRODUZIONE DI BIOMETANO E BIOPLASTICHE

L'impianto pilota, realizzato dal team universitario, è in grado di convertire circa 0,5 tonnellate al giorno di liquami bovini e insilati di varia origine in molecole ad elevato valore aggiunto quali: acidi grassi volatili, idrogeno, metano, e poli-idrossi-al-

canoati (PHA), precursori delle bioplastiche.

Lo schema 1 riporta in maniera semplificata il processo ed evidenzia i prodotti ottenibili.

In particolare, l'impianto risulta essere una modifica avanzata dei normali impianti di digestione anaerobica già presenti presso molte aziende agricole italiane: un primo reattore anaerobico opera la conversione della sostanza organica in acidi grassi volatili (VFA) e idrogeno, recuperato sotto forma di gas. Questo reattore opera con tempi di ritenzione (tempo di permanenza della biomassa nel digestore) inferiori ai 5 giorni e carico organico volumetrico molto spinto (oltre 20 kg di sostanza volatile per metro cubo di reattore al giorno).

L'effluente dal fermentatore viene sottoposto a separazione solido/liquido per mezzo di una normale screw-press: si generano quindi dal fermentato una frazione liquida ricca in acidi grassi volatili (VFA), specialmente acido acetico, propionico e butirrico, che viene inviata alla sezione di impianto per la produzione biologica delle bio-plastiche, e una frazione solida che viene invece inviata ad un digestore anaerobico in grado di convertire il materiale, ancora ricco in fibre organiche, in biogas.

Il biogas prodotto viene poi trattato in una cella bioelettrochimica dove è possibile ridurre la CO_2 contenuta nel biogas a CH_4 nel comparto catodico

del reattore con efficienze del 70 % così da ottenere un gas finale caratterizzato da un contenuto in metano del 95%.

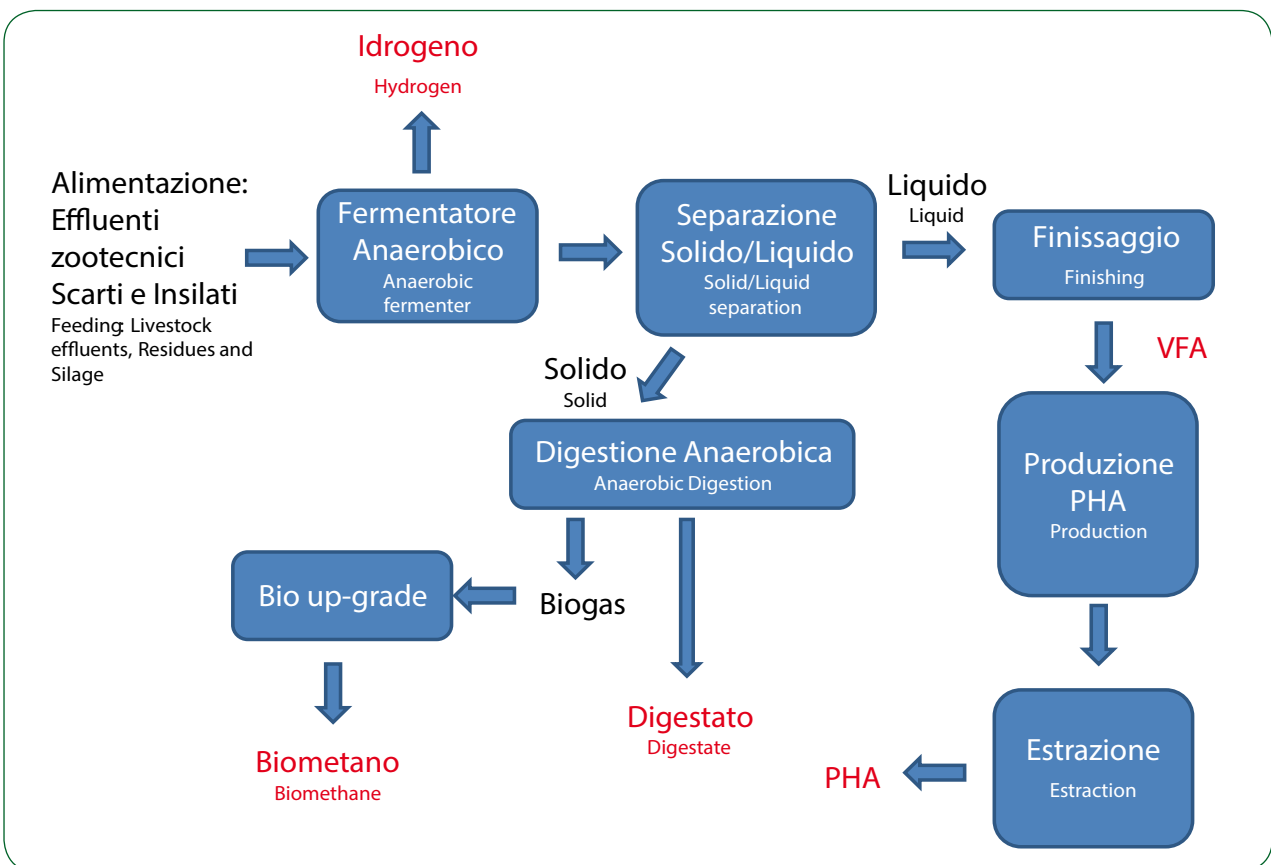
Il flusso liquido, ricco in acidi grassi volatili, separato dalla screw-press, viene inviato ad un bioreattore composto da due sezioni, l'una per la selezione naturale di batteri in grado di produrre biopolimeri e l'altra per l'effettiva produzione di poli-idrossi-alcanoati (PHA), che costituiranno fino al 50% del peso finale della biomassa batterica prodotta.

In particolare, le fasi di selezione dei batteri ed accumulo dei PHA avvengono in condizioni aerobiche, pompando aria nei bioreattori e sottoponendo i batteri a fasi cicliche di eccesso e carenza di acidi grassi volatili in un reattore batch sequenziale (SBR) (regime di alimentazione noto come "feast-famine").

Tale stress imposto alla coltura, insieme ai tempi di residenza relativamente bassi (solitamente inferiori a 2 giorni) seleziona in modo efficace un consorzio batterico misto di microrganismi PHA-accumulanti. La sintesi vera e propria dei PHA avviene poi ad opera della stessa coltura batterica nella seconda sezione del bioreattore.

La biomassa batterica ricca in PHA è poi sottoposta a processo di estrazione chimica e pulizia così da liberare il polimero nella sua forma utilizzabile dall'industria della plastica.

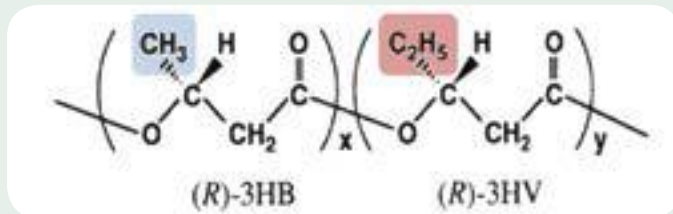
Complessivamente, nelle attuali condizioni testa-



Schema 1. Schema di flusso dell'impianto pilota
Scheme 1. Flux scheme of pilot plant

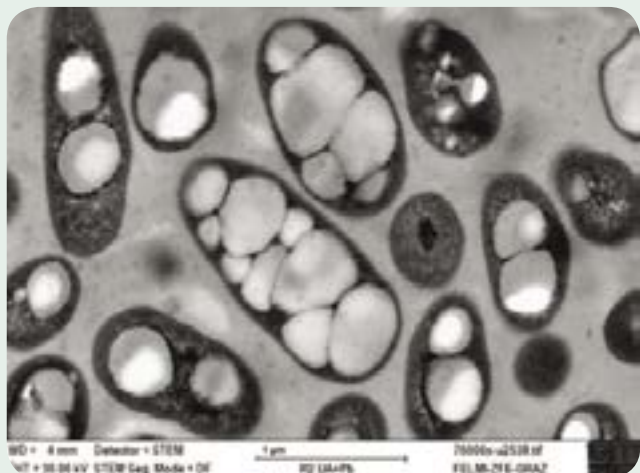
POLI-IDROSSI-ALCANOATI (PHA)

- Polimeri di origine microbica (poliesteri lineari)
- Materiali di stoccaggio intracellulari (fonte di carbonio e/o energia)
- Sintetizzati da più di 300 specie di microorganismi
- Materiali termoplastici biodegradabili al 100%
- Utilizzi simili alle plastiche convenzionali derivate da petrolio (applicazioni in diverse forme di materiali di imballaggio tra cui pellicole, scatole, rivestimenti, fibre e materiali espansi, scaffold nell'ambito dell'ingegneria tissutale)
- Proprietà dipendenti dalla composizione dei singoli monomeri (butirrato e valerato)



POLY-HYDROXY-ALKANOATES

- Microbic polymers (linear polyesters)
- Intracellular storage materials (carbon and/or energy source)
- Synthesized by more than 300 species of microorganisms
- Thermoplastic materials 100% biodegradable
- Similar use than conventional plastics derived from oil (application in packaging, films, boxes, coatings, fiber and expanded materials, scaffold in tissue engineering)
- Properties related to composition of monomers (butyrate and valerate)



te nell'impianto pilota, partendo dal materiale alimentato al sistema, pari a 0,5 tonnellate al giorno, si può raggiungere la produzione di circa 1 kg di PHA al giorno che può essere collocato sul mercato con un costo attorno ai 5€.

PRODUCING BIOFUELS AND BIOPLASTICS FROM LIVESTOCK EFFLUENTS AND AGRICULTURAL RESIDUES

THE NOAW EUROPEAN PROJECT DEMONSTRATES ON PILOT SCALE HOW EXISTING BIOGAS PLANT CAN BECOME BIOREFINERIES.

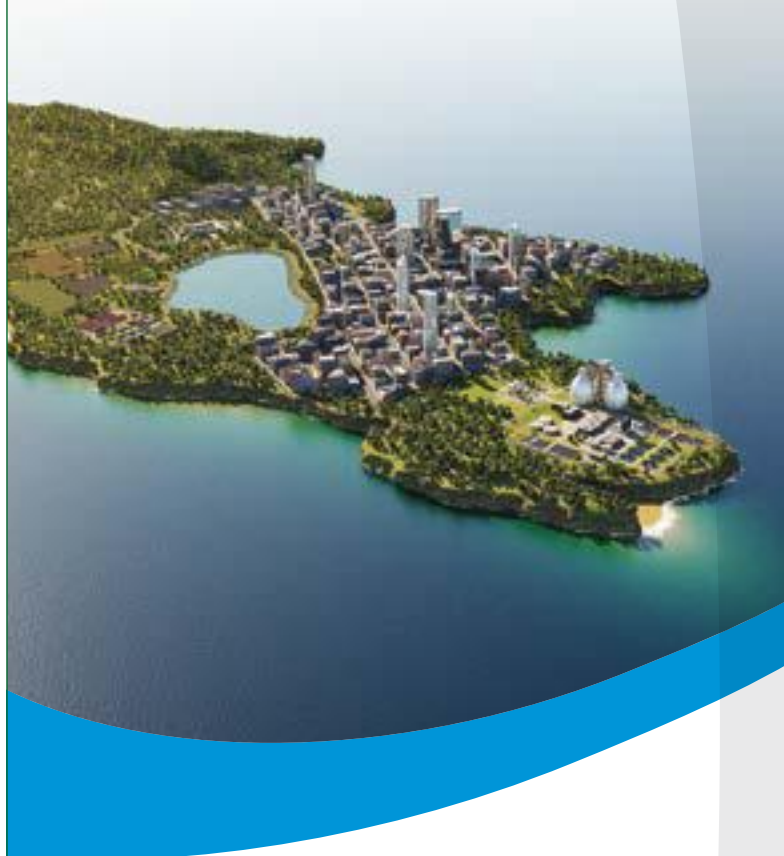
The European project "No Agricultural Waste", acronym NoAW (www.noaw2020.eu), funded in the call "WASTE-7-2015: Ensuring sustainable use of agricultural waste, co-products and by-products" of the Horizon 2020 funding program of the European Commission, aims at defining new value chains and markets for products derived from livestock effluents and agro-residues: in particular, niches markets with high added value for the bio-products derived from the bioprocessing of biomasses.

The project is part of the global picture of the Circular Economy concept, a new approach where products are designed in an eco-friendly manner so to become new raw materials instead of waste in their after-life phase. When considering living systems this model considers residual biomasses as nutrients fluxes that circulate back to the fields to give new biomass for food and feed purposes (www.ellenmacarthurfoundation.org).

In this project a group of researchers from Innoven, spin off company of the Department of Biotechnology of the University of Verona, and from the Department of Chemistry of the Sapienza University of Rome, realised a pilot scale plant for the production of biomethane and bioplastics.

The rigs are hosted at La Torre Azienda Agricola Zootecnica in Isola della Scala, Verona, a CIB member, where a 1 MW anaerobic digester treating livestock effluents (cows and bulls) and energy crops is in operation since 2012.

The pilot plant treats some 0.5 ton per day of a mixture of livestock manure and crops silages which are then converted into bio-molecules with a high added value like volatile fatty acids, hydrogen, methane, and poly-hydroxy-alkanoates (PHA), precursors of the biodegradable plastics.



We help to protect, feed and power the world

GEA è leader a livello mondiale nella fornitura di macchinari e linee di processo complete per il trattamento delle acque, dei reflui e di altri sottoprodotti industriali ed eccelle anche nella progettazione di soluzioni personalizzate per il recupero di sostanze chimiche, il riciclo del calore e la conservazione delle risorse.

- Trasformazione di fango, digestato, letame e residui di fermentazione in risorse riciclabili
- Garanzia di un alto livello di competenza grazie all'esperienza pluridecennale nel settore ambientale

GEA environmental Decanter lines – safeguarding our resources

Visita il nostro Stand a Ecomondo 2018
6-9 Novembre 2018, Padiglione D1 Stand 146
Per avere maggiori informazioni vai su: gea.com

ECOMONDO

GEA engineering for
a better world

gea.com



actor for PHA production, while the obtained solid phase is sent to an anaerobic digester for biogas production.

The biogas is then treated in a bio-electro-chemical cell where CO_2 is reduced to CH_4 with high efficiency so to obtain a final bio-methane gas where CH_4 is more than 95%.

The liquid stream originated from the screw press, rich in VFA, is sent to a two-steps bioreactor for the production of poly-hydroxy-alkanoates. These are up to 50% of the final sludge produced.

Scheme 1 shows a simple sketch of the process reporting the different bio-products.

In particular, the pilot plant is an advanced modification of the conventional anaerobic digestion process typically used in hundreds of farms in Italy:

in this case, a first anaerobic reactor converts organic biomass into volatile fatty acids (VFA) and hydrogen which is recovered in the form of gas. This reactor applies short retention times (< 5 days) and high organic loading rates (more than 20 kg volatile dry matter per cubic meter per day). The effluent of this reactor undergoes to a solid/liquid separation in a screw press system: the obtained liquid phase, rich in VFA (especially acetic, propionic and butyric acids), is sent to a two steps biore-

A RESEARCHERS TEAM HAS CREATED A PILOT PLANT FOR BIOMETHANE AND BIOPLASTICS PRODUCTION

The two-phase processes of bacteria selection (first) and PHA accumulation (second) take both place in aerobic conditions using sequential batch reactors (SBR) applying a feeding regime called "feast-famine".

These stress condition and the short retention

times (lower than 2 days) determine a selection of the accumulating bacteria. The sludge, rich in PHA, then undergoes to a chemical extraction process for the PHA recovery and purification so to produce a biopolymer suitable for the plastic industry.

Globally, in the actual tested conditions, the pilot plant system can convert 0,5 ton per day of agro-residues in 1 kg of PHA with a selling price of 5 € per kilo.



Vista dell'impianto pilota per la produzione di bioplastiche.
View of pilot plant for bioplastics production