

## **VALORIZZAZIONE ENERGETICA DELLA FRAZIONE ORGANICA DI RIFIUTI SOLIDI URBANI: ESPERIENZE INDUSTRIALI**

Bolzonella D.<sup>1,3</sup>, Fatone F.<sup>1,3</sup>, Cavinato C.<sup>2,3</sup>, Pavan P.<sup>2,3</sup>, Cecchi F.<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup>Dipartimento di Biotecnologie, Università degli Studi di Verona, Strada Le Grazie 15. 37134 Verona

<sup>2</sup>Dipartimento di Scienze Ambientali, Università Ca Foscari di Venezia, Dorsoduro 2137. 30123 Venezia

<sup>3</sup>Consorzio Interuniversitario Nazionale La Chimica per l'Ambiente, via delle Industrie 21/8. 30175 Venezia

### **Introduzione**

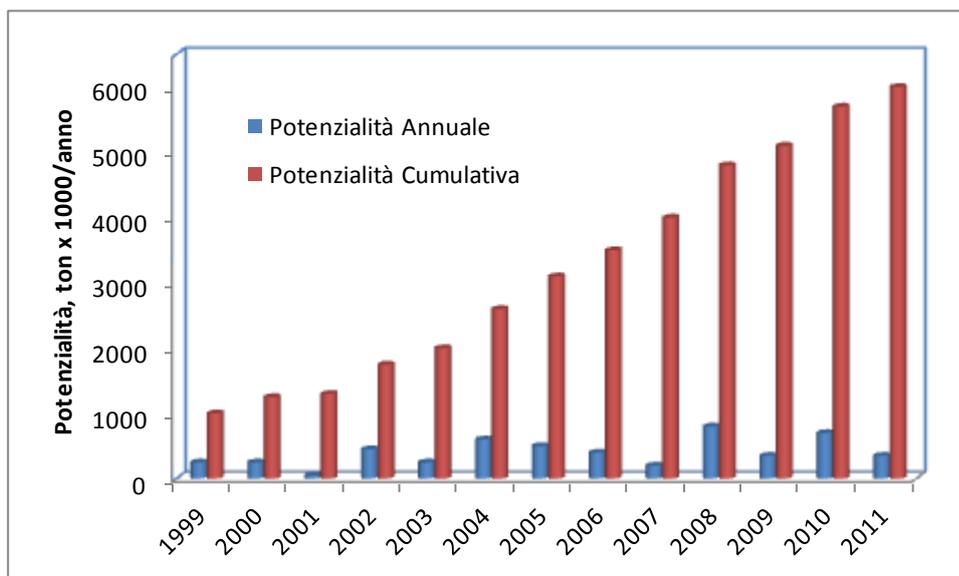
Attualmente, lo scenario nazionale relativo al problema rifiuti mette in evidenza le criticità delle scelte operate nel passato, ancora in parte basate sulla logica di considerare possibile il ricorso a soluzioni di processo uniche per la gestione del rifiuto urbano nel suo complesso. Per contro, il successo europeo delle raccolte differenziate ha evidenziato la reale possibilità di ottenere flussi di massa differenziati, atti quindi ad essere indirizzati a trattamenti ad hoc. Ciò comporta la progettazione di sistemi integrati di trattamento, che consentano di passare dal concetto di 'smaltimento' a quello di 'riutilizzo', sia questo legato al recupero di energia e/o di materia.

In un sistema evoluto di gestione dei rifiuti come è oramai quello di Regioni in cui la raccolta differenziata raggiunge o supera il 60-70%, si può sostanzialmente considerare l'intera massa di rifiuto urbano prodotta come già separata in tre flussi ben caratterizzati: organico (dato dalla frazione organica - FORSU e dalla frazione verde proveniente dalla manutenzione dei prati e giardini), il secco non recuperabile ed il secco recuperabile. Sostanzialmente, circa un terzo della massa totale raccolta è costituito da materiali biodegradabili, che quindi devono essere indirizzati a trattamento idoneo al recupero di energia e/o di materia, un altro terzo è costituito da materiali direttamente recuperabili grazie all'alta selezione già operata in fase di raccolta (vetro, plastica, carta, metalli), oltre ai rifiuti ingombranti, i quali seguono vie particolari di riutilizzo (es. metalli pregiati da componentistica degli elettrodomestici ecc.), per i quali vanno considerati le opzioni legate ai consorzi obbligatori. Infine, un ultimo terzo, è costituito da quell'insieme di frazioni che non possono essere facilmente separate per dar luogo a flussi omogenei e che quindi devono essere indirizzati a trattamenti massivi, quali ad esempio l'incenerimento.

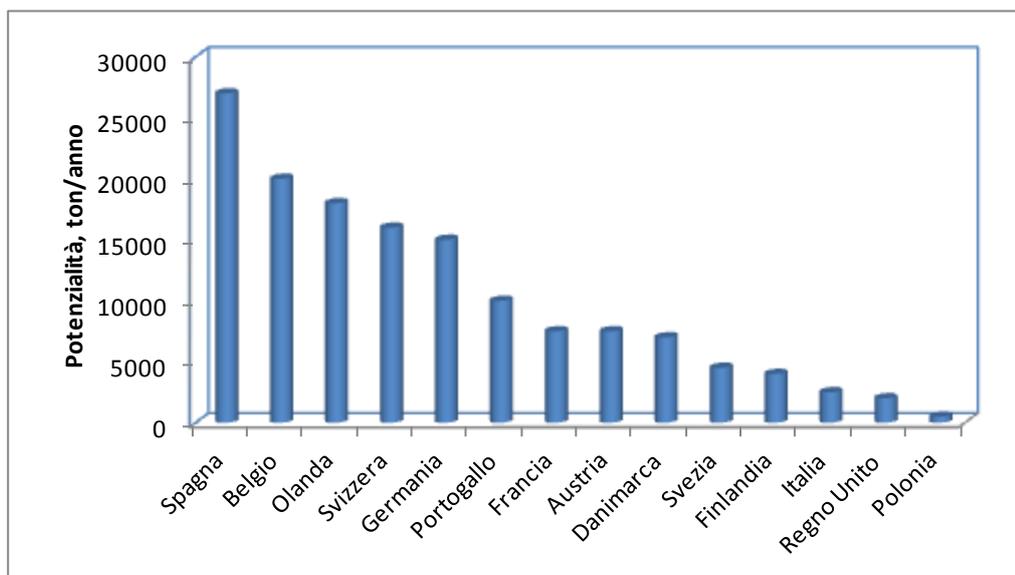
In questo scenario la digestione anaerobica ha saputo ritagliarsi uno spazio di particolare importanza date le sue specifiche peculiarità: la possibilità di produrre biogas, una miscela di metano e biossido di carbonio, da utilizzare di volta in volta come fonte energetica mediante combustione diretta in gruppi di co-generazione, come combustibile da auto-trazione o come vettore energetico da utilizzare nelle reti dopo

opportuno up-grading (biometano) ha decretato il successo di questa tecnologia nell'ambito delle energie rinnovabili come ben evidenziato dal grafico di figura 1, rappresentante l'evoluzione della capacità di trattamento degli impianti di gestione anaerobica europei nel tempo.

Proprio questa flessibilità ha portato in anni recenti ad una crescente attenzione a questa tecnologia che è in grado di trattare oggi 6 milioni di ton/anno nel contesto Europeo (vedi figura 1) e che in alcuni paesi, quali la Spagna, copre fino al 15% della capacità di trattamento del rifiuto organico municipale (figura 2).



**Figura 1 - Capacità di trattamento annuale e cumulativa in migliaia di tonnellate/anno di FORSU in impianti di digestione anaerobica in Europa (rielaborazione dati da De Baere et al., 2010).**



**Figura 2 - Capacità di trattamento della FORSU mediante digestione anaerobica per singolo Paese in ton/anno (rielaborazione dati da De Baere et al., 2010).**

Nonostante questa notevole crescita del settore, notevoli e numerosi sono stati, nel corso degli anni, i fallimenti: questi erano essenzialmente al tentativo di trattare flussi più o meno indifferenziati di rifiuto urbano attraverso il ricorso a linee di trattamento e selezione anche molto complicate ed energivore (Edelmann e Engeli, 2005).

Come è risultato infatti evidente in questi anni, le caratteristiche del rifiuto organico risultano essere in genere l'elemento chiave per il buon funzionamento degli impianti a biogas come sarà più chiaro nel seguito.

### **Frazione organica di rifiuti solidi urbani (FORSU) e biogas**

La FORSU costituisce tra il 20 ed il 30% del rifiuto urbano a livello europeo: questo materiale è generalmente raccolto separatamente mediante cassonetti stradali o per mezzo di raccolte specifiche del tipo porta-a-porta nella quasi totalità dell'intero del contesto europeo.

Anche le caratteristiche di questo rifiuto risultano, nel complesso omogenee, quanto meno in termini di macro-parametri come ben evidenziato dai dati raccolti nell'ambito del progetto Valorgas, condotto nell'ambito del 7° Programma Quadro per la Ricerca della UE: da un terzo fino a metà circa di questo materiale è costituito da residui di frutta e verdura, un ulteriore 15-20% è costituito di pane/pasta/dolci, mentre un ulteriore 10% sono carne/pesce e un altro 10% residui misti di pasto, considerevole è in genere anche il contenuto di carta, spesso oltre il 10%, mentre i quantitativi di materiale inerte non biodegradabile sono estremamente contenuti e spesso al di sotto del 3%, segno di una crescente civiltà del riciclo, specie laddove si applichi la raccolta di tipo porta-a-porta.

In termini di macro-parametri poi le differenze risultano ancor più schiacciate come evidenziato nella seguente tabella (tabella 1) che confronta le principali caratteristiche per FORSU da raccolta differenziata raccolta nel Regno Unito, in Finlandia, Italia e Portogallo. Ciononostante, i differenti livelli di attenzione nel differenziare i materiali raccolti risultano ancora percepibili come denota la diversa distribuzione della frazione volatile, quella in prima approssimazione biodegradabile, rispetto al totale della sostanza secca, nei diversi paesi: mentre nel Regno Unito ed in Finlandia questo dato è costantemente al di sopra del 91%, in contesti latini, come Italia e Portogallo, dove ancora importante è il ricorso alle raccolte per mezzo di cassonetti stradali in luogo del metodo porta-a-porta, questo valore scende al di sotto del 90%, indice della presenza di frazioni inerti nel rifiuto raccolto.

Interessante è poi notare l'abbondanza di elementi quali azoto, fosforo e potassio, elementi questi che, alla fine del processo anaerobico si ritroveranno preservati e disponibili nella frazione residua, il digestato, che quindi ben si presta, per caratteristiche, ad essere valorizzato mediante uso agronomico, dopo eventuale finissaggio aerobico.

Dal punto di vista energetico è poi il caso di sottolineare che l'insieme della produzione di FORSU e di scarti originati dall'industria alimentare è oggi stimato in Europa in circa 200 milioni di tonnellate all'anno con un contenuto medio in sostanza organica del 30% circa. Questo materiale è caratterizzato da un potenziale in biogas che può raggiungere i 180-200 m<sup>3</sup> per tonnellata (Bolzonella et al., 2006).

Ipotizzando quindi un recupero quantitativo di questo rifiuto/risorsa si potrebbero generare, nel complesso, circa 66 milioni di MWh di energia elettrica e oltre 100 milioni di MWh di energia termica.

Valori, questi, di assoluto interesse dal punto di vista industriale e di almeno parziale "indipendenza" del Vecchio Continente da Paesi terzi detentori di importanti quote di energia fossile.

Tabella 1 - Principali caratteristiche di FORSU da raccolta differenziata in alcuni Paesi europei

Parametro	Luogo	Luton UK	Ludlow, UK	Hacney, UK	Eastleigh, UK	Forssa, Fin	Treviso, I	Lisbona, P
Solidi Totali	%	23,7	23,7	25,7	25,9	27,0	27,5	33,8
Solidi Volatili	%	21,8	21,7	23,5	24,0	24,9	23,6	27,6
Volatili/Totali	%	91,3	91,4	91,1	92,7	92,2	83,3	81,7
Sostanza Organica (TOC)	%ST	51,2	48,3	51,3	48,7	nd	nd	nd
Azoto	gN/kgST	31,2	34,2	31,3	29,1	23,9	28,4	15,0
Fosforo	gP/kgST	4,8	5,4	6,4	2,8	2,7	3,4	5,0
Potassio	gK/kgST	12,3	14,2	12,9	8,6	10,0	nd	nd

### Applicazioni industriali

Le esperienze degli ultimi anni hanno dimostrato come il materiale più idoneo al processo di digestione anaerobica sia il rifiuto organico da raccolta differenziata, tanto meglio se del tipo porto-a-porta.

Questo materiale infatti, non solo presenta livelli di contaminanti inferiori al 3%, ma ha dimostrato potenziali energetici di tutto interesse raggiungendo livelli di 180 m<sup>3</sup>/ton o 360 kWh per ton di materiale trattata.

Il trattamento di questo tipo di materiale necessita inoltre di linee di selezione e pre-trattamento del materiale da caricare ai digestori particolarmente semplificate come dimostrano i casi di studi riportati di seguito.

Un esempio di estrema semplicità impiantistica è quello dell'impianto di trattamento di Ludlow, Regno Unito, gestito da Greenfinch Ltd. La figura 3, cortesia dell'azienda, identifica la filiera adottata: dopo la fase di raccolta del materiale si ha un blando trattamento che consiste essenzialmente di un rompi-scacchi, di un tritatore e di un vaglio per l'allontanamento di eventuali frazioni inerti. Il materiale, dopo trattamento anaerobico mesofilo per circa 30 giorni è sottoposto a pastorizzazione (2 ore a 70°C) prima di essere raccolto ed utilizzato in agricoltura a norma del regolamento PAS110.

Considerando il bilancio di massa annuale dell'impianto si può osservare che esso tratta circa 15,500 ton all'anno di materiale da raccolta differenziata: il flusso di inerti è di sole 120 ton per anno (l'1% del rifiuto trattato !) mentre si producono circa 12,000 ton/anno di fertilizzante liquido (il digestato) e circa 1 milione di metri cubi di biogas (resa media di circa 165 m<sup>3</sup>/ton di materiale trattato). Ben l'84% della sostanza volatile viene convertita a biogas nel corso del processo anaerobico.

Dal punto di vista energetico si nota che vengono impiegati circa 25 kWh per ton di rifiuto trattato e che questo genera circa 200 kWh elettrici (al netto degli auto-consumi) per un rapporto pari a circa 8,5: vale a dire che si generano 8,5 kWh di energia elettrica per ogni kWh speso per il trattamento del materiale.

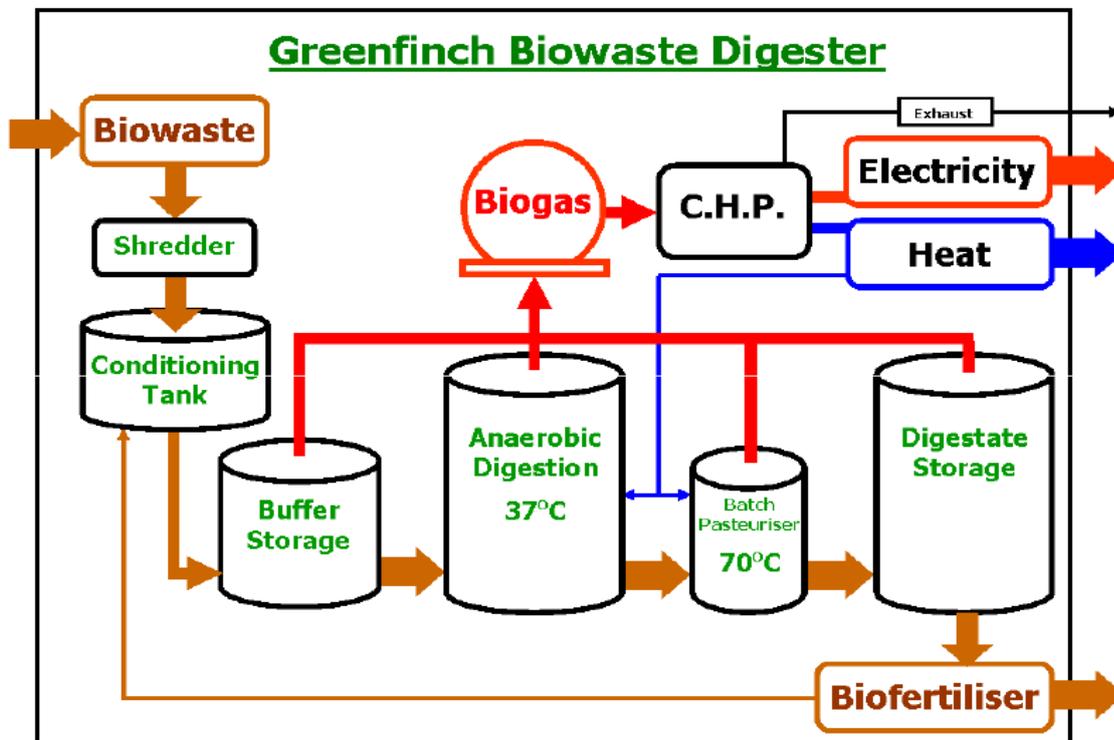


Figura 3 - Schema semplificato dell'impianto di trattamento FORSU di Ludlow, Regno Unito (credits Greenfinch Ltd).

Il fatto che la qualità del materiale trattato sia fondamentale è ben evidenziato da un secondo impianto, relativo all'impianto di trattamento rifiuti dell'area metropolitana di Lisbona (Portogallo) gestito da Valorsul S.A.

In questo caso i flussi di rifiuto trattati sono due: uno di origine prettamente civile originato da raccolta porta-a-porta o da cassonetto stradale per la raccolta della frazione organica ed un secondo flusso generato da grandi utenze, quali supermercati, mense e ristoranti. La differente qualità dei due materiali ha costretto a seguire l'opzione di due linee di trattamento distinte per i due flussi.

L'impianto ha trattato nel corso del 2010 circa 31,000 ton di materiale: 21,000 generati da utenze civili (abitazioni private) e 10,000 ton generate da grandi utenze. Mentre il primo flusso necessita di pre-trattamenti blandi, questo secondo flusso necessita di una linea di selezione e preparazione del rifiuto da inviare a digestione anaerobica particolarmente complessa che oltre a vagli di vario genere e deferizzatori prevede una fase di pulizia "manuale" per la rimozione spinta di materiale plastico prima del passaggio in hydro-pulper per la riduzione delle dimensioni del materiale caricato ai digestori anaerobici.

In questo contesto il materiale di scarto raggiunge le 6,000 ton/anno, il 20% del materiale trattato. Inoltre, la frazione solida del digestato, sottoposta a processo di finissaggio per compostaggio (vedi figura 4) genera un prodotto di qualità scadente che trova difficile o nulla collocazione sul mercato a causa dell'elevata presenza di materiali inerti (vetro e pezzi di plastica di piccole dimensioni).

La resa in biogas (in termini specifici) resta pur tuttavia ancora interessante e raggiunge i 140 m<sup>3</sup> per tonnellata trattata.

Dal punto di vista energetico si nota che vengono impiegati circa 40-50 kWh per ton di rifiuto trattato e che questo genera circa 160 kWh elettrici per un rapporto pari a circa 4-5: vale a dire che si generano 4,5 kWh di energia elettrica per ogni kWh speso per il trattamento del materiale. Tuttavia, considerando anche i consumi relativi alle aree di post-trattamento, vale a dire i capannoni per il compostaggio e l'impianto di trattamento della frazione liquida prima dello scarico in fognatura, i consumi energetici specifici superano i 100 kWh per ton di rifiuto trattato, portando il rapporto energetico a valori prossimi ad 1: vale a dire che la quasi totalità dell'energia recuperabile dal rifiuto viene impiegata per il trattamento dello stesso. Ecco, quindi, che la qualità dei materiali trattati, e la conseguente complicazione delle linee di trattamento, diviene elemento fondamentale per definire l'efficienza del trattamento stesso.



**Figura 4 - Vista aerea dell'impianto di trattamento RSU di Almasora-Lisbona, Portogallo (credits Valorsul SA).**

## **Conclusioni**

Si è voluto mettere in evidenza quale sia l'impatto della qualità del rifiuto organico (FORSU) trattato sulle rese del processo di digestione anaerobica.

Se da un lato, infatti, è del tutto evidente che il processo di digestione anaerobica è in grado di determinare la massima valorizzazione del rifiuto organico grazie al recupero combinato di energia dal biogas e di nutrienti dal digestato, è altrettanto evidente che la raccolta differenziata rappresenta il primo scalino nella filiera dei trattamenti e che una raccolta differenziata spinta è in grado di generare flussi di grande interesse in termini di recupero delle risorse.

## **Ringraziamenti**

Questo studio è stato reso possibile dal finanziamento del progetto Valorgas, Valorisation of food waste to biogas (ENERGY.2009.3.2.2) nell'ambito del 7° Programma Quadro della Ricerca dell'Unione Europea (info su [www.valorgas.soton.uk](http://www.valorgas.soton.uk)).

## **Referenze**

Bolzonella D., Pavan P., Mace S., Cecchi F. (2006). Dry anaerobic digestion of differently sorted organic municipal solid waste: a full scale experience *Water Science and Technology*, 53(8), 23-32.

De Baere L., Mattheeuws B., Velghe F. (2010). State of the art of anaerobic digestion in Europe. 12th Anaerobic Digestion World Congress, Guadalajara, Jalisco, Mexico, November 1-6, 2010.

Edelmann W., Engeli, H. (2005). More than 12 years of experience with commercial anaerobic digestion of the organic fraction of municipal solid waste in Switzerland. *Anaerobic Digestion of Solid Waste 2005*, Copenhagen, August 31 - September 2, 2005, vol 1, pp 19-26.