

## **La digestione anaerobica dei rifiuti urbani in Europa: una indagine di settore**

*Alberto Confalonieri, [a.confalonieri@monzaflora.it](mailto:a.confalonieri@monzaflora.it)*

*Scuola Agraria del Parco di Monza*

### **Riassunto**

*La diffusione della digestione anaerobica quale approccio complementare al compostaggio nella gestione della frazione organica dei rifiuti urbani stimola la riflessione sulle dimensioni attuali del fenomeno e le sue prospettive di crescita. Traendo spunto dai risultati di una ricerca svolta per conto del Ministero dell'Istruzione, dell'Università e della Ricerca, sono state raccolte informazioni puntuali circa la consistenza e la tipologia di impianti operativi in Europa. Se ne illustrano i principali risultati, accompagnati da considerazioni e riflessioni sul progressivo consolidamento della digestione anaerobica nel sistema di gestione integrata dei rifiuti urbani nel nostro Paese.*

### **Summary**

*The spreading of anaerobic digestion as a complementary approach to composting in the recovery of the organic fraction of Municipal Solid Waste stimulates some considerations on the present nature of the system and its future perspectives. Moving from a research carried out on behalf of the Ministry of Instruction, University and Research, accurate information on the size and type of plants operating in Europe were recovered. The main results are hereby presented and commented in the perspective of anaerobic digestion strengthening in the Italian present integrated waste management system.*

### **1. La digestione anaerobica dei rifiuti: lo stato dell'arte attraverso le indagini esistenti**

Sulla scorta delle esperienze acquisite nel trattamento industriale dei fanghi di depurazione, la digestione anaerobica dei rifiuti urbani in Europa affonda le proprie radici agli inizi degli anni '80 con i primi impianti pilota realizzati in Belgio e in Francia, cui è seguita, soprattutto a partire dalla metà degli anni '90, una costante crescita delle installazioni e delle capacità di trattamento. Oggi, pur lontano dai consolidati sistemi basati su compostaggio e biostabilizzazione, il trattamento anaerobico dei rifiuti urbani rappresenta una realtà diffusa e localmente prevalente nell'Europa centro-settentrionale e in Paesi, quali la Spagna, che hanno potuto usufruire di consistenti contributi economici dall'UE per muoversi con decisione su questa strada.

Considerando i soli impianti di trattamento di rifiuti urbani, eventualmente in co-digestione con altre matrici organiche, uno studio del California Integrated Waste Management Board (CIWM) [1] individuava la presenza in Europa, a fine 2006, di 134

impianti con capacità operative superiori a 3000 t/a alimentati per almeno il 10% in peso con rifiuto urbano da raccolta differenziata (FORSU) o da selezione meccanica (FO). La capacità complessiva di trattamento, di circa 4,3 milioni di ton/a e con una tendenza all'aumento nel tempo della taglia media delle installazioni, era massimamente localizzata in Spagna, Belgio, Olanda, Svizzera e Germania.

De Baere e Mattheuws [2] hanno condotto nel 2008 una rassegna sullo sviluppo dell'approccio anaerobico alla gestione del rifiuto urbano in Europa negli ultimi 20 anni. Le condizioni di inclusione nel censimento erano le medesime dello studio americano. Le capacità di trattamento considerate sono però quelle relative alla quota di rifiuti effettivamente avviati a digestione; sono esclusi quindi gli scarti da pretrattamento, particolarmente cospicui negli impianti di gestione di rifiuti indifferenziati e variamente significativi anche in impianti di trattamento di rifiuto selezionato in funzione della sua purezza e del tipo di pretrattamento adottato. Sono inclusi nell'inventario gli impianti in costruzione, quelli autorizzati e gli impianti che hanno cessato l'attività.

Si confermerebbe innanzitutto la tendenza all'aumento della taglia media degli impianti (da circa 15.000 alle attuali 31.000 ton/a), rispondendo principalmente all'esigenza di realizzare adeguate economie di scala. In termini di consistenza complessiva, si prevedono, al 2010 171 impianti avviati in 17 Paesi, per una capacità complessiva di digestione di circa 5.204.000 t/a; i nuovi impianti sarebbero principalmente costituiti da nuove installazioni alimentati a RSU e impianti esistenti di compostaggio di matrici selezionate sottoposti ad ampliamento e conversione.

Sul fronte processistico l'impiantistica sarebbe più o meno equamente ripartita dal punto di vista del regime termico, con una previsione al 2010 di impianti termofili pari al 41% del totale delle capacità installate. Rispetto al contenuto di solidi totali, al 2010 gli impianti a secco dovrebbero costituire il 54% della capacità di digestione totale. L'impiantistica pluri-stadio, infine, sembra avere una limitata penetrazione del mercato, probabilmente a causa dei maggiori costi di investimento. Al 2010, circa il 7% degli impianti dovrebbe essere bifasica, con una massima diffusione tra i processi in batch.

## **2. L'indagine condotta**

Il censimento, aggiornato dalla Scuola Agraria del Parco di Monza alla fine del 2008 in forma di database informatizzato, trae origine da una ricerca biennale sullo stato e prospettive della digestione anaerobica condotta in collaborazione con il Dipartimento Ambiente, Salute e Sicurezza dell'Università dell'Insubria e finanziata dal Ministero dell'Istruzione, dell'Università e della Ricerca; il lavoro è stato strutturato mediante la raccolta bibliografica di informazioni disponibili da una molteplicità di fonti tra le quali:

- elenco degli impianti di digestione anaerobica curato dall'International Energy Agency (<http://www.iea-biogas.net/>)
- reference list messe dei fornitori di tecnologie, fornite a seguito di intervista diretta o attraverso siti web
- informazioni acquisite da società pubbliche e private titolari di impianti

- esame dei principali più recenti studi condotti da società di consulenza, con particolare riferimento ai rapporti redatti da Juniper sul trattamento meccanico-biologico [3] e digestione anaerobica [4]
- sopralluoghi condotti presso alcune installazioni esistenti
- rapporti sulla gestione dei rifiuti urbani dei principali Paesi Europei
- presentazioni e atti prodotti in occasioni di convegni di settore

Essendo interesse primario dell'indagine la valutazione del ruolo della digestione anaerobica nel quadro della gestione integrata dei rifiuti urbani, tutte le valutazioni sono state ricondotte alle quantità complessive di rifiuti trattate dagli impianti censiti anziché, come nello studio di DeBaere, alla sola quota avviata al processo biologico.

Per ciascun impianto censito sono state principalmente ricercate informazioni relative a ubicazione, anno di messa in esercizio, attuale stato operativo, tipologia e quantità di rifiuti trattati, capacità di trattamento e/o quantità trattate annualmente, tipo di processo e tecnologia adottata, produzione e gestione di biogas e digestato. Il livello di copertura delle informazioni raccolte è risultato soddisfacente per i dati anagrafici e i principali aspetti tecnologici. Meno capillari, invece, sono i dati disponibili sulla gestione degli output di processo (biogas e digestato). Scarsi o puntiformi sono infine i dati raccolti sul dimensionamento dei reattori, la tipologia di alimentazione (in continuo o in batch), gli ingombri complessivi, la presenza di impiantistiche di supporto (es per la depurazione delle acque di supero), i costi energetici di esercizio, per i quali sono possibili solo esemplificazioni di limitata rappresentatività.

L'elaborazione complessiva dei dati acquisiti (tab. 1) porta a stimare, a fine 2008, 180 impianti di digestione anaerobica operativi in 18 Paesi europei. Per un opportuno raffronto con i censimenti precedentemente condotti ed illustrati, sono stati evidenziati ed isolati dal computo 13 impianti con capacità di trattamento certamente inferiori a 3000 t/a, o con quantità di rifiuto urbano o FORSU trattate inferiore al 10% del totale, riducendo pertanto il totale degli impianti a 167.

Sono 141 gli impianti deputati al trattamento di oltre 4 milioni le tonnellate di FORSU "in purezza" (circa 2,3 milioni di tonnellate) o in co-digestione con altri scarti organici (complessivamente poco meno di 2 milioni di tonnellate). Rilevante anche il dato relativo agli impianti di trattamento meccanico-biologico anaerobico di RSU indifferenziato (2,8 milioni di tonnellate), sul quale però è bene sottolineare l'elevata percentuale di scarto prodotto prima dell'avvio a digestione (tipicamente nell'ordine del 40-60%).

Minoritaria è invece la quota di FORSU trattata in co-digestione con RSU (circa 470.000 t/a su un totale di 5 impianti), probabilmente ascrivibile a situazioni in evoluzione dal punto di vista dello sviluppo locale di sistemi di raccolta differenziata delle frazioni organiche, che crescono e sostituiscono progressivamente le matrici indifferenziate.

Numero di Paesi ospitanti impianti	18
Impianti operativi	180
di cui con rifiuto trattato $\leq 3.000$ t/a	6
di cui con rifiuto urbano trattato < al 10% della capacità complessiva	7
Capacità complessiva impianti di digestione RSU (t/a)	2.803.500
Capacità complessiva impianti di digestione FORSU (t/a)	2.267.700
Capacità complessiva impianti di co-digestione FORSU + altre matrici (t/a)	1.968.400
Capacità complessiva impianti di co-digestione RSU+FORSU + altre matrici (t/a)	473.400

Tab. 1 – I numeri dell'impiantistica anaerobica in Europa

Tipologia matrici trattate	Impianti operativi
FORSU	70
FORSU + altre matrici*	70
RSU	29
RSU + FORSU	5
RSU + fanghi	5
Impianti che trattano RSU + FORSU + altre matrici*	1
<b>TOTALE</b>	<b>180</b>

\* Effluenti zootecnici (24 impianti), agroindustriali (25 impianti), fanghi di digestione (12 impianti), catering waste (7 impianti), rifiuti commerciali (2 impianti), rifiuti di industria alimentare, cartiere e colture energetiche (1 impianto).

Tab. 2 – Suddivisione degli impianti in Europa per tipologia di matrici trattate

La seguente tabella visualizza la ripartizione gli impianti censiti rispetto alla tipologia di rifiuto urbano trattato (FORSU o RSU indifferenziato), al regime termico e al tenore dei solidi totali.

	Wet		Semi-Dry		Dry		n.d.		TOT	
	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)
Mesofilo	37	13	0	0	10	7	0	0	<b>47</b>	<b>20</b>
Mesofilo/Termofilo	0	1	0	0	0	0	0	0	<b>0</b>	<b>1</b>
Termofilo	16	1	2	0	36	10	2	0	<b>57</b>	<b>11</b>
Mesofilo+Termofilo	8	1	0	0	0	0	0	0	<b>8</b>	<b>1</b>
n.d.	24	6	0	0	5	0	0	1	<b>29</b>	<b>7</b>
<b>TOT</b>	<b>85</b>	<b>22</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>51</b>	<b>17</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>140</b>	<b>40</b>

(1) = impianti alimentati con Forsu (+altre matrici)

(2) = impianti alimentati con RSU (+ altre matrici, compresa FORSU)

Tab. 3 - *Impianti alimentati con FORSU o RSU + altre biomasse*

Si rileva in generale una maggior quota di impianti ad umido (wet) rispetto a quelli a secco (dry), soprattutto negli impianti alimentati con matrici derivanti da raccolta differenziata. Non si osservano decisi orientamenti rispetto al regime termico, in parte anche in ragione della carenza di dati sugli impianti wet. Relativamente ai dati combinati, si nota infine una prevalenza di impianti wet-mesofili o dry-termofili, sia nel trattamento dei rifiuti indifferenziati che nel trattamento di matrici selezionate.

Pur nella carenza di informazioni complete appare condivisibile la conclusione della ricerca di DeBaere di una netta prevalenza di impianti monofasici, laddove gli impianti certamente bifasici censiti dalla Scuola Agraria risultano solo una ventina (il 12% del totale).

È utile segnalare anche la ripartizione delle installazioni rispetto ai fornitori degli impianti operativi, spesso titolari di brevetti o caratterizzati da peculiarità realizzative nelle proposte tecniche. Sono una quarantina i *supplier* tecnologici censiti; significativamente, i primi 9 per numero di impianti operativi in Europa rappresentano quasi il 70% degli impianti censiti (tab. 4). È altresì un aspetto fondamentale del trattamento dei rifiuti urbani l'importanza, oltre che del processo di gestione in senso stretto, delle fasi di preparazione dell'ingestato, rispetto alle caratteristiche locali del rifiuto trattato, che meritano particolare senso critico della selezione delle soluzioni disponibili. Non desta sorpresa quindi, pur non essendo stato possibile dare una dimensione al fenomeno, l'aver rilevato una certa tendenza alla realizzazione di impianti che integrano tecnologie differenti per le due principali sezioni di impianto (pretrattamento e processo biologico).

<b>Tecnologia</b>	<b>Impianti operativi</b>	<b>Contenuto ST (numero di fasi)</b>	<b>Regime termico</b>	<b>Matrici trattate negli impianti censiti</b>
Kompogas	30	Dry (1)	Termo	Forsu, RSU
BTA	15	Wet a (1 o 2)	preval. Meso	Forsu, RSU, fanghi, agroindustriali
RosRoca	15	Wet (1)	Meso	Forsu, RSU, fanghi, agroindustriali
Valorga	14	Dry (1)	Preval. Meso	Forsu, RSU, fanghi (1 impianto)
OWS (Dranco)	13	Dry (1)	Termo.	Forsu, RSU, fanghi, agroindustriali, scarti di cartiera
BRV(Linde-KCA/Strabag)	14	Dry/Wet (1 o 2)	Meso/Termo	Forsu, RSU, fanghi, agroindustriali, rifiuti zootecnici
Haase	9	Wet (preval. 2)	Preval. Meso	Forsu, RSU, fanghi, rifiuti zootecnici
Waasa/ Wabio (Citec)	7	Wet/Semi-Dry (1)	Preval. Termo	Forsu, RSU, fanghi (1 impianto)
Farmatic	6	Wet (1)	Meso	Forsu, RSU, zootecnici, agroindustriali

Tab. 4 - *Principali tecnologie a diffusione europea*

La resa di produzione di biogas e, di conseguenza, di generazione di energia, riflettono una combinazione di diverse scelte tecnologiche e processistiche (regime termico, contenuto di solidi totali, tempi di ritenzione, numero di fasi, ...), nonché delle tipologie di rifiuti o miscele avviate a trattamento. Un sostanziale filtraggio dei dati disponibili ha consentito di pervenire ad un campione, omogeneo per completezza di informazioni, di 36 impianti alimentati con rifiuti provenienti da raccolte differenziate (FORSU). Sul campione selezionato si osserva una elevata dispersione dei dati, con rese medie di produzione di biogas di 67 Nm<sup>3</sup>/ton di rifiuto trattato. Elaborando i dati rispetto ai soli impianti termofili, le rese medie salgono a circa 79Nm<sup>3</sup>/ton; considerando invece i soli impianti a secco, la resa media è pari a 86 Nm<sup>3</sup>/ton. Non sono possibili, vista l'esiguità dei dati, valutazioni relative alla resa in funzione delle tipologie di matrici co-digerite.

Sul trattamento di RSU indifferenziato, la quasi totalità dei dati disponibili è relativa a rese di produzione riferite alla frazione organica effettivamente avviata a digestione, e si colloca in omogeneamente intorno a 127 Nm<sup>3</sup>/ton. Ipotizzando che tale frazione rappresenti approssimativamente, il 40-60% del rifiuto in ingresso agli impianti, la resa specifica di produzione si attesta quindi intorno a 51-76 Nm<sup>3</sup>/ton di rifiuto trattato.

Su 68 impianti distribuiti in 14 dei 18 Paesi compresi nell'indagine sono state raccolte informazioni certe relative alla gestione del digestato residuo dal processo anaerobico. In ben 63 di essi è prevista una fase di compostaggio dalla durata variabile, previa eventuale separazione per centrifugazione della frazione liquida. Quest'ultima viene in parte ricircolata nei reattori ed in parte avviata a depurazione o, laddove consentito dalla normativa e dalle condizioni ambientali locali, ad utilizzo agronomico per fertirrigazione.

### **3. Considerazioni e conclusioni**

L'indagine condotta e qui sintetizzata nei suoi aspetti fondamentali ha cercato di raffigurare i numeri e le caratteristiche della digestione anaerobica nell'ottica del suo ruolo di soluzione complementare alla gestione integrata dei rifiuti (selezionati ed indifferenziati), piuttosto che la valutazione delle prestazioni offerte dalle diverse tecnologie disponibili. Il panorama offerto dall'indagine di settore sembra in effetti confortare l'approccio scelto, laddove il tema delle rese di produzione di biogas non appare nel suo complesso decisivo nell'orientare le scelte impiantistiche. È esemplificativa in tal senso la decisa prevalenza di impiantistiche monofasiche rispetto alle più performanti (ma più costose) bifasiche, che più di altri aspetti riflette probabilmente l'obiettivo primario del trattamento dei rifiuti urbani rivolto ad una sua gestione razionale, piuttosto che alla massimizzazione delle rese energetiche.

Anche l'attuale prevalenza di impianti wet richiama, probabilmente, una maggiore semplicità e affidabilità di impiantistiche che richiamano, nella fase biologica, quelle agricole o di gestione dei fanghi di depurazione. Gli impianti dry sembrano trovare, dall'analisi dei dati di tab. 4, maggiore diffusione tra gli impianti di trattamento di rifiuti non differenziati, dove probabilmente una maggiore robustezza dei digestori, meno esigenti rispetto a quelli ad umido, riduce gli sforzi necessari in fase di pretrattamento per ottenere una adeguata pulizia del materiale.

Alla maggiore semplicità dei sistemi wet va doverosamente contrapposta l'importante produzione di effluente liquido che, al netto di riciccoli possibili all'interno del sistema, è destinata a smaltimento. Se in altri contesti europei (si veda ad esempio quello tedesco) la gestione delle acque industriali non rappresenta un elemento rilevante nel complesso dei costi di gestione, differenti valutazioni devono essere fatte per nostro Paese, dove la presenza di depuratori nelle adiacenze dell'impianto di digestione, o addirittura la realizzazione di unità di pretrattamento dedicate al suo interno, possono diventare fattori determinanti nell'economia complessiva dell'investimento.

La possibilità di un utilizzo diretto in agricoltura del digestato prodotto, scarsamente diffusa sul materiale tal quale ma significativamente adottata nella gestione della frazione liquida ottenuta dopo centrifugazione o pressatura, va attentamente considerata alla luce delle caratteristiche chimico-fisiche di questo rifiuto. Fisicamente assimilabile ad un fango (generalmente un rifiuto semi-solido o semi-liquido), il digestato necessita infatti di adeguate strutture di contenimento e stoccaggio preliminarmente allo spandimento, che ne rendono problematica la gestione soprattutto in situazioni o periodi nei quali l'attività di fertilizzazione non sia consentita o possibile. Se dal punto di vista delle caratteristiche agronomiche se ne riconosce una elevata dotazione di azoto a pronta cessione, sono tuttavia da considerare le problematiche ambientali derivanti dall'applicazione di digestato in pieno campo alla luce delle prescrizioni contenute nella direttiva Nitrati, che

impone limiti annuali di carico di azoto per unità di superficie nelle cosiddette aree vulnerabili.

Poco esplorate, e tuttavia importanti in ambito di protezione ambientale, sono infine le caratteristiche microbiologiche del digestato (solo alcuni processi danno adeguate garanzie di igienizzazione della biomassa trattata) ed il potenziale rilascio di metano (intrappolato nella matrice o di nuova produzione grazie alla sviluppata microflora metanigena), gas dal notevole potere climalterante.

Date le premesse, è sempre più diffusa e raccomandabile la fase di finissaggio aerobico del digestato, opportunamente condizionato e miscelato con strutturante ligno-cellulosico, attraverso un processo semplificato di compostaggio condotto in ambiente confinato che consegua gli obiettivi di trasformazione del prodotto in termini di:

- allontanamento dell'ammoniaca in eccesso
- conseguimento dell'igienizzazione grazie allo sviluppo di calore del processo aerobico
- riduzione sostanziale dell'umidità
- raggiungimento degli standard qualitativi dell'ammendante compostato ai sensi della normativa sui fertilizzanti (D.lgs 217/06)

Tale pratica, che richiama di fatto una breve fase di maturazione di 4-6 settimane, semplifica notevolmente la gestione del prodotto, ampliandone potenzialmente il mercato di applicazione a settori quali giardinaggio e la vivaistica in vaso ed in terra.

## **Bibliografia**

- [1] California Integrated Waste Management Board - *Current Anaerobic Digestion Technologies Used for Treatment of Municipal Organic Solid Waste*. March 2008. Scaricabile dal sito <http://www.ciwm.ca.gov>.
- [2] Luc De Baere, Bruno Mattheeuws. "State-of-the-art 2008". In: *Waste Management World*, jul-Aug 2008 pp. 77-90
- [3] Juniper Consultancy Services Ltd. *Mechanical-biological treatment. A guide for decision makers. Processes, policies & market*. March 2005.
- [4] Juniper Consultancy Services Ltd – *Anaerobic digestion technology for biomass projects*. June 2007.