

## **La digestione anaerobica dei rifiuti urbani**

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

*Scuola Agraria del Parco di Monza*

### **Un mercato in crescita**

La domanda di impianti di recupero della frazione organica dei rifiuti urbani, in costante crescita grazie al progressivo sviluppo sul territorio nazionale delle raccolte differenziate, è stata fino ad oggi soddisfatta principalmente da tecnologie di tipo aerobico; secondo i dati pubblicati da ISPRA relativi alla gestione dei rifiuti urbani nel 2007, 3.2 milioni di tonnellate di rifiuti organici (FORSU, verde, fanghi e altre matrici) sono stati infatti recuperate nei 220 impianti gli impianti di compostaggio allora operativi. Accanto a questi, però, si sta progressivamente affermando un approccio, quello anaerobico, ancora relativamente modesto per i numeri in gioco in Italia (200.000 tonnellate gestite nel 2007 ma con forte tendenza all'aumento) ma già affermato in altri Paesi europei. Vediamo di cosa si tratta.

### **I fondamenti del processo**

La digestione anaerobica è un processo biologico, condotto in assenza di ossigeno, che porta alla riduzione della sostanza organica biodegradabile con produzione di un gas, il cosiddetto biogas, composto essenzialmente di metano (in percentuali comprese generalmente tra il 50 e l'80% in volume) ed anidride carbonica, impiegato per la produzione di energia (elettrica o termica) o di metano, per autotrazione o per la cessione alle reti di distribuzione. La digestione anaerobica genera altresì un importante flusso di rifiuto residuante dal processo biologico, detto digestato, utilizzabile come ammendante in agricoltura dopo una eventuale maturazione aerobica.

### **Le variabili principali del processo**

Nel corso degli anni, studi e applicazioni della digestione anaerobica su diverse tipologie di biomasse hanno condotto alla ramificazione dell'offerta tecnologica.

La principale distinzione per approccio impiantistico si basa sul tenore di sostanza secca del substrato alimentato al reattore. Le tecniche di digestione possono essere suddivise, da questo punto di vista, in due gruppi principali:

- *digestione a umido (wet)*, quando il substrato in digestione deve avere un contenuto di sostanza secca inferiore al 10%;
- *digestione a secco(dry)*, quando il substrato in digestione ha un contenuto di sostanza secca superiore al 20%

Processi con valori intermedi di sostanza secca sono meno comuni e vengono in genere definiti *a semisecco* (*semi-dry*).

I primi traggono origine dall'applicazione della digestione anaerobica nel campo della depurazione dei reflui civili e industriali e si rivolgono principalmente a rifiuti organici con bassa contaminazione pertanto facilmente depurabili e fluidificabili. I secondi si sono sviluppati specificatamente per l'applicazione sui rifiuti che si presentano in origine allo stato solido e con elevati indici di contaminazione da plastiche e altri materiali non biodegradabili, quali RSU e FORSU; in estrema sintesi, sono stati sviluppati per evitare rilevanti interventi di trattamento dei rifiuti preliminarmente al trattamento biologico vero e proprio.

Una seconda distinzione fa riferimento al regime termico al quale viene condotto il processo biologico. All'interno del reattore anaerobico possono essere stabilite condizioni di psicrofilia (20°C), mesofilia (35-37°C), termofilia (55°C) o estrema termofilia (65-70 °C). Poco utilizzate le condizioni estreme, i processi industriali si concentrano sui regimi mesofili e termofili. I primi presentano generalmente vantaggi nei costi e nella robustezza del processo. I reattori operanti in termofilia, invece, sono generalmente caratterizzati da rese di produzione di biogas più elevate, ma anche da un maggiore impegno gestionale per il mantenimento degli equilibri operativi.

Il tipo di caricamento dei reattori operato definisce inoltre processi in *batch*, dove le matrici vengono introdotte in un'unica soluzione nel reattore, e processi in continuo, dove invece il reattore viene periodicamente (quotidianamente, o con frequenze maggiori) alimentato con una quota di matrice a cui corrisponde lo scarico di una analoga quantità di digestato. Ad una maggiore economia e semplicità gestionale dei processi in batch, si contrappone una maggiore resa produttiva nei reattori alimentati in continuo, in cui la resa di produzione di biogas viene mantenuta approssimativamente costante e vicina al picco durante l'attività dell'impianto.

Un'ultima chiave dicotomica fa riferimento infine al numero di reattori impiegati in serie per lo svolgimento del processo anaerobico. La catena di reazioni che portano alla produzione di biogas dalla sostanza organica genera metaboliti potenzialmente interferenti con il processo complessivo. Nasce da questa considerazione l'opportunità di realizzare, in luogo di un unico reattore ove si svolga l'intera catena di reazioni (processi monostadio), una separazione fisica tra le prime fasi del processo e la fase metanigena (processi bistadio o multistadio). È intuitivo comprendere che processi monostadio presentano costi di investimento e spazi occupati generalmente inferiori, mentre i processi bistadio consentono cinetiche di processo migliorate e rese di processo superiori.

### **L'integrazione anaerobico/aerobico**

L'accoppiamento dei processi di digestione anaerobica e compostaggio nel trattamento dei rifiuti solidi organici ha ottenuto in questi ultimi anni sempre maggiore attenzione da parte degli operatori del settore.

I principali elementi di confronto tra i due approcci presi separatamente possono essere così sintetizzati:

- la digestione anaerobica produce energia rinnovabile (biogas) a fronte del compostaggio, aerobico ed esoergonico, che consuma energia;
- gli impianti anaerobici sono in grado di trattare tutte le tipologie di rifiuti organici indipendentemente dalla loro umidità, a differenza del compostaggio che richiede un certo tenore di sostanza secca nella miscela di partenza;
- la digestione anaerobica opera in reattori chiusi, senza rilascio di emissioni gassose maleodoranti in atmosfera, come può invece avvenire durante la fase di ossidazione accelerata del processo di compostaggio;
- gli impianti di digestione anaerobica che risultano, rispetto al compostaggio, meno esigenti in termini di spazi richiesti, avendo uno sviluppo tendenzialmente verticale;
- nella digestione anaerobica si ha acqua di processo in eccesso che necessita di uno specifico trattamento, mentre nel compostaggio le eventuali acque di percolazione possono essere riciclate come agente umidificante sui cumuli in fase termofila;
- gli impianti di digestione anaerobica richiedono investimenti iniziali maggiori (400-800 Euro/ton.anno) rispetto a quelli di compostaggio (200-400 Euro/ton.anno);
- a causa delle sue caratteristiche chimico-fisiche il digestato, la matrice semi-solida o semi-liquida in uscita dal reattore anaerobico al termine del processo di digestione, presenta problemi di gestione superiori e possibilità di impiego limitate rispetto al compost.

L'integrazione dei due processi si esplicita nel far seguire al processo anaerobico una fase aerobica, semplificata nei tempi, a carico del digestato opportunamente disidratato e miscelato con strutturante ligno-cellulosico, porta notevoli vantaggi al sistema complessivo di recupero, in quanto:

- si migliora nettamente il bilancio energetico dell'impianto, che produce in fase anaerobica un surplus di energia rispetto al fabbisogno complessivo;
- i problemi olfattivi cagionati dal trattamento di matrici ad elevata putrescibilità vengono ridotti e gestiti a costi inferiori; le fasi maggiormente odorogene sono confinate in reattori chiusi e le "arie esauste" sono rappresentate dal biogas, che viene direttamente avviato alla

linea di valorizzazione energetica e non disperso in atmosfera. Il digestato è un materiale semi-stabilizzato, pertanto il controllo degli impatti odorigeni durante il post-compostaggio aerobico risulta più agevole;

- l'impegno di spazi a parità di rifiuto trattato è inferiore, grazie alla maggior compattezza dell'impiantistica anaerobica e alla riduzione dei tempi necessari per il finissaggio aerobico del digestato

### **La digestione anaerobica dei rifiuti: lo stato dell'arte in Europa**

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.

La Scuola Agraria del Parco di Monza ha aggiornato alle informazioni disponibili alla fine del 2008, un censimento degli impianti di digestione anaerobica dei rifiuti urbani condotto nell'ambito di una collaborazione biennale con il Dipartimento Ambiente, Salute e Sicurezza dell'Università dell'Insubria e finanziata dal Ministero dell'Istruzione, dell'Università e della Ricerca.

L'elaborazione complessiva dei dati acquisiti porta a valutare a fine 2008 la presenza, in 15 Paesi europei, di 180 impianti di digestione anaerobica di rifiuto urbano, 167 dei quali con capacità di trattamento superiori a 3.000 t/a e con quantità di rifiuto urbano (RSU o FORSU) trattate maggiore del 10% delle matrici organiche totali digerite.

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.

Dal punto di vista tecnologico, si rileva in generale una maggior quota di impianti ad umido rispetto a quelli a secco, evidente soprattutto nella gestione di 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 ad umido. 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. Gli impianti monofasici, infine, rappresentano circa l'88% del totale; dimostrando da parte degli operatori una maggiore propensione al contenimento dei costi complessivi rispetto alla ricerca della massimizzazione delle rese energetiche.

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  $67 \text{ Nm}^3/\text{ton}$  di rifiuto trattato. Elaborando i dati rispetto ai soli impianti termofili, le rese medie salgono a circa  $79 \text{ Nm}^3/\text{ton}$ ; considerando invece i soli impianti a secco, la resa media è pari a  $86 \text{ Nm}^3/\text{ton}$ . 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  $127 \text{ Nm}^3/\text{ton}$ . 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  $51-76 \text{ Nm}^3/\text{ton}$  di rifiuto trattato.

### **La situazione in Italia**

Il nostro Paese, come accennato in apertura, ha iniziato a muoversi in modo deciso verso l'approccio integrato anaerobico/aerobico negli ultimi anni. Rispetto ad un esiguo numero di impianti "storici", alcuni dei quali convertiti dal trattamento dei rifiuti indifferenziati a quello della FORSU (Bassano del Grappa e Villacidro, per citarne alcuni), si osserva oggi un deciso incremento delle iniziative avviate o in corso di definizione. Ad oggi, risultano operativi una dozzina di impianti con significative capacità di trattamento, ed almeno altrettanti sono in fase di autorizzazione e realizzazione.

Vale la pena di rilevare che, dai dati forniti dai gestori degli impianti, le rese energetiche della rifiuto organico nazionale appaiono decisamente superiori al dato medio europeo. Tra gli altri fattori, vogliamo qui sottolineare che, a differenza di altri Paesi nei quali la digestione anaerobica

ha preso piede, i sistemi di raccolta differenziata italiani tendono ad una separazione degli scarti di cucina, a maggiore contenuto di sostanza organica putrescibile, dai rifiuti verdi derivanti dalla manutenzione di giardini, caratterizzati da rese di trasformazione anaerobica generalmente trascurabili.

Seguendo la logica dell'integrazione di approcci, sono proprio le aziende oggi operative nel settore del compostaggio le principali interessate all'implementazione di tecnologie anaerobiche, spinte dagli incentivi economici per la produzione di energie rinnovabili, dalla possibilità di aumentare le proprie capacità di trattamento, di ridurre gli impatti ambientali complessivi e, di conseguenza, le cause di attriti con le popolazioni circostanti.

Nella possibilità di integrazione anaerobico/aerobico sono stati rimarcati finora gli aspetti premianti della digestione rispetto al solo compostaggio. Vale la pena di concludere rimarcando alcuni aspetti che rendono, se non indispensabile, estremamente opportuno il post-trattamento aerobico del digestato prodotto nella fase anaerobica. La possibilità di un utilizzo diretto in agricoltura del digestato va attentamente considerata alla luce delle caratteristiche 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.

Il digestato, opportunamente condizionato (tramite centrifugazione per allontanare la fase liquida ed aumentare il tenore di sostanza secca) e miscelato con strutturante ligno-cellulosico, attraverso un processo semplificato di compostaggio condotto in ambiente confinato può conseguire:

- l'allontanamento dell'ammoniaca in eccesso
- l'igienizzazione grazie allo sviluppo di calore del processo aerobico
- la riduzione sostanziale dell'umidità in eccesso
- il 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.

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

Numero di Paesi ospitanti impianti	15
Impianti operativi	180
di cui autorizzati a trattare oltre 3.000 t/a e che trattino rifiuto urbano (RSU o FORSU) per almeno il 10% della capacità complessiva	167
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. 2 - Impianti alimentati con FORSU o RSU + altre biomasse

	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	47	20
Mesofilo/Termofilo	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
Termofilo	16	1	2	0	36	10	2	0	57	11
Mesofilo+Termofilo	8	1	0	0	0	0	0	0	8	1
n.d.	24	6	0	0	5	0	0	1	29	7
<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 di digestione anaerobica operativi in Italia (dati ISPRA e Scuola Agraria del Parco di Monza)

Località	Capacità autorizzata
Montello (BG)	165.000
Voghera (PV)	27.000
Villanova del Sillaro (LO)	31.500
Pinerolo (TO)	81.000
Villacidro (CA)	39.600
Viareggio (LU)	1.500
Badia (BZ)	600
Campo di Trens (BZ)	600
Rodendo (BZ)	150
Lana (BZ)	17.000
Bassano del Grappa (VI)	61.600
Cesena (FC)	30.000
Este (PD)	235.000
Camposampiero (PD)	53.500
Lozzo Atesino (PD)	60.000
Treviso	3.000*

\*riferito alla sola FORSU; l’impianto tratta principalmente fanghi di depurazione

