

• RISULTATI DELLE PROVE SVOLTE DAL DIPROVE DELL'UNIVERSITÀ DI MILANO

# I fattori che rendono ottimale la razione per il digestore

Affinché la digestione anaerobica avvenga con la massima efficienza è necessario che la razione inserita nel digestore sia scelta in modo da fornire la massima resa in biogas nel minore periodo di tempo possibile

di **Fabrizio Adani**  
**Andrea Schievano**  
**Giuliana D'Imporzano**

**L'**alimentazione del digestore anaerobico è il fattore primario di successo della digestione anaerobica e il presupposto per la riuscita economica dell'impresa.

Nel presente articolo vengono esposti gli strumenti per valutare la produttività di biomasse eterogenee, forniti esempi di valutazioni economiche sulla produzione unitaria di biogas e commenti sui parametri chimici che determinano la riuscita biologica della trasformazione (controllo di processo) e, infine, verranno dati gli strumenti per valutare l'efficienza del processo nel suo complesso (bilanci di massa).

Le colture energetiche hanno contenuti di solidi volatili superiori al 90% della sostanza secca totale, i materiali predigeriti (liquami zootecnici maturati) si fermano al 60-70%

## Caratteristiche chimiche delle biomasse

I parametri chimici indispensabili per valutare una biomassa e formulare una razione equilibrata e produttiva sono: il contenuto di solidi totali, il contenuto di solidi volatili e carbonio, il contenuto di azoto e il rapporto C/N (carbonio/azoto), il contenuto di fosforo e potassio, la produttività potenziale di biogas.

- Il contenuto di sostanza secca indica quanto è concentrato il materiale introdotto nel digestore. Per i sistemi Cstr (digestori completamente miscelati), i più diffusi in ambiente agricolo, il contenuto di sostanza secca all'interno del digestore deve essere inferiore al 10%.

- Il contenuto di solidi volatili indica la quantità di sostanza organica contenuta nella biomassa e potenzialmente trasformabile in biogas. Generalmente le colture energetiche hanno contenuti di solidi

volatili superiori al 90% della sostanza secca totale, mentre materiali predigeriti, quali ad esempio i liquami zootecnici maturati e i fanghi di depurazione, hanno un contenuto variabile tra il 60 e il 70%. Il carbonio rappresenta una parte di tutta la sostanza organica presente (approssimativamente il 50%).

- Il contenuto di azoto è fondamentale per il corretto svolgimento dei processi biologici. In particolare il rapporto ottimale tra carbonio e azoto per la digestione anaerobica è indicato  $< 30$  (Wilkie *et al.*, 1986, Kayhanian e Rich, 1995). Un contenuto di azoto insufficiente rispetto al carbonio ( $C/N > 30$ ) rallenta il tasso di crescita microbica e tutte le reazioni di trasformazione del substrato in biogas.

- La richiesta di fosforo e potassio è più limitata rispetto a quella di azoto, il range ottimale C/P (carbonio/fosforo) è indicato tra 120 e 150.

- Il rapporto C/K (carbonio/potassio) in-

**TABELLA 1 - Caratteristiche chimiche e potenzialità produttive di 23 biomasse**

Biomassa	Sostanza secca (s.s.) (g/kg t.q.)	Solidi volatili (g/kg s.s.)	Azoto (g/kg s.s.)	Produzione potenziale di biogas	
				metodo respirometrico (mg O <sub>2</sub> /g s.s. 20 ore)	test di biogasificazione (m <sup>3</sup> /t s.s.)
Insilato di mais	300 ± 6	915 ± 3	16 ± 1	184 ± 19	668 ± 21
Insilato di sorgo	200 ± 4	905 ± 3	16 ± 1	88 ± 39	594 ± 37
Farina di mais	327 ± 7	969 ± 1	46 ± 1	167 ± 15	690 ± 19
Farina di riso	890 ± 18	891 ± 2	27 ± 1	106 ± 21	582 ± 11
Granella di mais	267 ± 5	954 ± 2	21 ± 2	153 ± 23	685 ± 24
Liquame suino	30 ± 1	602 ± 1	164 ± 3	125 ± 1	387 ± 8
Liquame bovino	18 ± 1	799 ± 5	10 ± 1	36 ± 7	135 ± 8
Pollina	235 ± 5	680 ± 1	134 ± 2	86 ± 11	416 ± 27
Deiezioni coniglio	371 ± 7	861 ± 1	179 ± 3	45 ± 5	351 ± 10
Rifiuto organico selezionato (1)	551 ± 11	983 ± 2	20 ± 0	189 ± 78	781 ± 103
Rifiuto organico selezionato (2)	481 ± 10	949 ± 13	32 ± 1	245 ± 20	782 ± 40
Rifiuto organico selezionato (3)	452 ± 9	954 ± 2	28 ± 1	265 ± 7	777 ± 45
Scarti di frutta e verdura	237 ± 5	915 ± 2	28 ± 1	171 ± 33	667 ± 3
Scarti di carne e pesce	424 ± 8	960 ± 1	88 ± 2	378 ± 72	980 ± 56
Scarti di macellazione	190 ± 4	998 ± 2	21 ± 3	139 ± 4	540 ± 0
Bucce di mandorle	682 ± 14	940 ± 2	24 ± 1	98 ± 12	687 ± 144
Scarti della panificazione	660 ± 13	984 ± 1	21 ± 2	112 ± 23	731 ± 178
Scarti lattiero-caseari	144 ± 3	924 ± 1	0,2 ± 0,1	293 ± 20	783 ± 120
Fango di depurazione (impianto 1)	193 ± 4	689 ± 2	46 ± 1	83 ± 3	240 ± 5
Fango di depurazione (impianto 2)	221 ± 4	642 ± 3	34 ± 1	143 ± 81	285 ± 22
Olio di oliva	996 ± 20	1.000	0	377 ± 20	1.549 ± 6
Olio di girasole	989 ± 20	1.000	0	407 ± 144	1.523 ± 7
Burro	850 ± 17	1.000	0	243 ± 81	1.282 ± 176



vece è indicato tra 45 e 100 (Kayhanian e Rich, 1995).

### Scelta delle biomasse

Due sono gli aspetti importanti della scelta delle matrici organiche da utilizzarsi in un digestore: il costo della matrice e la produttività della matrice in termini di biogas prodotto per unità di peso.

Il primo dato è soggetto alle regole del mercato, il secondo aspetto è stato affrontato dal Gruppo Ricicla del Dipartimento di produzione vegetale dell'Università di Milano che ha proposto di utilizzare un semplice e rapido metodo respirometrico di (*oxygen demand*, OD) (Schievano *et al.*, 2008) per la stima del biogas producibile.

A titolo esemplificativo in *tabella 1* sono riportate le caratteristiche chimiche e i valori di produttività potenziale di biogas di 23 matrici organiche eterogenee.

La conoscenza del dato di produzione potenziale di biogas della biomassa e del suo contenuto di sostanza secca, unitamente alla conoscenza del costo della matrice organica, permette di calcolare un parametro importante per la definizione della razione del digestore, cioè il costo unitario del biogas producibile (Cubp) (*tabella 2*) (euro/m<sup>3</sup> di biogas producibile). Tale parametro rappresenta il costo che deve essere sostenuto per produrre l'unità di volume di biogas (m<sup>3</sup>) dall'unità di peso della biomassa (t).

Dalla *tabella 2* si evince che i liquami da allevamento zootecnico, anche se generalmente disponibili a prezzo «zero», hanno una produttività di biogas estremamente bassa, che suggerisce la necessità di codigestione con altre biomasse più produttive. In tal senso gli scarti dell'industria agroalimentare hanno una produttività confrontabile o talvolta superiore a quella delle colture energetiche, così come la frazione organica dei rifiuti, ma a costi decisamente inferiori.

**TABELLA 2 - Esempi di costo unitario del biogas (1) producibile per diverse biomasse**

Biomassa	Sostanza secca (%)	Produzione potenziale di biogas (2) (m <sup>3</sup> /t t.q.)	Costo (3) (euro/t)	Costo unitario biogas producibile (euro/m <sup>3</sup> biogas)
Insilato di mais	30	200,4 ± 8,2	72	0,36
Insilato di sorgo	20	118,8 ± 4,7	65	0,55
Farina di mais	32,7	225,6 ± 20,9	75	0,33
Farina di riso	89	517,9 ± 1,8	150	0,29
Granello di mais	26,6	182,9 ± 2,7	80	0,44
Pastone di frumento	45	316,9 ± 8	110	0,35
Paglia di orzo	36	190,4 ± 4,9	47	0,26
Liquame suino fresco	4,2	10,4 ± 0,4	0	0,00
Liquame suino predigerito	3,3	5,2 ± 0,3	0	0,00
Liquame bovino	1,8	2,4 ± 0,1	0	0,00
Pollina	23,5	97,8 ± 6,4	0	0,00
Deiezioni di coniglio	37,1	130,2 ± 3,8	0	0,00
Fanghi di depurazione	19,3	46,4 ± 0,9	0	0,00
Rifiuto organico selezionato (1)	55,1	430,3 ± 24,2	-45	-0,10
Rifiuto organico selezionato (2)	48,1	376,1 ± 2,6	-45	-0,12
Rifiuto organico selezionato (3)	45,2	351,2 ± 46,6	-45	-0,13
Frazione organica dei rifiuti	35	226,1 ± 7,7	-45	-0,20
Rifiuto a base vegetale	26,4	177,0 ± 9,3	-45	-0,25
Scarti di frutta e verdura	23,7	158,1 ± 18,7	-45	-0,28
Scarti di carne e pesce	42,4	415,5 ± 10	-45	-0,11
Scarti di macellazione	19	102,5 ± 0,4	-45	-0,44
Scarti della panificazione	66	482,5 ± 27,8	60	0,12
Scarti lattiero-caseari	14,5	112,8 ± 4,4	0	0,00
Trebbie di birra	26	101,8 ± 2,1	20	0,20
Fanghi della produzione di birra	6,3	29,5 ± 0,2	10	0,34
Scarti di patate	20	126,8 ± 3,5	0	0,00
Melasso	98	498,5 ± 6,7	120	0,24
Glicerina	98	587,6 ± 43,3	70	0,12
Sansa di oliva 1	27,6	301,0 ± 9,3	20	0,07
Sansa di oliva 2	83,2	521,9 ± 5	20	0,04
Sanse della lavorazione di oli vari	24,1	175,4 ± 8	20	0,11

(1) I valori negativi indicano la retribuzione per il trattamento del rifiuto.

(2) Stimata con il test di biogassificazione.

(3) Prezzi indicativi per il Nord Italia durante il periodo 2007-08.

I liquami zootecnici hanno una produttività di biogas molto bassa, che suggerisce la necessità di codigestione con altre biomasse più produttive.

È evidente, quindi, che la definizione del costo unitario del biogas producibile diviene l'elemento principale per la formulazione della razione e che la scelta delle matrici da impiegare nella razione dipenderà dalla convenienza economica del loro mix e dalla loro disponibilità sul territorio.

In *tabella 3* si riportano 5 esempi di razione ottenute con matrici diverse e i relativi valori di costo unitario del biogas producibile.

### Parametri di gestione del reattore

La *tabella 4* riporta i dati di processo rilevati in 4 digestori completamente miscelati di impianti operanti in scala

reale con diverse miscele e ottime performance.

Durante il periodo di monitoraggio condotto da personale del Dipartimento di produzioni vegetali dell'Università di Milano sono stati tenuti sotto controllo i principali parametri chimici delle razioni e dei materiali presenti nei digestori, in modo da valutare l'adeguatezza dell'alimentazione fornita, la stabilità dei parametri operativi del digestore e la qualità dei digestati in uscita.

Gli impianti considerati, pur utilizzando liquame, si differenziano in maniera sostanziale per quanto riguarda le matrici di codigestione, che spaziano dalle colture energetiche, ai sottoprodotti dell'agroindustria (siero, scarti di lavorazione dell'ortofrutta), glicerina e frazione organica dei rifiuti solidi urbani (Forsu) da raccolta differenziata.

In *tabella 5* sono riassunte le principali caratteristiche chimiche della razione per valutarne l'adeguatezza nell'alimentazione dei digestori.

In tutti i casi si osserva un elevato contenuto di sostanza secca della razione (sempre superiore al 10%), dovuto alle matrici in codigestione, come anche un significativo contenuto di solidi volatili (superiore all'85%).

Tutte le razioni proposte hanno caratteristiche compatibili con la digestione anaerobica: il pH compreso tra 4 e 5,9, un rapporto C/N compreso tra 13 e 20, valori ritenuti ottimali come prima indicato. Anche i valori di ammoniaca rilevati nelle razioni sono ottimali.

In *tabella 6* sono riportati i principali parametri chimico-fisici misurati sui campioni di materiale prelevato dai digestori.

Il contenuto di ammoniaca durante il processo è in tutti i casi considerato ampiamente sotto il livello di attenzione, in quanto inferiore a 3.000 mg/L, il valore di acidi grassi volatili (AGV) è elevato nel solo caso dell'impianto 1

CONTROLLO DELLA DIGESTIONE ANAEROBICA

# Parametri chimici di stabilità del processo

Una volta preparata la miscela è necessario che il processo di digestione anaerobica avvenga in maniera ottimale operando un continuo e attento controllo.

La digestione anaerobica si svolge attraverso una catena metabolica che, partendo da composti carboniosi complessi, conduce a intermedi metabolici più semplici, fino alla produzione di acidi grassi volatili (fase acidogena), poi ridotti a metano nella fase metanigena. La reazione di metanazione è la reazione più lenta e condiziona l'intera velocità del processo. Se si mantiene l'equilibrio tra la quantità di acido acetico prodotta nella fase acidogena e la quantità metabolizzata a metano si parla di condizioni metanigene stabili.

Diversamente, l'accumulo di acido acetico non ancora metabolizzato a metano determina un rallentamento dei processi, tossicità per i batteri metanigeni, acidificazione del mezzo e, in certe condizioni, anche blocco del digestore e della produzione di biogas.

Per favorire le condizioni metanigene stabili si bilancia il rapporto tra materiale già digerito, il digestato, e materiale fresco ancora da decomporre. Il digestato funge da inoculo fornendo batteri metanigeni acclimatati e contribuisce a tamponare l'acidità dovuta alle prime reazioni di degradazione della sostanza organica. I valori di carico organico dei digestori non dovranno superare, a seconda del materiale introdotto, valori di 2-6 kg s.v./m<sup>3</sup> giorno per processi in digestori completamente miscelati.

I parametri chimici di processo vengono determinati sul materiale prelevato nell'ambiente di reazione (digestore) per verificare il perdurare di condizioni metanigene stabili. I principali parametri di processo comunemente considerati sono i seguenti.

**Acidi grassi volatili (AGV).** Acidi organici prodotti nel corso della degradazione della sostanza organica. La concentrazione di AGV è espressa come concentrazione di acido acetico nel volume di materiale (mg/L), dipende dalla quantità e qualità del materiale caricato nel digestore e dall'equilibrio tra batteri acidogeni e batteri metanigeni. Come parametro di stabilità non viene assunta la concentrazione assoluta ma le variazioni di concentrazione: incrementi repentini di concentrazione indicano che il processo

volge verso la fase acidogena piuttosto che metanogena. In generale un incremento degli AGV è conseguente all'aumento del carico organico da trattare.

**Alcalinità.** Rappresenta la capacità del sistema di accettare protoni ed è espressa come concentrazione di carbonato di calcio. L'alcalinità di un digestore anaerobico è determinata dalla coesistenza di ammoniaca, originata dalla degradazione proteica, e bicarbonato, derivato dalla dissoluzione dell'anidride carbonica (CO<sub>2</sub>) nel mezzo, che formano un sistema in grado di tamponare l'abbassamento del pH dovuto dall'accumulo degli acidi grassi volatili.

**Rapporto AGV/alcalinità totale.** La concentrazione di AGV e l'alcalinità sono due parametri molto sensibili alle variazioni del sistema e il rapporto è diagnostico di condizioni di instabilità. Valori intorno a 0,3 indicano un'operatività stabile del digestore, mentre valori superiori possono indicare l'accumulo di AGV e l'insorgere di problemi di stabilità. Il rapporto AGV/alcalinità ha significato diagnostico in quanto descrive la dinamica tra materiale già digerito (alcalinità rappresentata da ceneri e ammoniaca) e materiale fresco in via di degradazione (AGV). Valori di rapporto AGV/alcalinità totale superiori indicano spesso una sovralimentazione del digestore.

**Concentrazione di ammoniaca.** L'ammoniaca è prodotta durante la degradazione delle proteine. Un'alta concentrazione di ammoniaca può inibire i batteri sia acidogeni sia metanigeni.

Intervalli di concentrazione:

- 200-1.500 mg/L: mai tossica;
- 1.500-3.000 mg/L: inibente se il pH è sotto 7,4;
- 3.000 mg/L: sempre inibente.

La presenza di ammoniaca è comunque importante per tamponare il sistema dentro al digestore e compensare l'accumulo di acidi grassi volatili mantenendo un pH stabile.

**pH.** Il valore dipende dai parametri visti in precedenza: concentrazione di acidi grassi volatili, ammoniaca, alcalinità. In un digestore in fase stabile il valore di pH dovrebbe aggirarsi intorno a 6,5-8. Cadute del valore di pH sotto 6,5 indicano un accumulo di acidi grassi volatili (spesso a causa della sovralimentazione del digestore).

**TABELLA 3 - Esempi di razioni ottenute con matrici diverse e i relativi valori di costo unitario di biogas producibile**

Composizione miscela	Sostanza secca (%)	Produzione potenziale di biogas (1) (m <sup>3</sup> /t t.q.)	Costo miscela (euro/t) (2)	Costo unitario biogas producibile (euro/m <sup>3</sup> biogas) (2)
Liquame suino (50%) + coltura energetica (50%)	17,50	112,1 ± 13,6	31,56	0,28
Liquame suino (54%) + coltura energetica (27,2%) + sottoprodotti agroindustria (18,8%)	24,00	149, ± 5	27,26	0,18
Liquame suino (50%) + Forsu (3) (50%)	19,20	110,5 ± 3,7	-22,5	-0,2
Liquame suino (48,3%) + Forsu (43%) + glicerina (8,6%)	26,30	144,1 ± 17,9	-13,36	-0,09
Liquame suino (47,8%) + scarti lavorazione olio (52,2%)	15,60	96,8 ± 14,3	10,43	0,11

(1) Stimata con il test di biogassificazione. (2) I valori negativi indicano la retribuzione per il trattamento dei rifiuti.

(3) Forsu: frazione organica residui solidi urbani.

**TABELLA 4 - Composizione della razione e caratteristiche operative di 4 impianti di digestione anaerobica**

Impianto	Tempo di ritenzione (giorni)	Carico organico (kg s.v./m <sup>3</sup> digestore al giorno)	Liquame bovino (% p.f.)	Liquame suino (% p.f.)	Culture energetiche (% p.f.)	Sottoprodotti agroindustriali (% p.f.)	Glicerina (% p.f.)	Forsu (*) (% p.f.)
1	40	2,9	33,5	0	21,6	44,8	0	0
2	40	3	21,8	0	1,9	17,9	0	58,6
3	35	2,9	15,6	42,6	13,9	27,9	0	0
4	56	1,96	0	58,5	31,5	7,9	2,1	0

(\*) Forsu: frazione organica residui solidi urbani. p.f. = peso fresco.

**TABELLA 5 - Caratteristiche chimiche delle razioni utilizzate nei 4 impianti considerati**

Impianto	Sostanza secca (g/kg p.f.)	Sostanze volatili (g/kg s.s.)	pH	C/N	NH <sub>3</sub> (mg/L)	Produzione potenziale di biogas	
						metodo respirometrico (mg O <sub>2</sub> /g s.s. 20 ore)	test di biogasificazione (m <sup>3</sup> /t s.s.)
1	127,4 ± 11,8	915,5 ± 11,3	4,8 ± 0,37	13	803,9 ± 62,4	185 ± 45	575 ± 11
2	142,7 ± 34,7	896,4 ± 5	4,0 ± 0,56	13	763,9 ± 109,6	241 ± 58	582 ± 11
3	128,8 ± 14,9	885,6 ± 5,2	4,7 ± 0,52	18	1.429 ± 185	162,5 ± 54,9	504 ± 39
4	127,1 ± 6,9	846,6 ± 8,1	5,9 ± 0,2	14	201,0 ± 70	170 ± 22	545 ± 33

**TABELLA 6 - Caratteristiche chimiche dei materiali prelevati dal digestore nei 4 impianti considerati**

Impianto	Sostanza secca (g/kg p.f.)	Sostanze volatili (g/kg s.s.)	pH	NH <sub>3</sub> (mg/L)	AGV (mg acido acetico/L)	Alcalinità totale (mg carbonato di calcio/L)	AGV/alcalinità totale	Produzione potenziale di biogas	
								metodo respirometrico (mg O <sub>2</sub> /g s.s. 20 ore)	test di biogasificazione (m <sup>3</sup> /t s.s.)
1	72,2 ± 22	758 ± 44	7,5 ± 0,18	1.773 ± 64	3.117 ± 1.772	10.363 ± 1.197	0,3	94 ± 23	235 ± 15
2	58,0 ± 26	751 ± 7	8,1 ± 0,33	2.573 ± 48,9	2.515 ± 1.704	10.727 ± 2.275	0,23	95 ± 21	235 ± 9
3	43,4 ± 14,3	698,2 ± 5,5	7,9 ± 0,1	1.908 ± 62,4	1.257 ± 234	9.619 ± 750	0,13	56,9 ± 18,0	186 ± 23
4	57,6 ± 7,8	705,6 ± 8,1	8,1 ± 0,5	57,6 ± 2,2	2.400 ± 300	14.200 ± 1.100	0,17	64 ± 9	148 ± 29

Il rapporto AGV/alcalinità totale, significativo per diagnosticare l'instabilità di processo, è sempre al di sotto di 0,3, valore compatibile con condizioni metanigene stabili.

**TABELLA 7 - Performance di processo**

Impianto	Efficienza sulla base dei solidi volatili	Efficienza sulla base della stima del biogas (%)	Efficienza di recupero biogas/tempo di ritenzione (%/giorno)
1	71,09	76,8	1,9
2	65,14	83,6	2,1
3	71,32	87,6	2,5
4	56,57	87,7	1,6

L'impianto 3 è il più efficiente nella conversione di biogas: con un tempo di ritenzione di 35 giorni raggiunge una recovery di biogas dell'87,56%.

La definizione del costo unitario del biogas producibile è l'elemento principale per la formulazione della razione

(3.117 mg acido acetico/L), ma il rapporto AGV/alcalinità totale, più significativo per diagnosticare instabilità di processo, è sempre al di sotto di 0,3, valore compatibile con condizioni metanigene stabili.

I digestori monitorati non hanno mai manifestato, durante il periodo di studio, problemi legati a sovralimentazione e/o inibizione da acidi grassi volatili. Nel caso 3, anzi, il rapporto AGV/alcalinità totale (0,13) indicava una scarsa alimentazione e quindi la possibilità di aumentare ancora il carico organico.

## Bilancio di massa

Se il controllo di processo è la base per il corretto funzionamento del digestore, il bilancio di massa fornisce lo strumento per verificare la reale efficacia del processo condotto e stabilire con certezza che la razione è stata valorizzata al massimo delle sue potenzialità.

I bilanci di massa vengono redatti considerando le quantità reali di sostanza tal quale, di sostanza secca, di solidi volatili o di carico organico (COD), alimentati nel digestore e in uscita da esso.

Un bilancio di massa che consideri oltre ai flussi reali di massa nel digestore anche il biogas prodotto dalla razione alimentata e dal digestato permette, al contrario dei primi, la corretta stima di quanto il processo riesce a essere efficiente.

In *tabella 7* sono riportate le efficienze di processo calcolate in base al bilancio dei solidi volatili e in base al bilancio di massa della produzione potenziale di biogas dell'ingestato e del digestato.

In primo luogo si nota come la misura delle efficienze di processo sulla base del bilancio dei solidi volatili non sempre riesca a mettere in evidenza le reali performance dell'impianto (*tabella 4*, impianto 4).

Efficienze produttive dell'80-90%, intese come percentuale di biogas prodotto rispetto al biogas potenzialmente producibile, negli impianti controllati indicano che un processo svolto correttamente permette di «spremere» quasi tutto il potenziale produttivo delle biomasse alimentate.

Se si confrontano, infine, i valori di performance coi tempi di ritenzione si ha un indice dell'efficienza dell'impianto rispetto al tempo, cioè nell'unità di tempo (giorno) la percentuale di biogas prodotto rispetto alla quantità massima producibile come rilevata in laboratorio.

Questo parametro è importante perché se l'efficienza è un parametro quantitativo (percentuale di biogas prodotto), l'efficienza dell'impianto rispetto al tempo rappresenta anche un dato qualitativo: in quanto tempo mediamente si produce quel biogas.

L'impianto 3 risulta il più efficiente nella conversione di biogas nell'unità di tempo, infatti, nonostante un tempo di ritenzione di 35 giorni raggiunge un'efficienza di recupero del biogas dell'87,56%, analoga all'impianto 4, che diversamente la raggiunge in un tempo di ritenzione di 56 giorni.

● Fabrizio Adani

Andrea Schievano

Giuliana D'Imporzano

Dipartimento di produzione vegetale

Master in gestione delle biomasse

e dei processi per la produzione di energia

Università di Milano

fabrizio.adani@unimi.it



Per consultare la bibliografia e gli approfondimenti:

[www.informatoreagrario.it/rdLia/08ia40\\_3808\\_web](http://www.informatoreagrario.it/rdLia/08ia40_3808_web)

# I fattori che rendono ottimale la razione per il digestore

## BIBLIOGRAFIA

- Kahyanian M., Rich D. (1995) - *Pilot scale high solids thermophilic anaerobic digestion of municipal solid waste with an emphasis on nutrient requirements*. Biomass and bioenergy, vol. 8, n. 6: 433-444.
- Nousiainen J., Ahvenjarvi S., Rinne M., Hellamaki M., Huhtanen P. (2004) - *Prediction of indigestible cell wall fraction of grass silage by near infrared reflectance spectroscopy*. Animal feed sci. technol., 115: 295-311.
- Sanderson M., Agblevos F., Collins M., Johnson D.K. (1996) - *Compositional analysis of biomass feedstocks by near-infrared reflectance spectroscopy*. Biomass and bioenergy, 11, 5: 365-437.
- Schievano A., Pognani M., D'Imporzano G., Adan F. (2008) - *Predicting anaerobic biogasification potential of ingestates and digestates of a full-scale biogas plant using chemical and biological parameters*. Bio-resource technology, in stampa.
- Wilkie A., Goto M., Bordeaux F.M., Smith P.H. (1986) - *Enhancement of anaerobic methanogenesis from napier grass by addition of micronutrients*. Biomass, 11: 135-146.
- Wilman D., Fiels M., Lister S.J., Givens D.I. (2000) - *The use of near-infrared spectroscopy to investigate the composition of silages and the rate and extent of cell-wall degradation*. Animal feed sci. technol., 88: 139-151.

## Produzione potenziale di biogas

Due sono gli aspetti importanti nel processo decisionale della scelta delle matrici organiche da utilizzarsi in un digestore: il costo della matrice e la produttività della matrice in termini di biogas prodotto per unità di peso.

Il primo dato è soggetto alle regole del mercato sia per una materia prima (ad esempio una coltura energetica) sia per una materia di scarto (ad esempio la frazione organica dei rifiuti urbani). Il secondo aspetto merita un'analisi più approfondita.

Sono state proposte tecniche analitiche indirette per la stima della produttività di una matrice e tali parametri trovano a tutt'oggi applicazioni per le colture energetiche. Tra queste, sia analisi di tipo «wet» quali l'analisi della fibra, sia analisi spettroscopiche, quali il near infrared spectroscopy (NIR) (Sanderson *et al.*, 1996, Wilman *et al.*, 2000; Nousiainen *et al.*, 2004), sicuramente possono fornire un dato attendibile di produttività di una matrice per classi omogenee, mentre è dimostrato che in presenza di biomasse eterogenee tali metodi o non sono applicabili (NIR) o la loro capacità predittiva si riduce di molto. Nel panorama presente e soprattutto nel futuro della digestione anaerobica, l'utilizzo a fianco delle tradizionali colture energetiche di biomasse di scarto provenienti dall'industria agroalimentare, dalle municipalità (frazione organica dei rifiuti) e da altre attività produttive più o meno

connesse con l'attività agricola (ad esempio gli scarti della produzione dei biocombustibili) sarà determinante per il successo della digestione anaerobica. In tale contesto di estrema eterogeneità di biomasse impiegabili nel digestore, si verifica una reale impossibilità di misurare la potenzialità produttiva di una qualsivoglia matrice organica in tempi ragionevoli. Nuovi strumenti, frutto di recenti acquisizioni scientifiche, sono messi a disposizione degli operatori. Tra questi la produzione potenziale di biogas di una matrice organica è la base per valutare correttamente l'opportunità di utilizzare una biomassa nella formulazione di una miscela di alimentazione di un digestore anaerobico. Le tecniche analitiche proposte recentemente (Schievano *et al.*, 2008) si riferiscono al test di biogassificazione. Il test proposto e messo a punto presso il Gruppo Ricicla del Diprove (Dipartimento di produzioni vegetali dell'Università di Milano) permette di misurare la potenzialità di biogas producibile da una biomassa sottoposta ad analisi. Il test mostra un'elevata affidabilità ed efficacia, ma richiede tempi lunghi di realizzazione (40-60 giorni).

Spesso ci si trova a operare in situazioni in cui vi è la necessità di prendere rapide decisioni circa l'opportunità di utilizzare una matrice organica nella formulazione di una razione di alimentazione e i tempi non sono sempre compatibili con quelli

di analisi. È evidente perciò la necessità di stimare in tempi rapidi la produttività potenziale di una biomassa per prendere decisioni veloci e compatibili con la disponibilità di particolari matrici sul mercato. Recentemente il Gruppo Ricicla del Diprove ha proposto di utilizzare un semplice metodo respirometrico (oxygen demand, OD) per la stima del biogas producibile (Schievano *et al.*, 2008). Tale test, ormai collaudato da anni, permette una stima indiretta del biogas producibile, in sole 20 ore e quindi in tempi consoni alle richieste che vengono dal mondo produttivo e imprenditoriale.

A titolo esemplificativo in *tabella 1* sono riportate le caratteristiche chimiche e i valori di produttività potenziale di biogas di 23 matrici organiche eterogenee analizzate secondo la tecnica OD20 e con il test di biogassificazione (Abp, Anaerobic biogassification potential) DiProVe-Ricicla.

I dati mostrano corrispondenza tra i valori di OD20 e Abp, tanto che è stato possibile ottenere regressioni lineari tra i due parametri studiati.

Le equazioni derivate dalle regressioni risultano utili per la stima del biogas potenziale producibile da una biomassa, attraverso la misura dell'OD20 in sole 20-24 ore.

Quanto sopra riportato ci sembra di importanza fondamentale per la successiva formulazione della razione del digestore. ●