



# Con sottoprodotti e scarti meno costi di rifornimento

[ DI ANDREA SCHIEVANO, VALENTINA ORZI, GIULIANA D'IMPORZANO, FABRIZIO ADANI\* ]

**M**olti impianti di biogas agricoli scelgono la co-digestione di colture energetiche dedicate con materiali organici residui, sottoprodotti e/o rifiuti delle attività di produzione agricola e industriale. L'agricoltura e l'industria alimentare producono grandissime quantità di materiali organici di scarto che possono essere utilizzati nell'alimentazione degli impianti di biogas, per mitigare il costo e l'impatto ambientale della produzione di colture energetiche su larga scala. In più, l'integrazione di frazioni organiche provenienti dalla raccolta differen-

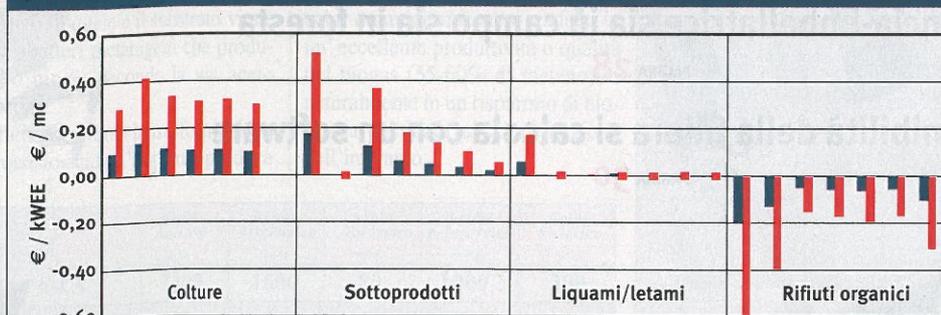
Un confronto su diverse tipologie di impianti nell'ambito del progetto Bio.Bi., finanziato dalla Regione Lombardia

ziata dei rifiuti urbani (Forsu), le acque residue civili e industriali e i residui degli allevamenti possono contribuire in maniera sostanziale ad integrare o sostituire l'uso di colture dedicate e a ridurre i costi di produzione del biogas.

Le biomasse disponibili per la digestione anaerobica (DA) non hanno tutte la stessa potenzialità di produrre biogas. In primo luogo, il contenuto di umidità di un materiale modifica notevolmente tale capacità in quanto "dall'acqua non si produce biogas". Il contenuto di sostanza secca (ss) (o solidi totali, ST) assume perciò impor-

ta fondamentale per la valutazione di un substrato. D'altro canto, il biogas è prodotto dalla degradazione della sostanza organica contenuta che, assieme alle ceneri, compongono la sostanza secca della biomassa. Ecco quindi che una volta individuato il contenuto di sostanza secca della biomassa, diviene necessario quantificare, ai fini della corretta valutazione del potenziale produttivo di biogas, il contenuto nella biomassa in frazione minerale (le ceneri) e in solidi volatili (SV). Il contenuto

[ FIG. 1 - COSTO UNITARIO DEL METANO E DELL'ENERGIA PRODUCIBILE (CMP, CEP) DA DIVERSE TIPOLOGIE DI BIOMASSE\*



\* Tiene conto dei costi di approvvigionamento delle biomasse e dà la possibilità di confrontare la convenienza dei materiali organici presenti sul mercato. I rifiuti spesso presentano costi negativi, ovvero l'operatore è pagato per il loro smaltimento.

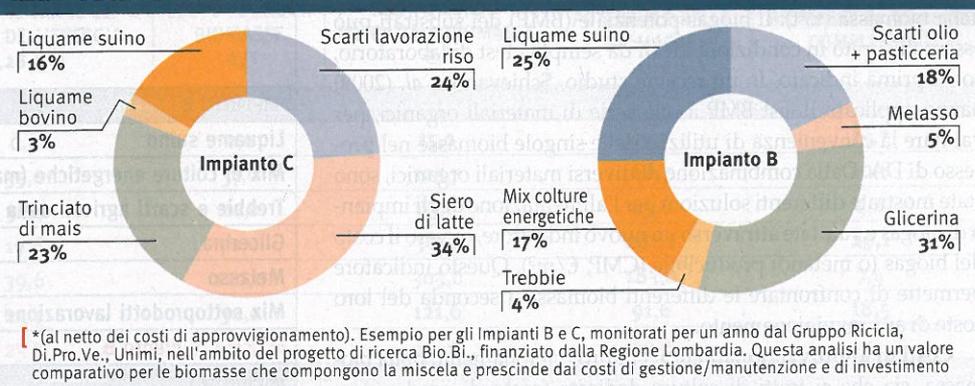
di solidi volatili da una buona indicazione del contenuto di frazione organica. La qualità della sostanza organica (o solidi volatili), o meglio la tipologia di molecole organiche che la compongono, determinano la quantità di biogas producibile e l'efficienza/velocità con cui esso viene prodotto durante la digestione anaerobica. Anche la qualità quindi, incide sulla quantità di biogas producibile.

Contenuto di sostanza secca, di solidi volatili e qualità di quest'ultimi, influiscono tutti sulla

potenzialità produttiva di una biomassa. La quantità di biogas e biometano potenzialmente producibili, sono misurabili attraverso test diretti di laboratorio chiamati generalmente Bio-Methane-Potential (BMP) o indicati con altre sigle (ABP, BP ecc.). È importante conoscere non solo la quantità ma anche la velocità di produzione del biogas, evidenziabile quest'ultima dalla cinetica di produzione derivata dal test di laboratorio BMP. La velocità di degradazione indica la biodegradabilità del substrato. I test di laboratorio, quindi, sono molto utili per poter predire la produzione di biogas ed i tempi necessari; esempi di produzione di biogas sono in tabella 1.

Il parametro più importante e riassuntivo delle caratteristiche di una biomassa è quindi la produzione potenziale di biogas ottenibile con test di laboratorio (BMP). Le principali colture dedicate utilizzabili per la produzione di biogas presentano (vedi la tabella 1) produzioni potenziali di biogas variabili tra 400 e 600 m<sup>3</sup>/t sostanza secca,

FIG. 2 - CONTRIBUTO RELATIVO AL MARGINE DELLE BIOMASSE CHE COMPONGONO LA MISCELA DI ALIMENTAZIONE\*



ovvero, valori simili a quelli riscontrabili per la frazione organica dei rifiuti urbani (Forsu). Valori inferiori, invece, si attestano per matrici di minor valore come i reflui animali, i fanghi e la pollina. Un'ampia variabilità si riscontra per gli scarti dell'industria agro-alimentare, che può fornire matrici organiche ad alto contenuto energetico.

La velocità di bio-degradazione non è sempre proporzionale alla potenzialità di biogas. Le colture energetiche, ad esempio, mostrano velocità di degradazione più basse rispetto a molti scarti organici e rifiuti. Questo è soprattutto dovuto ai contenuti di materiale lignocellulosico, che risulta più lentamente disponibile per la microflora batterica rispetto agli zuccheri, le proteine ed i lipidi.

#### QUANTO COSTA

Dal punto di vista economico la miscela di biomassa ideale per l'impianto di digestione anaerobica deve garantire il minor costo del

TAB. 1 - ESEMPI DI CARATTERIZZAZIONE CHIMICA DI COLTURE DEDICATE O BIOMASSE PER BIOGAS

	BIOGAS POTENZIALE M <sup>3</sup> /T	BIOGAS POTENZIALE M <sup>3</sup> /T ST	ST %TQ	SV %ST	CARBONIO TOTALE %ST	AZOTO TOTALE %ST	C/N	P %ST	K %ST
Liquame suino	21	234	9,07	76,63	40,8	5,4	7,6	2,248	4,41
Liquame bovino	37	367	10,2	82,96	48,14	5,89	8,2	0,622	3,833
Letame bovino con stocchi di mais	30	164	18,56	69,94	33,61	3,46	9,7	0,547	5,876
Glicerina	583	595	98	99,8	53,72	0,11	488	1,809	0,238
FORSU	158	586	27,03	89,58	48,42	2,72	18	0,439	1,025
Sottoprodotti preparazione quarta gamma	14	456	3,15	85,22	43,21	6,21	7	0,587	5,307
Siero di latte	104	480	21,59	98,12	49,7	0,63	79	0	0
Scarti della macellazione (contenuto stomacale)	408	1010	40,44	96,7	49,51	4,25	12	0,257	0,531
Scarti della macellazione (sangue)	90	736	12,28	96,41	50,81	36,64	1	0,145	1,055
Pula di riso	565	656	86,14	93,31	45,25	2,34	19	1,808	0,953
Mais primo raccolto	197	649	30,36	95,96	47,83	1,33	37	0,637	1,5
Mais secondo raccolto	180	585	30,77	95,53	45,5	1,05	44	0,19	1,2
Mais terzo raccolto	185	591	31,36	96,11	45,39	1,08	42,6	0,18	1,18
Segale	166	498	33,35	88,8	44,52	1,16	39,3	0,323	2,99
miscugli Erbasilo	123	563	21,81	91,87	44,41	1,51	29,4	0,24	2,98
Triticale	83	454	18,28	91,63	44,87	1,29	35	0,104	2,94
Sorgo	76	505	15,12	90,15	42,6	2,06	21,7	0,21	2,56

biogas producibile (€/m<sup>3</sup>), ovvero abbinare la maggior produttività di biogas (BMP, m<sup>3</sup>/t) con il minor costo di approvvigionamento della biomassa (€/t). Il biogas potenziale (BMP) dei substrati può essere misurato in condizioni ideali da semplici test di laboratorio, come prima indicato. In un recente studio, Schievano *et al.* (2009) hanno applicato il test BMP a una serie di materiali organici, per valutare la convenienza di utilizzo delle singole biomasse nel processo di DA. Dalla combinazione di diversi materiali organici, sono state mostrate differenti soluzioni per l'alimentazione degli impianti di biogas e valutate attraverso un nuovo indicatore, ovvero il costo del biogas (o metano) producibile (CMP, €/m<sup>3</sup>). Questo indicatore permette di confrontare le differenti biomasse a seconda del loro costo di approvvigionamento.

**Costi di approvvigionamento:** l'approvvigionamento della biomassa, sia che si tratti di colture dedicate (costo di produzione, insilamento e pretrattamenti) sia di scarti o sottoprodotti dell'industria agro-alimentare (costi di acquisto, trasporto e pretrattamenti), presenta un costo (€/t) che può essere più o meno considerevole. I costi di produzione e/o acquisto, trasporto, gestione e pre-trattamento delle varie biomasse, devono essere dati acquisiti dall'imprenditore, per permettere le successive valutazioni sui costi complessivi di approvvigionamento della miscela di alimentazione (tabella 2).

Conoscendo il costo di approvvigionamento e le potenzialità di biogas producibile (BMP) di ognuna delle biomasse componenti la miscela, si possono calcolare i costi unitari del metano e dell'energia producibili (sulla base della produttività potenziale, cioè misurata in laboratorio) delle singole componenti e dalla miscela nel suo insieme. Questo è il dato più utile per discriminare a priori (cioè per prevedere, prima del reale utilizzo in impianto) la convenienza di utilizzo di una biomassa rispetto ad altre componenti la miscela di alimentazione (figura 1).

### IL RICAVO LORDO

Conoscendo le potenzialità di biogas producibile (BMP) di ognuna delle biomasse componenti la miscela di alimentazione dell'impianto, si può calcolare il ricavo lordo della biomassa trasformata in metano e quindi in energia, a seconda della tariffazione in vigore (es. 0,28 €/kWh). Il ricavo lordo al netto del costo di approvvigionamento della stessa biomassa, dà il margine potenziale di quella biomassa

TAB. 2 - VALUTAZIONI COMPARATIVE TRA BIOMASSE IN

	CONTENUTO NELLA MISCELA %
<b>IMPIANTO B</b>	
Liquame suino	65,0
Mix di colture energetiche (mais, triticale e sorgo)	15,0
Trebbe e scarti agricoli della produzione della birra	5,0
Glicerina	5,0
Melasso	2,0
Mix sottoprodotti lavorazione oli e produzioni pasticcere	10,0
<b>Miscela impianto B</b>	
<b>IMPIANTO C</b>	
Liquame suino	48,0
Liquame bovino	14,0
Trinciato di mais	10,0
Siero di latte	24,0
Sottoprodotti lavorazione riso	4,0
<b>Miscela impianto C</b>	

(€/t), ovviamente al lordo dei costi impiantistici, che però saranno i medesimi per le diverse tipologie di biomassa. Gli stessi parametri possono essere calcolati per la miscela di alimentazione nel suo complesso, calcolando l'effetto sostituzione di una biomassa nei confronti di un'altra.

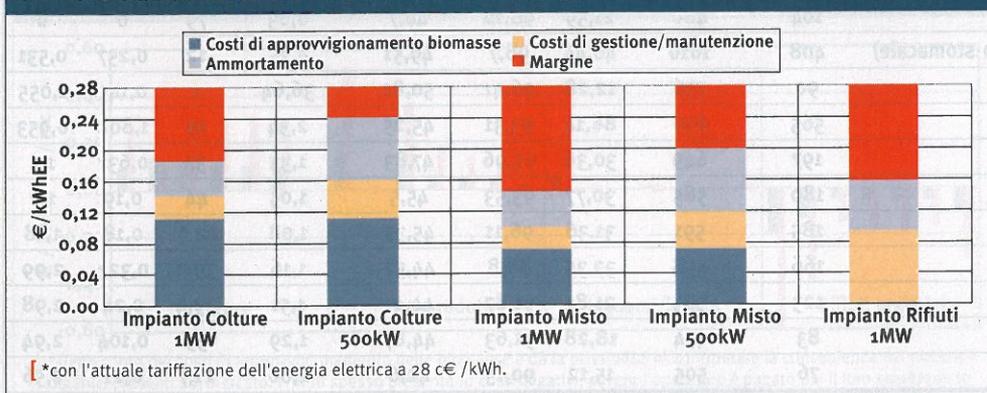
Negli impianti full-scale, il costo complessivo dell'energia prodotta non dipende solo dai costi delle materie prime agricole. Nello stilare un bilancio economico dell'impianto, si possono considerare, oltre ai costi di approvvigionamento, altre due macro-voci di costo, da riportare in rapporto all'energia elettrica producibile o prodotta in impianto.

**Costi di gestione e autoconsumi:** l'impianto in funzione presenta una serie di costi dovuti alla gestione tecnico-operativa (movimentazione/manutenzione mezzi, caricamento biomasse, movimentazione/spandimento dei separati liquidi e solidi, riparazioni, manutenzioni ecc.), agli autoconsumi energetici (pompaggio, miscelazione, separazione solido-liquido, eventuali post-trattamenti della frazione liquida) e alla gestione economica (stipendi personale, consulenze, assicurazioni).

**Costi d'investimento:** l'altra voce di costo di cui tener conto è la quota annuale di ammortamento dell'investimento sostenuto. I tassi d'interesse praticati sul totale dell'investimento variano normalmente da 4 a 6%.

**Costo complessivo di produzione del metano (CPM) o dell'energia (CPE):** le tre voci principali di costo (approvvigionamento, gestione/manuten-

FIG. 3 - TRE CASI STUDIO NELLA VALUTAZIONE DEI COSTI DI PRODUZIONE E DEI MARGINI OPERATIVI\*



## SCELA DI CODIGESTIONE, AL NETTO DEI COSTI DI MANUTENZIONE/GESTIONE ED INVESTIMENTO

BMP NM <sup>3</sup> /T	CMP €/M <sup>3</sup> CH <sub>4</sub>	CEP €/KWH <sub>EE</sub>	RAPPORTO % TRA IL CEP E IL PREZZO DELL'ENERGIA (0,28 C€)	COSTO APPROVV. BIOMASSE €/T	RICAVO LORDO POTENZIALE BIOMASSE €/T	MARGINE POTENZIALE DELLE BIOMASSE €/T	CONTRIBUTO DELLE BIOMASSE AL MARGINE COMPLESSIVO %
16	0,00	0,00	0,0	0,0	15,0	15,0	19,7
113	0,33	0,10	35,0	37,0	105,7	68,7	20,8
68	0,29	0,09	31,4	20,0	63,6	43,6	4,4
382	0,18	0,05	19,6	70,0	357,2	287,2	29,1
324	0,37	0,11	39,6	120,0	303,0	183,0	7,4
130	0,23	0,07	24,7	30,0	121,6	91,6	18,5
69	0,22	0,07	23,8	15,5	64,9	49,4	-
10	0,00	0,00	0,0	0,0	9,4	9,4	13,2
6	0,00	0,00	0,0	0,0	5,6	5,6	2,3
119	0,25	0,07	26,3	29,3	111,3	82,0	24,2
61	0,18	0,05	19,3	11,0	57,0	46,0	32,6
361	0,28	0,08	29,6	100,0	337,6	237,6	28,0
47	0,21	0,06	22,0	9,6	43,5	33,9	-

zione, ammortamento) si devono riportare all'unità di energia prodotta affettivamente dall'impianto, nell'anno corrente. Su numerosi impianti che producono energia elettrica si è osservato che, normalmente, le tre singole voci di CPE, prese singolarmente, possono variare tra 0 e 10 c€/kWh, a seconda della taglia e complessità dell'impianto, della composizione della miscela di alimentazione, della gestione degli autoconsumi ecc. La somma delle tre voci dà il CPE totale.

## [ I CASI DI STUDIO

I margini operativi dell'impianto sono dati, ovviamente, dalla differenza tra il ricavo (attualmente di 28 c€/kWh) e il CPE totale. In figura 3, si riportano alcuni casi studio di impianti operanti sul territorio lombardo, caratterizzati da diverse caratteristiche, osservati nell'ambito del progetto Bio.Bi., finanziato dalla Regione Lombardia. I due impianti alimentati esclusivamente a colture dedicate, uno con potenza elettrica installata 1 MW e l'altro 500 kW, ad esempio, mostrano un costo di approvvigionamento della biomassa molto più elevato rispetto ai due impianti di dimensioni equivalenti, ma che utilizzano, nel mix di biomasse, alcuni sottoprodotti e scarti dell'industria agro-alimentare, molto produttivi e con costi di approvvigionamento più bassi. Le differenze sono evidenti sui costi unitari di ammortamento e di gestione/manutenzione, invece, al variare della scala di impianto. I due impianti da 500 kW mostrano un'influenza molto più elevata di tali voci di costo, in confronto agli omologhi impianti da 1 MW (figura 3).

Il quinto impianto, trattando frazione organica da raccolta differenziata, non ha costi di approvvigionamento della biomassa, in quanto fornisce un servizio di smaltimento di un materiale considerato un rifiuto. Attualmente, alcuni impianti che trattano questi materiali hanno addirittura un introito sottoforma di tariffa smaltimento rifiuti. D'altra parte, però, queste tipologie di impianto devono sostenere maggiori costi di gestione/autoconsumo e di investi-

mento, dovuti a strutture aggiuntive per la gestione dei rifiuti, rispetto ad impianti più semplici.

Oltre all'approvvigionamento della biomassa, bisogna tenere conto di altre voci, come la quota di ammortamento dell'impianto, i costi di gestione e manutenzione ecc. Inoltre, queste differenti voci che contribuiscono al costo di produzione complessivo, possono variare considerevolmente a seconda delle dimensioni dell'impianto e delle capacità produttive. Sia in fase di valutazione dell'investimento che nella gestione dello stesso una volta costruito, è importante, per l'imprenditore, valutare le grandezze economiche che caratterizzano tipicamente gli impianti di biogas situati nelle aziende. Per impianti di biogas che producono tra i 500 kW e 1.000 kW elettrici, si è osservato come il CPE dovrebbe sempre rimanere al di sotto del 30% del prezzo di vendita dell'energia (oggi 28 c€/kWh). Infatti, i costi di ammortamento dell'investimento e i costi di gestione/manutenzione complessivamente mostrano valori che possono arrivare ai 18 c€/kWh. Se la miscela di alimentazione, nel suo complesso, mostra un CPE > 9 c€/kWh (circa il 30% di 28 c€/kWh), i margini di guadagno dell'impianto potrebbero essere ridotti. È dunque auspicabile che la miscela di alimentazione contenga sempre cospicue quote di sottoprodotti, scarti, rifiuti, residui e materiali di recupero per abbattere i costi di approvvigionamento, anche in vista di possibili riduzioni dell'incentivazione dell'energia prodotta. ■

## Ringraziamenti

Questo lavoro è stato svolto nell'ambito del progetto Bio.Bi. (Biomasse per Biogas), finanziato dalla Regione Lombardia: "Programma regionale di ricerca in campo agricolo 2007-2009, Domanda di contributo per le attività di ricerca, sperimentazione e dimostrazione".

\*Gruppo Ricicla - DiProVe, Università degli Studi di Milano

La bibliografia è a disposizione presso gli autori.