

# La sostenibilità della filiera si calcola con un software

[ DI JACOPO BACENETTI, AIRA MENA  
E MARCO FIALA ]

Un modello valuta

le prestazioni  
economiche,  
energetiche  
e ambientali

L'incremento del fabbisogno energetico mondiale, il progressivo esaurimento delle riserve di fonti fossili e l'aumento delle emissioni di gas serra (GHG), principali responsabili del riscaldamento globale, sono ormai diventati argomenti prioritari per il pianeta. La risoluzione del problema impone di definire obiettivi condivisi per la riduzione dei consumi di energia fossile, l'incremento delle quote di energia primaria soddisfatta attraverso fonti energetiche rinnovabili e, conseguentemente, la riduzione delle emissioni di GHG.

Lo sviluppo di filiere agro-energetiche (Fae) è vincolato, oltre che alla fattibilità tecnica, alla possibilità per gli imprenditori agricoli di ottenere congrui ricavi (sostenibilità economica); tale condizione risulta imprescindibile affinché i sistemi agro-energetici continuino a diffondersi, giocando un ruolo di crescente importanza nella costituzione dei mix energetici dei vari Paesi.

Nella Ue la presenza di incentivi per la produzione di energia da Fer (in Italia di fatto limitati all'energia elettrica e fra i più alti al mondo) garantisce sostenibilità economica alla maggior parte delle Fae, ma può anche indurre la diffusione di filiere che, seppur economicamente vantaggiose, non risultano sostenibili dal punto di vista

energetico e/o ambientale, presentando benefici minori rispetto agli oneri necessari per attuarle (bilanci <1).

Attualmente e in termini realistici, la sostenibilità di una filiera va, dunque, intesa come complessiva, misurandone contestualmente gli aspetti economici, energetici e ambientali.

Tuttavia, mentre la sostenibilità economica e quella energetica sono facilmente identificabili e, in definitiva, sono valutabili dal rapporto tra ricavi (output) e costi (input); la sostenibilità ambientale risulta più complessa da definire e misurare.

Al momento, sebbene gli aspetti di sostenibilità ambientale possano includere molteplici problematiche (inquinamento atmosferico/acque in termini chimici, fisici, termici; eutrofizzazione; sostenibilità sociale ecc.), le norme vigenti impongono la sola valutazione delle emissioni di GHG (massa di CO<sub>2</sub> equivalente).

Ne deriva che, secondo questo approccio, una filiera è ambientalmente sostenibile quando nel produrre energia/vettore energetico emette meno GHG rispetto a una filiera di riferimento che genera la medesima energia mediante combustibili convenzionali.

## [ I PRINCIPI DEL MODELLO

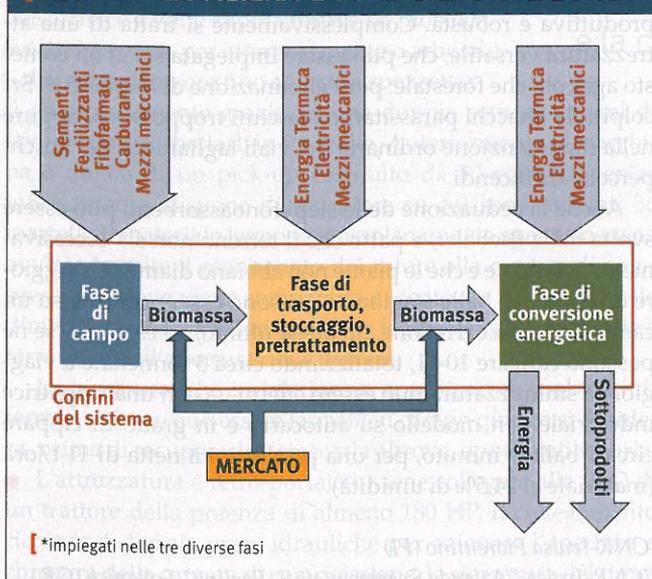
Presso il dipartimento di Ingegneria agraria di Milano, nel contesto del Progetto BIOGESTECA finanziato dalla Regione Lombardia, è stato sviluppato un modello di calcolo per la valutazione della sostenibilità globale delle più diffuse filiere agro-energetiche.

Il modello, denominato SE<sup>3</sup>A, è un potente strumento per la valutazione delle prestazioni complessive delle diverse filiere attuate in diversi contesti operativi e permette una valutazione – sia preventiva che consuntiva – di diversi processi/opzioni di produzione agro-energetica. SE<sup>3</sup>A è implementato utilizzando le metodologie di calcolo consolidate (o più recenti) in relazione ai tre aspetti considerati; la logica con cui viene definito il carico energetico-ambientale della filiera ricalca le indicazioni contenute nelle norme ISO che definiscono l'analisi del ciclo di vita (LCA) che – come noto – considera tutti i consumi di energia, così come tutte le emissioni di GHG associate alla produzione.

Lo strumento di calcolo innovativo presenta questi punti di forza:

- a) è in grado di analizzare filiere differenti così come differenti soluzioni/opzioni tecniche della medesima filiera;
- b) è in accordo con le conoscenze scientifiche acquisite e con le linee guida definite sia dall'*Intergovernmental panel climate change* (IPCC), sia dalla Ue nella COM(2010)11 e nella Direttiva RED;

[ FIG. 1 – LA FILIERA E I FATTORI PRODUTTIVI\* ]



\*impiegati nelle tre diverse fasi

c) risulta di semplice utilizzazione;

d) fornisce risultati di facile interpretazione, impiegabili nel confronto tra filiere/soluzioni differenti.

Allo stato attuale SE<sup>3</sup>A analizza dettagliatamente le prime due fasi di cui si compone una Fae, vale a dire: quella di campo (durante la quale si produce o si recupera la biomassa) e quella di trasporto/stoccaggio della stessa all'impianto.

La fase finale di conversione è, al momento, modellizzata attraverso una procedura semplificata che considera alcuni aspetti del complesso passaggio in cui la biomassa si trasforma in energia.

Pur essendo stato sviluppato principalmente come strumento d'analisi per operatori (funzionari pubblici, associazioni di produttori, ecc.) chiamati a valutare l'impatto delle agro-energie a livello territoriale, SE<sup>3</sup>A può essere utile anche a imprenditori agricoli interessati a valutare le potenzialità delle diverse filiere direttamente nella loro azienda.

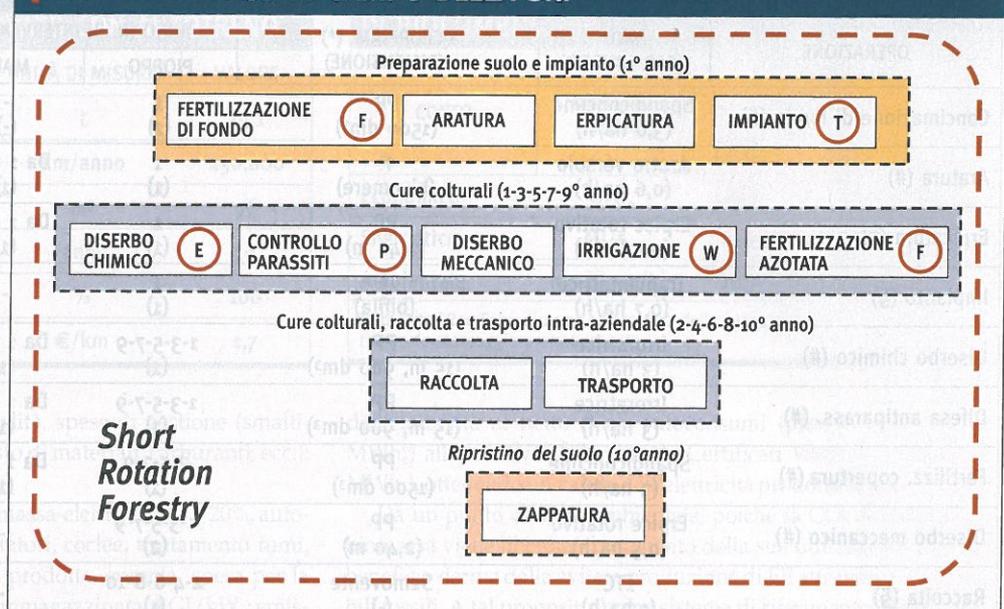
La figura 1 riporta lo schema logico adottato dal modello evidenziando anche i flussi di massa ed energia che avvengono tra le diverse fasi nonché i flussi logici che le legano; in tabella 1 sono invece riportate le principali informazioni necessarie per il funzionamento.

Il modello è stato sviluppato considerando la possibilità di simulare i risultati economici, energetici e ambientali (EEA) della filiera agro-energetica indagata al crescere della quota di superficie aziendale a essa dedicata. Tale approccio metodologico è dovuto al fatto che, solitamente, gli imprenditori agricoli prima di cambiare radicalmente l'ordinamento produttivo aziendale vogliono verificare le prestazioni della nuova opzione.

L'impiego di SE<sup>3</sup>A permette di calcolare:

– i tre costi di produzione: (i) economico (€), (ii) energetico (MJ) e (iii) ambientale, cioè le emissioni di GHG (kg CO<sub>2</sub> equivalenti). Oltre che in assoluto, tali costi possono essere espressi per unità di massa, di energia o di superficie (a esempio il costo energetico è esprimibile in MJ/t<sub>ss</sub> o MJ/ha nella produzione di legno cippato oppure in MJ/kWh<sub>e</sub> o MJ/kWh<sub>th</sub> considerando l'intera filiera, fino alla conversione del biocombustibile in elettricità o calore);

FIG. 2 – LA FASE DI CAMPO DELLA SRF



TAB. 1 – PRINCIPALI INFORMAZIONI GENERALI DA IMPUTARE NEL MODELLO

ASPETTI	INFORMAZIONE
Caratteristiche generali	Superficie aziendale
	Superficie aziendale destinata a coltura energetica
Caratteristiche coltura energetica	Sequenza operazioni di campo e loro meccanizzazione
	Resa
Aspetti economici	Dosi dei fattori produttivi impiegati
	Prezzo di vendita della biomassa o dell'energia
	Incentivi pubblici percepiti
Aspetti energetici	Costo dei fattori produttivi impiegati
	PCI della biomassa
	Umidità della biomassa
Aspetti ambientali	Massa volumica apparente
	Rendimenti di conversione
Aspetti ambientali	Sistema di riferimento con cui confrontare le emissioni specifiche di filiera

– i ricavi: (i) economico, calcolato sulla base dei prezzi di vendita di prodotti e coprodotti nonché di eventuali incentivi percepiti, (ii) energetico, calcolato considerando il PCN del prodotto e degli eventuali coprodotti o, se sono considerate tutte le fasi della filiera, sulla base dell'energia netta generata e (iii) il saldo ambientale tra le emissioni di GHG evitate (rispetto alla produzione della medesima energia con fonti convenzionali) e quelle prodotte;

– i bilanci: (i) economico ricavi/costi (R/C), (ii) energetico output/input (O/I), noto come EROEI e (iii) ambientale tra emissioni evitate/prodotte (EV/EM);

– l'Indice di sostenibilità globale (GSI), cioè il valore che sintetizza le prestazioni della soluzione analizzata sui tre livelli di analisi (EEA) e permette l'immediato confronto tra le diverse situazioni. In termini grafici, il GSI è rappresentato dall'area del triangolo, costruito su un grafico a tre assi, che ha i tre bilanci come vertici. Quanto

[ TAB. 2 – PRINCIPALI INFORMAZIONI RIGUARDANTI LE TECNICHE CULTURALI DA IMPUTARE NEL MODELLO

OPERAZIONE	MO (CAP. LAVORO)	ACCOPIAM. (*) (DIMENSIONE)	ANNO (N. DI INTERVENTI)		DOSI - RESE
			PIOPPO	MAIS	
Concimazione di fondo (#)	Spandiconcime (3,0 ha/h)	PP (1500 dm <sup>3</sup> )	1 (1)	- (-)	150 kg N, 120 kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , 250 kg K <sub>2</sub> O/ha
Aratura (#)	Aratro versoio (0,6 ha/h)	P (bivomere)	1 (1)	Da 1 a 10 (1)	-
Erpicatura (#)	Erpice rotativo (0,5 ha/h)	PP (2,40 m)	1 (1)	Da 1 a 10 (1)	-
Impianto (§)	Trapiantatrice (0,7 ha/h)	T (bifila)	1 (1)	-	5560 talee/ha
Diserbo chimico (#)	Irroratrice (3 ha/h)	PP (15 m, 900 dm <sup>3</sup> )	1-3-5-7-9 (1)	Da 1 a 10 (1)	20 kg/ha
Difesa antiparass. (#)	Irroratrice (3 ha/h)	PP (15 m, 900 dm <sup>3</sup> )	1-3-5-7-9 (1)	Da 1 a 10 (1)	10 kg/ha
Fertilizz. copertura (#)	Spandiconcime (3 ha/h)	PP (1500 dm <sup>3</sup> )	3-5-7-9 (1)	Da 1 a 10 (1)	320 kg/ha
Diserbo meccanico (#)	Erpice rotativo (0,5 ha/h)	PP (2,40 m)	1-3-5-7-9 (2)	-	-
Raccolta (§)	FTC (1 ha/h)	Semovente (-)	2-4-6-8-10 (1)	-	-
Trasporto (#) (§)	n. 3 Rimorchi (0,33 ha/h)	T (22 m <sup>3</sup> )	2-4-6-8-10 (1)	Da 1 a 10 (1)	35 t <sub>q</sub> /ha-anno
Zappatura finale (§)	Zappatrice (0,2 ha/h)	P (1,2 m)	10 (1)	-	-

Note: (\*) PP = Portato con pdp; P = Portato; T = Trainato

Le operazioni contrassegnate con (#) e con (§) sono svolte, rispettivamente, con macchine aziendali o da contoterzisti

maggior risulta l'area del triangolo tanto più elevata è la sostenibilità complessiva della filiera analizzata.

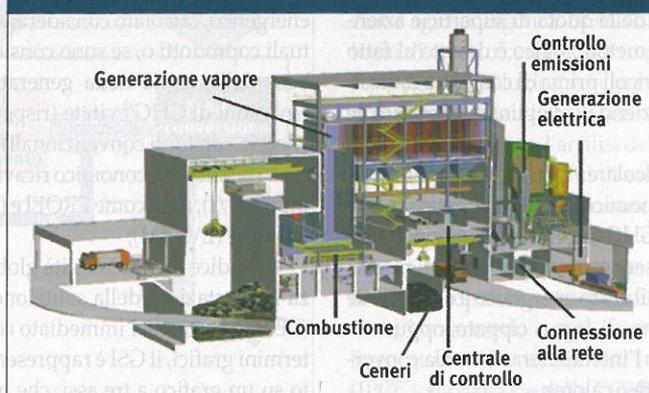
### ESEMPIO APPLICATIVO

A titolo di esempio, di seguito il modello è applicato alla filiera legno-energia in pianura, attraverso la coltivazione di pioppo in rotazione breve (srf). In figura 2 è riportata la schematizzazione della fase di campo della filiera.

La coltivazione della srf avviene in suoli fertili, pianeggianti e irrigui, in un'azienda agricola con una superficie complessiva di 80 ha ripartiti tra srf e mais, utilizzando per alcune operazioni comuni alla due colture le medesime macchine aziendali. Per le operazioni specifiche della SRF (messa dimora, raccolta) si fa ricorso ai contoterzisti.

Il cippato proveniente da srf, derivando dallo sminuzzamento di piante fresche, possiede elevata umidità ( $U = 55\%$ ,  $PCN = 1,93$  MWh/ $t_{iq}$ , massa volumica =  $0,30$   $t_{iq}/m^3$ ) e viene utilizzato tal quale in una centrale termica dedicata alla produzione di energia elettrica (ciclo Rankine a vapore) caratterizzata da una potenza elettrica di 3 MW<sub>e</sub>, con dissipazione del cascame termico (figura 3).

FIG. 3 – IMPIANTO DEDICATO PER LA PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA



Nel calcolo dei costi EEA, per facilitare il confronto tra filiere ma anche a causa della grande variabilità riscontrabile nelle diverse aree rurali, non sono stati considerati: (i) il beneficio fondiario e (ii) spese generali di gestione aziendale, (iii) contributi pubblici (esempio: disaccoppiato Pac).

La fase intermedia di trasporto-stoccaggio-pretrattamento (TP) considera la movimentazione del cippato per 70 km, mediante mezzo gommatto (autotreno) le cui caratteristiche sono riportate in tabella 3; in tabella 4 è, invece, riportato il costo EEA del biocombustibile a bocca impianto.

La fase di conversione del cippato è stata valutata considerando:

- la movimentazione interna della biocombustibile mediante pala montata su trattore gommatto per 4 h/giorno (potenza nominale trattore: 120 kW, carico medio motore: 80%);

- perdite di biocombustibile durante la movimentazione/stoccaggio pari al 2,5% della biomassa entrata in centrale. Tale quota comprende le perdite sia meccaniche, sia di degradazione biologica (attacchi batterici/funghi);

- investimento specifico: 4.000 €/kW<sub>e</sub>, vita utile impianto: 20 anni, funzionamento: 7.500 h/anno, fabbisogno manodope-

**TAB. 3 – PARAMETRI TECNICO-ECONOMICI PER IL TRASPORTO DEL CIPPATO CON AUTOTRENO**

PARAMETRO	UNITÀ DI MISURA	VALORE
Massa	t	19,1
Percorrenza media	km/anno	250.000
Volume utile	m <sup>3</sup>	96
Vita utile	anni	10
Coefficiente di carico	%	100
Tariffa chilometrica	€/km	1,7

**TAB. 4 – COSTO EEA PER UNITÀ DI BIOCOMBUSTIBILE A BOCCA A IMPIANTO**

COSTO	UNITÀ DI MISURA	SRF		
		FASI		TOTALE
		CR (#)	TP (\$)	
Economico	€/t <sub>iq</sub>	16,1	4,1	20,2
Energetico	MJ/t <sub>iq</sub>	219	35,9	254,9
Ambientale	kg CO <sub>2</sub> eq/t <sub>iq</sub>	29,7	3,2	32,9

Note: (#) CR = Fase di campo/recupero della biomassa; (\$) TP = fase di trasporto-stoccaggio-pretrattamento

ra: 3 addetti di diversa professionalità, spese di gestione (smaltimento ceneri, manutenzioni, acquisto di materiali, carburanti, ecc.): 160 €/kW<sub>e</sub>;

- rendimento di conversione biomassa-elettricità  $\eta_{EE} = 20\%$ , autoconsumi in centrale (nastri trasportatori, coclee, trattamento fumi, ecc): 5% dell'energia elettrica lorda prodotta, energia spesa per la costruzione dell'impianto e in esso immagazzinata: 4 GJ/kW<sub>e</sub>; emissione specifica per il calcolo dei GHG legati all'energia immagazzinata nell'impianto: 0,575 kg CO<sub>2</sub>eq/kW<sub>e</sub>.

Su queste basi si ottiene un costo EEA dell'energia elettrica netta pari a: 115,0 €/MWh<sub>e</sub>, 742,8 MJ/MWh<sub>e</sub> e 96,6 kg CO<sub>2</sub>eq/MWh<sub>e</sub>.

Per quanto riguarda i ricavi economici, si somma la vendita

dell'elettricità al netto degli autoconsumi (prezzo medio: 65 €/MWh<sub>e</sub>) all'incentivo derivante da Certificati Verdi ( $k = 1,8$ ; 87 €/MWh<sub>e</sub>), ottenendo un valore dell'elettricità prodotta di 221 €/MWh<sub>e</sub>.

Da un punto di vista ambientale, poiché la CO<sub>2</sub> assorbita nella biomassa viene liberata al momento della sua utilizzazione, il reale beneficio deriva dalla evitata produzione di EE attraverso combustibili fossili. A tal proposito, come sistema di riferimento, viene considerata l'emissione unitaria media del sistema elettrico italiano (0,575 kg CO<sub>2</sub>eq/kW<sub>e</sub>). I Bilanci EEA risultano: rapporto Ricavi/Costi economici R/C = 1,92, rapporto Output/Input energetici O/I = 4,85, rapporto emissioni Evitate/Emesse EV/EM = 5,95; in figura 4 è riportato il GSI dell'intera filiera = 5,24.

## Il riscatto dello scarto.

**Energia termica ed elettrica con le nostre caldaie a biomassa**

- **abbattiamo** i costi di acquisto del carburante tradizionale utilizzando la biomassa prodotta (cippato, cortecce, trucioli, segature, scarti di patate, pellet, ...);
- **azzeriamo** le problematiche e i costi di smaltimento dello scarto;
- **miglioriamo** l'ambiente perché la biomassa è assolutamente ecologica e assicura minori emissioni in atmosfera;
- **ammortamento rapido** dell'investimento da 1 a 3 anni.

**Uniconfort Srl** - San Martino di Lupari (PD) Italy  
 Tel. +39 049 5952052 / 9461303 - Fax +39 049 5952099  
 info@uniconfort.com - [www.uniconfort.com](http://www.uniconfort.com)

**uniconfort**  
 Biomass Energy Evolution

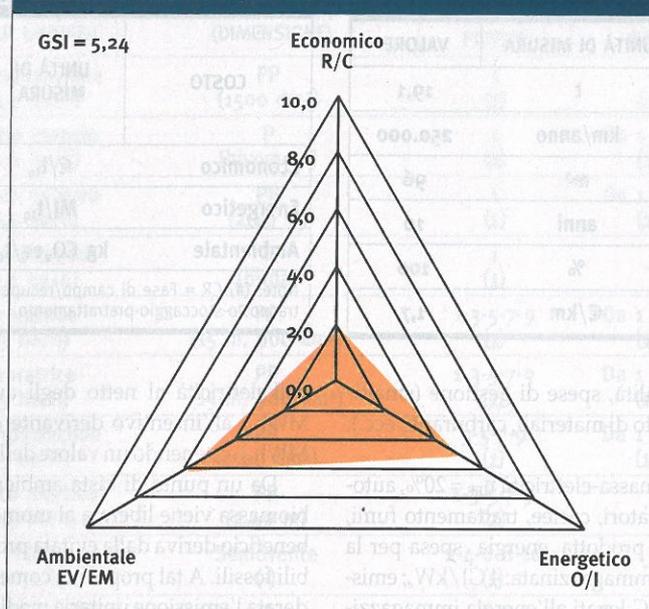
## [ SVILUPPI FUTURI

La diffusione delle agro-energie non può prescindere dal raggiungimento - oltre che sotto il profilo economico - di buone prestazioni anche sotto quello energetico e ambientale.

Lo sviluppo di un modello di calcolo specificatamente predisposto per la valutazione EEA delle diverse filiere agro-energetiche si presenta come un utile strumento in grado di fornire indicazioni, sia preventive che consuntive, riguardo la sostenibilità globale dei diversi processi. SE<sup>3</sup>A permette di rispondere a queste esigenze e, seppur ancora in fase iniziale di sviluppo, consente di ottenere informazioni utili, dettagliate e sito-specifiche.

Per quanto riguarda il caso studio presentato occorre ricordare che il beneficio fondiario, le spese generali di gestione dell'azienda ed eventuali contributi sono esclusi dal calcolo e potrebbero comportare, complessivamente, un

[ FIG. 4 - GSI PER LA FILIERA LEGNO ENERGIA BASATA SULLA SRF



peggioramento delle prestazioni economiche di filiera.

Per contro i risultati energetici e ambientali, che non risultano influenzati da queste voci. L'ottimizzazione della filiera può essere conseguita in primo luogo, riducendo l'impiego di fattori produttivi nella fase di campo (concimi minerali, sostituibili da fertilizzanti organici) e, per la fase di trasporto, minimizzando le distanze tra l'impianto e la fonte di approvvigionamento (filiera corta).

Lo sviluppo futuro di SE<sup>3</sup>A prevederà l'implementazione della fase di conversione con lo stesso grado di dettaglio con cui sono già analizzate le prime due fasi di filiera e la messa a punto di un GSI "pesato" che abbia, cioè la possibilità di dare ai tre

aspetti una valenza differente a seconda dello scopo dell'analisi (esempio: aumentare il peso dell'aspetto ambientale in aree vulnerabili). ■

Il tuo impianto  
firmato IES biogas:  
energia "chiavi in mano"



Un impianto firmato IES Biogas, si vede nei dettagli, si scopre giorno per giorno. Dal dimensionamento alla progettazione, dalla costruzione alla gestione, dall'assistenza biologica alla supervisione funzionale. Le soluzioni più innovative, le tecnologie più affidabili e sicure, la massima personalizzazione per una perfetta integrazione ambientale, un controllo costante di ogni fase per garantire i massimi livelli di efficienza e ridurre gli sprechi. Un "valore che genera valore" per la tua impresa agricola.

**IESBIOGAS**  
NUOVA ENERGIA DALLA NATURA

PORDENONE  
tel. +39 0434 363601  
info@iesbiogas.it  
www.iesbiogas.it