

## Un nuovo approccio operativo per la stima della disponibilità di residui agricoli destinabili a filiere bio-energetiche a scala regionale

Stefano Oliveri (\*), Christian Loda (\*), Denise Salvi (\*), Giacomo Gerosa (\*\*)

(\*) CRASL – Centro di Ricerche per l’Ambiente e lo Sviluppo Sostenibile della Lombardia  
Università Cattolica del Sacro Cuore di Brescia, Via de Musei 41 - 25121 Brescia,  
030-2406752, 030-2406742, stefano.oliveri@unicatt.it

(\*\*) Università Cattolica di Brescia, Via de Musei 41 - 25121 Brescia,  
030-2406752, 030-2406742, giacomo.gerosa@unicatt.it

### Riassunto

Il progetto BioEnerGIS ([www.bioenergis.eu](http://www.bioenergis.eu)) ha per obiettivo lo sviluppo di un Sistema di Supporto alle Decisioni *GIS-based* che, integrando dati relativi all’offerta di biomasse ed informazioni sulla distribuzione territoriale della domanda di calore, identifichi localizzazioni ottimali per l’insediamento di nuovi impianti di cogenerazione da combustione o digestione anaerobica. Il presente lavoro illustra il metodo di stima che, nell’ambito di tale progetto, è stato sviluppato sul territorio lombardo. Obiettivo: quantificare la disponibilità di residui agricoli erbacei (paglie di cereali e stocchi di mais) destinabili a filiere bio-energetiche. Rispetto agli approcci operativi reperibili nella letteratura di settore, il gruppo di ricerca ha sviluppato un metodo di analisi innovativo. Dopo una fase di acquisizione dati finalizzata a caratterizzare l’utilizzo di tali tipologie di materiali da parte delle aziende agricole lombarde, si è sviluppata una metodologia che integra i dati del Sistema Informativo Agricolo di Regione Lombardia (SIARL) e dell’Anagrafe Bovina. Si è così caratterizzato il territorio sia per quanto attiene la produzione di residui agricoli che per quanto riguarda il loro consumo. Per ogni comune del territorio lombardo l’analisi ha quindi restituito i quantitativi di paglie di cereali e stocchi di mais mediamente re-interrati, venduti sul mercato agricolo o impiegati per foraggio e per lettiera. Il risultato finale è rappresentato da un bilancio, a scala municipale, con l’indicazione della disponibilità annua dei materiali, al netto del loro consumo all’interno delle aziende agricole. Rispetto ai potenziali stimati in precedenza, il lavoro svolto ha fatto emergere come il territorio lombardo sia, in sostanza, un *sink* di paglie di cereali. Per quanto attiene paglie di riso e stocchi di mais, le stime sulla loro disponibilità rientrano all’interno dei *range* già proposti dalla letteratura di settore e confermano che, nel rispetto di specifici vincoli di sostenibilità ambientale, una quota di tali materiali potrebbe prestarsi, a livello lombardo, per un indirizzo finale a filiere bio-energetiche.

### Abstract

BioEnerGIS project ([www.bioenergis.eu](http://www.bioenergis.eu)) is aimed at the development of a GIS-based Decision Support System which, by integrating data on geo-referenced biomass potentials and information on territorial heat demand, should identify optimal localizations where new combustion or anaerobic digestion plants could be realized. This paper describes the methodology applied, at Lombard level, in order to make a geo-referenced estimation of agricultural residues (cereal straws and maize stalks) which could be oriented to bio-energy chains. The research group developed an innovative approach. As a first step, data on actual use of residues by local farms have been acquired. A method was then developed which, by integrating Agricultural Information System of Lombardy Region and Bovine Registries data, allows to compute a municipality balance of residues offer and demand. In comparison with former studies, this analysis highlights that Lombard area acts as a cereal straws sink, with demand rates significantly higher than the offer. As regards rice straws and

maize stalks, on the contrary, results are aligned with former results showing that certain rates of those materials could be oriented to local bio-energy chains.

### **Introduzione**

Nonostante i vincoli imposti dalla emanazione della Direttiva 2009/28/CE “*sulla promozione dell’uso dell’energia da fonti rinnovabili*”, numerosi rapporti di ricerca prodotti in ambito europeo sottolineano la grande incertezza sul *mix* di energie rinnovabili che, a livello nazionale, potrà garantire il raggiungimento degli obiettivi della Direttiva. Uno degli elementi di maggior incertezza è rappresentato dal contributo che potrà essere effettivamente fornito dallo sfruttamento energetico delle biomasse. Una recente *survey* sulle stime già condotte in ambito EU, svolta nell’ambito del progetto FP7 BEE – *Biomass Energy Europe* (Rettenmaier et al., 2008), conferma l’incertezza legata ai quantitativi di biomasse destinabili, a livello europeo, a filiere bio-energetiche. Diverse le cause cui viene ricondotto l’elevato livello di incertezza associato alle stime sino ad oggi prodotte. Fra queste: ambiguità nella definizione del concetto di potenziale, carenza di un set univoco di dati per la stima della produzione di biomasse, ambiguità e disomogeneità fra i metodi di calcolo utilizzati, eterogeneità relativa ai fattori esterni in grado di influenzare le stime, differenze nella stessa definizione del termine “biomassa” (non solo fra diverse nazioni ma anche a livello di un singolo Paese). Le ambiguità nella definizione del concetto di potenziale, in particolare, sembrano costituire uno degli aspetti più critici. Studi diversi fanno infatti riferimento a differenti interpretazioni di potenziale. Si possono citare:

- potenziale teorico: la quantità totale di biomassa che può essere considerata teoricamente disponibile per produzioni bio-energetiche all’interno di una certa area;
- potenziale tecnico: la frazione del potenziale teorico che, considerati i vincoli tecnologici vigenti, può essere effettivamente destinato a filiere bio-energetiche;
- potenziale economico: la quota del potenziale tecnico sfruttabile in condizioni di sostenibilità economica;
- potenziale di implementazione: la quota del potenziale economico impiegabile per produzioni energetiche, in funzione dei vincoli imposti dal contesto socio-politico di riferimento;
- potenziale ecologico: la frazione del potenziale che può essere sfruttato in condizioni di sostenibilità ambientale.

Una *survey* condotta, nell’ambito del progetto BioEnerGIS, sugli studi già effettuati in territorio lombardo conferma la disomogeneità nelle determinazioni compiute e la forte influenza esercitata, sulle stime finali, dal concetto di potenziale preso in considerazione.

### **Obiettivi**

Lo studio qui proposto ha avuto per obiettivo la determinazione, sul territorio regionale lombardo, dei potenziali teorico, tecnico ed ecologico per paglie di cereali, paglie di riso e stocchi di mais. Nonostante i dati disponibili consentissero un livello di dettaglio superiore, i risultati finali e la relativa mappatura dei potenziali sono stati restituiti al livello di dettaglio comunale. Si è inteso, in questo modo, uniformare il livello geografico di restituzione dei risultati con le altre aree pilota afferenti al progetto (Irlanda del Nord, Slovenia e Vallonia) e produrre un *set* di dati che potesse garantire la piena operatività, anche via web, del Sistema di Supporto alle Decisioni *GIS-based* in via di sviluppo.

### **Metodologia di lavoro**

Nella maggior parte degli studi presenti in letteratura i quantitativi di residui agricoli destinabili a filiere bio-energetiche vengono determinati attraverso una metodologia che integra dati di produzione media annua di residuo per ciascuna coltura (es. t di paglie di riso/ha) con l’estensione complessiva dell’area destinata a tale coltura in un determinato contesto territoriale. Questa, da un punto di vista analitico, la formulazione alla base del metodo:

$$DS1N = \left[ SIP * \left( \frac{SIP}{P} \right) \right] * \left[ 1 - \left( \frac{US1}{100} \right) \right] * \left[ 1 - \left( \frac{UTS1}{100} \right) \right]$$

Dove:

- DS1N [t s.s./anno]: disponibilità annua di residui, al netto di utilizzi già consolidati;
- SIP [ha]: estensione della coltura i-esima nell'anno di riferimento;
- SIP/P [t/ha anno]: produzione di residuo per ettaro;
- US1 [%]: contenuto idrico del residuo;
- UTS1 [%]: percentuale del residuo prodotto che già trova una propria collocazione d'uso.

I valori di produzione unitaria di residui per le colture di interesse e per l'area geografica di riferimento sono stati desunti da un'indagine bibliografica dedicata, che ha tentato di caratterizzare in dettaglio la situazione lombarda (ANPA, 2001; CTI, 2000; Di Blasi et al., 1997). L'estensione e la distribuzione territoriale delle colture indagate è stata invece desunta dai dati 2008 del Sistema Informativo Agricolo di Regione Lombardia (SIARL). Le Figure seguenti riportano i potenziali stimati tramite l'applicazione del metodo (Figura 1) e la distribuzione territoriale delle paglie di cereali (Figura 2).

Coltura	Potenziale lordo (t/y)	Potenziale lordo (t s.s./anno)	Potenziale netto (t s.s./anno)
Paglie di cereali	481,172.0	393,358.0	37,116.0
Paglie di riso	280,001.0	237,996.0	237,996.0
Stocchi di mais	2,510,744.0	1,130,364.0	564,844.0

Figura 1 – Potenziale regionale teorico e tecnico stimati tramite l'applicazione del metodo.

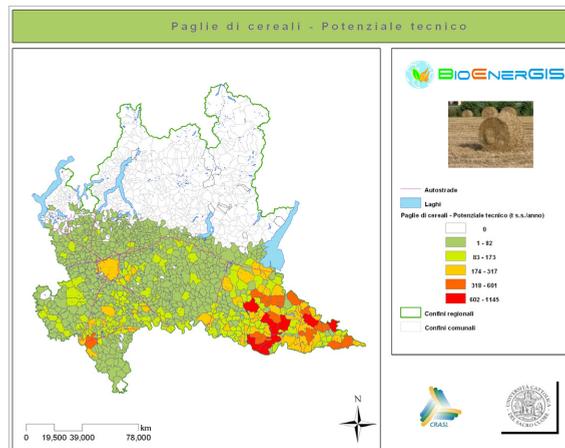


Figura 2 – Distribuzione geografica del potenziale tecnico di paglie di cereali.

Un'analisi critica della metodologia appena esposta ha fatto emergere alcune problematiche sostanziali:

- difficoltà nel ricostruire come siano stati determinati i coefficienti UTS1 proposti dalla letteratura di settore;
- scarsa adattabilità del metodo alle reali esigenze del progetto BioEnerGIS. Secondo questo approccio, infatti, la disponibilità di residui è, da un punto di vista geografico, direttamente proporzionale alla sola estensione delle superfici dedicate alle diverse colture. Una corretta mappatura del potenziale, però, non può contemplare la sola distribuzione territoriale della

produzione di residui. E' infatti necessario considerare anche il consumo di tali materiali, largamente impiegati come foraggio e lettiera, soprattutto in allevamenti bovini.

Le criticità appena esposte hanno suggerito lo sviluppo di una metodologia di stima dedicata, finalizzata a mappare l'effettiva disponibilità di residui agricoli sul territorio, con uno sforzo specifico per un'analisi geografica integrata della loro produzione e del loro consumo. Il metodo di lavoro si è sviluppato in quattro fasi successive:

- acquisizione dati per la descrizione dell'impiego attuale di residui da parte di aziende agricole a monocultura o miste;
- analisi statistiche di base finalizzate a caratterizzare tali tipologie di aziende in termini di utilizzo dei residui di paglie di cereali, di riso e stocchi di mais;
- analisi GIS per mappare i livelli territoriali di produzione (da dati SIARL) e consumo (da dati Anagrafe Zootecnica) dei residui;
- composizione di un bilancio alla scala comunale e determinazione dei conseguenti livelli di potenziale.

La fase di acquisizione dati è stata svolta tramite la compilazione, presso un campione di aziende, di un Questionario appositamente sviluppato. Sono state intervistate 172 aziende agricole, che si sono rese disponibili presso le sedi territoriali di alcune associazioni di categoria. Il campione è costituito per il 46% da aziende a monocultura e per il restante 54% da aziende miste. Con il Questionario, suddiviso in 4 sezioni, sono stati richiesti: dati generali sull'azienda, dati sull'utilizzo dei residui in un anno di riferimento (possibili destini: reinterro, vendita sul mercato, utilizzo per foraggio o per lettiera), dati sull'utilizzo dei residui per foraggio (valori unitari per tipologia di allevamento e categoria di capo), dati sull'utilizzo dei residui per lettiera (valori unitari per tipologia di allevamento e categoria di capo).

La fase di analisi statistica è servita per caratterizzare:

- le aziende a monocultura in termini di tasso di reinterro o vendita sul mercato delle diverse tipologie di residuo;
- le aziende miste in termini di:
  - tasso di reinterro, vendita sul mercato, utilizzo per foraggio o lettiera delle diverse tipologie di residuo;
  - dati di consumo giornaliero delle diverse tipologie di residuo, per foraggio o lettiera, suddivise per tipologie di allevamento e categoria di capo.

Le figure seguenti riportano, a titolo esemplificativo, i dati di utilizzo dei residui in aziende a ordinamento misto (*Figura 3*) e i valori unitari di consumo dei residui per lettiera, in aziende di produzione latte (*Figura 4*).

Coltivazione	ha	Tipo residuo	q	% foraggio	% lettiera	% reinterro	% vendita
Frumento duro	17	Paglie	210	39.3	36.9	23.8	0.0
Frumento tenero	159	Paglie	6,128	22.0	38.9	16.1	23.0
Mais da granella	1,231	Stocchi	70,392	0.0	53.0	45.4	1.7
Orzo	59	Paglie	2,090	53.5	43.1	0.0	3.4
Riso	104	Paglie	3,688	0.0	67.0	0.0	33.0
Soia	31	Steli e foglie	875	0.0	0.0	100.0	0.0

*Figura 3 – Dati di riferimento sull' utilizzo di residui in aziende ad orientamento misto.*

Categoria di capo	Numero di capi	Paglia di frumento duro	Paglia di frumento tenero	Stocchi di mais	Paglia di orzo
		(kg/capo/sgg)	(kg/capo/sgg)		
Vitelle	645	0.03	1.03	0.61	0.19
Manzette	528	0.04	0.52	0.67	0.09
Manze	590	0.00	0.22	0.94	0.42
Vacche da Latte	1.325	0.00	0.29	0.46	0.81
Vacche in asciutta	278	0.00	0.73	0.64	0.69

Figura 4 – Dati unitari di riferimento sull'utilizzo di residui per lettiera in aziende miste - produzione latte.

Nella fase di analisi GIS si è provveduto innanzitutto ad integrare i dati del SIARL e dell'Anagrafe Bovina per identificare le aziende a monocoltura e quelle ad orientamento misto. Alle diverse tipologie di aziende sono stati poi applicati i coefficienti determinati al passo precedente. Ad ogni municipalità del territorio lombardo è stato quindi possibile associare un valore di offerta e di domanda delle diverse tipologie di residui agricoli oggetto di studio. *Figura 5* riporta, a titolo di esempio, la distribuzione territoriale della domanda di paglie di cereali per foraggio o lettiera all'interno del territorio lombardo

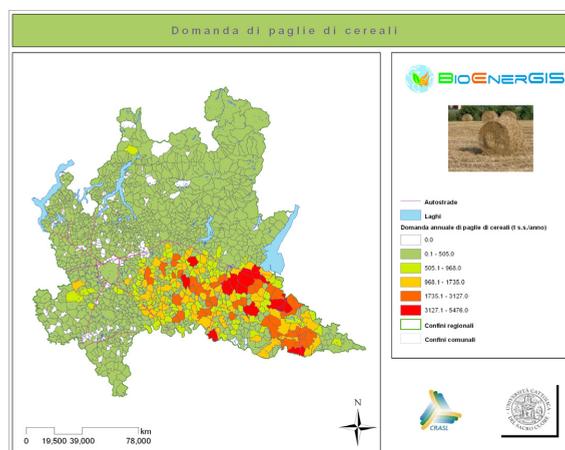


Figura 5 – Distribuzione regionale della domanda di paglie di cereali per la produzione di foraggio o lettiera.

L'ultima fase del metodo ha previsto la composizione, per ogni municipalità del territorio regionale, di un bilancio complessivo dato dalla differenza fra offerta e domanda delle diverse categorie di materiali oggetto di studio.

## Risultati

*Figura 6* riporta i dati di potenziale tecnico complessivo determinati, tramite la metodologia appena descritta, per l'intero territorio lombardo e definisce, a titolo esemplificativo, la distribuzione territoriale del bilancio sulle paglie di cereali.

La tabella evidenzia come il territorio regionale presenti un bilancio fortemente negativo per la componente paglie di cereali. Dalle analisi compiute, la domanda risulterebbe significativamente superiore all'offerta locale, per un quantitativo complessivo di oltre -165.000 t s.s./anno.

Paglie di riso e stocchi di mais presenterebbero invece, secondo i risultati ottenuti con la metodologia appena descritta, bilanci complessivamente positivi (71.800 e 76.000 t s.s./anno).

Potenziale tecnico	Paglie di riso (t s.s./anno)	Paglie di cereali (t s.s./anno)	Stocchi di mais (t s.s./anno)
Metodo BioEnerGIS	71,871	-165,596	76,406

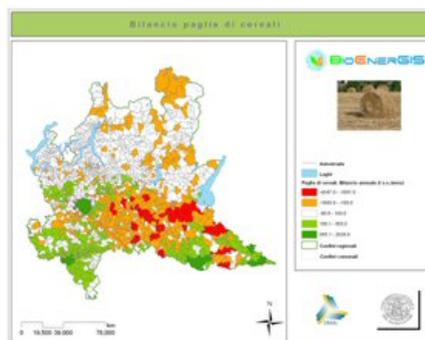


Figura 6 – Potenziale tecnico regionale e distribuzione territoriale del bilancio relativo alle paglie di cereali.

## Conclusioni

Numerosi studi di letteratura già condotti sulla scala regionale e nazionale attribuivano al territorio lombardo un potenziale, talvolta significativo, di paglie di cereali destinabili a filiere bio-energetiche. Le analisi condotte in ambito BioEnerGIS hanno evidenziato che, al contrario, l'area lombarda parrebbe rappresentare un "sink" netto di questa tipologia di residui. I risultati sono peraltro in accordo con quanto espresso (Edwards et al., 2006) in occasione della *Expert Consultation "Cereals Straw Resources for Bioenergy in the European Union"*. Nell'ambito di un inventario europeo sulla disponibilità di paglie di cereali destinabili a filiere bio-energetiche, infatti, all'area lombarda veniva associato un potenziale nullo in termini di produzione di paglie di cereali destinabili a filiere bio-energetiche. Le analisi condotte hanno evidenziato un contenuto bilancio positivo per le paglie di riso, con la sola provincia di Pavia caratterizzata da un potenziale interessante (c.ca 55.000 t s.s./anno). E' però opportuno sottolineare come, secondo le stime condotte, a livello lombardo verrebbero annualmente re-interrate c.ca 143.000 t s.s. di paglie di riso. Tale pratica, in grado di determinare conseguenze negative sia in termini di emissioni di CH<sub>4</sub> (processi anaerobici a risaia allagata) che di produzione di metaboliti potenzialmente dannosi per la coltura, potrebbe essere contenuta proprio tramite il ricorso al conferimento delle paglie a filiere di produzione energetica. Il potenziale associato agli stocchi (c.ca 76.000 t s.s./anno) di mais è quantitativamente paragonabile a quello delle paglie di riso. Si tratta, però, di un potenziale maggiormente distribuito sul territorio, con la provincia di Cremona interessata dai quantitativi più rilevanti (c.ca 21.000 t s.s./anno).

## Bibliografia

- Rettenmaier et al. (2009). "Status of Biomass Resource Assessments", progetto Biomass Energy Europe, Del No D 3.2.
- ANPA – Unità Normativa Tecnica (2001). "I rifiuti del comparto agroalimentare", Studio di settore - Rapporti 11/2001.
- CTI (2000), "Impianti a biomasse per la produzione di energia elettrica. Analisi tecnico-economica della filiera da 10 MWe", Rapporto Tecnico.
- Di Blasi C., Tanzi V. e Lanzetta M. (1997), "A study on the production of agricultural residues in Italy", *Biomass and Bioenergy*, Vol.12, 5: 321-331.
- Edwards et al. (2006), "GIS-based assessment of cereal straw energy in the European Union", EUR 22626 EN "Cereals Straw Resources for bioenergy in the European Union".