

IV. Biomasse residuale



A - Biomasse residuali

Residual biomasses

**Giovanni Carlo Di Renzo*, Paola D'Antonio*,
Carmen D'Antonio*, Francesco Genovese***

Riassunto

La filiera di recupero delle biomasse residuali di natura agricola e forestale rappresenta un settore di fondamentale importanza per avere la disponibilità di biomasse da destinare alla produzione di energia senza impegnare il terreno per colture energetiche, trasformando i residui generalmente considerati dei rifiuti, e quindi materiali di scarto gravati da costi di smaltimento, in una fonte di energia. Pertanto, con l'ottimizzazione del cantiere di raccolta, le biomasse residuali rivestono un ruolo strategico nell'ambito dell'attuale politica energetica poiché rappresentano una valida risorsa per la produzione di energia termica e/o elettrica.

La biomassa residuale rappresenta un cospicuo bacino di approvvigionamento da cui gli stessi produttori possono trarre un importante utile in termini economici, in quanto possono risparmiarsi le operazioni di bruciatura in loco o di interrimento previa trinciatura, tecniche peraltro dannose per l'ecosistema in quanto aumentano l'immissione incontrollata di fumi nell'atmosfera e rendono più agevole la diffusione di eventuali inoculi presenti nel legno, contaminando le piante sane con vari patogeni.

Al fine di fornire indicazioni circa l'ottimizzazione della raccolta, per le aree agricole ad elevata intensità produttiva localizzate nel nord est della Basilicata al confine con la provincia di Foggia, nel presente lavoro sono illustrati i risultati, dal punto di vista tecnico-economico, ottenuti con l'esecuzione della raccolta delle biomasse residue mediante quattro differenti cantieri che prevedono rispettivamente l'imballatura della paglia, l'imballatura o la trinciatura dei sarmenti di vite o dei residui di potatura dell'olivo.

I risultati ottenuti dimostrano un utile netto di particolare rilievo che nel caso della paglia può variare da un minimo di 2,10 € ad un massimo di 4,30 €, nel caso delle bal-

* Dipartimento Tecnico Economico per la gestione del territorio agricolo e forestale, Potenza.

lette di olivo si tratta di 1,53 € per la vendita di ogni balledda e nel caso delle balleddette di vite di 1,50 €, sebbene il mercato delle balleddette di vite ancora non sia avviato completamente. La richiesta di tale prodotto sarà sicuramente incrementata dalla realizzazione di una centrale termica a 20 km circa dall'area della Basilicata, a vocazione viticola, in cui sono state effettuate le prove sperimentali.

Il margine di guadagno derivante dalla vendita di biomasse residuali, però, presuppone la scelta ponderata di macchine idonee alle condizioni orografiche del territorio e rispondenti alle esigenze delle realtà in cui vengono adoperate nonché l'ottimizzazione dei cantieri che tali macchine nel loro insieme compongono. Infine, è stato anche ipotizzato e illustrato il progetto di una piattaforma di sfruttamento a fini energetici dei residui provenienti dall'attività agricola e agro-forestale.

Parole chiave: biomasse residuali, sarmenti, imballatura, trinciatura, piattaforma.

Abstract

Most countries in the world are taking measures aimed at reducing their energy dependence on fossil fuels (coal, petroleum and natural gas). The purpose of this is twofold: on the one hand, the limitation of greenhouse gas emissions responsible for global warming; on the other, a reduction in the exposure to economic risks associated with the rising prices of these increasingly scarce natural resources. A cost-effective approach to meet these objectives requires implementing energy efficiency practices and also giving priority to low-carbon technologies, including renewable energies sources. As an example of the extent to which these measures are going to affect our future, the European Union (EU) recently agreed on an ambitious "Plan on Climate Change" that includes a binding obligation to reach 20% of its energy mix from renewable sources by 2020.

Biomass, obtained from dedicated energy crops or as a by-product of agricultural, forest management and industrial activities, has an important role to play in this transformation. Biomass energy technologies are usually grouped into two categories: biological (such as fermentation and anaerobic digestion); and thermo chemical (including combustion, gasification and pyrolysis). In the latter group, biomass combustion for power generation has reached a high degree of maturity, as evidenced from the large number of plants currently in operation worldwide.

The recovery of residual biomass supply chain is an area of vital importance as it allows to recover without taking the land for biomass energy crops, transforming waste material from the waste disposal costs charged to energy product.

The residual biomass, therefore, represents a large reservoir which to draw first and foremost for the benefit of farmers, worried periodically using or burning on site or to landfill, by relying on techniques that have obvious limitations, the first as the cause of 'increased air pollution and the second because it permits the development of potential inoculum present in the wood, contaminating healthy plants with various diseases.

In addition, none of these two techniques gives to the residual biomass the strategic role they should have under the current energy policy, taking advantage of technologies

already available, can transform a product, difficult to dispose of, in a good energy resource whose management can be a source of income for farmers as long as you reach the optimization of a site for supply and collection of residual biomass.

This study wanted to analyze and compare, both from a technical point of view both from an economic point of view, four different sites for the baling of straw, for baling and chopping of vine shoots and tested two machines for the management pruning of olive trees.

The results showed an interesting profit margin for farmers who decide to manage the waste in this way. Income can be increased thanks to the choice of machines suitable to the conditions of topography of the area and meet the needs of the area in which they are in use. Finally, it was also hypothesized and illustrated the design of a platform for energy exploitation of agricultural and residues from agro-forestry.

Keywords: *residues, balers, energetic use, platform.*

Introduzione

Le criticità legate alla decrescente disponibilità delle fonti energetiche di origine fossile, nonché alla loro distribuzione geografica in aree politicamente instabili, unitamente alle ingenti problematiche ambientali a scala globale, hanno indotto una crescente attenzione verso la ricerca di fonti energetiche alternative intravedendo all'interno di queste il ruolo cruciale che può essere svolto dalle biomasse.

Il termine biomasse residue del settore agricolo e forestale, inteso come insieme delle sostanze organiche di origine vegetale o animale, racchiude un'ampia gamma di prodotti di origine dedicata o derivanti da scarti e residui di varie produzioni, che spaziano da quelle agricole-forestali e agroindustriali (McKendry, 2002; Klass, 1998). In Figura 1 è riportata una schematizzazione dei vari tipi di biomasse e della loro provenienza.

Le biomasse sono un'importante fonte di energia alternativa ai combustibili fossili, come indica anche l'obiettivo della Commissione Europea (2000) e possono portare la percentuale di energia prodotta da fonti rinnovabili dal 3% (pari a circa 45 milioni di tep) al 20% nel 2020 (circa 315 milioni di tep). Questa fonte di energia è una risorsa locale largamente disponibile, che permette la produzione diffusa di energia a costi contenuti e con semplici impianti. La valorizzazione dell'utilizzo delle biomasse può inoltre innescare processi di miglioramento ambientale e socio-economico come la diversificazione delle colture, il ripristino di suoli abbandonati, la manutenzione dei boschi, la creazione di posti di lavoro (McKendry, 2002). Infine, le biomasse contribuiscono a contrastare il riscaldamento climatico globale poiché il bilancio di produzione di gas serra, tipicamente di CO₂, si può considerare quasi neutro (Roman e Turnbull, 1997). A causa della grande varietà delle biomasse (cui corrisponde la varietà delle caratteristiche chimico-fisiche), non esiste un'unica tecnologia per trasformare l'energia contenuta in energia utilizzabile.

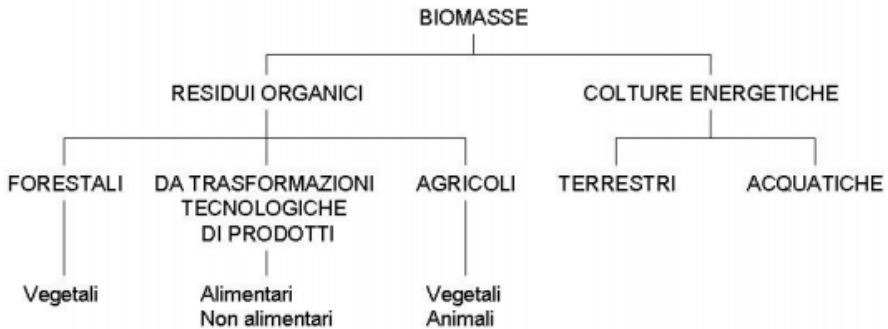


Figura 1 - Schema delle varie tipologie di biomasse e loro provenienza.

Per ottenere trasformazioni energetiche con elevate efficienze e per un utilizzo sostenibile delle biomasse, è necessario però considerare impianti con tecnologie moderne e pianificare razionalmente l'approvvigionamento, ovvero la raccolta e il trasporto, della biomassa necessaria al loro funzionamento (Rosch e Kaltschmitt, 1999; Combs, 2002).

In questo studio, quindi, l'utilizzo energetico delle biomasse è affrontato tenendo conto anche di questi aspetti.

Materiali e Metodi

Le prove sperimentali di raccolta delle biomasse residuali hanno interessato principalmente 3 colture: paglia, vite e olivo, seppur attraverso un protocollo sperimentale differente. La scelta, in questa prima fase, di queste tre biomasse residuali è nata dall'esigenza di dare precise risposte al crescente interesse nei confronti del settore delle biomasse da parte degli agricoltori, ogni anno in difficoltà al momento di smaltire i sottoprodotti provenienti dall'attività agricola.

Per la paglia sono stati confrontati da un punto di vista tecnico economico quattro diversi cantieri (Tab. 1) di imballatura presenti in quattro differenti aziende.

Il primo cantiere è stato ospitato da un'azienda del comune di Santeramo in Colle (BA) in cui alcuni ettari in piano erano destinati alla coltivazione del grano duro e con una produzione di paglia che si aggirava intorno a $2,5 \text{ t ha}^{-1}$. Il secondo cantiere è stato allestito presso un'azienda sita nel comune di Ascoli Satriano (FG) in una zona pianeggiante con meno di 10 ha coltivati a grano duro. A seguito dell'andatura, in questa azienda la pressatura delle balle viene effettuata su andane della larghezza di 2 m e dell'altezza di 0,8 m. L'azienda in cui è stato testato il terzo cantiere è ubicata nel comune di Cerignola (FG), presenta una superficie pari a 12 ha quasi interamente in piano e coltivata a grano duro, varietà Simeto. La quantità di paglia prodotta è stata pari a $2,5 \text{ t ha}^{-1}$ e nell'ambito di questa azienda la ranghinatura, la

pressatura e la raccolta delle balle avvengono nella stessa giornata. In un'azienda del comune di Oppido Lucano (PZ), con circa 30 ha destinati a frumento duro, sono state effettuate le prove sperimentali del quarto cantiere.

Tabella 1 - Descrizione dei cantieri di raccolta della paglia.

Paglia		Cantiere 1	Cantiere 2	Cantiere 3	Cantiere 4
FASI LAVORATIVE	Ranghinatura	Trattore Landini Powerfarm 80 syncro shuttle (60 kW) + Ranghinatore Tonutti 9 stelle	Trattore Fiat 780 57 kW (4 rm) + Ranghinatore Tonutti 13 stelle	Trattore Fiat 850 66 kW (4 rm); (2 rm) + Ranghinatore Tonutti 13 stelle; 9 stelle	Fiat 103 kW + Ranghinatore Tonutti 13 stelle
	Pressatura	Trattore Landini Powerfarm 80 syncro shuttle (60 kW) + Big Baler New Holland 658	Trattore John Deere 120 kW + Big Baler New Holland 960s	Trattore John Deere 8100 140 kW + Big Baler New Holland 980	Trattore Landini 140 kW + Big Baler Krone 1290 HDP
	Raccolta Big Balle	Trattore Landini Powerfarm 80 syncro shuttle (60 kW)	Trattore New Holland T 6050 + forca	Trattore John Deere 8100; Trattore Fiat 850	Trattore Hurliemann (60 kW)
	Trasporto	Autotreno capienza 49 balle	Autotreno capienza 49 balle	Autotreno capienza 49 balle	Rimorchio

Durante le prove sperimentali sono state testate 4 imballatrici:

- Big Baler New Holland 658, che realizza balle di lunghezza di circa 2,10 m larghezza, 1,20 m e altezza di circa 0,90 m, le balle possono raggiungere un peso di 500 kg. In questo caso la macchina ha prodotto balle da 300 kg e con una densità pari a 132 kg m^{-3} ;
- Big Baler New Holland 960s, che richiede l'accoppiamento con una trattrice di potenza minima pari a 90 kW circa e produce delle big balers con lunghezza variabile da 1,2 a 2,5 m ed una larghezza che varia tra gli 80 ed i 90 cm presenta, inoltre, una larghezza del pick-up di 2,25 m e un peso proprio di circa 8 t. In questo caso la macchina ha prodotto balle da 300 kg e con una densità pari a 132 kg m^{-3} ;
- Big Baler New Holland 980, che realizza balle di lunghezza di circa 2,10 m larghezza, 1,20 m e altezza di circa 0,90 m, le balle possono arrivare ad un peso di 500 kg. In questo caso la macchina ha prodotto balle da 400 kg e con una densità pari a 176 kg m^{-3} ;
- Big Baler Krone 1290 HDP, che realizza balle quadre di dimensioni maggiori rispetto ad un'imballatrice classica e può produrre delle big-balle di 700 kg, lavorando con una pressione di esercizio nella camera di compressione pari al 100% della propria capacità. Tuttavia la macchina per ridurre i consumi e la manutenzione, nel corso delle prove è stata utilizzata ad una pressione di circa il 74% della pressione massima di esercizio. In tal modo sono state prodotte balle di circa

500 kg, ad una densità pari a 220 kg m⁻³ e con le seguenti dimensioni: lunghezza di 2,10 m, altezza 0,9 m, larghezza 1,20 m. La macchina presenta una pressa della larghezza di circa 3 m dotata di un nastro di carico di circa 2,8 m. Il sistema di controllo prevede un display ove oltre a tutti i parametri funzionali è possibile regolare pressione di lavoro.

Per tutte le fasi lavorative sono state messe a paragone le macchine utilizzate in termini di capacità operativa e di costi del prodotto finito.

Tabella 2 - Descrizione di 4 cantieri per la raccolta dei sarmenti di vite.

	Operazione	Indicazione	Macchine testate
Cantiere 1	Raccolta con rastrello	manodopera	Trattrice Landini 63 kW + Rastrello artigianale.
		trattrice	
		rastrello	
	Imballatura	manodopera	Trattrice New Holland TL 66 kW + Imballatrice parallelepipedica Ripartrak Magnum 1500-1600.
		trattrice	
	Carico	manodopera	
trattrice			
rimorchio			
Cantiere 2	Trinciatura e Carico	manodopera	
		trattrice	
		trinciacaricatrice	
		rimorchio	
Cantiere 3	Imballatura	manodopera	Trattrice New Holland DT5586 63 kW + Imballatrice Leggera Caeb mod. Quick Power MP400/S 1230.
		trattrice	
		imballatrice	
	Recupero balle nel filare + Carico Balle	manodopera	Trattrice Same Dorado 90 63 kW + Cesto;
		trattrice	
		cesto	Trattrice New Holland TL 66 kW + Carrello.
		rimorchio	
Cantiere 4	Imballatura	manodopera	Trattrice New Holland DT5586 63 kW + Imballatrice Leggera Caeb mod. Quick Power MP400/S 1230.
		trattrice	
		imballatrice	
	Carico Balle	manodopera	Trattrice New Holland TL 66 kW + Carrello.
		trattrice	
		Rimorchio	

Le prove sperimentali di raccolta dei residui di potatura della vite hanno previsto il confronto di quattro differenti cantieri (Tab. 2) al fine di valutare la tecnologia più idonea fra 4 macchine, attualmente disponibili sul mercato, in termini tecnici ed economici.

Il vigneto in cui sono state svolte le prove sperimentali è situato nella zona nord-est della Basilicata al confine con la Puglia. Si estende su di una superficie pianeggiante di 1,34 ha, suddiviso in 58 filari, ed è coltivato da 30 anni con la varietà Aglianico a spalliera e con sesto d'impianto di 2,20 x 1,00 m, utilizzando il sistema a

cordone speronato (con 4-6 speroni per cordone). Grazie ad alcuni sopralluoghi, preliminari alle prove, è stata calcolata la biomassa fresca prodotta dal vigneto e nella tabella che segue si riportano i valori relativi a 3 filari (Tab. 3) localizzati in 3 differenti zone del vigneto, che si caratterizzano per una diversa rigogliosità delle piante. Dai dati raccolti è emerso che la produttività di sarmenti nel presente vigneto è stata pari a $2,7 \text{ t ha}^{-1}$.

Tabella 3 - Sarmenti prodotti dal vigneto che ha ospitato le prove sperimentali.

SARMENTI PRODOTTI	Piante n.	Peso sarmenti totale (kg)	Peso sarmenti per vite (kg)
Filare n. 1	130	77	0,592
Filare n. 2	116	68	0,586
Filare n. 3	80	53,2	0,665



Figura 2 - Imballatrice parallelepipedica Ripartrak Magnum.

Nel primo cantiere è stata sottoposta a prova l'imballatrice parallelepipedica Ripartrak 1500 (Fig. 2) che ha una larghezza di lavoro del raccoglitore di 145 cm e che si adatta solamente al lavoro fuori dal filare. Durante le prove il materiale, precedentemente posizionato a bordo filare grazie al passaggio con un trattore che montava posteriormente un rastrello, è stato avvicinato al pick-up da un operatore munito di forca manuale. All'interno della macchina i sarmenti sono condotti all'organo di taglio e successivamente spostati lateralmente nella camera di compressione a stantuffo che ne effettua la pressatura cui segue una legatura automatica con spago che, con un doppio passaggio, fissa la rilegatura. Una volta formata e completata la balledda parallelepipedica, questa viene rilasciata sul suolo dal condotto di scarico posteriore.



Figura 3 - Trincia caricatrice Berti/C.

Nel secondo cantiere la trinciatura dei sarmenti di vite è stata eseguita mediante la trinciacaricatrice BERTI Picker/C (Fig. 3). Si tratta di una macchina operatrice di tipo semiportato, dotata di ruote proprie, necessarie a garantire la corretta altezza dal suolo e ad evitare rischi di impennamento della trattrice, dovuti al peso a pieno carico della macchina stessa. La macchina presenta anteriormente un pick-up di raccolta, provvisto di denti rigidi di forma e disposizione tale da evitare il sollevamento di sassi e terra. Il materiale raccolto, viene successivamente introdotto nella camera di trinciatura, dove un rotore a martelli provvede al suo sminuzzamento. Il movimento di tale dispositivo genera un flusso d'aria che spinge il materiale nel contenitore. Quest'ultimo è dotato superiormente di un coperchio provvisto di fori per l'allontanamento di aria e polvere. Lo scarico viene effettuato tramite il sollevamento ed il successivo ribaltamento del contenitore.

Nel terzo e nel quarto cantiere sono state utilizzate 2 rotoimballatrici della ditta Caeb, rispettivamente senza (Fig. 4) e con accumulatore di balle (rastrelliera di nove balle) per poter scaricare tutte le balle in testata ai filari ed evitare di rilasciarle nel filare (Fig. 5), al fine di ridurre i tempi di carico. La macchina presenta anteriormente un pick-up a denti rigidi (forche di raccolta) per il sollevamento del prodotto da terra, i tralci e sarmenti dopo un passaggio attraverso due rulli dentati controrotanti per una parziale sfibatura, viene introdotto nella camera di compressione.

La camera di compressione è a sezione fissa, dotata di dispositivi di imballatura a rulli di acciaio che consentono la compattazione in balle a "cuore tenero", garantendo l'uniforme passaggio dell'aria ed un'asciugatura naturale, che contrasta la formazione di muffe ed eventuali fermentazioni del materiale. La macchina è dotata di circuito idraulico a doppio effetto per l'apertura e la chiusura della camera di compressione, per consentire lo scarico delle balle prodotte mediante apertura del portellone posteriore.



Figura 4 - Imballatrice Leggera Caeb.



Figura 5 - Imballatrice Leggera Caeb con accumulatore.

Tabella 4 - Descrizione dei cantieri per la raccolta dei sarmenti di olivo.

Olivo	Operazione	Indicazione	Macchine testate
Cantiere Caeb con caricatore	Imballatura	manodopera	Trattrice New Holland DT5586 63 kW + Imballatrice Leggera Caeb mod. Quick Power MP400/S 1230.
		trattrice	
		Imballatrice	
	Carico Balle	manodopera	Trattrice New Holland TL 66 kW + Carrello.
		trattrice	
		rimorchio	
Cantiere Berti	Trinciatura	manodopera	Trattrice New Holland DT5586 63 kW + Trinciacaricatrice Berti Picker/C.
		trattrice	
		trinciatrice	
	Carico	manodopera	Trattrice New Holland TL 66 kW + Carrello.
		trattrice	
		rimorchio	

I residui di olivo sono stati raccolti utilizzando due diversi cantieri, il primo costituito dall'imballatrice Leggera della Caeb, il secondo dalla trinciacaricatrice della Berti (Tab. 4). L'oliveto, che ha ospitato il cantiere sperimentale, ha un'età complessiva di 30 anni e un sesto d'impianto di 5x5 m con un numero complessivo di 28 filari. Le varietà coltivate sono Ogliarola e Coratina.

Relativamente, poi, alla compattezza delle balle realizzate e al loro tasso di umidità, si sta valutando un metodo di essiccazione, mediante ventilazione forzata, reso possibile grazie alla realizzazione di un prototipo che è attualmente in fase di sperimentazione.

Risultati

Paglia

Dall'analisi dei dati raccolti in campo, è stato possibile valutare la capacità operativa dei cantieri testati, il costo per la produzione della singola balla e il margine realizzato dagli agricoltori a seguito della vendita delle balle (Tab. 5). Il cantiere 4 è risultato il più costoso a causa dell'elevato costo iniziale delle macchine utilizzate e del loro costo di esercizio che ha determinato un costo di produzione delle balle più elevato di tutti e pari a circa 12,00 € a balla riducendo il margine di guadagno ad 1,00 € soltanto dovuto alla vendita di ogni balla. Lo stesso però, proprio grazie all'ottima performance delle macchine si è caratterizzato per la migliore capacità operativa che è risultata pari a 15 balle h⁻¹. A riguardo, bisogna sottolineare che in tale cantiere sono state realizzate balle del peso di 500 kg, con una densità pari a 220 kg m⁻³ e che il margine derivante dalla vendita di ogni singola balla è pari a quasi 2,80 €.

La capacità operativa più bassa è stata riscontrata nel primo e nel secondo cantiere, con una produzione di balle dello stesso peso nell'arco di un'ora pari a 12 ma con una sensibile differenza di costo unitario della balla che, pur presentando le stesse dimensioni, viene realizzata nel secondo cantiere rispetto al primo con una maggiorazione di 3,80 €. Importanti rimangono i margini ottenibili, in entrambi i casi, dalla vendita delle singole balle pari a 5,90 € per il primo e a 2,10 € per il secondo cantiere. Il terzo cantiere, infine, si caratterizza per i più alti margini di guadagno, provenienti dalla vendita delle balle, in quanto pari a 4,30 €.

Tabella 5 - Confronto tecnico-economico dei cantieri di raccolta della paglia.

Cantiere	Paglia a terra (kg ha ⁻¹)	Peso singola balla (kg)	N. balle prodotte ha ⁻¹	N. balle prodotte h ⁻¹	Costo acquisto paglia a terra (€ balla ⁻¹)	Costo raccolta e imballatura (€ balla ⁻¹)	Costo unitario (€ balla ⁻¹)	Prezzo vendita balla (€)
1	2200	300	7	12	1,50	4,60	6,10	12,00
2	2500	300	8	12	1,40	8,50	9,90	12,00
3	2500	400	6	13	1,40	8,30	9,70	14,00
4	2100	500	4	15	2,40	9,80	12,20	15,00

Vite

Tutti e quattro i cantieri sottoposti a confronto hanno consentito di mettere in evidenza una buona affidabilità delle macchine utilizzate, data non solo dal valore delle macchine ma anche dalle condizioni ottimali del vigneto in cui sono state effettuate le prove. In tabella 5 sono riportati la descrizione e i principali parametri tecnico-operativi ed economici rilevati, partendo dalla Ripartrak (Tab. 6) e a seguire per gli altri cantieri (Tab. 7, 8 e 9).

Tabella 6 - Dati tecnico-operativi del primo cantiere per la raccolta dei sarmenti di vite.

Macchina Operatrice	Operazione	Velocità effettiva (km h ⁻¹)	Capacità operativa (ha h ⁻¹)	Capacità operativa (t h ⁻¹)	Produzione (Balle h ⁻¹)	Costo orario (€ h ⁻¹)	Costo Prodotto (€ t ⁻¹ s.f.)		Costo unitario balla (€)
Ripartrak	Raccolta con rastrello	6,5	2,3	3,9		27,20	7,00	36,00	1,10
	Imballatura	1-2	1,7	2,9	90	39,10	13,00		
	Carico		2,0	3,4		53,20	16,00		

Dall'analisi del secondo cantiere è emersa sia da un punto di vista tecnico sia da un punto di vista economico la ridotta convenienza alla trinciatura dei sarmenti, attribuibile alle dimensioni della macchina pari a 1,7 m che sono risultati poco adatti al sesto d'impianto del vigneto. Inoltre, in conseguenza di una disordinata disposizione dei sarmenti in andana ed una imprecisa regolazione della macchina operatrice, la produzione raccolta registra una perdita di materiale rispetto alla produzione raccogliabile di circa il 40%. Dall'analisi dei dati risulta una bassa produzione ed un conseguente costo elevato del trinciato pari a 63,00 € t⁻¹ (Tab. 7).

Tabella 7 - Dati tecnico-operativi del secondo cantiere per la raccolta dei sarmenti di vite.

Macchina Operatrice	Velocità Effettiva (Km h ⁻¹)	Capacità Operativa (ha h ⁻¹)	Capacità Operativa (t h ⁻¹)	Costo orario (€ h ⁻¹)	Costo Prodotto (€ t ⁻¹ s.f.)
Berti	3,5	1,09	0,99	62,89	63,00

Le perdite dovute a non raccolta del prodotto a terra non sono state, invece, registrate utilizzando l'imballatrice leggera Caeb testata nel terzo e nel quarto cantiere rispettivamente senza e con caricatore per l'accumulo delle balle, grazie alle compatte dimensioni della macchina la cui larghezza di lavoro è pari a 1,33 m, rispetto alla larghezza del filare di 2,2 m, questo ha consentito di mantenere una velocità di avanzamento pari a 3,5 km h⁻¹ e soprattutto di avere tempi di voltata ridotti pari a 22 secondi in media. Il costo sostenuto per la realizzazione di una balle rimane contenuto e simile a quello calcolato utilizzando la Ripartrak. Il costo calcolato per ciascuna balla del peso medio di 26-28 kg è di 1,08 € balla⁻¹ (Tab. 8).

Tabella 8 - Dati tecnico-operativi del terzo cantiere per la raccolta dei sarmenti di vite.

Macchina Operatrice	Operazione	Velocità effettiva (Km h ⁻¹)	Capacità operativa (ha h ⁻¹)	Capacità operativa (t h ⁻¹)	Produzione (Balle h ⁻¹)	Costo orario (€ h ⁻¹)	Costo Prodotto (€ t ⁻¹ s.f.)		Costo unitario balla (€)
Caeb MP/400S 1230	Imballatura	3,5	0,92	1,58	50	34,70	22,00	40,00	1,08
	Recupero Balle e Carico	3	1,3	2,3		41,30	18,00		

Il costo più basso per la realizzazione di una balledda lo si è ottenuto utilizzando la rotoimballatrice leggera Caeb con accumulatore di balle. Il vantaggio in termini di produttività dell'intero cantiere è importante grazie alla eliminazione dei costi di recupero nel filare delle balle, in quanto la macchina stessa deposita le balle al capofila del filare. Il costo a tonnellata è determinato in 34,00 € t⁻¹ con un costo per ciascuna balla, del peso di 26-28 Kg, di 0,92 € (Tab. 9).

Sulla base del confronto fra i due diversi modelli Caeb si evince una buona capacità operativa di entrambe, tant'è che il modello senza accumulatore realizza 50 balle ogni ora rispetto al modello con accumulatore che ne realizza 45. Questa differenza del 10% si deve ricercare nella manovrabilità leggermente inferiore che caratterizza il modello con accumulatore che sia per peso (800 kg rispetto ai 550 del modello senza caricatore delle balle) sia per ingombro, dato dalla struttura metallica di raccolta delle balle, tende ad essere più lenta nelle fasi di svolta e di manovra. Passando invece a valutazione economiche si registra quanto la manodopera impiegata per il recupero ed il carico delle balle, incida sulla determinazione del costo per tonnellate del prodotto imballato che risulta di 40,00 € t⁻¹, rispetto a 34,00 € t⁻¹ del modello con accumulatore.

Tabella 9 - Dati tecnico-operativi del quarto cantiere per la raccolta dei sarmenti di vite.

Macchina Operatrice	Operazione	Velocità effettiva (km h ⁻¹)	Capacità operativa (ha h ⁻¹)	Capacità operativa (t h ⁻¹)	Produzione (balle h ⁻¹)	Costo orario (€ h ⁻¹)	Costo prodotto (€ t ⁻¹ s.f.)	Costo unitario balla (€)
Caeb Quick Power MP/400S 1230 con Accumulatore	Imballatura	3,5	0,80	1,37	45	35,60	26,00	34,00
	Carico		3,0	5,1		40,70	8,00	

Olivo

Queste prime prove sperimentali condotte sulla gestione dei sarmenti di olivo sono state mirate al confronto del lavoro effettuato dalla rotoimballatrice leggera Caeb con accumulatore (Tab. 10) e quello eseguito dalla trinciacaricatrice Berti (Tab. 11).

Tabella 10 - Dati tecnico-operativi del primo cantiere per la raccolta dei sarmenti di olivo.

Cantiere Caeb con caricatore	Operazione	Indicazione	Costo totale (€ h ⁻¹)	Costo unitario balla (€)	Costo (€ t ⁻¹)
In linea	Imballatura	manodopera	76,31	1,47	43,30
		trattrice			
		imballatrice			
	Carico Balle	manodopera			
		trattrice			
		rimorchio			

Dall'analisi dei dati, risulta una notevole incidenza dei costi di carico delle balle, a causa della richiesta di ulteriore manodopera, che rendono il prodotto imballato più costoso rispetto a quello trinciato. In termini di destinazione finale emerge comunque un dato interessante riferito dagli agricoltori i quali affermano di vendere, al settore della panificazione e della ristorazione quale combustibile per i forni a legna, le balle di olivo ad un prezzo di 3,00 €, che, considerando il costo di realizzo della ballette pari a 1,47 €, consente un margine di guadagno pari a 1,53 € per ogni ballette.

Tabella 11 - Dati tecnico-operativi del secondo cantiere per la raccolta dei sarmenti di olivo.

Cantiere Berti	Operazione	Indicazione	Costo totale (€ h ⁻¹)	Capacità operativa (kg s ⁻¹)	Costo (€ t ⁻¹)
In linea	Trinciatura	manodopera	67,13	16,55	40,60
		trattrice			
		trinciatrice			
	Carico	manodopera			
		trattrice			
		rimorchio			

In merito alle prove sperimentali realizzate per l'olivo i sestri d'impianto 5x5 m hanno azzerato le problematiche relative alla manovrabilità della macchina riscontrate all'interno del filare di un vigneto e questo fattore ha inciso positivamente sul costo del prodotto finale che nel caso della vite era stato calcolato in 63,30 € t⁻¹ e nel caso dell'olivo pari a 40,60 € t⁻¹. D'altro canto, però, bisogna sottolineare che in oliveti di grosse dimensioni ed irregolari, differenti da quello oggetto delle prove sperimentali, l'incidenza delle pause per lo scarico del cassone, che si possono rendere necessarie anche nel bel mezzo del filare, rappresentando un fattore di riduzione della capacità operativa della macchina.

Discussione e conclusioni

I cantieri di raccolta della paglia hanno dimostrato tutti una buona capacità operativa ed una rispondenza alle diverse esigenze delle aziende in cui sono state testate. L'aspetto che, come spesso accade, ha inciso negativamente sui costi delle operazioni è rappresentato da una non ottimale organizzazione dell'intero cantiere, per cui se da una parte sono state scelte macchine efficaci e di comprovata affidabilità non si è proceduto allo stesso tempo all'ottimizzazione dei cantieri testati. Tale mancanza di ottimizzazione certamente rappresenta una spiegazione alla significativa differenza di costi di esercizio fra il primo e l'ultimo cantiere.

In termini, poi, di destinazione finale del prodotto la differenza tra i costi sostenuti per la realizzazione delle balle e il prezzo a cui le stesse possono essere vendute spinge verso ricavi interessanti che spesso però vengono raggiunti non dal singolo agricoltore ma dai contoterzisti, che grazie ai capitali a disposizione e alle elevate estensioni possono lavorare con macchine sempre tecnologicamente avanzate.

Il confronto fra i diversi cantieri ha sottolineato la necessità di organizzare e dimensionare gli stessi in maniera ottimale in base alle caratteristiche orografiche del territorio, al sistema d'impianto e di allevamento degli impianti arborei.

La prova effettuata con la trinciaraccogliatrice nel vigneto, tenendo conto degli imprevisti tecnici verificatisi durante la sperimentazione (dovuti in parte ad un errore di settaggio della macchina), in ogni caso ha dimostrato un'efficienza piuttosto limitata, dovuta alla mole e alle dimensioni di ingombro della macchina, che mal si adatta all'orografia del territorio ove sono state eseguite le prove, alle dimensioni medie degli appezzamenti coltivati a vigneto e ed alla struttura degli impianti, a riguardo si ritiene la macchina più idonea per aree coltivate a vite di ampiezza superiore ai 3 ha e con filari della lunghezza superiore ai 150 m in modo da sfruttare completamente la macchina che monta un accumulatore delle balle.

Nel caso delle imballatrici bisogna fare un'attenta osservazione relativamente alle condizioni del vigneto all'interno del quale si opera. L'imballatrice/compattatore parallelepipedo (Ripartrak Magnum) ad esempio, a causa della sua larghezza di lavoro di 2,4 m è risultata troppo larga per poter lavorare all'interno del vigneto in oggetto ed è quindi stata posizionata al margine del filare grazie al fatto che le condizioni di spazio e di pianura consentivano tale soluzione. Tale limite insito alla macchina si potrebbe però compensare qualora si ritenesse prioritario realizzare delle balle quadre la cui movimentazione e il trasporto risultano sicuramente più agevoli nonché la perdita di umidità più uniforme e veloce rispetto a quanto si verifichi nel caso delle balle cilindriche.

Le imballatrici leggere non presentano il problema di manovrabilità, in quanto, vista la loro leggera struttura possono essere sollevate tramite l'attacco a tre punti del trattore, facilitando le operazioni di manovra, soprattutto in condizioni di terreni collinari (ove generalmente sorgono i vigneti nella provincia di Potenza) e le operazioni di trasferimento della macchina.

Dalle prove effettuate con le due rotoimballatrici leggere (Caeb) è risultata una notevole convenienza nell'utilizzo della rotoimballatrice con accumulatore, poiché tale attrezzatura elimina l'operazione di raccolta delle balle all'interno del filare, riducendo i costi che passano da 1,08 € per ogni balledda a 0,92 €. Inoltre, l'imminente realizzazione a circa 20 km dalla zona che è stata oggetto delle prove di una centrale termica rappresenterebbe un ottimo investimento per gli agricoltori che uniti in consorzi potrebbero acquistare le macchine e riuscire a collocare immediatamente i sarmenti imballati ad una cifra, ancora ipotetica, ma probabile di circa 2,50 € per ogni balledda.

Dal punto di vista della destinazione finale del prodotto possono cambiare le valutazioni in merito alla convenienza ad effettuare la trinciatura o l'imballatura. In un'ottica di combustione in caldaia, appare preferibile l'utilizzo del prodotto trinciato, in quanto la sua movimentazione dal silo di stoccaggio, può facilmente essere realizzata con sistemi automatici, tipo vite senza fine.

Più complesso appare il rifornimento automatico di balle ad una caldaia, in quanto andrebbe progettato anche il sistema di prelievo di queste ultime ed il loro posizionamento su un nastro mobile che le conduca in caldaia.

Relativamente ai cantieri di raccolta dei sarmenti dell'olivo, la necessità di una idonea scelta delle macchine e di un corretto settaggio vengono ulteriormente sottolineate, mentre non si riscontra nessuna problematica in termini di manovrabilità della macchina che, grazie ai larghi sestri d'impianto di 5x5 m, si muove agevolmente all'interno del campo sperimentale. La scelta di imballare o trinciare il prodotto, vista la minima differenza di costi dato che la prima operazione richiede 43,30 € per tonnellata e la seconda 40,60 €, risulta essere dettata dalle esigenze dell'agricoltore e dalla commerciabilità, sulla base delle richieste del mercato cui voglia riferirsi, di una tipologia di prodotto piuttosto che di un'altra.

Infine, tralasciando i dati tecnico-operativi ed economici finora analizzati, si vuole sottolineare l'aspetto ambientale che viene fortemente favorito dalla raccolta delle biomasse residuali, il cui smaltimento non rappresenta soltanto un dispendio di energia e di denaro per gli agricoltori ma incide pesantemente sull'ambiente e su intere comunità che al contrario, grazie alle tecnologie attualmente disponibili, potrebbero avvantaggiarsi di una risorsa rinnovabile e ad impatto ridotto.

Progetto di una piattaforma per un impianto di recupero a fini energetici dei residui dei processi produttivi agricoli, forestali ed agroalimentari.

L'attività di ricerca è stata completata con uno studio per la realizzazione di una piattaforma per un impianto di recupero a fini energetici dei residui dei processi produttivi agricoli, forestali ed agroalimentari, approvvigionati nell'ambito del comprensorio della Val D'Agri.

L'impianto, di tipo cogenerativo, sarà realizzato nel territorio comunale di Viggiano, in una zona classificata come area agricola E3 (bosco produttivo) e IE/3 (impianti produttivi esistenti), è posizionata a sud-ovest del comune di Viggiano (PZ), e non presenta vincoli di natura idrogeologica e paesaggistica.

L'impianto è basato sulla produzione e recupero di biogas prodotto dai reflui zootecnici ed è stato concepito per produrre energia elettrica, da immettere nella rete elettrica nazionale, ed energia termica, per alimentare attraverso una rete di teleriscaldamento, alcuni edifici comunali (un caseificio ed una scuola). Sulla base di una stima preliminare la taglia di potenza dell'impianto progettato è di 800 kW elettrici e di 500 kW termici.

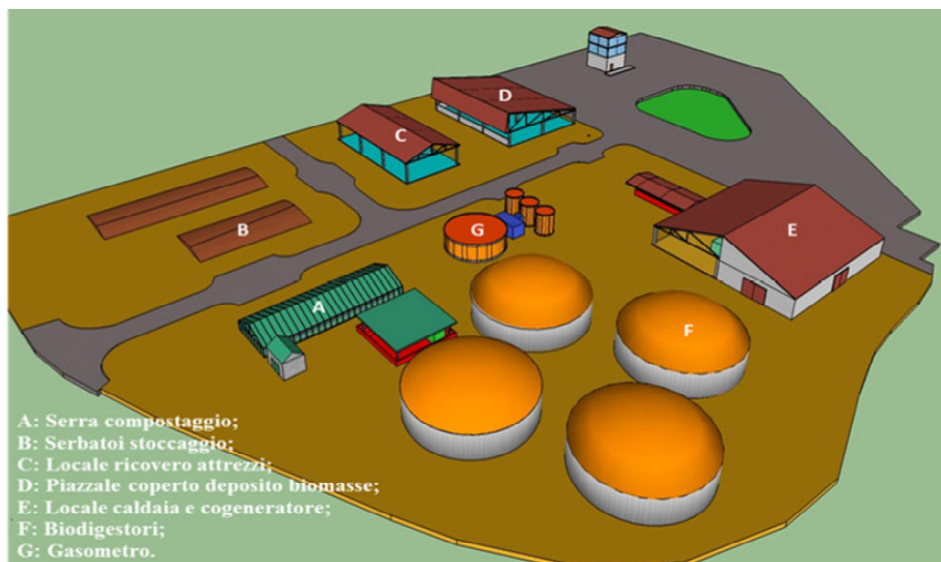


Figura 6 - Disegno della piattaforma vista dall'alto.

La scelta del sito è stata determinata dalle seguenti considerazioni:

- posizione baricentrica rispetto alle aziende conferenti;
- agevole collegamento con le principali vie di comunicazione;
- possibilità di immissione diretta dell'energia elettrica alla linea della media tensione;
- possibilità di valorizzazione dell'energia termica in uscita dall'impianto;
- disponibilità dei terreni comunali.

I benefici e le leve positive tenute in maggiore considerazione sono state le seguenti:

- particolare attenzione al problema dei nitrati in agricoltura;
- riduzione delle emissioni determinate dai reflui zootecnici in stoccaggio all'aperto;
- riutilizzo e valorizzazione dei residui agrozootecnici e agroindustriali;
- problema della riduzione delle emissioni di CO₂ in atmosfera;
- reimpiego in agricoltura di compost e ammendanti organici in sostituzione dei concimi chimici.

Disponibilità biomasse nel comprensorio della Val D'Agri

La stima delle biomasse presenti in questo comprensorio è basata su un'indagine conoscitiva relativa alle potenzialità di approvvigionamento di reflui zootecnici e dei sottoprodotti della lavorazione del latte (siero) che possono essere utilizzati in una piattaforma per la produzione di biogas, con successiva generazione di energia elettrica e termica. Contestualmente, allargando il raggio di azione, nell'indagine conoscitiva sono state incluse le biomasse di natura lignocellulosica sfruttabili a fini energetici.

In particolare, le biomasse provenienti da reflui zootecnici si considerano utilizzabili per la produzione di biogas:

1. letame bovino;
2. liquame bovino;
3. liquame suino;
4. siero di latte.

L'area oggetto di studio comprende i comuni di Grumento Nova, Marsico Nuovo, Marsicovetere, Moliterno, Paterno, Sarconi, Tramutola e Viggiano, per una superficie totale pari a 369,78 km². L'indagine in situ ha interessato 24 aziende zootecniche (di cui n. 2 allevamenti di bovini da carne, n. 19 allevamenti di bovini da latte, n. 2 allevamenti suini da carne e n. 1 centro parentale suini), scelti secondo criteri di numero capi allevati, dotazione strutturale (vasche liquame e platee per letame) tale da rendere efficienti e veloci le operazioni di carico, facilità di accesso (distanza dalla viabilità principale, tipologia e dimensione strada di accesso, disponibilità di spazio per la manovra degli automezzi, ecc.) e vicinanza alla piattaforma. Dall'analisi dei dati raccolti presso le aziende è emerso che i due allevamenti di bovini da carne, di cui uno situato nel comune di Viggiano e l'altro in quello di Marsicovetere, hanno una consistenza totale di 175 capi, mentre i 19 allevamenti di bovini da latte hanno una consistenza totale di 3.245 capi, di cui 1.500 in lattazione. In totale, i capi bovini presenti nelle aziende oggetto di rilievo sono 3.420 per una produzione giornaliera di circa 75 m³ di letame e circa 120 m³ di liquame, pari rispettivamente a 27.375 m³ di letame e 43.800 m³ di liquame per anno (Tab. 12).

Tabella 12 - Produzione di letame da allevamenti bovini.

Comune	Tipologia allevamento	Capi totali (n.)	Capi in lattazione (n.)	Letame giorno (m ³)	Letame anno (m ³)	Liquame giorno (m ³)	Liquame anno (m ³)
Viggiano	Bovini da carne	115	0	9	3.285	0	0
Marsicovetere	"	60	0	4	1.460	0	0
Grumento N.	Bovini da latte	1095	470	25	9.125	37	13.505
Marsico Nuovo	"	255	125	0	0	14	5.110
Paterno	"	70	30	3	1.095	0	0
Tramutola	"	400	185	10	3.650	12	4.380
Viggiano	"	1425	690	24	8.760	57	20.805
Totale		3.420	1.500	75	27.375	120	43.800

Le aziende zootecniche con allevamento di suini oggetto di indagine sono state 3, di cui 2 specializzate per l'ingrasso ed una per la produzione di suinetti.

Gli allevamenti dediti all'ingrasso, presenti nei comuni di Grumento Nova e Viggiano, hanno una consistenza di 500 capi cadauno, un peso medio di ogni capo pari a circa 100 kg e sono caratterizzate da realizzare circa 1,7 cicli di allevamento all'anno.

La produzione di liquame è di circa 10 m³/giorno per le aziende dedite all'ingrasso e di circa 7 m³/giorno per quella in cui vengono prodotti i lattonzoli, pari ad una produzione di liquame totale annua di circa 6.205 m³ (Tab. 13).

Tabella 13 - Produzione di liquame da suini.

Comune	Tipologia allevamento	Scrofe (n.)	Lattonzoli (n)	Capi ingrasso (n)	Liquame al giorno (m ³)	Liquame all'anno (m ³)
Grumento N.	Ingrasso suini	0	0	500	5	1.825
Paterno	Produzione lattonzoli	200	600	0	7	2.555
Viggiano	Ingrasso suini	0	0	500	5	1.825
Totale		200	600	1.000	17	6.205

Nell'area oggetto di studio sono stati rilevati 6 caseifici, siti nei comuni di Marsicovetere, Paterno e Tramutola, che lavorano in totale circa 9 m³ di latte al giorno con una produzione giornaliera di siero pari a circa 7,1 m³, equivalente a circa 2.591 m³ di siero all'anno (Tab. 14).

Tabella 14 - Produzione di siero di latte.

Comune	Latte lavorato al giorno (m ³)	Latte lavorato all'anno (m ³)	Siero prodotto al giorno (m ³)	Siero prodotto all'anno (m ³)
Marsicovetere	0,5	182,5	0,4	146,0
Paterno	4,7	1715,5	3,7	1350,5
Tramutola	3,7	1350,0	3,0	1095,0
	8,9	3.248,5	7,1	2.591,5

L'indagine condotta permette di avere un quadro esaustivo del quantitativo di reflui zootecnici e siero di latte (Tab. 15) che, dalle aziende zootecniche e dai caseifici, può essere trasportato alla piattaforma agro energetica per la produzione di biogas da utilizzare per la generazione di energia elettrica e termica.

Tabella 15 - Quantitativi di biogas producibili al giorno e all'anno.

Tipologia refluo	Quantitativo giornaliero (m ³)	Fattore diconversione (Nm ³ biogas m ⁻³ biomassa)	Biogas prodotto al giorno (Nm ³)	Biogas prodotto all'anno (Nm ³)
Letame bovino	75	54	4.050	1.478.250
Liquame bovino	120	21	2.520	919.800
Liquame suino	19	19	361	131.765
Siero di latte	7,1	31	220	80.300
TOTALE			7.151	2.610.115

La piattaforma in oggetto, però, verrà anche alimentata da tutte quelle biomasse residuali di origine ligno-cellulosica provenienti dal settore agricolo- forestale. A tal riguardo, nella tabella che segue (Tab. 16), vengono riportate le potenziali produzioni di biomasse residuali allargando il raggio d'investigazione all'intero comprensorio della Val D'Agri, che può rappresentare un importante bacino di approvvigionamento.

Tabella 16 - Produzione di biomassa di origine agricola.

Comuni	Cereali		Vigneti		Uliveti		Frutteti	
	Produzione paglia (u=16%)	Produzione paglia (ss)	scarti vigneti (u=50%)	Scarti vigneti (ss)	scarti uliveti (u=52%)	scarti uliveti (ss)	scarti frutteti (u=40%)	scarti vigneti (ss)
	t	t	t	t	t	t	t	t
Grumento	287,4	247,76	44,58	29,72	526,02	346,07	7,48	5,34
Marsiconuovo	63,2	54,48	59,63	39,75	14,53	9,56	117,99	84,28
Marsicovetere	32,06	27,64	27,07	18,05	4,86	3,2	14,12	10,09
Moliterno	114,42	98,64	20,48	13,65	2,93	1,93	27,08	19,34
Montemurro	83,06	71,6	32,66	21,77	0,91	0,6	237,37	169,55
Paterno	122,4	105,52	-	-	-	-	141,04	100,74
San Chirico Raparo	226,44	195,21	20,41	13,61	-	-	186,02	132,87
San Martino D'Agri	55,48	47,83	11,2	7,47	-	-	159,65	114,04
Sarconi	25,72	22,17	42,29	28,19	35,6	23,42	2,84	2,03
Spinoso	53,82	46,4	91,32	60,88	7,61	5,01	26,6	19
Tramutola	19,38	16,71	100,59	67,06	29,58	19,46	28,79	20,56
Viggiano	258,12	222,52	307,63	205,09	76,81	50,53	81,18	57,99
Totale	1.341,50	1.156,47	757,86	505,24	698,86	459,78	1.030,16	735,83

Configurazione dell'impianto a cippato per la produzione di energia termica

L'impianto è progettato per essere alimentato con biomasse vegetali e residuali. Il combustibile agroforestale dell'impianto sarà costituito da legno vergine (in forma di cippato) sottoposto a preliminare essiccazione, proveniente dalla coltivazione del bosco, dallo sfruttamento di scarti legnosi provenienti da potature, o da filiere agricole e di recupero che producono residui vegetali non trattati se non meccanicamente.

L'impianto per la produzione di energia termica consente, mediante il vapore prodotto dalla caldaia e dallo scambiatore di calore, di produrre acqua calda ed eventualmente fredda (mediante accoppiamento ad un sistema per la produzione di frigoriferie) per uso civile. L'assetto è determinato dal fabbisogno istantaneo delle utenze termiche collegate alla rete di teleriscaldamento e la potenza termica in eccesso può essere impiegata per alimentare la rete di aereazione per l'essiccamento del cippato.

Allo scopo di limitare l'impatto ambientale della piattaforma l'impianto sarà dotato di tutti i sistemi di prevenzione e controllo delle emissioni previsti dalle normative vigenti:

1. linea di trattamento fumi, dimensionata per garantire il rispetto dei limiti fissati dalle attuali normative di legge, con monitoraggio in continuo delle emissioni gassose;
2. trattamento di depurazione delle acque prodotte nell'impianto, incluse quelle di prima pioggia;
3. raccolta ed evacuazione delle ceneri di combustione, destinate al riutilizzo per il compostaggio.

Organizzazione della piattaforma

Il combustibile arriverà alla centrale principalmente sotto forma di cippato di legno e sottoprodotti agricoli, forniti da operatori locali che provvederanno alla raccolta.

Per ragioni di sicurezza è comunque prevista anche la possibilità di effettuare presso la centrale la cippatura del legname e verrà costituita una scorta strategica di legname. Il combustibile arriverà alla Centrale su camion e rimorchi agricoli e sarà trattato ed immagazzinato.

L'area sarà attrezzata con sistema automatico di pesatura e di movimentazione del materiale.

La capacità complessiva di stoccaggio di residui di potatura, che costituisce la scorta strategica di combustibile, sarà tale da garantire autonomia all'impianto per 5 giorni.

Lo stoccaggio del cippato avviene sotto una tettoia coperta, in particolare sono previste le seguenti opere:

1. Piazzale stoccaggio biomasse: è un'area coperta, chiusa su due lati per mezzo di un muro, con un volume utile di stoccaggio tale da assicurare l'autonomia di funzionamento della centrale stabilita. Il deposito ha il fondo cementato ed è accessibile sull'intero fronte laterale alle pale meccaniche, per consentire una gestione ottimale delle diverse partite di cippato stoccate ed una adeguata rota-

zione del materiale. L'area di stoccaggio è equipaggiata con un sistema di essiccazione del cippato, tramite insufflamento di aria calda dal pavimento. L'aria calda è prodotta da uno scambiatore di calore (fumi-aria), posto alla fine della linea fumi, che consente di recuperare parte del calore residuo prima della immissione in atmosfera;

2. Vasca di scarico, dotata di un sistema di raccolta della biomassa che alimenta, attraverso un sistema di trasporto a nastro, la successiva sezione di vaglio e cippatura;
3. Vasca di alimentazione caldaia, equipaggiata con un sistema di raccolta del cippato che alimenta la tramoggia di carico della caldaia.

Caldaia

La caldaia è concepita per produrre energia termica utilizzando come combustibile il cippato di legno. Le pareti della camera di combustione sono raffreddate ad acqua. Nel circuito dell'acqua avviene una parziale evaporazione ed il vapore viene separato.

I fumi provenienti dalla camera di combustione passano attraverso un surriscaldatore ed un economizzatore e vengono quindi inviati, tramite un elettroventilatore, al sistema di abbattimento delle polveri.

Nella sezione terminale della linea fumi è inserito uno scambiatore fumi-aria che consente di recuperare parte del calore residuo dei fumi producendo aria calda che viene utilizzata per l'essiccazione del cippato.

Sistema di produzione acqua calda per teleriscaldamento

Il sistema di produzione dell'acqua calda per l'alimentazione del sistema di teleriscaldamento comprende:

1. uno scambiatore di calore dimensionato per erogare i quantitativi di acqua a 95°C e 4,5 bar, necessari per alimentare la rete di teleriscaldamento;
2. le elettropompe di circolazione dell'acqua calda, un serbatoio di stoccaggio, un serbatoio di espansione e le tubazioni di collegamento, complete di valvole e strumenti.

Impianto per la produzione di biogas

Il biogas prodotto è un gas naturale costituito principalmente da metano e anidride carbonica, prodotto dalla fermentazione anaerobica dei reflui zootecnici opportunamente miscelati. La fermentazione avviene all'interno di biodigestori in ambiente umido e in mancanza di ossigeno. Il materiale organico viene raccolto nel serbatoio stoccaggio liquami, e successivamente trasferito nei biodigestori per il processo di fermentazione. Il gas prodotto durante il processo di digestione anaerobica è costituito mediamente da metano in percentuali tra 50-70% e da anidride carbonica per il 30-50%. Alla fine, quindi, il biogas è convogliato in una turbina a gas per la generazione di energia elettrica, che viene in parte ceduta alla rete elettrica di distribuzione e in parte utilizzata per autoconsumo. L'energia termica prodotta dal motore può es-

sere usata per riscaldare il digestore regolando il processo di produzione del biogas, riscaldare eventuali serre, oppure essere immessa nella rete di teleriscaldamento.

L'impianto di produzione di biogas proposto prevede un processo in continuo, in cui il substrato è fermentato in circa 40 giorni.

I materiali stoccati vengono introdotti nel processo previa omogeneizzazione e miscelazione per garantire ai microrganismi un substrato sempre omogeneo.

Il digestato finale viene poi separato nelle due frazioni solida e liquida in un'ideale vasca di separazione.

Impianto di compostaggio

La fase solida in ambiente chiuso, in uscita dall'impianto di biogas viene mescolata a componenti strutturali. Per impostare il giusto rapporto di sostanza solida e strutturale viene usato un compost mixer. Il compost mixer/diffusore utilizzato per la omogeneizzazione della biomassa ha anche un sistema di irrigazione che consente di immettere l'acqua separata dal digestato direttamente nella fase solida durante la maturazione. Si calcola che fino al 50% del liquido derivato dalla produzione di biogas può essere utilizzato direttamente sul compost.

I liquidi derivati dall'impianto di compostaggio vengono poi pompati nell'impianto di produzione di biogas.

Questa gestione ottimizzata delle acque separate dal digestato permette di riportare nella biomassa in compostaggio gran parte del residuo azotato con notevoli benefici sulla qualità del prodotto finale.

Un sistema di aerazione provvede a immettere aria, mentre il sistema automatico di rivoltamento provvede periodicamente a spostare il prodotto dal basso verso l'alto, nonché a farlo avanzare nella trincea di compostaggio.

Al termine del processo di compostaggio è previsto anche l'insacchettamento del compost prodotto in apposito locale. La struttura per l'insacchettamento è costituita da una struttura in c.a. di dimensioni di m 7,00 x 5,00 x 3,50 pari a m² 35, coperta da una struttura metallica e con capriate reticolate a doppia falda; tompagnature esterne e tramezzi divisorii con mattoni forati di argilla, intonaci interni ed esterni con malta civile, pavimenti e rivestimenti con piastrelle di ceramica, infissi esterni in PVC effetto legno con vetrocamera, infissi interni in legno massello, impianti: idrico-sanitario, elettrico e di riscaldamento.

Considerazioni conclusive

La piattaforma proposta, posizionata nel sito scelto e baricentrica al flusso di materie prime in entrata ed ai prodotti finiti in uscita, a meno di 25 km di raggio dalle aziende zootecniche, mostra una logistica ben congeniata e sostenibile.

I residui organici agricoli vengono prelevati dalle aziende zootecniche, sollevandole, dall'onere della gestione dell'azoto, e vengono utilizzati per creare energia e un concime organico.

Il processo di digestione anaerobica stabilizza le deiezioni di partenza, riduce le emissioni di cattivi odori, la carica patogena e ne migliora le proprietà fertilizzanti.

La linea di compostaggio finale chiude la filiera con la produzione di un ammendante compostato misto finale di elevata qualità. L'impiego del compost da parte degli stessi agricoltori che ne hanno fornito le materie prime contribuisce a ridurre l'uso di prodotti chimici e a migliorare la fertilità dei suoli.

Invece, nel sistema di filiera foresta-legno, la cippatura ha una posizione strategica. Ogni soggetto imprenditoriale coinvolto, infatti, potrà contribuire, secondo le proprie caratteristiche, possibilità e mezzi, alla produzione di cippato per alimentare la centrale.

La presenza nella propria area, di un centro di raccolta e stoccaggio agevoleranno il coordinamento e la migliore valorizzazione dei diversi prodotti che l'agricoltore, solitamente sprovvisto di macchina cippatrice, consegnerà in cambio o di un prezzo concordato o dello stesso materiale cippato, da utilizzare poi per proprie necessità. Inoltre, per garantire un approvvigionamento costante della materia prima, è necessario coinvolgere soggetti privati, che possono rappresentare i primi grandi conferitori del prodotto agroforestale, con notevoli ricadute occupazionali con importanti riflessi sul presidio del territorio e miglioramento dell'ambiente.

Ringraziamenti

Si ringraziano:

- Il Dottor Giuratrabocchetti, per la gentilissima collaborazione e per la profusa disponibilità;
- Il Signor Paulangelo della ditta Paulangelo s.r.l.;
- Il Signor Lippolis Giuseppe della Ditta Ripartrak.

Bibliografia

- Amirante P., Di Renzo G.C., Scarascia Mugnozza G., "Interventi per il risparmio energetico e per l'utilizzazione delle energie rinnovabili in agricoltura", Riv. Tecnopolis, giugno 1984.
- Amirante P., Di Renzo G.C., Pellerano A., "Aspetti tecnologici dell'essiccazione e densificazione delle biomasse", Atti del convegno di Meccanica Agraria, Perugia, 11 - 12 giugno, 1985.
- Amirante P., Di Renzo G.C., "Sottoprodotti vegetali: una fonte di energia da recuperare", Riv. Terra e Vita n.40, ottobre, 1985.
- Amirante P., Di Renzo G.C. "Experimental tests on a prototype machine for harvesting forestry trimming wastes", in Biomass Energy, Elsevier Applied Science, 1987.
- Amirante P., Di Renzo G.C., "Il Problema energetico negli impianti di prima trasformazione: caseifici, oleifici e industria enologica", Riv. Italia Agricola, ottobre-dicembre, 1988.

- Amirante P., Di Renzo G.C., “Innovazione tecnologica degli impianti e utilizzazione dei sottoprodotti”, Atti del convegno CIOS sul tema “Dalle olive all’olio”, Selva di Fasano (BR), 4 novembre 1988.
- Amirante P., Di Renzo G.C., “Tecnologie e impianti per il riciclo delle biomasse di rifiuto e di scarto”, atti del convegno S.I.C.A. “BIOMASS ‘91”, Bari, 6-7 giugno, 1990, Ed. Patron, Bologna, 1991.
- Combs J., 2002. Biomass energy: an industry waiting for growth, *Renewable Energy World*, Review issue 2002-03.
- Del Río P., 2009. Interactions between climate and energy policies: the case of Spain. *Climate Policy*, 9(2), 119–138.
- Di Renzo G.C., “Prove sperimentali di estrazione meccanica della cera di jojoba - Criteri di massima per il dimensionamento degli impianti”, *Notiziario Agricolo Regionale - Regione Puglia*, n.10, ottobre, 1990.
- EU, 2008. Climate action and renewable energy package, 17 December 2008, COM(2008)0019 –2008/0016(COD).
- Klass D.L., 1998. Biomass for renewable energy, fuels, and chemicals, Academic Press, San Diego, California.
- McKendry P., 2002. Energy production from biomass (part 1): Overview of biomass, *Bioresource Technology* 83: 37-46.
- Porceddu P.R., Babucci V., 2007. Soluzioni tecniche per le caldaie a biomassa domestiche – *Estimo e Territorio* n. 1.
- Rosch C., M. Kaltschmitt, 1999. Energy from biomass – do non technical barriers prevent an increased use?, *Biomass & Bioenergy* 16: 347-356.
- Roman U., J. Turnbull, 1997. Integrated biomass energy systems and emissions of carbon dioxide, *Biomass & Bioenergy* 13: 333-343.
- San Miguel G., del Río P., Henández F., 2010. An update of Spanish renewable energy policy and achievements in a low carbon context, *Journal J. Renewable Sustainable Energy* 2, 031007 (2010).
- Spinelli R., Nati C., Magagnotti N., Civitarese V., 2006. Produrre biomassa dai sarmetti di vite. *L’Informatore Agrario* n° 28: 36-39.
- Van den Broek R., Faaij A., van Wijk A., 1996. Biomass combustion for power generation, *Biomass and Bioenergy*, 11(4), 271-281.

B - Messa a punto di sistemi di raccolta dei residui vegetali (potature)

Development of systems for the collection of crop residues

Paola D'Antonio*, Carmen D'Antonio*, Carmela Evangelista*

Riassunto

La gestione del materiale di scarto proveniente dalla potatura di vigneti ed oliveti spesso costituisce un problema per gli agricoltori che per disfarsene devono ricorrere alla bruciatura in loco o all'interramento. La prima pratica presenta, però, l'inconveniente di incrementare l'inquinamento atmosferico, da una parte, e dall'altra il non rispetto delle disposizioni normative che consentono la bruciatura nel caso in cui siano stati accertati problemi sanitari. L'interramento dei residui, invece, può favorire la diffusione di eventuali inoculi presenti nel legno, contaminando le piante sane con varie patologie. Entrambe le problematiche possono essere arginate qualora si decida di conferire una valenza energetica prima ed economica poi ai sarmenti, attraverso una loro raccolta in ballette o trasformazione in cippato o pellet, da destinare anche ad apposite caldaie per l'autoconsumo a livello aziendale o da affidare a filiere più lunghe attraverso la vendita di queste biomasse a centrali di dimensioni importanti. L'imballatura o la sminuzzatura di tali sarmenti deve, però, poter consentire un margine di reddito per gli agricoltori che decidano di intraprendere questa strada e ciò risulta possibile nel momento in cui si scelgono macchine con buone capacità operative, affidabili e in grado di muoversi agevolmente all'interno anche di filari stretti e lungo capezzagne di dimensioni non sempre agevoli. Il presente lavoro ha voluto analizzare e confrontare sia da un punto di vista tecnico sia da un punto di vista economico quattro differenti cantieri per la imballatura e la trinciatura dei sarmenti di vite. I risultati ottenuti dimostrano un utile netto di partico-

* Dipartimento Tecnico Economico per la gestione del territorio agricolo e forestale, Potenza.

lare rilievo per la vendita per ogni bassetta di vite pari a 1,50 €, cifra che potrebbe anche aumentare dato che l'attuale mercato delle bassette di vite non si è ancora definitivamente assestato. La richiesta di tale prodotto, infatti, sarà sicuramente incrementata dalla realizzazione di una centrale termica a 20 km circa dall'area della Basilicata, a vocazione viticola, in cui sono state effettuate le prove sperimentali.

Parole chiave: biomasse, sarmenti, imballatura, trinciatura.

Abstract

Most countries in the world are taking measures aimed at reducing their energy dependence on fossil fuels (coal, petroleum and natural gas). The purpose of this is twofold: on the one hand, the limitation of greenhouse gas emissions responsible for global warming; on the other, a reduction in the exposure to economic risks associated with the rising prices of these increasingly scarce natural resources. A cost-effective approach to meet these objectives requires implementing energy efficiency practices and also giving priority to low-carbon technologies, including renewable energies sources (Del Río, 2009; San Miguel et al., 2010). As an example of the extent to which these measures are going to affect our future, the European Union (EU) recently agreed on an ambitious

“Plan on Climate Change” that includes a binding obligation to reach 20% of its energy mix from renewable sources by 2020 (EU, 2008).

Biomass, obtained from dedicated energy crops or as a by-product of agricultural, forest management and industrial activities, has an important role to play in this transformation. Biomass energy technologies are usually grouped into two categories: biological (such as fermentation and anaerobic digestion); and thermochemical (including combustion, gasification and pyrolysis). In the latter group, biomass combustion for power generation has reached a high degree of maturity, as evidenced from the large number of plants currently in operation worldwide (Van den Broek et al., 1996).

In Italy about 2 million ha are dedicated to ovine cultivation and every year about 2.85 million tons of biomass residue from the pruning of olive groves, vineyards and other orchards are available. The management of waste material from the pruning of vineyards and olive groves is often a problem for farmers who have to resort to burning to dispose of on site or to landfill. The first practice has, however, the disadvantage of increasing air pollution, on the one hand, and other non-observance of legal provisions which allow burning when health problems have been determined. Pruning wood is usually cut and left in the field as organic mulching and in bibliography has reported an estimated whole cost for pruning treatment of 75 € ha⁻¹. The burning in field is often forbidden due to smoke, dusts and odours.

Old plants can be burnt in domestic stoves but roots must be delivered to landfill site. The burial of residues, however, permits the development of potential inoculums present in the wood, contaminating healthy plants with various diseases. Both problems can be stopped if you decide to give a first value and economic efficiency, then the vine,

through a collection in their transformation into round or square balers or wood chips or pellets, to be used also for domestic boilers or for big boilers. This opportunity can be seized only if the biomass is delivered to the end user within set price limits.

The baling or shredding of these shoots must, however, to allow a margin of income for farmers who decide to take this route and what is possible when you rely on machines with good operational capacity, reliable and able to move easily even in narrow rows and headlands along the dimensions.

The objectives of that study was to test four types of machines, available on the market for the recovery of pruning waste, in order to define the best working conditions aimed at reducing the collection costs and to evaluate the more convenient technical setting of the machines in the field.

The results showed an interesting profit margin for farmers who decide to manage the waste in this way of pruning. Income can be increased thanks to the choice of machines suitable to the conditions of topography of the area and meet the needs of the vineyard studied.

On the economics side, the cost of residues management under favourable conditions (short forwarding distance and efficiency machineries) plays a crucial role in the choosing of recovering the pruning waste for energy use.

This cost compares favourable with the price currently offered for energy biomass in Italy, which can reach 50-55 € t⁻¹, delivered to the plant.

Keywords: *pruning, residues, balers, energetic use.*

Introduzione

Il contesto energetico italiano è caratterizzato dalla forte dipendenza dall'estero per l'approvvigionamento energetico. Il 15% dell'elettricità consumata nel nostro paese è, infatti importata, così come l'80% delle materie prime energetiche. In questa situazione l'assetto economico del paese è in condizione di permanente instabilità dovuta alle continue oscillazioni del prezzo dei combustibili fossili.

Inoltre, le criticità legate alla decrescente disponibilità delle fonti energetiche di origine fossile, nonché alla loro distribuzione geografica in aree politicamente instabili, unitamente alle ingenti problematiche ambientali a scala globale, hanno indotto una crescente attenzione verso la ricerca di fonti energetiche alternative intravedendo all'interno di queste il ruolo cruciale che può essere svolto dalle biomasse. Le biomasse si trovano pressappoco ovunque, anche se in qualità e quantità diverse; sono facilmente accessibili e possono essere utilizzate con una vasta gamma di tecnologie (Amirante, Di Renzo, 1991).

Un'altra importante caratteristica delle biomasse è lo stretto legame con il territorio; sono largamente disponibili sul territorio e, pertanto, possono essere considerate una risorsa locale.

Il nuovo comparto delle bioenergie potrebbe, quindi, apportare benefici non indifferenti.

In particolare, le biomasse possono rappresentare una valida risorsa per il territorio agricolo della regione Basilicata, investita anch'essa dalle difficoltà causate dalla nuova politica agricola europea, che prevede nell'immediato futuro un taglio netto degli incentivi agricoli.

La recente politica energetica potrà apportare al nostro territorio una serie di importanti benefici ambientali, sociali, economici ed occupazionali e consentire all'agricoltura locale di rispondere meglio ai reali bisogni delle famiglie al fine di conservare il nostro patrimonio produttivo.

Come benefici economici abbiamo il risparmio delle spese per lo smaltimento dei residui di potatura, il risparmio delle spese per la corrente elettrica, il riscaldamento e il condizionamento in virtù della sostituzione dei vecchi impianti con i nuovi alimentati a biomasse, che non costituiscono un costo, essendo i biocombustibili scarti di lavorazione, la possibilità di ricavo dalla concessione dei certificati bianchi per la produzione di energia termica da fonte rinnovabile in misura equivalente ai m³ di metano non consumati dall'utenza e la possibilità di ricavo dalla concessione dei certificati verdi per la produzione di energia elettrica da biomasse (0,28 € kWh⁻¹ se l'impianto è al di sotto di 1 MW ed il bacino di approvvigionamento delle biomasse è al di sotto dei 70 Km).

La filiera di recupero delle biomasse residuali rappresenta un settore di fondamentale importanza in quanto consente di recuperare biomasse senza impegnare il terreno per colture energetiche, trasformando i residui da materiale di scarto gravato da costi di smaltimento, a prodotto energetico.

Infatti, nella gestione dei residui della potatura della vite, le pratiche più utilizzate sono la bruciatura, non sempre consentita, e la diretta trinciatura in campo per fornire sotto l'aspetto chimico una parte della necessaria sostanza organica al terreno, dando al sarmento un proprio valore intrinseco, a patto però che questa pratica non rappresenti una possibile veicolazione di patologie fungine.

Il recupero dei residui di potatura rappresenta un'opportunità per l'economia rurale. Affinchè la raccolta del residuo avvenga in maniera efficace è necessario, però, mettere in campo tecnologie efficienti ed economicamente convenienti, il cui utilizzo consenta di ricavare un reddito dalla raccolta e utilizzo a fini energetici dei sarmenti di potatura.

Materiali e Metodi

Le prove sperimentali di raccolta dei residui di potatura della vite hanno previsto il confronto di quattro differenti cantieri (Tab. 1) al fine di valutare la tecnologia più idonea fra 4 macchine, attualmente disponibili sul mercato, in termini tecnici ed economici.

Tabella 17 - I quattro cantieri messi a confronto nelle prove sperimentali.

	Operazione	Indicazione	Macchine testate
Cantiere 1	Raccolta con rastrello	manodopera	Trattrice Landini 63 kW + Rastrello artigianale.
		trattrice	
		rastrello	
	Imballatura	manodopera	Trattrice New Holland TL 66 kW + Imballatrice parallelepipedica Ripartrak Magnum 1500-1600.
		trattrice	
	Carico	manodopera	
trattrice			
rimorchio			
Cantiere 2	Trinciatura e Carico	manodopera	
		trattrice	
		trinciacaricatrice	
		rimorchio	
Cantiere 3	Imballatura	manodopera	Trattrice New Holland DT5586 63 kW + Imballatrice Leggera Caeb mod. Quick Power MP400/S 1230.
		trattrice	
		imballatrice	
	Recupero balle nel filare + Carico Balle	manodopera	Trattrice Same Dorado 90 63 kW + Cesto;
		trattrice	
		cesto	Trattrice New Holland TL 66 kW + Carrello.
rimorchio			
Cantiere 4	Imballatura	manodopera	Trattrice New Holland DT5586 63 kW + Imballatrice Leggera Caeb mod. Quick Power MP400/S 1230.
		trattrice	
		imballatrice	
	Carico Balle	manodopera	Trattrice New Holland TL 66 kW + Carrello.
		trattrice	
		Rimorchio	

Il vigneto in cui sono stati testati i diversi cantieri di raccolta è situato nella zona nord-est della Basilicata al confine con la Puglia. Si estende su di una superficie pianeggiante di 1,34 ha, suddiviso in 58 filari, ed è coltivato da 30 anni con la varietà Aglianico a spalliera e con sesto d'impianto di 2,20 x 1,00 m, utilizzando il sistema a cordone speronato (con 4-6 speroni per cordone).

Grazie ad alcuni sopralluoghi, preliminari alle prove, è stata calcolata la biomassa fresca prodotta dal vigneto e nella tabella che segue si riportano i valori relativi a 3 filari (Tab. 2) localizzati in 3 differenti zone del vigneto, che si caratterizzano per una diversa rigogliosità delle piante. Dai dati raccolti è emerso che la produttività di sarmenti nel presente vigneto è stata pari a 2,7 t ha⁻¹.

Nel primo cantiere è stata sottoposta a prova l'imballatrice parallelepipedica Ripartrak 1500 (Fig. 1) che ha una larghezza di lavoro del raccoglitore di 145 cm e che si

adatta solamente al lavoro fuori dal filare. L'operazione di imballatura dei sarmenti, quindi, è stata effettuata alla testa del filare.

Tabella 2 - Sarmenti prodotti dal vigneto che ha ospitato le prove sperimentali.

SARMENTI PRODOTTI	Piante n.	Peso sarmenti totale (kg)	Peso sarmenti per vite (kg)
Filare n. 1	130	77	0,592
Filare n. 2	116	68	0,586
Filare n. 3	80	53,2	0,665



Figura 1 - Imballatrice parallelepipedica Ripartrak Magnum.



Figura 2 - Rastrello artigianale.

Durante le prove il materiale, precedentemente posizionato a bordo filare dopo esser stato raccolto grazie al passaggio con un trattore che montava posteriormente un rastrello (Fig. 2), è stato avvicinato al pick-up da un operatore munito di forca manuale e che spingeva tali sarmenti all'interno della imballatrice. Questi ultimi sono, in tal modo, condotti all'organo di taglio e successivamente spostati lateralmente nella camera di compressione a stantuffo che ne effettua la pressatura cui segue una legatura automatica con spago che, con un doppio passaggio, fissa la rilegatura. Una volta formata la balledda parallelepipedica, questa fuoriesce meccanicamente dal condotto d'uscita posteriore e cade al suolo. L'operatrice è stata collegata ad un trattore New Holland TL 66 kW turbo con motore Iveco NEF 4.500 cm³ a regolazione meccanica.

Nel secondo cantiere la trinciatura dei sarmenti di vite è stata eseguita mediante la trinciacaricatrice BERTI Picker/C (Fig. 3), in grado di effettuare all'interno del filare la raccolta e la trinciatura dei sarmenti. Una volta agganciata la trinciacaricatrice al trattore, il trattorista posiziona il mezzo alla testa del filare ed inizia le operazioni preliminari di funzionamento e settaggio della macchina. La prima operazione consente di assicurare il corretto funzionamento di tutti i componenti della macchina e la corretta trasmissione del moto, invece la seconda serve a settare l'altezza di rac-

colta del pick-up in base alla superficie del terreno e viene effettuata mediante l'utilizzo del comando del sollevatore, posto a bordo del trattore.



Figura 3 - Trinciacaricatrice Berti/C.

Terminate le suddette operazioni, la macchina inizia le operazioni di raccolta, trinciatura e carico nel cassone. La Berti è una macchina operatrice di tipo semiportato, dotata di ruote proprie, necessarie a garantire la corretta altezza dal suolo e ad evitare rischi di impennamento della trattrice, dovuti al peso a pieno carico della macchina stessa. Presenta anteriormente un pick-up di raccolta, provvisto di denti rigidi di forma e disposizione tale da evitare il sollevamento di sassi e terra. Il materiale raccolto, viene successivamente introdotto nella camera di trinciatura, dove un rotore a martelli provvede al suo sminuzzamento. Il movimento di tale dispositivo genera un flusso d'aria che spinge il materiale nel contenitore posizionato posteriormente alla trinciatrice. Il contenitore è realizzato in lamiera stampata e lo scarico del trinciato viene effettuato tramite il sollevamento ed il successivo ribaltamento del contenitore, con l'ausilio di due martinetti idraulici. Il contenitore è delimitato superiormente da un coperchio, provvisto di fori per l'allontanamento di aria e polvere, che consente di ispezionare l'interno e che durante lo scarico, funge da scivolo per il materiale che viene convogliato nel rimorchio.

La particolare disposizione dei martelli e la loro distanza impediscono l'introduzione all'interno della macchina di pietre e sassi, consentendone l'utilizzo anche su terreni difficili.

Durante le prove, l'operatrice è stata collegata al trattore Same Dorado 90 da 63 kW con motore SDF Euro III a quattro cilindri Intercooler. Alcuni campioni di trinciato sono poi stati analizzati in laboratorio sia per verificarne l'uniformità di trinciatura sia per testarne il grado di umidità.

Nel terzo cantiere si è proceduto alla raccolta e all'imbollatura dei sarmenti di vite utilizzando la rotoimbollatrice leggera Quick Power MP/400S 1230 (Fig. 4).



Figura 4 - Imballatrice Leggera Caeb.

Terminate le operazioni di settaggio della macchina, questa ha iniziato l'operazione di raccolta procedendo ad una velocità di avanzamento della trattoria pari a 5 Km h^{-1} . Durante la fase di raccolta dei sarmenti, si è verificato un graduale riempimento della camera di compressione, del tipo a sezione fissa, dotata di dispositivi di imballatura a rulli di acciaio che consentono la compattazione in balle a "cuore tenero", in grado di garantire un uniforme passaggio dell'aria ed un'asciugatura naturale. Il riempimento della camera di compressione si conclude quando un segnale acustico avvisa il trattorista di arrestare il mezzo per consentire l'operazione di imballatura, rilegatura, rilascio della balle nel caricatore montato direttamente sull'attrezzo.

La macchina è dotata di circuito idraulico a doppio effetto per l'apertura e la chiusura della camera di compressione, per consentire lo scarico delle balle prodotte mediante apertura del portellone posteriore.

L'imbollatrice è stata collegata al trattore New Holland DT 5586 da 63 kW a quattro ruote motrici con motore Iveco Nef e dotata di trasmissione meccanica, che si presta molto bene all'azionamento della imballatrice leggera Quick Power MP400/S, infatti, grazie alla sua presa di potenza può disporre di una velocità di 540-1000 giri/minuto per fornire il giusto moto meccanico.

La macchina può produrre delle balle di circa 25-35 Kg, con la possibilità di variarne il peso aumentando o diminuendo la pressione all'interno della camera.

Dopo le operazioni di imballatura, si è proceduto al recupero delle balle, rilasciate all'interno dei filari, mediante un trattore Same Dorado 90 sul quale è stato montato un cesto per la raccolta (Fig. 5), all'interno del quale un operatore posizionava le balle prelevate dal suolo.



Figura 5 - Cesto di raccolta balle.



Figura 6 - Imballatrice Leggera Caeb con accumulatore.

Nel quarto cantiere, infine, è stata testata la seconda rotoimballatrice della ditta Caeb, munita di accumulatore di balle (rastrelliera di nove balle) per poter scaricare tutte le balle in testata ai filari ed evitare di rilasciarle nel filare (Fig. 6), al fine di ridurre i tempi di carico delle stesse. La macchina è identica a quella utilizzata nel terzo cantiere ma è munita di una struttura in ferro di raccolta delle balle prodotte e che avvolge il cassone della imballatrice.

Risultati

1° Cantiere

La prima prova è stata effettuata con l'utilizzo dell'imballatrice parallelepipedica Ripartrak Magnum 1600. Inoltre, la prova ha interessato l'utilizzo di un rastrello applicato al trattore per la raccolta dei sarmenti presenti e la formazione di un cumulo di sarmenti alla testa del filare in prossimità della imballatrice che realizzava le balle parallelepipediche.

In questo primo cantiere sono state prodotte 10 balle con dimensioni e pesi variabili, a seguito di differenti regolazioni della camera di compressione, da 30 a 40 Kg, per una quantità totale di 351,3 Kg e un peso medio pari a circa 35 kg. In termini operativi, la macchina ha dimostrato una buona affidabilità e un prodotto ottimale sia per le dimensioni che per la forma parallelepipedica che consente una movimentazione e uno stoccaggio del prodotto più agevoli rispetto alle balle cilindriche. Sebbene alimentata manualmente, la macchina ha richiesto 40 secondi per la realizzazione di ogni singola balla, mostrando una buona capacità operativa tale da consentire la produzione di 90 balle in un'ora.

In termini economici, sulla base della capacità operativa calcolata, è emerso un costo di 36,00 € per la produzione di 1 t di sarmenti imballati e un costo unitario di una rotoballa pari a 1,10 € (Tab. 3).

Tabella 3 - Capacità operativa e costi del primo cantiere.

Cantiere 1	Operazione	Capacità operativa (ha h ⁻¹)	Capacità operativa (t h ⁻¹)	Produzione (Balle h ⁻¹)	Costo orario (€ h ⁻¹)	Costo Prodotto (€ t ⁻¹ s.f.)	Costo unitario balla (€)	
In linea	Raccolta con rastrello	2,3	3,9		27,20	7,00	36,00	1,10
	Imballatura	1,7	2,9	90	39,10	13,00		
	Carico	2,0	3,4		53,20	16,00		

2° Cantiere

La velocità di avanzamento della macchina è stata di 5 Km h⁻¹ che, però, risultando una velocità eccessiva è stata successivamente ridotta a 3,5 Km h⁻¹ per consentire di ottimizzare la lavorazione, al fine di convogliare all'interno della trinciatrice tutti i sarmenti presenti nell'andana. La riduzione della velocità di avanzamento si è resa necessaria anche per la larghezza della macchina stessa al fine di evitare eventuali urti tra filare e macchina.

Il tempo occorso per l'operazione di ciascuna andana è di 3' alla velocità di 4,5 Km h⁻¹ e di 3'40" per la seconda parte dell'operazione eseguita alla velocità di 3,5 Km h⁻¹, il tempo complessivo di lavorazione sulle tre andane è stato di 9'40".

A questi tempi vanno sommati i tempi impiegati per le tre svolte con una media di circa 40" ciascuna. Si è rilevata una certa differenza di tempi di svolta tra i due lati dell'impianto per la diversa ampiezza dei margini del vigneto.

Il tempo complessivo di raccolta sulle tre andane (6 filari) è stato calcolato in 12', dato dai tempi di svolta pari a 1'50" da sommare al tempo impiegato per l'operazione nei filari, con un aumento del 5% per imprevisti.

Dall'analisi della pezzatura del prodotto trinciato, è emersa la presenza di elementi lignei di diversa lunghezza. Questa circostanza ha suggerito l'individuazione di 6 classi di lunghezza in grado di rappresentare percentualmente il campione.

La maggior parte del prodotto, pari a circa il 90%, presenta una pezzatura compresa fra 1 e 10 cm, mentre il restante 10 % è costituito in parte da elementi con lunghezza superiore a 10 cm ed in parte da elementi con lunghezza inferiore ad 1 cm (Tab. 4). Tale circostanza, nel caso di un impiego del prodotto in caldaia, induce ad alcune considerazioni.

Gli elementi della classe 1, per le ridotte dimensioni e peso, potrebbero non entrare in combustione, perché allontanati dall'aria primaria della caldaia. Questo comporterebbe una perdita media di circa il 4,4% del prodotto.

Tabella 4 - Classi di pezzatura del trinciato.



1. Lunghezza [10⁻²m] $0 \leq L \leq 1$
Percentuale 4,7%



2. Lunghezza [10-2m] $1 \leq L \leq 3$
Percentuale 20,9%



1. Lunghezza [10-2m] $3 \leq L \leq 5$
Percentuale 28,8%



2. Lunghezza [10-2m] $5 \leq L \leq 7,5$
Percentuale 25,9%



1. Lunghezza [10-2m] $7,5 \leq L \leq 10$
Percentuale 13,6%



2. Lunghezza [10-2m] $10 \leq L \leq 20$
Percentuale 6,1%

Mentre gli elementi della classe 6, per le maggiori dimensioni, potrebbero creare problemi di trasferimento con la coclea, dal silo alla caldaia.

Successivamente per il calcolo dell'umidità, sono stati prelevati 5 campioni di trinciato e sottoposti per 48 ore ad una temperatura di 60°C in forno.

Con i dati rilevati è risultata un'umidità media del 46%, in linea con i valori riportati in letteratura pari al 50%.

Tabella 5 - Capacità operativa e costi del secondo cantiere.

Cantiere 2	Operazione	Indicazione	quantità	Costo (€/ora)	tempo di esecuzione (ora)	Costo raccolta e imballatura (€/ha)	Totale (€/t s.f.)	Totale (€/q s.f.)
In linea	Trinciatura e Carico	manodopera	2	12,50	0,55	22,92	63	6,3
		trattrice	2	14,08	0,55	25,81		
		trinciacaricatrice	1	8,08	0,55	7,41		
		rimorchio	1	1,65	0,55	1,51		
		con una produttività di 1,40 t/ha il costo del trinciato risulta						41

Relativamente alla macchina, questa prova ha evidenziato alcuni elementi di criticità, riconducibili non alla qualità tecnica della macchina, ma probabilmente alla cattiva regolazione della stessa rispetto alle condizioni del terreno, riportando come ben illustrato in tabella 5, una resa di trinciato di 0,91 t ha⁻¹, troppo bassa rispetto alle rese delle prove successive oscillanti da 1,60÷1,80 t ha⁻¹. Dall'analisi di questo cantiere è emersa sia da un punto di vista tecnico sia da un punto di vista economico la ridotta convenienza alla trinciatura dei sarmenti, attribuibile alle dimensioni della macchina pari a 1,7 m che sono risultate poco adatte al sesto d'impianto del vigneto. Inoltre, in conseguenza di una disordinata disposizione dei sarmenti in andana ed una imprecisa regolazione della macchina operatrice, la produzione raccolta registra una perdita di materiale rispetto alla produzione raccogliabile di circa il 40%. Dall'analisi dei dati risulta una bassa produzione ed un conseguente costo elevato del trinciato pari a 63,00 € t⁻¹.

Se invece ipotizziamo la resa minima di 1,70 t ha⁻¹ decurtato del 20% di sfrido, otteniamo una quantità di trinciato di 1,40 t ha⁻¹ con un conseguente costo di 41,00 € t⁻¹.

3° Cantiere

La seguente prova è stata realizzata con la rotoimballatrice leggera Caeb priva dell'accumulatore che procedeva ad una velocità di avanzamento pari a 5 km h⁻¹ e produceva una palla nell'arco di 50". I tempi di svolta sono di 20-25 sec e risultano ridotti rispetto alla trinciacaricatrice per la maggiore maneggevolezza che presenta questa. Le perdite dovute a non raccolta del prodotto a terra non sono state, invece, registrate utilizzando l'imballatrice leggera Caeb testata nel terzo e nel quarto cantiere rispettivamente senza e con caricatore per l'accumulo delle balle, grazie alle

compatte dimensioni della macchina la cui larghezza di lavoro è pari a 1,33 m, rispetto alla larghezza del filare di 2,2 m, questo ha consentito di mantenere una velocità di avanzamento pari a 3,5 km h⁻¹ e soprattutto di avere tempi di voltata ridotti pari a 22 secondi in media. Il costo sostenuto per la realizzazione di una balletta rimane contenuto e simile a quello calcolato utilizzando la Ripartrak. Il costo calcolato per ciascuna balla del peso medio di 26-28 kg è di 1,08 € balla⁻¹ (Tab. 6).

Tabella 6 - Capacità operativa e costi del terzo cantiere.

Cantiere 3	Operazione	Indicazione	quantità	Costo (€/ora)	tempo di esecuzione (ora)	Costo raccolta e imballatura (€/ha)	Totale (€/t s.f.)	Costo unitario balla (€)
In linea	Imballatura	manodopera	1	12,50	0,70	14,58	40	1,08
		trattrice	1	8,00	0,70	9,33		
		imballatrice	1	8,08	0,70	9,43		
	Recupero balle nel filare + Carico Balle	manodopera	2	12,50	0,45	18,75		
		trattrice	1	14,08	0,45	10,56		
		cesto	1	0,60	0,45	0,45		
		rimorchio	1	1,65	0,45	1,24		

4° Cantiere

La quarta prova è stata realizzata con la rotoimballatrice Caeb Quick Power 1230 di recente realizzazione e che si caratterizza per la presenza di un meccanismo per il trasferimento meccanico delle balle direttamente in un accumulatore sovrapposto alla stessa imballatrice. La macchina ha lavorato ad una velocità di avanzamento di 4 Km h⁻¹. Il costo più basso per la realizzazione di una balletta lo si è ottenuto utilizzando proprio questa macchina. Il vantaggio in termini di produttività dell'intero cantiere è importante grazie alla eliminazione dei costi di recupero nel filare delle balle, in quanto la macchina stessa deposita le balle al capofila del filare. Il costo a tonnellata è determinato in 34,00 € t⁻¹ con un costo per ciascuna balla, del peso di 26-28 Kg, di 0,92 € (Tab. 7).

Sulla base del confronto fra i due diversi modelli Caeb si evince una buona capacità operativa di entrambe, tant'è che il modello senza accumulatore realizza 50 balle ogni ora rispetto al modello con accumulatore che ne realizza 45. Questa differenza del 10% si deve ricercare nella manovrabilità leggermente inferiore che caratterizza il modello con accumulatore che, sia per peso (800 kg rispetto ai 550 kg del modello senza caricatore delle balle) sia per ingombro, dato dalla struttura metallica di raccolta delle balle, tende ad essere più lento nelle fasi di voltata e di manovra. Passando, invece, a valutazione economiche si registra quanto la manodopera impiegata per il recupero ed il carico delle balle, incida sulla determinazione del costo per tonnellate del prodotto imballato che risulta di 40,00 € t⁻¹, rispetto a 34,00

€ t⁻¹ del modello con accumulatore, con una differenza di costo delle balle realizzate con le due diverse macchine di 0,16 €.

Tabella 7 - Capacità operativa e costi del quarto cantiere.

Cantiere 4	Operazione	Indicazione	quantità	Costo (€/ora)	tempo di esecuzione (ora)	Costo raccolta e imballatura (€/ha)	Totale (€/t s.f.)	Costo unitario balla (€)
In linea	Imballatura	manodopera	1	12,50	0,75	15,63	34	0,92
		trattrice	1	14,08	0,75	17,60		
		imballatrice	1	9,00	0,75	11,25		
	Carico Balle	manodopera	2	12,50	0,20	8,33		
		trattrice	1	14,08	0,20	4,69		
		rimorchio	1	1,65	0,20	0,55		

Discussione e conclusioni

Il confronto fra i diversi cantieri testati ha sottolineato la necessità di organizzare e dimensionare gli stessi in maniera ottimale in base alle caratteristiche orografiche del territorio, al sistema d'impianto e di allevamento del vigneto.

La prova effettuata con la trinciacaricatrice, nonostante gli imprevisti tecnici avuti durante la sperimentazione (dovuti ad un errore di settaggio della macchina), si ritiene che non offra buona adattabilità al vigneto oggetto delle prove, a causa della sua mole, che mal si adatta all'orografia del nostro territorio, delle ridotte estensioni dei vigneti e della struttura dei nostri impianti, tant'è che a riguardo si ritiene la macchina più idonea per vigneti con impianti più ampi ed estesi.

Inoltre il prodotto presenta degli inconvenienti come già descritto, dovuti ad una certa eterogeneità che può comportare nel caso del prodotto più piccolo (classe 1) una perdita di combustibile ed un contenuto di umidità elevato (circa del 50%) che può nella fase di stoccaggio del materiale attivare processi spontanei e formazione di muffe.

Nel caso delle imballatrici bisogna fare un'attenta osservazione relativamente alle condizioni del vigneto all'interno del quale si opera. L'imballatrice parallelepipedica (Ripartrak Magnum) ad esempio, a causa della sua larghezza di 2,4 m è risultata troppo ampia per poter lavorare all'interno del vigneto in oggetto ed è quindi stata posizionata al margine del filare grazie al fatto che le condizioni di spazio e di piana consentivano tale soluzione. Tale limite insito alla macchina si potrebbe però compensare qualora si ritenesse prioritario realizzare delle balle quadre la cui movimentazione e il trasporto risultano sicuramente più agevoli nonché la perdita di umidità più uniforme e veloce rispetto a quanto si verifichi nel caso delle balle cilindriche.

Le imballatrici leggere e compatte, invece, non presentano il problema di manovrabilità, in quanto, vista la loro leggera struttura possono essere sollevate tramite l'attacco a tre punti del trattore, facilitando le operazioni di manovra, soprattutto in condizioni di terreni collinari (ove generalmente sorgono i vigneti nella provincia di Potenza) e le operazioni di trasferimento della macchina.

Dalle prove effettuate con le due rotoimballatrici leggere (Caeb) è risultata una notevole convenienza nell'utilizzo della rotoimballatrice con accumulatore, poiché tale attrezzatura elimina l'operazione di raccolta delle balle all'interno del filare, riducendo i costi che passano da 1,08 € per ogni ballette a 0,92 €. Inoltre, l'imminente realizzazione a circa 20 km dalla zona, in cui sono state svolte le prove, di una centrale termica rappresenterebbe un ottimo investimento per gli agricoltori che uniti in consorzi potrebbero acquistare le macchine e riuscire a collocare immediatamente i sarmenti imballati ad una cifra, ancora ipotetica, ma probabile di circa 2,50 € per ogni ballette.

Dal punto di vista della destinazione finale del prodotto possono cambiare le valutazioni in merito alla convenienza ad effettuare la trinciatura o l'imballatura. In un'ottica di combustione in caldaia, appare preferibile l'utilizzo del prodotto trinciato, in quanto la sua movimentazione dal silo di stoccaggio, può facilmente essere realizzata con sistemi automatici, tipo vite senza fine.

Più complesso appare il rifornimento automatico di balle ad una caldaia, in quanto andrebbe progettato anche il sistema di prelievo di queste ultime ed il loro posizionamento su un nastro mobile che le conduca in caldaia.

Ringraziamenti

Si ringraziano:

- Il Dottor Giuratrabocchetti, per la gentilissima collaborazione e per la profusa disponibilità;
- Il Signor Paulangelo della ditta Paulangelo s.r.l. per la continua disponibilità tecnica;
- Il Signor Lippolis Giuseppe della Ditta Ripartrack.

Bibliografia

- Amirante P., Di Renzo G.C., Scarascia Mugnozza G., "Interventi per il risparmio energetico e per l'utilizzazione delle energie rinnovabili in agricoltura", Riv. Tecnopolis, giugno 1984.
- Amirante P., Di Renzo G.C., Pellerano A., "Aspetti tecnologici dell'essiccazione e densificazione delle biomasse", Atti del Convegno di Meccanica Agraria, Perugia, 11 - 12 giugno, 1985.

- Amirante P., Di Renzo G.C., Pellerano A., “Prove sperimentali di bricchettatura di biomasse ligno-cellulosiche”, Atti del Convegno di Meccanica Agraria, Perugia, 11 - 12 giugno, 1985.
- Amirante P., Di Renzo G.C., “Sottoprodotti vegetali: una fonte di energia da recuperare”, Riv. Terra e Vita n. 40, ottobre, 1985.
- Amirante P., Di Renzo G.C. “Experimental tests on a prototype machine for harvesting forestry trimming wastes”, in Biomass Energy, Elsevier Applied Science, 1987.
- Amirante P., Di Renzo G.C., “Tecnologie e impianti per il riciclo delle biomasse di rifiuto e di scarto”, atti del convegno S.I.C.A. “BIOMASS ‘91”, Bari, 6-7 giugno, 1991, Ed. Patron, Bologna, 1991.
- EU, 2008. Climate action and renewable energy package, 17 December 2008, COM(2008)0019–2008/0016(COD).
- Del Río P., 2009. Interactions between climate and energy policies: the case of Spain. *Climate Policy*, 9(2), 119–138.
- Porceddu P.R., Babucci V., 2007. Soluzioni tecniche per le caldaie a biomassa domestiche – *Estimo e Territorio* n. 1.
- San Miguel G., del Río P., Henández F., 2010. An update of Spanish renewable energy policy and achievements in a low carbon context, *Journal J. Renewable Sustainable Energy* 2, 031007 (2010).
- Spinelli R., Nati C., Magagnotti N., Civitarese V., 2006. Produrre biomassa dai sarmetti di vite. *L’Informatore Agrario* n° 28: 36-39.
- Van den Broek R., Faaij A., van Wijk A., 1996. Biomass combustion for power generation, *Biomass and Bioenergy*, 11(4), 271-281.

C - Stima del potenziale di biomassa agro-forestale da residui agricoli e forestali in Basilicata

Estimation potential of agroforestry biomass from agricultural and forestry waste in Basilicata

Paola D'Antonio*, Carmen D'Antonio*, Vito Doddato*

Riassunto

Lo sviluppo sociale, economico e ambientale che ha caratterizzato gli ultimi anni, impone di adottare nuove politiche mirate alla programmazione concreta di strategie di sviluppo sostenibile. La crescita di tutti i Paesi, dipende dalle disponibilità energetiche su cui poter fare affidamento; le fonti energetiche maggiormente utilizzate sono quelle di origine fossile (petrolio, carbone e metano), che sono i principali responsabili dei mutamenti dovuti alla crescita dell'effetto serra. È ormai necessario puntare a soddisfare una quota della domanda attuale di energia attraverso alcune misure come l'ottimizzazione dell'efficienza energetica e il ricorso alle fonti rinnovabili. Tra quest'ultime, va riconosciuta l'importanza delle biomasse costituite da scarti di origine agricola, forestale e industriale, oppure prodotte da colture dedicate i cui benefici, derivanti dalle biomasse, comprendono la riduzione delle emissioni di CO₂, la tutela della fertilità dei suoli, l'aspetto idrogeologico, la qualità delle acque, l'estetica paesaggistica e non in ultimo il ritorno economico a livello aziendale. L'oggetto di analisi del presente studio si indirizza non solo verso la valutazione della parte residuale delle piante, ma anche ad un'attenta analisi riguardante il biogas andando a valutare non solo le tipologie di allevamento, differenziandoli per specie allevata, ma anche andando a stimare le quantità di biogas recuperabili con l'analisi quali-quantitativa delle deiezioni. Altro aspetto impor-

* Dipartimento Tecnico Economico per la gestione del territorio agricolo e forestale, Potenza.

tante è l'analisi degli scarti dell'industria agro- alimentare della regione con riferimento al comparto lattiero caseario.

Parole Chiave: fonti rinnovabili, biomassa, disponibilità, residui, Basilicata.

Abstract

The steady rise of the social, economic and environmental impacts that occurred in recent years, requires the adoption of new policies aimed at the concrete planning of sustainable development strategies. The growth of all countries, depends on the availability of energy you can rely on; energy sources are those most commonly used fossil fuels (oil, coal and natural gas) which are mainly responsible for the changes due to the growth of the greenhouse effect. Most countries in the world are taking measures aimed at reducing their energy dependence on fossil fuels (coal, petroleum and natural gas). The purpose of this is twofold: on the one hand, the limitation of greenhouse gas emissions responsible for global warming; on the other, a reduction in the exposure to economic risks associated with the rising prices of these increasingly scarce natural resources. A cost-effective approach to meet these objectives requires implementing energy efficiency practices and also giving priority to low-carbon technologies, including renewable energies sources (Del Río, 2009; San Miguel et al., 2010). As an example of the extent to which these measures are going to affect our future, the European Union (EU) recently agreed on an ambitious "Plan on Climate Change" that includes a binding obligation to reach 20% of its energy mix from renewable sources by 2020 (EU, 2008).

Biomass, obtained from dedicated energy crops or as a by-product of agricultural, forest management and industrial activities, has an important role to play in this transformation. Biomass energy technologies are usually grouped into two categories: biological (such as fermentation and anaerobic digestion); and thermochemical (including combustion, gasification and pyrolysis). In the latter group, biomass combustion for power generation has reached a high degree of maturity, as evidenced from the large number of plants currently in operation worldwide (Van den Broek et al., 1996).

It would be needed to aim to satisfy a portion of the current demand for energy through measures such as optimizing energy efficiency and the use of renewable sources. Among the latter, it must be recognized the importance of biomass consisting of agricultural waste, forestry and industry, or produced from dedicated crops whose benefits derived from biomass, including the reduction of CO₂ emissions, protection of soil fertility, the appearance of hydrogeological, water quality, landscape aesthetics, and not least the return on investment across the enterprise. The object of analysis of this study is directed not only towards the evaluation of the residual portion of the plants, but also a careful analysis concerning the biogas going to examine not only the types of farming and differentiated by species bred, but also going to estimate the recoverable amount of biogas with the quantitative analysis of the manure. Another important aspect is the analysis of agro-food waste in the region with reference to the dairy sector.

Keywords: renewable sources, biogas, residual, Basilicata.

Introduzione

Il costante sviluppo sociale, economico ed ambientale che ha caratterizzato gli ultimi decenni, impone l'adozione di una programmazione basata su strategie sostenibili, considerando che la crescita in termini di PIL di tutti i Paesi, dipende dalle disponibilità energetiche su cui poter fare affidamento. Le fonti energetiche maggiormente utilizzate sono quelle di origine fossile (petrolio, carbone e metano), ma tali fonti energetiche sono le principali responsabili dei mutamenti dovuti alla crescita dell'effetto serra. Sarebbe auspicabile puntare a soddisfare una quota della domanda attuale di energia attraverso misure quali l'ottimizzazione dell'efficienza energetica e il ricorso alle fonti rinnovabili. Tra quest'ultime, va riconosciuta l'importanza delle biomasse che sono ampiamente disponibili sul territorio e per la possibilità che offrono di sostituire i combustibili tradizionali nelle loro forme fisiche come biocombustibili solidi, liquidi e gassosi. La biomassa è sostanza organica vegetale che deriva direttamente o indirettamente dalla fotosintesi clorofilliana, escluse quelle fossilizzate perché hanno un periodo di rinnovabilità troppo lungo. Le biomasse destinabili alla produzione di energia possono essere costituiti da scarti di origine agricola, forestale e agroindustriale (Amirante e Di Renzo, 1988), oppure prodotte da colture dedicate. I benefici derivanti dalle biomasse comprendono la riduzione di emissioni gassose incontrollate, la tutela della fertilità dei suoli, l'aspetto idrogeologico, la qualità delle acque, l'estetica paesaggistica e non ultimo il ritorno economico a livello aziendale che deriva dall'uso di materiali considerati "rifiuti" e quindi da smaltire.

Il nostro Paese, nell'ambito del *Climate package* europeo, ha degli obiettivi ambiziosi di incremento della quota di energia prodotta tramite fonti rinnovabili dove, come ha affermato recentemente il presidente dell'Autorità per l'energia elettrica e il gas, le biomasse dovranno necessariamente ricoprire un ruolo centrale. Molti osservatori ritengono che in Italia il settore del biogas crescerà analogamente a quanto è accaduto negli anni recenti in altri Paesi europei. Mentre per il settore delle biomasse lignocellulosiche molti sono stati gli studi nazionali, regionali e locali che hanno definito e valutato il potenziale (Colonna e Croce, 2009), per le biomasse fermentescibili di origine zootecnica vi sono alcuni studi locali (AA.VV., 2008; Pear Latina, 2008), regionali (Rossi e Piccinini, 2007; Alfano *et al.*, 2010) e uno solo nazionale i cui risultati, datati 2004, si riferiscono all'Italia intera e a tre comparti: quello bovino, suinicolo e avicolo. Data però la natura delle politiche (Pianificazione energetica, Sviluppo rurale) appare estremamente utile disporre di dati e di informazioni a un maggior livello di dettaglio. Conoscere, infatti, la distribuzione territoriale del potenziale energetico delle biomasse e le sue caratteristiche possono consentire l'adattamento delle politiche e della legislazione sia nel settore energetico sia ambientale e dello sviluppo rurale, al fine di tradurlo in una reale opportunità, valutandone anche i benefici associati. Nell'ambito di un accordo di programma sulla Ricerca sul sistema elettrico, il Ministero dello sviluppo economico ha dato all'Enea il compito di realizzare il Censimento nazionale del potenziale energetico delle biomasse e un Atlante delle

biomasse. La filiera agro-zootecnica del biogas è oggetto di una grande attenzione nel nostro Paese soprattutto in quelle aree ove un'impreditoria agricola dinamica e capace di innovare ha già cominciato a trasformare i propri scarti in un'opportunità, investendo su tecnologie consolidate che accoppiano un digestore anaerobico ad un motore a combustione interna e consentono agli agricoltori di soddisfare da una parte le loro esigenze termiche e dall'altra di mettere in rete l'energia elettrica prodotta garantendo un ritorno economico all'investimento realizzato. L'affidabilità della tecnologia, dimostrata dalle migliaia di impianti realizzati e attivi in tutta Europa, insieme alle nuove norme di incentivazione che, dopo un lungo periodo di incertezza attuativa, hanno oggi, con gli ultimi provvedimenti legislativi, sufficienti caratteristiche di semplicità, chiarezza e stabilità, dovrebbero far crescere rapidamente il numero di impianti per la produzione di biogas anche in Italia. In questo senso assume particolare valore la disponibilità di stime aggiornate, pur se con dettaglio limitato ai confini provinciali, in grado di aiutare il decisore pubblico a comprendere in quali aree sussistano le condizioni minime per lo sviluppo della filiera biogas basata su biomasse locali, aree nelle quali presumibilmente si avrà nel breve periodo un numero elevato di richieste di autorizzazione all'allaccio al sistema elettrico di nuovi impianti di produzione di energia alimentati a biogas. Le biomasse idonee ad essere trasformate, tramite la digestione anaerobica, in biogas sono molte ed eterogenee. L'elenco di quei residui, scarti e sottoprodotti che, per caratteristiche fisiche e chimiche (rapporto C/N, contenuto idrico, tenore di zuccheri, componenti antifermentativi), sono idonei alla digestione tal quali o alla codigestione con altre biomasse è ampio, ma solo alcuni di essi, per quantità, qualità, distribuzione territoriale e facilità di concentrazione e trasporto, assumono un rilievo nazionale e sono stati quindi oggetto della analisi riportata nel presente lavoro. Le biomasse di interesse per la produzione di biogas sono prevalentemente quelle di scarto originate dai settori:

- Zootecnico (deiezioni solide e liquide degli allevamenti);
- Agroindustriale (scarti della lavorazione e trasformazione dei prodotti agricoli);
- Produzione agricola (residui colturali dal settore ortofrutticolo e dei seminativi).

Poiché ogni biomassa è originata da un particolare e specifico processo produttivo, per realizzare una stima quantitativa è necessario disporre di dati, informazioni e parametri sufficientemente dettagliati e di qualità circa il processo che ci consente di giungere ad un risultato con un buon grado di attendibilità. Questi obiettivi però non sono facilmente e contemporaneamente perseguibili, a livello nazionale, per biomasse di scarto eterogenee e per le quali mancano informazioni consolidate circa la produzione ed il reimpiego, per cui in alcuni casi non è stato possibile, a causa dei dati disponibili, conformarsi a tali obiettivi. Secondo la classifica dell'economia verde italiana redatta da Fondazione Impresa che ha calcolato l'Indice di *Green Economy* (Ige) emerge un dato fondamentale che vuole che la Basilicata si posizioni al secondo posto nella classifica nazionale per la produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili grazie ad un valore pari al 48,8 per cento.

Le fonti dei dati grezzi utilizzati per l'elaborazione Materiali e metodi

Per gli scarti di origine agricola, partendo dalla bibliografia di riferimento, sono stati acquisiti i dati dell'ISTAT e dell'ARBEA, e loro successive rielaborazioni.

Per l'analisi delle biomasse ricavate dal comparto forestale, è stata prevalentemente utilizzata la carta regionale forestale a cura dell'IFN.

Infine per il comparto zootecnico si è fatto riferimento ai dati dell'ENEA.

Gran parte dei dati utilizzati nel presente lavoro provengono da campagne di monitoraggio finalizzate alla caratterizzazione e alla valutazione economica dell'intero comparto agricolo-forestale. In ogni caso, per quanto riguarda la Regione Basilicata, i dati sono stati sottoposti a verifiche a campione e ad indagini specifiche, per un'opportuna validazione, nonché per una valutazione quantitativa e qualitativa dei reflui e degli scarti derivanti dall'industria agro alimentare e precisamente del settore lattiero caseario.

Tabella 1 - Biomasse agricole considerate e sottoprodotti relativi.

Coltura		Sottoprodotto principale	Sottoprodotto secondario
Cereali	Frumento tenero e duro	paglia	-
	Orzo	paglia	-
	Avena	paglia	-
Vite		residui di potatura	
Olivo		residui di potatura	
Fruttiferi (arancio, melo, pesco, pero,...)		residui di potatura	legna da espianto a fine ciclo

L'analisi del presente studio ha come obiettivo la valutazione della componente residuale delle piante, escludendo le radici, le stoppie e il materiale troppo fine, non recuperabile (Tab. 1). I sottoprodotti secondari non sono stati considerati all'interno del presente piano di approvvigionamento in quanto si ritiene non sia una risorsa disponibile. Infatti, le stime presentate dall'ENEA (ENEA, 2001) indicano che circa il 90-95% della biomassa proveniente dall'espianto delle colture arboree (vite, agrumi, fruttiferi) sia già utilizzata a fini energetici (principalmente come legname per il riscaldamento domestico). Per il sottoprodotto principale si è riscontrato sia dalle esperienze nazionali, così come emerso dall'indagine regionale sia, nella pratica comune, dopo la fase di potatura, che i residui legnosi vengono trinciati in pieno campo o bruciati ai margini degli impianti. L'impiego di tali scarti per fini energetici ha iniziato a suscitare l'interesse del mondo scientifico a partire dagli anni ottanta. Le ricerche sono state indirizzate verso la risoluzione di problematiche riguardanti la meccanizzazione della raccolta del sottoprodotto, all'essiccazione e stoccaggio delle biomasse, alla trasformazione delle stesse in energia sfruttabile o come calore, o come elettricità o come biocombustibili da impiegarsi per l'autotrazione. La biblio-

grafia che riguarda la stima dei residui delle colture arboree (Amirante P. e Di Renzo G.C., 1985; Spinelli R., 2004) è molto ricca di casi di studio, anche relativi ai contesti dell'area in esame o, comunque, riguardanti aree simili in termini di condizioni pedo-climatiche, di varietà e di trattamenti adoperati.

Risultati e discussione

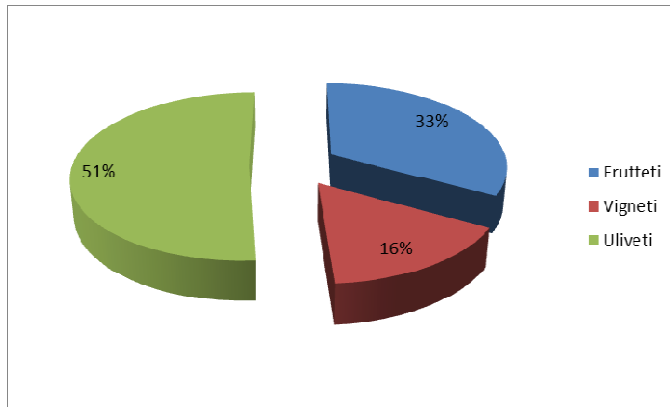


Grafico 1 - Distribuzione delle superfici a coltivazioni legnose agrarie in Basilicata, elaborazioni dati ISTAT.

Le coltivazioni legnose agrarie, in Basilicata, ricoprono una superficie pari 55.874 ettari con una netta predominanza degli uliveti (Graf. 1) che, con 28.749 ettari (ISTAT, 2001) contano il 51% del totale. Altro settore di antica tradizione e molto importante per il contesto lucano è quello viti-vinicolo. La superficie vitata a livello regionale è pari a 8.737 ettari (8% delle coltivazioni legnose) distribuita fra 23.800 aziende (ISTAT, 2001). In riferimento alle coltivazioni frutticole, invece, queste rappresentano il 32% (18.390 ha) delle superfici a coltivazioni legnose. Dal punto di vista territoriale la loro localizzazione è da ascrivere quasi esclusivamente all'area del metapontino, che concentra circa l'85% della produzione regionale, mentre la restante parte si concentra nella Val d'Agri. In riferimento alla cerealicoltura, essa, risulta presente su tutto il territorio agrario, fatta eccezione per alcune zone dove la produzione cerealicola è maggiormente vocata, come le zone della collina materana e quella del Bradano-Vulture-Melfese. La resa media regionale di frumento si aggira intorno ai 23 - 25 quintali per ettaro, con punte elevate che sfiorano i 30-40 quintali nelle aree a maggiore specializzazione produttiva. In relazione agli ordinamenti produttivi presenti in Basilicata, sono state considerate le seguenti fonti di approvvigionamento:

1. Potatura vigneti;
2. Potatura uliveti;

3. Potatura frutteti;
4. Residui delle coltivazioni cerealicole.

I residui di potatura

I residui derivanti dalle colture arboree sono costituiti principalmente da residui di potatura di uliveti, vigneti e frutteti, che vengono eseguite in epoche diverse secondo il ciclo biologico e produttivo delle colture, ricordando che due sono le metodologie atte alla raccolta di residui di potatura finalizzati alla produzione di bioenergia: l'imballatura o lo sminuzzamento che possono essere eseguite direttamente in campo. Nel primo caso si utilizzano macchine che provvedono alla raccolta, pressatura (in rotoballe o balle quadre) ed eventualmente carico del materiale, impiegando mezzi e tecnologie derivate dall'imbollatura del foraggio, opportunamente modificate. Nel secondo caso, si utilizzano cantieri di raccolta meccanizzati che provvedono alla raccolta, trinciatura e carico del materiale in cassoni, pronti per il trasporto alla centrale. La possibilità di recuperare dei residui di potatura (sarmenti di vite, frasche di olivo, ramaglie di frutteti) per un loro utilizzo a fini energetici è legata alla possibilità di procedere alla raccolta del materiale e, quindi, in funzione alla densità d'impianto, alle modalità di potatura e al conseguente accrescimento delle piante (la forma di allevamento), nonché alla disposizione (grado di frammentazione e pendenza) del terreno. Per valutare la disponibilità di questa biomassa si è considerata come area di approvvigionamento l'intera regione Basilicata. Anche in questo caso, così come per la stima delle estensioni cerealicole, le fonti che eseguono valutazioni e censimenti per le colture arboree sono l'ISTAT e l'ARBEA. Comparando i due database (Tab. 2) è possibile notare che mentre i dati ISTAT sono presenti per tutte le categorie analizzate, i dati ARBEA mancano nella quantificazione delle superfici destinate a frutteti ed agrumeti. In termini di estensione di superficie, i dati ARBEA presentano una superficie inferiore, riportando, come già discusso per i cereali, le superfici soggette ad aiuto comunitario ed escludendo, quindi, le proprietà minori e le proprietà che non hanno effettuato la domanda di pagamento unico (Tab. 3). In ragione di queste considerazioni, per la quantificazione della biomassa potenzialmente recuperabile dalle attività di potatura, si è optato di scegliere le superfici riportate dall'ISTAT. L'impiego dei dati del censimento ISTAT del 2001, al contrario di quanto evidenziato per le superfici cerealicole, non comporta grandi scostamenti dalla realtà attuale, in quanto si tratta di colture meno soggette a consistenti modificazioni colturali nel breve periodo essendo a ciclo poliennale. Sono stati quindi rilevati gli ettari di uliveto, vigneto e frutteto, al fine di ottenere una spazializzazione del dato a livello regionale (Tab. 4).

Tabella 2 - Confronto dati ISTAT e ARBEA (dato in ettari) per la regione Basilicata.

	Uliveti	Vigneti	Frutteti	Agrumeti
ISTAT (anno 2001)	28.750,00	8.736,80	10.176,33	8.213,44
ARBEA (anno 2004)	22.656,52	3.284,34	-	-

Tabella 3 - Superfici agricole considerate e relativi sottoprodotti; elaborazione su dati Arbea.

Comunità Montana	Cereali	
	Superficie cereali	Produzione paglia
	ha	t
ALTO AGRI	670,75	1.341,50
ALTO BASENTO	2.377,43	4.754,86
ALTO BRADANO	18.667,78	37.335,56
ALTO SARMENTO	33,67	67,34
ALTO SAURO CAMASTRA	1.036,94	2.073,88
ALTO SINNI	452,07	904,14
BASSO SINNI	1.836,77	3.673,54
COLLINA MATERANA	4.504,03	9.008,06
LAGONEGRESE	15,35	30,7
MARMO PLATANO	657,51	1.315,02
MEDIO AGRI	995,29	1.990,58
MEDIO BASENTO	3.261,36	6.522,72
MELANDRO	208,45	416,9
VULTURE	17.163,40	34.326,80
Comuni privi di CM	38.133,48	76.266,96
Provincia di Matera	38.257,37	76.514,74
Provincia di Potenza	51.756,91	103.513,82
Totale Basilicata	90.014,28	180.028,56

Tabella 4 - Superfici agricole e relativi sottoprodotti potenzialmente realizzabili.

Comunità Montana	Vigneti		Uliveti		Frutteti	
	Superficie Vigneti	Scarti Vigneti	Superficie Uliveti	Scarti Uliveti	Superficie Frutteti	Scarti Frutteti
	ha	t	ha	t	ha	t
Alto Agri	489	1957	410	1026	338	845
Alto Basento	495	1671	502	1254	149	372
Alto Bradano	528	1415	1384	3461	36	90
Alto Sarmiento	90	359	335	836	91	228
Alto Sauro Camastra	162	648	359	899	48	119
Alto Sinni	352	1407	1571	3928	290	725
Basso Sinni	217	1266	1572	3930	4286	10715
Collina Materana	48	191	2409	6023	198	496
Lagonegrese	425	1700	934	2336	267	666
Marmo Platano	361	1394	225	563	80	200
Medio Agri	143	571	1145	2862	158	396
Medio Basento	152	607	816	2040	14	35
Melandro	441	1764	869	2173	108	270
Vulture	2239	4065	3820	9550	876	2190
Comuni privi di CM	2504	13145	12319	30795	11261	28153
Provincia di Matera	2630	14391	15956	39890	15570	38924
Provincia di Potenza	6015	18309	12715	31788	2631	6576
TOTALE	8645	32699	28671	71678	18200	45501

Vigneti

I residui della vite sono costituiti sia dal volume dendrometrico dell'intera pianta, derivante dall'espanto del vigneto a fine ciclo, sia dai residui di potatura (i sarmienti) che vengono prodotti annualmente. Mentre la legna viene utilizzata prevalentemente per scopi energetici all'interno dell'azienda stessa, i residui di potatura sono per la maggior parte vengono bruciati a bordo campo oppure trinciati. Dalle analisi bibliografiche e dai riscontri diretti in campo si rileva che la produzione media di residui, è di circa $2,9 \text{ t ha}^{-1} \text{ anno}^{-1}$ di residuo fresco.

Uliveti

La potatura degli uliveti, viene definita "di produzione", in quanto l'intervento colturale si attua quando la pianta fruttifica e consiste nel mantenere la forma di allevamento scelta per rinnovare e aiutare lo sviluppo dei rami produttivi, favorendo un'illuminazione in tutta la chioma allo scopo di ottimizzare la produzione del frutto. Le operazioni di potatura, così come per la vite, vengono eseguite alla ripresa vegetativa (febbraio-marzo). I residui delle operazioni di potatura sono attualmente destinati in parte al consumo interno dell'azienda agricola, nella frazione legnosa di maggiori dimensioni, mentre la componente di minori dimensioni viene allontanata

dal campo e bruciata. Dai dati e dalle esperienze realizzate sul territorio regionale è risultato che si rendono disponibili circa $2,2 \text{ t ha}^{-1} \text{ anno}^{-1}$ di residuo fresco.

Frutteti

Per i frutteti, inclusi gli agrumeti della zona del metapontino, vale quanto già detto riguardo gli uliveti, anche se la cadenza degli interventi culturali e, pertanto, della produzione di residui accade annualmente. I rilievi effettuati hanno permesso di quantificare la produzione media di residui in circa $2,5 \text{ t ha}^{-1} \text{ anno}^{-1}$ di residuo fresco.

I residui delle coltivazioni cerealicole

Le superfici destinate a tale pratica culturale sono oggetto di valutazione da parte di numerose agenzie e centri di ricerca, tra cui l'ISTAT (Istituto Nazionale di Statistica) che da una recente analisi effettuata su dati campionari, mostra che le superfici a cereali per la produzione di granella (frumento tenero e duro, segale, farro, orzo e avena) ammontano a poco meno di 198.000 ettari, distribuiti per il 22% in territori di montagna, per 73% in collina e per il rimanente 5% in pianura. Nel grafico 2 viene riportata la ripartizione percentuale della superficie investita a seminativi in Basilicata.

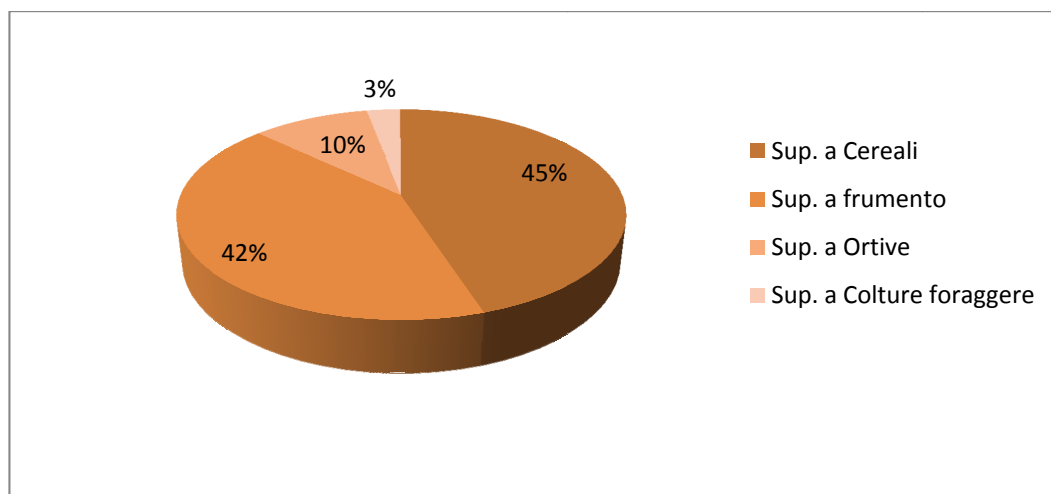


Grafico 2 - Ripartizione della superficie investita a seminativi in %.

Tabella 5 - Tipologie forestali distinte per aree (superfici in ettari); Elaborazione dati Carta Forestale Regionale, Regione Basilicata, 2006.

Area	Boschi di faggio	Pinete	Boschi di castagno	Querceti mesofili	Altri boschi di latifoglie mesofili	Arbusteti termofili	Boschi di pini mediterranei	Boschi di leccio	Macchia	Gariga	Formazioni igrofile	Piantagioni da legno e rimb.	Aree prive di vegetazione	Totale
Alto Agri	4.067,20	2.372,60	2.414,90	20.886,90	3.813,00	5.253,50	1.694,70	-	127,1	-	1.101,50	211,8	423,7	42.367,00
Alto Basento	335	1.157,50	343,1	22.116,10	49,5	1.101,20	586,9	24,5	49	-	959,1	58,1	-	26.780,00
Alto Bradano	-	-	-	10.455,00	-	712,8	412,7	-	100	-	637,8	-	162,6	12.481,00
Alto Sinni	6.568,20	435,9	668,4	14.299,00	1.801,90	1.860,00	319,7	523,1	1.424,10	-	1.017,20	116,3	58,1	29.092,10
Area materana[1]	-	-	-	5.492,40	-	484,6	11.146,30	1.292,30	11.832,80	5.653,90	3.796,20	525	121,2	40.344,60
Basso Simi	-	112,7	-	2.542,60	338,2	400,8	2.367,20	826,7	5.611,20	12,5	200,4	87,7	50,1	12.560,10
Camastro Alto Sauro	3.312,20	572,1	150,6	19.451,70	60,2	5.299,50	240,9	-	240,9	-	391,4	361,3	-	30.080,90
Collina Materana	-	-	-	12.399,30	22,2	1.266,60	555,5	1.199,90	5.733,00	266,7	711,1	66,7	-	22.221,00
Lagonegrese	6.600,30	359,2	1.391,90	18.678,40	8.486,10	1.347,00	538,8	5.612,50	-	-	1.885,80	44,9	-	44.944,90
Marmo Platano	1.951,30	55,8	1.431,00	11.299,10	2.267,20	631,9	111,5	-	-	-	780,5	55,8	-	18.584,00
Medio Agri	-	33,5	-	5.121,50	535,6	691,8	267,8	2.488,20	1.573,30	-	345,9	100,4	-	11.158,00
Medio Basento	-	-	-	8.893,80	-	437	273,2	98,3	721,1	-	469,8	10,9	-	10.904,10
Melandro	3.372,90	95,3	209,6	11.795,70	1.010,00	1.905,60	190,6	-	19,1	-	324	95,3	19,1	19.036,90
Val Sarmiento	2.429,20	410,6	136,9	9.545,70	769,8	2.839,80	68,4	581,6	256,6	-	51,3	34,2	-	17.124,10
Vulture[2]	1.270,60	144,8	1.978,30	11.012,60	442,4	376,5	639,9	-	239,9	-	1.311,80	238,8	80,4	17.736,10
Totale	29.907,00	5.749,80	8.724,70	183.989,70	19.596,20	24.608,70	19.413,90	12.647,30	27.928,10	5.933,10	13.983,90	2.007,20	915,1	355.404,80

Tabella 6 - Dati regionali sulla consistenza suinicola rapportati ai dati nazionali.

	n° aziende	SCROFE	SCROFETTE	VERRI	GRASSI	LATTONZOLI	MAGRONCELLI	MAGRONI	CINGHIALI	TOT CAPI
Basilicata	29	33	0	5	200	95	40	6460	1	6834
Italia	15227	437487	94739	11426	14897336	1271283	1018034	1509534	686	5830525

Stima delle biomasse derivanti dal comparto forestale

Dopo un lungo periodo di contrazione dell'utilizzo della legna da ardere come fonte energetica dovuto alla forte competitività dei combustibili di origine fossile (in particolare petrolio e gas), dagli anni settanta è possibile registrare un nuovo trend crescente nella domanda per tali fonti. I fattori influenti sul rinnovato interesse quale fonte per la produzione di energia primaria sono da accomunarsi sia al costante aumento del prezzo delle risorse energetiche non rinnovabili, sia all'incremento dell'urbanizzazione diffusa che, specialmente nella nostra regione, ha manifestato un progressivo aumento negli ultimi decenni. Con un Indice di boscosità pari che si aggira intorno al 36%, la Basilicata, viene indicata come una regione ad alta vocazione forestale. Secondo la Carta Forestale Regionale del 2006 (Tab. 5), le risorse regionali sono dell'ordine dei 355.405 ha; mentre i dati contenuti nel secondo Inventario Nazionale delle Foreste e dei Serbatoi forestali di Carbonio (INFC, 2006) la superficie boscata in Basilicata si aggira intorno ai 356.426 ha. Nella valutazione delle biomasse disponibili ai fini energetici, viene considerata la Carta Forestale Regionale quale base informativa per la quantificazione della biomassa utile ai fini energetici, ricordando che, oltre i $\frac{3}{4}$ del patrimonio forestale si concentra nella provincia di Potenza; le latifoglie rappresentano la formazione prevalente in Basilicata; mentre le conifere interessano una piccola parte della superficie forestale totale, con una maggiore concentrazione in provincia di Matera. Rispetto alla forma di governo troviamo che le formazioni governate a ceduo sono dell'ordine del 51,6% e quelle governate ad altofusto si aggirano intorno al 48,4%; mentre per il castagno bisogna ricordare che la quasi totalità della superficie investita a questa specie è governata a ceduo (97,3%).

Reflui zootecnici

Dall'analisi del territorio lucano caratterizzato da un elevato numero di allevamenti zootecnici, la possibilità di valorizzazione dei reflui in un impianto di digestione anaerobica con produzione di biogas, come anche la scelta relativa alla sua ubicazione sul territorio sono condizionate da diversi fattori.

Il patrimonio suinicolo lucano, da dati elaborati dall'ISTAT (Tab. 6) è di circa 6834 capi con una distribuzione, quindi da come si evince in tabella la Basilicata partecipa, per il comparto suinicolo nazionale per circa lo 0,11%, quindi una piccolissima parte. Dall'analisi, poi, i quantitativi sia di deiezioni liquide, espresse in $m^3 \text{ anno}^{-1}$, che di deiezioni solide, espresse in t/anno, la produzione di Biogas per la regione Basilicata è dell'ordine di $0.54 \text{ Nm}^3 \cdot 10^6 \text{ anno}^{-1}$ rispetto al contributo nazionale quindi la Basilicata partecipa per lo 0,15% (Tab. 7). Questo tipo di effluente zootecnico è caratterizzato da un contenuto di sostanza secca o solidi totali (1- 6%) e di sostanza organica o solidi volatili estremamente variabile a causa delle differenti tipologie di allevamento comunemente presenti nel territorio regionale.

La consistenza bovina e bufalina all'interno del territorio della regione risulta poco significativo se si confronta con i dati dell'intera nazione; possiamo affermare dalle elaborazioni dei dati forniti dall'ISTAT che la Basilicata partecipa per l'1,55%

Tabella 7 - Raffronto fra le quantità di biogas potenziale tra la Basilicata e l'intero contesto Nazionale ricavati dall'allevamento suinicolo.

	TOT CAPI	Deiezioni liquide (m ³ anno ⁻¹)	Deiezioni solide (t anno ⁻¹)	Biogas da liquame (Nm ³ *10 ⁶ anno ⁻¹)	Biogas da letame (Nm ³ *10 ⁶ anno ⁻¹)	Biogas tot (Nm ³ *10 ⁶ anno ⁻¹)
Basilicata	6.834	27.073	1.088	0,45	0,09	0,54
ITALIA	5.838.525	17.135.457	751.366	284,69	61,00	345,68

Tabella 8 - Dati sul Biogas riguardanti gli allevamenti bovini e bufalini a livello Regionale e Nazionale.

Regione	N° Capi bovini	Deiezioni liquide (m ³ anno ⁻¹)	Deiezioni solide (t anno ⁻¹)	N° Capi bufalini	Deiezioni liquide (m ³ anno ⁻¹)	Deiezioni solide (t anno ⁻¹)	N° Capi Tot.	Deiezioni liquide (m ³ anno ⁻¹)	Deiezioni solide (t anno ⁻¹)	Biogas da liquame (Nm ³ *10 ⁶ anno ⁻¹)	Biogas da letame (Nm ³ *10 ⁶ anno ⁻¹)	Biogas tot (Nm ³ *10 ⁶ anno ⁻¹)
Basilicata	93.697	1.329.578	168.975	1.388	19.609	2.525	95.085	1.349.187	171.500	19	6	25
ITALIA	6.026.355	75.412.745	9.533.198	333.232	5.225.298	671.463	6.359.587	80.638.043	10.204.660	1.128	344	1.472

Tabella 9 - Dati rilevati dall'ISTAT nel 2006, per quanto riguarda sia la produzione di latte raccolto che il prodotto trasformato e producibilità di biogas.

Regione	Produttività di BIOGAS (m ³ biogas/anno)	TOT Siero digeribile (q)	Latte raccolto nel 2006			Latte alimentare "Trattato igienicamente (q)			Latte di vacca trasformato nel 2006		Formaggi			
			Quantità	Intero	Parzialmente Scremato	Quantità	Intero	Scremato	Quantità	di vacca trasformato nel 2006	Quantità	A pasta dura	A pasta semi dura	A pasta molle
Basilicata	46.637	11.306	312.650	18.000	12.000	n.p.	30.000	282.650	1.147	480	11.637	2.929	30.374	45.420
ITALIA	13.433.150	3.256.521	109.440.459	13.845.702	13.348.985	1.645.678	28.840.365	81.413.033	1.196.363	4.124.674	973.241	1.925.752	4.516.698	11.540.365

per la consistenza bovina e per lo 0,42 % per la consistenza bufalina. Dall'analisi dei dati relativi ai quantitativi sia di deiezioni liquide, espresse in $\text{m}^3 \text{anno}^{-1}$, che di deiezioni solide, espresse in t/anno, la produzione di Biogas per la regione Basilicata è dell'ordine di $25 \text{ Nm}^3 \cdot 10^6 \text{ anno}^{-1}$ rispetto al contributo nazionale quindi la Basilicata partecipa per l' 1,7% (Tab. 8). Ricordiamo che le deiezioni bovine e bufaline sono spesso rimosse utilizzando dei raschiatoi. L'aggiunta della paglia, spesso effettuata nelle stalle, conduce a variazioni nel contenuto di solidi totali (8- 15%). Ricordiamo anche che nelle deiezioni bovine, come nel caso dei suini, il contenuto di solidi totali dipende anche dal sistema di allevamento.

Tipico sottoprodotto e scarto agro-industriale può essere considerato il siero di latte, quindi facendo riferimento all'industria casearia possiamo affermare che la Basilicata dai dati rilevati dall'ISTAT nel 2006 (tab. 9), per quanto riguarda sia la produzione di latte raccolto che di latte trasformato, esprime una producibilità di biogas pari a $46637 \text{ m}^3 \text{ biogas anno}^{-1}$, con un'incidenza sulla produzione dell'intera nazione dell'ordine dello 0,34%.

Conclusioni

Alla luce dei risultati dell'indagine effettuata appare evidente che l'attuale livello di utilizzo di biomasse ligno-cellulosiche per la produzione di energia è fortemente sottostimato dalle statistiche forestali e dai bilanci energetici nazionali. Tale situazione è in gran parte da ricollegare ad una presenza diffusa di piccoli utilizzatori domestici e dalla disponibilità e relativo impiego di residui di lavorazione del legno nei processi industriali, fenomeni entrambi di non facile registrazione statistica. Se le valutazioni andassero oltre i consumi, fino a valutare le quantità effettivamente disponibili e l'offerta potenziale di biomasse legnose, i dati potrebbero segnalare la possibilità di una significativa espansione della filiera bosco-energia. Queste ipotesi vanno, tuttavia, considerate con una certa prudenza, soprattutto quando collegate all'espansione dei livelli di consumo in impianti di scala industriale.

In riferimento invece al biogas ricordiamo che in Italia nell'ultimo decennio si è assistito ad un forte interesse in agricoltura e in particolare nel settore zootecnico (allevamenti bovini e suini) per la produzione di biogas ed energia elettrica che ormai si può considerare una pratica consolidata dove prevale la produzione di energia elettrica e la sua immissione nella rete di distribuzione nazionale.

Bibliografia

AA.VV., 2006a. Carta forestale della Basilicata. Dipartimento Ambiente Territorio e Politiche della Sostenibilità (Regione Basilicata) e Istituto Nazionale di Economia Agraria (INEA).

- AA.VV., 2006b. Energia dalle biomasse. Le tecnologie, i vantaggi per i processi produttivi, i valori economici e ambientali. AREA Science Park, n. 24. Trieste.
- AA.VV., 2006c. La filiera legno-energia. Proaere (progetti dell'agricoltura per le energie rinnovabili in Europa). Programma Leonardo da Vinci.
- AA.VV. 2008. Studio per la pianificazione energetico-ambientale della Provincia di Latina. Parte IV: «Offerta potenziale di energia rinnovabile ed efficienza energetica». A cura del gruppo di ricerca di sistemi per l'energia e l'ambiente. Università di Roma Sapienza, Facoltà di ingegneria.
- Alfano V., Colonna N., Pignatelli V. 2010. Il potenziale di biogas da reflui zootecnici nel Lazio. RT/2010/2/Enea.
- Amirante P., Di Renzo G.C., Scarascia Mugnozza G., 1984. Interventi per il risparmio energetico e per l'utilizzazione delle energie rinnovabili in agricoltura, Riv. Tecnopolis, giugno 1984.
- Amirante P., Di Renzo G.C., 1985. Sottoprodotti vegetali: una fonte di energia da recuperare, Riv. Terra e Vita n.40, ottobre, 1985.
- Amirante P., Di Renzo G.C. 1987. "Experimental tests on a prototype machine for harvesting forestry trimming wastes", in Biomass Energy, Elsevier Applied Science, 1987.
- Amirante P., Di Renzo G.C., 1988. "Innovazione tecnologica degli impianti e utilizzazione dei sottoprodotti", Atti del convegno CIOS sul tema "Dalle olive all'olio", Selva di Fasano (BR), 4 novembre 1988.
- Amirante P., Di Renzo G.C., 1991. "Tecnologie e impianti per il riciclo delle biomasse di rifiuto e di scarto", atti del convegno S.I.C.A. "BIOMASS '91", Bari, 6-7 giugno, 1991, Ed. Patron, Bologna, 1991.
- Bernetti J., 1998. Il mercato delle biomasse forestali per scopi energetici: un modello di offerta, Rivista di Economia Agraria, anno LIII n. 3, settembre 1998.
- Castellani C. 1966. Il saggio di accrescimento e di utilizzazione delle fustaie sottoposte ad assestamento. Italia forestale e Montana, fasc. 5.
- Castellani C. 1967. I boschi cedui sottoposti ad assestamento in Italia: i turni, gli incrementi e le utilizzazioni. Italia forestale e Montana, fasc. 4.
- Ciccarese L., Spezzati E., Pettenella D. 2003. Le biomasse legnose. Una indagine sulle potenzialità del settore forestale italiano nell'offerta di fonti di energia, APAT, Roma.
- Colonna N., Croce S. 2009. Biomass potential assessment in Italy: approaches and methodologies. Convegno Siba, Roma, aprile.
- ENEA, 2005. Lo sviluppo delle rinnovabili in Italia tra necessità e opportunità, ISBN 88-8286-128-7
- INEA, 2006. *Carta Forestale della Basilicata*, Atlante. ISBN 88 – 8145 – 062 – 3;
- IFNI, 1988. Inventario Forestale Nazionale Italiano. Ministero delle Politiche Agricole e Forestali, Direzione Generale per l'Economia montana e per le Foreste..
- ISMEA, 2008. Frumento – *Raccolto 2008: previsioni di semina dei cereali autunno vernini*. News mercati, speciale stime di produzione.

- ISTAT, 2008. Struttura e produzioni delle aziende agricole, anno 2007. Roma
- ISTAT, 2001. V Censimento generale dell'Agricoltura. Roma
- Itabia – ItalianBiomassAssociation, 2005. Le biomasse per l'energia e l'ambiente: Rapporto 2003, Roma, 2005.
- Itabia – ItalianBiomassAssociation, 2003. Rapporto sullo stato della bioenergia in Italia nel 2002. Studio di settore, Roma, 2003.
- Itabia – ItalianBiomassAssociation, 2004. Le biomasse per l'energia e l'ambiente, Rapporto 2003.
- Ministero delle Politiche Agricole e Forestali, 1999. Programma Nazionale Biocombustibili (PROBIO).
- Ministero delle Politiche Agricole e Forestali, 2003. Risorse Agro-forestali-energetiche per il Mezzogiorno e lo Sviluppo Economico Sostenibile (RAM-SES).
- Rossi L., Piccinini S. 2007. Sottoprodotti agroindustriali, un potenziale da sfruttare. *L'Informatore Agrario*, 34.
- Spinelli R. 2004. Macchine e cantieri riuniti per la raccolta dei residui di potatura. *L'informatore agrario*, 14: 59-61.
- Spinelli R. 2004. Ramaglia di potatura, come valorizzare un sottoprodotto. *Olio e olio*, 6: 8-10.

D - Prove comparative di soluzioni commerciali per la raccolta delle potature di olivo

Comparative test of commercial solutions for the harvesting olive pruning

Luigi Pari*, Sara Croce*, Andrea Acampora*, Alberto Assirelli*

Riassunto

All'impiego energetico della biomassa di origine agro-forestale sono legate importanti aspettative in virtù dei vantaggi che ne derivano, non solo da un punto di vista ambientale, ma anche per le positive ricadute in ambito socio-economico. In particolare l'attenzione è rivolta a quelle biomasse che al momento non presentano altri impieghi e che sono tecnicamente ed economicamente convenienti per scopi energetici. Al fine di garantirne un uso razionale e permettere di programmare azioni concrete volte al loro sfruttamento in armonia con il territorio, si rendono fondamentali studi e ricerche puntali che tengano conto sia delle peculiari caratteristiche locali in cui si opera che delle moderne tecnologie effettivamente disponibili sul mercato. Alla luce di quanto esposto, l'obiettivo del presente lavoro è quello di presentare dei preliminari risultati relativi alle prestazioni di alcuni tra i principali modelli di soluzioni commerciali attualmente proposti per la raccolta e successivo uso per scopo energetico delle biomasse arboree residuali provenienti dal comparto agricolo.

Parole chiave: potatura di olivo, raccolta, meccanizzazione, biomassa.

* CRA-ING, Unità di Ricerca per l'Ingegneria Agraria.

Abstract

Great expectations are connected to the energy use agro-forestry based biomass due to their environmental benefits and the positive impact in the social-economic development. In order to rationalize the use of available biomass, researches about specific local area are carried out and modern available technologies are studied.

In particular, the interest focuses on the biomass whose use is not technically and economically more convenient in respect to the energy conversion: residues from woodland and agricultural use. The aim of this work is to show the preliminary results obtained by mechanical harvesting pruning. During the test carried out in Puglia in the spring of 2011, six commercial machines, which currently represent the main models in Italy, were tested. In conclusion, these machines represent an innovative system for harvesting and chipping of pruning for energy uses due to good performance shown during the tests.

Keywords: *olive pruning, harvesting, mechanization, biomass.*

Introduzione

A livello internazionale, come pure nella dimensione locale, si assiste negli ultimi anni a un forte impulso alla produzione ed al consumo delle fonti energetiche rinnovabili. In tale contesto importanti aspettative sono legate all'utilizzo delle biomasse di origine agricola e forestale, proprio grazie alla loro flessibilità d'impiego e alla disponibilità di utilizzo in diverse tipologie di utenze. La biomassa occupa un posto di tutto rilievo tra le fonti rinnovabili di energia anche per le importanti implicazioni sul territorio sia di carattere ambientale che socio-economico. Infatti uno degli aspetti più importanti ed attuali, è proprio la protezione del territorio poiché questa ha l'importante caratteristica di essere strettamente connessa al luogo di origine. Il suo utilizzo rappresenta in molti casi una fonte di sviluppo offrendo nuove opportunità di lavoro e imprenditoriali. In tempi recenti l'attenzione è stata rivolta soprattutto alla possibilità di recuperare e utilizzare le biomasse residuali (es. scarti di potature) proprio perché in tal modo si ottengono vantaggi relativi allo smaltimento di questi ultimi, fornendo oltretutto opportunità di ulteriore introito per l'agricoltore.

La biomassa è disponibile in qualità e quantità diverse sul territorio ed è potenzialmente utilizzabile per soddisfare diverse esigenze, pertanto quando si parla di utilizzazione della biomassa per scopo energetico, è importante porre particolare attenzione all'aspetto logistico, proprio perché tale risorsa è diffusa sul territorio ed è quindi necessario organizzarne la raccolta e il suo successivo trasporto.

In virtù del sempre più crescente interesse nei confronti della biomassa, e in particolare della componente residuale quale risorsa energetica, i costruttori di macchine agricole stanno dedicando negli ultimi anni particolare attenzione al recupero del-

le potature da terra. Le macchine operatrici disponibili per la raccolta sono principalmente raggruppabili in due categorie: raccogli-trincia-caricatrici e imballatrici. Nel primo caso si ottiene in un solo passaggio il materiale già tritato, mentre l'imballatura offre la possibilità di aumentare la densità del materiale migliorandone la movimentazione. In tale contesto il Cra-Ing, Unità di Ricerca per l'Ingegneria Agraria, nell'ambito delle attività previste dal progetto FAESI (Filiera AgroEnergetiche nel Sud Italia), ha provato su campo alcuni tra i principali modelli commercializzati attualmente a livello nazionale. Lo scopo è stato quello di verificare le effettive potenzialità e limiti delle macchine nelle medesime condizioni di lavoro. Le prove si sono svolte nella campagna Salentina caratterizzata da ingenti quantità di potato di olivo e sesti d'impianto in grado di consentire buoni livelli di meccanizzazione.

Potenziale di biomassa disponibile nel Sud-Italia

Prima della scelta dell'areale di prova è stata condotta un'analisi sul potenziale di biomassa residuale disponibile in alcune regioni del sud Italia.

Dai dati esaminati emerge che la regione con il maggior maggior estensione della superficie agricola utilizzata risulta la Puglia, seguita dalla Sardegna (Tab. 1).

Tabella 1 - Estensione superficie agricola utilizzata (SAU).

Regione	SAU (ha)	SAU (%)
Basilicata	542.256,28	54
Calabria	514.047,36	34
Campania	562.880,11	41
Puglia	1.197.379,64	62
Sardegna	1.072.469,22	44

Fonte: Dati ISTAT 2007

In quasi tutte queste regioni la tipologia di utilizzo più diffusa è quella dei seminativi: fanno eccezione la Sardegna, dove si hanno più prati e pascoli rispetto ai terreni dedicati ai seminativi, e la Calabria dove invece primeggiano le coltivazioni legnose (Fig. 1-2). Tra le coltivazioni legnose spicca l'olivo, in particolare nella regione Puglia e Calabria. Sapere quanto e cosa viene coltivato risulta un passaggio obbligatorio per poter effettuare una stima valida riguardo la disponibilità di residui locali. Secondo Enea (2009), sulla base delle informazioni ricavabili dalla superficie coltivata, la regione dove si ha la maggior disponibilità di biomasse dal comparto agroforestale per scopo energetico è la Puglia, dove il contributo derivato dal comparto agricolo risulta davvero consistente (Tab. 2).

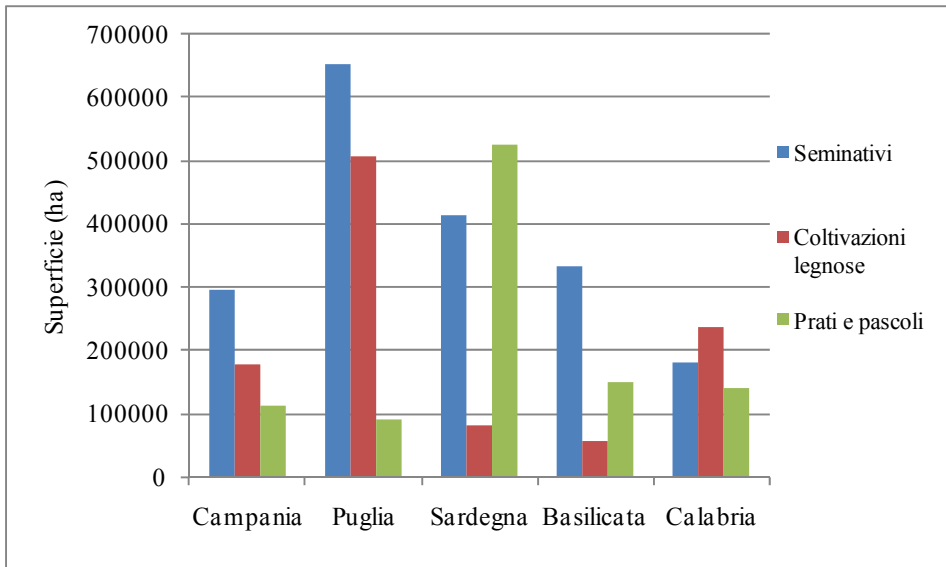


Figura 1 - Ripartizioni SAU - principali utilizzazioni. Fonte: dati ISTAT 2000, V Censimento Agricoltura.

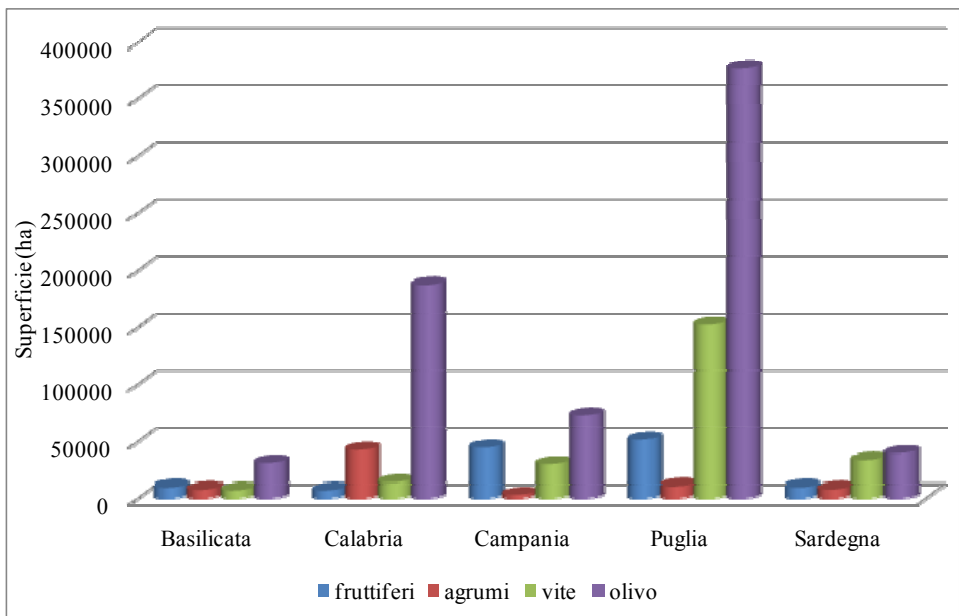


Figura 2 - Coltivazioni legnose-dettaglio regionale. Fonte: dati Istat 2009.

Tabella 2 - Potenziali residui agroforestali - dettaglio regionale.

	<i>Basilicata</i>	<i>Calabria</i>	<i>Campania</i>	<i>Puglia</i>	<i>Sardegna</i>
Paglie potenziali	452.096	212.111	316.879	1.219.421	259.991
Potature potenziali	49.958	1.012.213	286.579	813.875	120.896
Tot residui agricoli*	513.631	1.414.248	681.177	2.425.980	410.120
t/anno s.s.					
Boschi latifoglie	63.818	125.803	117.574	41.290	43.153
Boschi conifere	1.465	27.993	2.255	5.145	6.917
Arboricoltura	0	0	0	0	14.940
Tot biomassa foresta	65.283	153.796	119.829	46.435	65.010
Totale biomasse	578.914	1.568.044	801.006	2.472.415	475.130
<i>*compresi sanze, vinacce, gusci e lolla di riso</i>					

Fonte: dati ENEA 2009

Gli impieghi attuali delle biomasse lignocellulosiche e raccolta meccanizzata

Gli scarti provenienti dall'agricoltura, ovvero paglie di cereali, stocchi del mais e ramaglie di potatura, presentano spesso un problema di smaltimento. L'utilizzo delle ramaglie di potatura delle colture arboree è meno conveniente rispetto al recupero degli scarti delle colture erbacee perché queste ultime necessitano di costi relativi alla raccolta e compattazione da parte di macchine specifiche. D'altro canto il loro recupero per scopo energetico sta emergendo come una delle possibilità più interessanti proprio perché nel contempo permette di risolvere il problema dello smaltimento e fornisce una fonte di guadagno per gli agricoltori. Attualmente i residui agricoli di potatura vengono spesso concentrati fuori dagli appezzamenti nelle aree più aperte delle capezzagne e bruciati. Tale pratica richiede un lavoro manuale con produttività media di 0,5 th⁻¹ e l'operazione di smaltimento pertanto ha un costo che si aggira tra i 100-150 € ha⁻¹ (nel caso del vigneto) (Arsia, 2009) a cui non corrisponde alcun ricavo perché il materiale viene completamente distrutto. Può inoltre essere utile tener presente il divieto di bruciatura delle stoppie e delle paglie, nonché di tutti i residui presenti dopo la raccolta al termine dei cicli produttivi, richiesto nel rispetto delle buone pratiche agricole, requisito di condizionabilità, per l'accesso ai contributi agricoli comunitari già recepite a livello nazionale. La possibilità di meccanizzare le operazioni di raccolta implica la scelta della tecnologia più adatta che a sua volta è strettamente legata alle peculiari caratteristiche locali: sono fondamentali le caratteristiche legate al tipo di coltura e al campo, quali il sesto d'impianto e la giacitura. Per poter mettere l'agricoltore nelle condizioni di inserirsi effettivamente nella nuova filiera energetica è necessario inoltre che il mercato proponga soluzioni efficienti e

allo stesso tempo economiche (Arsia, 2004). Per rispondere a tali esigenze, i costruttori di macchine agricole stanno dedicando sempre maggiore attenzione a questo settore. Infatti, benché modelli sperimentali siano stati proposti già da tempo, è solo negli ultimi anni che si assiste ad una crescente diffusione di modelli commerciali proposti dalle varie ditte per rispondere efficacemente al problema del recupero delle potature da terra. Le principali categorie di modelli proposti sono imballatrici e trincia-caricatrici. L'imballatura permette di organizzare il prodotto in forma compatta che, a seconda del modello utilizzato, può avere forma parallelepipedica o cilindrica e presentarsi in diverse grandezze dimensionali. Tramite questa soluzione si facilita uno stoccaggio prolungato in quanto il prodotto in questo modo non presenta problemi di fermentazione del cippato (Lehtikangas e Jirjis, 1998). Le prime prove di imballatura di residui di vite effettuate in Italia risalgono agli anni '80 (Brunetti e Dentico, 1983). L'imballatura vanta dunque di un ampio tempo di convalida sia a livello sperimentale che commerciale per questo settore. Invece è solo a metà degli anni '90 che si hanno i primi risultati relativi all'utilizzo delle trincia-caricatrici per il recupero di potature da terra (Brokeland e Bruggmann, 1996). Si tratta di una tecnica molto interessante perché permette di ottenere un prodotto prontamente termovalorizzabile.

È evidente che la scelta di un modello piuttosto che un altro dipende dal contesto logistico organizzativo in cui si opera.

In letteratura è possibile trovare ampia documentazione relativa alla produttività delle macchine atte al recupero dei cascami a terra e alla convenienza economica nel loro utilizzo nelle varie tipologie di impianto considerato (Nati *et al.*, 2007; Pari *et al.*, 2001a; Pari *et al.*, 2001b; Pari *et al.*, 2001c; Pari *et al.*, 2010; Recchia *et al.*, 2009; Spinelli, 2000; Spinelli, 2003; Spinelli *et al.*, 2006; Spinelli *et al.*, 2007; Spinelli *et al.*, 2009; Spinelli *et al.*, 2010; Spinelli e Picchi, 2010).

Prova in campo

Il Cra-Ing ha organizzato delle prove di raccolta meccanizzata delle potature di olivo nel Salento. L'iniziativa ha rappresentato anche un importante momento di incontro tra le varie realtà locali, ed ha favorito la comunicazione tra imprenditori e agricoltori. La prova è stata organizzata nell'ambito di una filiera energetica avanzata in collaborazione con AIEL (Associazione Italiana Energie Agroforestali), con Confederazione Italiana di Agricoltori di Lecce e con il supporto dell'impianto di valorizzazione energetica delle potature di Calimera. L'impianto è di tipo cogenerativo: produce sia calore che energia utilizzando cippato di legno. È dotato di una moderna tecnologia e consta essenzialmente di una caldaia a griglia mobile, con sistema di alimentazione a nastro trasportatore.



Foto 1 - Campo oggetto della prova.

Le prove di raccolta meccanizzata sono state effettuate a Castrignano de' Greci in provincia di Lecce, in un appezzamento di oliveto di 0,45 ha, la cui età stimata è di circa 40 anni. Il terreno, di tipo sabbioso, si presentava molto compatto e quasi del tutto privo di erbe infestanti. Il campo era caratterizzato da un sesto di impianto 7,5x7 metri le cui piante subiscono una regolare potatura annuale di mantenimento; il ciclo di raccolta tipico locale prevedeva taglio, rilascio a terra e sistemazione in andane dei residui di potatura (Foto 1 e 2). Al momento della raccolta il potato a terra presentava un'umidità del 22%. Le andane si sviluppavano lungo l'intera lunghezza della fila, con un'altezza media di 0,6 metri.



Foto 2 - Area di prova-vista aerea.

Il materiale andanato è risultato essere costituito per l'80% da rami con diametro medio inferiore ai 2 cm, inoltre il 56% di questi avevano una lunghezza compresa tra i 100 e 150 cm (Fig. 3).

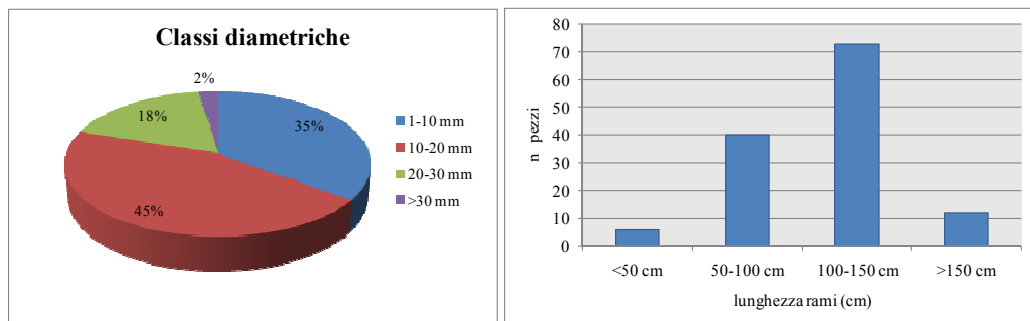


Figura 3 - Divisione dei rami potati per classi diametriche (sx) e ripartizione per lunghezza (dx).

Durante le prove hanno lavorato sei raccogli-trincia-caricatrici dotate o meno di contenitore e con diversa possibilità di scarico (Foto 3, 4 e 5).

Ogni macchina ha avuto a disposizione un proprio spazio dove effettuare la prova: ogni modello ha lavorato su due file di lunghezza 100 metri l'una. Le macchine hanno eseguito la prova singolarmente; nella tabella 3 vengono riportate le principali caratteristiche dei modelli presenti.

Tabella 3 - Caratteristiche macchine.

Modello	Larghezza del pick-up (m)	Capacità cassone (m ³)	Altezza scarico cassone (m)	Diametro rotore (mm)	Elementi di lavoro presenti sul rotore (n°)	Tipo di elementi di lavoro	Velocità rotazione albero
A	2	5	2,6	229	27	martelli	ord.: 2.500
B	1,6	1,7	2,2	193	28	mazze	ord.: 2.300
C	1,45	/	/	465	20	mazze	min.: 2.600; max.: 3.270
D	2	8,3	3,3	410	36	mazze	min.: 2.200; max.: 2.600
E	1,9	1,8	2,5	480	22	mazze	ord.: 2.500
F	2	2,8	2,2	168	20	mazze	min.: 1.800; max.: 2.500; ord.: 2.200

Durante la prova sono stati registrati i tempi di lavoro, riportati in tabella 4.

Tabella 4 - Tempi di lavoro registrati dalle varie macchine durante la prova dimostrativa.

	A	B	C	D	E	F
Velocità effettiva (m/s)	1,07	0,83	0,68	0,98	0,40	0,48
Velocità operativa (m/s)	0,82	0,60	0,60	0,77	0,24	0,39
Rendimento operativo (%)	0,77	0,72	0,88	0,79	0,61	0,82
Capacità di lavoro effettiva (ha/h)	1,52	1,19	0,97	1,39	0,57	0,68
Capacità di lavoro operativa (ha/h)	1,17	0,85	0,85	1,10	0,35	0,56
Produzione oraria operativa (t/h)	14,09	10,19	10,26	13,14	4,18	6,68

Dai risultati ottenuti si evince che in tutti i casi la capacità di lavoro operativa ottenuta risultava simile e comunque non superiore a 1,2 hah⁻¹. L'unico modello sprovvisto di proprio cassone presentava il maggior rendimento operativo grazie alla mancanza delle soste dovute alle operazioni di scarico e alla maggior autonomia del rimorchio collegato. Tutte le macchine presentano una larghezza di lavoro compresa tra 1,4 e 2 m e hanno lavorato con un'altezza di raccolta compresa tra 1 e 3 cm da terra; tali caratteristiche tecniche hanno consentito di operare su andane larghe fino a 1,5 m e alte circa mezzo metro.

Considerazioni conclusive

Durante le prove di campo sono state valutate le prestazioni di diverse macchine atte al recupero da terra delle potature. Tra le macchine testate si trovavano sia modelli muniti di propria tramoggia che con scarico diretto. Provare i vari modelli nelle medesime condizioni operative permette di verificare le loro effettive funzionalità in relazione alle particolari caratteristiche del campo comuni a tutti i modelli. Dai dati ottenuti si può affermare che nel complesso le macchine hanno mostrato buone prestazioni in campo, rappresentando una concreta opportunità per il recupero delle potature per scopo energetico. I volumi di contenimento dei vari modelli hanno rappresentato il principale limite al rendimento operativo per via delle soste di scarico necessarie per la movimentazione di un prodotto caratterizzato da ridotta densità quale il trinciato di potatura. Il materiale ottenuto può però essere prontamente utilizzato sia per rispondere a esigenze aziendali (piccoli impianti) sia per essere inserito in un più ampio contesto di valorizzazione energetica della biomassa (medi-grandi impianti). Il periodo di sosta in campo anche se di poco superiore a una o due settimane consente una buona riduzione del contenuto di umidità.

Future analisi di laboratorio saranno necessarie per verificare il grado di inquinamento del materiale da terra in relazione anche alle diverse caratteristiche tecniche e funzionali delle operatrici utilizzate.



Foto 3 - Macchina con tramoggia con capacità superiore ai 2 m³.



Foto 4 - Macchina con tramoggia con capacità inferiore ai 2 m³.



Foto 5 - Macchina priva di proprio dispositivo di carico.

Bibliografia

- Arsia, 2004. Le colture dedicate ad uso energetico: il progetto Bioenergy Farm- Regione Toscana.
- Arsia, 2009. La filiera legna-energia, risultati del progetto interregionale Woodland Energy- Regione Toscana.
- Brokeland R., Bruggemann C., 1996. Neuer hackervorsatz im praktischen eisatz. Forstmaschinen- Profi, 11: 24-25
- Brunetti N., Denticò G., 1983. Potature di vite e olivo compattate per uso energetico: esperienza dimostrativa di raccolta, essiccamento e compattazione. 38° Convegno Nazionale dell'Associazione Termotecnica Italiana, Bari.
- Enea, 2009. Censimento potenziale energetico biomasse, metodo indagine, atlante Biomasse su WEB-GIS. A cura di: Motola V., Colonna N., Alfano V., Gaeta M., Sasso S., De Luca V., De Angelis C., Soda A., Braccio G. Rapporto Enea, Roma.
- Istat, 2000.V Censimento Generale dell'Agricoltura, Roma, 2001.
- Istat, 2007. Agricoltura e zootecnia, dati annuali. www.agri.istat.it.
- Istat, 2009. Agricoltura e zootecnia, dati annuali. www.agri.istat.it.

- Lehtikangas P., Jirjis R., 1998. Storage of logging residues in bales. Proc. 10 th EU Bioenergy Conference, Biomass for Energy and Industry, Wurzburg (D) June 1998.
- Nati C., Spinelli R., Magagnotti N., Verani S., 2007. Dalle potature di olivo biomassa per usi energetici. *L'Informatore Agrario* 9
- Pari L., Sissot F., 2001a. La rotoimballatura delle potature di pesco e olivo. *L'Informatore Agrario* 42
- Pari L., Sissot F., 2001b. Prove di raccolta di cascami di vite e pesco con imballatrice Arbor RS 170. *L'Informatore Agrario* 12
- Pari L., Sissot F., 2001c. Prove di trinciatura e raccolta dei cascami di potatura in campo. *L'Informatore Agrario* 45
- Pari L., Croce S., Acampora A., 2010. Raccolta dei residui di potatura. Recupero energetico dei cascami d'olivo nel Salento. *Sherwood-Foreste ed alberi oggi*, 168 Supplemento 2
- Recchia L., Daou M., Rimediotti M., Cini E., Vieri M., 2009. New shredding machine for re cycling pruning residuals. *Biomass and bioenergy* 33: 149-154
- Spinelli R., Spinelli R., 2000. Prove di imballatura delle potature di olivo. *L'Informatore Agrario* 4
- Spinelli R., 2003. Macchine a cantieri riuniti per la raccolta dei residui di potatura. *L'Informatore Agrario* 14
- Spinelli R., Nati C., Magagnotti N., Civitarese V., 2006. Produrre biomassa dai sarmanti di vite- *L'Informatore Agrario* 28
- Spinelli R., Magagnotti N., Picchi G., 2007. La cippatrice Jordan RH 25 al lavoro sulle potature di olivo- *L'Informatore Agrario* 41
- Spinelli R., Magagnotti N., 2009. Raccolta dei residui di potatura conveniente per i viticoltori. *L'Informatore Agrario* 6
- Spinelli R., Magagnotti N., Nati C., 2010. Harvesting vineyard pruning residues for energy use. *Biosystem engineering* 105: 316:-22
- Spinelli R., Picchi G., 2010. Industrial harvesting of olive tree pruning residue for energy biomass. *Bioresource Technology* 101: 730-735.

Finito di stampare nel mese di settembre 2011
con tecnologia *print on demand*
presso il Centro Stampa “Nuova Cultura”
p.le Aldo Moro n. 5 - 00185 Roma
www.nuovacultura.it

per ordini: ordini@nuovacultura.it

[Int_9788861347304_17x24_col_04BM]