



Confederazione Italiana Agricoltori
Gorizia



CAMERA DI COMMERCIO
INDUSTRIA ARTIGIANATO
E AGRICOLTURA DI GORIZIA



ASSOCIAZIONE ITALIANA
ENERGIE AGROFORESTALI



Vitis Energetica

Valorizzazione energetica dei sarmenti
di vite in provincia di Gorizia



I PARTNER SCIENTIFICI

L'INFORMATORE
AGRARIO



I PARTNER IMPRENDITORIALI



■ CONFRONTO TRA CANTIERE IN LINEA E IN PARALLELO

Una nuova macchina per la raccolta dei sarmenti

Malgrado la stessa produttività oraria pari a 1,1 t/ora, raccogliere il cippato in un cantiere in linea costa molto meno che in un cantiere in parallelo: 35 euro/t contro 64,5

di V. Francescato, E. Antonini,
A. Paniz, S. Grigolato

Il progetto biennale Vitis Energetica è stato promosso e finanziato dalla Camera di commercio di Gorizia al fine di verificare la fattibilità della filiera energetica dei sarmenti di vite nell'ambito della provincia di Gorizia, caratterizzata da una storica e consolidata vocazione vitivinicola. L'obiettivo è stato quello di analizzare gli aspetti tecnici, economici e di impatto ambientale che intercorrono dall'approvvigionamento fino all'impiego energetico delle potature della vite.

È stata valutata la convenienza tecnico-economica della filiera agroindustriale per la produzione di pellet di vite e di quella dell'autoconsumo per l'impiego diretto del cippato.

Il progetto è articolato nelle seguenti fasi:

- individuazione di un certo numero di aziende agricole, ubicate sul territorio della provincia di Gorizia, dotate di superfici a vigneto e definizione dell'area di raccolta;
- prove di raccolta e conferimento del materiale legnoso presso la piattaforma di trasformazione e definizione dell'area di convenienza economica;
- analisi tecnico-economica ed energetica del processo di pelletizzazione dei sarmenti di vite;
- analisi di laboratorio per la caratterizzazione qualitativa del prodotto e prove di combustione in moderne caldaie.

L'approccio «contoterzi» è più conveniente poiché consente economie di scala sui costi operativi del cantiere

Foto 1 - Modello in commercio della trinciasarmenti Peruzzo Cobra linea pianura.

Foto Peruzzo 2006



Il 9% della superficie della provincia di Gorizia è attualmente destinata a vigneto e dall'analisi territoriale sono emersi i risultati sulla potenzialità produttiva (tabella 1).

Nella figura 1 sono riportate le superfici a vigneto della provincia con l'ubicazione delle aree in cui sono stati realizzati i cantieri sperimentali e del pelletificio presso il quale è stato prodotto il pellet.

Il Friuli Venezia Giulia è caratterizzato da un'ampia disponibilità di vigneti, che rende estendibili i risultati del progetto a tutta la regione (tabella 2).

Prove di raccolta del cippato

Le prove in campo hanno visto l'impiego della trinciasarmenti Peruzzo Cobra, che al momento dei rilievi si presentava ancora come prototipo. La macchina (foto 1), in commercio da novembre 2006, è di tipo portata, collegata all'attacco a tre punti del trattore, che durante le operazioni di trinciatura poggia sul terreno con due rulli paralleli all'asse trasversale. Si caratterizza per raccogliere i sarmenti attraverso un particolare pickup, costituito da un asse rotante. I sarmenti sono accompagnati a un organo trinciato-

re costituito da un tamburo in acciaio e dotato di organi di taglio fissi. Il tamburo è azionato da una trasmissione a cinghia, collegata alla presa di potenza del trattore. La tubazione di scarico del cippato è girevole a 360° e può essere inclina-

TABELLA 1 - Potenzialità produttiva della provincia di Gorizia

	Valore	Note
Superficie (ha)	4.400	Dati Moland (*) e analisi in campo
Sarmenti (t)	7.920	Considerando 1,8 t/ha con contenuto idrico del 50% circa
Pellet (t)	4.292	Considerato il potenziale dei sarmenti
Energia (MJ)	77.000.000	Valore potenziale del pellet di circa 18 MJ/kg (contenuto idrico 8,39%)
Gasolio (L)	2.100.000	Litri di gasolio potenzialmente sostituiti
Abitazioni (n.)	1.000	Abitazioni potenzialmente riscaldabili (da 270 m ³ ciascuna)

(*) Progetto europeo Monitoring land cover-use dynamics.

TABELLA 2 - Superficie a vigneto del Friuli Venezia Giulia

Province	Uva da tavola (ha)	Uva per la produzione		Viti non innestate (ha)	Totale (ha)
		di altri vini (ha)	di vini doc e docg (ha)		
Udine	18	2.348	4.967	85	7.418
Gorizia	19	613	2.865	15	3.512
Trieste	0	150	39	-	189
Pordenone	7	1.708	5.065	1.256	8.036
Totale	44	4.819	12.936	1.356	19.155

Fonte: Istat, 2005.



Foto 2 - Cantiere in linea nel momento di svolta da un filare all'altro

ta al fine di consentire il riempimento del rimorchio in modo agevole e uniforme. La tubazione ha un'altezza di 2,20 m oppure di 3,00 m; di conseguenza il materiale può essere inviato in un rimorchio agganciato alla macchina o in uno che procede a lato della stessa (figura 2).

Sono stati utilizzati trattori maneggevoli e a scartamento ridotto, dotati di un angolo di sterzata di circa 55° con marcia lenta, pari a 160 m/ora, per l'impiego in campo e marcia veloce fino a 40 km/ora per trasporto su strada.

Sono stati impiegati un rimorchio a 1 asse con capacità di 3,4 m³ e un altro a doppio asse con capacità di 6,5 m³.

Il deposito temporaneo del cippato in campo consisteva nell'uso di scarrabili dalla capacità di 32 m³ ciascuno.

Le prove di raccolta e cippatura sono state condotte in 9 aziende agricole, nelle quali sono state scelte le particelle a vigneto con filari inerbiti di larghezza interfilare minima di 2,40 m e forma di allevamento tipo Guyot, Casarsa o Sylvoz. La superficie sulla quale sono state condotte le prove, pari a 22,20 ha, è stata suddivisa in due macroaree per ampliare la rappresentatività delle aree di raccolta.

Sono stati testati due tipi di cantiere:

- cantiere in linea, in cui la cippatrice è portata sull'attacco a tre punti di una motrice agricola (4RM) con raccolta diretta del cippato su rimorchio attaccato in linea alla cippatrice stessa (foto 2);
- cantiere in parallelo, in cui la cippatrice è portata sull'attacco a tre punti di una motrice agricola (4RM) con raccolta del materiale cippato su rimorchio parallelo trainato da una seconda motrice (foto 3).

Produttività giornaliera e oraria

La tabella 3 riporta le produttività rilevate nei due cantieri nella complessità di tutte le fasi di lavoro. Al momento delle prove la macchina era ancora in fase di studio,

TABELLA 3 - Produttività rilevate per i cantieri di prova e per il cantiere ottimizzato

t/ora	t/ha	ha/ora
Produttività reale nei cantieri in parallelo		
1,13	1,86	0,61
1,10	1,69	0,65
Produttività media		
1,11	1,77	0,63
Produttività reale nei cantieri in linea		
1,04	1,66	0,63
1,19	2,09	0,57
1,26	1,89	0,67
Produttività media		
1,16	1,88	0,62
Produttività ottimizzata (*) di un cantiere in linea		
1,83	1,83	1,00

(*) I perfezionamenti alla macchina hanno reso possibile la raccolta di 1 ha nell'arco di un'ora.

La produttività media di un cantiere in linea è solo leggermente superiore a quella di un cantiere in parallelo: 1,16 t/ora rispetto a 1,11 t/ora.

successivamente è stata perfezionata e resa in grado di raccogliere 1 ha nell'arco di un'ora; quindi, si è ritenuto opportuno considerare questa ipotesi di produttività ottimizzata.

Per ogni cantiere (grafico 1) sono stati rilevati: i tempi di cippatura e di svolta tra i filari, i tempi morti evitabili (pianificazione, osservazione del campo di prova, visite al cantiere, coordinamento degli operatori durante le operazioni) e i tempi morti inevitabili (inceppamento della macchina, regolazione delle macchine).

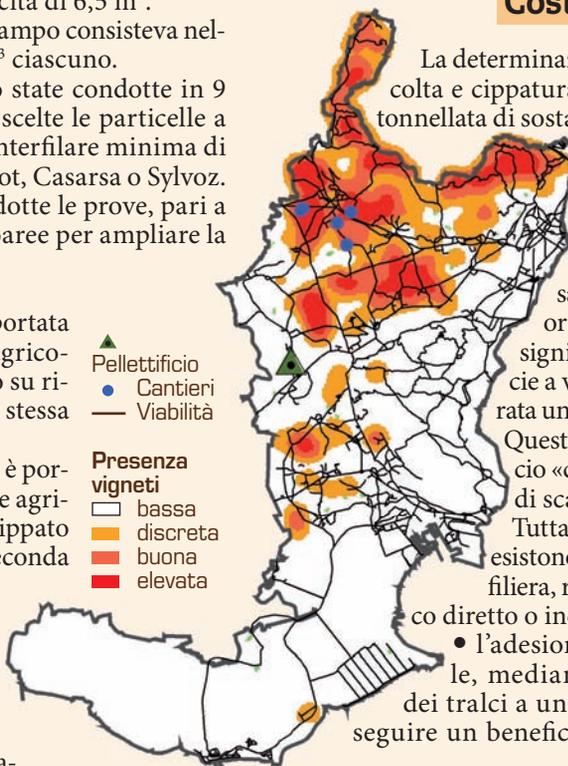
Costo di produzione

La determinazione del costo di produzione (raccolta e cippatura) del cippato, espresso in euro a tonnellata di sostanza fresca con umidità del 52%, è avvenuta attraverso consecutive fasi di calcolo (tabella 4).

I costi effettivi illustrati in tabella sono da ritenersi validi esclusivamente nel caso i cui la trinciatura sia impiegata per un monte orario annuo di almeno 600 ore; ciò significa poter disporre di una superficie a vigneto di almeno 378 ha, considerata una produttività media di 0,63 ha/ora. Questo spiega la convenienza all'approccio «contoterzi», che consente economie di scala sui costi operativi del cantiere.

Tuttavia, per la singola azienda agricola esistono due possibilità di partecipare alla filiera, ricavandone un beneficio economico diretto o indiretto:

- l'adesione a un progetto agroindustriale, mediante l'affidamento della raccolta dei tralci a un contoterzista, permette di conseguire un beneficio economico pari mediamente a 50 euro/ha (27,57 euro/t s.f.), dovuto alla mancata spesa della trinciatura o allontanamento dei sarmenti;



Analisi GIS-based.

FIGURA 1 - Concentrazione dei vigneti nella provincia di Gorizia



INSERTO

TABELLA 4 - Costo di produzione del cippato di sarmenti

Cantiere	Operazioni	Voci di costo (1)	N.	Produttività (t/ora)	Produttività (ha/ora)	Costo (euro/ora)	Costo di raccolta e cippatura (euro/t s.f.) (2)	Totale (euro/t s.f.) (2)
In parallelo	raccolta e cippatura	manodopera	2	1,11	0,63	33,90	30,54	64,55
		trattrice				28,15	23,56	
		trinciasarmenti	1			7,945	7,16	
		rimorchio				1,649	1,49	
In linea	raccolta e cippatura	manodopera	1	1,16	0,62	16,95	14,61	35,02
		trattrice				14,08	12,14	
		trinciasarmenti	1			7,94	6,85	
		rimorchio				1,65	1,42	
In linea ottimizzato	raccolta e cippatura	manodopera	1	1,83	1	16,95	9,26	22,20
		trattrice				14,08	7,69	
		trinciasarmenti	1			7,94	4,34	
		rimorchio				1,65	0,90	

(1) Sono state considerate le seguenti ore annue di impiego: trattrice 1.200 ore; trinciasarmenti 600 ore; rimorchio 1.000 ore. (2) s.f. = sostanza fresca.

Il costo di produzione del cippato di sarmenti in un cantiere in parallelo è di 64,55 euro/t, superiore a quello di un cantiere in linea in cui il costo di produzione è di 35,02 euro/t.

- il servizio a pagamento per la raccolta e la cippatura da parte del contoterzista, trattenendo, del tutto o in parte, la produzione per il proprio autoconsumo (riscaldamento dell'azienda agricola).

Foto 3 - Cantiere in parallelo nel momento in cui il materiale cippato viene scaricato sul rimorchio

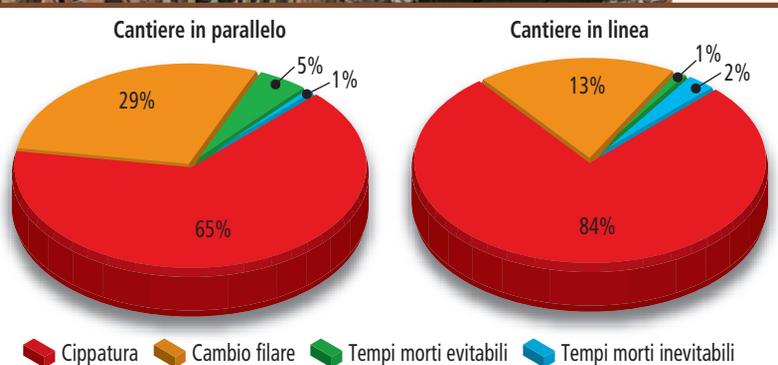


GRAFICO 1 - Analisi dei tempi per i due tipi di cantiere

Nel cantiere in linea i tempi morti evitabili e i tempi di cambio filare sono inferiori a quelli del cantiere in parallelo, rispettivamente 1 e 13% contro 5 e 29%.

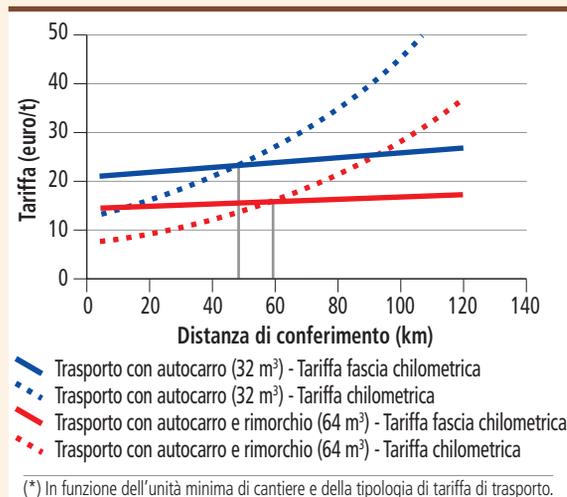


GRAFICO 2 - Costo di conferimento-approvvisionamento del cippato (*)

Rispettivamente per i sistemi con autocarro (32 m³) e autocarro e rimorchio (64 m³) vi è la convenienza a scegliere la tariffa a fascia chilometrica sopra i 50 e i 60 km di percorrenza.

A titolo indicativo, per un'azienda con 10 ha di vigneto, il servizio di cippatura comporta una spesa annua di 500 euro, per la produzione di un quantitativo di cippato di vite sufficiente a coprire il fabbisogno termico di una unità immobiliare di 1.000 m³ (15 t con contenuto idrico del 30%).

Costo di trasporto dei sarmenti cippati

Il costo di trasporto dei sarmenti cippati è stato valutato in funzione di due tariffe applicate dagli autotrasportatori sul mercato locale; infatti il servizio di trasporto può essere pagato per chilometro percorso (tariffa chilometrica), oppure stabilito come costo fisso entro una prefissata fascia chilometrica (tariffa fascia chilometrica), per esempio «fascia 100 km» (distanza di sola andata).

Inoltre sono stati ipotizzati due sistemi di trasporto per avere maggiori elementi di valutazione:

- il primo sistema con autocarro per il trasporto di uno scarrabile con capacità di 32 m³;
- il secondo con autocarro e rimorchio per il trasporto di due scarrabili per una capacità complessiva di 64 m³.

Non tutti i cantieri possono presentare una superficie di vigneto sufficiente a garantire il riempimento di due scarrabili (64 m³). Si farà riferimento, quindi, al costo di conferimento per cippato ottenibile da superfici di 5 ha (circa 9,15 t di cippato di sarmenti di vite con contenuto idrico del 52%) e di 10 ha (circa 18,3 t con contenuto idrico del 52%) (grafico 2).

Dall'analisi dei dati di mercato emerge che, rispettivamente per i sistemi con autocarro (32 m³) e autocarro e rimorchio (64 m³), vi è la convenienza a scegliere la tariffa a fascia chilometrica sopra i 50 e i 60 km di percorrenza.

Valter Francescato, Eliseo Antonini, Annalisa Paniz

Aiel - Associazione italiana energie agroforestali (Padova) segreteria.aiel@cia.it

Stefano Grigolato

Dipartimento Tesaf - Facoltà di agraria - Università di Padova

■ RISULTATI DELLE PROVE QUALITATIVE SVOLTE SU CIPPATO E PELLET

Qualità di cippato e pellet di vite, prove di combustione

Per il pellet di vite è indicata una caldaia con griglia mobile e sistemi di pulizia automatica degli scambiatori di calore; è consigliato anche l'uso di contenitori per le ceneri più capienti

di V. Francescato, E. Antonini,
A. Paniz, S. Grigolato

La seconda fase del progetto ha previsto la caratterizzazione qualitativa del cippato e del pellet di vite e le prove di combustione del pellet in differenti caldaie.

La qualità del cippato di vite

Al fine di ottenere cippato di vite con pezzatura uniforme e costante, tale da garantire un funzionamento ottimale delle coclee di caricamento delle caldaie, nel corso del progetto sono state apportate numerose migliorie e modificazioni all'organo di taglio della macchina. Per valutarne l'effettiva idoneità è stata fatta una prova di tre giorni con una caldaia Uniconfort (modello Biotec) dotata di caricamento a coclea, nel corso della quale non si sono verificati problemi. Per valutare il grado di conservabilità del cippato di vite, nel corso della fase di stoccaggio e stagionatura, prima della destinazione finale (pellettificio o caldaia), sono stati prelevati dei campioni di materiale sui quali è stato determinato il contenuto idrico.



Foto 1 - Scarico del cippato nello scarrabile presso il quale sono stati effettuati i primi prelievi. Foto 2 - Prelievo dei campioni presso la piattaforma di stoccaggio

I rilievi hanno riguardato sia campioni di cippato prelevati in campo, dopo l'operazione di cippatura e di deposito nello scarrabile (foto 1), sia campioni prelevati presso il piazzale di stoccaggio (foto 2).

La misurazione del contenuto idrico e del peso dei singoli campioni è stata effettuata impiegando una bilancia ad alta precisione che utilizza il metodo di essiccazione a raggi infrarossi (foto 3). Nel grafico 1 si riportano i valori di contenuto idrico rilevati in campo, mentre nel grafico 2 i valori indicativi nel tempo di un cumulo di cippato monitorato presso il centro di stoccaggio.

Il cumulo di cippato stoccato presso il centro di raccolta è stato coperto con un telo geotessile (TopTex®) (foto 4) che presenta la proprietà di non lasciar penetrare l'acqua piovana, ma nello stesso tempo permette la traspirazione del contenuto idrico dal cumulo di cippato. Come evidenziato nel grafico 2, dopo tre mesi di stagionatura, il contenuto idrico del cumulo è passato da circa il 48% al 35%, limite che, sulla base della normativa austriaca Önorm M7133, permette di classificare il cippato al limite di idoneità per essere stoccato con sufficiente stabilità biologica. Il cippato si presentava, infatti, omogeneo e con una ridotta presenza di ife fungine.

Per valutare le caratteristiche chimico-fisiche e xiloenergetiche

TABELLA 1 - Comparazione tra composizione chimica del cippato di vite e i valori medi del legno non trattato

Parametri (1)	Cumulo 1	Cumulo 2	Cumulo 3	Legno non trattato (2)
Contenuto idrico medio (%)	13,04	11,05	12,24	20,8
Contenuto di ceneri (% t.q.)	4,11	3,24	3,15	-
Contenuto di ceneri (% s.s.)	4,73	3,65	3,59	2,1
Potere calorifico inferiore tal quale (MJ/kg)	15,9	15,9	16	-
Potere calorifico inferiore sostanza secca (MJ/kg)	19,91	19,57	19,95	18,7
Cloro (% s.s.)	0,02	0,02	0,01	0,1
Zolfo (% s.s.)	0,02	0,02	0,02	0,1
Azoto totale (% s.s.)	1,05	0,7	0,88	0,3
Arsenico (mg/kg)	0,21	0,28	0,13	1,4
Piombo (mg/kg)	< 2	< 2	< 2	31,3
Cadmio (mg/kg)	< 0,3	< 0,3	< 0,3	0,6
Mercurio (mg/kg)	< 0,1	< 0,1	< 0,1	0,1
Rame (mg/kg)	44	30	31	22,3
Cromo (mg/kg)	12	9	10	22,8
Zinco (mg/kg)	39	45	43	52,5
Sodio (mg/kg)	80	122	66	426,5

(1) In neretto sono evidenziati i valori superiori a quelli relativi al legno non trattato.
(2) Database Ecn, Olanda.

I sarmenti sono caratterizzati da un contenuto di ceneri elevato, mediamente del 3,85% s.s., e da livelli di azoto e di rame superiori rispetto ai valori medi rilevati nel legno non trattato.

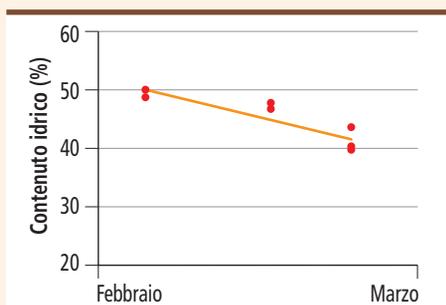


GRAFICO 1 - Contenuto idrico dei campioni di cippato raccolti in campo nel 2006

In un mese il contenuto idrico del cippato raccolto è diminuito di quasi il 10%.

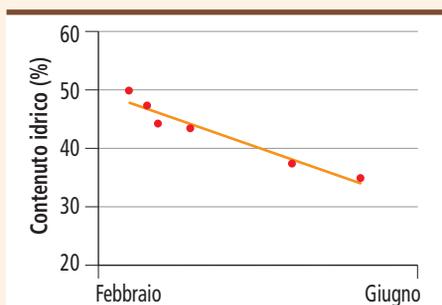


GRAFICO 2 - Contenuto idrico dei campioni raccolti presso il centro di stoccaggio nel 2006

Dopo 3 mesi di stagionatura, il contenuto idrico del cumulo è passato da circa 48 a 35%.

del cippato di vite sono stati prelevati tre campioni appartenenti a cumuli diversi. I risultati ottenuti, comparati con i valori medi del legno non trattato, sono sintetizzati in *tabella 1*.

I sarmenti sono caratterizzati da un contenuto di ceneri elevato, mediamente del 3,85% s.s., e da livelli di azoto e di rame superiori rispetto ai valori medi rilevati nel legno non trattato; con ogni probabilità questo è riconducibile ai trattamenti fitosanitari ai quali è comunemente sottoposta la vite.

La qualità del pellet di vite

Per stabilire la fattibilità tecnica della produzione di pellet di vite si sono analizzate le fasi principali del processo produttivo (*figura 1*). Queste sono:

- pre-trattamento della materia prima al fine di renderla omogenea in termini di granulometria e umidità. Tale fase consiste in una serie di operazioni, quali raffinamento, essiccazione, condizionamento e separazione dei metalli;
- pellettizzazione degli scarti legnosi all'interno di matrici forate dette trafilie;
- raffreddamento del pellet;
- separazione delle parti fini;
- imballaggio e immagazzinamento.

Il processo produttivo ha avuto sostanzialmente esito positivo. La fase di pellettizzazione, ritenuta a priori la più difficoltosa a causa della fibrosità del materiale, si è svolta senza problema-

tiche. È stato, infatti, prodotto pellet compatto, dotato di particelle saldamente coese (*foto 5 e 6*).

Si sono tuttavia presentate alcune difficoltà nella fase di caricamento del materiale in essiccatoio. Il cippato di sarmenti è costituito, infatti, da elementi fibrosi che hanno creato ammassi di materiale perché il sistema di caricamento dell'essiccatoio, nella fattispecie, è molto articolato; si tratta di un sistema esteso, che alterna coclee orizzontali e verticali, pensato per il caricamento di cippato di legno molto fine.

Infatti, dopo un funzionamento regolare, il sistema di caricamento si è ostruito. Tuttavia si tratta di un problema risolvibile cambiando il sistema di alimentazione dell'essiccatoio o, come nel caso in questione, montando un raffinatore (mulino a coltelli) a monte della tramoggia di caricamento.

Per poter definire le concrete possibilità di impiego del pellet

TABELLA 2 - Caratterizzazione del pellet ottenuto da sarmenti (Catas®)

Parametri (*)	Pellet di vite	Pellet Gold®
Umidità media (%)	8,39	< 10
Ceneri (% t.q.)	2,57	-
Ceneri (% s.s.)	2,8	< 1
Potere calorifico inferiore tal quale (MJ/kg)	16,5	> 16,9
Potere calorifico inferiore anidro (MJ/kg)	19,6	-
Cloro (% s.s.)	0,02	< 0,03
Zolfo (% s.s.)	0,02	< 0,05
Azoto totale (% s.s.)	0,39	< 0,3
Arsenico (mg/kg)	0,09	< 0,8
Piombo (mg/kg)	1,8	< 10
Cadmio (mg/kg)	< 0,1	< 0,5
Mercurio (mg/kg)	< 0,01	< 0,05
Rame (mg/kg)	18	< 5
Cromo (mg/kg)	1,7	< 8
Zinco (mg/kg)	24,7	< 100
Sodio (mg/kg)	60	< 300
Durabilità meccanica (%)	98	> 97,7
Densità apparente (kg/m³)	627	> 600
Massa volumica (g/cm³)	-	> 1,15
Formaldeide (mg/100 g)	-	< 1

(*) In neretto sono evidenziati i valori non rispondenti al disciplinare Pellet Gold®.

Il pellet di vite è caratterizzato da un contenuto di ceneri elevato (2,8%) e un potere calorifico inferiore leggermente più basso rispetto al limite imposto dal disciplinare Pellet Gold®.



Foto 3 - Bilancia a infrarossi impiegata per la determinazione del contenuto idrico del cippato di vite

TABELLA 3 - Risultati relativi alla determinazione del punto di fusione delle ceneri dei sarmenti

Temperatura del campione (*)	°C
Di deformazione	795
Della sfera	> 1.450
Della emisfera	> 1.450
Della colata	> 1.450

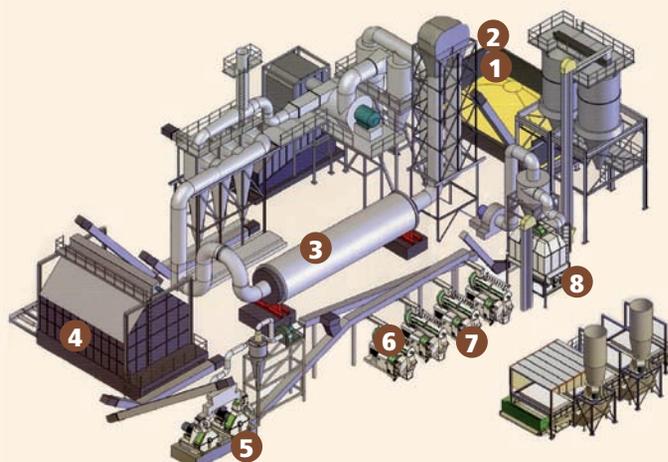
(*) Le temperature fanno riferimento alla normativa tedesca DIN.
Fonte: Öfi - Austria.

Le ceneri sono caratterizzate da un punto di ammolimento e fusione superiore a 1.450 °C; ciò significa una nulla o molto ridotta formazione di scorie di fusione sulla griglia.

TABELLA 4 - Emissioni rilevate nei test di combustione

Emissioni e temperature	Pellet di vite			Pellet di legno (potenza 100%)
	potenza 100%	potenza 75%	potenza 50%	
CO ₂ (mg/Nm³)	12	10,8	9,4	14,8
CO (mg/Nm³)	380-640	2600	248	66
NO _x (mg/Nm³)	190-204	180	211	172
Temperatura gas esausti (°C)	147	117	111	154

Nelle caldaie a pellet convenzionali, senza dispositivi di pulizia automatica delle ceneri (griglia autopulente), il pellet di vite crea accumuli di cenere che alterano la temperatura di combustione e i valori di CO.



- 1-2. Magazzino per la materia prima, comunemente dotata di un contenuto idrico superiore al 30%
- 3. Essiccatoio: la materia prima viene essiccata fino a ottenere un contenuto idrico dell'ordine del 12%
- 4. Silo per il conferimento del materiale essiccato
- 5. Raffinatori che riducono la materia prima in particelle di pochi millimetri
- 6. Condizionamento della materia prima alla quale può essere aggiunta una percentuale di leganti naturali $\leq 2\%$
- 7. Pellettizzazione del materiale
- 8. Raffreddamento del pellet. Il prodotto finito è così pronto per essere insaccato o lasciato sfuso per la vendita

FIGURA 1 - Schema di un pellettificio (Promill Stolz)

di vite sono state eseguite delle analisi chimico-fisiche e xiloneurgetiche che sono state poste a confronto con i limiti introdotti dal disciplinare Pellet Gold® (tabella 2), sistema di attestazione volontario della qualità del pellet ideato da Aiel.

È emerso che il pellet di vite è caratterizzato da un contenuto di ceneri elevato (2,8%) e un potere calorifico inferiore leggermente più basso rispetto al limite imposto da Pellet Gold®. Inoltre, rispetto a quest'ultimo, pensato per la caratterizzazione del pellet da stufa, evidenzia lievi anomalie del contenuto di azoto e di rame, quest'ultimo superiore al limite probabilmente a causa della parziale permanenza della componente chimica legata ai trattamenti antiparassitari. Infine si è proceduto all'in-

TABELLA 6 - Risultati delle emissioni

Emissioni gassose	Pellet di vite (piena potenza)	Pellet di legno (piena potenza)
O ₂ (%)	10,2	5,3
CO ₂ (%)	10,2	15,1
CO (mg/Nm ³)	64	44
NO (mg/Nm ³)	203	-
NO ₂ (mg/Nm ³)	3	-
NO _x (mg/Nm ³)	206	132
SO ₂ (mg/Nm ³)	12	Non misurato

Le emissioni di NO_x e CO sono superiori rispetto al funzionamento con pellet di legno. Il maggiore contenuto di azoto, rispetto al pellet di legno, è causa delle più elevate emissioni di NO_x osservate per il pellet di vite, che tuttavia sono ampiamente al di sotto dei limiti di legge.

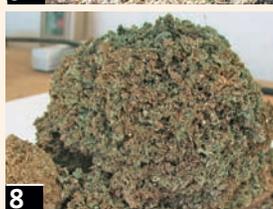
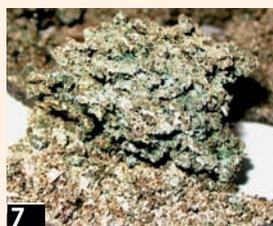


Foto 7 - Scorie formatesi a pieno regime

Foto 8 - Scorie formatesi al 75% della potenza



Foto 4 - Cippato stoccato presso il centro di raccolta coperto da telo geotessile



Foto 5 - Pellet di vite appena uscito dalla trafile (foto 6 dettaglio)

TABELLA 5 - Emissioni di polveri rilevate

	Prova 1	Prova 2	Media
Valori misurati (mg/Nm ³)	134	127	131
Valore calcolato (13% O ₂) (mg/Nm ³)	111	105	108

Le emissioni di polveri sono state misurate solo con funzionamento al 50% della potenza.

dividuaione del punto di fusione delle ceneri (in ottemperanza alla norma DIN 51730) da cui è emerso che, dopo la fase iniziale di deformazione che avviene a una temperatura di 795 °C, esse sono caratterizzate da un punto di ammolimento e fusione superiore a 1.450 °C; ciò significa una nulla o molto ridotta formazione di scorie di fusione sulla griglia (tabella 3). Quindi, sulla base delle analisi condotte e considerando che il pellet di vite è indirizzato all'uso in moderne caldaie e non in stufe domestiche, è possibile formulare un giudizio di buona qualità del prodotto.

La combustione del pellet di vite

Le prove di combustione sono state eseguite per valutare il possibile utilizzo del pellet in moderne caldaie, analizzando una serie di parametri, ovvero le emissioni gassose (O₂, CO₂, CO, NO, NO₂, SO₂), le polveri e il comportamento del prodotto nel corso del processo di combustione.

I test sono stati condotti dall'Austrian bioenergy centre (GbmH).

Test su caldaia a pellet con griglia fissa

È stata impiegata una caldaia con potenza nominale di 25 kW, monitorando la potenza termica, calcolata sulla base della temperatura del flusso, la temperatura di ritorno e la portata, la temperatura dei gas esausti, la loro composizione e la massa totale del sistema.

Nel corso del pre-test si sono osservati problemi con il sistema di pulitura della griglia per l'accumulo di depositi e la formazione di scorie di fusione (foto 7 e 8); la caldaia non è stata, quindi, in grado di funzionare a pieno regime per 72 ore, come pianificato. Le scorie risultavano porose e abrasive

TABELLA 7 - Emissioni di polveri rilevate

Emissioni	Prima misurazione (dopo 5 ore)		Seconda misurazione (dopo 26 ore)		Media
	prova 1	prova 2	prova 3	prova 4	
Valore misurato (mg/Nm ³)	53	42	54	56	54
Valore calcolato (mg/Nm ³) al 13% O ₂	40	32	40	42	41

Rispetto al test su caldaia con griglia fissa, le emissioni sono notevolmente ridotte e pari a 54 mg/Nm³.

con dimensioni di circa 2-3 cm nel caso di funzionamento alla massima potenza, e di 14 cm con potenza del 75%. Erano di colore marrone e verde (composti ferrosi) a causa di una combustione incompleta per l'insufficiente apporto di ossigeno.

Solo al 50% della potenza si è verificata una combustione stabile; in questo caso è stato quindi possibile misurare le emissioni gassose (*tabella 4*) e di polveri (*tabella 5*), costituite principalmente da sali, che risultano più elevate se confrontate con quelle che si rilevano comunemente impiegando pellet di legno (10 mg/Nm³).

Dai risultati ottenuti è possibile affermare che il tipo di caldaia impiegata non è idoneo alla combustione del pellet di vite. A causa delle sue caratteristiche chimico-fisiche, esso può essere impiegato esclusivamente in caldaie dotate dei necessari accorgimenti tecnici: flussi di aria primaria, secondaria e alimentazione della griglia regolati da sonda Lambda, griglia mobile e sistema meccanico automatico di estrazione della cenere.

Test su caldaia a pellet con mini griglia mobile orizzontale

I test di combustione sono stati condotti su una caldaia con potenza nominale di 15 kW, caratterizzata da:

- camera di combustione con rivestimento refrattario;
- regolazione della combustione con sonda Lambda;
- sistema di alimentazione in continuo della griglia orizzontale con spostamento delle ceneri lungo la griglia fino alla caduta nel box di raccolta; inoltre i movimenti della griglia possono essere regolati a intervalli predefiniti in funzione del tipo di combustibile impiegato;
- agitatore meccanico per l'eliminazione di incombusti ed eventuali scorie di fusione.

La caldaia ha funzionato senza problemi per l'intero periodo del test (49 ore); la griglia mobile e l'agitatore hanno impedito la formazione di accumuli di cenere e/o la formazione di scorie sulla griglia.

In *tabella 6* sono indicate le emissioni gassose rilevate nel corso del test, poste a confronto con quelle che si hanno con pellet di legno. Le emissioni di NO_x e CO sono superiori rispetto al funzionamento con pellet di legno. Il maggiore contenuto di azoto, rispetto al pellet di legno, è causa delle più elevate emissioni di NO_x osservate per il pellet di vite, che tuttavia sono ampiamente al di sotto dei limiti di legge.

Le emissioni di polveri, misurate dopo 5 e 26 ore di funzionamento, sono indicate in *tabella 7*. Rispetto al test precedente si rileva una considerevole diminuzione delle emissioni.

I residui rilevati al termine della combustione sono indica-

TABELLA 8 - Bilancio di massa: residui rilevati al termine della combustione

Pellet di vite (piena potenza)	
Cassetto ceneri (kg)	4,593
Scambiatore di calore (kg)	0,732
Somma dei depositi (kg)	5,325
Consumo di pellet (kg)	205,9
Ceneri calcolate (kg)	4,74

Foto 9 - Cassetto delle ceneri alla conclusione delle prove

TABELLA 9 - Confronto tra le emissioni rilevate e le norme italiane ed europee

Emissioni (mg/Nm ³)	Dlgs 152/2006			EN 303-5		Pellet di vite	
	35-150 (kW)	150-3.000 (kW)	fino a 50 (kW)	50-150 (kW)	150-300 (kW)	1° test (25 kW)	2° test (15 kW)
Polveri totali	200	100	150	150	150	108-131	41-54
CO	350	300	3.000	2.500	1.200	380-640	64
NO _x	500	500				190-204	206
SO _x	200	200					12

Le emissioni del pellet di vite rientrano nei valori fissati dalla normativa sia nazionale sia europea.

ti in *tabella 8*. Non sono state osservate scorie o accumuli di cenere sulla griglia. Le ceneri rimosse erano di colore bianco e grigio ed è stato osservato che alcuni pellet hanno mantenuto la loro forma a seguito della combustione, polverizzando se toccati (*foto 9*).

La caldaia è risultata idonea a garantire una combustione continua del pellet di vite. Se ne deduce, quindi, che questo tipo di pellet può essere impiegato esclusivamente in caldaie in grado di gestire combustibili con elevato contenuto di ceneri e dotate di dispositivi per la gestione dell'eventuale formazione di scorie. Infatti, quando il pellet di vite è impiegato in questi apparecchi, le emissioni rispettano i limiti della norma italiana ed europea, come indicato in *tabella 9*.

I combustibili con elevato contenuto di ceneri non creano problemi nelle caldaie con griglia mobile.

La rimozione della cenere, grazie alla griglia mobile o all'ausilio di un dispositivo meccanico, è quindi un elemento fondamentale.

Per compensare l'aumento della formazione di depositi sugli scambiatori di calore, indicati da un aumento della temperatura dei gas di scarico e da un rendimento conseguentemente più basso, è suggerita una maggiore frequenza nella pulizia degli stessi; risultano, quindi, più idonei gli apparecchi, anche di piccola taglia, dotati di sistemi di pulizia automatica degli scambiatori (meccanici o pneumatici). Infine, quando sono impiegati combustibili con elevato contenuto di ceneri, è auspicabile l'impiego di contenitori più capienti o sistemi automatici per la loro rimozione, al fine di garantire maggiore comfort nella gestione dell'apparecchio.

Valter Francescato
Eliseo Antonini
Annalisa Paniz

Aiel - Associazione italiana energie agroforestali (Padova)
segreteria.aiel@cia.it

Stefano Grigolato

Dipartimento Tesaf - Facoltà di agraria - Università di Padova

■ L'INVESTIMENTO PER LA PRODUZIONE DI PELLET DI VITE

Convenienza finanziaria di un pellettificio

La costruzione di un pellettificio comporta un investimento di circa 3 milioni di euro; il periodo di ammortamento è di 2-3 anni nella migliore delle ipotesi e di 5-6 anni nei casi più sfavorevoli

di V. Francescato, E. Antonini,
A. Paniz, S. Grigolato

I pellettificio Biocalor in cui è stato prodotto il pellet presenta una capacità produttiva oraria pari a 2,5 t e una produzione annua complessiva di 18.000 t.

Gli elementi che compongono il pellettificio sono: terreno e capannone su un totale di 9.000 m², un mulino raffinatoro, un essiccatoio e un sistema di aspirazione delle polveri, due motori endotermici (uno diesel e uno a olio vegetale che producono il calore e l'energia elettrica necessaria al suo funzionamento), una linea di pellettizzazione dotata dei macchinari per l'insacchettamento e due muletti per la movimentazione del prodotto.

Valore dei certificati verdi e dell'energia elettrica in rete

70,48 euro/MWh, derivati dalla vendita di elettricità

125,28 euro/MWh, valore dei certificati verdi

195,76 euro/MWh, totale

L'investimento totale ammonta a 3.096.000 euro. I costi operativi annui del pellettificio sono riportati in *tabella 1*.

Il mercato elettrico e i certificati verdi

L'utilizzo di un motore endotermico a olio vegetale puro consente la vendita dell'energia elettrica in rete e l'accesso al mercato dei certificati verdi, i quali, attualmente, sono garan-

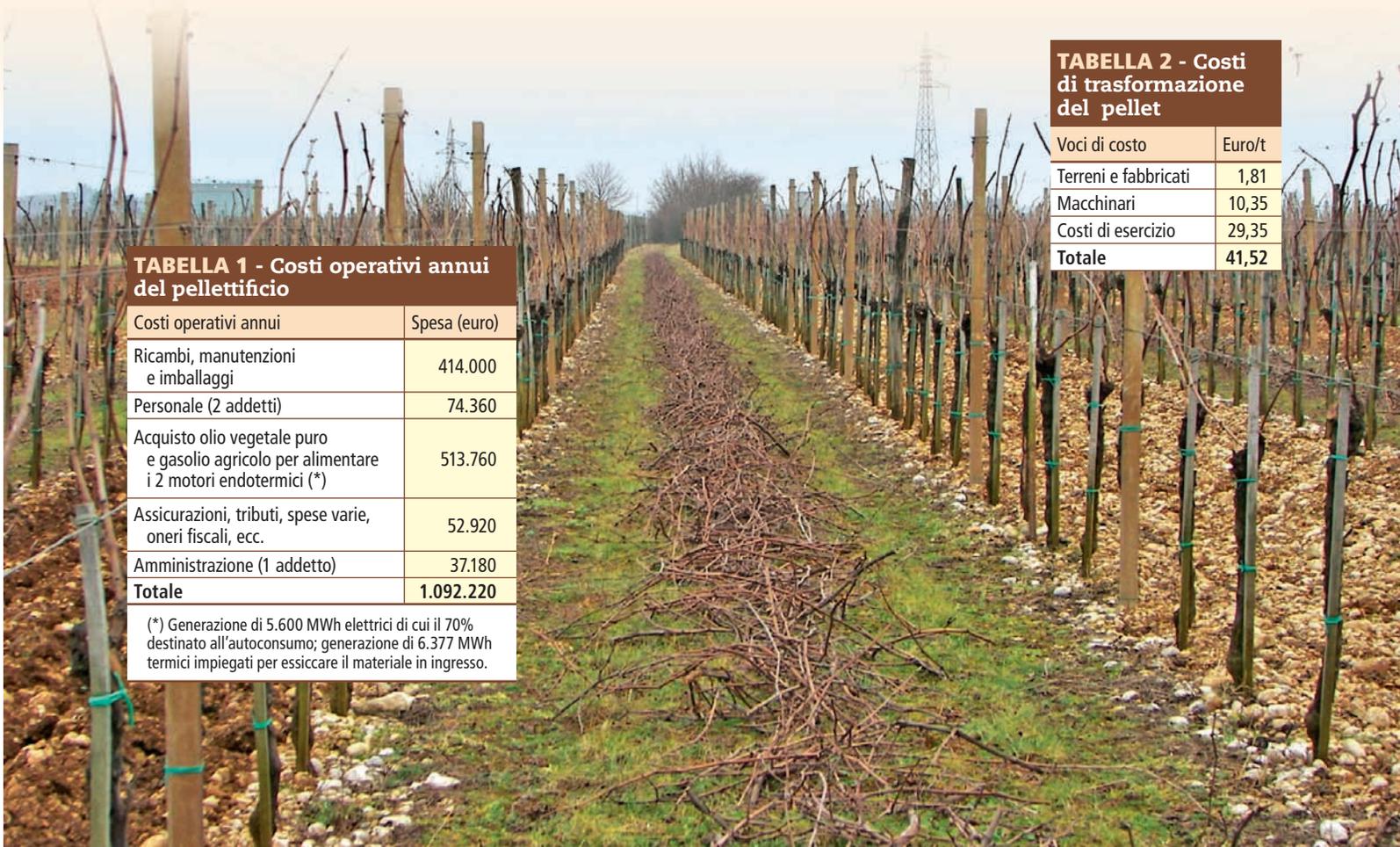
TABELLA 1 - Costi operativi annui del pellettificio

Costi operativi annui	Spesa (euro)
Ricambi, manutenzioni e imballaggi	414.000
Personale (2 addetti)	74.360
Acquisto olio vegetale puro e gasolio agricolo per alimentare i 2 motori endotermici (*)	513.760
Assicurazioni, tributi, spese varie, oneri fiscali, ecc.	52.920
Amministrazione (1 addetto)	37.180
Totale	1.092.220

(*) Generazione di 5.600 MWh elettrici di cui il 70% destinato all'autoconsumo; generazione di 6.377 MWh termici impiegati per essiccare il materiale in ingresso.

TABELLA 2 - Costi di trasformazione del pellet

Voci di costo	Euro/t
Terreni e fabbricati	1,81
Macchinari	10,35
Costi di esercizio	29,35
Totale	41,52



**TABELLA 3 - Costo di produzione del pellet**

Ipotesi	Produttività cantiere (t/ora)	Costi di raccolta (euro/t)	Rincarato (%)	Prezzo materia prima con contenuto idrico		Costo di trasporto (1) con contenuto idrico dell'8,39% (euro/t)	Costo trasformazione (euro/t)	Costo produzione (euro/t)	Incidenza costo materia prima (%)	Margine operativo netto (2) (euro)
				del 52% (euro/t)	dell'8,39% (euro/t)					
1	1,16	35,02	30	45,526	80,73	19,97	41,52	142,22	57	680.102,53
2			35	47,277	83,83			145,32	58	624.213,19
3	1,83	22,20	30	28,86	51,18	19,97	41,52	112,67	45	1.212.120,24
4			35	29,97	53,15			114,64	46	1.176.693,12

(1) È stato considerato il costo medio di trasporto tra sistema con autocarro (32 m³) e con autocarro e rimorchio (64 m³) entro una distanza percorribile di 15 km pari a 11,26 euro/t con contenuto idrico del 52%.

(2) Considerata una produzione annua di 18.000 t vendute a un prezzo franco pellettificio di 180 euro/t.

TABELLA 4 - Costi operativi e benefici annui considerati per la valutazione dell'investimento per il pellettificio

Costi operativi annui (euro)	
Totale (come da tabella 1)	1.092.230
Benefici annui (euro)	
Certificati verdi e vendita elettricità (*)	117.456
Mancata spesa combustibile fossile	446.400
Totale	563.856
Costi - benefici (euro)	528.364

(*) I certificati verdi e la vendita dell'elettricità sono stati considerati solo fino al 12° anno (attuale durata massima per l'ottenimento dei certificati verdi).

titi per 12 anni e costituiscono una voce attiva di bilancio.

La quota di energia vendibile, non impiegata per l'autoconsumo, per la quale l'azienda può conseguire un ricavo per 12 anni, è pari al 30%. Il ricavo annuo che ne deriva è di 117.456 euro.

Il calore residuo utile per l'essiccazione deriva dalla valorizzazione dell'energia termica prodotta dai due motori endotermici in cogenerazione.

Il calore residuo è da considerarsi, quindi, una mancata spesa; diversamente, infatti, l'essiccatoio avrebbe dovuto essere alimentato con un combustibile fossile (metano o gasolio). La mancata spesa annua del combustibile fossile è pari a 446.400 euro.

Costo di produzione del pellet

Date le caratteristiche di investimento, le voci di costo e quelle di ricavo-mancata spesa sopra riportate, alla determinazione del costo di trasformazione del pellet concorrono le voci riportate in tabella 2.

L'altra voce ancora da considerare è il costo della materia prima e del relativo trasporto, per la quale si è fatto riferimento al caso in cui il contoterzista fornisca al pellettificio il cippato di vite applicando al costo di raccolta una determinata percentuale di rincaro per garantirsi un adeguato profitto.

Infine sono stati considerati due possibili livelli di produttività dei cantieri: quello reale e quello ottimizzato.

Le ipotesi avanzate e il relativo costo di produzione sono riassunti in tabella 3.

Per garantire al pellettificio una produzione annua di 18.000 t di pellet di sarmenti sono necessarie 31.920 t di materia prima

Valutazione dell'investimento relativo a un pellettificio

Per poter verificare la fattibilità finanziaria e la convenienza di un progetto di investimento riguardante un pellettificio per la produzione esclusiva di pellet di vite è stata adottata la seguente metodologia.

Costruzione del flusso di cassa. Sono stati definiti i flussi monetari associati all'intera durata del progetto di investimento (15 anni). La sommatoria delle entrate e delle uscite finanziarie attualizzate con un opportuno saggio di sconto rappresenta il Valore attuale netto (VAN).

Saggio di rendimento interno (SRI). È il saggio che annulla le entrate e le uscite finanziarie attualizzate e costituisce la rendita dell'investimento per la sua durata tecnico-economica prefissata.

Tempo di ritorno. È il tempo necessario affinché l'investitore rientri attraverso i progressivi flussi di cassa positivi.

Per i calcoli si è fatto riferimento ai fattori fissi della produzione (terreno e capannone, mulino raffinatoro, essiccatoio, motori endotermici, linea di pellettizzazione, movimentazione); i costi operativi e i benefici annui sono riportati in tabella 4.

Saranno poste a confronto otto ipotesi che si differenziano per la produttività dei cantieri, la percentuale di rincaro applicata dal contoterzista e il prezzo di vendita del pellet (tabella 5). Per tutti i casi esaminati nell'analisi finanziaria è stato considerato un tasso di attualizzazione dell'8% e una durata dell'investimento di 15 anni. Nel caso dell'ottimizzazione della produttività di cantiere, i minori

TABELLA 5 - Valore attuale netto e saggio di rendimento interno

Ipotesi	Produttività cantiere (t/ora)	Costi di raccolta (euro/t)	Rincarato (%)	Prezzo materia prima con contenuto idrico		Costo trasporto con contenuto idrico dell'8,39% (euro/t)	Prezzo di vendita pellet con contenuto idrico dell'8,39% (euro/t)	Valore attuale netto (15 anni) (euro)	Saggio di rendimento interno (%)	Tempo di ritorno (anni)
				del 52% (euro/t)	dell'8,39% (euro/t)					
1	1,16	35,02	30	45,53	80,73	19,97	180	2.834.430,24	26,98	6
2							200	5.915.842,57	50,38	4
3	1,83	22,2	35	47,28	83,83	19,97	180	2.356.811,33	23,77	6
4							200	5.438.223,66	46,33	4
5	1,83	22,2	30	28,86	51,18	19,97	180	7.388.757,66	64,26	3
6							200	10.468.268,28	103,14	3
7	1,83	22,2	35	29,97	53,15	19,97	180	7.085.238,55	61,21	3
8							200	10.166.650,87	98,54	3

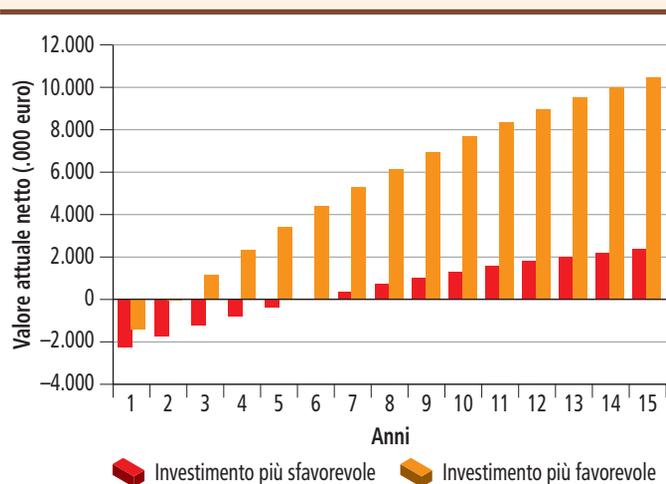


GRAFICO 1 - Andamento del Valore attuale netto dell'investimento in un pellettificio nelle condizioni più favorevoli e più sfavorevoli

TABELLA 6 - Confronto fra i guadagni del contoterzista: produttività reale e ottimizzata dei cantieri

Ipotesi	Produttività cantiere (t/ora)	Costi di raccolta (euro/t)	Prezzo massimo della materia prima con contenuto idrico del 52% (euro/t)		Guadagno netto del contoterzista con contenuto idrico del 52% (euro/t)	Prezzo di vendita del pellet con contenuto idrico dell'8,39% (euro/t)
			del 52%	dell'8,39%		
Produttività reale	1,16	35,02	49,35	60,63	14,33	180
			60,63	25,61	200	
Produttività ottimizzata	1,83	22,20	49,35	60,63	27,15	180
			60,63	38,43	200	

ipotesi sono illustrati in *tabella 6*. L'ottimizzazione della raccolta garantisce al contoterzista un apprezzabile aumento dei margini di guadagno.

Dimensionamento di un pellettificio a scala regionale

È stata infine valutata la realizzazione di un pellettificio nell'ipotesi di approvvigionamento della materia prima entro una distanza percorribile su strada di 100 km, ponendo a confronto diversi scenari (*tabella 7*). Per garantire una produzione annua pari a 18.000 t di pellet di sarmenti (con contenuto idrico dell'8,39%) sono necessarie 31.920 t di materia prima (con contenuto idrico del 52%).

Considerando una produttività media dei vigneti pari a 1,8 t/ha (con contenuto idrico del 52%) è necessaria una superficie di raccolta di circa 17.733 ha, che corrisponde a quasi l'intera

costi di raccolta e di cippatura del materiale determinano un rilevante miglioramento degli indici finanziari dell'investimento per il pellettificio.

Nel *grafico 1* sono indicati gli andamenti dell'investimento nel caso più sfavorevole (ipotesi 3) e più favorevole (ipotesi 6) per il pellettificio.

Punto di vista del contoterzista. È stato determinato il prezzo massimo di vendita applicabile, tale da garantire al pellettificio un saggio di rendimento interno del 20% (VAN = 1.786.750,05 euro). I risultati ottenuti per le quattro

TABELLA 7 - Valore attuale netto e saggio di rendimento interno

Ipotesi	Produttività cantiere (t/ora)	Costi di raccolta (euro/t)	Rincaro (%)	Prezzo della materia prima con contenuto idrico		Costo di trasporto con contenuto idrico		Prezzo di vendita pellet con contenuto idrico dell'8,39% (euro/t)	Valore attuale netto (15 anni) (euro)	Saggio di rendimento interno (%)	Tempo di ritorno (anni)
				del 52% (euro/t)	dell'8,39% (euro/t)	del 52% (euro/t)	dell'8,39% (euro/t)				
1	1,16	35,02	35	47,28	83,83	14,576	25,85	180	1.443.103,45	17,74	8
2								200	4.524.515,78	39,08	4
3	1,83	22,20		29,97	53,15	14,576	25,85	180	6.171.779,03	52,63	4
4								200	9.253.191,35	85,81	3



OPPORTUNITÀ PER L'AGRICOLTORE

Con la produzione di cippato o pellet le potature diventano una risorsa

I risultati ottenuti confermano la possibilità di impiegare i sarmenti di vite a fini energetici. Tuttavia è bene sottolineare alcuni aspetti fondamentali.

Nell'ambito della raccolta e della trinciatura emerge l'importanza della tipologia di cantiere adottata, accompagnata dall'ottimizzazione sia delle operazioni sia della logistica di conferimento e stoccaggio, che consentono una riduzione dei costi. Per attivare questa filiera è da prediligere l'approccio «contoterzi», che consente economie di scala sui costi operativi del cantiere. Tuttavia, anche per le singole aziende agricole si può sempre conseguire un beneficio economico legato alla mancata spesa per la trinciatura dei sarmenti oppure all'autoconsumo in azienda.

Il cippato ottenuto si presenta omogeneo e con un buon grado di conservazione. Anche la pellettizzazione non ha dato problemi, fatta eccezione per la tendenza del materiale a compattarsi, determinando inceppamenti, tecnicamente risolvibili, nei sistemi di caricamento nell'essiccatoio della materia prima.

La valutazione del costo di produzione del pellet di vite ha permesso di determinare come esso sia notevolmente influenzato dal prezzo della materia prima e dal relativo trasporto, fattori

che possono incidere dal 45 al 57% sul totale. Inoltre emerge che il costo di trasporto, passando da una distanza di approvvigionamento di 15 km a 100 km, non incide in maniera sensibile sul costo di produzione del pellet.

L'analisi di convenienza dell'investimento, dal punto di vista del pellettificio, dimostra come la spesa iniziale (relativamente elevata) sia ammortizzabile in 5-6 anni nei casi più sfavorevoli e in 2-3 anni per quelli più favorevoli. Si evidenzia, inoltre, che il prezzo finale del pellet applicato dal pellettificio, anche per lievi variazioni, incide notevolmente sull'andamento complessivo dell'investimento.

Infine, facendo riferimento alla combustione del pellet in moderne caldaie, risulta che esso può essere impiegato esclusivamente in caldaie in grado di gestire combustibili con elevato contenuto di cenere e dotate di dispositivi per l'eliminazione delle eventuali scorie di fusione; quindi caldaie a cippato o caldaie a pellet con dotazioni tecniche appropriate. Quando il pellet di vite è impiegato in questi apparecchi termici, le emissioni rispettano i limiti imposti della norma italiana ed europea. ●

TABELLA 8 - Determinazione del costo di trasporto con autotreno

Distanza percorsa (km)	100
Tariffa fascia km del trasporto (euro)	250
Carico massimo su 2 scarrabili (metro stero)	64
Massa sterica del cippato (kg/metro stero)	268
Carico massimo trasportato (t)	17,152
Costo trasporto (euro/t)	14,576

TABELLA 9 - Prezzo massimo della materia prima per trasporto entro 100 e 15 km

Prezzo massimo della materia prima con contenuto idrico del 52%		Prezzo di vendita del pellet con contenuto idrico dell'8,39% (euro/t)
in un raggio di 100 km (euro/t)	in un raggio di 15 km (euro/t)	
46,00	49,35	180
57,29	60,63	200

superficie a vigneto della regione. Ipotizzando una distanza di trasporto di 100 km, tale da raggiungere tutti i vigneti localizzati nella zona meridionale della regione, da Gorizia a Pordenone, un sistema di trasporto con autocarro e rimorchio per il trasporto di due scarrabili per una capacità complessiva di 64 m³ e una tariffa a fascia chilometrica di 250 euro, risulta un costo di trasporto di 14,576 euro/t (tabella 8).

Punto di vista del contoterzista. Anche in questo caso è stato determinato il prezzo massimo di vendita applicabile per un raggio di approvvigionamento di 100 km tale da garantire un saggio di rendimento interno del pellettificio del 20% (tabella 9), posto a confronto con il prezzo massimo

applicabile nel caso di approvvigionamento entro 15 km.

Il prezzo massimo di vendita della materia prima è di poco inferiore a quello applicabile nel caso di raccolta entro 15 km di raggio. Se ne deduce, quindi, che il costo di trasporto entro un raggio di 100 km non incide in maniera sensibile sul costo di produzione del pellet. ●

Valter Francescato, Eliseo Antonini, Annalisa Paniz

Aiel - Associazione italiana energie agroforestali (Padova)
segreteria.aiel@cia.it

Stefano Grigolato

Dipartimento Tesaf - Facoltà di agraria - Università di Padova

Stefano Grigolato ha curato l'organizzazione dei cantieri e la logistica di conferimento e stoccaggio.

Un ringraziamento alla Cciaa di Gorizia per aver sostenuto questo progetto.

Si ringraziano Danilo Canesin (Cia Gorizia), Franco Mauro e le aziende agricole che hanno aderito al progetto.

Si ringrazia il pellettificio Biocalor (Romans d'Isonzo, Gorizia) e la Ditta Peruzzo (Curtarolo, Padova) per la collaborazione e il sostegno al progetto.

