

ATTI WORKSHOP ANCONA 22.12.06

Filiere legno cippato-energia in pianura e in ambiente alpino

Prof. Marco Fiala ¹, Dr.ssa Federica Pagliari ¹, Prof. Raffaele Cavalli ², Dr. Stefano Grigolato ²

1. PREMESSE

Da tempo il mondo occidentale discute di come limitare l'inquinamento e le emissioni di gas a effetto serra e, in argomento, sono oramai numerosi gli accordi internazionali, le leggi e le linee guida a cui fare riferimento. Inoltre, in molti Paesi, Italia compresa, è all'ordine del giorno il dibattito su quali soluzioni adottare per raggiungere una maggiore indipendenza energetica.

Relativamente a quest'ultimo aspetto, a seguito del notevole aumento del prezzo del greggio registratosi in questo ultimo biennio, la possibilità di ricorrere a bio-energie - argomento affrontato negli anni '80 e per lungo tempo lasciato in disparte - torna di grande attualità.

In particolare, l'interesse per le filiere biomassa-energia attuate mediante conversioni termochimiche (combustione, gassificazione, pirolisi) risulta oggi supportato – oltre che dai numerosi impianti realizzati in Italia – dalla rinnovata attenzione dimostrata sia dalla ricerca, sia dalle Istituzioni, sia dai maggiori gruppi operanti nel settore delle trasformazioni energetiche.

Nel più ristretto ambito dell'agricoltura, settore direttamente coinvolto nella filiera delle bio-energie, la situazione di crisi in cui versano alcuni prodotti convenzionali costituisce ulteriore motivo per guardare alla produzione di bio-combustibili sia come possibile alternativa produttiva, sia come elemento di multi-funzionalità, aspetto cardine della nuova PAC.

Poiché nella trasformazione energetica delle biomasse legnose le diverse tecnologie di conversione fanno parte di filiere complesse, risulta fondamentale studiare e ottimizzare in ogni aspetto e fase il legame esistente fra filiera e territorio a essa interessato, assicurando la perfetta integrazione.

Con tale intento, nell'ambito del progetto PRIN 2004 “*Studio di filiere per la produzione di energia da biomassa in Italia*”, si sono analizzate le filiere legno-energia concernenti:

- il legno cippato da Colture Legnose a Rapido Accrescimento (CLRA), nel contesto agricolo della Pianura Padana;
- il legno cippato da bosco, nel contesto agro-forestale delle zone prealpine e alpine.

2. LA FILIERA LEGNO-ENERGIA NELLA PIANURA PADANA

2.1 - Le Colture Legnose a Rapido Accrescimento: il potenziale e le possibilità di recupero

Il cippato da Colture Legnose a Rapido Accrescimento (CLRA) rappresenta un *prodotto principale* derivato da specifiche colture energetiche, attuate con specie arboree pollonifere, ceduate con turni frequenti (1, 2 o 5 anni a seconda della tecnica impiegata).

¹ Istituto di Ingegneria Agraria - Università degli Studi di Milano; via G. Celoria, 2 - 20133 Milano; marco.fiala@unimi.it : per la parte relativa a “Filiere legno-energia nella Pianura Padana”

² Dipartimento Territorio e Sistemi Agro-Forestali - Università degli Studi di Padova; Viale dell'Università, 16 - 35020 Legnaro (PD); raffaele.cavalli@unipd.it : per la parte relativa a “Filiere legno-energia nel contesto Alpino”

Tali piantagioni poliennali (durata 10-15 anni) sono oggetto di sperimentazione da circa un decennio, con particolare attenzione per pioppo, salice, robinia ed eucalipto e sono considerate le fonti di bio-combustibile legnoso più promettenti per le aree agricole italiane di pianura.

Per questo motivo, sono state vigorosamente sostenute da alcune Istituzioni Pubbliche con l'applicazione di contributi specifici anche se, al 2006, occupano una superficie ancora modesta, l'85% della quale nelle sole Regioni Lombardia e Veneto (**Tabella 1**).

Tabella 1 - CLRA: superfici destinate in Italia nel 2006. Fonte [CNER]

REGIONE	SUPERFICIE (ha)	MASSA DISPONIBILE (t _{ss} /anno) (§)
Lombardia	3150	31500
Veneto	1300	13000
Friuli	320	3200
Marche	70	700
Lazio	90	900
Umbria	160	1600
Emilia-Romagna	50	500
Piemonte	80	800
Toscana	10	100
TOTALE	5230	52300

Note: (§) calcolato sulla base di una umidità media U = 50%

Le CLRA, attuabili in presenza di elevati livelli di meccanizzazione con investimenti variabili da 1100 a 10000 piante/ha, forniscono produzioni legnose di 25-35 t_{iq}/ha-anno con un'umidità alla raccolta del 50-55%, impiegate sottoforma di scaglie. Considerando un Potere Calorifico Inferiore PCI = 18,8 MJ/kg_{ss}, l'equivalente energetico risulta pari a 3,3÷4,2 tep/ha-anno.

L'incremento della domanda di bio-combustibili, da un lato, e la possibilità di ottenere cospicui contributi destinando i terreni a colture energetiche, potrebbe portare, a breve, a una larga diffusione delle CLRA. Nel caso si raggiungessero 200000 ha, il contributo energetico sarebbe dell'ordine di 0,9÷1,3 Mtep/anno, pari allo 0,6÷0,9% del consumo energetico nazionale.

Non va, peraltro, sottovalutato che, in alcuni comprensori, in aggiunta ai benefici di ordine energetico e ambientale, l'introduzione delle CLRA può essere associata ad altri vantaggi, quali la protezione dall'erosione dei terreni e lo sviluppo occupazionale in distretti con economie locali in difficoltà.

Come già accennato, l'interesse del mondo agricolo verso questa soluzione è forte non solo perché il cippato rappresenta un buon bio-combustibile per la produzione di Energia Termica (ET) e/o di Energia Elettrica (EE) a basso impatto ambientale, ma anche perché le CLRA – nell'attuale fase congiunturale - sono considerate una possibile alternativa alle colture alimentari convenzionali.

Come spesso accade per le tematiche di grande respiro e di tipo multi-settoriale, quella delle bio-energie ha visto uno sviluppo impetuoso, alimentato da una lunga serie di interventi e di iniziative che, da un lato, hanno permesso agli agricoltori di scoprire interessanti possibilità e di evidenziare nuove prospettive di mercato ma, dall'altro, hanno anche sollevato qualche interrogativo.

In un settore che vede messa in discussione la redditività di molte colture alimentari, gli operatori mostrano, infatti, ancora grande incertezza nell'indirizzarsi verso le agro-energie, facendo fatica a individuare – nella moltitudine di proposte apparentemente vantaggiose messe loro a disposizione - quale sia la "svolta produttiva" da imprimere all'azienda agricola.

Del resto, è più che normale che tale svolta, per essere convincente, debba dimostrarsi tecnicamente percorribile, inserirsi e sostenersi in un *mercato reale e allargato* ma, soprattutto, assicurare una *ragionevole redditività*.

2.2 – Gli impianti di trasformazione energetica

Escludendo i numerosissimi dispositivi (caldaie, stufe, caminetti) dedicati alla copertura dei fabbisogni termici domestici (10-50 kW_t, per riscaldamento e produzione di acqua calda sanitaria), di norma alimentati manualmente con *legna in ciocchi* (con consumi stimati di 14-16 Mt_{tq}/anno), secondo i più recenti conteggi, gli impianti a biomasse legnose nel nostro Paese si possono suddividere in:

- 42 impianti di combustione per la produzione centralizzata di ET, distribuita mediante apposita rete interrata e coibentata a utenze domestiche e/o collettive (teleriscaldamento). Tali impianti (circa 230 MW_t complessivamente installati) sono prevalentemente ubicati nelle Regioni settentrionali, utilizzano *legno cippato di buona qualità*, proveniente da scarti di lavorazione (segherie, industria del legno) e dal settore forestale. La potenza media è compresa tra 2 e 10 MW_t e i rendimenti di conversione raggiungono il 75-85%; in alcuni casi si attua la cogenerazione, con produzione (mediante ciclo Rankine a fluido organico; ORC) di EE soprattutto nei mesi estivi, migliorando il rendimento complessivo e la redditività dell'impianto;
- 31 impianti di combustione di grande potenza dedicati alla produzione di EE venduta alla rete. Con circa 320 MW_e complessivamente installati, sono distribuiti in tutte le zone di Italia; presentano taglie di 5-20 MW_e (rendimento di conversione: 15-20%) e sono alimentati da *miscele di biomassa*, di norma composte da *scarti di lavorazione e legno cippato di modesta qualità* proveniente da vari settori o importato;
- poche unità di impianti di gassificazione di bassa potenza dedicati alla produzione di EE (50-400 kW_e; rendimento di conversione: 18-20%), generalmente ubicati in situazioni produttive caratterizzate da grande disponibilità di bio-combustibili legnosi con umidità inferiore al 20% (scarti di lavorazione, legno cippato di diversa provenienza).

I consumi assoluti di biomassa legnosa correlati a questo panorama impiantistico sono cospicui (circa **4,4 Mt_{tq}/anno**) e risulteranno sensibilmente più consistenti (circa **10,2 Mt_{tq}/anno**) se verranno messi in atto piani strategici di recente formulazione: in particolare, quello di alimentare alcune centrali elettriche a carbone attuando una co-combustione con il 5% di bio-combustibile e quello di convertire alcuni ex-zuccherifici in centrali dedicate a biomassa (**Tabella 2**).

Tabella 2 – Stima dell'attuale consumo di biomasse legnose in Italia [Fonte: Pari et al.; 2006 e successive elaborazioni]

TIPO IMPIANTO	N.	LOCALIZZ.	TIPO ENERGIA	POTENZA	CONSUMO BIOMASSA Mt _{tq} /anno
Teleriscaldamento	42	Nord 42 Centro - Sud -	ET ET+EE	220 MW _t	0,21
Centrali a biomassa dedicate	31	Nord 15 Centro 6 Sud 11	EE	320 MW _e	4,17
Co-combustione carbone	13	Nord 7 Centro 2 Sud 4	EE	450 MW _e	4,76
Riconversione zuccherifici	7	Nord 4 Centro 1 Sud 2	ET+EE	70 MW _e	1,02
TOTALE					10,16

In termini indicativi, per avere immediata percezione della biomassa necessaria per alimentare le varie tipologie impiantistiche e, quindi, delle dimensioni della superficie del *bacino di approvvigionamento*, si possono considerare i seguenti *consumi specifici* di bio-combustibile:

- 0,25 t_{ss}/MWh_t in impianti di combustione dedicati alla produzione di ET;
- 1,10 t_{ss}/MWh_t in impianti di combustione e di gassificazione dedicati alla produzione di EE.

2.3 – Le filiere

La maggior parte delle filiere legno-energia al servizio degli impianti attualmente in funzione hanno individuato nel settore dei residui e sottoprodotti dell'industria di lavorazione del legno le principali fonti di approvvigionamento. Esse risultano, tuttavia, sempre meno abbondanti e affidabili, tanto da ricorrere all'importazione di biomassa dai Paesi vicini (Francia, Austria, Slovenia), ma anche d'oltreoceano.

Pertanto, porre maggiore attenzione e valutare esattamente le possibilità connesse all'impiego dei bio-combustibili legnosi provenienti dal settore agricolo nazionale può risultare assai vantaggioso.

In termini generali, per le biomasse legnose di origine agricola si possono prospettare *due tipologie* di filiere energetiche:

- **filiera agricola** (o filiere aziendali) che comportano la *trasformazione interna* del bio-combustibile al fine di dare origine a *prodotti energetici a elevato valore aggiunto* (quali: la generazione/vendita di ET o EE, la produzione/vendita di pellet, la fornitura di “servizi energetici”) da offrire ad acquirenti esterni;
- **filiera agro-industriali** che comportano la *produzione e fornitura del bio-combustibile* destinato a impianti di combustione consortili dedicati alla produzione di ET, EE o ET+EE (cogenerazione).

Le prime si basano su tecnologie di conversione e impianti di piccola potenza – alcuni dei quali ancora difficilmente reperibili nel mercato – su una elevata imprenditorialità e sulla capacità di costituire “aggregazioni aziendali”. La valorizzazione dell'energia permette di ipotizzare, sulla carta, redditività interessanti, ma le reali possibilità di attuazione sono legate al superamento di molti vincoli, anche di natura normativa.

La realizzazione delle seconde fa riferimento a impianti di taglia medio-elevata e appare, viceversa, meno complessa; in esse, tuttavia, il settore agricolo - nelle vesti di mero fornitore di materia prima - viene di norma escluso dai benefici della valorizzazione dell'energia, trovandosi a essere in una situazione di “sudditanza” e caricandosi dei rischi relativi sia alla *collocazione sul mercato del prodotto*, sia della sua *redditività*. Aspetti, questi ultimi, che possono risultare meno limitanti con l'applicazione di specifiche misure di riconoscimento e promozione della filiera.

Nel caso delle filiere agro-industriali, questa prospettiva va, tuttavia, attentamente valutata in quanto, allo stato attuale, il *valore di mercato del bio-combustibile può non coprire il suo costo di produzione*. Infatti, la biomassa a destinazione energetica rappresenta ancora un prodotto di scarso valore aggiunto e, conseguentemente, il successo della filiera dipende dalla possibilità tecnica di ottenere rese produttive elevate al minor costo di produzione possibile.

La filiera del cippato da CLRA, a lungo studiata e da tempo applicata nel Nord-Europa su salice, va dunque verificata nel suo complesso e nei possibili adattamenti alle specifiche condizioni della nostra pianura.

Come detto, in Italia, l'attenzione si è focalizzata sul *pioppo* e, in misura minore, sulla *robinia*; tuttavia, vista l'esiguità delle superfici dedicate a queste piantagioni, si può comprendere come la loro gestione sia ancora lontana dalla consolidata pratica agricola che caratterizza i pioppeti a destinazione industriale (legno, cellulosa, compensati, ecc.) generalmente attuata in aree golenali.

Tutti gli attuali pioppeti da energia si debbono, quindi, ancora considerare campi sperimentali nei quali l'*impianto* e le successive *cure colturali* sono da ottimizzare a livello operativo (messa a punto di macchine adeguate, mancati attecchimenti, fabbisogni idrici e nutrizionali, insorgenza di patologie e di attacchi parassitari ecc.) per evitare insuccessi già nelle prime fasi della filiera. Anche

la fase di *raccolta-carico* e *trasporto* in azienda presenta ampi margini di miglioramento per quanto riguarda la meccanizzazione, la logistica e la conservazione del bio-combustibile prodotto.

2.4 – Scelte tecniche e operazioni di campo

Gli aspetti nodali su cui si gioca la riuscita di un impianto di pioppo da energia sono legati a:

- **sito e clone** - Il suolo agrario è occupato per *10-15 anni* e, con il materiale genetico oggi disponibile, la coltura risulta praticabile in vari terreni, meglio se freschi, con falda piuttosto superficiale, situati in pianura o in bassa collina;
- **turno di ceduzione** - Definisce il sesto d'impianto e la meccanizzazione della raccolta che, nel caso dei turni brevi, adotta schemi di lavoro analoghi a quelli in uso per alcune colture erbacee, mentre ricorre a quelli impiegati nel settore forestale con turni più prolungati. I tagli di produzione possono distinguersi in:
 - *annuale*: diffuso nel nord-Europa, presenta *densità di 10000-14000 piante/ha* ottenuta mediante file binate (bina 0,70-0,75 m, interfila 2,5-3,0 m, distanza sulla fila 0,5-0,6 m). Le piante giovani ($\varnothing_{\text{basale}} = 4-6$ cm, $H = 3,5-4,0$ m a fine 1° ciclo) danno origine ad abbondante cippato (25-30 t_{q} /ha·anno; $U = 55-60\%$) con molta corteccia e, quindi, di scarsa qualità (elevato tenore in ceneri alla combustione);
 - *biennale*: più adatto alle condizioni italiane rispetto alla soluzione precedente, presenta *densità di 5000-6000 piante/ha* ottenuta mediante file singole (interfila 2,5-3,0 m, distanza sulla fila di 0,5-0,6 m). Diametro e altezza dei fusti a fine turno ($\varnothing_{\text{basale}} \geq 8$ cm; $H = 5,0-6,0$ a fine 1° ciclo) possono dare problemi alle MO di raccolta messe a punto per turni annuali; il cippato prodotto presenta rese intermedie (15-20 t_{q} /ha·anno; $U = 50-55\%$) e un buon rapporto legno/corteccia;
 - *quinquennale*: pure idoneo alle nostre condizioni, si contraddistingue per la ridotta *densità (1100-1500 piante/ha)*, ottenuta con sestri di impianto 3,0 x 2,0 m. Diametro e altezza del fusto a fine turno ($\varnothing_{\text{basale}} \geq 22$ cm, $H = 15-18$ m a fine 1° ciclo), impongono macchine e tecniche di lavoro mutate dal settore forestale. Buone le rese (18-22 t_{q} /ha·anno; $U = 50-55\%$) e l'incidenza dei tessuti legnosi che conferisce elevata qualità al cippato;
- **operazioni di preimpianto** – Comprendono il *diserbo chimico e quello meccanico*, la *lavorazione primaria* (aratura a 40-60 cm), la *lavorazione secondaria* (erpicoltura) e la *concimazione di fondo*;
- **trapianto** – Si effettua in primavera e rappresenta un'operazione onerosa a causa sia dell'elevato impiego di manodopera, sia per il costo del materiale di propagazione (0,15-0,20 €/talea) che sfrutta la capacità germinativa del pioppo. Le *trapiantatrici*, specifiche e di recente sviluppo, sono in grado di mettere a dimora (verticalmente o orizzontalmente) *talee* di 22-25 cm o *astoni* di 1 m circa (**Figura1**);
- **cure colturali** - Effettuate sia nel post-trapianto, sia dopo ogni ceduzione, vanno attentamente valutate per contenere i costi di produzione. Trattasi delle operazioni di: *diserbo chimico*, *erpicoltura dell'interfila* (10-15 cm), *lotta antiparassitaria*, *irrigazione*.

La **raccolta** è effettuata, nel periodo invernale in assenza di foglie, con MO diverse a seconda del turno adottato:

- per *CLRA a turno annuale o biennale* si organizzano **cantieri a operazioni riunite** (taglio e cippatura contemporanei) che hanno il vantaggio di contenere il costo di produzione grazie all'unico passaggio in campo; tuttavia, causa l'umidità residuale del prodotto raccolto ($U = 50-55\%$) risulta problematica la conservazione del bio-combustibile che, dunque, va subito avviato all'impianto di conversione. Questa soluzione diventa, pertanto, congrua nel caso in cui

l'impianto di conversione generi esclusivamente calore finalizzato alla copertura di fabbisogni termici civili concentrati nei mesi invernali;

- per *CLRA a turno quinquennale* si adottano **cantieri a operazioni separate** (cippatura successiva al taglio), sminuzzando piante intere tagliate anche alcuni mesi prima ed essiccate all'aria aperta; così operando, il bio-combustibile che ne deriva può essere immediatamente impiegato oppure stoccato senza particolari problemi. Questa soluzione operativa, permettendo di rifornire con continuità l'impianto di conversione, risulta indicata nella produzione di EE (o di ET + EE), effettuata durante l'intero arco dell'anno. Al riguardo, va tuttavia considerata anche la possibilità di allestire cantieri a operazioni riunite basati su MO in grado di produrre un cippato grossolano (*pezzatrici*) che faciliti l'essiccazione naturale³ in cumulo, minimizzando i costi di stoccaggio/conservazione presso l'impianto.

		
Impianto: pioppo, talee, 1 fila Turno: biennale Potenza assorbita: 25-30 kW Velocità avanzam.: 0,8-1,0 km/h Addetti: 4 Capacità lav.: 1750 talee/h	Impianto: pioppo, talee, 2 file singole o una binata Turno: annuale, biennale Potenza assorbita: 60-70 kW Velocità avanzam.: 1,2-1,8 km/h Addetti: 3-4 Capacità lav. 2500-3000 talee/h	Impianto: pioppo, talee, 1 fila Turno: biennale Potenza assorbita: 40-45 kW Velocità avanzam.: 1,1-1,2 km/h Addetti: 3 Capacità lav.: 1900 talee/h
		
Impianto: pioppo, talee, 2 file Turno: biennale Potenza assorbita: 35-40 kW Velocità avanzam.: 1,8-2,0 km/h Addetti: 2 Produttività: 1800 talee/h	Impianto: pioppo, astoni, 2 file Turno: biennale Potenza assorbita: 30-40 kW Velocità avanzam.: 1,8-2,2 km/h Addetti: 4 Produttività: 2300 astoni/h	Impianto: pioppo, astoni, 1 fila Turno: quinquennale Potenza assorbita: 25-30 kW Velocità avanzam.: 2,0-2,2 km/h Addetti: 3 Produttività: 370 astoni/h

Figura 1 – Alcune trapiantatrici per pioppo. In alto modelli per trapianto verticale di talee; in basso: modelli per trapianto orizzontale (a sinistra) di talee e (in mezzo) di astoni; trapiantatrice verticale di astoni (a destra) [Fonti: Rotor, Spapperi, Berto, CNER, DEIAFA-ISP, Alasia].

CLRA a turno annuale e biennale – Tipicamente si raccolgono mediante apposite **tagliacippatrici** montate su macchine semoventi o accoppiate a trattori.

Nel primo caso, si ricorre a falcia-trincia-caricatrici convenzionali (FTC) equipaggiate con “testate” specifiche per CLRA, di provenienza sia estera sia italiana e oggetto di numerose sperimentazioni nelle nostre campagne (**Figura 2**, a sinistra). Questa soluzione, caratterizzata da elevati investimenti e grande capacità operativa di lavoro (25-35 t_q/h), meglio si adatta alla cippatura di polloni numerosi ma di diametro contenuto (6-8 cm; turno annuale), anche se recentemente è stata

³ La densità apparente di questo materiale è 150-180 kg/m³, contro 250-300 kg/m³ del cippato comune. La maggiore granulometria favorisce l'aerazione all'interno del cumulo e, quindi, l'essiccazione naturale del prodotto.

realizzata ⁴ una testata in grado di lavorare con polloni di $\varnothing_{\text{basale}} = 10-12$ cm (turno biennale). Questo sistema, poichè la FTC è impiegabile anche per la raccolta dei foraggi, offre il vantaggio di minimizzare i costi di esercizio della MO, risultando quindi particolarmente adatta per aziende di grandi dimensioni o per imprese di servizi agro-meccanici.

Le MO accoppiate a trattori (di elevata potenza) sono, invece, generalmente caratterizzate da investimenti più modesti e di minor produttività (6-8 t_q/h). Presentano dimensioni più contenute e maggior manovrabilità; appaiono, quindi, indicate per piccoli appezzamenti, di estensione tale da non giustificare il trasferimento delle macchine semoventi.

Una di queste MO, semiportata, derivata da una cippatrice forestale, è anteriormente costituita di due tamburi verticali dotati di seghe circolari per il taglio basale dei polloni ed è accoppiata a un trattore a guida reversibile (**Figura 2**, in mezzo). Un altro modello di concezione innovativa, è portato anteriormente dal trattore e presenta la sega circolare per il taglio dei polloni alla base di un cilindro verticale la cui superficie è avvolta da una robusta lama a spirale, dotata di coltelli verticali per la produzione di cippato grossolano (**Figura 2**, a destra).

		
		
<p>Impianto: pioppo, 1 fila; 2 file binate Turno: annuale, biennale Pezzatura: fine (< 4,5 cm) Potenza motore: 300-350 kW Addetti: 1 Produttività: 28-34 t_q/h \varnothing_{max}: 6-8 cm (10-12 cm)</p>	<p>Impianto: pioppo, 1 fila Turno: biennale Pezzatura: fine (< 4,5 cm) Potenza assorbita: 80-85 kW Addetti: 1 Produttività: 6-7 t_q/h \varnothing_{max}: 8-10 cm</p>	<p>Impianto: pioppo, 1 fila Turno: biennale Pezzatura: grossolana (10 cm) Potenza assorbita: 80-85 kW Addetti: 1 Produttività: 3-4 t_q/h \varnothing_{max}: 6-7 cm</p>

Figura 2 – Raccolta di pioppo in turno annuale e biennale. Da sinistra: FTC semovente; testata cippatrice semiportata; testata “pezzatrice” per cippato grossolano [Fonti: Claas, Spapperi, LWF].

Tutti i cantieri di lavoro basati sull’impiego di queste MO comportano solitamente una prima movimentazione del bio-combustibile dall’appezzamento al centro aziendale (*trasporto intra-aziendale*, 0,5-3,0 km). Successivamente, il trasporto *extra-aziendale*, cioè verso l’impianto di conversione che dovrebbe essere ubicato a non più di 50-60 km di distanza per contenere il costo del bio-combustibile a bocca d’impianto, si realizza mediante autotreni (80-90 m³, corrispondenti a 20-30 t_q di cippato), caricati in azienda mediante trattore dotato di pala anteriore.

I cantieri di lavoro attualmente più diffusi sono riassunti nello schema seguente.

⁴ Sviluppata dal CNER (Consorzio Nazionale Energie Rinnovabili), con sede a Padova - via Verdi, 22.

FASE	CLRA → MO e CANTIERI DI LAVORO
Raccolta	(a) taglia-cippatrice su FTC semovente [1 ul]; (b) taglia-cippatrice accoppiata [1 ul];
Carico e Trasporto	carico/trasporto intra-aziendale con (a) e (b): TR + carri per foraggi [2-4 ul] verso stoccaggi limitrofi (0,5-3 km) nei quali stoccare il bio-combustibile cippato, costituiti da: <input type="checkbox"/> (1) aree di primo stoccaggio nel centro aziendale; (2) aree intermedie, dislocate nel bacino energetico, in base alla sua conformazione e alle necessità logistiche. Da qui il carico/trasporto extra-aziendale (50-60 km) si realizza con TR + caricatore [1 ul] + autocarro (90 m ³), verso <input type="checkbox"/> (3) area di supporto logistico dell'impianto con impiego immediato del bio-combustibile umido, a pezzatura fine (generazione ET) ovvero differito nel tempo del bio-combustibile umido a pezzatura grossolana (generazione EE; ET+EE)

CLRA a turno quinquennale – Le dimensioni delle piante alla ceduzione non consentono l'uso delle taglia-cippatrici, è necessario ricorrere a MO forestali o normalmente impiegate nella pioppicoltura convenzionale. Nonostante le modalità operative più complesse, il turno prolungato offre alcuni vantaggi rispetto a quello breve: al maggior pregio del bio-combustibile (miglior rapporto legno/corteccia) si aggiunge una maggiore flessibilità gestionale, potendosi all'occorrenza posticipare la raccolta di uno o più anni senza mutare l'assetto organizzativo. Da non sottovalutare, infine, la possibilità di produrre assortimenti legnosi misti (legna da ardere o da segheria e cippato) a diverso valore aggiunto.

I cantieri di lavoro finora sperimentati sono fra loro simili (**Figura 3**): prevedono una *macchina abbattitrice* (accoppiata a escavatori o motrici forestali) che taglia e accumula gli alberi i quali sono successivamente sminuzzati mediante una *cippatrice* che opera in campo scaricando su *carri per foraggio* adibiti al trasporto intra-aziendale, piuttosto che a bordo campo scaricando il bio-combustibile direttamente su *autotreni* deputati al trasporto verso l'impianto di conversione.

		
Impianto: pioppo, 1 fila Turno: quinquennale Peso: 700 kg Potenza motore: 70 kW Addetti: 1 Produttività: 8 t _q /h \varnothing_{\max} : < 35 cm	Impianto: pioppo, 1 fila Turno: quinquennale Peso: 560 kg Potenza motore: 90 kW Addetti: 1 Produttività: 6,5 t _q /h \varnothing_{\max} : < 32 cm	Impianto: pioppo, 1 fila Turno: quinquennale Peso: 1270 kg Potenza motore: 160 kW Addetti: 1 Produttività: 18 t _q /h \varnothing_{\max} : < 65 cm

Figura 3 – Raccolta di pioppo in turno quinquennale. Da sinistra: abbattitrice-accumulatrice con sega a disco applicata a minicaricatore; abbattitrice-accumulatrice con cesoia applicata a escavatore gommato; testa di abbattimento e accatastamento (feller-buncher) con sega a catena applicata a motrice forestale [Fonti: Davco, Naarva, Timberjack].

2.5 - Sostenibilità delle filiere

La sostenibilità delle filiere energetiche che prevedono l'impiego di bio-combustibili legnosi provenienti dal settore agricolo, deve fare i conti - oltre che sulla disponibilità di MO affidabili e organizzate in specifici cantieri di recupero - sulla possibilità di prospettare agli operatori agricoli intenzionati a investire in questa nuova attività produttiva un congruo tornaconto.

La valutazione della convenienza economica delle CLRA è fortemente condizionata, oltre che dal prezzo di vendita, dalla resa in bio-combustibile e dal suo costo di produzione. Purtroppo, il

carattere ancora innovativo e sperimentale di tali colture non permette di utilizzare, come è invece possibile per le colture convenzionali, dati consolidati.

Le possibilità offerte dai nuovi cloni di pioppo, il perfezionamento sia delle tecniche agronomiche sia delle operazioni di raccolta, comportano la continua riduzione dei costi di produzione; tuttavia, il prezzo di vendita del bio-combustibile - non esistendo ancora un mercato organizzato e strutturato - risulta fortemente condizionato da parametri occasionali, spesso di carattere locale.

Per il legno cippato di diversa natura e provenienza, difatti, la “forbice” dei prezzi risulta molto aperta variando, indicativamente, tra *minimi di 20-30 €/t_{iq}* per forniture di grosse quantità di bio-combustibile di scarsa qualità a impianti di elevata potenza, a *massimi di 55-65 €/t_{iq}* per bio-combustibile di buona qualità destinato a impianti di generazione termica di piccola e media taglia (teleriscaldamento, caldaie consortili). Al riguardo, il prodotto proveniente da CLRA in rotazione quinquennale, vista l’ottima qualità, è meglio valorizzabile rispetto a quello da ceduzione biennale e, ancor di più, a quello annuale.

Non va, peraltro, trascurato che la redditività delle CLRA si avvantaggia anche di *contributi pubblici*, quali l'applicazione di misure specifiche contenute nei Piani di Sviluppo Rurale adottati da alcune Regioni o, in alternativa a questi, ma assai meno consistenti, di contributi comunitari ⁵.

E’ del tutto evidente che tale situazione sfumata non agevola certamente l'agricoltore nella scelta strategica di una svolta nell'ordinamento culturale e nell'organizzazione produttiva della propria azienda.

In tal senso, la possibilità di valutare accuratamente i costi della meccanizzazione risulta indispensabile per aiutare gli agricoltori a compiere scelte tecniche razionali.

Tuttavia, come già menzionato, le informazioni all’oggi disponibili su costi e redditività del pioppo da energia risultano incompleti e, a volte, addirittura contraddittori; l’analisi economica spesso riguarda la sola fase di raccolta del cippato, omettendo il calcolo dei costi di trasporto in azienda e, soprattutto, tutte le altre operazioni comprese nel ciclo produttivo (pre-impianto e impianto, cure colturali, ripristino finale del terreno).

Per rispondere a questa necessità, è sembrato opportuno mettere a punto un modello di calcolo dei costi dei cantieri di lavoro impiegati nella produzione di cippato da CLRA, che fosse applicabile in vari scenari aziendali e che computasse il costo unitario di produzione (€/t_{ss}) cumulativo per tutta la durata dell’impianto.

Il modello, sviluppato in ambiente Microsoft Office Excel, è basato sul calcolo di Costi Fissi e Costi Variabili delle Macchine Operatrici (MO) presenti nel parco aziendale, relativi alla quota di impiego nelle operazioni svolte per la CLRA. Considerate le ridotte dimensioni delle aziende italiane, il programma permette di considerare anche operazioni svolte da imprese di servizi agro-meccanici.

Oltre alla PLV calcolata in base al prezzo medio di mercato del bio-combustibile, sono conteggiabili eventuali contributi spettanti a sostegno della CLRA, quantificando così la *redditività* ottenibile dalla coltura.

Il software utilizza un DBase appositamente creato contenente parametri tecnico-economici di varie MO (capacità operativa, potenza assorbita, valore a nuovo, ecc.), ricavati sia dalla letteratura sia da rilievi sperimentali di campo e consente la valutazione di scenari produttivi in ambiti di pianura, caratterizzati da diverse dimensioni aziendali e da una percentuale di SAU dedicata a CLRA progressivamente crescente.

⁵ Il Regolamento 1782/2003 prevede un contributo di 45 €/ha per le superfici seminate a colture energetiche. L'aiuto è concesso soltanto per le superfici la cui produzione forma oggetto di un contratto stipulato tra l'agricoltore e l'industria di trasformazione, salvo nel caso in cui la trasformazione sia effettuata dall'agricoltore stesso nell'azienda.

In questo modo si è voluto mettere a punto uno strumento obiettivo e rigoroso per analizzare costi e benefici correlati a una *ipotesi di riconversione* (parziale o totale) di un'azienda di pianura a ordinamento produttivo convenzionale interessata a investire nel settore agro-energetico.

La possibilità di convertire a CLRA solo parte della SAU appare realistica: è, infatti, ragionevole pensare che l'imprenditore agricolo - posto di fronte alla possibilità di abbandonare le colture tradizionali per effettuare un investimento impegnativo e rischioso come quello della produzione di pioppo da energia - voglia optare, almeno inizialmente, per una conversione parziale della propria SAU.

Del resto, in tale situazione, oltre alle eventuali MO dedicate alla CLRA appositamente acquistate o noleggiate, nel parco aziendale già si trovano MO utilizzabili su entrambe le tipologie colturali, ripartendo i costi di esercizio proporzionalmente all'impiego annuo nei diversi comparti produttivi.

In relazione al contesto della realtà agricola della Pianura Padana, sono state, dunque, effettuate simulazioni ipotizzando una serie di scenari di trasformazione aziendale da colture tradizionali (generalmente alimentari) a CLRA esaminando, da un lato, la sola "*ipotesi di mercato*" cioè in assenza di sostegni economici pubblici e, dall'altro, la "*ipotesi con contributo*" che prevede, a integrazione della PLV, il computo degli aiuti della Comunità Europea per le colture energetiche ovvero quelli previsti dai PSR.

Per ogni esempio di conversione aziendale è poi possibile prendere in considerazione differenti livelli di meccanizzazione e, quindi, un diverso ricorso alle imprese di servizi agro-meccanici. Il tutto con riferimento al più diffuso pioppo in ceduzione biennale, alle macchine e ai cantieri descritti in precedenza.

I grafici riportati in **Figura 4** e **5** costituiscono un esempio dei risultati dell'applicazione di tale metodo, mostrando l'andamento del **costo di produzione** (€t_{ss} , franco azienda) e della **redditività** (€t_{ss}) del pioppo da energia introdotto in un'azienda di pianura con SAU di 60 ha, partendo da una quota di 5 ha dedicata alla coltura energetica, fino ad arrivare alla conversione completa.

Relativamente ai **costi**, le curve sono ricavate prevedendo, durante i 15 anni del ciclo della CLRA, l'impiego del parco aziendale (trattori e MO), distribuendo gli interventi delle macchine a seconda delle necessità colturali sia sulla quota di SAU a CLRA, sia su quella convenzionalmente coltivata secondo quanto sinteticamente riportato in **Tabella 3**.

Nell'esempio dell'azienda da 60 ha riportato, tenendo conto sia della specificità dell'operazione sia della probabile consistenza del parco macchine aziendale, il *trapianto* delle talee, parte del *trasporto* del bio-combustibile fino al centro aziendale (distanza: 2 km) e il *ripristino finale* del terreno, sono operazioni sempre eseguite da imprese di servizi agro-meccanici (contoterzisti), valorizzate nel calcolo del costo di produzione in base alle *tariffe* attualmente praticate nella Pianura Padana.

Per quanto riguarda i *fattori di produzione* (fertilizzanti, diserbanti, anticrittogamici, acqua ecc.), l'analisi qui riportata considera *livelli medi* di applicazione (**Tabella 4**).

Sul fronte dei **ricavi**, per permettere una valutazione comparata, si sono considerate due diverse *produzioni di bio-combustibile*:

- *resa bassa*, 25 $t_{iq}/ha\cdot anno$ ($U = 55\%$; 11,2 $t_{ss}/ha\cdot anno$), corrispondente a quelle finora riscontrate e riportate in bibliografia;
- *resa elevata*, 35 $t_{iq}/ha\cdot anno$ ($U = 55\%$; 15,7 $t_{ss}/ha\cdot anno$), corrispondente a quella ottenibile con taluni nuovi cloni di pioppo.

Inoltre, le prestazioni economiche sono rappresentate sia:

- in presenza di benefici derivanti dai contributi pubblici (situazione di *mercato sostenuto*) – facendo, nella fattispecie, riferimento agli importi riconosciuti dalla Regione Lombardia (PSR 2001-2006: fino a 3150 €/ha all'impianto; fino a 620 €/ha al 1° e 2° anno per manutenzioni; fino a 725 €/ha dal 1° al 15° anno per mancato reddito);

□ in assenza di contributi (situazione di *mercato non sostenuto*).

Tabella 3 – Azienda di pianura con SAU di 60 ha: MO e loro impiego nella meccanizzazione aziendale (SAU convenzionale e SAU destinata a CLRA)

OPERAZIONE	MACCHINE OPERATRICI		TIPO ACCOPP., DIMENSIONE (*)	IMPIEGO ANNI e [NUMERO di PASSAGGI]	
				su CLRA	su SAU convenzionale
Diserbo (rizomatose)	Irroratrice	parco aziendale	PP, 15 m, 1000 dm ³	1-2 [1]	-
Diserbo (non rizomatose)	Irroratrice	parco aziendale	PP, 15 m, 1000 dm ³	2 [1]	da 1 a 15 [1]
Lavorazione 1aria	Aratro versoio	parco aziendale	P, bivomere	2 [1]	da 1 a 15 [1]
Lavorazione 2aria	Erpice rotativo	parco aziendale	PP, 2,40 m	2 [1]	da 1 a 15 [1]
Concimazione P e K	Spandiconcime centrifugo	parco aziendale	PP, 1500 dm ³	2 [1]	da 1 a 15 [1]
Trapianto talee	Trapiantatrice	impresa di servizi	T, monofila	2 [1]	-
Diserbo	Irroratrice	parco aziendale	PP, 15 m, 1000 dm ³	4-6-8-10-12-14 [1]	-
Concimazione N	Spandiconcime centrifugo	parco aziendale	PP, 1500 dm ³	3-5-7-9-11-13-15 [1]	da 1 a 15 [1]
Diserbo meccanico	Erpice rotativo	parco aziendale	PP, 2,40 m	da 2 a 15 [3]	-
Trattamento antiparassitario	Irroratrice	parco aziendale	PP, 15 m, 1000 dm ³	4-6-8-10-12-14 [1]	da 1 a 15 [1]
Taglio e cippatura	Testata cippatrice	parco az. o impresa di servizi	Semovente	3-5-7-9-11-13-15 [1]	-
Carico e trasporto in azienda	Rimorchi	parco az. e impresa di servizi	T, 22 m ³	3-5-7-9-11-13-15 [1]	da 1 a 15 [1]
Ripristino finale	Zappatrice	impresa di servizi	P, 1,2 m	15 [1]	-

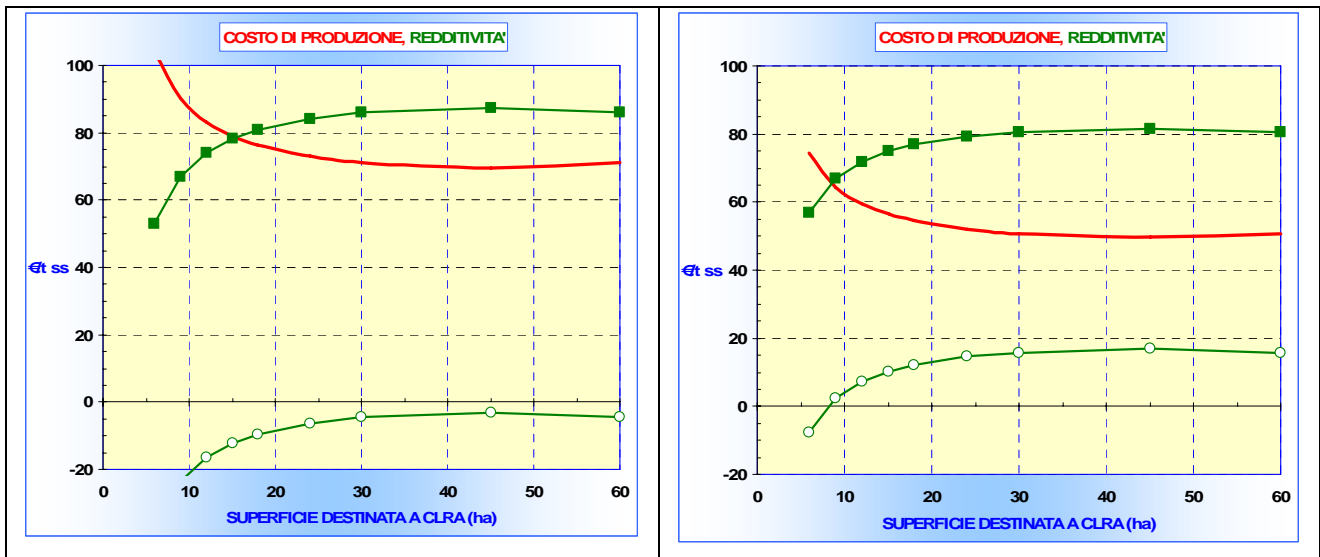
Note: (*) PP = accoppiamento portato con pdp; P = accoppiamento portato senza pdp; T = accoppiamento trainato

Tabella 4 – Livelli dei fattori di produzione imputabili nel modello di calcolo della redditività del pioppo da energia

FATTORE PRODUTTIVO	UNITA' MISURA	LIVELLO		
		BASSO	MEDIO	ALTO
Concimazione azotata di fondo	kg/ha	80	100	120
Concimazione fosfatica di fondo	kg/ha	210	260	310
Concimazione potassica di fondo	kg/ha	180	230	280
Concimazione azotata in copertura	kg/ha·anno	50	60	70
Antiparassitari	kg/ha·ciclo	19	24	29
Erbicidi	kg/ha·ciclo	30	40	50
Acqua	m ³ /ha·anno	300	400	500

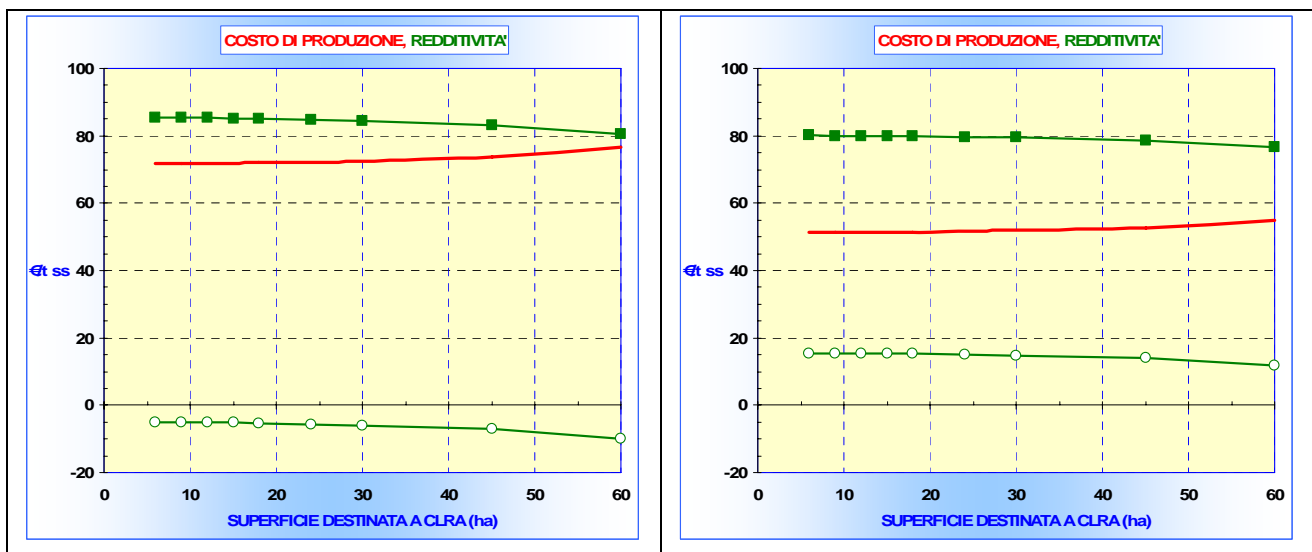
La **Figura 4** evidenzia i risultati economici correlati all'impiego di *taglia-cippatrici di proprietà aziendale*, in particolare quella accoppiata a trattore (capacità di lavoro: 0,3-0,4 ha/h).

Una alternativa assai diffusa (**Figura 5**) prevede, invece, che la *raccolta venga eseguita da imprese di servizi agro-meccanici* mediante taglia-cippatrice montata su FTC (capacità di lavoro: 1,7-1,8 ha/h).



Legenda: (—) costo di produzione; (■) redditività con contributi; (○) redditività senza contributi

Figura 4 – Prestazioni economiche ottenibili nella riconversione a CLRA (pioppo biennale; 15 anni) di una azienda con SAU di 60 ha con resa di cippato pari a 25 t_{iq}/ha·anno (a sinistra) e 35 t_{iq}/ha·anno (a destra). Dal punto di vista organizzativo, con il parco macchine aziendale vengono svolte tutte le operazioni connesse alla CLRA compresa la **raccolta** (taglia-cippatrice accoppiata a trattore) con esclusione di: **trapianto**, **trasporto** (1 carro su 2) e **ripristino finale**, eseguite da contoterzisti.



Legenda: (—) costo di produzione; (■) redditività con contributi; (○) redditività senza contributi

Figura 5 – Prestazioni economiche ottenibili nella riconversione a CLRA (pioppo biennale; 15 anni) di una azienda con SAU di 60 ha con resa di cippato pari a 25 t_{iq}/ha·anno (a sinistra) e 35 t_{iq}/ha·anno (a destra). Dal punto di vista organizzativo, con il parco macchine aziendale vengono svolte tutte le operazioni connesse alla CLRA con esclusione di: **trapianto**, **raccolta** (taglia-cippatrice montata su FTC semovente), **trasporto** (2 carri su 3) e **ripristino finale**, eseguite da contoterzisti.

Dal confronto fra le due forme organizzative applicate in un'azienda con SAU di 60 ha e nelle ipotesi di calcolo sopra menzionate, è possibile rilevare che: il **costo di produzione** dipende dalle modalità con cui si esegue la raccolta; con resa di cippato *bassa* (25 t_{iq}/ha·anno) può ridursi fino a circa 70 €/t_{ss}; tuttavia, eseguendo la raccolta con MO di proprietà, tale valore viene raggiunto e si stabilizza solo convertendo almeno il 50% della SAU aziendale. Viceversa, ricorrendo anche per la

raccolta a imprese di servizi agro-meccanici, il costo di produzione risulta praticamente indipendente dalla quota di SAU convertita a CLRA. Con resa *elevata* (35 t_{iq}/ha·anno) il costo di produzione, come ovvio, presenta analogo andamento, ma si riduce fino a 50 €/t_{ss}.

Sulla base di un *prezzo medio del bio-combustibile* di 30 €/t_{iq}, a U = 55% il **ricavo** specifico derivante dalla vendita del bio-combustibile risulta pari a 67 €/t_{ss}. A questa voce di entrata vanno ad aggiungersi i contributi pubblici (quelli massimi della Regione Lombardia negli esempi riportati) pari a 92 e 66 €/t_{ss} per rese di cippato, rispettivamente, basse (25 t_{iq}/ha·anno) ed elevate (35 t_{iq}/ha·anno).

Per quanto riguarda la **redditività**, in assenza di contributi pubblici, la produzione di cippato rappresenta il parametro determinante. Difatti *per rese basse, il pareggio economico viene sfiorato* – ma di fatto non raggiunto – sia nel caso di raccolta effettuata da imprese di servizio mediante testata + FTC, sia nel caso di taglia-cippatrice accoppiata di proprietà aziendale; in quest’ultima forma organizzativa occorre, tuttavia, minimizzare i costi di produzione e, quindi, convertire a CLRA almeno 30 ha della SAU totale. Nonostante l’assenza di sostegno, la *redditività della coltura diventa positiva* (anche se per soli 15-18 €/t_{ss}) adottando cloni di pioppo in grado di garantire rese elevate. Va da sé che, entrando in gioco i contributi pubblici, le performances economiche della coltura subiscono un netto miglioramento, assestandosi su 80-85 €/t_{ss}, indipendentemente dalla quota di SAU convertita nel caso di pressoché completo ricorso a contoterzisti, con almeno il 50% destinata a CLRA avendo invece investito nell’acquisto di una taglia-cippatrice aziendale.

Generalizzando e riferendo tali risultati alla superficie coltivata è possibile concludere, negli esempi considerati, che:

- disponendo di impianti con rese di cippato dell’ordine di 25 t_{iq}/ha·anno, l’agricoltore ottiene redditi netti positivi solo grazie ai contributi pubblici, raggiungendo 900-950 €/ha·anno nel caso di percepimento di quelli massimi riconosciuti dalla Regione Lombardia fino al 2006;
- disponendo di cloni in grado di fornire 35 t_{iq}/ha·anno di cippato, un modesto guadagno (250-300 €/ha·anno) è raggiungibile anche in situazione di mercato non sostenuto; naturalmente, i redditi netti possono raggiungere valori molto più elevati (1200-1300 €/ha·anno) qualora si acceda ai predetti contributi.

Va da sé che qualora il mercato riconoscesse al cippato da CLRA prezzi più alti, nell’ambito del medesimo scenario, il quadro economico migliorerebbe proporzionalmente.

Come detto in precedenza, i costi di trasporto del cippato contemplati negli esempi sopra riportati riguardano solo i tragitti intra-aziendali. In argomento, per la movimentazione extra-aziendale è da osservare che, impiegando *scarrabili* della capacità di carico di 64 m³ (pari a circa 17-18 t_{iq} di cippato), i costi medi di trasporto all’impianto di trasformazione sono nell’ordine di 0,55 €/km·t_{iq} nel di raggio 10 km, corrispondenti a 80-90 €/carico; 0,20 €/km·t_{iq} nel raggio di 50 km, pari a 150-160 €/carico; 0,16 €/km·t_{iq} nel raggio di 100 km, ossia 240-250 €/carico.

3. LA FILIERA LEGNO-ENERGIA NEL CONTESTO ALPINO

3.1 – Le risorse forestali

L’impiego di risorse forestali a fini energetici per impianti di piccole e medie dimensioni (da 0,2 a 1 MW_t) alimentati a cippato si presenta complesso e ancora poco diffuso (**Figura 7**). Questo bio-combustibile, infatti, presenta sostanziali differenze rispetto al cippato proveniente dalle industrie di lavorazione del legno che risulta un prodotto più omogeneo e “pronto all’uso”; l’offerta del comparto forestale si presenta, al contrario, meno omogenea, meno costante e meno “puntuale”.

E’, di conseguenza, necessario studiare le modalità di approvvigionamento di cippato forestale, non solo dal punto di vista del potenziale e della distribuzione della biomassa ma, in particolare, in

relazione alla convenienza della filiera e alla qualità del bio-combustibile richiesta dalle attuali tecnologie degli impianti di trasformazione energetica.

Allo stato attuale, l'approvvigionamento di biomassa forestale in ambiente alpino evidenzia un'offerta poco strutturata e, spesso, delocalizzata rispetto alla domanda. Le cause di questa situazione sono molteplici e riguardano, in particolar modo, gli aspetti strutturali del sistema foresta-legno: la disponibilità del materiale, la dotazione tecnologica delle imprese boschive, l'accessibilità alla risorsa, la qualità dei bio-combustibili ricavabili e la tipologia di domanda.

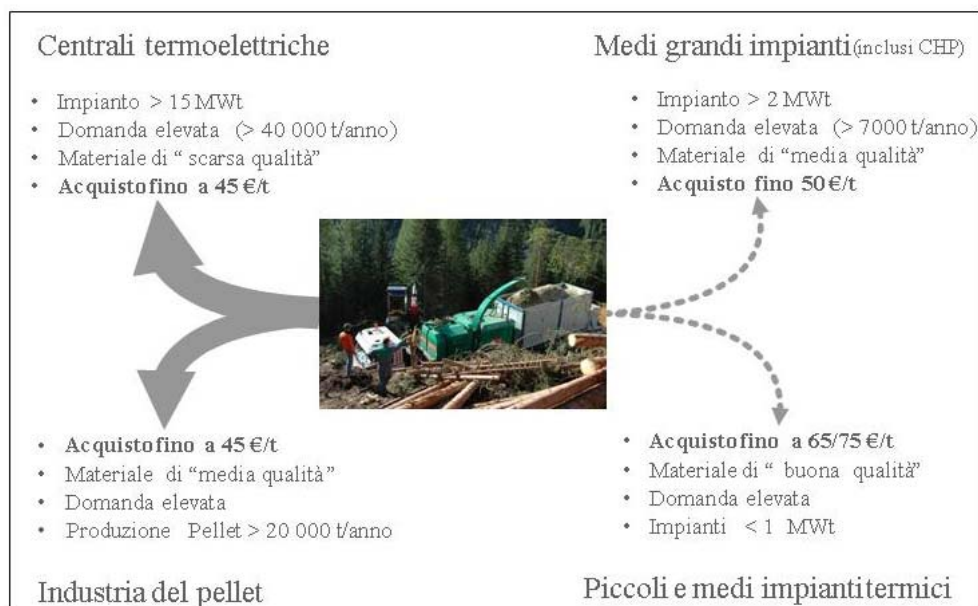


Figura 7 - Attuale destinazione di cippato da residui delle utilizzazioni forestali in ambiente alpino. Il conferimento verso piccoli e medi impianti è pressoché inesistente, poiché questo prodotto non si adatta alle tecnologie di combustione in uso.

Dal punto di vista del reperimento del materiale legnoso per usi energetici, la disponibilità dipende fortemente dalla sua localizzazione rispetto all'impianto di conversione. In particolare, la *disponibilità potenziale* di biomassa forestale in ambiente alpino si può ricavare attraverso le indicazioni di gestione dei piani di assestamento e dai piani di taglio. Il legname tagliato è destinato principalmente alla segagione, ma una parte - nei limiti della sua conveniente valorizzazione economica - può essere destinata alla filiera legno-energia. Si deve, infatti, sottolineare che l'interesse nei confronti delle biomasse forestali rimane forte fin tanto che il materiale recuperabile presenti un costo nullo a bordo strada.

3.2 - Utilizzazioni e recupero di biomassa forestale

Nel contesto delle ordinarie utilizzazioni forestali in ambiente alpino (in particolare per le conifere), per materiale a costo nullo a bordo strada si intendono i residui accumulati all'imposto successivamente alla sramatura e sezionatura degli alberi. La disponibilità di bio-combustibile all'interno del comprensorio dipende, di conseguenza, dalla tipologia di sistema di utilizzazione che viene impiegato.

L'*esbosco all'imposto di alberi interi o parzialmente sramati* rappresenta la condizione ottimale per avere una certa disponibilità di materiale residuo a bordo strada. Tale sistema, infatti, prevede l'esbosco di alberi interi mediante gru a cavo o per mezzo di trattori con telaio autoportante snodato (*skidder*). Di seguito le operazioni di sramatura e sezionatura avvengono a bordo strada per mezzo di macchine operatrici combinate composte da una testata srama-sezionatrice (*processor*) montata su

escavatore oppure portata da trattore, permettendo l'accatastamento di ramaglie e cimali di scarto in loco. Con questo sistema la biomassa recuperata si presenta in una condizione favorevole all'organizzazione del cantiere di cippatura.

Per lavorare in modo efficiente è fondamentale verificare che gli spazi all'imposto o a bordo strada siano sufficienti ad accatastare il materiale di scarto in una posizione facilmente accessibile sia per le operazioni di cippatura, sia per quelle di manovra dei mezzi di trasporto (autocarro e rimorchi o trattore e rimorchio). Condizioni di spazio insufficienti determinano produttività di cantiere basse e costi elevati di produzione.

3.3 - Cantieri di cippatura

La produttività di un cantiere di cippatura può variare sensibilmente a seconda della potenza della macchina, delle condizioni di cantiere e della disposizione, tipologia e dimensione della biomassa da cippare (**Figura 8**).

Tendenzialmente il costo del cantiere basato sull'impiego di cippatrici di elevata potenza (oltre i 200 kW) può variare da 12 a 17 €/t_{iq} (U = 50%). In alcuni cantieri con limitati spazi di manovra, il costo ha raggiunto anche 20-22 €/t_{iq}.



Figura 8 – Esempio di cantiere in contesto alpino che prevede la cippatura di alberi interi abbattuti da non più di una settimana. Il cippato viene successivamente trasportato con autotreno a un impianto di teleriscaldamento localizzato a 65 km di distanza.

Il costo di trasporto può variare da 0,18 fino a 0,25 €/km·t_{iq} di cippato tal quale facendo ricorso a autocarro (capacità di carico: 36 m³); impiegando, invece, un autotreno (capacità 80 m³), tale costo varia da 0,08 a 0,12 €/km·t_{iq}.

Ad un prezzo di acquisto stabilito dai grandi impianti termoelettrici di 45 €/t_{iq}, la massima distanza economicamente conveniente con l'impiego di un autocarro con capacità di 36 m³ può variare da 45 a 80 km (solo andata); tale distanza può aumentare (fino a 180 km, solo andata) se vengono, invece, impiegati autotreni (capacità di carico: 80 m³).

Si deve sottolineare, tuttavia, che la cippatura di ramaglia e cimali porta alla produzione di un cippato di scarsa qualità: il bio-combustibile si presenta, infatti, eterogeneo, con una percentuale di aghi consistente e con U > 45%. Questo prodotto non è assolutamente adatto all'alimentazione di

piccole e medie caldaie a griglia fissa che possono convenientemente utilizzare solo materiale con $U < 35\%$; può essere, invece, destinato a impianti termici dotati di griglia mobile.

Attualmente il cippato ottenuto da ramaglia e cimali può essere, dunque, conferito a grandi impianti per la produzione di energia elettrica a un prezzo di acquisto di circa 35-45 €/t_{iq}, franco impianto.

3.4 - Approvvigionamento

Per definire le dimensioni di un potenziale bacino di approvvigionamento e, quindi, valutare la biomassa di origine forestale economicamente disponibile su scala locale, è stata sviluppata una metodologia basata su strumenti di indagine territoriali (GIS). Questa metodologia prevede la raccolta di dati relativi alla gestione forestale e alle caratteristiche territoriali del comprensorio in esame. Con indagini di campo si rilevano, inoltre, informazioni relative alla viabilità del comprensorio e alla produttività dei cantieri in uso. Questo ha permesso di comprendere al meglio la realtà territoriale e, nello stesso tempo, di quantificare la disponibilità di bio-combustibile conferibile.

Come caso di studio si è indagato il costo di approvvigionamento a un impianto localizzato all'interno di un'area con una superficie forestale di circa 3000 ha e con una *ripresa* annua (volume di legname utilizzato annualmente) pari a circa 6000 m³.

Da questa ripresa, stimata la quota potenzialmente utilizzabile con un sistema intermedio basato sull'esbosco ad albero intero, il volume di residui ricavabile a livello di comprensorio è stato valutato in circa 870 t_{iq}.

Successivamente è stato predisposto un foglio di calcolo per la modellizzazione di diversi scenari di approvvigionamento. Dal modello, il costo di produzione a tonnellata di *cippato franco impianto ottenuto dai soli residui delle utilizzazioni* è risultato compreso tra 30 e 40 €/t_{iq} (U = 50%). Gli scenari ipotizzati hanno considerato sia l'accessibilità alla risorsa quanto la distanza di conferimento. Da sottolineare che, trattandosi di cippato proveniente dai soli residui delle utilizzazioni, la possibilità di realizzare una filiera di approvvigionamento di cippato dipenderà non solo dai costi di approvvigionamento, ma anche dalla scelta della tecnologia di combustione dell'impianto termico. Questa ultima dovrà essere adatta all'impiego di cippato di scarsa qualità.

4. CONCLUSIONI

Relativamente alle filiere legno-energia attuabili in **pianura**, basate sull'impiego di bio-combustibile prodotto da CLRA, è possibile innanzi tutto osservare che nelle fasi successive a quelle di campo, il cippato tal quale presenta serie problematiche di stoccaggio (fermentazioni e attacchi fungini) ed elevati costi di movimentazione azienda-impianto. Questi ultimi impongono di valutare attentamente la *logistica* e, in particolare, la massima distanza di conferimento del bio-combustibile in relazione ai mezzi di trasporto impiegati.

Vanno, conseguentemente, circoscritti i comprensori agricoli in cui tali filiere possono essere convenientemente realizzate (*bacini energetici*). Di converso, è la stessa dimensione del bacino di raccolta che fissa la taglia dell'impianto di trasformazione, in modo che sia garantito il rifornimento di cippato a bocca impianto al minimo costo e sia evitato il ricorso a bio-combustibile esterno.

Questo concetto vale sia per le *filiere corte aziendali* nelle quali il "prodotto energia" resta sotto il controllo del settore agricolo, già sin d'ora remunerative ma difficilmente attuabili in assenza di un elevato livello di imprenditorialità sia, e soprattutto, per le più lunghe *filiere agro-industriali*, oggi meno attraenti dal punto di vista economico, ma raggiungibili con maggior facilità dal singolo agricoltore.

Per queste ultime, tuttavia, è evidente la necessità di garantire agli operatori una *adeguata redditività*, perseguibile attraverso:

- la riduzione del costo di produzione del bio-combustibile, diversamente ottenibile a seconda del contesto produttivo;
- l'aumento del valore del bio-combustibile ottenibile, da un lato e come già avviene in altri Paesi, con la formazione di un mercato specifico e, dall'altro, con una giusta e uniforme incentivazione alla diffusione delle filiere e con l'adozione di provvedimenti e/o meccanismi a garanzia del bio-combustibile di produzione nazionale.

Nella fase agricola della filiera diventa cruciale la meccanizzazione - intesa come reperibilità sul mercato e grado di maturità tecnologica delle MO impiegate - segnatamente nelle operazioni di campo più caratteristiche (trapianto e raccolta). Al riguardo, ancora abbastanza frequente è l'impiego di MO di importazione non perfettamente adattate ai nostri ambienti e alle nostre tecniche di coltivazione.

Accanto a queste difficoltà tecniche, l'imprenditore agricolo trova altre perplessità dovendo operare in una situazione instabile, priva anche di un quadro normativo organico in grado - fra l'altro - di dettare "specifiche" di prodotto a garanzia sia della qualità del bio-combustibile, sia della corretta definizione del prezzo di mercato (al riguardo, basti pensare all'influenza dell'umidità sul Potere Calorifico Netto del bio-combustibile, ancora frequentemente venduto in base al suo volume).

Tutti elementi, questi, indispensabili per la stipula di *contratti di coltivazione* a lungo termine che tutelino il produttore del bio-combustibile e garantiscano il ritiro del prodotto.

Questi argomenti costituiscono i principali motivi per i quali, allo stato attuale, la convenienza a coltivare pioppo per energia risulti evidente solo dove sono applicati consistenti contributi pubblici; non a caso, gran parte della SAU a CLRA si trova in Lombardia, Regione nella quale, per la promozione della filiere - sono stati riconosciuti i maggiori sostegni economici (PSR 2001-2006).

Tuttavia, nella prospettiva dell'auto-sostenibilità di settore, si individuano ulteriori margini di miglioramento tecnico: le ricerche in ambito genetico, agronomico e meccanico possono portare, da un lato, a un consistente aumento delle rese di biomassa legnosa (t_{ss}/ha) e, dall'altro, alla riduzione dei costi di produzione con immediati miglioramenti del rapporto benefici/costi.

Una opportunità per gli agricoltori deriva dalla creazione di *associazioni* che, oltre al vantaggio di dividere voci di costo (alcune operazioni meccaniche, in particolare), determinerebbe un loro maggiore potere contrattuale nei confronti del settore energetico, acquirente del bio-combustibile.

Ancor meglio sarebbe se il settore agricolo riuscisse a gestire anche la produzione energetica, accorciando la filiera, abbattendo gli oneri delle fasi intermedie e, soprattutto, determinando valore aggiunto, derivante dalla vendita dell'energia prodotta e dei titoli a essa correlati (Certificati Verdi).

Per quanto riguarda la filiera bosco-energia in **ambito alpino**, si è visto che i residui delle utilizzazioni forestali possono rivestire un ruolo chiave per l'approvvigionamento degli impianti termici di piccole-medie dimensioni (teleriscaldamento). All'interno di un comprensorio alpino, la disponibilità potenziale di residui, quali ramaglia e cimali, è funzione della *ripresa*, ma le possibilità reali di impiego sono limitate dalla disponibilità tecnica dei residui (costo nullo a bordo strada), dai costi di cantiere e di conferimento (disponibilità economica), nonché dalla qualità del bio-combustibile di origine forestale.

In particolare, la disponibilità dei residui è fortemente influenzata dal sistema di utilizzazione impiegato e dalla accessibilità e disponibilità di spazi all'interno del bacino di approvvigionamento; a esempio, i cantieri per l'allestimento mediante *processor* garantiscono una disponibilità di residui a bordo strada a costo nullo.

Tuttavia, la disponibilità tecnica ed economica dei residui può non essere sufficiente per avviare una filiera: gli impianti di piccola taglia non sono, infatti, in grado di essere alimentati con bio-

combustibile che presenta un'alta percentuale di "verde" (corteccia e aghi) e necessitano di un prodotto cippato di buona qualità.

In questo senso, aggiungere ai residui una quota di legname di scarsa qualità può essere una soluzione possibile; in questo caso il prezzo di vendita sarebbe, però, decisamente più elevato in quanto il legname a bordo strada non si configura a costo nullo. Tuttavia, considerato il valore ambientale e sociale della filiera, nei limiti della convenienza rispetto agli altri combustibili, tale maggior valore di mercato potrebbe essere facilmente accettato dagli utilizzatori finali.

In un contesto generale in cui le prospettive energetiche e ambientali cominciano, finalmente, a essere percepite dalla collettività nella loro cruda e drammatica realtà, tutte le biomasse diventano - insieme ad altre fonti energetiche rinnovabili - una grande opportunità di sostentamento per il comparto agro-forestale dell'intera Unione Europea.

In particolare, le biomasse legnose, siano esse recuperate o appositamente coltivate - considerata la loro abbondanza, diffusione e diversificazione - rappresentano una "ricchezza" che tale settore può senz'altro valorizzare anche in prospettiva di una più che probabile ascesa della domanda di bio-combustibili.

Tuttavia, ai vari livelli di competenza, tale valorizzazione non può avvenire da sola e va opportunamente "governata e coordinata".

Per quanto riguarda l'aspetto tecnico, la standardizzazione delle fasi che mira all'aumento complessivo dell'efficienza delle varie filiere, va senz'altro coniugata con la forte influenza che gli aspetti locali esercitano nel definire il successo di un sistema produttivo multi-settoriale e complesso come quello della generazione di energia da fonti rinnovabili.

Bibliografia

- [1] CTI - Comitato Termotecnico Italiano, (2003), **Biocombustibili: specifiche e classificazione**, R03/1, pp. 53
- [2] Cavalli R., Confalonieri M. and Zamboni R., (2003), **Approvvigionamento di dendromassa per usi energetici**, Sherwood, Foreste ed Alberi Oggi. 9(3):11-16
- [3] Fiala M., Pellizzi G., Riva G., (1994), **Le biomasse di origine agricola. Potenzialità energetica da biomasse nelle Regioni italiane**, Rapporto Conclusivo Contratto ENEA-A.I.G.R., pp.150, Allegati Tecnici (4 voll.)
- [4] Fiala M., (2005), **Teleriscaldamento da biocombustibili**, AIIA2005 L'ingegneria agraria per lo sviluppo sostenibile dell'area mediterranea, Catania, 27-30 giugno 2005, pp. 11
- [5] Fiala M., (2006), **Utilizzazione delle biomasse legnose e dei sottoprodotti agricoli**, – L'agricoltura per l'energia rinnovabile: i futuri scenari, Atti Workshop AISSA, Potenza, 23-24 novembre, 79-86
- [6] Fiala M., (2006), **Il potenziale energetico delle biomasse legnose di origine agricola**, DataBase su base provinciale, Dati ISTAT 2005 (non pubblicato)
- [7] Grigolato S., Firth J., Hock B., Nielsen P. and Cavalli R., (2005), **Supply of Logging Residues for Energy Production a Gis-Based Study. A Case Study in New Zealand and in Italy**, On proceedings of 14th European Biomass Conference & Exhibition, Biomass for Energy, Industry and Climate Protection, Palais de congres: Paris, 17–23 ottobre.
- [8] ITABIA, (2003), **Le biomassa per l'energia e l'ambiente. Rapporto 2003**, Ministero dell'Ambiente e delle Tutela del Territorio, pp. 105
- [9] Lazzari P, (2000), **Realizzazione di sistemi di raccolta di residui agricoli lignocellulosici (potature)**, I Georgofili, Quaderni 1999-IV, Valorizzazione energetica delle biomasse agro-forestali, Firenze, 183-197
- [10] Pari L., Rossi F., Gallucci F., (2006), **Cresce la domanda di biomassa utilizzata a fini energetici**, L'Informatore Agrario, 28, 27-30
- [11] Pellizzi G., (2001), **Tecnologie energetiche per l'agricoltura**, Mondo Macchina, 2, 3 e 4, Parte I, II e III
- [12] Pellizzi G., (2003), **Agricoltura, energia e sviluppo sostenibile: una sfida per il futuro**, Seduta inaugurale della Sezione nord-ovest dell'Accademia dei Georgofili, Sala Napoleonica, Università degli Studi di Milano, 17 febbraio 2003
- [13] Pellizzi G., (2004), **Energie rinnovabili, una occasione**, L'Informatore Agrario, 9, 5-5
- [14] Porceddu P.R., Boggia A., (2006), **La raccolta delle biomasse della potatura dell'olivo a fini energetici: un'analisi tecnico-economica**, Estimo e Territorio, 12, 29-35
- [15] Sperandio G., Verani S., (2003), **Short rotation forestry: valutazione economica della filiera**, I Parte, Mondo Macchina, 1, 54-57, II Parte, Mondo Macchina, 2, 26-30
- [16] Spinelli R., (2005), **Biomassa legnosa e manutenzione degli alvei fluviali**, Alberi e Territorio, 6, 18-22
- [17] Spinelli R., Nati C., Magagnotti N., Civitarrese V., (2006), **Produrre biomassa dai sarmenti di vite**, L'Informatore Agrario, 28, 36-39
- [18] Spinelli R., Nati C., Magagnotti N., Moscatelli M., (2006), **La raccolta del pioppo a ciclo breve**, L'Informatore Agrario, 28, 32-35
- [20] Spinelli R., Nati C., Magagnotti N., (2006), **Raccolta delle siepi lineari, meccanizzare conviene**, L'Informatore Agrario, 38, 43-46

- [21] Spinelli R., Mao G., (2004), **Approvvigionamento degli impianti di teleriscaldamento. Quale strategia?** Sherwood, Foreste ed Alberi Oggi, 8 (10):29-37
- [22] Spinelli R., Seknus M., (2005), **Restituire competitività alla biomassa forestale**, Alberi e Territorio, 2(12):45-49