

RAFFAELE SPINELLI  
 NATASCIA MAGAGNOTTI  
 CARLA NATI  
 MATTEO AGUANNO

## *Produzione di biomassa dalla gestione delle peccete artificiali alpine*

### *Introduzione*

L'abbandono di molte aree un tempo coltivate è la conseguenza di cambiamenti socio economici che hanno penalizzato soprattutto la montagna, dove non è stato possibile estendere la meccanizzazione e intensificare le attività agricole. Oggi tali superfici sono gestite secondo un approccio volto a mantenerne i servizi di tutela e salvaguardia delle risorse paesaggistico-ambientali patrimonio della collettività (ANDRIGHETTO *et al.*, 1992), e in molte aree si sono avviati processi naturali di successione secondaria o creati imboschimenti artificiali.

In Veneto, l'abete rosso è stata tra le specie più utilizzate per imboschimenti in ex coltivi, probabilmente per il suo pregio economico e per il suo potenziale biotico, che gli consente di adattarsi a situazioni ecologiche anche notevolmente diverse fra di loro (COLPI *et al.*, 1990). A partire dagli anni '50, una forte politica di incentivazione e la presenza di una capillare rete di vivai forestali hanno favorito l'imboschimento di molti terreni ormai incolti, e tale attività si è esaurita progressivamente solo alla meta degli anni '70 (ANDRICH, 2000).

Da alcuni anni a questa parte, dopo un periodo di disinteresse e abbandono colturale, i vecchi impianti artificiali stanno suscitando un discreto interesse da parte dei tecnici forestali e degli operatori economici del settore legno, grazie anche agli incentivi per interventi di miglioramento delle fo-

reste previsti a livello regionale: in queste formazioni spesso coetanee, gli interventi colturali più importanti sono i diradamenti, che hanno lo scopo soprattutto di migliorare la stabilità meccanica di popolamenti estremamente fragili dal punto di vista meccanico, fisiologico e genetico. Tali interventi devono essere valutati con particolare attenzione, perché spesso si interviene in ritardo rispetto a quanto previsto da un regolare piano colturale (DEL FAVERO *et al.*, 1993).

In ogni caso, il materiale ricavato dall'intervento presenta caratteristiche qualitative mediocri, che impediscono la produzione di assortimenti pregiati: dai diradamenti si ottiene soprattutto legname da triturazione, il cui prezzo è troppo modesto per garantire la



Abbattimento e allestimento con harvester su escavatore tipo "ragno".



Esbosco a strascico con trattore agricolo e verricello forestale.

sostenibilità economica dell'utilizzazione. Solo dagli interventi più tardivi può ricavarsi una certa quota di tondame da sega, che però ha dimensioni molto limitate ed è destinato ancora ad un impiego relativamente povero, come la produzione di imballaggi. Da qui l'interesse ad esplorare nuovi mercati, che consentano di valorizzare meglio il prodotto dei diradamenti e al contempo di semplificare il processo produttivo, abbattendone i costi.

Lo sviluppo del settore bioenergetico ha acceso le speranze dei proprietari forestali, ma i margini di profitto restano ancora molto ridotti: lo sviluppo della filiera foresta-legno-energia richiede notevoli capacità tecniche ed imprenditoriali, senza le quali sarà impossibile aumentare in modo significativo la sostenibilità economica della nostra selvicoltura. In particolare, occorre progettare cantieri razionali, capaci di conseguire contemporaneamente gli obiettivi colturali ed economici previsti per ciascun tipo di intervento.

Tra il 2003 e il 2005 il CNR ha condotto cinque prove di raccolta sui giovani rimboschimenti di abete rosso, con lo scopo di esplorare diverse modalità operative, verificandone la convenienza economica. Le informazioni ottenute da questo esperimento costituiscono un nucleo organico di conoscenze, capace di assistere i tecnici forestali nella scelta delle strategie operative più adatte al diradamento delle giovani peccete.

### *I siti*

Le prove sono state effettuate su cinque siti distinti, nei territori delle Comunità Montane Feltrina, Bellunese e del Friuli Occidentale. Su ciascun sito si è applicato un diverso sistema di lavoro, in modo da permettere il confronto tra varie strategie operative.

Il rilievo dei dati per fasi separate ha consentito di scomporre gli elementi caratteristici del processo di lavorazione, permettendo così di modellizzare gli effetti di varie condizioni operative sulla base di cinque soli cantieri invece che di qualche decina. Nel complesso, l'esperimento si è esteso su un totale di quasi cinque ettari, da cui si sono ricavate 370 tonnellate di legname. Il cronometraggio di dettaglio ha coperto 288 ore, pari a 36 giornate lavorative.

I siti sono descritti in tabella 1, da cui si evince una sostanziale uniformità delle caratteristiche geomorfologiche, e in parte anche di quelle colturali. Tutti i popolamenti infatti insistevano su ex-coltivi, caratterizzati da un basso livello di accidentalità e da una pendenza moderata. Le parcelle sperimentali risultavano tutte dominate dall'abete rosso, che aveva un'età compresa tra i 30 e i 40 anni. Il trattamento applicato era un diradamento selettivo dal basso, volto ad eliminare le piante sottoposte, deperienti o in competizione con soggetti di avvenire. Il prelievo è oscillato tra i 500 e i 1000 quintali ad ettaro, ed è stato destinato tutto o in parte alla produzione di biomassa. Da questo quadro fa eccezione il sito n° 5, dove un popolamento invecchiato di peccio è stato rimosso integralmente per ripristinare il pascolo originario, a fini essenzialmente estetico-paesaggistici: il taglio raso ha determinato un prelievo molto elevato, pari a oltre 2000 quintali ad ettaro, rappresentati da tondame da imballaggio per oltre metà del totale, e da biomassa per la parte restante.

In tutti i casi, va notato l'elevatissimo tenore idrico del legno fresco, che oscilla sempre tra il 50 e il 58 %: questo valore è decisamente superiore alle specifiche imposte dai teleriscaldamenti a biomassa, che preferiscono combustibile con un tenore

Cantiere	N°	1	2	3	4	5
Località		Le Laste	Vallonera	Col di Roanza	Col Perer	Molassa
Comune		Sovramonte	Seren d. Grappa	Belluno	Arsiè	Andreis
Provincia		BL	BL	BL	BL	PN
Superficie	Ha	0.80	0.54	1.7	0.99	0.27
Peccio	%	90	95	90	100	100
Età	Anni	36	30	40	35	45
Intervento		Diradamento	Diradamento	Diradamento	Diradamento	Sgombero
Criterio		Selettivo basso	Selettivo basso	Selettivo basso	Selettivo basso	-
Intensità	% numero	48	32	15	50	100
Prelievo	piante/ha	503	396	161	570	504
	% blasto	15	26	28	16	19
Tondame	M3/ha	-	-	-	76	169
Biomassa	t/ha	112	52	53	42	97
	% a biomassa	100	100	100	40	45
Pianta media	Kg	223	131	329	191	424
	D 1.30 cm	18.5	13.7	23.9	18.4	24.5
Densità legno	Kg/m3	950	970	812	840	690
Ten. Idr. legno	%	55.7	58.1	50.1	56.7	50.8
Residuo	piante/ha	536	840	888	565	0
	D 1.30 cm	24.1	18.4	27.3	30.7	-
Pendenza	%	38	42	32	29	35
Accidentalità		Moderata	Moderata	Moderata	Moderata	Moderata

Tab. 1 - Descrizione stazionale dei siti di prova.

idrico non superiore al 40 % (SPINELLI, SECKNUS, 2005). Pertanto, occorrerà sviluppare strategie operative capaci di consentire la stagionatura del legname prima del conferimento all'impianto.

### I cantieri

La tecnologia e i metodi di lavoro sono stati scelti per testare diversi livelli tecnologici, eventualmente inserendo le nuove tecnologie all'interno di filiere tradizionali, così da evitare cambiamenti troppo radicali. Per questo motivo si è cercato di ricorrere a macchine innovative, ma flessibili e

relativamente economiche. La gamma dei sistemi di lavoro sperimentati ha incluso anche delle varianti che prevedessero l'allestimento in bosco delle piante o la rimozione del solo pennacchio, per lasciare una certa quantità di biomassa sul terreno, evitando il rischio di un depauperamento (STERBA, 2003), secondo quanto potrebbe essere richiesto anche dalle eventuali prescrizioni PEFC (NATI, 2005; TEGGELBECKER, 2006).

In pratica, i cinque cantieri sono stati condotti come segue:

- nel cantiere n° 1 le piante sono state abbattute con motosega da una squadra di due operai, ed esboscate con un trattore agricolo da 40 kW munito di verricello forestale radiocomandato, servito pure da



Esbosco a strascico con skidder idrostatico.

due operai. Il trasporto in centrale è stato effettuato con un autotreno a volumetria maggiorata, equipaggiato di gru idraulica per il carico: durante questa fase le piante sono state sezionate da un secondo operatore munito di motosega, che ha eseguito anche una sommaria sramatura quando le piante erano troppo voluminose per entrare nel cassone. Tutto il materiale è stato consegnato alla centrale a biomassa della SICET, presso Ospitale di Cadore (BL), a 68 km di distanza dal cantiere. Qui il legname è stato cippato con la sminuzzatrice stazionaria Vecoplan da 670 kW di cui è dotata la fabbrica;

- nel cantiere n° 2 le piante sono state abbattute da una squadra di due operai, munita di motosega e slittino Fällboy, grazie al quale si è effettuato anche un primo concentramento. Le piante intere sono state poi esboscate con un trattorino cingolato da 48 kW, munito di verricello forestale e affidato ad una squadra di due operai. La cippatura è stata effettuata all'imposto con una cippatrice mobile Muss-Max Terminator 6, azionata da un trattore agricolo da 152 kW. Il cippato è stato trasportato con trattori agricoli muniti di rimorchi Dumper, che hanno raggiunto il teleriscaldamento di Pedavena (BL), distante 24 km dal cantiere;
- anche nel cantiere n° 3 le piante sono state abbattute da una squadra di due operai, muniti di motosega e slittino Fällboy. Subito dopo l'abbattimento, ciascuna pianta è stata grossolanamente sramata sui soli lati

esposti, avendo cura di recidere il cimale ad un diametro di 6 cm: la finalità di questa operazione era quella di rilasciare sul terreno le porzioni più ricche di sostanze nutrienti, ed al contempo meno apprezzate per la produzione di cippato. L'esbosco è stato effettuato con uno skidder idrostatico TreEmme 120 SC (88 kW), munito di verricello a due tamburi e radiocomando. Anche qui la macchina era affidata ad una squadra di due operai. Dopo circa due mesi di stoccaggio, il legname è stato cippato all'imposto con una cippatrice mobile Eschelboeck Biber 80, montata su un rimorchio a tre assi e dotata di motore autonomo da 350 kW. Il trasporto è stato effettuato con autotreno fino alla centrale della SICET, distante 32 km dal cantiere.

- nel cantiere n° 4 le piante sono state abbattute ed allestite con un escavatore tipo "ragno", munito di testa combinata Konrad Woody 50 H. La macchina ha percorso il popolamento aprendo corridoi paralleli distanti circa 12 m tra loro, e prelevando le piante sui due lati con criterio selettivo. Queste sono state confezionate in tronchi lunghi 4.2 m, concentrati in mucchi sul bordo dei corridoi di esbosco. I tronchi sono poi stati prelevati da un trattore agricolo da 74 kW, munito di rimorchio forestale a due assi Pizeta 100 RT e di gru idraulica ICAR IB 6500. All'imposto, il legname è stato separato in due assortimenti: tondame da imballaggio e biomassa di qualità. Il primo è stato avviato alla segheria Gorza di Fonzaio (BL) e il secondo alla centrale SICET di Ospitale, distante 61 km dal cantiere. Qui il tondello è stato cippato con la sminuzzatrice stazionaria già descritta in precedenza;
- nel cantiere n° 5 infine le piante sono state abbattute e concentrate con lo stesso escavatore tipo "ragno" descritto sopra, che però non ha effettuato l'allestimento, per evitare di lasciare a terra ramaglie ed altri residui: questo era reso necessario dal tipo di intervento, che mirava al ripristino del pascolo e pertanto richiedeva il rilascio di una superficie il più possibile pulita. Successivamente, i mucchi di piante sono stati esboscati con un trattore agricolo da 65 kW munito di pinza per lo strascico. Una

volta all'imposto le piante sono state allestite con il "ragno" e i cimali sono stati ammuccchiati per la sminuzzatura, effettuata tre mesi dopo con una cippatrice autocarrata Jenz HEM 560 D, dotata di motore autonomo da 330 kW e di gru idraulica. Il cippato è stato raccolto in container scarababili della capacità di 40 m<sup>3</sup>, trasportati con autotreno fino al pennellificio Fantoni di Osoppo (UD), a 51 km dal cantiere.

Abbatitrice, trattore con rimorchio, autocarri e cippatrici erano condotti ciascuno da un solo operatore, mentre la cingoletta, il trattore con verricello e lo skidder erano serviti da una squadra di due persone. L'abbattimento con motosega è stato effettuato sempre da due persone, che a turno svolgevano il ruolo di motoseghista e di aiutante: teoricamente la figura dell'aiutante avrebbe potuto essere eliminata, affidando tutto il ciclo di lavoro ad un solo operaio. Questo avrebbe consentito un certo risparmio economico, dal momento che la squadra di un solo operaio produce più della metà rispetto a quella di due operai: tuttavia, l'incremento nella produttività individuale rischia di essere marginale, se si considera che la maggior fatica rallenta la velocità di esecuzione e dilata l'incidenza dei tempi morti – soprattutto quelli relativi al riposo. Inoltre, nella squadra di un solo operatore non è possibile effettuare la rotazione dei compiti, e il tempo di impiego giornaliero della motosega può eccedere i limiti prefissati dalle norme di sicurezza. Pertanto si è preferito sacrificare un certo margine di efficienza, pur di alleviare il peso di un lavoro essenzialmente manuale, che si è cercato di rendere più accettabile a chi debba applicarlo quotidianamente nella concreta realtà lavorativa. Per lo stesso motivo si sono assegnati due operatori anche ai trattori muniti di verricello radiocomandato, che in teoria avrebbero potuto lavorare abbastanza bene anche con una sola persona. Nella sostanza, la prova ha cercato di essere il più possibile realistica, modulando gli interventi di razionalizzazione per rispecchiare situazioni concrete e produrre esempi effettivamente replicabili. In ogni caso, tutte le squadre erano costituite da professionisti del settore, con una lunga esperienza pratica in materia.

### *Metodo di studio*

Tutte le piante da abbattere sono state marcate, cavallettate e numerate. In questo modo è stato possibile registrare separatamente il tempo di lavorazione di ciascuna pianta, collegandolo alle caratteristiche della stessa.

Per stimare la massa individuale di ciascuna pianta, si è costruita una tavola di cubatura ad una entrata, utilizzando 62 piante campione distribuite tra le varie classi diametriche e prelevate dai primi due siti. Le piante sono state sramate e svettate ad un diametro di 6 cm: il fusto poi è stato cubato per sezioni, mentre ramaglia e cimali sono stati pesati con una bilancia portatile. Infine si sono pesati 30 tronchetti di volume noto, per calcolare la densità dei fusti. Il risultato di questo lavoro consiste in due equazioni capaci di calcolare rispettivamente la massa del fusto e quella dei rami in funzione del diametro a petto d'uomo. Sul sito n°4 si è invece misurato il volume di tonname da imballaggio ricavabile da 30 piante di diverso diametro, allo scopo di costruire un'analogia funzione, destinata questa volta a restituire il volume di tonname da sega in funzione del diametro a petto d'uomo.

In ogni caso, tutto il legname ottenuto da ciascuna prova è stato portato ad una pesa certificata, per confermare la stima ottenuta dalle tavole ed eventualmente elaborare op-



Sminuzzatura con cippatrice mobile applicata al trattore agricolo.

portuni fattori di correzione: lo scarto tra la stima e il valore reale è stato sempre molto contenuto, oscillando tra il - 3 e il + 5 %.

Il tenore idrico del materiale è stato determinato in base alla norma UNI 9017 su 20 campioni per sito, 10 prelevati all'abbattimento e 10 alla cippatura. La densità del legname solido è stata calcolata dopo aver cubato e pesato 15 campioni per sito.

I tempi di lavoro sono stati registrati con computer portatili ognitempo Husky Hunter, muniti dell'apposita installazione Siwork 3. Il protocollo di rilievo ricalca essenzialmente quanto riportato sul manuale IATF (BERTI *et al.*, 1989) per il "rilievo separato dei tempi delle fasi di lavoro".

Il costo delle squadre è stato stimato con le consuete formule di matematica finanziaria adattate per l'uso forestale (MIYATA, 1980). Le ipotesi di calcolo sono riportate in tabella 2: in tutti i casi, la remunerazione della manodopera è stata fissata a 16 €/ora, gli interessi passivi al 4 %, il costo del gasolio a 1,1 €/litro e il valore di recupero al 20 % dell'investimento originario. Alla cifra così ottenuta è stato aggiunto un 25 %, per coprire le spese generali e il beneficio d'impresa.

## Risultati

La figura 1 riporta in forma grafica i costi di lavorazione relativi ai vari cantieri, suddivisi per fase di lavoro. Il trasporto incide molto sulla formazione del costo totale, ma è l'esbosco a costituire la fase più critica, specie dove questo è effettuato a strascico. Alla fine, il costo di conferimento della biomassa oscilla tra i 50 e 65 €/t, a seconda delle condizioni operative.

Il costo dell'abbattimento con motosega oscilla tra 6 e 9 €/t, ed è più elevato dove si effettua anche la sramatura andante con eliminazione del cimale, che costituisce un lavoro addizionale. L'abbattimento ed allestimento meccanizzati sono molto più onerosi, raggiungendo un costo di 25 €/t: tuttavia, la qualità del lavoro è nettamente superiore, e la macchina concentra anche i tronchi a bordo pista, facilitando enormemente l'esbosco - che risulta poi molto più economico.

Nel diradamento, l'esbosco a strascico ha un costo variabile tra i 18 e i 28 €/t, ed è più elevato quando si utilizza lo skidder rispetto al trattore agricolo: il maggior costo orario della macchina specializzata non è compensato da un incremento produttivo

Attrezzatura	Investimento €	Vita Servizio Anni	Monte ore ore/anno	Addetti n°	Costo orario €/ora lorda
Motosega	700	2	1000	2	42
Harvester	200.000	8	1000	1	102
Cingoletta	38.000	8	1000	2	59
Trattore e verricello	38.000	8	1000	2	59
Skidder	140.000	8	1000	2	85
Trattore e pinza	48.000	8	1000	1	59
Trattore e rimorchio	90.000	8	1000	1	58
Cippatrice trattorata	150.000	8	1000	1	82
Cippatrice autonoma	320.000	8	1000	1	158
Cippatrice stazionaria	650.000	8	4000	2	133
Motrice	110.000	5	1800	1	57
Autotreno	140.000	5	1800	1	68

Tab. 2 - Ipotesi impiegate per il calcolo dei costi macchina, e risultato finale.

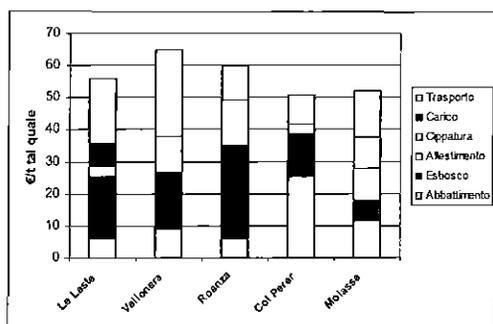


Fig. 1 - Costo di produzione per le diverse fasi operative (per la sola biomassa).

sufficientemente elevato, forse anche a causa della distanza di esbosco notevolmente più lunga. L'esbosco su pianale risulta molto più economico (13 €/t), ma può essere applicato con successo solo se il materiale è già concentrato alle piste di esbosco, e se il percorso si snoda in discesa, su pendenze moderate. Un vantaggio indubbio dell'esbosco su pianale è la possibilità di condurlo su distanze maggiori, senza che la produttività cali in modo eccessivo: così è possibile selezionare meglio gli imposti, evitando di dirigersi per forza su quello più vicino anche quando le sue caratteristiche lasciano a desiderare.

La cippatura ha un costo molto diverso a seconda di dove è condotta. Quando è effettuata all'imposto con una cippatrice mobile comporta un onere di 10-14 €/t: se invece è eseguita in centrale con un impianto stazionario costa da 3 a 4 volte meno, a causa della maggiore efficienza di quest'ultimo – che ha un costo di esercizio minore ed una produttività molto più elevata.

Il trasporto è avvenuto su distanze molto diverse, variabili da 25 a 68 km: di conseguenza, anche il costo di trasporto è molto diverso, risultando compreso tra 8 e 27 €/t. La distanza di trasporto però non è l'unica spiegazione per una gamma così ampia, che dipende soprattutto dal tipo di veicolo impiegato e dalla forma in cui è stato trasportato il materiale. I risultati migliori si sono avuti trasportando la biomassa in forma di tronchetti su un autotreno. Anche il trasporto di cippato su autotreni ad alta volumetria si è dimostrato molto efficiente. Meno va-

lido invece il trasporto di sezioni con rami, caricate alla rinfusa – nonostante il carico trasportato abbia raggiunto valori di oltre 20 tonnellate, senz'altro superiori alle attese. Il trasporto con rimorchi agricoli ha dato i risultati peggiori, a causa del limitato carico utile, raramente superiore alle 8 tonnellate: questo sistema però offre il vantaggio di poter raggiungere imposti altrimenti inaccessibili, a causa della viabilità inadatta al transito di autocarri.

### Modelli e simulazioni

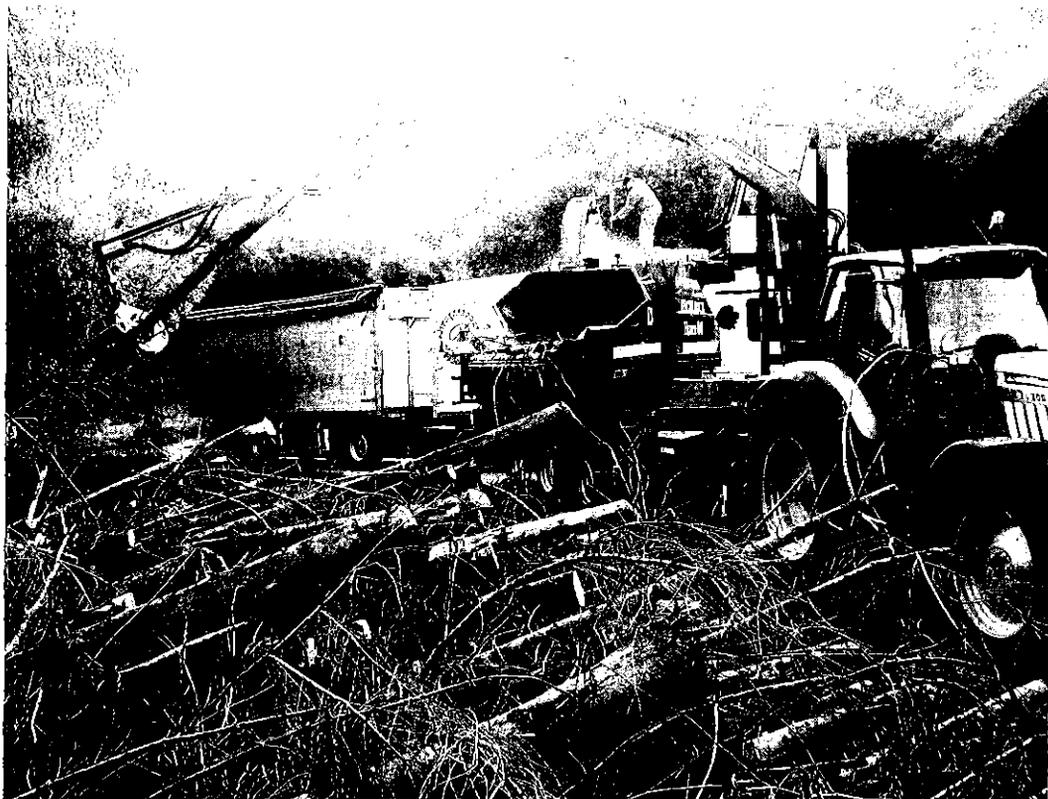
Tuttavia, il confronto diretto tra i valori riportati in tabella può essere fuorviante: infatti i diversi cantieri comportavano differenti condizioni di lavoro, ed in particolare modo diverse distanze di esbosco e di trasporto. Da qui l'importanza di una simulazione che consenta di ripetere a tavolino gli stessi confronti, ma in condizioni operative standardizzate. A tale scopo si sono costruiti due fogli di calcolo capaci di restituire le produttività e i costi delle varie fasi di lavoro, in funzione delle condizioni operative e delle ipotesi economiche impostate dall'utente. Ciascun foglio di calcolo coordina semplicemente i diversi modelli matematici che descrivono le relazioni tra il tempo impiegato in una specifica operazione e le condizioni sotto cui questa avviene. Tali relazioni sono state ottenute attraverso l'analisi statistica dei dati grezzi, impiegando le tecniche della regressione lineare multipla e dell'analisi della varianza (SAS, 1999).

I fogli di calcolo sono due, ma condividono la stessa organizzazione generale, così come buona parte dei modelli matematici menzionati sopra. La differenza principale sta nel fatto che un foglio riguarda i popolamenti accessibili con trattori a ruote (pendenza media  $\leq 30\%$ ), e l'altro invece quelli accessibili solo con un trattore cingolato (pendenza media  $40\%$ ).

La tabella 3 riporta la simulazione effettuata per un popolamento medio tra quelli descritti in tabella 1, caratterizzato da: pendenza media  $30\%$ , prelievo 400 piante/ha,

Sistema della pianta intera						Sistema del legno corto					
CIPPATURA INTEGRALE			RACCOLTA INTEGRATA			RACCOLTA INTEGRATA					
Cippatura Azienda		Cippatura Imposto		Cippatura Imposto		Cippatura Azienda		Cippatura Imposto			
Abbattimento		Abbattimento		Abbattimento		Abbattimento-Allest.		Abbattimento-Allest.			
Trasf. €	0	Trasf. €	0	Trasf. €	0	Trasf. €	0	Trasf. €	411	Trasf. €	411
ore	42	Ore	42	ore	42	ore	42	ore	54	ore	54
€	1757	€	1757	€	1757	€	1757	€	5462	€	5462
Esbosco		Esbosco		Esbosco		Esbosco		Esbosco		Esbosco	
Trasf. €	43	Trasf. €	43	Trasf. €	43	Trasf. €	43	Trasf. €	58	Trasf. €	58
ore	85	Ore	85	ore	85	ore	85	ore	24	ore	24
€	4995	€	4995	€	4995	€	4995	€	1391	€	1391
Trasporto		Cippatura		Allestimento		Allestimento		Trasporto		Cippatura	
ore	55	Trasf. €	48	Trasf. €	411	Trasf. €	411	ore	22	Trasf. €	48
€	4058	Ore	18	ore	37	ore	37	€	1495	ore	14
Cippatura		€	2777	€	3753	€	3753	Cippatura		€	2193
ore	7	Trasporto		Cippatura		Trasporto		ore	5	Trasporto	
€	999	Ore	38	Trasf. €	48	ore	22	€	674	ore	30
		€	2565	ore	18	€	1495			€	2026
				€	2788	Cippatura					
				Trasporto		ore	5				
				ore	36	€	674				
				€	2411						
Costo €	11851		12184		16206		13128	Costo €	9080		11177
Ricavo €	9725		9725		10131		8087	Ricavo €	8087		8087
€/ha netto	<b>-709</b>		<b>-820</b>		<b>-2025</b>		<b>-1680</b>	€/ha netto	<b>-331</b>		<b>-1030</b>

Tab. 3 - Simulazione della raccolta in popolamento con D 1.30 = 18 cm, distanza trasporto = 35 km, pend. 30 %.



Sminuzzatura con cippatrice pesante a motore autonomo.

diametro medio a petto d'uomo della pianta prelevata 18 cm. A questi valori corrisponde un peso medio a pianta di circa 2 quintali, ed un prelievo di massa pari a 40 t s.s./ha – eventualmente divisibili in 11 m<sup>3</sup>/ha di tondame da sega e 36 t s.s./ha di biomassa. Se i cimali e i rami (tutti o parte) vengono rilasciati sul terreno, il materiale raccolto si riduce a 32 t s.s./ha, con una perdita di 8 t s.s./ha totalmente a carico della biomassa. Si è ipotizzato inoltre l'intervento su parcelle di 3 ha, con una distanza di esbosco pari a 200 m e una distanza di concentrazione di 30 m. La distanza tra i cantieri è stata fissata a 30 km e quella dalla centrale a 35 km, considerando che una rete di impianti a biomassa diffusa sul territorio in modo il più possibile razionale. Si è considerato inoltre di poter effettuare il trasporto con autotreni. Per il cippato si è adottato il prezzo attua-

le di conferimento, pari a 40 €/t tal quale – cioè 80 €/t s.s. Per il tondame da imballaggio invece si è utilizzato un valore medio di 45 €/m<sup>3</sup>, reso all'imposto (Rossi, 2005).

A queste condizioni il diradamento non è mai remunerativo, ma comporta perdite variabili tra i 300 e i 2000 €/ha. Il metodo meno costoso è quello interamente meccanizzato, in cui il legname è allestito con un harvester e movimentato in forma di tronchi fino in centrale: se la centrale però non è dotata di una cippatrice elettrica di grossa potenza, occorre utilizzarne una mobile, e il costo dell'intervento meccanizzato allora supera il costo di quello in cui si effettua la cippatura integrale all'imposto (1000 €/ha contro 800).

Se la pendenza del sito impone il ricorso alla cingoletta, il costo dell'intervento aumenta in modo notevole perché non è più possibile impiegare la coppia harvester

– trattore e rimorchio. In teoria si potrebbe sostituire il trattore e rimorchio con un forwarder leggero, ma questa ipotesi non è ancora stata verificata nel nostro studio e quindi deve essere esclusa dal modello sperimentale. In tale frangente, il metodo migliore consiste nella cippatura integrale, che riesce a mantenere il costo del diradamento entro i 1000 €/ha. La pendenza comunque rallenta sia l'abbattimento che l'esbosco, e determina un aumento del costo di intervento variabile tra il 25 e il 50 %, a parità di organizzazione generale del cantiere.

Se la centrale è dotata di una sminuzzatrice stazionaria, la cippatura all'imposto non risulta conveniente perché determina un aumento dei costi di intervento variabili generalmente tra il 7 e il 20 %: nonostante il trasporto di sezioni con rami si sia dimostrato meno efficiente rispetto al trasporto di cippato, le prestazioni della cippatrice stazionaria sono talmente superiori a quelle della cippatrice mobile da renderlo comunque preferibile, almeno fino a quando la distanza da coprire non supera i 60 km

I fogli di calcolo consentono anche di quantificare l'effetto del diametro medio a petto d'uomo delle piante utilizzate sul costo totale dell'intervento: per questo motivo si è effettuata una serie di simulazioni per diametri crescenti da 12 a 24 cm, ripetendo per il resto le stesse ipotesi adottate per la simulazione precedente. I risultati sono riportati in tabella 4, che mostra come il

costo del diradamento sia inversamente proporzionale alle dimensioni delle piante utilizzate: raddoppiando il diametro del prelievo, il costo infatti diminuisce da 2 a 4 volte, a seconda dei casi. La disponibilità di una cippatrice stazionaria diminuisce sensibilmente il costo di diradamento, indipendentemente dal sistema di lavoro e in parte anche dal diametro a petto d'uomo. Dove è possibile meccanizzare la raccolta integrata (Cantieri 3 e 6) i costi subiscono un'ulteriore calo, per giungere addirittura ad annullarsi quando il diametro a petto d'uomo delle piante utilizzate tocca i 19 cm. Oltre tale valore, la raccolta meccanizzata consente un profitto variabile tra i 100 e i 700 €/ha. La cippatura integrale è preferibile alla raccolta meccanizzata solo se il prelievo ha un diametro a petto d'uomo inferiore a 14 cm, o se la fabbrica non è munita di una cippatrice stazionaria. La raccolta integrata semi-meccanizzata risulta sempre l'opzione più costosa, e pertanto va scartata; se non è possibile meccanizzare il lavoro, conviene almeno semplificarlo e cippare tutto.

Questo ovviamente vale per le ipotesi economiche effettuate sopra, ed in particolare per un prezzo del tondame e della biomassa rispettivamente di 45 €/m<sup>3</sup> e 80 €/t s.s. La convenienza della raccolta integrata deve necessariamente variare in funzione del differenziale di prezzo tra i due assortimenti. In tabella 5 sono riportati i risultati di una simulazione effettuata variando

D 1.30	Densità	Cippatura all'imposto			Cippatura in fabbrica		
		Cant. 1	Cant. 2	Cant.3	Cant. 4	Cant. 5	Cant. 6
cm	piante/ha	Integrale	Integrata	Meccaniz.	Integrale	Integrata	Meccaniz.
12	600	-1053	-2645	-1407	-998	-2524	-1102
14	550	-957	-2476	-1231	-889	-2267	-788
16	500	-854	-2278	-1074	-771	-1991	-478
18	450	-747	-2025	-929	-651	-1678	-171
20	400	-640	-1703	-790	-532	-1321	132
22	350	-536	-1312	-654	-419	-926	424
24	300	-316	-867	-521	-316	-509	692

Tab. 4 - Costo del diradamento in funzione del diametro medio a petto d'uomo.

il prezzo del cippato tra un minimo di 60 e un massimo di 120 €/t s.s. (rispettivamente 3 e 6 €/q) franco impianto. Gli altri parametri sono restati inalterati rispetto alla simulazione iniziale. Di nuovo, è possibile distinguere due situazioni: quando non è disponibile una cippatrice stazionaria, conviene sempre ricorrere alla cippatura integrale, che consente di chiudere in pareggio già ad un prezzo del cippato di 5 €/q. Se invece l'impianto è dotato di una cippatrice stazionaria, è meglio effettuare la raccolta integrata fino a che il prezzo del cippato non supera i 5 €/q, e solo dopo optare per la cippatura integrale. Ovviamente questo vale solo quando è possibile meccanizzare adeguatamente la raccolta integrata: altrimenti la cippatura integrale resta sempre l'opzione migliore.

Infine, è possibile anche quantificare l'effetto economico della sramatura andante, destinata a rilasciare sul terreno una maggiore quantità di sostanze nutritive. Nello scenario già delineato in precedenza, questa operazione determina una perdita di circa il 20 % della biomassa disponibile, ed un aumento dell'impegno lavorativo pari a 6-8 ore operaio per ettaro. Il risultato è un costo di diradamento maggiore di 170-210 €/ha, che potrebbe essere recuperato applicando un sovrapprezzo di 25-30 centesimi sul quintale di cippato. Peraltro, questo sovrapprezzo potrebbe avere una giustificazione commerciale nel miglioramento qualitativo

del prodotto, caratterizzato da un minor contenuto di fogliame.

### Conclusioni

Le prove di raccolta hanno permesso di costruire un modello elettronico capace di calcolare il costo di raccolta della biomassa in funzione delle condizioni di lavoro, della strategia operativa e delle ipotesi di costo applicate da ciascun utente.

In linea generale, l'intervento è tanto più economico quanto più risulta meccanizzabile: i risultati migliori si hanno impiegando harvester, cippatrici di grossa potenza e autotreni. Ogni volta che si deve abbassare il livello di meccanizzazione il costo del diradamento aumenta. Questo vale per la cippatura, quando si passa dalla cippatrice stazionaria a quella mobile pesante, e dalla mobile pesante alla piccola leggera: lo stesso può dirsi per il trasporto, con il passaggio dall'autotreno alla motrice, e da questa al trattore e rimorchio. Il punto cruciale diventa pertanto quello delle infrastrutture - strade e imposti - che devono essere adeguate alle esigenze delle nuove filiere di raccolta.

In ogni caso, già adesso non siamo troppo lontani dall'obiettivo: il diradamento può diventare autosostenibile già ad un prezzo del cippato di 5-6 €/q, che oggi

Prezzo Cippato €/t s.s.	Cippatura all'imposto			Cippatura in fabbrica		
	Cant. 1 Integrale	Cant. 2 Integrata	Cant.3 Meccaniz.	Cant. 4 Integrale	Cant. 5 Integrata	Cant. 6 Meccaniz.
60	-1495	-2552	-1449	-1408	-2071	-774
70	-1090	-2193	-1176	-1002	-1798	-501
80	-684	-1835	-902	-597	-1525	-227
90	-279	-1477	-629	-192	-1251	46
100	126	-1118	-356	213	-978	319
110	531	-760	-83	618	-705	593
120	936	-401	191	1024	-431	866

Tab. 5 - Costo del diradamento in funzione del prezzo del cippato.

non sembra più irraggiungibile. Tutto questo vale poi in assenza di contributi, del tutto esclusi dalle nostre simulazioni. A tal proposito, il modello prodotto nello studio potrebbe costituire uno strumento utilissimo anche per il rilascio di contributi, che così potrebbero essere calibrati meglio alla realtà dei singoli comprensori, se non addirittura del singolo intervento. Con il modello infatti si potrebbe stimare un costo effettivo di raccolta, da usare come base per il calcolo del contributo: in tal modo si eviterebbe il rischio che un contributo uguale per tutti i siti vada ad aumentare i profitti degli interventi comunque remunerativi, mancando di stimolare la gestione delle realtà più svantaggiate, e forse più critiche sotto il profilo culturale.

### Riconoscimenti

Lavoro svolto nell'ambito del progetto transnazionale Leader Plus "Sviluppo della filiera foresta-legno-energia attraverso il rafforzamento dell'associazionismo forestale" ed effettuato con il contributo di: Comunità Montana Feltrina, Comunità Montana Bellunese, Comunità Montana del Friuli Occidentale, Associazione Montegrappa.

Gli Autori ringraziano in particolare il dott. Francesco Scopel per il validissimo sostegno operativo, e le ditte Bettega, De Col, Gorza, Guerra, Scariot e Weger per la collaborazione durante i rilievi.

**dott. Raffaele Spinelli**  
**dott.ssa Natascia Magagnotti**  
**dott.ssa Carla Nati**

CNR - Istituto per la Valorizzazione del Legno e  
 delle Specie Arboree  
 San Michele a/Adige (TN)

**dott. Matteo Aguanno**  
 Comunità Montana Feltrina - Feltre (BL)

### BIBLIOGRAFIA

- ANDRIGHETTO I., CAVALLI R., STELLIN G., ZILIOUO U., 1992 - *Il sistema zootecnico-foraggero nella montagna alpina*. Genio Rurale n° 5: 10.
- ANDRICH O., SECCO L., SCARIOT A., FRESCURA C., 1998 - *Modello gestionale consortile delle proprietà boschive private*. Programma Regionale Leader II - GAL 2 "Prealpi e Dolomiti Bellunesi e Feltrine" Misura b) sub misura 5, sub azione 5.9: 15-16.
- ANDRICH O., 2000 - *Piano di Riassetto Forestale Comune di Arsizè 2000-2009*. pp.4-14.
- BERTI S., PIEGAI F., VERANI S., 1989 - *Manuale d'istruzione per il rilievo dei tempi di lavoro e delle produttività nei lavori forestali*. Quaderni dell'Istituto di Tecnologia ed Assesamento Forestale - Università degli Studi di Firenze, Fascicolo IV.
- COLPI C., DE MAS G., LASEN C., 1990 - *Alcune note sull'abete rosso in Italia*. Cellulosa e Carta n° 3: 19-31.
- DEL FAVERO R., LASEN C., 1993 - *La vegetazione forestale nel Veneto*. Progetto Editore. Padova II edizione.
- MİYATA E. S., 1980 - *Determining fixed and operating costs of logging equipment*. General Technical Report NC-55. Forest Service North Central Forest Experiment Station, St. Paul, MN. 14 pp.
- NATI C., 2005 - *Ditte boschive e certificazione forestale*. Alberi e Territorio, Ottobre 2005.
- ROSSI V., 2005 - *Il prezzo del legno tondo per imballaggi*. Tecnico Pratico n° 13: 18-19.
- SAS INSTITUTE INC., 1999 - *StatView Reference*. SAS Publishing, Cary, NC. p. 84-93. ISBN-1-58025-162-5.
- SPINELLI R., NATI C., MAGAGNOTTI N., 2004 - *Raccolta di legno cippato dal diradamento dei boschi*. Alberi e Territorio - Supplemento al n° 9: 17-23.
- SPINELLI R., SECKNUS M. 2005 - *Teleriscaldamento nel Nord-Est: la domanda di biomassa*. Alberi e Territorio n° 9: 35-40.
- STERBA H., 2003 - *Growth after biomass removal during pre-commercial thinning*. Atti del Convegno Austro 2003, 5-9 Ottobre, Schlägl - Austria.
- TEGGELBECKER D., 2006 - *Wood fuel production and certification - an area of conflict?* Atti del Convegno Wood - cost effective fuel for the future, 26-27 Gennaio, Eberswalde.