

RAFFAELE SPINELLI (\*) - NATASCIA MAGAGNOTTI (\*)

## LA PRODUZIONE DI BIOMASSA LEGNOSA NELLA SELVICOLTURA ALPINA: QUANTITÀ, SISTEMI DI RACCOLTA, COSTI

*Sulle Alpi, l'ulteriore sviluppo del settore biomasse dipende dalla capacità di sfruttare la risorsa forestale, rispettando le condizioni di sostenibilità ecologica ed economica. Dal 2003 il CNR ha avviato un programma di ricerca destinato a sperimentare le migliori tecnologie disponibili per razionalizzare la raccolta della biomassa forestale sulle Alpi Orientali. Ad oggi sono stati allestiti 20 cantieri sperimentali, che hanno coperto 38 ettari di bosco, producendo oltre 1700 ore di cronometraggi di dettaglio. Le prove hanno interessato varie tipologie forestali, tra cui i boschi di conifere maturi, i giovani rimboschimenti di peccio e pini, i boschi di neoformazione e le formazioni ripariali. La sperimentazione ha prodotto dei modelli di calcolo capaci di restituire una stima del costo di intervento per ciascuna tipologia, sulla base dei dati stazionali ed economici immessi dall'utente. I risultati evidenziano il ruolo fondamentale della meccanizzazione, della logistica e della valorizzazione integrata del prodotto legnoso.*

*Parole chiave:* biomassa; meccanizzazione; Alpi; harvester; costi.

*Key words:* biomass, mechanization, Alps, harvester; cost.

### INTRODUZIONE

Molti forestali guardano allo sviluppo del settore bio-energetico con un misto di speranza e di timore: speranza che il mercato della biomassa legnosa possa offrire uno sbocco interessante ai sottoprodotti della selvicoltura; timore che nel tempo la fame di combustibile possa spingere ad uno sfruttamento eccessivo della risorsa forestale. Finora però le centrali non hanno confermato nessuna delle due aspettative, perché oggi è ancora possibile ottenere grandi quantità di legname attraverso i canali dell'importazione e del recupero – legname che in genere è uno scarto o un prodotto collaterale di poco valore, e può essere acquisito a prezzi molto modesti (SPINELLI e SECKNUS, 2004). In questo caso, il trasporto rappresenta il costo

---

(\*) CNR, Istituto per la Valorizzazione del Legno e delle Specie Arboree (IVALSA).

maggiore, che varia in funzione della distanza da coprire e delle infrastrutture disponibili.

Tuttavia, le centrali attualmente in funzione hanno captato quasi tutto lo scarto disponibile: in Italia come in Austria o in Germania, l'ulteriore sviluppo del settore dipende ormai dalla capacità di sfruttare la risorsa primaria, localizzata nei boschi e nei campi. Si tratta di una vera sfida, perché il recupero di biomassa direttamente alla fonte è più complesso e meno lucrativo dello smaltimento di uno scarto legnoso che un tempo era ceduto a prezzi irrisori. Intervenire sugli ecosistemi forestali richiede una professionalità e una competenza specifiche, senza le quali è difficile raggiungere le irrinunciabili condizioni di sostenibilità economica ed ecologica.

Oggi in nord-Italia operano almeno 43 impianti di riscaldamento collettivo e 11 centrali elettriche, tutti alimentati a cippato di legno vergine (Tabella 1). Questi impianti generano una domanda annuale di biomassa superiore al milione di tonnellate, a cui si aggiungono quelle già necessarie per alimentare centinaia di impianti termici di piccola taglia. Per i gestori, la scelta tra due prodotti alternativi è guidata dal prezzo alla consegna, dalla qualità del prodotto e dal servizio offerto dal produttore. Oggi, il residuo di segheria vince su tutti e tre i fronti, perché costa meno, perché è costituito da un legno più asciutto e pulito, e perché è offerto da industrie ad altre industrie, con un netto vantaggio in termini logistici ed amministrativi.

Le aziende agricole e forestali devono ancora imparare molto. Occorre infatti che diventino capaci di offrire un combustibile competitivo per qualità, prezzo e condizioni di fornitura. Le consegne devono essere rapide, regolari e soprattutto garantite. Nessun impianto può permettersi un arresto temporaneo del servizio per la mancanza di combustibile.

Pertanto, occorre sviluppare conoscenze tecniche appropriate, che consentano la messa in opera di filiere locali di approvvigionamento, gestite da aziende del luogo e capaci di attingere alle risorse abbondantemente

Tabella 1 – Riscaldamenti collettivi e centrali elettriche nell'Italia Settentrionale.

Regione	Riscaldamenti collettivi			Centrali elettriche		
	n.	MWt	t/anno	n.	MWe	t/anno
Valle d'Aosta	2	10	11200	–	–	–
Piemonte	4	24	26880	3	27	270000
Lombardia	3	35	39200	4	30	300000
Veneto	3	2	2240	2	23	230000
Trento	2	17	19040	–	–	–
Bolzano	30	107	119840	–	–	–
Friuli V.G.	1	0,5	560	1	3	30000
Emilia-Romagna	–	–	–	1	23	230000
<i>Totale</i>	<i>43</i>	<i>195,5</i>	<i>218960</i>	<i>11</i>	<i>106</i>	<i>1060000</i>

disponibili sul territorio, su una base di sostenibilità economica ed ambientale. Finora la ricerca e la disseminazione si sono dimostrati i migliori strumenti per acquisire e trasferire conoscenze di questo tipo.

#### IL PROGETTO «ALPI ORIENTALI»

A partire dal 2003 il CNR ha lanciato un vasto programma di ricerca destinato a sperimentare le migliori tecnologie disponibili per razionalizzare la raccolta della biomassa forestale in ambito alpino. Lo scopo è quello di sbloccare la risorsa forestale consentendo anche alla selvicoltura di sfruttare l'opportunità «biomassa», che finora ha portato benefici limitati a chi opera in bosco.

Il lavoro è condotto dall'Istituto per la Valorizzazione del Legno e delle Specie Arboree (IVALSA) di San Michele all'Adige e consiste in un piano articolato di prove sperimentali destinato a coprire tutto l'Arco Alpino Orientale. Le prove sono effettuate con il supporto delle più importanti Amministrazioni che operano su questo territorio, tra cui il Servizio Foreste e Fauna della Provincia Autonoma di Trento, il Servizio Selvicoltura e Antincendi Boschivi della Regione Friuli-Venezia Giulia, i Servizi Forestali della Regione Veneto e il GAL Prealpi e Dolomiti. Un ruolo fondamentale lo giocano anche la Comunità Montana Feltrina, quella Bellunese e tutte e quattro le Comunità Montane del Friuli: Carnia, Gemonese, Friuli Occidentale e Torre-Natisone. Né manca il supporto dei proprietari forestali, e il progetto annovera tra i suoi sponsor il Consorzio Boschi Carnici, la Magnifica Comunità di Fiemme e l'Associazione Monte Grappa – che avviò il primo cantiere sperimentale nell'estate 2003.

Il progetto prevede diverse attività, ed in particolare un'indagine sul mercato del cippato nelle Alpi Orientali, una valutazione del prodotto e dei fattori che ne influenzano la qualità, ed una serie di cantieri sperimentali destinati ad individuare le migliori tecniche per abbattere il costo di conferimento e/o per migliorare la qualità complessiva della fornitura. Ad oggi sono state prodotte 11 pubblicazioni e 9 giornate dimostrative, per illustrare i principali risultati del lavoro condotto finora. Questi sono stati anche esposti in 6 convegni in Italia e 3 all'estero. Il presente articolo però costituisce l'unico sommario organico dei risultati ottenuti dai 20 cantieri sperimentali organizzati dal CNR tra il 2003 e il 2006. Esso contiene le informazioni essenziali derivanti dalle prove di raccolta, ed in particolare quelle riguardanti la quantità di materiale recuperabile, il costo del recupero e gli elementi per la scelta delle tecnologie più idonee.

La complessità della nostra selvicoltura ha suggerito un approccio

puntuale, che permettesse di affrontare un caso alla volta. La priorità logicamente è stata data a quelle situazioni che presentavano le seguenti caratteristiche:

- 1) ampia diffusione sul territorio, in modo da poter eventualmente replicare le misure di razionalizzazione sviluppate nel corso della prova;
- 2) necessità urgente di una qualche forma di gestione a causa di una situazione evolutiva in corso, che andrebbe diretta verso i prototipi colturali desiderati;
- 3) condizioni relativamente favorevoli alla raccolta, per facilitare il raggiungimento della sostenibilità economica;
- 4) mancanza di sbocchi per il materiale ricavato dall'intervento, che a causa della qualità scadente sarebbe difficile valorizzare in modo diverso.

Con un piano sperimentale di 20 prove, è stato possibile affrontare varie tipologie di intervento, ed in particolare: il recupero dei residui di utilizzazione nei tagli di rinnovazione – a buche e a gruppi; il diradamento delle giovani piantagioni di conifere; la gestione dei boschi di neoformazione; la ripulitura degli alvei fluviali (Tabella 2).

Tabella 2 – Cantieri sperimentali condotti dal CNR sulle Alpi Orientali: 2003-2006.

Tipologia - trattamento	Prove n.	Superf. ha	Tondame m <sup>3</sup>	Biomassa t t.q.	Studio ore
Peccete mature - coetaneo	3	10,1	3018	445	442
Peccete mature - disetaneo	2	11,3	720	155	349
Peccete giovani - diradamento	5	4,3	121	270	288
Pinete giovani - vari	5	5,4	72	397	362
Neoformazioni - vari	2	1,6	0	141	176
Formazioni riparali - ripulitura	3	5,2	102	197	119
<i>Totale</i>	<i>20</i>	<i>38,0</i>	<i>4033</i>	<i>1605</i>	<i>1735</i>

I cantieri sperimentali hanno interessato 38 ettari di bosco, e sono stati organizzati direttamente dal CNR, che ha sempre fornito indicazioni precise sulle modalità e sui sistemi di lavoro, per evitare il ricorso anche solo occasionale a pratiche sub-ottimali. La presenza costante di personale CNR sui cantieri di utilizzazione è servita anche a garantire il rispetto delle indicazioni operative fornite nella fase progettuale. Per l'esecuzione dei lavori si sono impiegate di preferenza ditte locali, ma si è provveduto anche a noleggiare dall'esterno macchine innovative non ancora disponibili nella zona in cui si effettuava la prova. Questo ad esempio è stato il caso dell'harvester su ragno, dello skidder idrostatico e dell'imballatrice di ramaglie.

Su ciascun cantiere sono stati cronometrati tutti i tempi di lavoro per singola fase (BERTI *et al.*, 1989) con computer portatili ognitempo *Husky Hunter*, muniti dell'apposita installazione *Siwork 3* (SPINELLI e KOFMAN, 1995). I quantitativi totali raccolti sono stati misurati portando tutta la biomassa ad una pesa certificata, e misurando il volume sterico di tutti i carichi. Il peso individuale di ciascuna pianta invece è stato calcolato costruendo apposite tavole di cubatura locali, o applicando i modelli dendrometrici sviluppati recentemente dall'ISAF (FATTORINI *et al.*, 2005), dopo aver costruito una curva ipsometrica per ciascun popolamento. Ai valori così ottenuti si sono applicati opportuni fattori di correzione, calcolati sulla base dei quantitativi totali effettivamente raccolti e portati in pesa. La cubatura individuale delle piante utilizzate è stata impiegata per la modellizzazione del ciclo di lavoro a livello di singola pianta (es. ciclo di abbattimento). Il tenore idrico del materiale è stato determinato in base alla norma CEN/TS 14774-2, 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 10 campioni (rotelle) per sito. L'ampiezza degli imposti e l'ingombro delle cataste sono stati misurati con i consueti strumenti topografici: bussola, distanziometro laser e rotella metrica.

Nel complesso, i cronometraggi di dettaglio effettuati al centesimo di minuto hanno coperto 1735 ore di lavoro, durante le quali sono state prodotte 1600 tonnellate di cippato e 4000 m<sup>3</sup> di legname da opera.

## RISULTATI

Per quanto riguarda i *tagli di rinnovazione* nelle peccete pure o miste, possiamo distinguere due situazioni molto differenti, e cioè il taglio raso a buche e quello saltuario – per gruppi o piede d'albero. In genere i due trattamenti sono applicati in condizioni operative molto diverse. Se il terreno è talmente pendente da imporre il ricorso alla teleferica si preferisce applicare il taglio a buche, che genera un prelievo abbastanza intenso da giustificare l'installazione dell'impianto a cavo. Il taglio saltuario invece è effettuato soprattutto se il terreno è accessibile ai trattori, che hanno maggiore mobilità e consentono un prelievo più diffuso.

Dal taglio raso a buche si producono da 150 a 300 m<sup>3</sup> di tondame ad ettaro, in funzione della superficie delle buche, delle dimensioni delle piante e del diametro di svettatura. Se le piante sono esboscate intere, è possibile ottenere un quantitativo addizionale di biomassa compreso tra le 30 e le 90 tonnellate t.q. ad ettaro. In linea generale, il recupero delle ramaglie e dei cimali consente di ottenere circa 300 kg di biomassa aggiuntiva per ogni m<sup>3</sup> di tondame utiliz-

zato. Quando si recuperano solo i cimali, il quantitativo di biomassa aggiuntiva recuperabile scende a circa 100 kg per m<sup>3</sup> di tondame. Nel taglio saltuario invece si prelevano 60-80 m<sup>3</sup> di tondame ad ettaro, a cui si aggiungono 10-20 tonnellate di biomassa ad ettaro, ottenuta dalle ramaglie e dai cimali.

Le prove del CNR dimostrano che nelle condizioni della selvicoltura alpina il recupero separato di tronchi e cimali non è mai conveniente: se la pianta è allestita in bosco è meglio abbandonare i residui di utilizzazione, perché un eventuale recupero costa più di quanto non renda. Gli esempi dell'Europa centro-settentrionale da noi trovano un campo di applicazione molto ristretto. I colleghi di oltralpe infatti applicano tagli rasi su vaste superfici accessibili ai trattori, per cui il residuo è concentrato e può essere caricato direttamente su un pianale. Da noi invece occorre utilizzare sistemi a cavo per raggiungere materiale sparso e di piccole dimensioni, ed è molto difficile che questa operazione possa mai essere remunerativa.

Viceversa, il sistema della pianta intera risulta generalmente conveniente. I modelli sviluppati nel corso delle prove hanno permesso di calcolare un guadagno aggiuntivo variabile tra il 10 e il 30% rispetto a quanto ottenibile con il sistema tradizionale del legno corto. Tale guadagno è tanto maggiore quanto più meccanizzato è il cantiere, ed infatti dipende soprattutto dalla possibilità di sostituire l'allestimento manuale con quello meccanico: l'introduzione del processore consente un abbattimento del costo di lavorazione compreso tra il 10 e il 25%, a seconda del tipo di macchina. In questo scenario, il recupero della biomassa offre un introito aggiuntivo, che migliora la situazione ma non la cambia in modo sostanziale. Solo quando l'allestimento è effettuato manualmente con la motosega, è la biomassa che fa pendere l'ago della bilancia a favore del sistema della pianta intera: in questo caso, se non fosse possibile vendere il residuo di utilizzazione probabilmente converrebbe restare con il sistema tradizionale, che a fronte di un costo di lavorazione pressoché identico offre i vantaggi di una maggiore semplicità organizzativa e di un investimento complessivo nettamente minore. Tuttavia, per le ipotesi considerate il recupero dei residui determina un introito aggiuntivo di circa 4 € per m<sup>3</sup> di tondame e riesce a motivare l'utilizzazione della pianta intera.

Questo ovviamente dipende dal valore attribuito alla biomassa giunta all'imposto, a sua volta legato all'efficienza del processo di condizionamento e trasporto. La cippatura diretta dei rami all'imposto e il trasporto di cippato è sempre l'opzione più conveniente, ed ha un costo stimabile intorno ai 20-25 €/tonnellata t.q. Se si vuole costituire una riserva per il periodo freddo, si può considerare il confezionamento di balle o di sezioni: esso è meno conveniente della cippatura diretta, ma nelle condizioni attuali di mercato resta ancora remunerativo fino a che la distanza di trasporto non

supera i 45 km. Oltre tale distanza, il costo di conferimento è più elevato del prezzo massimo pagato oggi dagli impianti, pari a 14 € per metro stero di cippato, franco centrale. Il discorso vale solo per il trasporto su autocarro, perché la distanza utile di trasporto potrebbe essere aumentata ricorrendo all'autotreno.

Le prove di *diradamento in pecceta artificiale* hanno interessato formazioni secondarie di abete rosso con età compresa tra i 30 e i 40 anni. Queste erano tutte poste su ex-coltivi, quindi su terreni fertili e in genere accessibili ai mezzi meccanici. Optando per la cippatura della pianta intera è possibile recuperare da 50 a 100 tonnellate t.q. di biomassa ad ettaro, a seconda del grado di sviluppo del popolamento e dell'intensità dell'intervento. Quando invece la taglia e la qualità delle piante sono tali da favorire una valorizzazione integrata, si possono ricavare fino a 70 m<sup>3</sup> di tondame e 40 tonnellate di biomassa ad ettaro.

Un popolamento medio tra quelli studiati potrebbe essere caratterizzato da una pendenza del 30%, un prelievo di 400 piante/ha, e un diametro medio a petto d'uomo della pianta prelevata di 18 cm. A questi valori corrisponde un peso medio a pianta di circa 2 quintali, ed un prelievo pari a circa 80 tonnellate di biomassa t.q./ha. Ipotizzando una distanza di trasporto in centrale di 35 km, un prezzo di conferimento del cippato di 40 €/t tal quale e un prezzo del tondame da imballaggio di 45 €/m<sup>3</sup> reso all'imposto (ROSSI, 2005), il diradamento 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). 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. 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 ad un prezzo del cippato di 50-60 €/tonnellata, che oggi non sembra più irraggiungibile. Tutto questo vale poi in assenza di contributi, del tutto esclusi dai nostri calcoli. 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 sin-

golo 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.

Sui *rimboschimenti di pino nero e silvestre* sono stati provati sia il diradamento selettivo che il taglio a buche (messa in rinnovazione anticipata) – entrambi volti a favorire lo sviluppo del piano dominato di latifoglie spontanee. Si è intervenuti su popolamenti di età compresa tra i 40 e i 70 anni, spesso mai diradati e con piante di diametro a petto d'uomo variabile tra i 15 e i 30 cm. Qui, il diradamento selettivo può produrre circa 70 tonnellate di biomassa fresca ad ettaro, e il taglio a buche oltre il doppio.

La sostituzione del diradamento selettivo con il taglio a buche va fatta con molta attenzione, perché non consente quella gradualità e quella capillarità che dovrebbero caratterizzare la selvicoltura nel senso più nobile. Tuttavia, essa può giustificarsi in situazioni di grave urgenza gestionale, dove una selvicoltura più graduale non è concretamente applicabile per ragioni economiche. Qui, il ricorso al taglio a buche aumenta nettamente la sostenibilità economica degli interventi, perché facilita l'utilizzazione e produce assortimenti di maggior valore rispetto a quelli ottenuti con il diradamento selettivo: la differenza è notevolissima, perché in condizioni favorevoli, il taglio a buche consente di ottenere un profitto di alcune centinaia di Euro ad ettaro, dove normalmente si registrerebbero forti passività.

Contrariamente al diradamento selettivo da cui si ottiene soprattutto cippato, il taglio a buche consente di applicare diverse strategie produttive, volte a raccogliere esclusivamente tondame, esclusivamente cippato o una miscela dei due. La convenienza di ciascuna strategia dipende dal prezzo ottenibile per i due assortimenti: nelle condizioni di lavoro considerate, un prezzo alla consegna di 50 €/t copre il costo di produzione del cippato, e un prezzo all'imposto poco inferiore ai 40 €/m<sup>3</sup> copre il costo di produzione del tondame da sega. Ulteriori variazioni dei prezzi spostano l'equilibrio in favore dell'uno o dell'altro assortimento, eventualmente giustificando anche la cippatura del materiale idoneo alla produzione di tondame.

In linea generale, in terreno trattorabile i tagli a buche risultano remunerativi, mentre il diradamento selettivo chiude in pareggio. Se invece bisogna ricorrere alla teleferica, tutti i trattamenti si sono dimostrati piuttosto onerosi, con perdite variabili tra i 600 e i 2000 €/ha. Ulteriori miglioramenti produttivi sono possibili attraverso il passaggio ad un livello di meccanizzazione ancora più elevato: in effetti, i popolamenti osservati si presterebbero molto bene all'introduzione della classica coppia harvester-forwarder, ormai ubiquitaria nei Paesi d'Oltralpe. Questo sistema di lavoro sarebbe

particolarmente adatto all'esecuzione dei tagli a strisce, che offrono una maggiore facilità di circolazione in bosco. L'accesso direttamente in bosco di macchine relativamente pesanti suscita ovvie preoccupazioni circa i possibili impatti ambientali, ed in particolar modo su un eventuale danneggiamento del suolo forestale: tuttavia, i terreni su cui cresce il pino presentano una fortissima dose di scheletro, che costituisce una protezione efficace contro il compattamento. L'impiego di harvester e forwarder offrirebbe il duplice vantaggio di consentire un ulteriore abbattimento dei costi di raccolta e di facilitare un'assortimentazione ancora più articolata, rendendo economicamente possibile il confezionamento di tondame da sega, di tonello da cartiera, di sezioni per biomassa di qualità e di cimali per la produzione di biomassa andante.

Gli interventi effettuati sui *boschi di neoformazione* possono perseguire due opposti indirizzi gestionali, in funzione della qualità del popolamento e del territorio circostante. Se il paesaggio è ormai «soffocato» dal bosco e il popolamento è comunque di cattiva qualità, si può optare per il ripristino del pascolo attraverso il taglio raso su piccole superfici. Viceversa, nei territori più aperti e con i popolamenti più promettenti si può pensare ad una valorizzazione selvicolturale del bosco in evoluzione da attuarsi con il diradamento selettivo.

Per le ipotesi tecniche ed economiche effettuate dagli autori, l'utilizzazione dei boschi di neoformazione comporta perdite variabili tra i 1000 e i 2500 €/ha: il ripristino del pascolo potrebbe in teoria offrire un certo guadagno, che però è annullato dalla necessità di eliminare l'abbondantissimo sottobosco di nocciolo. Nonostante tutti gli interventi di razionalizzazione, solo questo lavoro ha un costo netto di circa 1500 €/ha. In tale frangente, la meccanizzazione spinta non sembra essere di alcun aiuto, e anzi risulta l'opzione meno remunerativa, probabilmente perché concepita per l'impiego su popolamenti molto differenti. In futuro potrebbe valere la pena di pensare ad una meccanizzazione dedicata al trattamento del nocciolo, alla quale non mancano senz'altro le premesse tecnologiche e culturali.

Il prezzo del cippato ha un'influenza determinante sulla redditività degli interventi. Gli attuali 40 €/tonnellata franco centrale non permettono di raggiungere la sostenibilità economica, e favoriscono la produzione integrata di legna e cippato contro la esclusiva produzione di cippato, soprattutto nei popolamenti di latifolia come quelli in oggetto. Nelle condizioni in cui sono state condotte le prove, l'equilibrio tra le due soluzioni è raggiunto ad un prezzo del cippato pari a 45 €/tonnellata, livello oltre il quale conviene produrre esclusivamente cippato. La sostenibilità economica è raggiunta ad un prezzo del cippato rispettivamente di 50 e 60 €/tonnellata franco centrale, per il ripristino del pascolo e per il diradamento.

Resta incoraggiante il fatto che le prestazioni dei cantieri proposti sono

comunque migliori di quelle ottenute in studi precedenti (CAVALLI *et al.*, 2002), da cui risulta che il costo di utilizzazione del nocciolo raggiunge i 71 €/tonnellata fresca al netto di esbosco, cippatura e trasporto, mentre quello dell'ontaneto sfiora i 90 €/tonnellata fresca al lordo dell'esbosco ma al netto di cippatura e trasporto. I miglioramenti dunque ci sono stati, e questo fa sperare bene per le eventuali altre iniziative che si vorranno intraprendere nel prossimo futuro.

Gli *alvei fluviali* presentano una grande varietà di condizioni operative, che giustificano approcci molto diversi a seconda del caso individuale. La trinciatura a perdere con un decespugliatore forestale rappresenta la soluzione di gran lunga più onerosa, ed andrebbe evitata quando possibile. Il prezzo attuale del cippato industriale non consente grandi margini operativi, ma giustifica comunque il recupero della biomassa, perché anche dove questo risulta in una perdita netta, tale perdita è comunque molto inferiore (10 volte) a quella altrimenti incorsa con la cippatura a perdere. Proprio a causa di un prezzo del cippato ancora modesto, i risultati migliori si hanno con la raccolta associata, che prevede la trasformazione dei fusti in tondame e cippato a seconda delle dimensioni e della qualità, consentendo di valorizzare meglio il legname utilizzato. Questa modalità operativa riesce meglio dove si applica il taglio selettivo a carico del piano dominante, peraltro giustificabile molto bene anche in termini selvicolturali ed idrologici.

La manutenzione degli alvei richiede una meccanizzazione adeguata, basata sull'impiego di abbattitrici, harvester e forwarder: questa consente di abbattere i costi di intervento e di migliorare l'ambiente di lavoro, eliminando gran parte della pericolosità e della fatica che caratterizzano i metodi di lavoro tradizionali. Il punto debole di questi cantieri sta nei costi di trasferimento, e per questo motivo sarebbe opportuno strutturare i lotti in unità abbastanza estese da non penalizzare l'unica dimensione operativa – quella meccanizzata – che consentirebbe di raggiungere l'autosostenibilità dell'intervento. La convergenza di una cantieristica razionale, di una pianificazione adeguata e di una moderna filosofia d'intervento può migliorare la remuneratività degli interventi di manutenzione, favorendo una cura più attenta dei corsi d'acqua e aumentando la disponibilità di biomassa per il mercato.

## CONCLUSIONI

Le prove condotte dal CNR hanno interessato un gran numero di situazioni operative tipiche delle Alpi Italiane, dove il recupero di biomassa potrebbe contribuire ad aumentare la sostenibilità economica della selvicoltura. La grande variabilità che contraddistingue l'ambiente forestale ostaco-

la la formulazione di conclusioni generali, ed è per questo motivo che il CNR ha costruito specifici modelli di calcolo capaci di restituire una stima personalizzata dei costi d'intervento, in funzione delle specifiche condizioni sotto cui questo avviene (dimensioni delle piante, distanze di esbosco e trasporto, costo dei fattori produttivi etc.). Con questa premessa, è possibile tuttavia fornire alcuni indirizzi generali, che servono soprattutto come spunti per ulteriori riflessioni.

Innanzitutto bisogna sempre ricordare che il cippato forestale ha un valore ancora molto modesto, e che la sua produzione non può offrire grandi profitti: per questo motivo conviene sempre adottare una strategia di raccolta che consenta di valorizzare il prelievo legnoso nel modo migliore, soprattutto attraverso l'integrazione di prodotto. Se una quota significativa del legname da raccogliere può essere convertita in assortimenti di pregio, bisogna organizzarsi per produrli, poiché il loro valore potrebbe sostenere anche parte del costo di produzione del cippato. Un esempio tipico è quello del recupero dei residui di utilizzazione: se la raccolta è organizzata bene e le piante sono allestite all'imposto, il prodotto principale sosterrà i costi dell'abbattimento, esbosco e allestimento, e sulla produzione di cippato graveranno solo i costi relativi alla cippatura ed al trasporto. Né questo esclude che anche la produzione primaria tragga qualche beneficio dalla produzione collaterale di cippato: l'esbosco di piante intere e l'allestimento all'imposto consentono di impiegare attrezzature meccaniche altrimenti incapaci di accedere in bosco, e il cui uso permette di abbattere il costo di utilizzazione di circa il 30%. Spesso però questa procedura non può essere applicata per l'impossibilità di smaltire il residuo accumulato all'imposto – un problema facilmente risolto proprio con l'avvio al mercato della biomassa.

La produzione di cippato impone il cambiamento dei sistemi di utilizzazione tradizionali, e richiede una riorganizzazione generale delle operazioni di raccolta. La sequenza di lavoro deve essere il più possibile semplificata, eliminando tutti i passaggi che non sono strettamente necessari. Le lavorazioni manuali dovrebbero essere tutte meccanizzate, e se questo non è possibile andrebbero sostituite con altre lavorazioni meccanizzabili: un esempio tipico è quello della cippatura, una lavorazione meccanica destinata a sostituire l'inefficiente allestimento manuale delle piante di piccole dimensioni. Anche gli harvester offrono un grandissimo potenziale per aumentare l'efficienza della raccolta integrata, abbattendo il costo di produzione della biomassa. Essi andrebbero usati ogni qualvolta la taglia delle piante utilizzate sia sufficientemente elevata da consentire la produzione di tronchi da sega, e quando il lotto sia abbastanza consistente da ammortizzare il costo di spostamento del cantiere. A seconda delle condizioni del terreno, gli harvester possono essere usati direttamente in bosco o all'imposto. I benefici del loro impiego vanno oltre un allestimento più economico, ed

includono un migliore concentramento del legname, un esbosco più agevole e la possibilità di effettuare movimentazione e accatastamento. L'uso dell'harvester nei tagli di maturità permette di ridurre il costo totale di utilizzazione di una quota variabile tra il 30 e il 40%, rispetto alla tradizionale lavorazione manuale. Nei diradamenti, la produzione di tondame da sega risulta conveniente solo se si usa un harvester: qui, l'abbattimento e l'allestimento meccanizzati risultano più costosi del solo abbattimento manuale, ma consentono un esbosco molto più economico e determinano una riduzione generale del costo di raccolta. Inoltre, la maggior parte degli harvester può essere impiegata per confezionare sezioni con rami o tronchi parzialmente sramati, che sono più facili da movimentare, si accatastano meglio e producono un cippato di qualità superiore.

Riorganizzare e meccanizzare le attività boschive comporta problemi logistici importanti, soprattutto in un contesto montano spesso penalizzato dalla carenza di infrastrutture. Le ditte utilizzatrici devono poter pianificare con cura tutti gli spostamenti ed i trasporti, e a tale scopo hanno bisogno di strumenti adeguati. Se ad esempio l'imposto più vicino al lotto utilizzato non consente l'accesso a cantieri industriali, la ditta utilizzatrice deve poter valutare con esattezza se convenga effettuare una movimentazione intermedia per spostare il legname presso un imposto più ampio, o se invece sia meglio prolungare l'esbosco o ripiegare su un cantiere semi-meccanizzato. La scelta dipende dall'efficienza con cui può essere effettuata l'eventuale movimentazione intermedia e dalla distanza di trasporto su strada, che a sua volta determina l'effettiva convenienza ad utilizzare mezzi di trasporto più capienti e veloci. In linea generale, la movimentazione intermedia aggiunge circa 10 €/t al costo di utilizzazione e conviene solo quando è l'unico modo per portare il materiale ad un imposto autocarrabile: ricorrere ad essa solo per passare da un imposto buono ad uno migliore non è mai conveniente. Normalmente conviene cercare siti con una buona dotazione infrastrutturale, anche se lontani dalla centrale, dal momento che fino ad una distanza di 80 km, il trasporto su autotreno costa meno della doppia movimentazione. Per ogni evenienza, gli studi condotti dal CNR hanno prodotto un modello di calcolo che può assistere i professionisti anche in questo frangente, perché confronta il risultato economico delle diverse opzioni logistiche per le ipotesi inserite dall'utente.

Quando possibile, conviene organizzare i lavori in modo da interporre un periodo di stagionatura tra l'abbattimento e la cippatura, così da ottenere un combustibile più asciutto. Tuttavia, sembra che nelle condizioni alpine la stagionatura all'imposto non riesca a determinare un calo del tenore idrico superiore ai 10 punti percentuali (Tabella 3). I migliori risultati sono ottenuti con gli abeti e con le latifoglie dopo 2-4 mesi di stoccaggio estivo. Prolungare la durata dello stoccaggio oltre questo periodo non sembra

Tabella 3 – Risultati delle prove di stagionatura condotte dal CNR sulle Alpi Orientali.

Località	Provincia	Porzione	Specie	Luogo	Giorni	iniziale %	finale %	Δ%
Lumini	VR	Piante intere	<i>P. nigra</i>	Imposto	201	49,1	48,1	-1,0
Lumini	VR	Piante intere	<i>P. nigra</i>	Imposto	350	49,1	48,4	-0,7
Santa Viola	VR	Piante intere	<i>P. nigra</i>	Imposto	112	52,2	49,2	-3,0
Santa Viola	VR	Tronchi	<i>P. nigra</i>	Imposto	<b>694</b>	52,2	54,8	<b>2,6</b>
Marzone	UD	Tronchi	<i>P. silvestris</i>	Imposto	83	51,3	45,5	-5,8
Nurtiseas	UD	Tronchi	<i>P. silvestris</i>	Imposto	80	48,3	48,8	0,5
Verzegnis	UD	Rami	<i>P. silvestris</i>	Imposto	<b>84</b>	49,8	38,8	<b>-11,0</b>
Gemona	UD	Tronchi	<i>P. silvestris</i>	Piazzale	<b>117</b>	52,3	42,5	<b>-9,8</b>
Sovramonte	BL	Piante intere	<i>P. abies</i>	Imposto	8	55,7	54,9	-0,8
Seren del Grappa	BL	Piante intere	<i>P. abies</i>	Imposto	<b>60</b>	58,1	49,4	<b>-8,7</b>
Belluno	BL	Sezioni	<i>P. abies</i>	Imposto	67	50,1	48,3	-1,8
Andreis	PN	Cimali	<i>P. abies</i>	Imposto	102	50,8	51,5	0,7
Monte Pertica	BL	Cimali	<i>P. abies</i>	Imposto	20	55,1	50,1	<b>-5,0</b>
Rigolato	UD	Balle	<i>Mixed</i>	Piazzale	<b>116</b>	50,9	40,6	<b>-10,3</b>
Cavalese	TN	Cimali	<i>P. abies</i>	Imposto	<b>66</b>	45,3	39,3	<b>-6,0</b>
Cermis	TN	Sezioni	<i>P. abies</i>	Piazzale	<b>68</b>	45,3	35,3	<b>-10,0</b>
Lagorai	TN	Cimali	<i>P. abies</i>	Imposto	427	46,1	47,0	0,9
Andreis	PN	Cimali	Latifoglie	Imposto	<b>123</b>	45,6	40,1	<b>-5,5</b>
Taipana	UD	Cimali	Latifoglie	Imposto	25	40,6	41,5	0,9

Nota: I valori sottolineati indicano differenze statisticamente significative (ANOVA); negli altri casi, l'eventuale differenza non è significativa in termini statistici e quindi è impossibile affermare che la stagionatura in catasta abbia determinato una qualsiasi perdita di umidità.

avere effetti positivi, e può anche essere controproducente, perchè il legname può riacquistare umidità e iniziare a marcire. In questo senso, il pino nero è particolarmente difficile da trattare: le varie prove di stagionatura non hanno evidenziato perdite di umidità significative, indipendentemente dalla durata del periodo di giacenza e dalla forma in cui il materiale era stato accumulato (piante intere, rami, tronchi). In linea generale, sembra molto difficile abbassare naturalmente il tenore idrico della biomassa forestale al di sotto del 35-40%: questo deve essere sempre ricordato quando si pianifica la costruzione di un impianto di teleriscaldamento che dovrebbe utilizzare cippato da bosco.

Per quanto vasto e ambizioso, in quattro anni il Progetto «Alpi Orientali» non poteva coprire tutti gli argomenti, né fornire tutte le soluzioni. È lo stesso concetto di progresso ad implicare che ogni punto di arrivo sia anche il punto di partenza per una nuova impresa. Pertanto è normale che durante il lavoro siano emersi nuovi aspetti, che sembrano meritare maggiore attenzione e che non sono stati ancora esplorati: essi costituiscono l'argomento degli studi attualmente in corso, e di quelli che saranno intrapresi nei prossimi anni.

## SUMMARY

### **Producing woodfuel in the Alpine forests: quantities, harvesting systems and costs**

In the Alps, a further development of the bioenergy sector depends on the exploitation of forest resources, within the limits of environmental and economical sustainability. In 2003 CNR launched a research programme aimed at testing the best technology options for harvesting forest biomass on the Eastern Alps. To date, 20 harvesting trials have been conducted, covering 38 hectares of forest and producing 1730 hours of detailed stop-watching sessions. The trials have been performed on mature softwood stands, young spruce or pine plantations, «invasion» forests and riparian stands. The research has produced a number of electronic models that calculate the harvesting cost of alternative technology options for the technical and economical input data inserted by users. The results highlight the importance of mechanization, logistics and product integration.

## BIBLIOGRAFIA

*Nota: i titoli elencati sono quelli citati nel rapporto circa le questioni metodologiche generali, e quelli degli studi individuali sintetizzati in questo lavoro, a cui i lettori possono riferirsi per ottenere una bibliografia specifica più ricca e variata.*

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 Assestamento Forestale, Università degli Studi di Firenze, Fascicolo IV.

- CAVALLI R., CONFALONIERI M., ZAMBONI R., 2002 – *Valutazione tecnico-economica dell'approvvigionamento di dendromassa per usi energetici in provincia di Trento*. Provincia Autonoma di Trento. Servizio Foreste, 12 pp.
- FATTORINI L., GASPARINI P., NOCETTI M., TABACCHI G., TOSI V., 2005 – *Observations and forecast models for above-ground tree and shrub phytomass in the forest stands of Trentino*. In corso di pubblicazione su Acta Biologica.
- ROSSI V., 2005 – *Il prezzo del legno tondo per imballaggi*. Tecnico Pratiko, n. 13: 18-19.
- SPINELLI R., KOFMAN P., 1995 – *Cantieri agricoli e forestali, informatizzazione dei rilievi*. Macchine e Motori Agricoli, n.11: 33-35.
- SPINELLI R., SECKNUS M., 2005 – *Teleriscaldamento nel nord-est. La domanda di biomassa*. Alberi e Territorio, n. 9: 35-39.
- SPINELLI R., SECKNUS M., 2005 – *Restituire competitività alla biomassa forestale*. Alberi e Territorio, n. 12: 45-49.
- SPINELLI R., MAGAGNOTTI N. 2005 – *Recupero di biomassa residua nel taglio a gruppi in fustaia Alpina*. Dendronatura, n. 2: 49-60.
- SPINELLI R., NATI C., MAGAGNOTTI N. 2006 – *Recupero di biomassa: alcune utilizzazioni di boschi Alpini*. Sherwood, n. 119: 1-7.
- SPINELLI R., MAGAGNOTTI N., 2006 – *Biomassa dalle pinete, può dare reddito*. Informatore agrario, n. 4: 91-94.
- SPINELLI R., MAGAGNOTTI N., AGUANNO M., 2006 – *Produzione di biomassa dalla gestione delle peccete artificiali alpine*. Dendronatura n. 1: 35-46.
- SPINELLI R., MAGAGNOTTI N., RIVABEN G. 2006 – *Condizioni di sostenibilità economica nella gestione delle pinete artificiali*. Dendronatura, n. 2: 24-35.
- SPINELLI R., MAGAGNOTTI N., 2006 – *Raccolta di biomassa dalla manutenzione degli alvei*. Alberi e Territorio, 3 (7-8): 35-40.
- SPINELLI R., MAGAGNOTTI N., HARTSOUGH B., 2006 – *Raccolta integrata di tonde e biomassa nel taglio a gruppi di fustaie alpine*. L'Italia Forestale e Montana, n. 6: 303-316.

