

RAFFAELE CAVALLI (\*) - LUCA ZUCCOLI BERGOMI (\*\*)

## FUNZIONALITÀ DI UN *HARVESTER* IN AMBIENTE ALPINO ITALIANO <sup>(1)</sup>

*È stato condotto uno studio empirico per analizzare i parametri in grado di influenzare la produttività di un harvester operante in condizioni tipicamente alpine. Lo studio ha previsto l'uso di un harvester Timberjack 1270D, equipaggiato con testa abbattitrice-sramatrice Timberjack H758, durante un intervento di diradamento in pecceta montana e in piceo-abietetto montano con faggio.*

*I dati raccolti hanno permesso di elaborare un modello di produttività che consiste di tre parti: un modello per la locomozione, uno per la manipolazione degli alberi e uno per i tempi morti. Il tempo richiesto per manipolare un albero è risultato essere funzione del suo volume; il tempo necessario per la locomozione è funzione della densità del soprassuolo, della pendenza del terreno e della percentuale di prelievo legnoso. La produttività dell'harvester consente di mantenere il costo dell'operazione di abbattimento e allestimento a livelli competitivi con la lavorazione di tipo convenzionale, eseguita con motosega.*

*Parole chiave:* harvester; produttività; costi.

*Key words:* harvester, productivity, operative costs.

### 1. INTRODUZIONE

In Italia l'impiego degli *harvester* è stato per lo più destinato ad impianti artificiali di pianura (pioppo, pino strobo) (SPINELLI e SPINELLI, 2000a; VERANI e SPERANDIO, 2003a) o alla ripulitura degli alvei fluviali (VERANI e SPERANDIO, 2003b), ma esistono interessanti esempi di lavorazio-

---

(\*) Raffaele Cavalli, professore ordinario di Meccanizzazione forestale, Dip. Territorio e Sistemi Agro-forestali, Università degli Studi, Padova.

(\*\*) Luca Zuccoli Bergomi, dottorando di ricerca presso il Dip. Territorio e Sistemi Agro-forestali, Università degli Studi, Padova. Dottorato di ricerca finanziato dalla Direzione centrale risorse agricole, naturali, forestali e montagna, Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia.

<sup>1</sup> Il Dott. Luca Zuccoli Bergomi ha svolto le fasi di sperimentazione di campo, l'acquisizione e l'elaborazione dei dati; il Prof. Raffaele Cavalli ha curato l'impostazione e, assieme al Dott. Luca Zuccoli Bergomi, la stesura del lavoro.

Attività sperimentale condotta nell'ambito del programma di ricerca «Sperimentazione e divulgazione sull'impiego di tecnologie innovative nei lavori di utilizzazione forestale», finanziato dalla Direzione Regionale Foreste ed Economia Montana, Regione del Veneto.

Lavoro presentato in forma di comunicazione al Convegno AIIA «L'ingegneria agraria per lo sviluppo sostenibile dell'area mediterranea», Catania, 27-30 giugno 2005.

ne del ceduo di castagno (SPINELLI e SPINELLI, 2000b). Sussiste invece un pesante deficit informativo riguardo alle utilizzazioni forestali condotte con *harvester* in ambiente alpino; eccezion fatta per quanto riportato da VICINI (2004), non si conoscono le produttività ottenibili, i limiti applicativi, i costi di utilizzazione. L'ambiente alpino presenta certamente degli ostacoli oggettivi all'utilizzo di queste macchine, primo fra tutti i terreni sovente pendenti ed accidentati, ma i mezzi moderni vantano una mobilità spesso sottovalutata, ben superiore a quella del classico trattore ad uso forestale. Del resto, basta considerare la situazione nelle nazioni confinanti per comprendere come il futuro spinga inevitabilmente verso l'uso di tali macchine. L'Austria, paese orograficamente tormentato, presenta 237 *harvester* operanti sul territorio (PRÖLL, 2005) che lavorano l'11,8% del totale della ripresa annuale (STAMPFER, 2004). Per superare l'ostacolo più frequente, la pendenza del terreno, sono state sviluppate con successo macchine cingolate con cabina autolivellante, modificando modelli già esistenti o progettandone ex-novo. Il risultato è che sono ora disponibili sul mercato *harvester* di dimensioni anche compatte in grado di spingersi con sicurezza fino a pendenze del 60%.

## 2. MATERIALI E METODI

### 2.1 *Harvester*

La macchina impiegata è un *harvester* Timberjack 1270D, il modello più venduto della casa finlandese per la sua polivalenza, essendo adatto a lavori di diradamento così come a tagli di maturità. Si compone di una unità motrice, dotata di un motore Diesel da 160 kW, a telaio articolato, con sei ruote motrici; l'asse anteriore di tipo oscillante (bogie) porta due coppie di ruote, l'asse posteriore, di tipo rigido, porta una coppia di ruote. La macchina, larga 2,74 m e pesante 17,5 t, è munita di una gru a parallelogramma TJ 210H 97 con sbraccio massimo di 10 m. All'estremità della gru è montata una testa abbattitrice-sramatrice Timberjack H758, con una capacità massima di taglio di 65 cm e un diametro massimo di sramatura di 48 cm. Un'interessante opzione applicata è la cabina di guida autolivellante, che permette all'operatore di mantenere una posizione orizzontale fino a pendenze del terreno del 25% circa. Per favorire la mobilità sul terreno, sono stati installati dei semicingoli sulla coppia di ruote anteriori e delle catene sulle ruote posteriori.

### 2.2 *Siti di studio e procedure di lavoro*

I lotti sottoposti ad utilizzazione, in totale circa 60 ettari, sono localizzati in val Pesarina (Comune di Prato Carnico, UD), in zona Casera Lavardet, ad

altitudine compresa fra i 1350 ed i 1450 m s.l.m. Il soprassuolo oggetto dell'intervento è ascrivibile a due tipologie forestali: pecceta secondaria montana di origine artificiale, allo stadio di alta perticaia, e piceo-abietetto montano con faggio (DEL FAVERO *et al.*, 1998). Soprattutto la pecceta necessitava di un intervento abbastanza deciso: avendo ricevuto un solo debole diradamento in cinquant'anni, molte piante erano morte in piedi e la mancanza di luce al suolo aveva creato uno spesso strato di materia organica indecomposta, facile esca per incendi. In tabella 1 sono riportate le principali caratteristiche selvicolturali del soprassuolo e dell'intervento. Il cantiere di utilizzazione è stato operativo dalla seconda metà di Maggio sino alla fine di Luglio 2004.

Tabella 1 – Caratteristiche del soprassuolo.  
– *Stand characteristics.*

Caratteristica	Unità di misura	Pecceta montana secondaria	Piceo-abietetto montano con faggio
Specie		abete rosso	abete rosso, abete bianco, faggio
Pendenza media	%	27,5	20,6
Provvigione iniziale	m <sup>3</sup> /ha	786	502
Densità iniziale	n. alberi/ha	2312	1410
Volume medio albero prelevato	m <sup>3</sup>	0,21	0,19
Volume medio albero rilasciato	m <sup>3</sup>	0,55	0,58
Volume prelevato	m <sup>3</sup> /ha	263	140
Intensità del prelievo	%	32,5	28,4
Numero alberi prelevati	n. alberi/ha	1374	772

L'*harvester* procedeva in salita, lungo la linea di massima pendenza, aprendo davanti a sé corridoi di 4,5-5 m di larghezza e diradando contemporaneamente ai due lati; lo sbraccio di 10 m della gru permetteva una spaziatura dei varchi di circa 20 m. Soprattutto nelle zone meno pendenti, l'operatore manteneva un andamento non rettilineo dei corridoi al fine di mitigare l'impatto estetico negativo. Gli alberi non erano stati martellati per cui l'operatore, di esperienza pluriennale, sceglieva autonomamente le piante da abbattere. La prescrizione di taglio prevedeva la rimozione di tutti i soggetti morti, malformati o danneggiati (doppio cimale) e la creazione di una spaziatura tale da non far toccare tra loro le chiome. Tutti gli alberi, una volta tagliati, erano sramati e sezionati davanti alla macchina ed i topi, già divisi secondo i diversi assortimenti, venivano lasciati sul bordo del corridoio per essere successivamente esboscati dal *forwarder*. La ramaglia, via via ammucciata davanti alle ruote sul corridoio, creava un materasso che, schiacciato durante l'avanzamento, diminuiva i danni al terreno e riduceva la creazione di solchi.

### 2.3 Modello

Il modello di produttività è stato costruito basandosi su protocolli già noti in letteratura (HEINIMANN *et al.*, 1998; STAMPFER, 1999) e prevede un modello per la locomozione, uno per la manipolazione dell'albero e uno per i tempi morti.

– modello per la locomozione

$\text{effic}_{\text{locomozione}} = f(\text{pendenza terreno, intensità del prelievo, densità soprassuolo})$  (1)

– modello per la manipolazione dell'albero

$\text{effic}_{\text{manipolazione}} = f(\text{volume albero, intensità del prelievo, densità soprassuolo})$  (2)

Per passare dal tempo di lavoro netto ( $\text{PSH}_0$ , productive system hours) al tempo di lavoro lordo comprendente i tempi morti minori di 15 minuti ( $\text{PSH}_{15}$ ), nell'equazione finale viene introdotto un fattore K così calcolato:

$$K = \frac{\text{PSH}_{15}}{\text{PSH}_0} \quad (3)$$

### 2.4 Rilievo dei dati e analisi statistica

Per il rilievo dei dati, è stato adattato allo studio un protocollo sviluppato da STAMPFER (1999). L'unità di osservazione scelta è stato il singolo albero e sono stati rilevati variabili e tempi su un complesso di 1211 alberi lavorati, 728 dei quali all'interno di 13 aree di saggio.

Per il rilievo del volume del singolo albero lavorato ci si è avvalsi del computer di bordo dell'*harvester*, dotato del software Timbermatic 300. I dati sono stati collezionati da due persone: una rimaneva all'interno della cabina della macchina per rilevare, con l'ausilio di una tabella cronometrica, il ciclo di manipolazione (abbattimento + sramatura + sezionatura) di ogni singolo albero ed il relativo volume (letto direttamente sul monitor del computer di bordo), l'altra, a terra, rilevava i tempi di spostamento della macchina e delimitava l'area di saggio. Al termine, all'interno di ogni area venivano rilevati i principali parametri selvicolturali. La combinazione dei dati rilevati permetteva quindi di conoscere la situazione di ogni area di saggio prima e dopo il passaggio dell'abbattitrice.

Per l'analisi statistica, condotta sui tempi di lavoro netti ( $\text{PSH}_0$ ), ci si è avvalsi del software SPSS 13.0 per Windows (2005). Per lo sviluppo del modello è stata scelta la seguente strategia di analisi, adattata da HEINIMANN *et al.* (1998):

- sviluppo di un modello lineare con tutte le variabili indipendenti rilevate;
- valutazione della non linearità delle variabili indipendenti;
- stima di un modello attraverso la rimozione delle variabili non significative.

Utilizzando le tecniche di regressione sono stati quindi stimati i parametri del modello, tramite i quali è stato possibile quantificare al meglio la produttività del Timberjack 1270D sotto specifiche condizioni di lavoro.

### 3. RISULTATI E DISCUSSIONE

La tabella 2 riporta i valori statistici delle variabili numeriche considerate.

In media, l'*harvester* è in grado di abbattere ed allestire un albero in poco più di mezzo minuto. Il volume medio lavorato è molto basso, come del resto prevedibile in un intervento di diradamento.

Tabella 2 – Valori statistici delle variabili numeriche.  
– *Statistical values of the numerical variables.*

Variabile	Media	Deviazione standard	0,05 quantile	0,95 quantile	Unità
ciclo <sub>manipolazione</sub>	0,61	0,40	0,21	1,39	min centesimali
tempo <sub>locomozione</sub>	0,11	0,11	0,03	0,35	min centesimali
volume albero	0,27	0,39	0,01	1,19	m <sup>3</sup> senza corteccia
densità	1668	624	873	2698	n. alberi/ha
pendenza	22,6	4,7	16,6	28,5	%
intensità del prelievo	29,6	6,9	20,1	39,1	%

#### 3.1 Analisi della produttività

Le analisi statistiche hanno consentito di produrre i modelli presentati nelle equazioni 4 e 5.

$$\text{effic}_{\text{locomozione}} = e^{(0,544 + 0,001 \cdot \text{densità} - 0,064 \cdot \text{pendenza} - 0,04 \cdot \text{intensità del prelievo})} \quad (4)$$

effic <sub>locomozione</sub>	efficienza del sistema nella locomozione (min/m <sup>3</sup> )
densità	densità del soprassuolo (n. alberi/ha)
pendenza	pendenza (%)
intensità del prelievo	percentuale di volume prelevato con l'intervento di diradamento (%)

Il 69% ( $r^2 = 0,696$ ) della variabilità nel tempo di locomozione può essere spiegata attraverso la densità del soprassuolo, la pendenza e la percentuale di volume prelevato. Tutti i termini dell'equazione sono significativi ( $p < 0,05$ ).

$$\text{effic}_{\text{manipolazione}} = \frac{0,34 + 0,927 \cdot \text{volume albero}^{0,858}}{\text{volume albero}} \quad (5)$$

effic <sub>manipolazione</sub>	efficienza del sistema nella manipolazione dell'albero (min/m <sup>3</sup> )
volume albero	volume dell'albero (m <sup>3</sup> senza corteccia)

Il 70% ( $r^2 = 0,705$ ) del tempo richiesto per l'abbattimento e l'allestimento del singolo albero può essere spiegato dal volume dell'albero stesso.

Per determinare la produttività dell' *harvester* è sufficiente sommare le funzioni 4 e 5, introducendo nell'equazione:

- un fattore 1:60 per la conversione da minuti centesimali a ore;
- il fattore di correzione K, come precedentemente illustrato (3). I dati di campo forniscono un valore di K pari a 1,2, ma per una stima più prudente si preferisce adottare un valore di K pari a 1,4 come già riportato in letteratura (STAMPFER, 1999).

$$\text{produttività}_{\text{harvester}} = \frac{60}{K \cdot (\text{effic}_{\text{locomozione}} + \text{effic}_{\text{manipolazione}})} \quad (6)$$

I grafici 1, 2 e 3 sono stati ricavati utilizzando la funzione (6); poiché le variabili analizzate sono quattro (volume albero, densità soprassuolo, pendenza, intensità del prelievo), per ciascun grafico due variabili sono tenute costanti e le altre due (una delle quali è sempre il volume dell'albero) sono fatte variare tra un valore minimo ed un valore massimo, scelti considerando l'intervallo di valori rilevati in campo.

Dal grafico 1 si evince come la produttività della macchina aumenti al diminuire della densità del soprassuolo, considerando valori medi di pendenza del terreno e di intensità del prelievo. Questo è spiegabile per il fatto che un bosco rado, oltre che essere più facilmente percorribile, crea meno intralci nella lavorazione rispetto ad uno fitto: l'operatore ha maggiore libertà nell'individuare la direzione di abbattimento e nel manipolare l'albero durante le fasi di sramatura e sezionatura, senza la necessità di muovere spesso la macchina alla ricerca della posizione migliore. L'obiettivo dell'o-

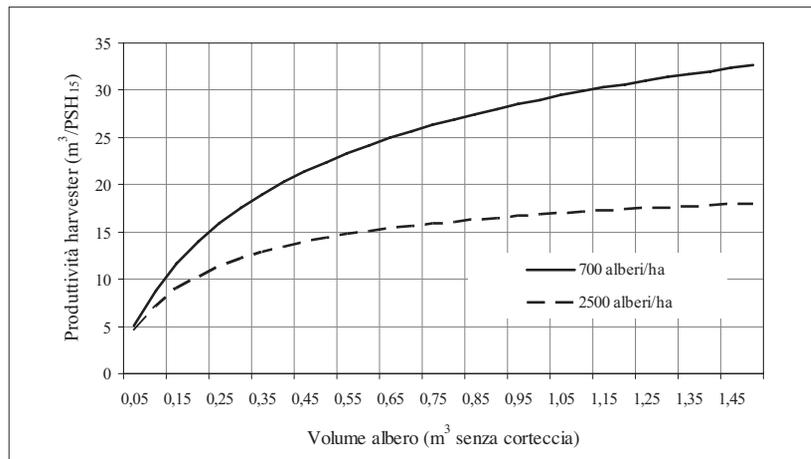


Grafico 1 – Produttività dell'*harvester* al variare del volume dell'albero e per due densità del soprassuolo.  
– *Harvester productivity according to tree volume and two densities of the stand.*

peratore, infatti, è sempre quello di abbattere e movimentare gli alberi senza danneggiare quelli da rilasciare, ancor più quando, come in questo caso, si tratta di un intervento di diradamento.

Il grafico 2 mostra un aumento di produttività all'aumentare della pendenza, considerando valori medi di densità del soprassuolo e di intensità del prelievo. In condizioni più difficili, infatti, si è notato come l'operatore tendesse a muovere la macchina il meno possibile, a discapito semmai di una più ordinata assortimentazione dei topi; il minor tempo dedicato agli spostamenti si traduce in un aumento dell'efficienza nella locomozione.

La pendenza massima superata dalla macchina durante le osservazioni di campo è stata del 39%, ma solitamente con un *harvester* a ruote è sconsigliabile affrontare pendenze maggiori del 35%.

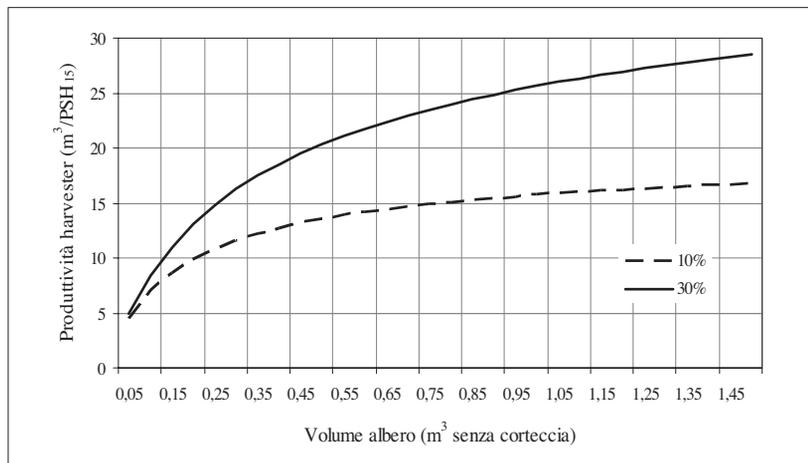


Grafico 2 – Produttività dell' *harvester* al variare del volume dell'albero e per due pendenze del terreno.  
– *Harvester productivity according to tree volume and two slopes of the ground.*

Infine, nel grafico 3 si osserva come la produttività aumenti all'aumentare della percentuale di prelievo legnoso. A parità di condizioni, percorrere la stessa distanza operando un taglio più intenso significa dedicare una minore percentuale di tempo agli spostamenti, aumentando quindi l'efficienza della fase di locomozione.

### 3.2 Analisi dei costi

Lo scopo principale dell'analisi dei costi è stato valutare se, effettivamente, un grado di meccanizzazione più elevato porti ad un abbassamento dei costi di utilizzazione rispetto ad una meccanizzazione di tipo convenzionale. Questi elementi potranno essere un primo riferimento per le imprese

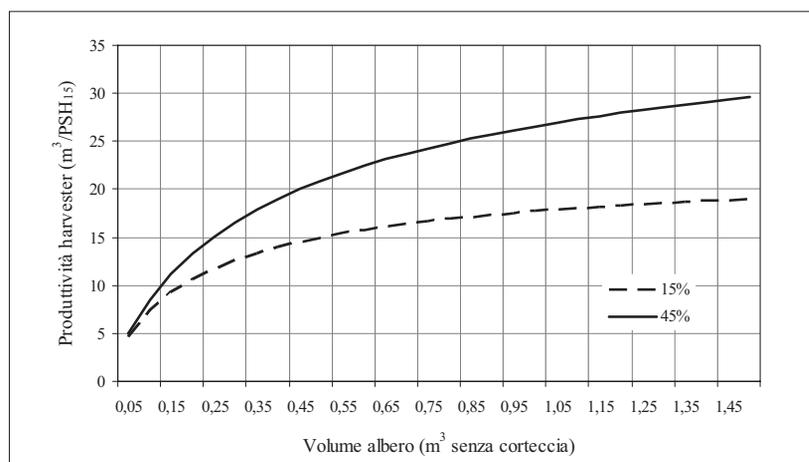


Grafico 3 – Produttività dell'*harvester* al variare del volume dell'albero e per due intensità del prelievo.  
 – *Harvester productivity according to tree volume and two removal intensities.*

forestali che, per ovviare alla difficoltà di reperimento della manodopera, decidessero di dotarsi di un *harvester* per condurre le operazioni di abbattimento ed allestimento del legname.

Il costo macchina è stato calcolato seguendo le indicazioni riportate da MIYATA (1980) e da BRINKER *et al.* (2002) e, per ottenere dati specifici, prendendo contatti diretti con le ditte importatrici di *harvester* in Italia o facendo riferimento a studi simili (SPINELLI e STAMPFER, 2002; FORSTLICHE BUNDESVERSUCHSANSTALT WALDFORSCHUNGSZENTRUM, 2003; VÄÄTÄINEN *et al.*, 2004; VÄÄTÄINEN *et al.*, 2006).

I costi di utilizzazione per unità di legname allestito (€/m<sup>3</sup>) sono stati ricavati dal rapporto tra costo orario (€/h) e produttività (m<sup>3</sup>/h) della macchina.

Per avere un confronto diretto con il sistema di abbattimento ed allestimento manuale, è stato calcolato il costo di utilizzazione per un intervento svolto da un operatore motoseghista in condizioni paragonabili (CAVALLI *et al.*, 2001). Il grafico 4 mette a confronto i costi dei due diversi sistemi di utilizzazione.

L'elaborazione dei dati rilevati sul campo mostra come l'aumento del grado di meccanizzazione porti, grazie all'aumento di produttività, ad una diminuzione anche sensibile dei costi di utilizzazione. Abbattere ed allestire un volume di legname pari a un metro cubo con l'*harvester* piuttosto che con l'intervento di un motoseghista porta ad un risparmio effettivo che va da 5 a oltre 40 €. La massima differenza di costo si ha proprio lavorando fusti con volumi ridotti, come è norma in interventi di diradamento.

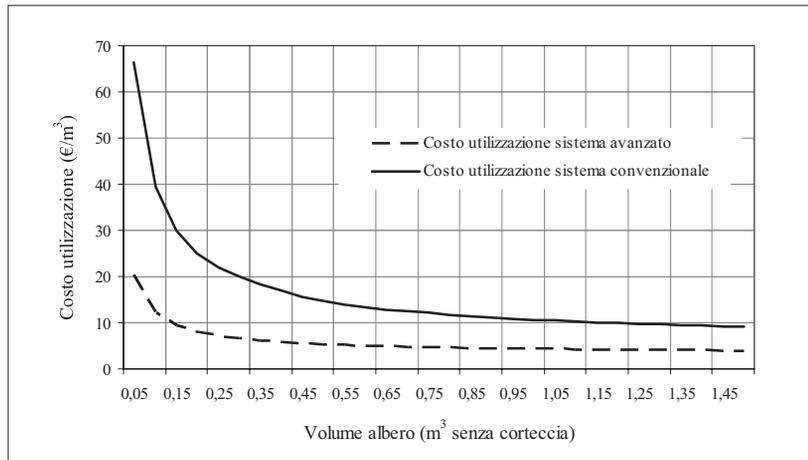


Grafico 4 – Costi di utilizzazione con sistema di lavoro convenzionale (motosega) ed avanzato (*harvester*).  
 – Comparison of harvesting cost with conventional system (chainsaw) and with advanced system (*harvester*).

#### 4. CONCLUSIONI

Il presente lavoro fornisce una serie di funzioni con cui è possibile calcolare la produttività e il costo di lavorazione di un *harvester* in funzione delle specifiche condizioni operative.

Lavorando alberi con un volume medio di 0,2 m<sup>3</sup> (diametro medio di 19 cm) in condizioni medie di densità del soprassuolo, pendenza e percentuale di prelievo legnoso, l'*harvester* raggiunge una produttività di circa 12 m<sup>3</sup>/PSH<sub>15</sub>, ben maggiore rispetto a quella ottenibile con sistemi manuali (<1 m<sup>3</sup>/PSH<sub>15</sub>). Questo permette, nonostante l'elevato costo orario della macchina con operatore (98,7 €), di mantenere il costo della lavorazione a livelli competitivi con la lavorazione di tipo convenzionale (nelle suddette condizioni, 8 €/m<sup>3</sup> contro 25 €/m<sup>3</sup> dell'intervento con motosega).

Si ritiene utile segnalare che, se da un lato l'operatore di *harvester* vede quasi azzerati i rischi per la propria incolumità, dall'altra è esposto ad un sovraccarico di lavoro intellettuale ed ad una continua tensione psico-mentale; l'attività è ripetitiva e solitaria e alla lunga comporta l'insorgere di vari disturbi muscolo-scheletrici, quali la sindrome del tunnel-carpale. Questi problemi vengono enfatizzati dai lunghi turni di lavoro (10-12 ore) cui spesso il personale, per ragioni puramente economiche, viene sottoposto. Il miglior rimedio consigliabile rimane quello delle pause di riposo, l'unico accorgimento in grado di alleviare lo stress psico-fisico dell'operatore; per questo si rende necessaria una educazione specifica, soprattutto a livello di formazione di nuovo personale.

Lo studio chiarisce come l'utilizzo di un *harvester* sia conveniente in un intervento di diradamento condotto in ambiente alpino. Da rimarcare come i risultati ottenuti vadano interpretati solo per le specifiche condizioni dello studio.

## SUMMARY

### Harvester performances under Italian alpine conditions

An empirical study has been carried out in order to analyze the parameters able to affect the productivity of a harvester working under alpine conditions. The study considers the Timberjack 1270D harvester, equipped with the Timberjack H758 header, during thinning operation in Norway spruce pure stands and in Norway spruce, Fir and Beech mixed stands.

The experimental data allowed to build up a productivity model that consists of three parts: tree processing model, locomotion model and delay model. The time required for processing the tree is function of the tree volume; the time required for locomotion is function of stand density, terrain steepness and harvesting intensity. Data show that an increase in mechanization degree entails, thanks to a productivity increase, operative costs (€/m<sup>3</sup>) lower than those of harvesting motor-manually performed.

## BIBLIOGRAFIA

- BRINKER R.W., KINARD J., RUMMER B., LANFORD B., 2002 – *Machine rates for selected forest harvesting machines*. Circular 296 (revised). Auburn, AL: Alabama Agricultural Experiment Station, Auburn University.
- CAVALLI R., PERNIGOTTO CEGO F., PIEGAI F., 2001 – *Relazione tra caratteri morfologici dell'abete rosso (Picea abies, Karst.) e il tempo di sramatura in alcune aree del Trentino Orientale*. L'Italia Forestale e Montana, 56 (2): 77-96.
- DEL FAVERO R., POLDINI L., BORTOLI P.L., DREOSSI G., LASEN C., VANONE G., 1998 – *La vegetazione forestale e la selvicoltura nella regione Friuli-Venezia Giulia*. Vol. I e II. Udine, Regione autonoma Friuli-Venezia Giulia, Direzione regionale delle foreste, Servizio della selvicoltura.
- FORSTLICHE BUNDESVERSUCHSANSTALT WALDFORSCHUNGSZENTRUM, 2003 – *300 Forstmaschinen mit Maschinenbeschreibung und selbstkostenrechnung*. Wien, CD-ROM.
- HEINIMANN H.R., VISSER R.J.M., STAMPFER K., 1998 – *Harvester-cable yarder system evaluation on slopes: a Central European study in thinning operations*. In COFE Proceedings «Harvesting logistic: from woods to markets», ed. Schiess P. and Krogstad F.: 41-46. Portland, OR, 20-23 July.
- MIYATA E.S., 1980 – *Determining fixed and operating costs of logging equip-*

- ment.* St. Paul, MN: North Central Forest Experiment Station, Forest Service, USDA.
- PRÖLL W., 2005 – *Harvester-Einsatz steigt.* Österreichische Forstzeitung (Arbeit im Wald) 116, 12: 4-6.
- SPINELLI R., SPINELLI R., 2000a – *Prove con l'harvester Timberjack 1270B in piantagioni di pino strobo.* Sherwood, 6 (3): 41-46.
- SPINELLI R., SPINELLI R., 2000b – *L'allestimento meccanizzato del ceduo di castagno.* Monti e boschi, 51 (1): 36-42
- SPINELLI R., STAMPFER K., 2002 – *Un harvester per i primi diradamenti dei boschi in pendenza.* Sherwood, 8 (2): 39-46.
- SPSS 13.0 per Windows, 2005 – Chicago, Illinois: SPSS Inc.
- STAMPFER K., 1999 – *Influence of terrain conditions and thinning regimes on productivity of a track-based steep slope harvester.* In Proceedings «The International Mountain Logging and 10th Pacific Northwest Skyline Symposium», ed. Sessions and Chung. 78-87. Corvallis, OR, March 28 - April 1.
- STAMPFER K., 2004 – *Comunicazione personale.*
- VÄÄTÄINEN K., SIKANEN L., ASIKAINEN A., 2004 – *Feasibility of excavator-based harvester in thinnings of peatland forests.* International Journal of Forest Engineering, 15 (2): 103-111.
- VÄÄTÄINEN K., LIIRI H., RÖSER D., 2006 – *Cost-competitiveness of harwarders in ctl-logging conditions in Finland: a discrete-event simulation study at the contractor level.* In Proceedings of the International Precision Forestry Symposium «Precision Forestry in plantations, semi-natural and natural forests», ed. Ackerman P.A., Längin D.W. and Antonides M.C.: 451-463. Stellenbosch University, South Africa, 5-9 March.
- VERANI S., SPERANDIO G., 2003a – *Utilizzazione del pioppeto: impiego di un diverso grado di meccanizzazione.* Sherwood, 88: 37-44.
- VERANI S., SPERANDIO G., 2003b – *Meccanizzazione spinta per la raccolta di biomassa lungo alvei fluviali.* Mondo Macchina, 12 (4): 56-59.
- VICINI L., 2004 – *Produttività riscontrate in utilizzazioni di fustaie alpine con sistemi di lavoro a meccanizzazione avanzata.* L'Italia Forestale e Montana, 6: 525-531.