

Numero Speciale: Casale Monferrato (Italy), 24-25 ottobre 2016

“Convegno nazionale “Pioppicoltura e arboricoltura da legno in Italia””

Guest Editors: Pier Mario Chiarabaglio (CREA), Giuseppe Nervo (CREA), Piermaria Corona (CREA), Gianfranco Minotta (UniTO)

## La meccanizzazione nella raccolta di impianti di arboricoltura da legno: produttività di lavoro e costi

Stefano Verani<sup>(1)</sup>, Giulio Sperandio<sup>(2)</sup>, Vincenzo Civitarese\*<sup>(2)</sup>, Raffaele Spinelli<sup>(3)</sup>

(1) CREA - PLF (Produzioni Legnose fuori Foresta), v. Valle della Quistione 27 - 00166 Roma (RM); (2) CREA - ING (Unità di Ricerca per l'Ingegneria Agraria), v. della Pascolare 16 - 00016 Monterotondo (RM); (3) CNR - IVALSA (Istituto per la Valorizzazione del Legno e delle Specie Arboree), v. Madonna del Piano 10 - 50019 Sesto Fiorentino (FI) - \*Corresponding Author: Vincenzo Civitarese ([vincenzo.civitarese@crea.gov.it](mailto:vincenzo.civitarese@crea.gov.it)).

**Abstract:** *Harvesting mechanization in plantations for wood production: working productivity and costs.* Tree farming has developed rapidly since the early 1990s. Today, tree plantations play an important role in wood supply (including quality wood) and they can partly bridge the gap between national demand and supply which currently leads to substantial wood imports. The opportunity to start new local supply chains or improve the existing ones will have positive effects on the national economy. Against this background, the introduction of mechanized harvesting systems will result in a dramatic reduction of supply cost. This paper reports a full range of harvesting productivity and cost figures for the following plantation types: fast-growing conifers, high-value hardwoods (established following the ex-2080 EU grant scheme), eucalyptus and cottonwood. The purpose of this study is to provide essential information that may lead to the selection of the best technology option, adapted to the specific type of plantation and to the technology level of the harvesting contractor.

**Keywords:** Wood Arboriculture, Harvesting, Productivity, Costs, Mechanization

*Received: Feb 03, 2017; Accepted: Apr 21, 2017; Published online: Aug 14, 2017*

**Citation:** Verani S, Sperandio G, Civitarese V, Spinelli R, 2017. La meccanizzazione nella raccolta di impianti di arboricoltura da legno: produttività di lavoro e costi. *Forest@* 14: 237-246 [online 2017-08-14] URL: <http://www.sisef.it/forest@/contents/?id=efor2389-014>

### Introduzione

L'arboricoltura da legno ha avuto uno sviluppo importante a partire dagli anni '90, supportata dal Reg. CEE 2080/92 e dal Reg. 1257/1999, interessando fino al 2007 circa 140.576 ha di superfici agricole, dei quali il 75% realizzati con latifoglie di pregio (Colletti 2001, Calvo 2011). Precedentemente erano state realizzate piantagioni di conifere: 10.000 ha di douglasia (Ciancio et al. 1982, Asoni et al. 1989) e 25.000 ha di pino insigne (Eccher 1981), principalmente per fornitura di cellulosa all'industria cartaria.

Successivamente, grazie ai fondi previsti dal PSR

2000-2006, sono stati impiantati ulteriori 24.000 ha (Mori 2014), comprendendo anche piantagioni a rapido accrescimento. Quest'ultime ricoprono, allo stato attuale, una superficie indicativa di 7000 ha (Facciotto 2012). Per quanto concerne la pioppicoltura specializzata, il 6° censimento generale dell'agricoltura evidenzia una contrazione della superficie complessiva, che si attesta intorno ai 39.000 ha (ISTAT 2010), evidenziando un graduale declino del settore negli ultimi quindici anni (Pra et al. 2016).

Per l'eucalipto, invece, i dati di superficie risultano contrastanti: Ciancio stimava circa 50.000 ha (Ciancio

et al. 1984), Boggia 72.141 ha di cui 54.687 puri e 17.189 ha misti ad altre specie (Boggia 1987). Dati più recenti dell'Inventario Nazionale delle Foreste e dei Serbatoi Forestali di Carbonio (IFNC) indicano la superficie nazionale in 19.626 ha, rilevando solo 379 ha di impianti di eucalipto in Sicilia (De Natale & Pignatti 2011), segno evidente che tali superfici si prestano ad essere classificati in diverso modo (boschi o impianti di arboricoltura da legno).

Le piantagioni artificiali rivestono un ruolo importante per la produzione di legname, anche di qualità, andando a colmare, almeno in parte, un deficit quantitativo che impone importazioni significative dall'estero. La pioppicoltura, in particolare, è uno dei settori di maggiore interesse nel panorama nazionale, fornendo materia prima importante per l'industria di trasformazione, specie nel settore dei compensati (Castro et al. 2014). La possibilità di attivare o rendere più efficienti filiere territoriali dedicate alla produzione e trasformazione del legno comporta ripercussioni positive per l'economia del paese e, in tale contesto, l'impiego della meccanizzazione nella raccolta del legno svolge un ruolo di primaria importanza, abbassandone i costi di produzione. Il crescente aumento del costo della manodopera degli ultimi decenni non è stato compensato da un incremento del valore di mercato del prodotto legno e l'imprenditore boschivo, per mantenere la propria attività, è necessariamente costretto a contenere il più possibile i costi. Una strada proponibile è quella di accrescere il livello di meccanizzazione della propria impresa per aumentare la produttività del cantiere (Verani & Sperandio 2007).

L'introduzione della meccanizzazione è iniziata nel nostro Paese nei primi anni '80 del secolo scorso, quando piantagioni di conifere (douglasia, pino radiata, pino strobo) costituite per scopi industriali avevano l'età del primo intervento. È in questo periodo che sono iniziati a comparire teste abbattitrici-accumulatrici (*feller-buncher*), trattori specializzati per l'esbosco e processori per l'allestimento (Currò & Verani 1989, Verani 1989, Currò & Verani 1990, Verani 1991). Per favorire un migliore utilizzo dei mezzi meccanici e garantire maggiori produttività lo schema operativo del diradamento è stato cambiato: si è passati di fatto dal diradamento selettivo a un diradamento di tipo misto geometrico-selettivo, che prevede l'asportazione totale di una fila di piante secondo un numero prestabilito di file (generalmente 6 o 8) e prelievo selettivo dal basso di soggetti presenti nelle interfile rimaste. Il numero di file di piante rilasciate risulta pertanto dispari, 5 o 7, in maniera tale

da ripetere anche con il secondo intervento l'eliminazione completa della fila centrale ed il taglio selettivo sulle interfile (Gallina et al. 1993). Questo schema operativo crea dei corridoi all'interno della piantagione agevolando la successiva operazione di esbosco (Verani & Sperandio 2007).

Oggi la meccanizzazione ha fatto passi da gigante ed offre una vasta gamma di macchine per le diverse operazioni, ad esempio *harvester*, processori, *forwarder*, caricatori specializzati, che, oltre ad aumentare la produttività del lavoro, aumentano al tempo stesso anche la sicurezza degli operatori (Spinelli & Spinelli 1999, 2000, Spinelli et al. 2001, Spinelli & Stampfer 2002, Spinelli et al. 2005).

Nella presente nota, sono riportati i *range* delle produttività medie lorde di lavoro, dei tempi lordi e dei costi medi di raccolta riferiti a precedenti esperienze di utilizzazioni forestali relative a piantagioni di conifere, latifoglie nobili (impianti ex 2080), eucalitteti e pioppeti. Il lavoro rappresenta un compendio delle esperienze più significative, condotte dal CREA e dal CNR Ivalsa, su piantagioni di arboricoltura da legno. Scopo del lavoro è quello di fornire indicazioni utili per la scelta ottimale del cantiere di utilizzazione in funzione del livello tecnologico impiegabile e tipologia di piantagione.

Nel cantiere operativo di ogni impianto forestale sono stati ipotizzati e messi a confronto due diversi livelli di meccanizzazione (Hippoliti 1997): per le conifere viene confrontata una meccanizzazione tradizionale-avanzata (MTA) con una meccanizzazione avanzata (MA); nelle latifoglie nobili, pioppeto ed eucalitteto, la MTA viene confrontata con una meccanizzazione spinta (MS). Per gli impianti di conifere e latifoglie nobili si fa riferimento ad un primo diradamento, mentre per l'eucalitteto il riferimento è al taglio di un ceduo e per il pioppeto al taglio di fine turno. I valori del *range* di produttività sono riferiti ad operatori con maggiore o minore grado di professionalità.

## Materiali e metodi

Le macchine impiegate per l'esecuzione dei diradamenti nei due livelli di meccanizzazione considerati sono state: (i) MTA - motosega, trattore munito di verricello, sminuzzatrice azionata da presa di potenza alimentata da un caricatore con pinza, il quale è utilizzabile anche per il carico del legname su automezzo; (ii) MA - *feller-buncher* su pala gommata, *skidder* con pinza posteriore, processore, sminuzzatrice a motore autonomo e caricatore forestale.

I tempi di lavoro e le produttività considerati nel

**Tab. 1** - Principali elementi considerati ai fini della valutazione delle produttività delle macchine e dei costi operativi.

Tipologia d'impianto	Pendenza (%)	Massa prelevata (t ha <sup>-1</sup> )	Peso medio pianta (kg)	Legname da lavoro /ardere (%)	Cippato (%)
Conifere	0-30	50	125	30	70
Latifoglie nobili	0-10	50	96	45	55
Eucalitteti	0-20	180	80	0	100
Pioppeti	0	180	650	75	25

presente lavoro fanno riferimento a valori medi estrapolati da precedenti esperienze di utilizzazioni forestali in piantagioni di arboricoltura da legno.

La localizzazione geografica e le condizioni stazionali variano in relazione alla tipologia di impianto: centro-sud (Toscana e Calabria), su terreni con pendenza massima del 30% per le conifere; nord (Lombardia e Veneto), su terreni prevalentemente pianeggianti (pendenza massima del 10%) per le latifoglie nobili; centro (Lazio), su terreni con pendenza massima del 20% per gli eucalitteti; centro-nord (Lazio, Toscana e Lombardia), su terreni pianeggianti i pioppeti.

La metodologia impiegata nel rilievo dei tempi di lavoro è quella del 2° livello "rilievo separato dei

tempi delle fasi di lavoro" secondo quanto proposto da Berti et al. (1989). Le produttività di lavoro sono state calcolate in funzione della quantità di biomassa prelevata. Per la determinazione delle produttività sono stati considerati gli elementi riportati in Tab. 1.

L'analisi economica è stata svolta tenendo conto dei costi orari delle macchine e delle attrezzature prese in considerazione per le diverse casistiche di cantieri e di tipologia di piantagioni esaminate. Il calcolo dei costi di esercizio è stato condotto seguendo una metodologia analitica (Sperandio 2010), che tiene conto di formule matematiche proposte in bibliografia da diversi autori (Miyata 1980, Hippoliti 1997, Biondi 1999). I principali elementi tecnici ed economici considerati per il calcolo e i relativi costi

**Tab. 2** - Macchine e attrezzature, principali elementi tecnici ed economici per il calcolo analitico e relativi costi orari di esercizio (comprensivi di manodopera) in relazione alle operazioni di abbattimento, allestimento ed esbosco per i quattro casi esaminati. (Conif.): conifere; (Latif.): latifoglie; (Eucal.): eucalitteto; (Piop.): pioppeto; (1): anche per il carico del legname.

Elementi tecnici ed economici	Abbattimento/Allestimento					Esbosco			
	Motosega	Feller su pala gommata	Harvester	Harvester	Trattore con processore	Trattore con verricello	Skidder con verricello	Mini Forwarder	Forwarder
	In tutti i casi MTA	Conif. MA	Latif. MS	Eucal. MS Piop. MS	Conif. MS	In tutti i casi MTA	Conif. MA	Latif. MS	Piop. MS <sup>1</sup>
Valore a nuovo (€)	780	100000	230000	380000	70000	50000	150000	80000	220000
Valore di recupero (€)	156	10737	24696	40802	7516	5368	16106	8589	23622
Vita utile (anni)	3	10	10	10	10.00	10	10	10	10
Impiego annuo (h)	700	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
Potenza nominale (kW)	3.5	75	132	173	70	80	113	50	140
Tasso d'interesse (%)	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
Consumo carburante (L h <sup>-1</sup> )	0.63	7.88	13.86	18.17	6.30	6.60	10.17	4.88	13.65
Consumo lubrificanti (L h <sup>-1</sup> )	0.32	0.32	0.55	0.73	0.25	0.26	0.41	0.20	0.55
Costo carburante (€ L <sup>-1</sup> )	1.40	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91
Costo lubrificante (€ L <sup>-1</sup> )	4.50	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00
Costo di esercizio (€ h <sup>-1</sup> )	18.65	49.39	83.32	119.16	35.43	35.43	55.77	41.17	80.66

**Tab. 3** - Macchine e attrezzature, principali elementi tecnici ed economici per il calcolo analitico e relativi costi orari di esercizio (comprensivi di manodopera) in relazione alle operazioni di cippatura e carico su automezzo del legname per i quattro casi esaminati. (Conif.): conifere; (Latif.): latifoglie; (Eucal.): eucalitteto; (Piop.): pioppeto.

Elementi tecnici ed economici	Cippatura				Carico (Accatastamento)
	Trattore × cippatrice	Cippatrice azionata da trattore	Cippatrice sem. con motore aut.	Cippatrice su Forwarder	Caricatore
	In tutti i casi MTA (con caricatore for.)	In tutti i casi MTA (con caricatore for.)	Conif. MA Latif. MS	Eucal. MS Piop. MS	Conif. MTA-MA Latif. MTA-MS Piop. MTA
Valore a nuovo (€)	65000	100000	200000	520000	80000
Valore di recupero (€)	6979	10737	21474	55834	8589
Vita utile (anni)	10	10	10	10	10
Impiego annuo (h)	1000	800	800	800	800
Potenza nominale (kW)	117	117	260	404	88
Tasso d'interesse (%)	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0
Consumo carburante (L h <sup>-1</sup> )	12.29	12.29	27.30	42.42	6.60
Consumo lubrificanti (L h <sup>-1</sup> )	0.49	0.49	1.09	1.70	0.26
Costo carburante (€ L <sup>-1</sup> )	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91
Costo lubrificante (€ L <sup>-1</sup> )	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00
Costo di esercizio (€ h <sup>-1</sup> )	44.83	33.36	104.08	205.35	42.98

di esercizio delle diverse macchine e attrezzature, raggruppate per singola operazione e in relazione ad un livello di meccanizzazione tradizionale-avanzata (MTA), avanzata (MA) e spinta (MS), sono riportati nelle Tab. 2 e Tab. 3.

Per la manodopera è stata considerata una tariffa lorda unica pari a 15 € h<sup>-1</sup>, comprensiva di tutti gli oneri assicurativi, previdenziali ed assistenziali.

## Risultati

### Primi diradamenti in piantagioni di conifere

La produttività media lorda di lavoro ottenibile nell'abbattimento con l'impiego del *feller-buncher* raggiunge le 3.7-4.4 t h<sup>-1</sup> per operaio, mentre con motosega si attesta su 1.2-1.6 t h<sup>-1</sup> per operaio, per un peso medio delle piante di 0.10-0.15 t. Va evidenziato che l'impiego del *feller-buncher* facilita il problema dell'atterramento delle piante e permette di concentrare le piante in fasci, aumentando così il carico da esboscare. Manualmente tutto ciò risulta molto più difficoltoso. I trattori impiegabili nell'operazione di esbosco sono sostanzialmente di due tipi: trattori fo-

restali articolati (*skidder*) con pinza o verricello posteriore che garantiscono viaggi con carichi medi di 1-1.2 t e trattori agricoli, preferibilmente versione forestale, muniti di verricello a tamburo, singolo o doppio, che però esboscano carichi inferiori.

Gli *skidder* su distanze di esbosco di 300 m raggiungono produttività medie di lavoro di 5-5.6 t h<sup>-1</sup> per operaio. Il trattore forestale, a parità di distanza di esbosco e con distanza media di concentrazione di 35 m raggiunge, mediamente, le 1.6-1.9 t h<sup>-1</sup> per operaio.

L'allestimento delle piante con motosega, per produzione di materiale da segheria o cartiera fa registrare una produttività media lorda di 2-2.6 t h<sup>-1</sup> per operaio. Nella stessa operazione effettuata con processore la produttività media lorda sale a 3.3-4.2 t h<sup>-1</sup> per operaio. La cippatura delle piante effettuata con macchine autoalimentanti a motore autonomo fa raggiungere produttività lorde medie di lavoro pari a 7.8-10.9 t h<sup>-1</sup> per operaio. Cippatrici semi-professionali, da applicare all'attacco a tre punti di un trattore, garantiscono produttività nettamente inferiori nell'ordine delle 3.1-4.7 t h<sup>-1</sup> per operaio. Nella Tab. 4

**Tab. 4** - Range del tempo medio lordo di utilizzazione o diradamento (in h ha<sup>-1</sup> per operaio) per le diverse tipologie di piantagioni in relazione al livello di meccanizzazione adottato. (MTA): meccanizzazione tradizionale; (MA): meccanizzazione avanzata; (MS): meccanizzazione spinta.

Tipologia	Livello di meccanizzazione	Operazioni							Totale
		Abbattim.	Abbattim./Allestim.	Allestim.	Accatastam. polloni	Esbosco	Sminuzzatura	Carico	
Conifere (Diradamento)	MTA	40-32	-	24-19.2	-	32-26.5	11.2-7.5	1.6-1.3	108.8-86.5
	MA	13.3-11.4	-	15-12	-	10-8.9	4.5-3.2	1.6-1.3	44.4-36.8
Latifoglie nobili (Diradamento)	MTA	-	68.6-45.8	-	-	56.1-45.9	7.4-4.4	2.5-1.8	134.6-97.9
	MS	-	10.9-7.3	-	-	26.4-19.5	4.3-2.9	2.5-1.8	44.1-31.5
Eucalipto (Utilizzazione)	MTA	67.8-49.1	-	-	-	61.5- 47.0	24.9-20.2	-	154.2-116.3
	MS	16.8-12.7	-	-	5.3-4.8	-	10.2-9.0	-	32.3-26.5
Pioppo (Utilizzazione)	MTA	-	145.9-72.9	-	-	19-12.7	7.8-5.6	12.9-9.6	185.7-100.8
	MS	-	14.5-6.6	-	-	7.8-6.2	3.2-2.5	6.7-4.9	32.2-20.2

sono riportati i tempi necessari per l'esecuzione di un primo diradamento.

#### *Primi diradamenti in impianti di latifoglie nobili (ex 2080)*

La maggior parte degli impianti realizzati con il Reg. CEE 2080/92 prevedeva la progettazione con decisione posticipata, rendendo necessari uno o più interventi di diradamento affinché le piante avessero uno spazio sufficiente per l'accrescimento e la produzione di legname di pregio (Berti 1995). Il tipo di diradamento adottato è geometrico, con eliminazione sistematica di una fila su due e quindi con asportazione del 50% in numero di piante (Behman dell'Elmo & Piegai 1997, Fabiano et al. 1999). Poiché le dimensioni delle piante e la qualità del legname non consentono di ottenere assortimenti di pregio, l'intervento deve essere orientato verso la produzione di legna da ardere e cippato.

L'organizzazione del cantiere MTA prevede l'abbattimento con motosega, l'esbosco della pianta intera con trattore agricolo equipaggiato con verricello forestale, l'allestimento con motosega all'imposto e la sminuzzatura con cippatrice azionata da un trattore agricolo. Il cantiere MS, invece, prevede l'abbattimento e l'allestimento in campo con testata abbattitrice-allestitrice, equipaggiata su semovente di media potenza, l'esbosco della legna da ardere e della biomassa residuale con *mini-forwarder* di piccola potenza, l'utilizzo di una cippatrice con motore autonomo (Spinelli et al. 2008). L'abbattimento ed allestimento con motosega fa registrare una produttività media lorda di lavoro compresa tra 0.7-1.1 t h<sup>-1</sup> per operaio.

L'*harvester* equipaggiato su macchina semovente può raggiungere, invece, le 4.6- 6.8 t h<sup>-1</sup> per operaio.

Per quanto concerne l'esbosco, l'uso del verricello non risulta particolarmente performante, essendo stati rilevati valori prossimi ad 1 t h<sup>-1</sup> per operaio. Prestazioni più interessanti si ottengono impiegando il *mini-forwarder* (Fig. 1) che, alternativamente, effettua il carico e lo scarico di legna da ardere e ramaglie e cimali, raggiungendo produttività di poco superiori alle 2 t h<sup>-1</sup> per operaio.

La sminuzzatura di cimali e ramaglie con macchina a motore autonomo consente di raggiungere produttività lorde medie di lavoro di circa 6.3-9.5 t h<sup>-1</sup> per operaio, mentre la cippatrice applicata all'attacco a tre punti di un trattore di media potenza si attesta a poco più della metà rispetto al caso precedente (3.7-6.2 t h<sup>-1</sup>). Per quanto riguarda il carico della legna da ardere, da effettuarsi con caricatore munito di pinza, si possono stimare produttività variabili da 9.1 a 12.3 t h<sup>-1</sup>, per entrambi i livelli di meccanizzazione e considerando l'impiego dello stesso caricatore forestale.

In Tab. 4 sono riportati i tempi medi lordi necessari per l'esecuzione di un diradamento in un impianto di latifoglie nobili.

#### *Utilizzazione dell'eucalitteto*

Osservazioni relative alle utilizzazioni di cedui di eucalitto forniscono risultati interessanti, soprattutto con l'impiego di una meccanizzazione spinta, anche se va sottolineato che lo scarso valore commerciale dell'assortimento ritraibile, generalmente cippato, favorisce la propensione a adottare un livello di meccanizzazione tradizionale-avanzato (Verani 2001,



Fig. 1 - Esbosco con *mini-forwarder* equipaggiato con pinza da carico.

2009, Picchio et al. 2012, Verani & Sperandio 2014).

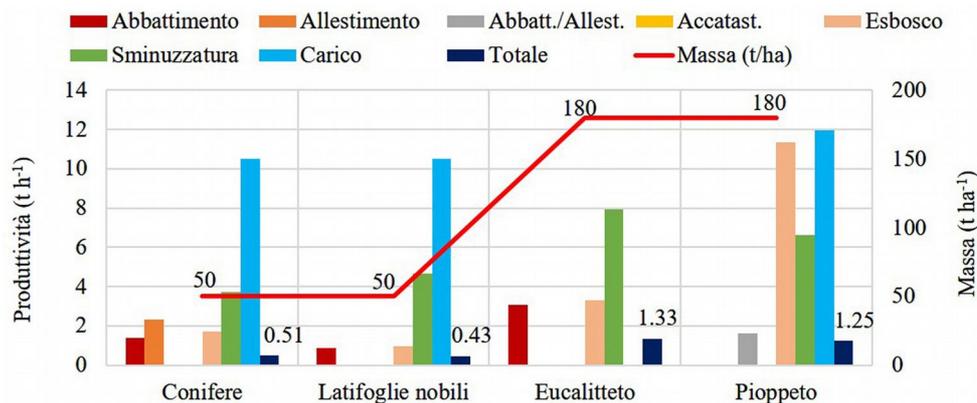
L'organizzazione del lavoro con l'adozione di un livello di meccanizzazione spinta prevede l'abbattimento e l'accatastamento dei polloni con *harvester*, un ulteriore accatastamento dei polloni sparsi con caricatore forestale e la sminuzzatura in campo, direttamente su autotreno, con sminuzzatrice di elevata potenza montata su *forwarder*. Nel lavoro svolto con un livello di meccanizzazione tradizionale-avanzata, l'abbattimento viene eseguito con motosega, l'esbosco con un trattore munito di verricello e la cippatura, effettuata a bordo strada, con l'ausilio di una cippatrice carrellata, con motore autonomo o azionata dalla presa di potenza di un trattore agricolo di media potenza. L'assortimento finale, nel caso considerato, è solamente cippato, anche se una parte della massa, qualora richiesta dal mercato, potrebbe

essere vantaggiosamente destinata alla produzione di legna da ardere. Le produttività medie lorde di lavoro nell'abbattimento con *harvester* sono comprese in un range di 10.7 e 14.1 t h<sup>-1</sup> per operaio, mentre quelle dell'abbattimento eseguito con motosega tra 2.7 e 3.7 t h<sup>-1</sup> per operaio. La produttività del caricatore per effettuare l'accatastamento delle piante è in genere molto elevata e, nel caso specifico, considerata compresa tra 33.8 e 37.3 t h<sup>-1</sup> per operaio, mentre quella della cippatura delle piante accatastate è compresa tra 17.5 e 20.0 t h<sup>-1</sup> per operaio. Per l'esbosco effettuato con trattore munito di verricello sono state considerate produttività comprese tra 2.9 e 3.8 t h<sup>-1</sup> per operaio, mentre nella cippatura la produttività è stata compresa tra 7.2 e 8.9 t h<sup>-1</sup> per operaio. Nella Tab. 4 sono riportati i tempi lordi per l'utilizzazione di un ceduo di eucalitto.



Fig. 2 - Allestimento all'imposto con *harvester*.

**Fig. 3** - Produttività media lorda di lavoro (in t h<sup>-1</sup>) per singole operazioni e complessiva dell'intero cantiere in relazione al sistema a meccanizzazione tradizionale (MTA) per le diverse tipologie d'impianto considerate (la linea rossa indica la massa media asportata in t ha<sup>-1</sup>).



*Utilizzazione del pioppeto*

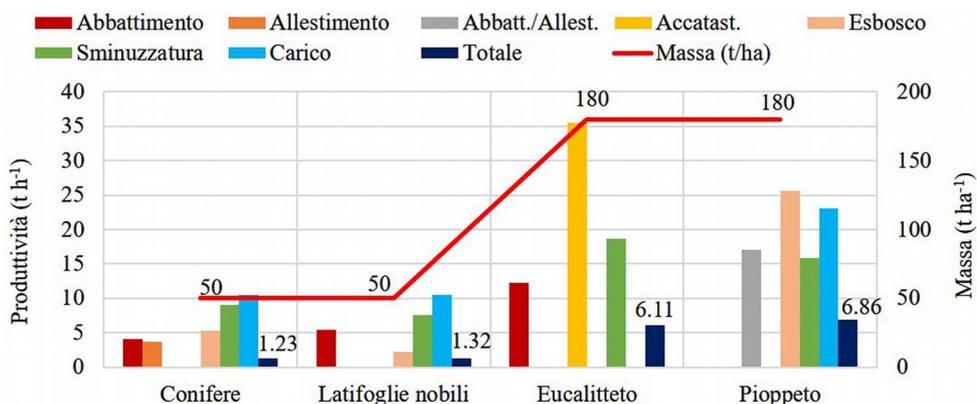
Nella raccolta del pioppeto la meccanizzazione spinta esplica al meglio la propria funzione di aumento delle produttività di lavoro (Verani & Sperandio 2003). Il tipo d'intervento da effettuare, l'utilizzazione integrale della piantagione, la morfologia del terreno, quasi sempre pianeggiante, e il sesto d'impianto adottato (generalmente in quadro con interdistanza di 6-7 m), sono tutti fattori che influiscono positivamente sulla produttività del lavoro.

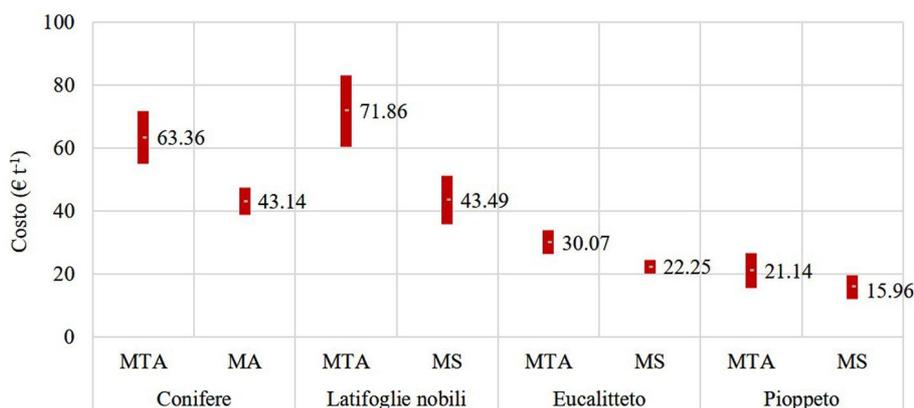
Nel sistema MTA le piante vengono abbattute e sramate, i fusti esboscati interi e sezionati all'imposto; nel sistema MS è l'harvester che abbatte ed allestisce la pianta (Fig. 2); i topi sono poi caricati ed esboscati con forwarder o caricatore specializzato semovente dotato di pianale e pinza (Verani et al. 2014). Rispetto alle due metodologie di lavoro elencate possono esistere delle varianti, determinate dall'organizzazione del lavoro, che prevedono l'esbosco delle piante intere e l'allestimento con harvester o processore all'imposto, oppure l'abbattimento e l'allineamento delle piante con testa abbattitrice su escavatore ed il successivo allestimento con motosega.

La comparazione dei due livelli di meccanizzazione MTA e MS, con riferimento ad un peso delle sin-

gole piante di 0.6-0.7 t, evidenzia come, nell'abbattimento ed allestimento con motosega, la produttività media lorda oraria per operaio risulti compresa tra 1.2 e 2.5 t h<sup>-1</sup>, mentre la stessa operazione effettuata con harvester fa registrare una produttività media oraria per operaio compresa tra 12.4 t h<sup>-1</sup> e 27.1 t h<sup>-1</sup>. L'esbosco del fusto sramato, effettuato con trattore munito di verricello, raggiunge produttività medie lorde di lavoro per operaio variabili da 9.5 a 14.2 t h<sup>-1</sup> mentre nell'esbosco di materiale già allestito, effettuato con caricatore con rimorchio o con forwarder su distanze di esbosco di 300 m, le produttività salgono variando da 23 a 29 t h<sup>-1</sup>, con carichi trasportati dal forwarder quasi doppi di quelli attribuibili al caricatore con rimorchio. La sminuzzatura dei cimali e delle ramaglie generalmente avviene sulla tagliata, direttamente su autotreno o autoarticolato, con produttività che possono variare, in funzione del diametro minimo rilasciato (110 o 180 mm), intorno a 14-18 t h<sup>-1</sup> per operaio con impiego di cippatrice semovente con motore autonomo, mentre si riduce a poco più della metà (10.4-14 t h<sup>-1</sup>) per cippatrici trainate e alimentate dalla presa di potenza di un trattore. In Tab. 4 sono riportate le ore lavorative per l'utilizzazione del pioppeto.

**Fig. 4** - Produttività media lorda di lavoro (in t h<sup>-1</sup>) per singole operazioni e complessiva dell'intero cantiere in relazione al sistema a meccanizzazione spinta (MA e MS) per le diverse tipologie d'impianto considerate (la linea rossa indica la massa media asportata in t ha<sup>-1</sup>).





**Fig. 5** - Costo unitario dei cantieri di utilizzazione (in € t<sup>-1</sup>) per i diversi casi esaminati in relazione all'impiego di una meccanizzazione tradizionale (MTA) e una meccanizzazione avanzata (MA) e spinta (MS).

### Discussione e considerazioni conclusive

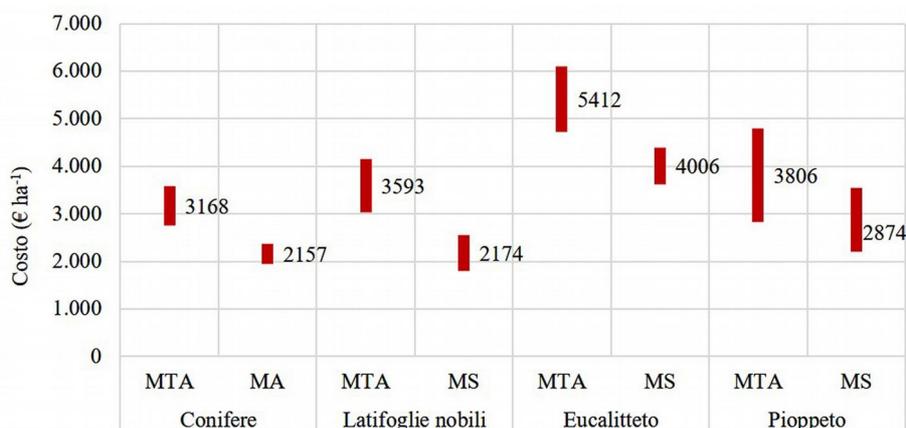
Esaminando i valori di produttività, in relazione al livello di meccanizzazione e alle caratteristiche delle piantagioni prese in considerazione (peso medio della pianta, massa asportata per unità di superficie, tipo d'intervento), risulta evidente come il consistente aumento della produttività media lorda del cantiere sia correlato con l'adozione di un maggiore livello di meccanizzazione (Fig. 3 e Fig. 4). Nell'esecuzione di primi diradamenti in piantagioni di conifere l'impiego di macchine tecnologicamente avanzate comporta un incremento della produttività media lorda del cantiere del 141% (1.23 t h<sup>-1</sup> per operaio *vs.* 0.51 t h<sup>-1</sup> per operaio), con conseguente diminuzione del tempo medio di raccolta di 57 ore operaio. Nel taglio del pioppeto e del ceduo di eucalitto l'impiego della meccanizzazione garantisce incrementi percentuali di produttività rispettivamente di 444 punti (6.86 t h<sup>-1</sup> per operaio *vs.* 1.26 t h<sup>-1</sup> per operaio) e 359 punti (6.11 t h<sup>-1</sup> per operaio *vs.* 1.33 t h<sup>-1</sup> per operaio); la riduzione del tempo di lavoro risulta di 117 h per operaio nel caso del pioppeto e di 106 h nel caso dell'eucalitteto. Nel primo diradamento in piantagioni di latifoglie nobili l'impiego della meccanizzazione spinta incrementa la produttività del 206% rispetto alla meccanizzazione avanzata (1.32 t h<sup>-1</sup> per operaio *vs.*

0.43 t h<sup>-1</sup> per operaio).

Per quanto riguarda l'aspetto economico, nelle Fig. 5 e Fig. 6 sono riportati i costi medi di utilizzazione, rispettivamente per unità di prodotto e di superficie, relativi alle quattro tipologie forestali e al livello di meccanizzazione adottato.

Un maggiore livello di meccanizzazione determina, rispetto ad un livello inferiore, un effetto sempre positivo sulla riduzione del costo di produzione dell'assortimento finale. Le differenze di costo tra i due sistemi di meccanizzazione sono più elevate nei diradamenti, con riduzioni del 39% e del 32% rispettivamente per le latifoglie nobili (43.50 € t<sup>-1</sup> *vs.* 71.86 € t<sup>-1</sup>) e per le conifere (43.15 € t<sup>-1</sup> *vs.* 63.36 € t<sup>-1</sup>), mentre nel taglio del ceduo di eucalitto e del pioppeto tali riduzioni sono rispettivamente del 26% (22.26 € t<sup>-1</sup> *vs.* 30.07 € t<sup>-1</sup>) e del 24% (15.97 € t<sup>-1</sup> *vs.* 21.15 € t<sup>-1</sup>).

Nei diradamenti, dove gli assortimenti finali sono cippato per utilizzo energetico e legna da ardere o tondelli da cartiera, i costi di produzione, dato il basso valore degli assortimenti, risultano poco sostenibili dal punto di vista economico, in particolare con l'adozione di una meccanizzazione tradizionale-avanzata. I costi medi ad ettaro dei diradamenti di conifere e latifoglie nobili risultano di circa 3200 e 3600 € con l'adozione di un livello più basso di mec-



**Fig. 6** - Costo di utilizzazione ad ettaro (€ ha<sup>-1</sup>) per le diverse tipologie in relazione all'impiego di una meccanizzazione tradizionale (MTA) e una meccanizzazione avanzata (MA) e spinta (MS).

canizzazione; con una meccanizzazione superiore, assommano a circa 2150 e 2175 €. Per il pioppeto e l'eucalitteto i costi ad ettaro con la meccanizzazione spinta si riducono rispettivamente del 24 e 26%, passando da 3800 a 2874 € e da 5400 a 4007 €.

Infine, è da notare che i dati sopra riportati (Tab. 2 e Tab. 3) considerano un utilizzo annuo delle macchine intorno alle 800-1000 ore; impieghi inferiori comporterebbero aumenti di costo considerevoli rispetto a quelli qui riportati. Una riduzione, ad esempio, del 30% delle ore lavorative delle macchine comporterebbe un incremento nei costi di produzione degli assortimenti ritraibili dai diradamenti dell'11-12% nel caso d'impiego della MTA, e del 9-14% con l'impiego della MA e MS. Nelle utilizzazioni dell'eucalitteto e del pioppeto l'incremento di costo risulterebbe più pesante raggiungendo il 19 e 21% nel MTA e il 27 e 28% del MS. L'adozione di un maggiore livello di meccanizzazione determina sicuramente vantaggi identificabili in produttività di lavoro, enormemente più elevate rispetto al livello inferiore, ed in una maggiore ergonomia e sicurezza; bisogna però considerare anche alcuni svantaggi che, oltre all'elevato investimento nell'acquisto macchine, sono identificabili nella necessità di personale altamente specializzato, nell'orografia del territorio e nel volume di lavoro annuale, molto spesso condizionato dal frazionamento della proprietà. Per piccole superfici, per basse produzioni unitarie e per bassi livelli d'impiego annuo delle macchine, la meccanizzazione spinta è da sconsigliare rispetto ad una più tradizionale ed avanzata (Verani & Sperandio 2007).

Va comunque sottolineato che gli interventi di diradamento, pur avendo sostenibilità economica ridotta rispetto all'utilizzazione dell'eucalitteto e del pioppeto, consentono di massimizzare il livello produttivo e qualitativo delle piantagioni e svolgono un'azione di controllo fitosanitario e di prevenzione degli incendi risultando, pertanto, indispensabili in piantagioni finalizzate alla produzione di legname.

## Bibliografia

- Asoni G, Ciancio O, Nocentini S, Tesei G (1989). Un esempio di arboricoltura da legno in ambiente appenninico: il piano colturale dell'Azienda Podernovo. *Annali dell'Istituto Sperimentale per la Selvicoltura*, vol. XX, pp. 195-283.
- Behman dell'Elmo G, Piegai F (1997). I lavori di utilizzazione in arboricoltura da legno con latifoglie di pregio. *Sherwood* 25: 5-10.
- 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 Assestamento e tecnologia forestale, Fascicolo IV.
- Berti S (1995). Caratteristiche tecnologiche e qualità del legno. *Sherwood* 3: 39-43.
- Biondi P (1999). Meccanica agraria. Le macchine agricole. UTET, Torino.
- Boggia L (1987). Conclusioni sull'eucalitticoltura nazionale. *Cellulosa e Carta* 5: 11-17.
- Calvo E (2011). Stato attuale e problematiche degli impianti di latifoglie a legname pregiato: il punto di vista delle Regioni. *Forest@* 8: 121-125. - doi: [10.3832/efor0666-008](https://doi.org/10.3832/efor0666-008)
- Castro G, Fragnelli G, Zanuttini R (2014). La pioppicoltura e il compensato di pioppo dell'industria italiana. *Lampi di stampa*, Vignate (MI), pp. 7.
- Ciancio O, Mercurio R, Nocentini S (1982). Le specie forestali esotiche e le relazioni tra arboricoltura da legno e selvicoltura. *Annali dell'Istituto Sperimentale per la Selvicoltura*, vol. XII-XIII, pp. 1-103.
- Ciancio O, Mercurio R, Nocentini S (1984). Le specie forestali esotiche e le relazioni tra arboricoltura e selvicoltura. *Annali dell'Istituto Sperimentale per la Selvicoltura* 12-13: 544.
- Colletti L (2001). Risultati dell'applicazione del regolamento CEE 2080/92 in Italia. *Sherwood* 70: 23-31.
- Currò P, Verani S (1989). Prove di primo diradamento meccanizzato di piantagioni di *Pinus radiata* e *Pseudotsuga menziesii*. Centro di Sperimentazione Agricola e Forestale/Istituto di Sperimentazione per la Pioppicoltura, Quaderni di ricerca, n. 23, pp. 23.
- Currò P, Verani S (1990). On the maximum skidding output of the "Timberjack 380" forest tractor. *Journal of Forest Engineering* 1 (2): 35-39. - doi: [10.1080/08435243.1990.10702617](https://doi.org/10.1080/08435243.1990.10702617)
- De Natale F, Pignatti G (2011). Le risorse forestali. In: "L'Inventario Nazionale delle Foreste e dei serbatoi forestali di Carbonio INFC 2005. Secondo inventario forestale nazionale italiano. Metodi e risultati" (Gasparini P, Tabacchi G eds). Ministero delle Politiche Agricole, Alimentari e Forestali, Corpo Forestale dello Stato; Consiglio per la Ricerca e la Sperimentazione in Agricoltura, Unità di Ricerca per il Monitoraggio e la Pianificazione Forestale, Edagricole, Milano, pp. 99-111.
- Eccher A (1981). Il pino insigne. In: Atti del 1° Congresso Nazionale "Il Legno nelle Attività Economiche del Paese". Roma, 1-4 dicembre, Sez. III: 65-69.
- Fabiano F, Marchi E, Piegai F (1999). Lavori di diradamento in impianti di arboricoltura da legno con latifoglie di pregio. *Sherwood* 50: 7-13.
- Facciotto G (2012). Storia della SRF e suo sviluppo in Italia. Progetti di ricerca SUSACE e FAESI: recenti acquisizioni scientifiche per le colture energetiche. *Sherwood* 183 (suppl.): 26-30.

- Gallina F, Nocentini S, Verani S (1993). Il secondo diradamento in impianti di douglasia: aspetti culturali e di utilizzazioni. *Annali dell'Istituto Sperimentale per la Selvicoltura di Arezzo* 24: 23-36.
- Hippoliti G (1997). *Appunti di meccanizzazione forestale*. Studio Editoriale Fiorentino, Firenze.
- ISTAT (2010). *Censimento generale dell'agricoltura*. Istituto Nazionale di Statistica, Roma.
- Miyata ES (1980). Determining fixed and operating costs of logging equipment. General Technical report NC-55, North Central Forest Experiment Station, USDA Forest Service, USA.
- Mori P (2014). Piantagioni policicliche: arboricoltura e selvicoltura più vicine. In: *Proceedings of the "2<sup>nd</sup> International Congress of Silviculture"*. Firenze, 26-29 novembre, pp. 670-675.
- Picchio R, Sirna A, Sperandio G, Spina R, Verani S (2012). Mechanized harvesting of *Eucalyptus* coppice for biomass production using high mechanization level. *Croatian Journal of Forest Engineering* 33 (1): 15-24.
- Pra A, Pettenella D, Romano R (2016). Dove va la pioppicoltura padana? *Sherwood* 220: 37-41.
- Sperandio G (2010). Ceduo di eucalipto per produzione di cippato. Sostenibilità economica di un cantiere a meccanizzazione spinta. *Sherwood* 167: 39-44.
- Spinelli R, Spinelli R (1999). Allestimento meccanizzato nelle piantagioni di pioppo. *Legno Cellulosa Carta* 1: 2-11.
- Spinelli R, Spinelli R (2000). Prove con l'harvester Timberjack 1270 B in piantagioni di pino strobo. *Sherwood* 54: 41-46.
- Spinelli R, De Capua E, Fabbri P, Spinelli R (2001). L'allestimento meccanizzato del *Pinus radiata* D. Don in Sardegna. *L'Italia Forestale e Montana* 2: 97-113.
- Spinelli R, Magagnotti N, Nati C, Picchi G (2008). Le strategie per il diradamento delle piantagioni da legno. In: "Progetto WoodAgri: modernizzare la gestione dell'arboricoltura lineare e degli impianti da legno ex-2080". Regione Lombardia, Quaderni di Ricerca, no. 77, pp. 35-46.
- Spinelli R, Stampfer K (2002). Un harvester per i primi diradamenti. *Sherwood* 75: 39-46.
- Spinelli R, Nati C, Magagnotti N (2005). Il diradamento meccanizzato delle piantagioni da legno. *Sherwood* 110: 33-39.
- Verani S (1989). Prove meccanizzate di diradamento in un popolamento di douglasia dell'appennino Tosco-Emiliano. *Annali dell'Istituto Sperimentale per la Selvicoltura* 24: 285-302.
- Verani S (1991). Produttività delle operazioni di abbattimento ed esbosco in primi diradamenti di piantagioni di conifere a rapido accrescimento. *Monti e Boschi* 42 (6): 12-15.
- Verani S (2001). Produttività di lavoro nell'utilizzazione di una piantagione di eucalipto. *Mondo Macchina* 10 (3): 24-27.
- Verani S (2009). Utilizzazione di una piantagione di eucalipto. Tempi e produttività di lavoro. *Sherwood* 159: 43-47.
- Verani S, Sperandio G (2003). Utilizzazione del pioppeto con impiego di un diverso grado di meccanizzazione. *Sherwood* 9 (88): 37-44.
- Verani S, Sperandio G (2007). Meccanizzazione spinta in pioppeto. *Sherwood* 137: 29-33.
- Verani S, Sperandio G (2014). Biomassa da eucalipto, la fustaia aumenta la produttività del lavoro. *Terra e Vita* 30: 30-33.
- Verani S, Sperandio G, Picchio R, Spinelli R, Picchi G (2014). La raccolta meccanizzata del pioppo. *Manuale di campo*. Veneto Agricoltura, Edizioni MB, pp. 40.