

RODOLFO PICCHIO*, ANGELA LO MONACO*, RACHELE VENANZI*,
FRANCESCO LATTERINI*

Rinaturalizzazione dei rimboschimenti di pino nero (*Pinus nigra* Arnold): corrette metodologie di utilizzazione forestale e valutazione degli assortimenti

I. INTRODUZIONE

La realizzazione di impianti artificiali ha caratterizzato l'attività forestale nel nostro Paese per buona parte del secolo scorso, modificando e arricchendo fortemente il tessuto paesistico. L'opera di ricostituzione boschiva di superfici spoglie da vegetazione arborea ha avuto inizio, nell'Appennino centro-settentrionale, fin dai primi anni del 1900 ed è stata compiuta mediante rimboschimenti soprattutto con varie specie di conifere. Si stima che in Italia, siano stati effettuati rimboschimenti su circa 1.300.000 ha (Romano, 1986).

Il pino nero (*Pinus nigra* Arn.) fu la specie generalmente preferita sia per la facilità di allevamento in vivaio sia per le caratteristiche spiccatamente pioniere. Questi impianti artificiali furono predisposti principalmente per scopi di difesa idrogeologica con l'obiettivo di recuperare suoli nudi e degradati.

A partire dagli anni '50, le finalità dei rimboschimenti divennero anche di tipo produttivo. La politica forestale nazionale favorì interventi atti a incrementare la diffusione delle specie di conifere, la cui preferenza era motivata dalla maggiore capacità di adattamento alla eterogeneità dei suoli, dalla rapidità di accrescimento nonché da una pronta ed efficace copertura del suolo (Nocentini, 1995).

Il forte impegno finanziario, sostenuto per la realizzazione di questi interventi, è stato indirizzato principalmente a sostenere la piantagione e le prime cure colturali (risarcimenti e ripuliture), necessarie a favorire l'attecchimento delle piantine, mentre scarsa rilevanza è stata data all'esecuzione dei successivi necessari diradamenti, per quanto questi fossero previsti nei piani colturali dei rimboschimenti.

* DAFNE, Università degli Studi della Tuscia – Viterbo

La maggior parte delle piantagioni di pino nero sul territorio italiano si presenta con le operazioni previste dai piani colturali disattese, mancando gran parte degli interventi intercalari previsti.

Questo tipo di gestione carente e spesso inappropriata, e in molti casi di “abbandono” dopo l’impianto, ha dato origine a biocenosi con organizzazione e struttura a diverso grado di semplificazione, non in grado di rinnovarsi autonomamente. Per questi boschi di origine artificiale si pone, oggi, la prospettiva gestionale non tanto per la produttività, quanto piuttosto per la loro rinaturalizzazione, intendendo con questa espressione, un’azione colturale tesa alla valorizzazione dei processi naturali di autorganizzazione del sistema bosco (Ciancio et al., 1995).

Le azioni di rinaturalizzazione, anche se di lunga durata, sono giustificate sul piano economico ed ecologico per ottenere popolamenti più stabili in termini strutturali e funzionali (Lupke e Spellmann, 1999; Utschig, 1999; Spinelli et al., 2006).

La rinaturalizzazione dei rimboschimenti di conifere rientra tra le attività del restauro forestale. È pertanto un processo che non deve essere affrontato con rigidi schemi ma che non può neppure vedere l’uomo come semplice spettatore di dinamiche naturali di durata oltremodo lunga.

Il gestore forestale è pertanto chiamato a guidare il processo, identificando di volta in volta il più idoneo intervento selvicolturale, e le migliori modalità di utilizzazione forestale, in base alle caratteristiche del popolamento e ai dettami della Gestione Forestale Sostenibile.

Di contro, le operazioni selvicolturali nelle pinete di pino nero italiane vanno incontro a due problematiche principali che ostacolano la realizzazione degli interventi necessari. Il primo è dato dalle situazioni di elevata pendenza e accidentalità che spesso caratterizzano questi boschi e che rendono difficoltose le operazioni di utilizzazione forestale.

Il secondo è legato alla scarsa valorizzazione sul mercato del legname del pino nero; il principale assortimento ritraibile dal taglio delle pinete è infatti il cippato di legno destinato a scopi energetici. Questo trova oggi buona collocazione sul mercato a causa della crescente domanda di energia da fonti rinnovabili ma a prezzi che non consentono di avere, in generale, valori di macchiatico significativi.

Questi popolamenti rivestono una grandissima importanza nel settore forestale italiano, quindi la ricerca scientifica in materia di utilizzazioni forestali e tecnologia del legno è chiamata a dare una risposta a questi problemi per incentivare le possibilità di intervento su questi soprassuoli.

L’obiettivo del presente lavoro è pertanto quello di mostrare lo stato dell’arte delle utilizzazioni forestali e tecnologia del legno riguardo alle pinete di pino

nero e indicare possibili vie per implementare la situazione attuale con particolare riferimento all'obiettivo della rinaturalizzazione di questi rimboschimenti.

2. CENNI SULLA SELVICOLTURA PER LA RINATURALIZZAZIONE DELLE PINETE DI PINO NERO

Per rinaturalizzazione si intende la sostituzione delle specie esotiche/preparatorie con quelle tipiche dell'ambiente della stazione considerata, indirizzando in questo modo i popolamenti verso una maggiore complessità strutturale che ne aumenta resistenza e resilienza. Quando furono effettuati gli impianti delle pinete di pino nero il piano colturale prevedeva una serie di interventi intercalari, i cosiddetti sfolli e diradamenti, volti a diminuire man mano la densità del soprassuolo per giungere poi a un taglio di smantellamento. Tuttavia, queste prescrizioni nel tempo sono state completamente disattese.

I diradamenti servono, in questo tipo di popolamenti, ad aumentare l'efficienza funzionale, favorendo l'insediamento delle latifoglie autoctone mediante la progressiva scoperta della volta arborea (Mercurio, 2005; Bianchi et al., 2005).

I diradamenti non sono, quindi, di per sé interventi di rinaturalizzazione ma sono interventi intermedi che favoriscono la rinaturalizzazione che avviene con il taglio di smantellamento che si applica una volta che si è insediata la rinnovazione di latifoglie autoctone.

Per ottemperare all'obiettivo di innescare l'insediamento delle latifoglie, i diradamenti devono essere di intensità quantomeno moderata se non addirittura forte, ovvero possono interessare un numero di piante pari anche alla metà di quelle presenti ante intervento (Nocentini 1995; Nocentini e Puletti, 2009; Arena et al., 2008; Cantiani e Piovosi, 2009; De Meo et al., 2015).

Il taglio di smantellamento consiste, invece, nell'asportazione del soprassuolo edificato dai pini una volta che si è affermata la rinnovazione di latifoglie. Si tratta quindi di uno o più interventi che non fanno riferimento a un turno predeterminato ma a necessità colturali e fitosanitarie (Del Favero, 2010).

3. UTILIZZAZIONI FORESTALI PER LA RINATURALIZZAZIONE DELLE PINETE

Il termine utilizzazioni forestali indica la disciplina che affronta la progettazione, l'attuazione, il controllo e il miglioramento dei sistemi impiegati nelle operazioni forestali (Heinimann, 2007).

Per quanto concerne le pinete di pino nero, ma il discorso è ampliabile a numerosi casi del settore forestale italiano, la tipologia di soprassuolo, gli assortimenti ricavabili, la scarsa disponibilità di infrastrutture, il sistema di organizzazione e pianificazione dei lavori, il livello di informazione e formazione degli addetti e una scarsa effettiva connessione a livello progettuale tra selvicoltura e utilizzazioni, condizionano fortemente la gestione dei nostri boschi, ivi compresi mercato e ambiente.

Queste difficoltà, unite all'aumento del costo della manodopera e alla mancanza di rivalutazione di quello degli assortimenti legnosi, influiscono negativamente sul prezzo di macchiatico.

È richiesto pertanto lo sviluppo di azioni integrate per l'innovazione dei processi di utilizzazione. Questo non implica solo aumentare il livello di meccanizzazione, ma gestire e organizzare le varie macchine in funzione del contesto particolare in cui si opera.

La disciplina delle utilizzazioni forestali si integra, pertanto, perfettamente in quella che è la Gestione Forestale Sostenibile. L'obiettivo è, infatti, diversificato e risponde ai tre aspetti che compongono il triangolo della sostenibilità, ovvero interessi economici, ambientali e sociali. Non si cerca infatti di determinare il sistema di lavoro o il livello di meccanizzazione che consenta solo la maggiore produttività oraria, ma anche quello che limiti gli impatti al suolo e al soprassuolo e quello che massimizzi la sicurezza sul lavoro per gli operatori forestali.

Incentrandosi sulle utilizzazioni nelle pinete di pino nero, è necessario dapprima presentare una breve panoramica di quella che è la situazione attuale, o per meglio dire, più frequente in Italia, in particolare sugli Appennini, dove sono localizzati la maggior parte dei rimboschimenti di pino nero.

Innanzitutto è bene sottolineare che il tipo di intervento realizzato più frequentemente è senza dubbio il diradamento, spesso a macchiatico negativo e, pertanto, sostenuto mediante le politiche comunitarie di sviluppo rurale. I tagli di smantellamento sono molto meno frequenti nonostante l'età media dei popolamenti superi generalmente i turni minimi consentiti dalle varie normative regionali.

Ciò è legato in parte al fatto che la mancanza di cure colturali non ha permesso l'affermazione della rinnovazione sotto copertura e, in parte, a una effettiva difficoltà a ottenere autorizzazioni per procedere.

L'evoluzione dei sistemi di utilizzazione e l'interazione con appropriati livelli di meccanizzazione è già iniziata. Si è passati per questi specifici interventi dal semplice sistema di lavoro legno corto (Short Wood System, SWS) a sistemi più articolati, che adottano l'esbosco di assortimenti con lun-

ghezze dei tronchi multiple, dell'intero fusto fino a quello della pianta intera. Il primo sistema generalmente terminava molto spesso con l'assortimentazione in bosco e il rilascio dei tronchetti sul letto di caduta e allestimento. Infatti, i costi di concentramento ed esbosco sono considerati improponibili, a fronte di un valore quasi nullo degli assortimenti. Attualmente, con sempre maggior frequenza, il cantiere "classico" di diradamento in pineta prevede il sistema di lavoro a pianta intera (FTS), ovvero pianta abbattuta ed esboscata tal quale senza sramatura e sezionatura. L'abbattimento è semimeccanico con motosega e l'esbosco avviene o con trattore agricolo equipaggiato per lavori forestali munito di verricello, spesso non forestale, oppure molto spesso con cavallo TPR. All'imposto è collocata una sminuzzatrice per la produzione di cippato, generalmente unico assortimento ritraibile. In casi maggiormente interessanti, viene differenziato il primo toppo fino a diametro in punta sotto corteccia prossimo ai 30 cm quale toppo da sega e il resto è destinato alla sminuzzatura.

In contemporanea stanno facendosi strada le nuove proposte organizzative dettate dallo sviluppo dell'alta meccanizzazione e alla diffusione di sistemi integrati per la produzione delle biomasse. I sistemi di lavoro possono essere a pianta sezionata a lunghezze superiori di 2,2 m (generalmente multipli) sramata o meno, oppure a pianta intera. L'abbattimento è meccanico con feller o harvester (in tal caso molto spesso anche la prima assortimentazione è meccanica) e l'esbosco avviene o con forwarder o con skidder dotato di pinze e verricello fisso. Gli assortimenti vengono gestiti nella medesima modalità sopra descritta.

La ricerca scientifica in materia si è largamente occupata delle utilizzazioni nelle pinete di pino nero e sono stati prodotti vari articoli legati ai molteplici aspetti della meccanizzazione e della logistica. Innanzi tutto è necessario fare una prima distinzione all'interno degli articoli che la letteratura scientifica in materia ha prodotto. Si possono infatti trovare lavori riguardanti sistemi di esbosco terrestri e altri riguardanti sistemi di esbosco aerei.

Per quanto concerne le pinete i primi si basano essenzialmente su migliorie e corretto utilizzo del verricello forestale e sulle possibili applicazioni di questo a livello di small scale forestry. I secondi si incentrano sulle possibilità di utilizzo di gru a cavo forestali in questi specifici popolamenti.

3.1 Sistemi di esbosco terrestri

Il trattore agricolo-forestale equipaggiato con verricello è il mezzo maggiormente utilizzato nelle operazioni selvicolturali sulle pinete. Questo consente di conseguire, se ben usato e in presenza di adeguata viabilità, ottime pro-

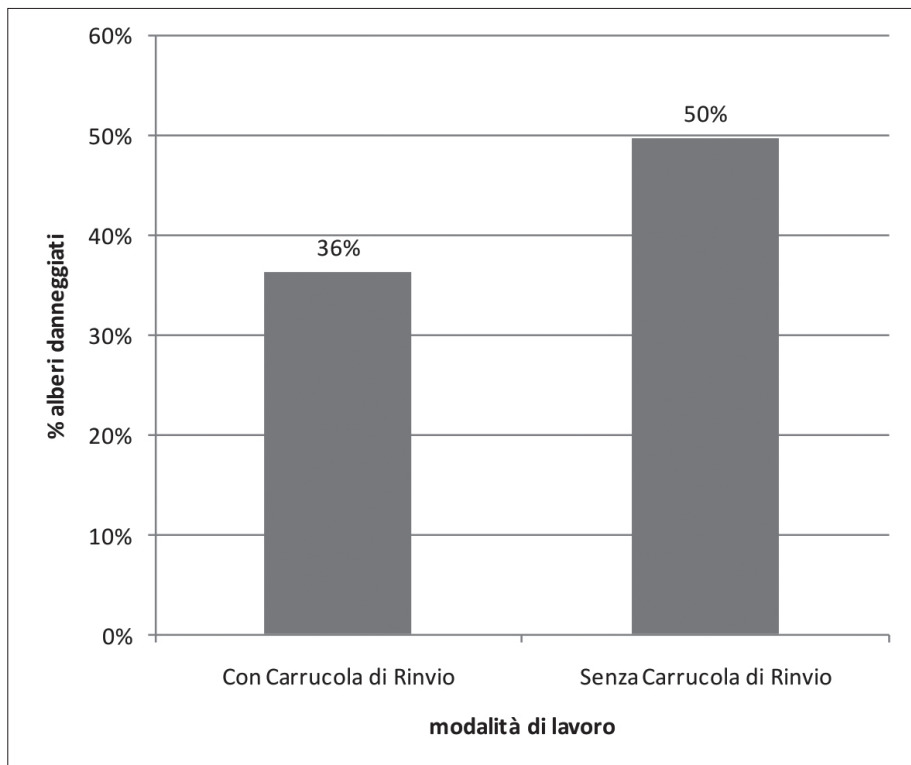


Fig. 1 Percentuale di alberi danneggiati nelle operazioni di concentramento ed esbosco con verricello forestale utilizzato con e senza l'utilizzo di carrucole di rinvio (Picchio et al., 2012b). Come si può vedere l'utilizzo della carrucola di rinvio limita fortemente i danni al soprassuolo residuo

duttività di lavoro e scarso impatto al suolo (Picchio et al., 2012a). I problemi principali che ne limitano l'utilizzo o, quantomeno, ne condizionano le potenzialità operative sono: la carenza di viabilità forestale, nonché la forte accidentalità, che unite a una carenza di formazione sul corretto utilizzo di questo macchinario riducono la produttività, l'efficienza e la sicurezza.

La ricerca scientifica in materia di utilizzazioni forestali si è pertanto incentrata sull'analisi e la risoluzione di queste problematiche.

Il corretto utilizzo del verricello è compromesso da due sostanziali fattori. Il primo è dato dal fatto che, se le ditte di utilizzazione sono munite di un verricello, questo non è un verricello forestale, ma un macchinario nato per altri scopi e adattato ai lavori in bosco. Questo influisce negativamente sulle produttività di lavoro e sulle condizioni di lavoro degli operai. Infatti, la fune di un verricello forestale è più leggera e maneggevole di uno tradizionale,

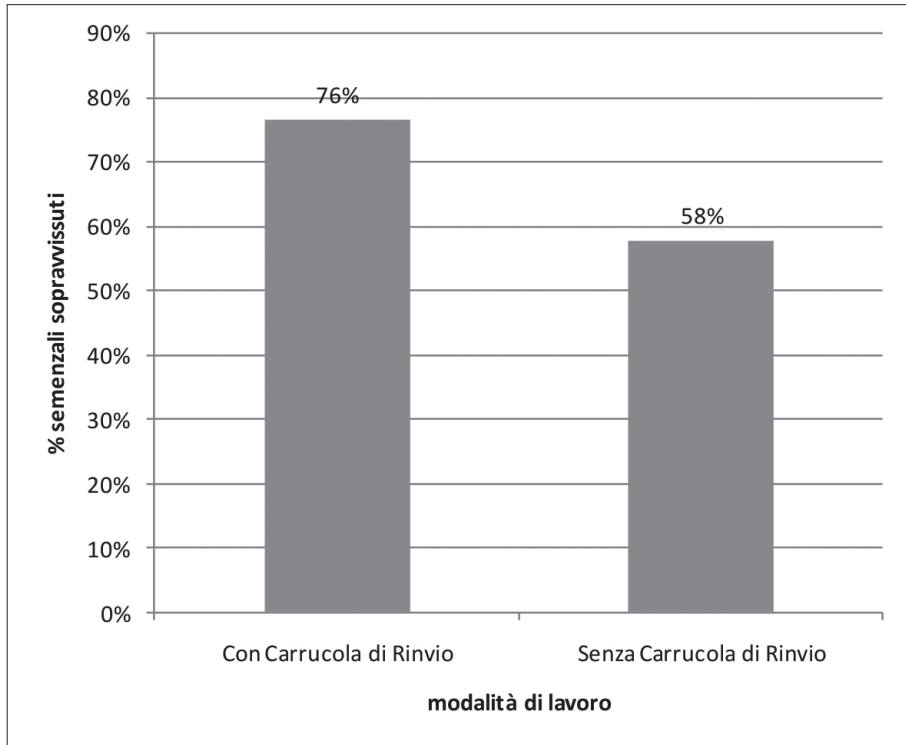


Fig. 2 Percentuale di semenzali di rinnovazione sopravvissuti dopo le operazioni di concentramento ed esbosco con verricello forestale utilizzato con e senza l'utilizzo di carrucole di rinvio (Picchio et al., 2012b). Si nota come la carrucola di rinvio limiti in maniera sostanziale i danni alla rinnovazione

comportando di conseguenza minore sforzo fisico per la movimentazione. La seconda problematica è invece legata allo scarso utilizzo di scudi di protezione e carrucole di rinvio. Queste strumentazioni accessorie sono, infatti, fondamentali per limitare gli impatti al suolo e al soprassuolo residuo rendendo l'esbosco con verricello un sistema *environmental-friendly*. L'utilizzo in particolare delle carrucole di rinvio riduce di circa il 30% le lesioni al soprassuolo residuo (fig. 1) e del 50% i danni alla rinnovazione, rispetto al mancato utilizzo di queste (fig. 2). Deve essere sottolineato che non si determinano perdite di produttività (fig. 3) perché le minori difficoltà che si incontrano nel concentramento dei tronchi, controbilanciano il tempo necessario al montaggio della carrucola di rinvio (Picchio et al., 2012b).

Per quanto riguarda invece la carenza di viabilità e la forte accidentalità che a oggi limitano l'utilizzo del verricello una possibile soluzione (*ground*

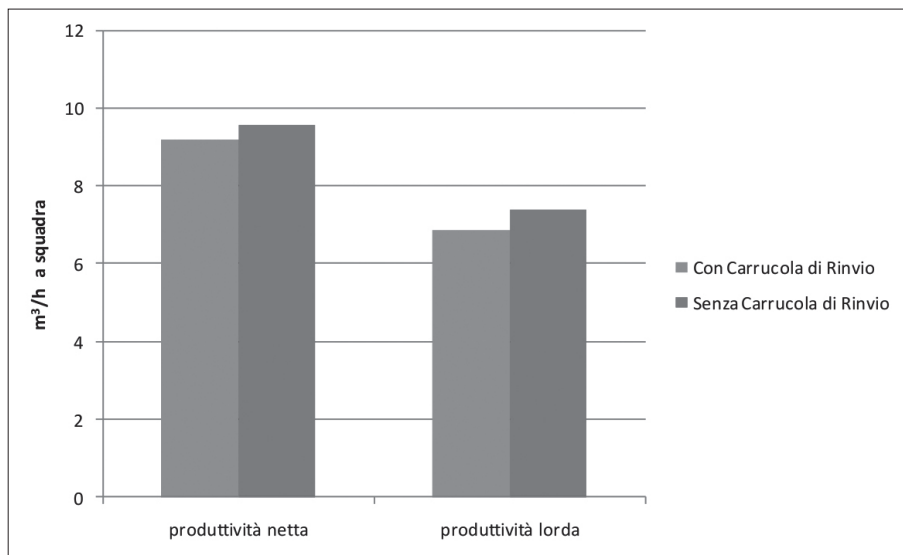


Fig. 3 *Produttività di lavoro netta (calcolata senza considerare i tempi morti) e lorda (calcolata tenendo in considerazione l'effettiva durata del ciclo di lavoro inclusi i tempi morti) (Picchio et al., 2012b). Come si può notare l'utilizzo della carrucola di rinvio porta a produttività di lavoro solo leggermente inferiori a quelle che si hanno senza l'utilizzo della stessa*

based) riguarda la possibilità di utilizzo del verricello forestale a livello di *small scale forestry* o su mezzi di dimensioni e portate ridotte.

In particolare risulta interessante il lavoro di Savelli et al. (2010) riguardo l'analisi delle produttività di lavoro di un All Terrain Vehicle (ATV) equipaggiato con verricello forestale (fig. 4).

Questo sistema risulta estremamente versatile e competitivo in impianti caratterizzati da difficile accessibilità, in particolare per quanto riguarda i primi interventi di diradamento. Le produttività di lavoro registrate in termini di produttività netta variano da 1,7 a 4,4 m³/h. La letteratura scientifica riporta, per interventi di primo diradamento, quali quello considerato, una produttività per trattore/skidder munito di verricello forestale che variano da 2,2 a 5,6 m³/h (Picchio et al., 2009).

Di conseguenza l'ATV equipaggiato con verricello è un mezzo altamente competitivo per interventi quali primi diradamenti in pinete e che consente l'utilizzazione di soprassuoli posti in condizioni di scarsa accessibilità con pendenze considerevoli e accentuata accidentalità. Inoltre l'impatto al suolo e al soprassuolo risulta praticamente inesistente.

L'utilizzo degli ATV equipaggiati con verricello forestale risulta pertanto un'ottima soluzione che permetterebbe l'utilizzazione forestale di molte pine-

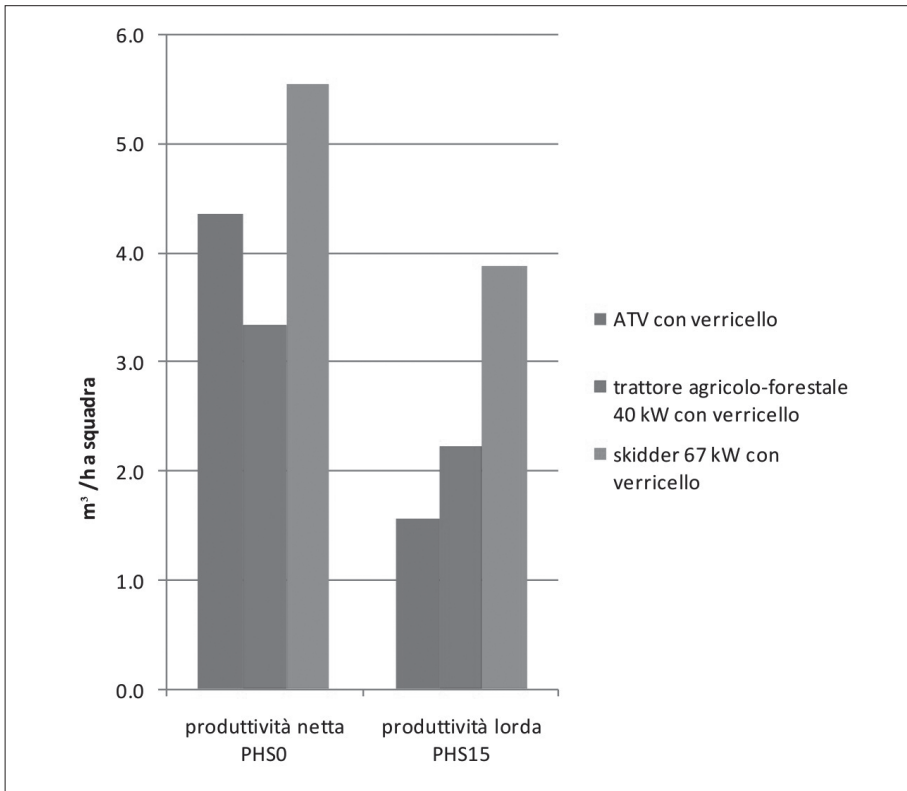


Fig. 4 Produttività di lavoro nette (PHS0) e lorde (PHS15) in interventi di primo diradamento in pinete di pino nero comparate tra ATV equipaggiato con verricello forestale (Savelli et al., 2010) e trattore/skidder con verricello forestale (Picchio et al., 2009). Si nota come l'ATV risulti estremamente competitivo nei confronti di un trattore agricolo-forestale da 40 kW e non eccessivamente penalizzato in termini di produttività in relazione a uno skidder vero e proprio

te, altrimenti affrontabili con elevata difficoltà. Inoltre, i costi di investimento sono oltremodo limitati rispetto all'acquisto di un trattore e ciò può consentire anche a giovani imprenditori di avvicinarsi al mondo delle utilizzazioni forestali con un impatto senza dubbio positivo nel combattere il fenomeno dell'abbandono della montagna.

3.2 Sistemi di esbosco aerei

Le situazioni caratterizzate da pesante carenza di viabilità e da accidentalità e/o pendenze elevate necessitano ampiamente l'utilizzo di sistemi di esbosco

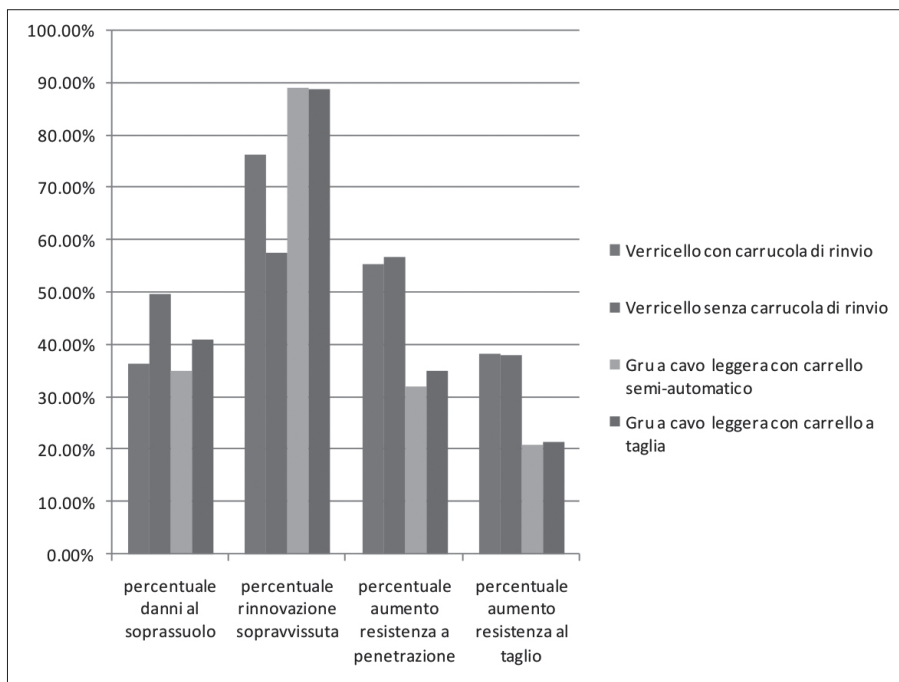


Fig. 5 Risultati di Marchi et al. (2014) riguardo la comparazione dei danni al suolo e al soprassuolo in diradamenti di pinete con differenti sistemi di concentramento-esbosco. Come si nota i sistemi di esbosco aerei risultano meno impattanti di quelli terrestri per tutte e 4 le variabili studiate

aerei come le gru a cavo. Infatti, sono sistemi studiati proprio per l'utilizzazione di boschi caratterizzati da scarsa viabilità e da forte pendenza come molte delle situazioni italiane, dove l'uso del trattore con verricello non è più possibile.

Tuttavia, mentre le gru a cavo sono già ampiamente utilizzate in Europa e nel Nord Italia, nell'Italia Centro-Meridionale il loro impiego è ancora fortemente limitato.

Questi sistemi garantiscono buone produttività di lavoro e scarsissimo impatto come dimostrato ad esempio da Marchi et al. (2014). In diradamenti, sono stati messi a confronto impatti a suolo e soprassuolo di diversi metodi di esbosco. Le gru a cavo sono risultate notevolmente migliori rispetto al verricello sia per quanto riguarda i danni al suolo, al soprassuolo e alla rinnovazione (fig. 5).

La principale difficoltà che si incontra nell'utilizzo delle gru a cavo nel Centro-Sud Italia è legata principalmente alla scarsissima formazione in ma-

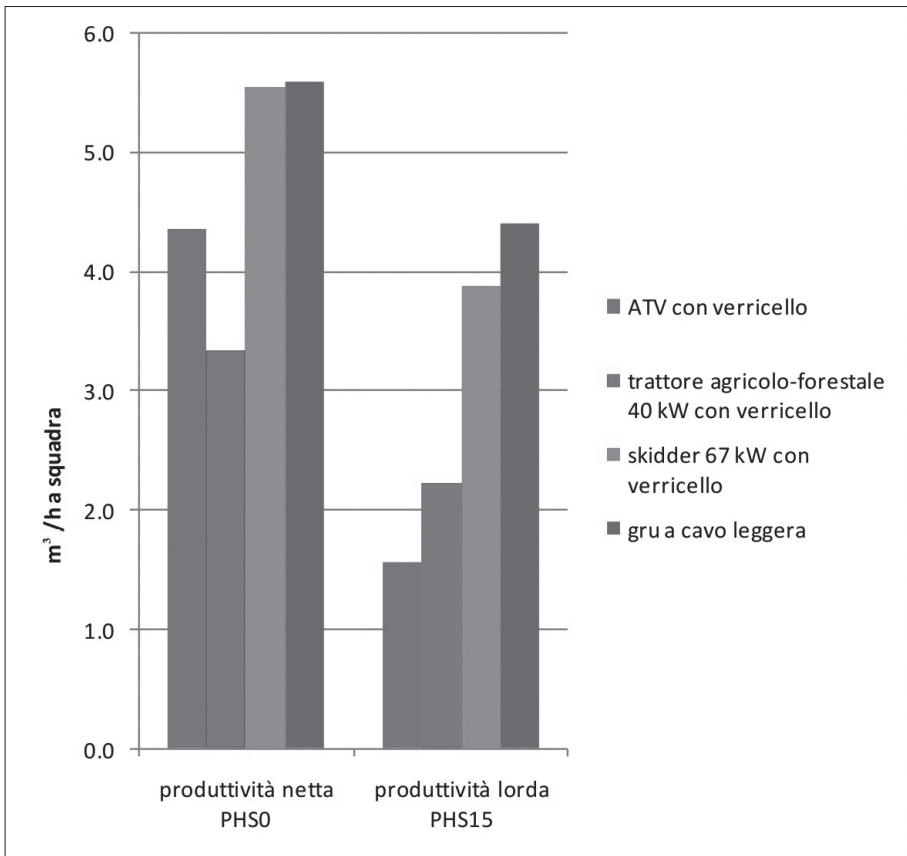


Fig. 6 *Produttività di lavoro in primi diradamenti in pinete di pino nero. Si noti come le migliori produttività sono quelle registrate con l'utilizzo della gru a cavo leggera*

teria degli operatori e alla generale diffidenza che hanno le ditte di utilizzazione nei confronti di questi sistemi. La credenza generale è infatti che siano impianti costosissimi e che l'impiego abbia sufficiente remunerazione solamente su boschi a elevato valore commerciale (come ad esempio le abetine).

Al contrario, diversi studi condotti dal gruppo di ricerca di utilizzazioni forestali dell'Università degli Studi della Toscana, hanno dimostrato che anche piccoli impianti di gru a cavo dai costi contenuti possono risultare estremamente competitivi nei confronti dei sistemi di esbosco terrestri, purché vi sia una adeguata pianificazione dei lavori (fig. 6).

Ovviamente il passo fondamentale che il sistema forestale deve compiere in tal senso è l'implementazione delle conoscenze in materia di utilizzazione con sistemi aerei di esbosco sia degli operatori che dei tecnici progettisti. Fasi

fondamentali per il corretto impiego degli impianti di gru a cavo sono infatti la progettazione e il dimensionamento.

Inoltre, per quanto concerne i diradamenti, sarebbe migliorativo variare il tipo di intervento dal selettivo al geometrico-selettivo proprio per favorire ulteriormente l'utilizzo delle gru a cavo.

Gli studi riportati riguardano interventi di diradamento, che come detto è il principale tipo di operazione effettuata sulle pinete di pino nero.

3.3 *La meccanizzazione spinta negli interventi di rinaturalizzazione delle pinete*

La meccanizzazione spinta, ovvero l'utilizzo di macchinari estremamente performanti e specifici per interventi di utilizzazione forestale, sta assumendo negli ultimi anni una certa importanza per quanto concerne gli interventi nelle pinete di pino nero. Questa consente, infatti, non solo maggiori produttività di lavoro (fig. 7), ma anche una maggiore sicurezza per gli operai (Bell, 2002; Montorselli et al. 2010).

L'impiego di harvester e feller è più produttivo ed economico dell'abbattimento manuale con motosega, in particolare su ampie superfici (Wang et al., 1998), ma richiede sia una elevata professionalità degli operatori sia grandi volumi di legname da lavorare annualmente per ammortizzare i costi delle attrezzature (Spinelli e Magagnotti, 2011).

Nei diradamenti, soprattutto nei primi interventi in soprassuoli giovani, per garantire la necessaria produttività e ridurre i danni al soprassuolo residuo, l'impiego di queste macchine pesanti richiede trattamenti di tipo geometrico o misto, con un adattamento delle prescrizioni selvicolturali che preveda l'apertura di corridoi di lavoro di 4-5 m dai quali effettuare, su entrambi i lati su distanze fino a 10-15 m, l'abbattimento delle piante da asportare applicando criteri selettivi o geometrici (Bergströmet al., 2010). Per questo motivo, dove è previsto l'abbattimento e l'allestimento di piante di piccole dimensioni, non è necessario impiegare macchine pesanti, ma è preferibile ricorrere a macchine più piccole e semplificate che sono in grado di operare con buone prestazioni anche in diradamenti di tipo selettivo (Spinelli e Nati, 2006; Savelli et al., 2010). Alternative a questi mezzi sono le teste abbattitrici-allestitrici, in genere di dimensioni inferiori, rispetto alle precedenti, che vengono montate su normali escavatori opportunamente adattati o su di un trattore a ruote con potenza minima di 80 kW unitamente a un braccio idraulico, con specifiche modifiche strutturali e un adeguato impianto idraulico (Picchio, 2003; Cavalli, 2004; Spinelli e Nati, 2006).

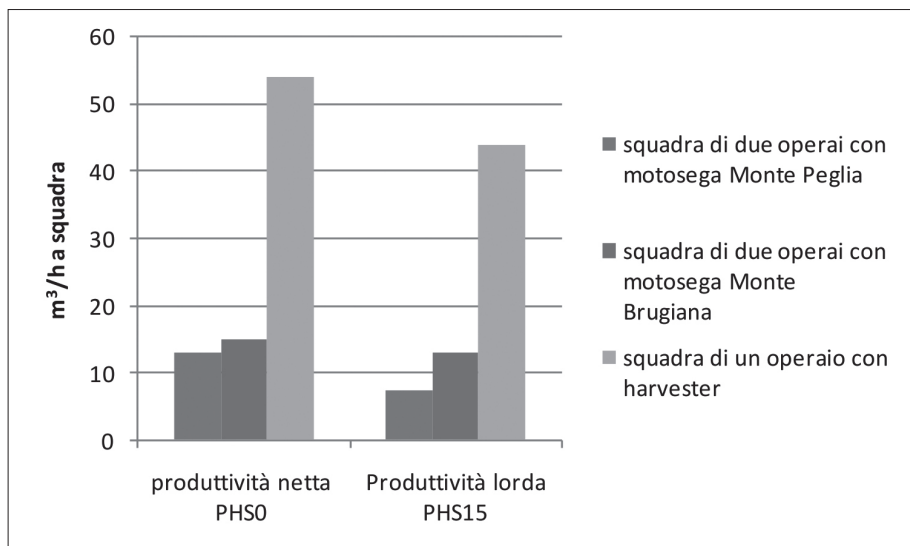


Fig. 7 Produttività netta (PHS0) e lorda (PHS15) messa a confronto per l'operazione di abbattimento in 3 cantieri di diradamento in pinete di pino nero. Come si può notare il cantiere utilizzato con meccanizzazione spinta ha produttività molto superiori ai due cantieri utilizzati in maniera tradizionale

Uno tra i maggiori fattori limitanti alla diffusione di queste macchine e attrezzature è la pendenza e l'accidentalità del terreno; l'orografia del territorio italiano soltanto in alcuni casi offre situazioni ideali per l'impiego di harvester e feller, che trovano il loro ottimale campo d'impiego su pendenze massime fino al 40%, in ambienti litoranei o in zone alpine se caratterizzate da elevata accessibilità e da una densa rete di strade e piste forestali (Spinelli et al., 2008). Le macchine in grado di operare su pendenze elevate richiedono, tuttavia, grandi investimenti giustificati solo da grandi volumi lavorati con assortimenti di valore elevato, ben diversi da quelli ricavabili in generale dai diradamenti (Fight et al., 1999; Fight et al., 2003). Altri fattori limitanti sono la carenza di infrastrutture, e in particolare la mancanza di una viabilità forestale in grado di garantire una buona accessibilità dei boschi, che associata a una scarsa informazione e formazione professionale della manodopera e alla limitata dimensione aziendale fanno lievitare i costi e limitare le superfici utilizzate.

D'altro canto nei casi in cui è possibile effettuare l'utilizzazione con questi sistemi, l'economicità del cantiere viene fortemente aumentata e ciò permette di avere prezzi di macchiatico ampiamente positivi anche in interventi dove il solo assortimento ritraibile è il cippato.

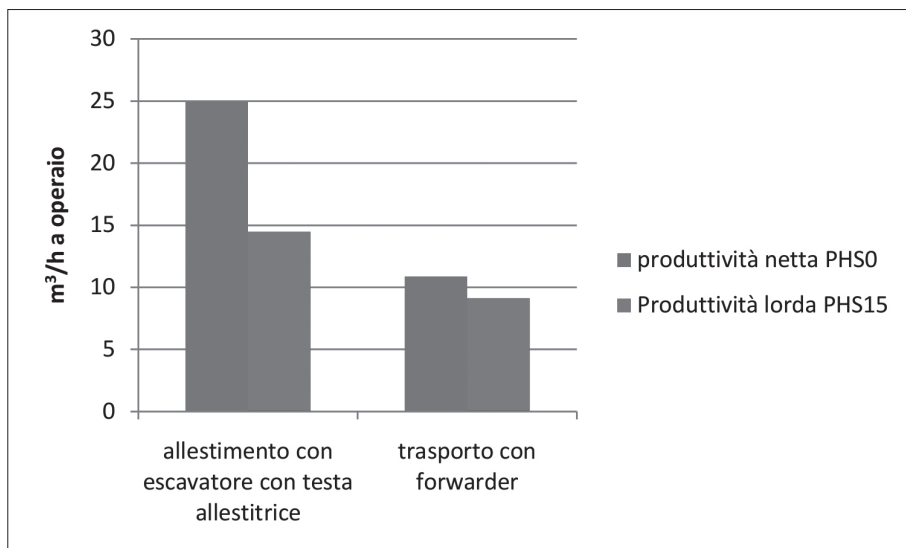


Fig. 8 *Produttività di lavoro nette (PHS0) e lorde (PHS15) per le operazioni di allestimento e trasporto effettuate con un livello di meccanizzazione avanzata*

Come è lecito immaginare, l'impiego di macchinari come le teste abbattitrici-allestitrici nelle operazioni di abbattimento porta a produttività di lavoro estremamente elevate se paragonate al classico abbattimento semi-meccanico con motosega (Amatangelo, 2011).

Anche senza ricorrere alla meccanizzazione spinta, già un livello di meccanizzazione avanzata mostra dei netti miglioramenti nelle produttività rispetto a un cantiere classico (fig. 8).

Pezzotti (2013) riporta ad esempio un cantiere di diradamento in pineta di pino nero così organizzato:

- abbattimento semi-meccanico con motosega;
- concentramento ed esbosco fino a imposti temporanei con trattore agricolo munito di verricello forestale;
- allestimento presso gli imposti temporanei con escavatore dotato di testa allestitrice;
- trasporto da imposti temporanei a imposto principale con forwarder;
- cippatura con sminuzzatrice presso l'imposto principale.

Le operazioni di allestimento e trasporto sono pertanto state svolte con un livello avanzato di meccanizzazione e mostrano ottime produttività.

Concludendo si può dire che l'utilizzo di un maggiore livello di meccanizzazione, spinta o avanzata che sia, è assolutamente auspicabile, nelle zone in cui la topografia la consente, dal punto di vista economico e sociale (mino-

		ESBOSCO CON CAVALLO	ESBOSCO CON TRATTORE E VERRICELLO	ESBOSCO CON GRU A CAVO
PRODUTTIVITÀ NETTA	m ³ /h	1,520	1,868	0,974
PRODUTTIVITÀ LORDA	m ³ /h	1,057	1,535	0,914
PRODUTTIVITÀ NETTA	t/h	1,160	1,425	0,744
PRODUTTIVITÀ LORDA	t/h	0,807	1,171	0,698

Tab. 1 *Produttività dell'intero cantiere (abbattimento, concentramento-esbosco, sminuzzatura per produzione di cippato) per le diverse tipologie di esbosco studiate. Produttività netta e lorda sono calcolate come PHS0 (produttività calcolata senza tener conto dei tempi morti) e PHS15 (produttività lorda tenendo in considerazione i tempi morti fino a 15 minuti)*

	CAVALLO	VERRICELLO	GRU A CAVO
	[€/t _{s,f}]	[€/t _{s,f}]	[€/t _{s,f}]
ABBATTIMENTO	5,88	4,94	4,62
CONCENTRAMENTO-ESBOSCO	22,59	16,36	78,62
TRASPORTO	11,42	11,42	11,42
SMINUZZATURA	9,83	9,83	9,83
TOTALE	49,72	42,55	104,49

Tab. 2 *Costi in €/t_{s,f} riferiti ai vari sistemi di esbosco (s.f.: sostanza fresca)*

ri rischi per la salute degli operatori). Tuttavia è necessaria un'approfondita analisi nell'ambito degli impatti al suolo. Picchio et al. (2012) hanno infatti mostrato che le utilizzazioni forestali con meccanizzazione spinta sono maggiormente impattanti, almeno per quanto riguarda analisi effettuate subito dopo il transito dei mezzi, rispetto a quelle tradizionali e necessitano pertanto di una maggiore pianificazione e sorveglianza.

3.4 *Cantiere comparativo specifico per la rinaturalizzazione*

L'esperienza del Progetto Morinabio, finanziato dal PSR Abruzzo 2007-2013, ha invece puntato l'attenzione su interventi di rinaturalizzazione vera e propria, ovvero un taglio di smantellamento a strisce larghe 15 m e lunghe 100 m. L'area di studio è stata divisa in strisce tagliate e strisce non tagliate. Le strisce oggetto di utilizzazione sono state tutte abbattute con motosega ed esboscate con vari sistemi (12 strisce totali 4 con cavallo TRP, 4 con trattore munito di verricello e 4 con gru a cavo). Dal punto di vista delle utilizzazioni il progetto ha messo a paragone produttività di lavoro e impatti al suolo dei tre diversi sistemi di esbosco sopra citati.

Come si può notare in tabella 1 e 2 il sistema di esbosco con le migliori produttività di lavoro è il trattore munito di verricello forestale che

TIPOLOGIA	CONDIZIONI SUOLO	SCISSOMETRIA	AUMENTO %	PENETROMETRIA	AUMENTO %
CAVALLO	Indisturbato	2,185	35,6	0,160	10,7
	Disturbato	2,963		0,177	
VERRICELLO	Indisturbato	2,185	5,0	0,160	0,9
	Disturbato	2,294		0,161	
GRU A CAVO	Indisturbato	2,185	7,4	0,160	6,1
	Disturbato	2,347		0,169	

Tab. 3 Risultati delle analisi penetrometriche e scissometriche per i 3 sistemi di esbosco considerati. La voce "indisturbato" indica porzioni di suolo presenti sulla striscia esboscata con un determinato sistema ma non direttamente interessata dal passaggio dei tronchi e/o del mezzo di esbosco. La voce "disturbato" indica porzioni di suolo presenti sulla striscia esboscata con un determinato sistema e direttamente interessata dal passaggio dei tronchi e/o del mezzo di esbosco

TIPOLOGIA	CONDIZIONI SUOLO	BULK DENSITY G/CM ³	AUMENTO %
CAVALLO	Indisturbato	0,853	32,8
	Disturbato	1,133	
VERRICELLO	Indisturbato	0,853	10,9
	Disturbato	0,946	
GRU A CAVO	Indisturbato	0,853	11,0
	Disturbato	0,947	

Tab. 4 Risultati delle analisi di densità apparente per i 3 sistemi di esbosco considerati. La voce "indisturbato" indica porzioni di suolo presenti sulla striscia esboscata con un determinato sistema ma non direttamente interessata dal passaggio dei tronchi e/o del mezzo di esbosco. La voce "disturbato" indica porzioni di suolo presenti sulla striscia esboscata con un determinato sistema e direttamente interessata dal passaggio dei tronchi e/o del mezzo di esbosco

risulta anche il migliore in termini di costi riferiti all'unità di massa. La gru a cavo risulta invece il sistema di esbosco con la minore produttività e i maggiori costi. Si deve comunque precisare che la teleferica impiegata, ovvero un Valentini V600/3, è un modello fortemente sovradimensionato per un intervento come quello studiato. Per essere competitiva infatti una gru a cavo di quel genere avrebbe dovuto lavorare su strisce lunghe almeno il doppio.

Per quanto riguarda invece l'analisi degli impatti al suolo sono state prese in considerazione le principali variabili indicatrici di impatto a livello fisico: penetrometria (resistenza a penetrazione), scissometria (resistenza al taglio) e *bulk density* (densità apparente); chimico: sostanza organica e pH; biologico: indice QBS-ar, ovvero un indice di qualità biologica del suolo basato sullo studio dei microartropodi presenti.

In tabella 3 si può notare che il sistema di esbosco che ha causato maggior impatto è stato lo strascico con cavallo TPR mentre gru a cavo e verricello,

TIPOLOGIA	CONDIZIONI SUOLO	SO %	AUMENTO %	pH	AUMENTO %
CAVALLO	Indisturbato	38,2	-20,3	6,5	0,8
	Disturbato	30,4		6,5	
VERRICELLO	Indisturbato	38,2	-9,4	6,5	1,6
	Disturbato	34,6		6,6	
GRU A CAVO	Indisturbato	38,2	-11,2	6,5	3,2
	Disturbato	33,9		6,7	

Tab. 5 *Risultati delle analisi chimiche per i 3 sistemi di esbosco considerati. La voce “indisturbato” indica porzioni di suolo presenti sulla striscia esboscata con un determinato sistema ma non direttamente interessata dal passaggio dei tronchi e/o del mezzo di esbosco. La voce “disturbato” indica porzioni di suolo presenti sulla striscia esboscata con un determinato sistema e direttamente interessata dal passaggio dei tronchi e/o del mezzo di esbosco*

correttamente utilizzato mediante carrucole di rinvio, hanno evidenziato un impatto notevolmente inferiore.

In tabella 4 si nota come anche per la densità *bulk* l'andamento sia lo stesso che per le analisi penetrometriche e scissometriche con il cavallo che risulta notevolmente più impattante rispetto a verricello e gru a cavo.

Il pH del suolo non mostra variazioni considerevoli in nessuno dei tre sistemi, mentre la percentuale di sostanza organica presente nel suolo è influenzata in maniera negativa maggiormente dall'esbosco con cavallo TPR.

L'indice QBS-ar è un indicatore dell'impatto al suolo basato sulla complessità della comunità edafica presente in esso. I microartropodi infatti per vivere hanno necessità di spazi vuoti presenti nel suolo che possono essere più o meno compromessi dal compattamento legato alle utilizzazioni forestali.

Come si nota nel grafico in figura 9 l'indice QBS subisce un lieve decremento nelle strisce esboscate con cavallo TPR.

Al contrario si ha un leggero aumento per quanto riguarda verricello e gru a cavo. Questo aumento è stato spesso osservato in altre situazioni simili dove il suolo scarsamente compattato a seguito della scopertura favorisce un iniziale aumento della comunità di microartropodi.

Riassumendo i risultati del progetto Morinabio si può dire:

- il mezzo che ha presentato le maggiori produttività e i minori costi è il verricello forestale ma anche il cavallo TPR ha mostrato buoni risultati;
- la gru a cavo in tal senso è risultata molto meno competitiva ma ciò è legato alla esigua lunghezza delle strisce che sarebbero dovute essere lunghe almeno il doppio per far rendere al massimo il mezzo impiegato. Inoltre il verricello e il cavallo sono facilitati dal tipo di impianto studiato caratterizzato da una buona viabilità. La gru a cavo consente altresì di utilizzare pinete poste in situazioni molto meno accessibili;

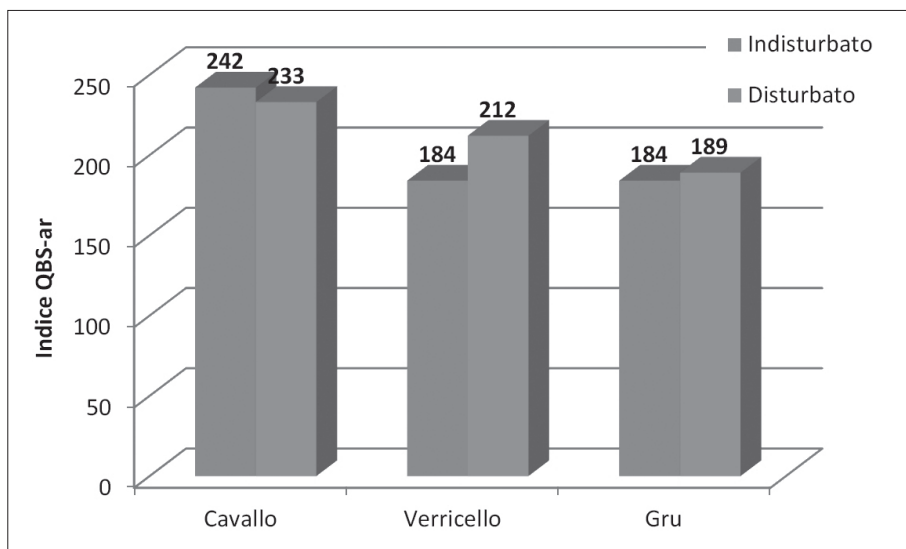


Fig. 9 Risultati dell'Indice QBS-ar per le diverse tipologie di esbosco. La voce "indisturbato" indica porzioni di suolo presenti sulla striscia esboscata con un determinato sistema ma non direttamente interessata dal passaggio dei tronchi e/o del mezzo di esbosco. La voce "disturbato" indica porzioni di suolo presenti sulla striscia esboscata con un determinato sistema e direttamente interessata dal passaggio dei tronchi e/o del mezzo di esbosco

- per quanto riguarda gli impatti verricello e gru a cavo mostrano un impatto molto basso, più consistente quello registrato nell'esbosco con cavallo ma comunque rientrante nella normalità delle pratiche selvicolturali.

4. L'USO DEL LEGNO DEL PINO NERO (PINUS NIGRA ARNOLD) IN RELAZIONE ALLE SUE CARATTERISTICHE TECNOLOGICHE

Il pino nero è una specie a legno differenziato. Il durame è di colore bruno giallastro talvolta bruno rossiccio. Il durame è localizzato nella parte più interna del tronco, intorno al midollo, e approssimativamente ne segue il profilo (Giordano, 1981; Hillis, 1987). Esso è fisiologicamente non attivo, composto da cellule ormai morte, le quali non contribuiscono più alle funzioni di conduzione, che sono invece proprie dell'alburno. L'insorgenza del durame è pertanto un processo correlato con l'età e con l'accrescimento. Nel Pino nero l'estensione del durame è limitata e non sempre regolare (Giordano, 1981).

Studi condotti anche nella Tuscia su piante di circa 35 anni, prelevate durante un diradamento, hanno evidenziato che al crescere dell'area basimetrica

la percentuale di alborno non varia, cioè la proporzione di alborno e durame al crescere del diametro non varia, attestandosi intorno al 96%. Questi risultati suggeriscono che la quantità di alborno sia costante e che sia regolata dall'estensione del durame. Anche per piante di oltre 70 anni, Ataç ed Eroğlu (2013) trovano che l'estensione dell'alborno si attesta intorno al 95%.

La duramificazione conferisce durabilità e pregi estetici agli assortimenti e ai manufatti ricavati nel durame. L'alborno, invece, non è mai naturalmente resistente nei confronti degli attacchi di insetti xilofagi, tantomeno risulta durabile nei confronti dei funghi, essendo particolarmente soggetto agli attacchi dei funghi cromogeni. Tuttavia, può essere impregnato facilmente con preservanti.

Alcuni estrattivi del durame sono impiegati per una serie di prodotti farmaceutici / cosmetici già commercialmente disponibili. Inoltre, la scoperta delle forti proprietà antinfiammatorie *in vivo* degli estrattivi di durame del pino silvestre (*Pinus sylvestris* L.), correlati al suo contenuto di stilbene hanno rinvigorito l'interesse per gli estrattivi del durame del Pino nero, che risulta la fonte naturale più ricca di pinosilvina e dei suoi derivati, molte volte superiore rispetto ad altre specie di pino europeo riportate in letteratura (Ioannidis et al., 2017).

La parte alburnosa, contenendo un quantitativo di estrattivi colorati molto inferiore al durame è preferita per la produzione di "pasta di legno" in ambito cartario. Gli estrattivi colorati del Pino nero, conferiscono coloriture poco apprezzate per la produzione della carta, riducendo la luminosità (brightness) della polpa, influenzando negativamente sia lo sbiancamento che il rendimento di lavorazione (Ataç ed Eroğlu, 2013). L'ampiezza dell'alborno rispetto al durame e il contenuto in resina lo rendono adatto anche per pannelli di particelle e di fibre, talvolta misto con altre specie.

In sezione trasversale gli anelli sono ben distinti, con transizione dalla zona primaticcia a quella tardiva piuttosto brusca; i canali resiniferi sono evidenti per le essudazioni di resina. Per la ricchezza del contenuto in resina, nel passato il Pino nero era sottoposto a resinazione, cioè ferito appositamente e con regolarità stagionale per raccogliere la resina. L'essudato dalle ferite inferte con il raschietto era utilizzato per la produzione di trementina e pece bianca o colofonia, addirittura fino a pochi anni dopo il secondo conflitto mondiale. Questi prodotti derivati dalla resina sono stati utilizzati in farmacopea, nei processi di fabbricazione di sapone e nella composizione di colori e vernici fintanto che i prodotti di sintesi hanno soppiantato quelli di origine naturale. Il legno prodotto da questi alberi fortemente lesionati è stato da sempre ritenuto non utilizzabile se non per

scopi energetici, per gli accrescimenti irregolari, perché il legno interessato dalla ferita risulta impregnato di resina e per la presenza di discontinuità nei tessuti causati dalla copertura del callo cicatriziale. Tuttavia, si rileva una produzione di nicchia per alcune particolari realizzazioni come elementi decorativi per pavimenti in legno, staccionate o lavori artigianali (Tintner e Smidt, 2018).

La richiesta di tronchi per prodotti con elevata qualità tecnologica è in aumento da parte delle industrie per aumentare la produttività delle lavorazioni. Quindi la valutazione della qualità del legno anche in relazione alle pratiche selvicolturali condotte su piante in piedi diventa strategica in questo contesto (Proto et al., 2017).

Nel pino nero, è abbastanza frequente un grave difetto, il cosiddetto legno di reazione, connesso sostanzialmente alla crescita in stazioni a elevata pendenza o con condizioni ambientali non uniformi che inducono nel singolo individuo un portamento irregolare (Giordano, 1989; Berti et al., 2013; Tsoumis, 2003). Un altro inconveniente è sicuramente la nodosità che deriva dalla scarsa capacità di autopotatura. Anche le tasche di resina sono frequenti. La fibratura è generalmente dritta, ma facilmente influenzata dalle condizioni ambientali, la tessitura è media o grossolana (Giordano, 1981). È un legno che si lavora facilmente, che si essicca senza particolari difficoltà, e dà buoni risultati alla finitura.

Giordano (1981) riporta per il Pino nero italiano una massa volumica media allo stato fresco di 0.90 g/cm^3 , massa volumica media a umidità normale (12%) di 0.52 g/cm^3 ; una densità commerciale, comprensiva di nodi e umidità compresa tra il 12 e il 15%, paria a 560 kg/m^3 . Valori sostanzialmente analoghi per il Pino nero europeo sono indicati da Tsoumis (2003). Per la massa volumica il legno di pino nero si colloca nella fascia media (Bonamini, 1996), così come per i ritiri (assiale 0,3%, radiale 4,2%, tangenziale 7,9%, volumetrico 12,4%).

Le resistenze meccaniche, insieme alla massa volumica, rendono il legno di pino nero adatto per usi strutturali in edilizia, ad esempio per le travature. È stato validamente impiegato nella costruzione delle strutture delle coperture di edifici storici, specialmente nelle aree dove è più diffuso, come in Spagna (Domínguez-Delmás et al. 2018). È stato adoperato nel passato nella costruzione delle “stue”, dighe in legno e pietrame costruite sui torrenti, per creare piccoli bacini di raccolta delle acque per facilitare la fluitazione del legname. Se ne possono trovare ancora tracce ad esempio in Friuli sul torrente Alba. Questa durabilità d’uso a contatto con l’acqua, lo ha reso una delle specie utilizzate nelle costruzioni navali

dell'antichità (Akkemik e Kocabaş, 2013; Castorina e Lo Monaco, 2013). Sebbene nell'edilizia odierna prevalgono travature segate o lamellari, nelle costruzioni tradizionali spesso sono impiegate anche travature tonde o con smussi, positivamente valutate per le doti di resistenza e per la maggiore economicità (Wolfe e Murphy, 2005). Anche nell'attualità, sono apprezzate le caratteristiche meccaniche del Pino nero degli assortimenti tondi o segati su una sola faccia che permette una più semplice gestione dell'assemblaggio delle strutture (Villasante et al., 2016).

Per le sue proprietà meccaniche e le caratteristiche estetiche molto rustiche è utilmente impiegato nella esecuzione di imballaggi, nella falegnameria corrente e per arredi di tipo rustico o andante. Infatti è meno apprezzato del pino silvestre che trova impieghi anche in falegnameria fine e negli infissi. Tuttavia è necessario ricordare che la distinzione tra le due specie non è possibile su base anatomica ed è necessario ricorrere a esami più raffinati (Traoré et al., 2018), pertanto nelle partite di legname spesso insieme al Pino silvestre si trova anche il Pino nero.

I processi di modificazione del legno, come il termotrattamento offrono nuove prospettive per la produzione di materiali di nuova concezione, soprattutto più aderenti alla sostenibilità ambientale, in quanto viene migliorata la durabilità del legno, senza l'impiego di preservanti. Il trattamento termico è utilizzato per diminuire l'igroscopicità e aumentare la stabilità dimensionale. Anche il colore viene modificato accentuando le tonalità brune all'aumentare della temperatura di trattamento. D'altra parte, il principale svantaggio di questo metodo è la riduzione della resistenza meccanica.

Sperimentazioni condotte sul Pino nero hanno confermato queste considerazioni generali, come la perdita di massa, la diminuzione dell'umidità di equilibrio che migliora la stabilità dimensionale degli assortimenti e quindi dei manufatti. Migliora la durabilità anche nell'alborno perché modifica sia le quantità che la struttura chimica delle molecole che formano il legno, interessante perché il miglioramento della durabilità avviene senza l'uso di preservanti, tossici per l'ambiente. Anche il Pino nero subisce, purtroppo, una riduzione delle resistenze meccaniche proporzionale all'intensità del trattamento termico (Tankut et al., 2014; Bal, 2014), rilevando tuttavia che con i trattamenti fino alla temperatura di 200°C la resina non è allontanata del tutto, per la ricchezza del contenuto (Bal, 2014).

Queste caratteristiche possono permettere di impiegare il legno di pino termo-trattato in manufatti per esterno che non prevedano impieghi strutturali impegnativi, come mobili e sedute per esterno, stabili e durabili senza trattamenti preservanti (Tankut et al., 2014).

Quando impieghi più remunerativi e compatibili con lo stoccaggio del carbonio non sono possibili, rimane l'uso per la produzione di energia, che comunque si caratterizza per derivare da una risorsa rinnovabile. Vengono avviati a questa filiera quanto prodotto dai primi diradamenti, che per dimensioni non rientra nei parametri dei tronchi da sega, i cimali e altri scarti delle lavorazioni del legno. Rispetto ai combustibili di origine agricola il legno, quindi non la corteccia, ha un minore contenuto in ceneri.

Per materiale derivato dalla sminuzzatura di piante intere (diametro medio 21 cm, h media 16 m, età media stimata sulla rotella di base 35 anni) si è riscontrato un Potere calorifico superiore, riferito alla massa anidra, pari a 28.78 MJ/kg (± 0.40), contenuto in ceneri di 0.58% (± 0.10), C 50% (± 3.19), H 6.04 (± 0.53), N 0.22 (± 0.11).

4.1 *Dimensioni del tondame commercializzato*

I tronchi da sega delle conifere convenzionalmente hanno una lunghezza utile di 4 m, con misure qualificate a crescere di 50 cm e diametro non inferiore a 20 cm; se il diametro è compreso tra 16 e 19 cm sono denominati sottomisure.

Il tondame con lunghezze tra i 2 e i 3.5 m e diametro non inferiore a 20 cm si parla di bottolame; compresi tra i 16 e i 19 sono denominati. Puntelli sono denominati gli assortimenti con lunghezza compresa tra 1.80 m e 5m, e diametro tra 7 e 25 cm.

Da notare che il materiale specialmente già lavorato sotto forma di tavole, è commercializzato insieme con il Pino silvestre, se non richiesto specificatamente (Giordano, 1989).

4.2 *Il mercato attuale degli assortimenti ricavabili dal pino nero*

Come già detto il legname di pino nero è scarsamente valorizzato dal punto di vista strutturale mentre trova buona collocazione sul mercato sotto forma di cippato o all'interno dell'industria cartaria. Questo a causa delle caratteristiche sia genotipiche sia fenotipiche che caratterizzano il materiale oggi commercializzabile, soprattutto in Italia.

Traendo le somme da quanto sopra dettagliato, si può evincere come sia un legno che si lavora facilmente, che si essicca senza particolari difficoltà, e

dà buoni risultati alla finitura. Le sue caratteristiche di resistenze meccanica e di massa volumica, rendono il legno di pino nero adatto per usi strutturali in edilizia, ad esempio per le per travature. Per le sue proprietà meccaniche può essere utilmente impiegato nella esecuzione di imballaggi, nella falegnameria corrente e per arredi di tipo rustico o andante.

Riassumendo si riportano di seguito i principali utilizzi del legname di pino nero attualmente interessanti ma strettamente legati al materiale di provenienza:

- cippato a scopi energetici;
- pasta per cellulosa;
- tondame da imballaggi;
- tondelli e tondami per briglie in legname o puntoni per palafitte;
- falegnameria corrente;
- travatura strutturale, nel caso di tronchi di buona conformazione e rientranti negli standard di legge.

RIASSUNTO

In Italia sono presenti circa 1.300.000 ha di pinete artificiali. La maggioranza di queste è costituita da pino nero. Queste piantagioni furono effettuate con lo scopo di rinaturalizzare l'area favorendo l'introduzione delle latifoglie autoctone.

Questo scopo è stato spesso disatteso a causa della mancanza di interventi di diradamento. Ciò è dovuto in massima parte all'eccessivo costo di utilizzazione di questi particolari soprassuoli.

I principali problemi riguardo le utilizzazioni forestali nelle pinete di pino nero sono legati alla mancanza di viabilità e alle situazioni di elevata pendenza che caratterizzano la maggior parte di questi popolamenti.

Lo scopo di questo articolo, dopo una breve rassegna delle più comuni pratiche adottate in Appennino dove molte piantagioni di pino nero sono state impiantate, è quello di mostrare "buone pratiche" di utilizzazione forestale che possono portare a un miglioramento della selvicoltura del pino nero in Italia. Sono presentati anche gli impieghi del legno, in relazione alle caratteristiche tecnologiche.

L'introduzione di sistemi di esbosco aerei, per esempio gru a cavo leggero, è adatta in situazioni di scarsa viabilità. Queste portano, infatti, a un minore impatto al suolo e a più alte produttività di lavoro..

Gli studi presentati in questo articolo mostrano che questi sistemi non sono costosi come in passato e che anche piccoli impianti risultano molto competitivi in relazione ai sistemi di esbosco terrestri.

Comunque l'utilizzo di sistemi di esbosco aerei è legato a un miglioramento delle conoscenze degli operatori e dei tecnici forestali che può essere raggiunto solamente attraverso una collaborazione fra tutti i portatori di interesse (lavoratori, tecnici, proprietari e ricercatori).

ABSTRACT

Re-naturalization of black pine reforestation (Pinus nigra Arnold): best practices of forest utilization and timber assortments evaluation. In the recent past approximately 1.300.000 ha were planted with pine in Italy. The black pine was the favored species.

These plantations have been developed in order to re-naturalize the area supporting native broadleaves spread.

This aim has been frequently neglected due to the absence of thinning interventions, mostly for the excessive cost of forest harvesting in these particular stands.

The main problems concerning utilization of black pine plantations are related to the lack of roads and to the steep slope that characterize most of these forests.

The aim of this article is to show the “best practices” in forest utilization that could lead to the improvement of black pine forestry in Italy, after a brief review of the most common practices adopted in the Apennines, where most of the black pine reforestation is present. The wood usages are also presented in relation to its technological features.

The introduction of aerial skidding systems, for example light weight cable yarders, is suitable when the forest road network is scarce. The aerial skidding systems allow less soil impact and greater work productivity. The studies examined in this article showed that these systems are cost-effective more than in the past and even miny-yarder are very competitive in relation to terrestrial skidding systems. However an improvement in training of forest workers and engineers is needed through collaboration among all forest stakeholders (workers, engineers, owners and researchers).

BIBLIOGRAFIA

- AKKEMİK Ü., KOCABAŞ U. (2013): *Woods of the old galleys of Yenikapi*, «İstanbul Mediterranean Archaeology and Archaeometry», 13 (2), pp. 31-41.
- AMATANGELO G.: *Produttività ed analisi energetica nell'operazione di abbattimento nei diradamenti in pineta*.
- ARENA C., BAGNATO S., MERCURIO R. (2008): *Prove di rinaturalizzazione di rimboschimenti di pino laricio in Aspromonte*, «Linea ecologica», XL (2), pp. 35-40.
- ATAÇ Y., EROĞLU H. (2013): *The effects of heartwood and sapwood on kraft pulp properties of Pinus nigra J.F. Arnold and Abies bornmuelleriana Mattf.*, «Turk. J. Agric. For.», 37, pp. 243-248.
- BAL B.C. (2014): *Some physical and mechanical properties of thermally modified juvenile and mature black pine wood*, «Eur. J. Wood Prod.», 72, pp. 61-66.
- BALDINI S., FRANCHI P., PICCHIO R. (2002): *Meccanizzazione nella prevenzione agli incendi: un caso di studio*, Atti del Convegno “Il ruolo della meccanizzazione per il rilancio della selvicoltura in Calabria”, Reggio Calabria, 24 aprile 2002, organizzato dall'Università degli Studi Mediterranea, Facoltà di Agraria, Dipartimento di Scienze e Tecnologie Agroforestali ed Ambientali e dalla Regione Calabria, Grafica Enotria, 11 pp.
- BELL J. (2002): *Changes in logging injury rates associated with the use of feller-bunchers in West Virginia*, «Journal of Safety Research», 33 (4), pp. 463-471.

- BERGSTRÖM D., BERGSTEN U., NORDFJELL T. (2010): *Comparison of boom-corridor thinning and thinning from below harvesting methods in young dense Scots pine stands*, «Silva Fennica», 44, pp. 669-679.
- BERTI S., NOCETTI M., SOZZI L. (2013): *I "difetti" del legno*, «Sherwood Foreste ed Alberi Oggi», Editore Compagnia delle Foreste, ISBN 978-88-905577-8-1.
- BIANCHI L., MALTONI A., MARIOTTI B., PACI M. (2005): *Il pino nero e il pino laricio*, in *La selvicoltura delle pinete della Toscana*, ARSIA, Firenze, pp. 25-62.
- BONAMINI G. (1996): *Un nuovo criterio per il raggruppamento razionale delle specie legnose in base alla massa volumica*, «Monti e Boschi», 57 (1), pp. 34-38.
- CANTIANI P., PIOVOSI M. (2009): *La gestione dei rimboschimenti di pino nero appenninici. I diradamenti nella strategia di rinaturalizzazione*, «Annali CRA centro di ricerca per la selvicoltura», 35, pp. 35-42.
- CASTORINA R., LO MONACO A. (2013): *Identificazione delle specie legnose del relitto navale arcaico Gela I*, (a cura di) D. Vullo, *La nave greca arcaica di Gela. Dallo scavo al recupero*, Beta Gamma Editoria, Viterbo.
- CAVALLI R. (2004): *Le utilizzazioni forestali nell'Italia nord orientale*, «L'Italia Forestale e Montana», 6, pp. 453-465.
- CIANCIO O., MERCURIO R., NOCENTINI S. (1995): *First thinnings of young conifer stands: strategy and perspectives*, Abstract of invited papers. IUFRO XX World Congress, Tampere 6-12 august 1995, pp. 61-66.
- DE MEIO I., CANTIANI P., BECAGLI C., BIANCHETTO E., CAZAU C., MOCALI S., SALERNI E. (2015): *Thinnings to enhance biodiversity in black pine stands: a case study in Italian Apennine*, Forestry: Bridge to the future Conference, Abstract Book, University of Forestry Sofia (Bulgaria).
- DEL FAVERO R. (2010): *I boschi delle Regioni d'Italia Centrale*, Cleup, Padova, p. 425.
- DOMÍNGUEZ-DELMÁS M., VAN DAALEN S., ALEJANO-MONGE R., WAZNY T. (2018): *Timber resources, transport and woodworking techniques in post-medieval Andalusia (Spain): Insights from dendroarchaeological research on historic roof structures*, «Journal of Archaeological Science», 95, pp. 64-75.
- FIGHT R.D., GICQUEAU A., HARTSOUGH B.R. (1999): *Harvesting costs for management planning or ponderosa pine plantations*, Gen. Tech. Rep. PNW-GTR-467. Portland, OR. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Research Station.
- FIGHT R.D., XIAOSHAN Z., HARTSOUGH B.R. (2003): *Users guide for STHARVEST: Software to estimate the cost of harvesting small timber*, Gen. Tech. Rep. PNW-GTR- 582. Portland, OR: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Research Station.
- GIORDANO G. (1981): *Tecnologia del legno*, UTET, Torino.
- GIORDANO G. (1989): *Classificazione delle specie legnose per destinazione d'impiego*, Sviluppo legno s.r.l. Ministero dell'agricoltura e delle foreste Direzione generale per l'Economia Montana e per le Foreste, Tipografia Giuntina, Firenze.
- HEINIMANN HR. (2007): *Forest operations engineering and management: the ways behind and ahead of a scientific discipline*, «Croat. J. For. Eng.», 28 (2), pp. 107-121.
- HILLIS W. (1987): *Heartwood and tree exudates*, Berlin Germany Springer-Verlag. doi: 10.1007/978-3-642-72534-0.
- IOANNIDIS K., MELLIOU E., ALIZOTI P., MAGIATIS P. (2017): *Identification of black pine (Pinus nigra Arn.) heartwood as a rich source of bioactive stilbenes by qNMR*, «J. Sci. Food Agric.», 97, pp. 1708-1716.
- LUPKE VON B., SPELLMANN H. (1999): *Aspects of stability, growth and natural regeneration in mixed norway spruce-beech stands as a basis for silvicultural decisions*, in Olshtoorn

- A.F.M., Bartelink H.H., Gardiner J.J., Pretzsch H., Hekhuis H.J., Franc A. (Eds) *Management of mixed-species forest: silviculture and economics*, IBN-DLO, Wageningen, pp. 245-267.
- MARCHI E., PICCHIO R., SPINELLI R., VERANI S., VENANZI R., CERTINI G. (2014): *Environmental impact assessment of different logging methods in pine forests thinning*, «Ecological Engineering», 70, pp. 429-436.
- MERCURIO R. (2005): *La rinaturalizzazione dei rimboschimenti: tra aspettative e realtà scientifica*, SISEF Atti, 4, pp. 19-25.
- MONTORSELLI N.B., LOMBARDINI C., MAGAGNOTTI N., MARCHI E., NERI F., PICCHI G., SPINELLI R. (2010): *Relating safety, productivity and company type for motormanual logging operations in the Italian Alps*, «Accident Analysis and Prevention», 42, 2013-2017.
- NOCENTINI S. (1995): *La rinaturalizzazione dei rimboschimenti. Una prova su pino nero e laricio nel complesso di Monte Morello (Firenze)*, «Italia Forestale e Montana», 4, pp. 211-218.
- NOCENTINI S., PULETTI N. (2009): *La rinaturalizzazione dei rimboschimenti. Prova sperimentale su un popolamento di pino nero e laricio*, in Atti del Terzo Congresso Nazionale di Selvicoltura per il Miglioramento e la Conservazione dei boschi italiani, Taormina 16-19 ottobre 2008, AISF I, pp. 217-227.
- PEZZOTTI R.: *Analisi delle utilizzazioni in diradamento con preminente finalità di prevenzione degli incendi*.
- PICCHIO R. (2003): *Le macchine semoventi per la meccanizzazione forestale in Italia*, «Mondo Macchina», 12, pp. 42-45.
- PICCHIO R., MAGAGNOTTI N., SIRNA A., SPINELLI R. (2012b): *Improved winching technique to reduce logging damage*, «Ecological Engineering», 47, pp. 83-86.
- PICCHIO R., NERI F., PETRINI E., VERANI S., MARCHI E., CERTINI G. (2012a): *Machine-ry-induced soil compaction in thinning two pine stands in central Italy*, «Forest Ecology and Management», 285, pp. 38-43.
- PROTO A.R., MACRÌ G., BERNARDINI V., RUSSO D., ZIMBALATTI G. (2017): *Acoustic evaluation of wood quality with a non-destructive method in standing trees: a first survey in Italy*, «iForest», 10, pp. 700-706. doi: 10.3832/lorfor2065-010 [online 2017-07-17].
- ROMANO D. (1986): *I rimboschimenti nella politica forestale italiana*, «Monti e Boschi», XXXVII, n. 6.
- SAVELLI S., CAVALLI R., BALDINI S., PICCHIO R. (2010): *Small scale mechanization of thinning in artificial coniferous plantations*, «Croatian Journal of Forest Engineering», 31 (1).
- SPINELLI R., MAGAGNOTTI N. (2011): *The effects of introducing modern technology on the financial, labour and energy performance of forest operations in the Italian Alps*, «Forest Policy and Economics», 13, pp. 520-534.
- SPINELLI R., MAGAGNOTTI N., DELLAGIACOMA F. (2008): *Meccanizzazione nelle fustaie Alpine. Due diversi sistemi di lavoro*, «Sherwood», 147, pp. 45-49.
- SPINELLI R., MAGAGNOTTI N., RIVABEN G. (2006): *Condizioni di sostenibilità economica nella gestione delle pinete artificiali*, «Dendronatura», 2, pp. 24-35.
- SPINELLI R., NATI C. (2006): *A low-investment fully mechanized operation for pure selection thinning of pine plantations*, «Croatian Journal of Forest Engineering», 30, pp. 89-97.
- TANKUT N., TANKUT A.N., ZOR M. (2014): *Mechanical properties of heat-treated wooden material utilized in the construction of outdoor sitting furniture*, «Turk. J. Agric. For.», 38, pp. 148-158.
- TINTNER J., SMIDT E. (2018): *Resistance of wood from black pine (Pinus nigra var. austri-*

- aca) *against weathering*, «Journal of Wood Science» <https://doi.org/10.1007/s10086-018-1753-5>.
- TRAORÉ M., KAAL J., MARTÍNEZ CORTIZAS A. (2018): *Differentiation between pinewoods according to species and growing location using FTIR-ATR*, «Wood Sci Technol», 52, pp. 487-504.
- TSOUMIS G. (2003): *Science and technology of wood*, Chapman e Hall, New York.
- UTSCHIG H. (1999): *Reconversion of pure spruce stands into mixed forests, an ecological and economic evaluation*, in Olshtorn A.F.M., Bartelink H.H., Gardiner J.J., Pretzsch H., Hekhuis H.J., Franc A. (Eds), *Management of mixed-species forest: silviculture and economics*, IBN-DLO, Wageningen, pp. 319-330.
- VILLASANTE A., FERNANDEZ-SERRANO A., PUIGDOMENECH L., LUMPURLANES J., MOLINER D. (2016): *Properties of small diameter round wood of Pinus nigra Arnold*, «Bio Resources», 11 (2), pp. 3581-3597.
- WANG J., GREENE W.D., STOKES B.J. (1998): *Stand harvest, and equipment interactions in simulated harvesting prescriptions*, «Forest Products Society», 48, pp. 81-85.
- WOLFE R., MURPHY J. (2005): *Strength of small diameter round and tapered bending members*, «Forest Prod. J.», 55 (3), pp. 50-55.

