

NUOVI STRUMENTI AL SERVIZIO DELLE UTILIZZAZIONI FORESTALI

Andrea Rosario Proto¹, Giuseppe Zimbalatti¹, Bruno Bernardi¹

¹Università degli Studi Mediterranea, Dipartimento di Agraria, Feo di Vito, Reggio Calabria;
andrea.proto@unirc.it

Gli interventi di utilizzazione forestale rappresentano il momento di sintesi di una corretta gestione selvicolturale applicata in un determinato soprassuolo forestale. Per tale motivo la stima degli assortimenti legnosi ritraibili da un determinato soprassuolo rappresenta un importante momento in cui si quantifica il reale valore produttivo di un bosco. Tale stima non sempre rispecchia pienamente i requisiti richiesti dalle aziende di trasformazione e le utilizzazioni vedono così diminuire il proprio valore commerciale e di conseguenza le imprese boschive il proprio reddito. In particolare, sulle produzioni legnose di pregio un valido supporto alla scelta delle piante da utilizzare può essere realizzato attraverso una serie di apparecchiature scientifiche portatili. Queste strumentazioni, che già da alcuni anni si stanno diffondendo nel settore forestale, funzionano attraverso l'applicazione di due sensori alle estremità del diametro del fusto da cui un'onda sonora viene generata da un primo sensore e recepita dal secondo. Le applicazioni di queste tecnologie possono essere impiegate per ottenere sia indicazioni su alberi, su tondame all'imposto e su assortimenti parzialmente lavorati. Un aspetto molto importante per le aziende che producono legname da opera, in quanto in pochi minuti possono rilevare questi dati su molti punti del fusto e/o tondame e determinare quale sezione eventualmente non è idonea per i successivi interventi di trasformazione. L'obiettivo di questo lavoro è quello di evidenziare ad oggi quali sono le tecnologie e gli strumenti più appropriati al settore forestale e i possibili impieghi utili all'interno dell'intera filiera produttiva foresta-legno.

Parole chiave: analisi acustiche, NDT, qualità, assortimenti legnosi.

Keywords: acoustic technologies, NDT, quality, potential wood product.

<http://dx.doi.org/10.4129/2cis-arp-nuo>

1. Introduzione

Gli interventi di utilizzazione forestale rappresentano il momento di sintesi di una corretta gestione selvicolturale applicata in un determinato soprassuolo forestale. L'aumento della complessità nei sistemi forestali e il miglioramento degli assortimenti legnosi ritraibili rappresentano i principali obiettivi degli interventi nei boschi in cui è riconosciuta la funzione produttiva.

Per tale motivo la stima degli assortimenti legnosi ritraibili da un determinato soprassuolo rappresenta un importante momento in cui si quantifica il reale valore produttivo di un bosco. Tale stima non sempre rispecchia pienamente i requisiti richiesti dalle aziende di trasformazione e le utilizzazioni vedono così diminuire il proprio valore commerciale e di conseguenza le imprese boschive il proprio reddito.

Di conseguenza le cure colturali programmabili durante il turno possono venir meno poiché considerate a macchiatico negativo e il beneficio a fine turno non è sempre riscontrabile.

Ad oggi le più comuni tecniche di analisi non distruttive si basano principalmente sulla caratterizzazione visiva degli assortimenti con l'identificazione di alcuni requisiti richiesti dalle norme di riferimento: lunghezza minima, velocità di crescita, presenza e misurazione dei difetti. Le fasi per la classificazione in piedi prevedono la misurazione della porzione di fusto da lavoro, l'osser-

vazione delle caratteristiche del fusto che possono favorire oppure ostacolare la lavorazione ed infine l'assegnazione del fusto ad una classe di qualità.

Nei fusti abbattuti, invece, la classificazione viene attuata già nella fase di allestimento dell'albero, attraverso un'osservazione preliminare del tronco finalizzata alla definizione degli assortimenti da realizzare.

Successivamente occorre procedere al rilievo dei difetti sulla superficie e sulle testate del tronco, per individuare le caratteristiche discriminanti tra una classe e l'altra; la misurazione del diametro e della lunghezza del tronco consente di verificare la conformità alle dimensioni minime richieste per ciascuna classe qualitativa.

In concreto, classificare il legname significa suddividere il tondame in classi omogenee di appartenenza, in funzione di caratteristiche rilevate (dimensione, diametro) ed in relazione a difetti e anomalie (nodi, cipollatura, fessurazioni, ecc.).

A tal proposito è evidente la necessità di dimostrare le potenzialità merceologiche fin dagli alberi in piedi in modo da poter giustificare e programmare gli interventi colturali durante il turno. In particolare, sulle produzioni legnose di pregio un valido supporto alla scelta delle piante da utilizzare può essere realizzato attraverso una serie di apparecchiature scientifiche portatili.

Queste strumentazioni, che già da alcuni anni si stanno diffondendo nel settore forestale, funzionano attraverso l'applicazione di due sensori alle estremità del diametro

del fusto da cui un'onda sonora viene generata da un primo sensore e recepita dal secondo.

Le applicazioni di queste tecnologie possono essere impiegate per ottenere sia indicazioni su alberi, su tondame all'imposto e su assortimenti parzialmente lavorati.

Un'ampia bibliografia è disponibile sull'impiego di questi strumenti ed è consolidato il loro uso per ottenere responsi di tipo qualitativo e immediato. Un aspetto molto importante per le aziende che producono legname da opera, in quanto in pochi minuti possono rilevare questi dati su molti punti del fusto e/o tondame e determinare quale sezione eventualmente non è idonea per i successivi interventi di trasformazione.

2. Metodologia

Come è noto il legno di un albero sano è un ottimo conduttore di suoni mentre il legno alterato ha invece una maggiore capacità di assorbirli; in particolare la velocità raggiunta dalle onde che si propagano all'interno del legno sano è di gran lunga superiore rispetto alla velocità delle onde che devono percorrere una maggiore distanza a causa di una discontinuità dei tessuti legnosi alterati.

Una prima serie di strumentazioni, che da alcuni anni si stanno diffondendo nel settore forestale per la stima della continuità/discontinuità dei tessuti legnosi, funziona attraverso l'applicazione di due sensori alle estremità del diametro del fusto da cui un'onda sonora viene generata da un primo sensore e recepita dal secondo. Pertanto, la percussione di un sensore produce un suono che idealmente percorre questa linea e raggiunge il secondo nel minor tempo possibile (max velocità) ma se la linea che congiunge i due sensori intercetta un difetto (cavità, marciume, ecc.), l'onda sonora lo aggira individuando un percorso alternativo che evita la zona alterata ma che richiede un maggiore tempo di propagazione. Sulla base di questo principio di funzionamento si sono sviluppati differenti tipologie di strumentazioni in grado di assimilare una serie di informazioni, decodificandole in maniera opportuna, e in grado così di fornire una serie di parametri indicativi. Le applicazioni di queste tecnologie possono essere impiegate per ottenere sia indicazioni su alberi in piedi e sia su tondame appena abbattuto e su assortimenti parzialmente lavorati; ciò che cambia sono principalmente gli strumenti e i sistemi di propagazione e di ricezione delle onde.

Alcuni di questi strumenti, conosciuti col nome di "martelli elettronici ad impulsi", producono un suono tramite la percussione di un martello sul sensore starter ed è captato dal sensore ricevente. L'unità di controllo misura automaticamente in microsecondi il tempo che passa tra la percussione sul primo sensore e l'arrivo dell'onda al secondo sensore fissando questo valore sul display. Basta misurare la distanza fra i due sensori per calcolare la velocità di propagazione dell'onda sonora. La velocità di propagazione delle onde è correlata significativamente a diverse proprietà del legno.

Non sempre c'è correlazione con la densità: se consideriamo una sezione di tronco e misuriamo la

velocità di propagazione delle onde, sia sonore sia ultrasonore, rileviamo che questa varia a seconda che sia lungo le fibre oppure radiale o tangenziale.

La densità del legno per quella sezione però non cambia, è sempre la stessa. In particolare la velocità di propagazione delle onde in senso longitudinale non è correlata in maniera significativa con la densità del legno. La lunghezza delle tracheidi è invece correlata con la velocità di propagazione in senso longitudinale: più i vasi legnosi sono lunghi e più è rapida la propagazione delle onde (Albert *et al.*, 2002; Evans, 2000). Un'alta correlazione la si ha tra l'angolo d'inserzione delle microfibrille di cellulosa nella parete cellulare e la velocità di propagazione delle onde (Butterfield, 1998; Walker e Butterfield, 1996; Walker, 1998). Le microfibrille s'inseriscono rispetto al lume cellulare con angoli che variano tra 10° e 50°. Con angoli bassi, cioè più vicini a 10°, si osservano di solito tracheidi più lunghe e velocità di propagazione delle onde più elevate, con angoli maggiori la situazione è opposta. Lunghezza dei vasi legnosi e angolo d'inserzione delle microfibrille sono altamente correlati con il Modulo di Elasticità del legno. Le stesse proprietà della parete cellulare che condizionano la velocità di propagazione delle onde condizionano anche il Modulo di Elasticità (Halabe *et al.*, 1997; Wang e Ko, 1998; Booker e Sorensson, 1999; Tsehaye *et al.*, 2000; Wang *et al.*, 2000; Lindstrom *et al.*, 2002). Vasi legnosi più lunghi, angoli d'inserzione delle microfibrille più bassi sono elementi che determinano Moduli di Elasticità più alti. Stabilita la velocità di propagazione delle onde lungo le fibre legnose possiamo risalire al Modulo di Elasticità tramite questa equazione:

$$\text{MoE} = d * V^2$$

Modulo di Elasticità = densità * velocità onde al quadrato.

Queste due diverse tipologie di impiego (misure su topi e segati e misure su alberi in piedi) permettono di identificare in maniera univoca le due tecniche di indagine da applicare che sono riconosciute a livello internazionale (Chin-Ling, 2005; Chin-Ling *et al.*, 2006; Divos e Meszaros, 1994; Wang *et al.*, 2004):

- Metodo 1: Resonance Logs;
- Metodo 2: Time of flight (TOF).

Il primo metodo basato sulla tecnica della vibrazione longitudinale si applica nella selezione del legname da opera ed è una tecnica ormai assodata per gli operatori del settore. Si percuote con un martello l'estremità di un'asse e il suono prodotto è captato da un microfono posto quasi a contatto del legno, dalla stessa parte dove è stata effettuata la percussione.

La velocità è calcolata sulla scorta della frequenza della vibrazione longitudinale e dalla lunghezza dell'asse di legno esaminato; quando si effettua la percussione il computer cattura il suono e il software attraverso la trasformazione di Fourier (FFT) fornisce la frequenza (f):

$$V = 2 * L * f$$

dove V è la velocità delle onde sonore (m/s), f rappresenta la frequenza del primo modulo di vibrazione (Hz) ed infine L è la lunghezza (m) del campione esaminato. Il secondo approccio, invece, è ancora poco conosciuto rispetto al primo ma presenta enormi campi di applicazioni.

Con questo metodo si valuta il modulo di elasticità su lunghezze assai variabili, da pochi millimetri fino a diversi metri, e in tempi brevissimi. Nell'arco di pochi minuti è possibile rilevare questo dato su molti punti del fusto e stabilire così qual è la sua parte più debole, quella più rigida, dove potrebbero agire le forze di taglio e molti altri dati; tutto in maniera innocua per l'albero e senza dover predisporre impegnative strutture per metterlo in tensione.

Il sistema TOF può essere usato per monitorare i cambiamenti delle proprietà tecnologiche del legno negli alberi e per determinare come le condizioni ambientali e i trattamenti selvicolturali influenzano le caratteristiche tecnologiche in modo tale che gli interventi potranno direttamente "selezionare" le proprietà tecnologiche desiderate.

La velocità è calcolata sulla base del tempo impiegato da un'onda generata dal primo sensore (starter) a percorrere la distanza nota fino al secondo sensore (ricevente):

$$Vt = S/\Delta t$$

dove Vt è la velocità dell'onda acustica (m/s), S rappresenta la distanza tra i due sensori (m) e Δt il tempo di percorrenza dell'onda tra lo starter (primo sensore) e il ricevente (secondo sensore).

3. Conclusioni

Sulla base dei riferimenti bibliografici appare evidente che gli interventi di utilizzazione intercalari dovranno essere modulati anche in base alla risposta delle singole piante in accrescimento di diametro. Se il primo metodo appare di notevole importanza principalmente alle aziende di trasformazione con una ricaduta diretta ai processi di lavorazione, il sistema TOF invece può abbracciare i diversi segmenti della filiera foresta-legno, interagendo con i proprietari forestali, i tecnici selvicoltori e le aziende di trasformazione. Infatti, la qualità degli assortimenti legnosi ritraibili dalle utilizzazioni forestali è un aspetto che non può più competere solo alle aziende di trasformazione del legname, ma che compete all'intero settore che in questi ultimi decenni non riesce a valorizzare e nobilitare le proprie produzioni forestali. L'obiettivo di questo lavoro è stato quello di evidenziare ad oggi quali sono le tecnologie e gli strumenti più appropriati al settore forestale e i possibili impieghi utili all'interno dell'intera filiera produttiva foresta-legno.

Conoscere le proprietà meccaniche del legno quando ancora l'albero non è stato abbattuto significa poter dare un valore economico all'assortimento più realistico alle potenzialità. Infatti, grazie a tale strumentazione sarà possibile indirizzare le utilizzazioni verso un uso più sostenibile dei soprassuoli forestali che rispecchi le esigenze economiche e ambientali.

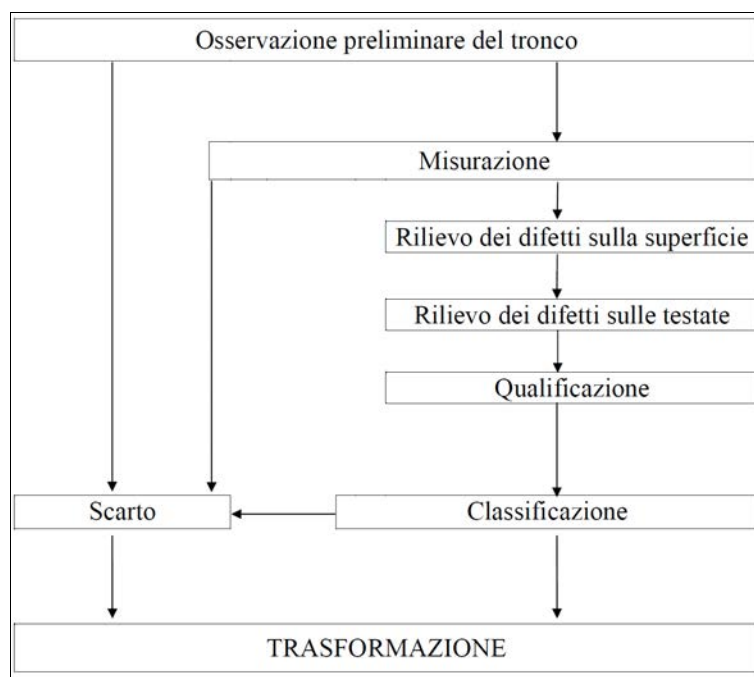


Figura 1. Classificazione a vista del tronco e del tondame.

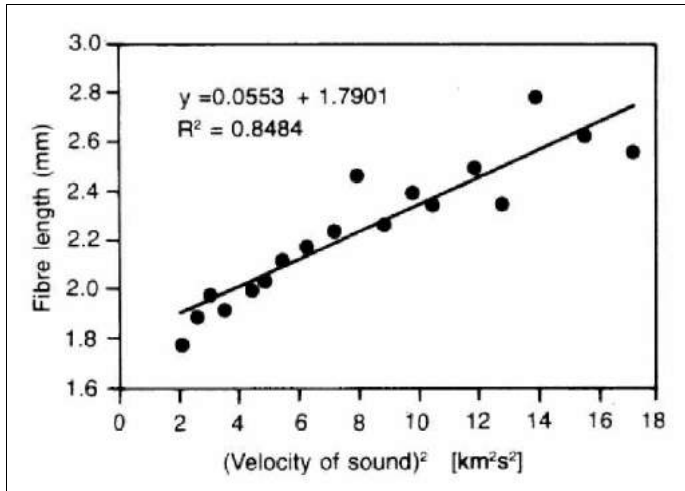


Figura 2. Correlazione tra lunghezze delle fibre e velocità di propagazione dell'onda sonora.

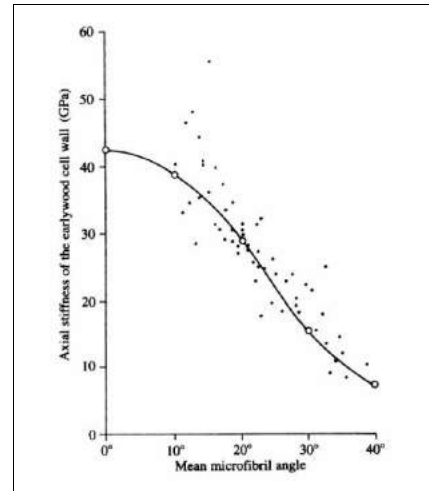


Figura 3. Relazione fra modulo di Young (MoE) e angolo delle micro fibrille (*Pinus radiata*).

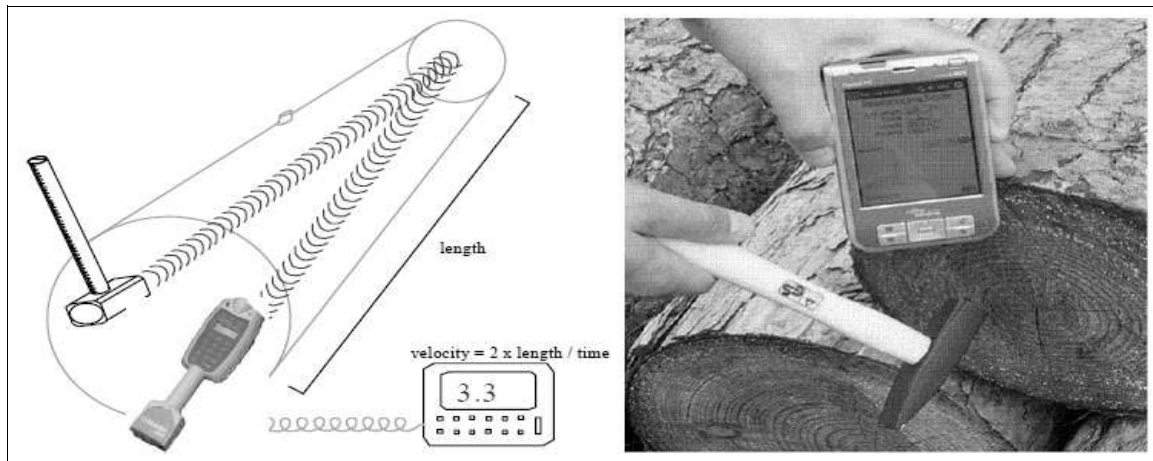


Figura 4. Due esempi di misurazione con il metodo 1.

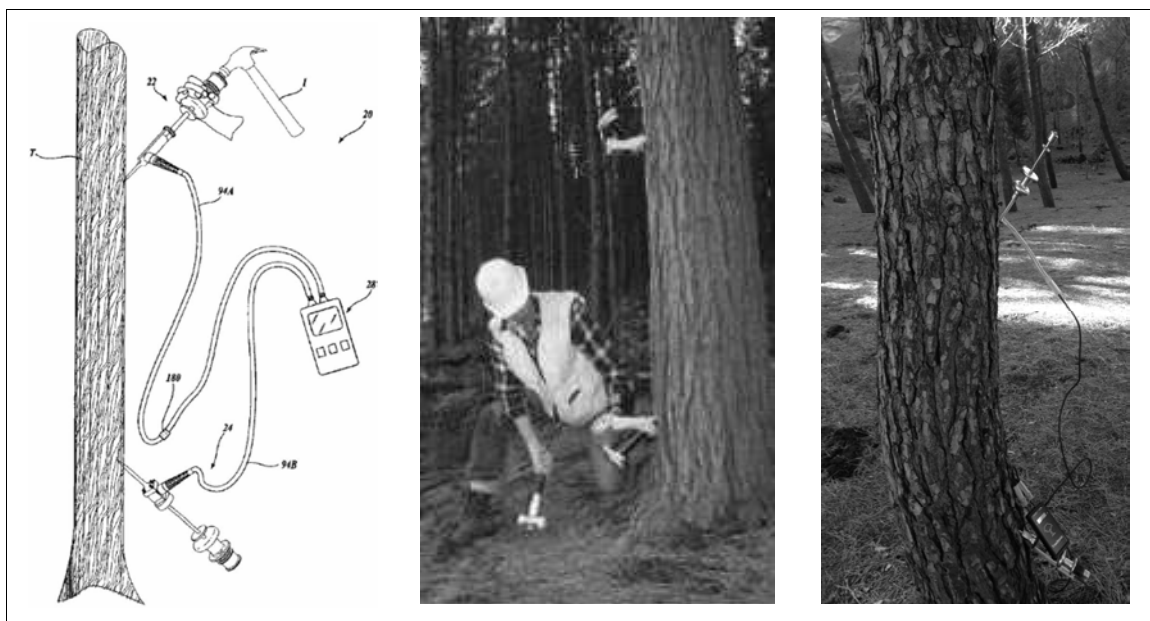


Figura 5. Esempi di misurazione con il metodo Time of Flight.

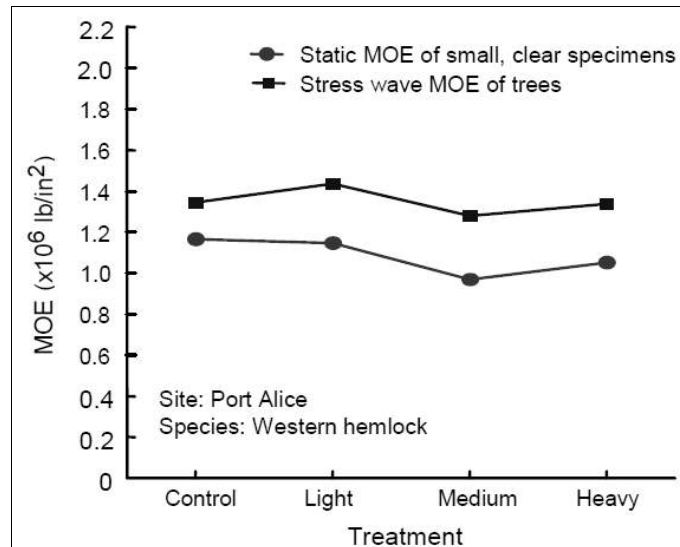


Figura 6. Modulo di elasticità (MOE) in funzione del trattamento applicato (Wang *et al.*, 2000).

SUMMARY

New tools at the service of forest utilization

The interventions of forest utilizations represent the moment of synthesis of proper forest management applied in a forest area. For this reason, the estimation of timber assortments is an important moment in which we quantify the actual productive value of a forest. This estimate does not always fully reflect the requirements of the wood processing companies. In this regard there is a clear need to demonstrate the potential to justify and plan interventions cultivation during the shift. In particular, on the production of woody a valid support to the choice can be accomplished through a series of scientific equipment portable. On the basis of this principle of operation, different type of instrumentations have been developed and they are able to assimilate a variety of information and thus able to provide a series of parameters indicative. The applications of these technologies can be used for standing trees, roundwood and lumber. Another important use of this technology is the possibility to determine the modulus of elasticity from widely varying lengths of logs or tree and especially in very short times. A very important aspect for companies that produce wood for building because in a few minutes can detect these data on several points of the stem and/or roundwood and possibly determine which section is not suitable for the transformation interventions. The objective of this work is to highlight today what are the technologies and tools most appropriate to the forestry sector and possible applications useful within the entire production chain forest-wood.

BIBLIOGRAFIA

Albert D.J., Clark T.A., Dickson R.L., Walker J.C.F., 2002 – *Using acoustic to sort radiate pine pulp logs*

according to fibre characteristics and paper properties. Int. Forestry rev., 4 (1): 12-19.

Booker R.E., Sorensson C.T., 1999 – *New tools and technique to determine mechanical wood properties.* In: Proceedings of the 3rd Wood Quality Symposium on Emerging Technologies for Evaluating Wood Quality for Wood processing. Rotorua, New Zealand.

Butterfield B.G., 1998 – *Microfibril angle in wood.* In: IAWA/IUFRO international Workshop at Westport, New Zealand November 1997. University of Canterbury, pp. 410.

Chin-Ling H., 2005 – *System and method for measuring stiffness in standing trees.* United States Patent 6,871,545 B2 - Weyerhaeuser Company.

Chin-Lin H., Lambeth C.C., 2006 – *Methods for determining potential characteristics of a specimen based on stress wave velocity measurements.* United States Patent 2006/0288784 A1 – Weyerhaeuser Company.

Divos F., Meszaros K., 1994 – *Root decay detection by stress wave technique.* In: Proceedings of the first European Symposium on Nondestructive Testing, Sopron, Hungary, pp. 524.

Evans R., 2000 – *Measuring wood and fibre properties.* In: WTRC Workshop 2000. Wood Technology Research Centre, University of Canterbury, pp 15-20.

Halabe U.B., Bidigalu G.M., GangaRao H.V.S., Ross P., 1997 – *Non destructive evaluation of green wood using stress wave and transverse vibration techniques.* Mater. Eval., pp. 1013-1018.

Lindstrom H., Harris P., Nakada R., 2002 – *Methods for measuring stiffness of young trees.* Holz als Roh und Werkstoff, 60 (3): 165-174.

<http://dx.doi.org/10.1007/s00107-002-0292-2>

Tshaye A., Buchanan A.H., Walker J.C.F., 2000 – *Sorting of logs using acoustics.* Wood sci. Technol., 34 (4): 337-344.

<http://dx.doi.org/10.1007/s002260000048>

- Walker J.C.F., 1998 – *Corewood: docking the dog's tail. Part 1. An alternative road map*. N.Z. Forestry, 42 (4): 5-6.
- Walker J.C.F., Butterfield B.G., 1996 – *The importance of microfibril angle for the processing industries*. N.Z.J. Forestry, 40 (4): 34-40.
- Wang S.Y., Ko C.Y., 1998 – *Dynamic modulus of elasticity and bending properties of large beams of Taiwan-grown Japanese cedar from different plantation spacing sites*. J. Wood Sci., 44 (1): 62-68.
<http://dx.doi.org/10.1007/BF00521876>
- Wang X., Ross R.J., McClellan M., Barbour R.J., Erickson J.R., Forsman J.W., McGinnis G.D., 2000 – *Strength and stiffness assessment of standing trees using non destructive stress wave technique*. Research paper forest Products Laboratory, USDA Forest Service 8FPL-RP-585, pp. 9.
- Wang X., Divos F., Pilon C., Brashaw B.K., Ross R.J., Pellerin R.F., 2004 – *Assessment of decay in standing timber using stress wave timing non-destructive evaluation tools. A guide for use and interpretation*. USDA United States Department of Agriculture Divos.