



Classificazione a macchina del legname strutturale italiano

I risultati del progetto A.Pro.Fo.Mo.

di MICHELE BRUNETTI, MICHELA NOCETTI, MARTIN BACHER, STEFANO BERTI, PAOLO BURATO

Il legno in Italia suscita ancora un forte interesse come materiale da costruzione, nonostante l'attuale congiuntura economica negativa del comparto edile. Tuttavia è ancora scarso l'utilizzo di risorse nazionali: uno dei motivi che frenano lo sviluppo di questa filiera è la difficoltà a classificare il legname locale da parte delle numerose segherie che lavorano piccoli quantitativi. Una risposta a questa esigenza viene dal Progetto A.Pro.Fo.Mo., all'interno del quale è stata messa a punto una macchina classificatrice, portatile e condivisibile tra più imprese, tarata sulle specie locali maggiormente utilizzate e certificata in sede europea.

Uno dei requisiti per utilizzare correttamente i materiali da costruzione e quindi riuscire a valorizzare al meglio anche la risorsa locale, è la conformità alle normative di riferimento (BRUNETTI *et al.* 2011a, b): nel caso del legno massiccio strutturale, dal 1 Gennaio 2012 è fatto obbligo di apporre il marchio CE (ai sensi del Regolamento Europeo dei Prodotti da Costruzione, CPR 305/11) per poter immettere il prodotto sul mercato. **Per eseguire la marcatura è necessario classificare ogni singolo pezzo secondo la resistenza, cioè definirne le caratteristiche meccaniche e assegnargli una classe di resi-**

stenza secondo la normativa del settore.

Questo adempimento, obbligatorio, costituisce senz'altro una difficoltà per le imprese di piccole dimensioni, che devono operare in regime di sorveglianza (esercitata da un Ente Notificato accreditato) anche in corrispondenza di produzioni limitate (piccoli quantitativi), saltuarie (solo una parte è destinata all'impiego strutturale), e/o estremamente variabili in termini di specie legnosa, assortimenti, provenienza geografica del materiale di base. La classificazione del legname strutturale può essere effettuata con due diverse metodologie: **la classificazione a vista e a macchina, ciascuna delle quali presenta vantaggi e svantaggi.**

CLASSIFICAZIONE A VISTA

Con la classificazione a vista ogni elemento legnoso viene assegnato a una categoria attraverso regole sviluppate per le diverse specie legnose o gruppi di esse. L'applicazione di tali regole prevede:

- la misurazione da parte di un operatore delle principali caratteristiche del legno che riducono la resistenza (nodi, deviazione della fibratura, ampiezza degli anelli, ecc.);
- la verifica del superamento o meno dei limiti per tali caratteristiche come previsto dalla normativa;
- la successiva assegnazione alla categoria corrispondente.

A ciascuna categoria visuale, poi, è associata una classe di resistenza.

La classificazione a vista è relativamente semplice ed economica: è sufficiente formare adeguatamente il personale che potrà operare con l'ausilio di ordinari strumenti di misurazione. Allo stesso tempo è già applicabile per le principali specie legnose italiane per uso strutturale, essendo già state predisposte le regole di classificazione. Di contro, però, con questa metodologia è possibile differenziare il legname in un numero limitato di classi di resistenza, ottenendo un risultato non sempre efficiente e, soprattutto, registrando maggiori scarti di classificazione.

CLASSIFICAZIONE A MACCHINA

Con la classificazione a macchina ogni singolo elemento è analizzato da una macchina che misura parametri specifici attraverso metodi non distruttivi. In base ai dati ottenuti da queste misurazioni, a ogni elemento viene attribuita una classe di resistenza. Sviluppate a partire dagli anni '60 in Australia, USA e UK, la maggior parte delle macchine classificatrici determina parametri quali:

- il modulo di elasticità statico;
- il modulo di elasticità dinamico (misurando la frequenza di vibrazione oppure la velocità di passaggio di ultrasuoni all'interno del pezzo);
- la massa volumica del legno (tramite raggi X o bilance);
- la dimensione dei nodi (tramite raggi X, laser o videocamere).

La classificazione a macchina è **caratterizzata da una maggiore ripetibilità, una maggiore velocità di esecuzione (da 35 a 180 pezzi al minuto) e maggiori rese (gli scarti sono decisamente minori)**. Inoltre, utilizzando le macchine classificatrici è possibile suddividere il legname in più classi di resistenza, ottenendo quindi un uso più efficiente e

razionale del legname strutturale.

I principali svantaggi per questo tipo di classificazione risiedono nel **limitato numero di specie italiane certificabili con macchine classificatrici e negli elevati costi d'investimento iniziale a carico dell'azienda produttrice di legname, limitazioni che il progetto A.Pro.Fo.Mo ha cercato di superare.**

PROGETTO A.PRO.FO.MO.

Nell'ambito del PSR 2017/2013 della Regione Toscana, si è voluta cogliere l'occasione della Misura 124 per sviluppare una macchina classificatrice portatile, certificata per la marcatura CE del legno strutturale di provenienza italiana. Il progetto specifico, finanziato dal GAL START, è A.Pro.Fo.Mo. (Avvio del Processo di Foresta Modello) e il contesto territoriale di riferimento è quello dell'Associazione Foresta Modello delle Montagne Fiorentine (FMMF). Il progetto, nel suo complesso, ha previsto tre diverse linee di attività (www.forestamodellomontagnefiorentine.org, sezione Progetti), tra cui, appunto, l'implementazione della classificazione secondo la resistenza del legname strutturale. Nello specifico gli obiettivi sono stati:

- sviluppare una macchina classificatrice portatile, dai costi limitati e che potrebbe essere condivisa da più aziende in modo da ridurre sensibilmente gli investimenti iniziali del singolo produttore;
 - dotare tale macchina dei settaggi necessari per classificare le principali specie legnose italiane utilizzate o utilizzabili in ambito strutturale.
- Sfruttando le sinergie già attive all'interno dell'Associazione FMMF, è stato possibile coinvolgere 2 proprietari boschivi, uno pubblico e uno privato (Unione dei Comuni Valdarno e Valdisieve, Società Agricola Marchesi de' Frescobaldi), 7 aziende di prima lavorazione del legname (Albisani s.n.c., Ballerini Federico, Casini Legnami s.n.c., F.Ili Salti s.n.c., Palaia Legnami

s.r.l., Segheria Tani, Morandini Legnami s.r.l.) e, con il contributo scientifico di CNR-IVALSA e MiCROTEC, ottenere la messa a punto e la certificazione di una nuova macchina classificatrice utilizzabile per il legname locale d'interesse strutturale. I risultati ottenuti, oltre a permettere di adempiere agli obblighi di legge, hanno evidenziato come sia possibile rendere più efficiente il processo di classificazione secondo la resistenza e pertanto favorire opportunità di crescita, oltre che per le aziende che hanno aderito al progetto, anche per tutte quelle legate alla filiera foresta-legno-edilizia.

SVILUPPO DELLA MACCHINA CLASSIFICATRICE

La macchina classificatrice è stata sviluppata a partire dalla tecnologia ViSCAN: si tratta di un sistema di misurazione della frequenza naturale di vibrazione dell'elemento legnoso dopo una percussione in compressione. La frequenza è misurata tramite un interferometro laser.

Combinando poi la frequenza di vibrazione con la massa volumica del legno (calcolata dividendo il peso dell'elemento per il suo volume) e la lunghezza, si determina il modulo di elasticità dinamico, che è uno dei parametri usati dalla macchina per classificare il legno secondo la resistenza.

Questa tecnologia viene solitamente utilizzata in macchine classificatrici più o meno complesse inserite all'interno di una linea produttiva continua, con costi decisamente elevati. Con questo progetto si è voluto **trasferire la tecnologia ViSCAN a una macchina di dimensioni inferiori, che potesse essere trasportata facilmente e quindi utilizzabile in diversi stabilimenti produttivi**. Per fare questo si sono resi necessari alcuni specifici adattamenti:

- un telemetro laser è stato inserito sulla parte anteriore della macchina in modo da rendere più agevole il posizionamento dell'elemento di legno alla corretta distanza (come tutti i rilevatori ottici anche l'interferometro ha una focale ottimale, che deve essere rispettata per avere un buon segnale e permettere una buona misurazione);
- la macchina è stata inoltre dotata di un'antenna WiFi per rendere possibile la comunicazione a distanza, senza cavo, con il software di elaborazione dati.

SETTAGGIO E CERTIFICAZIONE DELLA MACCHINA

La parte più impegnativa del lavoro ha riguardato la definizione dei settaggi per i tipi di legnami da classificare, ovvero quelle combinazioni di classi di resistenza/specie/provenienze geo-

Specie	Sezioni (mm ²)	Lunghezza (mm)	Pezzi (n.)	Volume (m ³)
Castagno	80x80	3.000	60	1,2
	100x100	3.100	120	3,7
	120x120	3.600	100	5,2
	180x180	4.650	60	9,0
Abete bianco	220x220	5.200	52	13,1
Douglasia	95x210	5.200	37	3,8
	145x175	4.700	57	6,8
Pino nero	30x140	5.200	57	1,2
	35x100	3.200	67	0,8
	45x140	4.200-5.200	107	3,5
	100x230	5.200	46	5,5
	110x165	4.200	46	3,5
Totale			809	57,3

Tabella 1 - Numero di pezzi e volume (segato) del legno campionato per lo sviluppo dei settaggi della macchina classificatrice.

grafiche per le quali la macchina può essere utilizzata per marcare CE il legname. Facendo riferimento alla vigente normativa europea (UNI EN 14081-2:2013), è stato definito uno specifico piano sperimentale articolato nelle fasi di:

- raccolta e lavorazione del legname;
- misurazione delle caratteristiche con la macchina;
- verifica dei requisiti di ripetibilità della macchina classificatrice;
- esecuzione delle prove distruttive di laboratorio;
- calcolo dei settaggi.

Nell'ambito del progetto A.Pro.Fo.Mo. sono state incluse quelle specie legnose presenti nel territorio della Montagna Fiorentina già utilizzate o potenzialmente interessanti per l'impiego strutturale, ovvero abete bianco (*Abies alba*), douglasia (*Pseudotsuga menziesii*), pino nero (*Pinus nigra* ssp. *nigra*, *Pinus nigra* ssp. *laricio*) e castagno (*Castanea sativa*).

CNR-IVALSA e MiCROTEC hanno messo poi a disposizione del progetto alcuni dati precedentemente raccolti nei rispettivi database, permettendo così di inserire anche l'abete rosso (*Picea abies*) e il larice (*Larix decidua*) tra le specie certificabili ed estendere l'areale geografico di provenienza del legname classificabile. Il campionamento effettuato nell'ambito del progetto A.Pro.Fo.Mo è stato comunque indispensabile per completare il ventaglio delle specie e il range delle dimensioni del materiale classificabile.

Il prospetto dei campioni analizzati nella sperimentazione è riportato in Tabella 1.

A.Pro.Fo.Mo. ha rappresentato anche un interessante tentativo di promozione della locale filiera foresta legno, infatti:

- Unione dei Comuni del Valdarno e Val di Sieve ha fornito il legname di castagno e parte di quello di pino nero;
- Società Agricola Marchesi de' Frescobaldi ha fornito l'abete bianco, la douglasia e parte del pino nero;
- il trasporto del legname alle segherie è stato effettuato da Albisani, Salti e Frescobaldi;
- la segagione dei tronchi è stata realizzata da Ballerini, Casini Legnami, Salti, Palaie Legnami e Tani;
- Morandini Legnami ha provveduto all'essiccazione del legname.

CNR-IVALSA ha svolto invece la parte di sviluppo e verifica della macchina attraverso misurazioni effettuate presso le segherie e le relative prove di laboratorio. In particolare, le misurazioni delle caratteristiche del legno (frequenza naturale di vibrazione e modulo di

elasticità dinamico) sono state effettuate sia sui pezzi appena tagliati, presso le diverse segherie, sia dopo l'essiccazione: questo ha permesso la certificazione della macchina classificatrice anche su legno fresco (che quindi potrà essere marcato CE anche se viene immesso sul mercato non stagionato/non essiccato, ovvero al disopra della soglia di umidità del 24%).

Il legname selezionato è stato quindi trasportato presso il laboratorio Prove Fisico-Meccaniche del CNR-IVALSA a Sesto Fiorentino (FI), dove sono state svolte le prove di ripetibilità necessarie per la certificazione della macchina: 5 ripetizioni di misura della frequenza di vibrazione e del modulo dinamico su 100 pezzi, con verifica degli scostamenti tra le misurazioni. Successivamente sono state condotte le prove meccaniche distruttive, cioè prove di rottura a flessione a quattro punti, con configurazione standard prevista dalla norma UNI EN 408:2010.

Per ciascuno degli 809 pezzi analizzati sono state rilevate le seguenti proprietà:

- modulo di elasticità statico (globale e locale);
- resistenza a flessione;
- massa volumica del legno (prelevando un provino di dimensioni pari alla sezione dell'elemento legnoso);
- umidità del legno al momento della prova

(quest'ultima necessaria per le dovute correzioni delle proprietà fisiche e meccaniche del materiale).

Al termine delle prove di laboratorio sono stati elaborati i risultati e, per ciascuna specie, calcolati i settaggi della macchina.

RISULTATI

La nuova macchina è stata presentata con il nome di ViSCAN-portable (Figura 1 e 2) al gruppo di esperti del CEN (Comité Européen de Normalisation) - TC124 (Technical Committee - Timber structures) - WG2 (Work Group - Solid timber) - TG1 (Task Group). Il gruppo ha il compito di visionare e valutare la correttezza dei rapporti tecnici presentati per la certificazione e per i settaggi delle macchine classificatrici.

Il ViSCAN-portable ha ottenuto la certificazione in sede europea nel Marzo del 2014 per i settaggi di douglasia, larice e pino nero e nell'Ottobre 2014 per quelli di abete e castagno. I settaggi sono stati calcolati prevedendo un utilizzo sia con bilancia (la macchina misura il modulo dinamico del materiale), sia senza (in questo caso è la frequenza di vibrazione il parametro che stima la resistenza del materiale). In Tabella 2 sono riportate le specie, la provenienza geografica e le limitazioni dimen-



Figura 1 - Descrizione della macchina portatile.

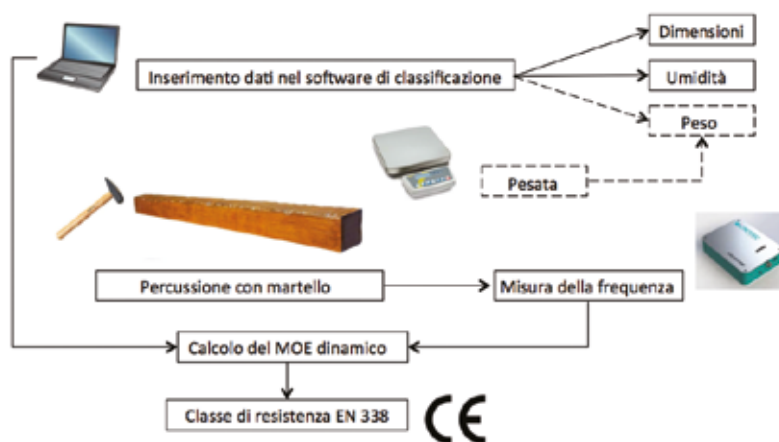


Figura 2 - Schema di funzionamento della macchina classificatrice ViSCAN-portable.

sionali del materiale classificabile. Prima di classificare un lotto di legname sarà quindi possibile scegliere le classi di resistenza da utilizzare in funzione delle diverse necessità produttive o della qualità del legname disponibile.

CONCLUSIONI

I risultati ottenuti dal Progetto di A.Pro.Fo.Mo. possono essere considerati altamente innovativi, sia in ambito nazionale che europeo. Si può affermare infatti che **è stato compiuto un importante passo avanti verso una maggiore diffusione della classificazione a macchina del legno strutturale, con possibili vantaggi in termini di resa e di un uso più razionale del legname nelle costruzioni.**

In dettaglio gli obiettivi raggiunti sono i seguenti:

- è stata messa a punto una nuova macchina classificatrice portatile per legno strutturale;
- la macchina è stata certificata in sede europea e i settaggi sono stati approvati per le principali specie legnose italiane utilizzabili per impiego strutturale: abete bianco e rosso, pino nero austriaco e pino laricio, larice, douglasia e castagno;
- alcuni settaggi sono utilizzabili non solo per provenienze del legname italiane, ma anche europee;
- è possibile classificare a macchina anche il legno non stagionato/non essiccato;
- la macchina può essere utilizzata con o senza l'ausilio di una bilancia;
- fino a questo momento la macchina sviluppata in A.Pro.Fo.Mo. **è l'unica al mondo utilizzabile per classificare il legno strutturale di castagno**, individuando, fra l'altro, alcune classi di resistenza non ottenibili con la classificazione a vista.

Con il contributo del progetto A.Pro.Fo.Mo., pertanto, **diviene possibile avviare l'introduzione della classificazione a macchina anche presso le segherie di dimensioni medio piccole, che lavorano legname italiano ed europeo ad uso strutturale.** Grazie a questa nuova opportunità le aziende potranno godere di vantaggi sia in termini di rese quantitative (minore scarto di materiale), sia di efficienza: la classificazione a macchina è sicuramente più versatile rispetto a quella a vista e permette di ottenere un maggior numero di classi di resistenza; inoltre, misurando direttamente le proprietà del materiale, si effettua una stima maggiormente correlata con la sua resistenza.

D'altra parte **la portabilità della macchina costituisce un interessante stimolo alla sua possibile diffusione e varie aziende**

Specie	Provenienza geografica	Limitazioni dimensionali (mm)
Abete bianco Abete rosso	Italia, Austria, Repubblica Ceca, Germania, Slovenia	18 ≤ s ≤ 241 58 ≤ l ≤ 308
Douglasia	Italia, Austria, Belgio, Francia, Germania, Lussemburgo	23 ≤ s ≤ 162 59 ≤ l ≤ 319
Larice europeo	Italia, Francia	29 ≤ s ≤ 198 90 ≤ l ≤ 242
Pino laricio Pino nero	Italia	27 ≤ s ≤ 121 59 ≤ l ≤ 253
Castagno	Italia	45 ≤ s ≤ 198 72 ≤ l ≤ 198

Tabella 2 - Specie, provenienze e classi dimensionali del materiale classificabile con ViSCAN-portable (s= spessore, l = larghezza). Le combinazioni di classi di resistenza approvate per la macchina sono visibili a questo link: www.rivistasherwood.it/approfondimenti.html

limitrofe potrebbero dividerne l'acquisto o il noleggio, riducendo l'entità degli investimenti iniziali e i costi di esercizio.

Questa modalità di condivisione ben si adatta anche a una produzione non continuativa di legname ad uso strutturale, che comporta frequentemente la necessità di marcare assortimenti molto variegati per specie legnosa, provenienza del legname e dimensioni delle sezioni.

Occorre poi tenere presente che il legname classificato a macchina potrebbe meglio adattarsi all'impiego in prodotti strutturali ricomposti, quali il legno lamellare (GLULAM) e il compensato di tavole (CLT o X-LAM), rappresentando così un'ulteriore possibilità di valorizzazione del legname locale.

Dal punto di vista formale, affinché i produttori di legname strutturale possano marcare CE il materiale attraverso la classificazione a macchina, occorre che stipolino un contratto con un Ente Notificato per la sorveglianza del processo produttivo, così come stabilito dal Regolamento sui Prodotti da Costruzione (CPR 305/11); tale passaggio peraltro non si discosta da quanto previsto per la marcatura CE tramite classificazione a vista. Nel corso della prima installazione della macchina, è prevista però una procedura di "installation check", atta a verificare il corretto funzionamento di tutto il sistema.

A partire dai risultati ottenuti, potrebbero essere perseguiti altri sviluppi per ampliare ulteriormente le potenzialità della macchina. In particolare con campionamenti mirati potrebbe essere ampliato il *range* delle sezioni classificabili; inoltre, con accorgimenti relativamente semplici, potrebbero essere automatizzate le operazioni di pesata e misurazione dell'umidità, quando richieste.

Con un prossimo contributo saranno analizzate nel dettaglio le possibili classi di resistenza raggiungibili e le rese di classificazione.

Bibliografia

BRUNETTI M., CERULLO S., LUCHETTI M., NOCETTI M., TOGNI M., 2011a - **Il legno strutturale italiano entra in Europa.** Situazione tecnico-normativa per gli assortimenti a sezione rettangolare. *Arealegno*, 56: 52-55.

BRUNETTI M., LUCHETTI M., NOCETTI M., TOGNI M., 2011b - **Impiego del legno in edilizia. Nuove regole e nuove opportunità.** *Sherwood*, 175: 42-45.

UNI EN 338:2009 - **Legno strutturale - Classi di resistenza.**

UNI EN 408:2010 - **Strutture di legno - Legno strutturale e lamellare incollato. Determinazione di alcune proprietà fisiche e meccaniche.**

UNI EN 14081-2:2013 - **Strutture di legno - Legno strutturale con sezione rettangolare classificato secondo la resistenza. Parte 2: Classificazione a macchina - requisiti aggiuntivi per le prove iniziali di tipo.**

INFO. ARTICOLO

Autori: Michele Brunetti, CNR-IVALSA.

E-mail brunetti@ivalsa.cnr.it

Michela Nocetti, CNR-IVALSA.

E-mail nocetti@ivalsa.cnr.it

Martin Bacher, MICROTEC srl.

E-mail Martin.Bacher@microtec.eu

Stefano Berti, CNR-IVALSA. E-mail berti@ivalsa.cnr.it

Paolo Burato, CNR-IVALSA. E-mail burato@ivalsa.cnr.it

Parole chiave: Tecnologia del legno, classificazione del legname, macchina classificatrice, A.Pro.Fo.Mo, ViSCAN-portable, marcatura CE.

Key words: Wood technology, machine strength grading, structural timber, A.Pro.Fo.Mo, ViSCAN-portable, CE marking.

Abstract: Machine strength grading of Italian structural timber. With the A.Pro.Fo.Mo. project (PSR 2017-2013, Misura 124, GAL Start, Regione Toscana) a new portable machine (ViSCAN-portable) to strength grade the Italian structural timber has been implemented and certified. A comprehensive sampling of the main Italian timber species to be used as structural and the following mechanical tests formed the basis for the setting of the machine, that now can be used to apply the CE mark on spruce, fir, Douglas fir, black pine, european larch and chestnut of Italian origin.