



Convenzione di ricerca per prove di caratterizzazione tecnologica del legname di cerro e faggio di provenienza “Gargano” ai fini di una qualificazione per uso strutturale

Relazione Finale CNR-IBE

A cura di:
Michele Brunetti
Michela Nocetti

Hanno collaborato:

Giovanni Aminti
Stefano Berti
Paolo Burato
Paolo Pestelli
Graziano Sani

Sesto Fiorentino, febbraio 2020

Ai sensi dell'articolo della legge 633/1941 e della direttiva 96/6/CE dell'11/3/1996, è vietato estrarre, riutilizzare, immagazzinare, riprodurre, rappresentare o conservare, direttamente e indirettamente, su qualsiasi supporto, con qualsiasi mezzo e in qualsiasi forma, una parte qualitativamente o quantitativamente rilevante del contenuto della presente pubblicazione, salvo espressa e formale autorizzazione degli autori. Sono consentite le citazioni in pubblicazioni scientifiche e a titolo di cronaca, studio, critica o recensione, purché accompagnate dal nome dell'autore dell'articolo e dall'indicazione della fonte.



Sommario

Premessa.....	2
1. Piano di campionamento	2
2. Misurazione delle caratteristiche con macchina classificatrice	3
3. Prove fisico-meccaniche distruttive	7
4. Analisi delle rese di classificazione a macchina	12
5. Conclusioni	13



Premessa

All'interno dell'Accordo di Programma "Per l'attuazione di un progetto pilota per l'attivazione di una filiera bosco – legno – energia mediante la gestione, la tutela e la valorizzazione degli ecosistemi forestali - Ambito Gargano", CNR-IBE (già prima CNR-IVALSA) è stato incaricato di caratterizzare ulteriori 2 specie legnose provenienti dal Gargano ai fini di un loro possibile impiego strutturale, ovvero il faggio e il cerro. Si ricorda che questa attività di studio e ricerca è finalizzata all'attivazione di una filiera del legno che consenta di valorizzare il materiale locale, prevedendo un utilizzo come legno strutturale (nell'ambito del crescente mercato delle costruzioni in legno e della bioedilizia in genere) e, contestualmente, rispettando i principi dell'utilizzo "a cascata" del legno, per produrre energia con gli scarti di lavorazione e da elementi non idonei per usi strutturali. Di seguito vengono descritte le attività svolte, le metodologie seguite e i risultati ottenuti anche in confronto, qualora disponibili, ad altre analoghe campagne di caratterizzazione del legname. In sintesi lo studio che è stato svolto ha previsto le seguenti fasi:

- 1) Predisposizione di un piano di campionamento;
- 2) Reperimento del legname e preparazione dei campioni;
- 3) Misurazione con macchina classificatrice dei campioni non stagionati;
- 4) Stagionatura del legname all'aria;
- 5) Misurazione con macchina classificatrice dei campioni essiccati;
- 6) Esecuzione delle prove distruttive in laboratorio per la determinazione delle proprietà fisico-meccaniche;
- 7) Elaborazione dei risultati.

1. Piano di campionamento

Il piano di campionamento è stato predisposto nel corso dell'anno 2018, in accordo con i responsabili del Consorzio di Bonifica Montana del Gargano.

Rispetto alla precedente caratterizzazione, che ha interessato 3 specie legnose (abete bianco, castagno e pino d'Aleppo) nell'ambito della presente convenzione si è ritenuto interessante ampliare lo studio anche al faggio e al cerro. La numerosità del campione e le dimensioni dei pezzi sottoposti a prova sono riportate in tabella 1: queste sono state definite tenendo conto dei possibili impieghi del legname (massiccio o elementi incollati) e delle geometrie di prova in laboratorio richieste dalla normativa europea armonizzata.

Tabella 1 - Piano di campionamento con indicazione della specie legnosa e delle dimensioni degli elementi da analizzare nell'ambito della convenzione di ricerca.

Specie legnosa	N° pezzi	Spessore (mm)	Larghezza (mm)	Lunghezza (mm)
Faggio	40	25	100	3000
	50	40	110	3600
	30	50	140	3600
Cerro	50	35	100	3000
	40	80	80	3000
	30	120	120	3600

2. Misurazione delle caratteristiche con macchina classificatrice

A seguito del reperimento del legname da parte del Consorzio (provenienza Foresta Umbra a seguito di interventi selvicolturali realizzati dall'ARIF Puglia), il personale IBE si è recato nei giorni 4-5 ottobre 2018 presso la segheria della Cooperativa "Il Castagno" (Cagnano Varano - FG) dove sono stati segati i tronchi delle specie incluse nell'indagine. Presso la segheria sono state effettuate le prime misurazioni sul materiale fresco con la macchina classificatrice portatile ViSCAN-portable prodotto dalla ditta MiCROTEC e messo a disposizione da CNR-IBE.

La macchina permette di determinare, a seguito del rilievo del peso e delle dimensioni di ciascun elemento legnoso, il modulo elastico dinamico, una delle proprietà del legno rilevabili in modo non distruttivo meglio correlata con le proprietà meccaniche del materiale.

Dopo un periodo di stagionatura all'aria, il legname è stato trasportato al laboratorio Prove fisico-meccaniche del CNR-IBE di Sesto Fiorentino (FI) per le successive analisi: ripetizione della misura con la macchina classificatrice (sui campioni stagionati) e prove meccaniche distruttive.

Alcuni campioni analizzati presso la Cooperativa I Montanari presentavano dei difetti tali da escluderne un possibile impiego strutturale già attraverso un'ispezione visuale (definita dalla normativa internazionale col termine di "visual override"): 5 tavole della sezione 35x100 mm e 2 travetti della sezione 120x120 mm di cerro presentavano deformazioni tali (falcatura) da rendere difficoltosa l'esecuzione della prova distruttiva e pertanto sono stati scartati senza procedere alla caratterizzazione meccanica (sono stati quindi considerati solamente per il calcolo complessivo delle rese di classificazione).



Figura 1 – Elemento fortemente deformato di cerro.

Nelle tabelle successive sono riportati i risultati delle misure eseguite con macchina classificatrice sul materiale fresco e stagionato. I valori di modulo dinamico degli elementi stagionati sono corretti a un'umidità del legno di riferimento del 12%.

L'umidità delle tavole misurate fresche è stata ricalcolata sulla base del peso rilevato in segheria e di quello registrato in laboratorio una volta stagionato. Si è potuto verificare che, al momento delle misurazioni in segheria, per le tre sezioni di cerro l'umidità era abbondantemente sopra il punto di saturazione delle fibre, per una media di 60,8%. Per il faggio l'umidità al momento della misura allo stato fresco è risultata in media

pari al 50,8%, quindi anche in questo caso sopra il punto di saturazione delle fibre, fatta eccezione per una decina di elementi della sezione più piccola (25x100) che avevano un'umidità più bassa (intorno al 30%).

L'umidità degli elementi stagionati è risultata molto vicina a quella di riferimento per le prove meccaniche (ovvero il 12%). In particolare, per il faggio tutte le sezioni avevano un'umidità molto vicina al 12%:

11,6% per la sezione 25x100

12,4% per la sezione 40x110

12,9% per la sezione 50x140

La media complessiva risulta pari a 12,2%.

Nel caso del cerro l'umidità dopo la stagionatura è risultata in media pari a 15,5%, ma i valori tra le sezioni si sono dimostrati leggermente diversi tra loro:

12,1% per la sezione 35x100

15,3% per la sezione 80x80

21,2% per la sezione 120x120

L'umidità è ovviamente più alta per sezioni maggiori, come atteso per legno di cerro che ha una densità molto alta e una perdita di acqua dal legno piuttosto lenta. In ogni caso si può notare come si sia rivelata corretta la scelta di non procedere all'essiccazione artificiale del legname, che probabilmente avrebbe comportato la presenza di maggiori deformazioni del legname e probabilmente la comparsa di molti cretti da ritiro.

Tabella 2 – Risultati delle misure di dimensioni e modulo elastico dinamico sugli elementi di **faggio fresco** (dove non specificato è stato riportato il valore medio).

Sezione nominale	Spessore (mm)	Larghezza (mm)	Lunghezza (mm)	N (-)	Modulo elastico dinamico (MPa)			
					media	Dev. St.	Min	Max
25x100	25	100	3028	40	12004	1299	8895	14096
40x110	45	120	3620	50	11574	1016	9600	13745
50x140	55	151	3623	30	12296	1015	9738	13875
Totale				120	11897	1148	8895	14096

Tabella 3 – Risultati delle misure di dimensioni e modulo elastico dinamico sugli elementi di **faggio stagionato** (dove non specificato è stato riportato il valore medio).

Sezione nominale	Spessore (mm)	Larghezza (mm)	Lunghezza (mm)	N (-)	Modulo elastico dinamico (MPa)			
					media	Dev. St.	Min	Max
25x100	24	94	3022	40	14001	1244	10736	16457
40x110	43	114	3614	50	13868	1112	11702	16732
50x140	53	141	3618	30	14470	1116	11544	16184
Totale				120	14063	1174	10736	16732

Tabella 4 – Risultati delle misure di dimensioni e modulo elastico dinamico sugli elementi di **cerro fresco** (dove non specificato è stato riportato il valore medio).

Sezione nominale	Spessore (mm)	Larghezza (mm)	Lunghezza (mm)	N (-)	Modulo elastico dinamico (MPa)			
					media	Dev. St.	Min	Max
35x100	36	102	3017	50	15192	2101	9774	19767
80x80	87	87	3034	40	14185	1455	11822	16687
120x120	124	123	3609	30	14578	1503	11028	17411
Totale				120	14684	1792	9774	19767

 Tabella 5 – Risultati delle misure di dimensioni e modulo elastico dinamico sugli elementi di **cerro stagionato** (dove non specificato è stato riportato il valore medio).

Sezione nominale	Spessore (mm)	Larghezza (mm)	Lunghezza (mm)	N (-)	Modulo elastico dinamico (MPa)			
					media	Dev. St.	Min	Max
35x100	34	95	3013	45	18800	2441	13069	24520
80x80	82	82	3030	40	17583	1860	13393	20783
120x120	120	119	3606	28	17703	1839	13151	22138
Totale				113	18097	2166	13069	24520

Le misure di modulo dinamico effettuate su materiale fresco e su materiale essiccato sono state correlate tra di loro, come anche la frequenza di vibrazione rilevata dalla macchina: nei grafici di seguito (figura 2 e figura 3) è riportata la relazione lineare tra le due misure e il relativo coefficiente di determinazione per le due specie analizzate nell'indagine.

La correlazione tra il modulo dinamico misurato su materiale fresco e su stagionato per il faggio è risultata più bassa di quanto osservato in sperimentazioni precedenti su altre specie (correlazione che si attesta solitamente su valori intorno a 0,85 – 0,95), mentre per il cerro la relazione si è dimostrata migliore. Da notare, invece, che la relazione tra la frequenza di vibrazione misurata su elementi freschi ed elementi stagionati ha dato valori molto alti, dimostrandosi di ottima qualità.

Questo dato induce a ritenere che le rilevazioni con la macchina classificatrice effettuate su materiale fresco posso essere considerate statisticamente affidabili, tali da consentire una classificazione a macchina anche per il legname allo stato fresco. Le correlazioni leggermente più basse, riscontrate per il modulo dinamico nel caso del faggio, potrebbero essere attribuite ad una minore variabilità della massa volumica (qui è stato rilevato un coefficiente di variazione pari a circa il 4%, si veda tabella 6, mentre solitamente i valori che si riscontrano sono pari a circa 6-10%), ma soprattutto alla irregolarità delle sezioni degli elementi stagionati con un conseguente maggiore errore di misura delle dimensioni (si ricorda che il materiale non è stato piallato prima delle prove di laboratorio). A conferma di quest'ultima affermazione si osserva che, utilizzando le dimensioni nominali dei segati invece di quelle reali nel calcolo del modulo dinamico, la correlazione in oggetto arriva a un coefficiente di determinazione pari a 0,76, migliorando considerevolmente.

Si ribadisce, comunque, che i valori riscontrati sono tali da permettere l'utilizzo della macchina classificatrice anche su materiale fresco.

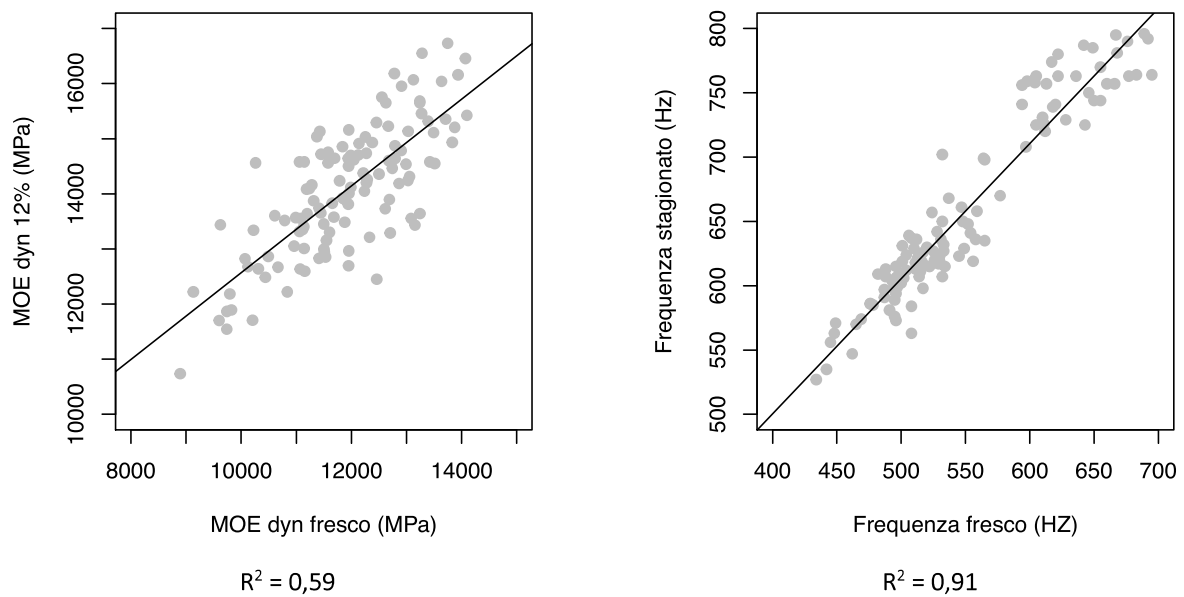


Figura 2 – Relazione tra modulo elastico dinamico e frequenza misurata dalla macchina classificatrice sugli elementi freschi (MOE dyn fresco e Frequenza fresco) e stagionati (MOE dyn 12% = modulo dinamico all'umidità di riferimento del 12% e Frequenza stagionato) per il **faggio**.

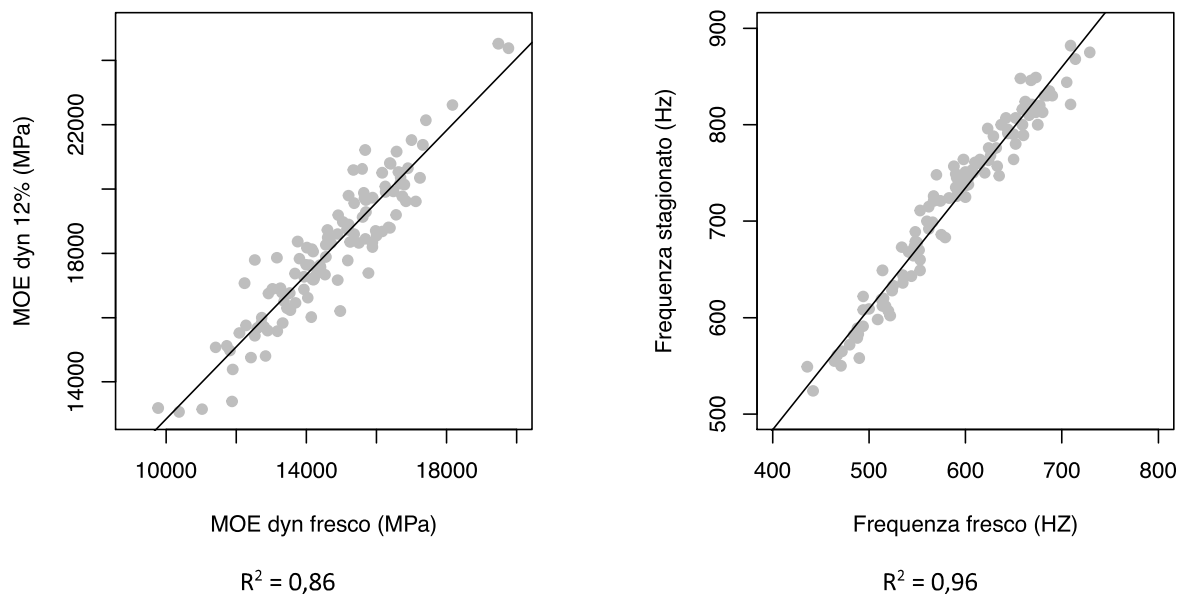


Figura 3 – Relazione tra modulo elastico dinamico e frequenza misurata dalla macchina classificatrice sugli elementi freschi (MOE dyn fresco e Frequenza fresco) e stagionati (MOE dyn 12% = modulo dinamico all'umidità di riferimento del 12% e Frequenza stagionato) per il **cerro**.

3. Prove fisico-meccaniche distruttive

Le prove fisiche e meccaniche sono state eseguite conformemente alla norma europea EN 408 (EN 408:2010. Timber structures – Structural timber and glued laminated timber – Determination of some physical and mechanical properties) (Figura 3 e Figura 4). Per ogni campione analizzato è stata eseguita una prova a flessione a quattro punti, durante la quale è stato rilevato il modulo di elasticità statico locale (a flessione pura) e globale (nel quale si ha una componente di sollecitazione a taglio). Oltre alla misurazione delle deformazioni necessarie al calcolo dei moduli elastici, si è proceduto alla rottura dei campioni al fine di determinare il carico massimo e quindi la loro resistenza a flessione.

Dopo la prova distruttiva, da ogni campione è stato ricavato un provino il più vicino possibile alla zona di rottura di dimensioni pari alla sezione intera e di lunghezza di circa 5 cm in direzione longitudinale; questo è stato pesato e misurato, essiccato in stufa a $103^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ e pesato nuovamente, al fine di determinare la massa volumica e l'esatto contenuto di umidità del legno al momento della prova. Questo dato è necessario per le correzioni delle proprietà fisiche e meccaniche del legno all'umidità di riferimento del 12% (umidità normale) e per poter risalire al valore di umidità dei campioni al momento della misura con la macchina classificatrice effettuata sul legno non stagionato. I risultati delle singole prove sono riportati nell'Allegato 1.

In figura 5 e 6 sono riportati degli esempi di rotture a flessione.

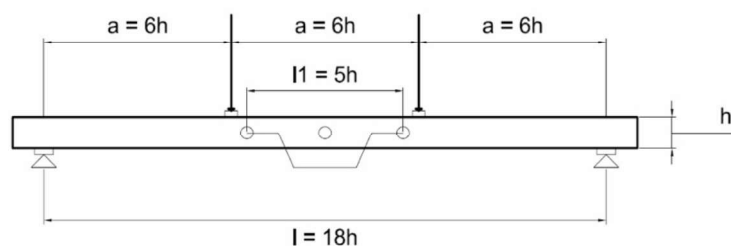


Figura 4 – Configurazione di prova per flessione a 4 punti. h = altezza del provino; a = distanza tra punto di applicazione del carico l'appoggio più vicino; l_1 = lunghezza del giogo per la determinazione della deformazione per il calcolo del modulo di elasticità locale; l = luce in flessione.



Figura 5 – Prova a flessione a 4 punti.



Faggio



Quercia

Figura 6 – Esempi di rottura a flessione per ciascuna specie

In tabella 6 sono riportati i valori medi delle caratteristiche rilevate in laboratorio con le prove distruttive per le specie analizzate nell’ambito della ricerca.

La resistenza a flessione, il modulo elastico statico e la densità sono le proprietà comunemente utilizzate per definire la qualità strutturale del legname, e in particolare per l’assegnazione alle classi di resistenza indicate nella norma EN 338.

In tabella 7 sono riportate, per comparazione, le proprietà meccaniche determinate in studi precedenti di caratterizzazione strutturale. Per il faggio sono disponibili dati di legname proveniente da diverse regioni italiane, mentre per il cerro, a conoscenza degli autori, non sono disponibili in letteratura dati di caratterizzazione meccanica di elementi in dimensione d’uso. Questo, infatti, risulta essere il primo studio sulla qualità strutturale di legname di cerro italiano. Per consentire comunque una comparazione sono stati riportati dati relativi alle proprietà meccaniche di rovere e farnia di provenienza francese.

Confrontando le tabelle 6 e 7 si può notare come il faggio proveniente dal Gargano si attesti su valori del tutto comparabili con quelli delle altre provenienze italiane. Il cerro, invece, è risultato avere resistenza, rigidità e densità medie superiori a quelle di rovere e farnia, specie legnose molto apprezzate per l’uso strutturale.

Tabella 6 – Valori medi e del coefficiente di variazione (CV) per specie e provenienza delle principali caratteristiche fisiche e meccaniche determinate in laboratorio.

Specie	N	Umidità	Resistenza a flessione		Modulo elastico statico		Densità	
		media (%)	media (MPa)	CV (%)	media (MPa)	CV (%)	media (kg/m ³)	CV (%)
Faggio	120	12,2	69,6	25,0	13632	15,0	707	4,4
Cerro	113	15,5	71,0	27,5	16093	18,4	843	4,2

Tabella 7 – Caratteristiche fisico - meccaniche medie di faggio (Italia) e quercia (Francia). Dati CNR-IBE.

Specie	N	Resistenza a flessione		Modulo elastico statico		Densità	
		media (MPa)	CV (%)	media (MPa)	CV (%)	media (kg/m ³)	CV (%)
Faggio ^a	465	69,4	35	13300	22	716	6
Quercia ^b	2500	51,9	42	13100	27	722	8

^a Da: Brunetti et al 2020.

^b Rovere e farnia, Da: Lanvin et al 2007.

Nei grafici che seguono sono riportate, per le due specie, le relazioni lineari tra le proprietà meccaniche misurate in laboratorio: in particolare la relazione tra resistenza a flessione e rigidità, come anche le relazioni tra modulo dinamico misurato con la macchina classificatrice e le proprietà del materiale (resistenza, rigidità e densità).

In generale le correlazioni risultano in linea con quanto atteso per legname di latifolia, soprattutto per la stima della resistenza (correlazione tra resistenza a flessione e modulo elastico sia statico che dinamico). Particolarmente basse, invece, si sono dimostrate la correlazione tra modulo elastico statico e dinamico e tra densità e modulo dinamico. Per quanto riguarda la prima, le ragioni possono essere riconducibili a quanto già osservato per la relazione tra le misure di modulo dinamico effettuate su fresco e secco (limitata variazione nella massa volumica).

La mancanza di correlazione tra densità del legno e modulo elastico è già stata riscontrata in lavori precedenti, senza che questo precluda la possibilità di classificare correttamente il materiale sia a vista che a macchina (Brunetti et al 2020).

FAGGIO

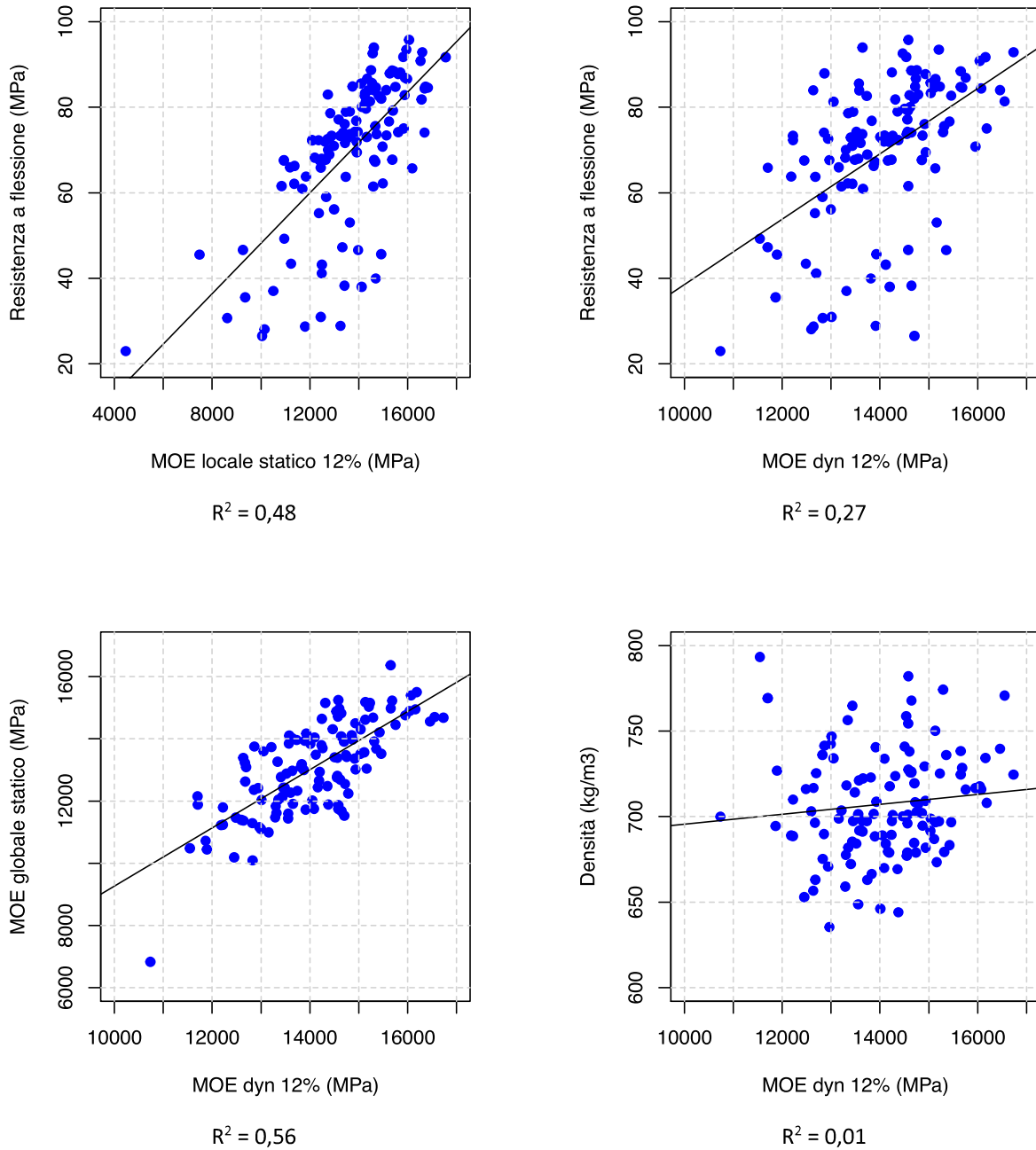


Figura 7 – Correlazioni tra le proprietà fisico-meccaniche per il **faggio** (R^2 = coefficiente di determinazione).

CERRO

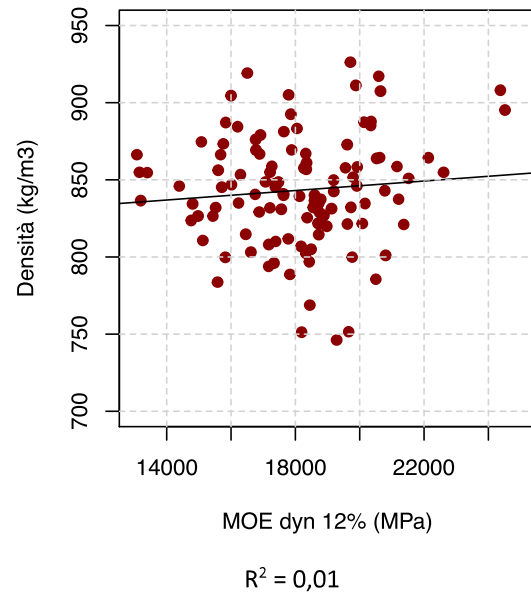
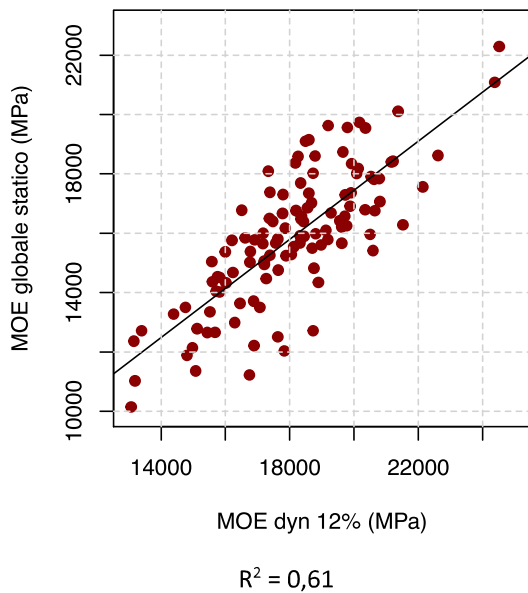
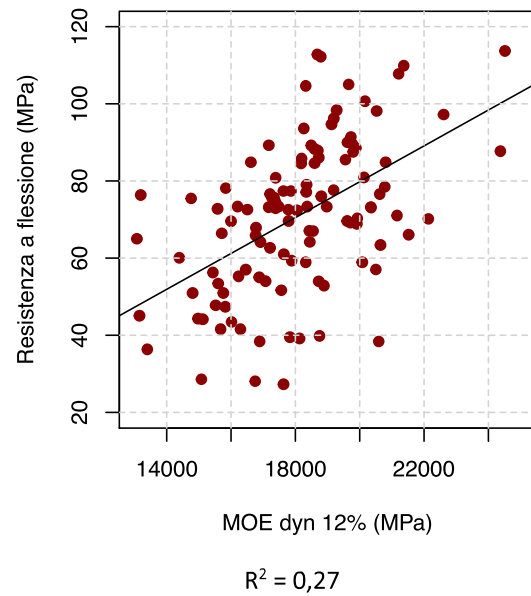
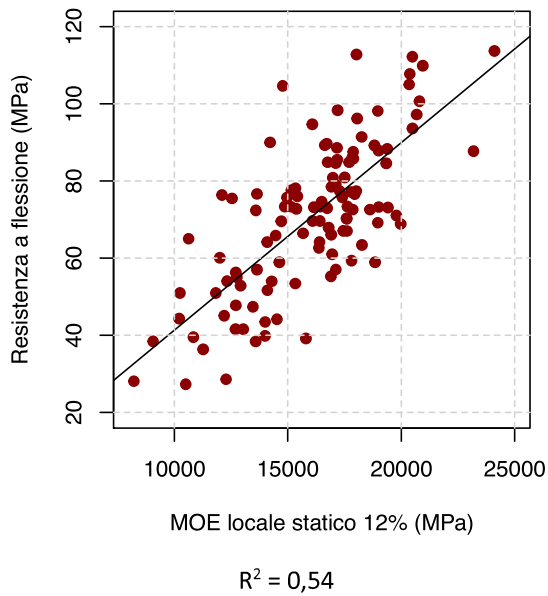


Figura 8 – Correlazioni tra le proprietà fisico-meccaniche per il **cerro** (R^2 = coefficiente di determinazione).

4. Analisi delle rese di classificazione a macchina

Al fine di valutare le rese di classificazione per l'uso strutturale del legname del Gargano analizzato, sono stati utilizzati i settaggi sviluppati per la macchina classificatrice ViSCAN-portable per il faggio italiano nel lavoro già citato lavoro "Brunetti et al 2020"; in particolare è stata scelta la combinazione di classi di resistenza (da norma EN 338) che suddivide il materiale in 2 classi (D45, D24) e eventuali scarti (R), ovvero elementi ritenuti non idonei per uso strutturale. Nei grafici di seguito sono riportate le rese percentuali della classificazione a macchina, confrontando quelle ottenute per il legno del Gargano con quelle di legname di altre provenienze italiane di faggio (Figure 9 e 10).

Le rese di classificazione per il faggio del Gargano sono state simili (o leggermente migliori) rispetto alle altre provenienze, con una percentuale di scarti pari a 0.

Per quanto riguarda il cerro, non essendo disponibili settaggi già sviluppati, si è deciso comunque di calcolare le rese di classificazione a macchina utilizzando quelli del faggio, la specie per cui esistano attualmente dei settaggi che presenta le caratteristiche meccaniche più vicine a quelle del cerro. Le rese di classificazione si sono dimostrate molto alte (il 90,8 % degli elementi) rientrerebbe nella classe D45; è doveroso notare però che il modulo elastico dinamico, la caratteristica su cui si basa la classificazione a macchina, è in media molto più alta nel cerro che nel faggio (18100 MPa contro 14100 MPa, si vedano tabella 3 e tabella 5). Con settaggi sviluppati appositamente per questa specie si potrebbero quindi raggiungere classi di resistenza ancora più alte. Il 5,8 % di scarti, infine, è dovuto esclusivamente ai pezzi esclusi dalla caratterizzazione per eccessiva deformazione (*visual override*), come descritto nel paragrafo 2.

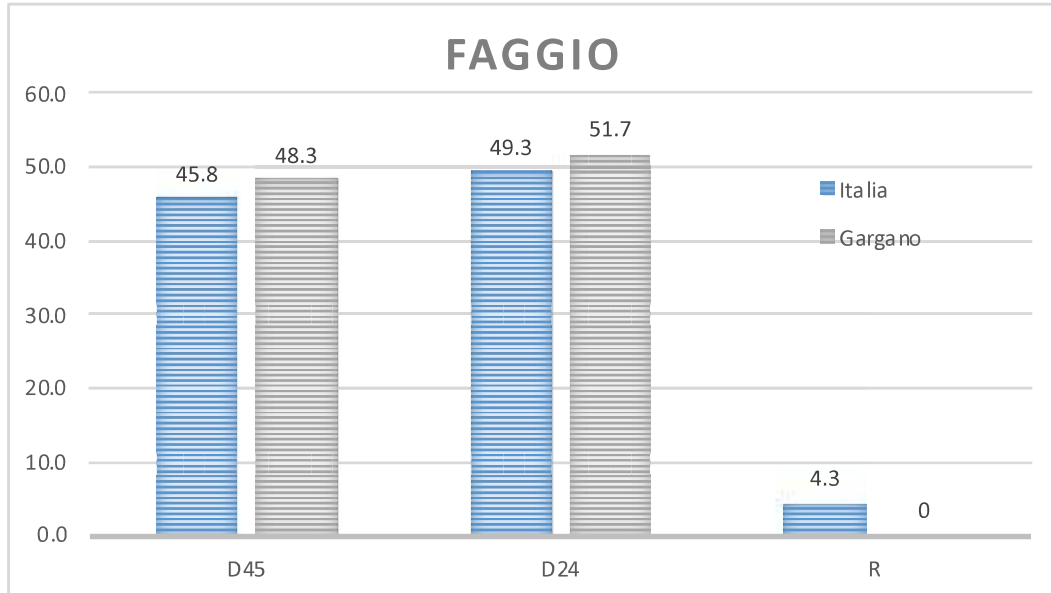


Figura 9 – Rese di classificazione percentuali per faggio di provenienza nazionale e di provenienza Gargano per la combinazione D45-D24-R.

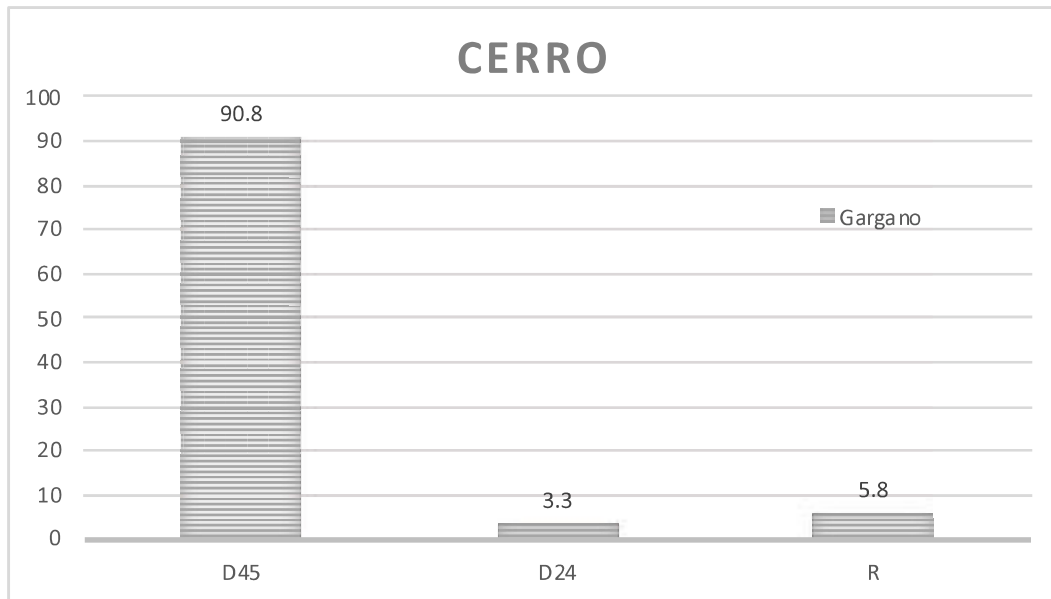


Figura 10 – Rese di classificazione percentuali per cerro di provenienza Gargano per la combinazione D45-D24-R.

5. Conclusioni

La sperimentazione condotta nell'occasione di questa ricerca rappresenta un primo passo per individuare dei possibili impieghi alternativi al legname proveniente dall'area del Gargano, considerando che, oltre alla filiera legno-energia, il materiale di migliore qualità potrebbe trovare un idoneo utilizzo anche nell'ambito delle costruzioni.

La grande varietà dei tipi forestali garganici può rappresentare un'opportunità qualora il legname ricavato dalla lavorazione dei tronchi possa essere adeguatamente qualificato come ormai da anni impongono le normative nazionali (Norme Tecniche per le Costruzioni) ed europee (Regolamento Prodotti da Costruzione) per l'impiego strutturale. In questo senso la classificazione a macchina (in alternativa a quella a vista) può costituire un valido supporto anche per operatori del settore di piccola e media taglia, essendo applicabile anche in forma consortile utilizzando attrezzature portatili.

Entrando nel dettaglio dei risultati, con questa indagine è stato osservato che le caratteristiche meccaniche del legname di faggio e di cerro (oltre a quello di abete, castagno e pino d'Aleppo analizzato nel corso della precedente convenzione) risultano pienamente comparabili a quelle medie del materiale di altre provenienze geografiche (se non addirittura superiori): le rese percentuali della classificazione a macchina evidenziano che buona parte del legname potrebbe essere correttamente utilizzato per impieghi strutturali, soddisfacendo appieno la richiesta del mercato sia per gli assortimenti di legno massiccio che per i prodotti incollati senza trascurare il mercato degli altri settori dell'edilizio (es. parquet), degli infissi e del comparto arredamento e complementi di arredo. In particolare nel caso del cerro, quelle appena concluse sono state le prime prove effettuate sul legno di questa specie e i risultati si sono dimostrati sicuramente promettenti, con valori meccanici molto alti e relativamente pochi scarti dovuti prevalentemente alle deformazioni emerse durante la stagionatura.

Un ulteriore elemento positivo di questa ricerca deriva dalla considerazione che il legname utilizzato nella sperimentazione non deriva dalla selezione dei migliori soggetti in bosco, ma anzi in molti casi è stato ricavato da alberi danneggiati, appartenenti al piano dominato, o comunque derivanti da interventi di diradamento o da schianti. Le prospettive di valorizzazione del legname proveniente dal Gargano pertanto risultano quindi estremamente interessanti.



BIBLIOGRAFIA

Brunetti M., Nocetti M., Pizzo B., Aminti G., Cremonini C., Negro F., Zanuttini R., Romagnoli M., Scarascia Mugnozza G., 2020. Structural products made of beech wood: quality assessment of the raw material. *European Journal of Wood and Wood Products*.

EN 338, 2016. Structural timber – Strength classes. European Committee for Standardization, Brussels.

EN 408, 2010. Timber structures—structural timber and glued laminated timber—determination of some physical and mechanical properties. European Committee for Standardization, Brussels.

Lanvin J.D., Reuling D., Costrel Y., Ducer J., 2007. Evaluation of French oak for structural use. *Proceedings of the First International Scientific Conference on Hardwood Processing (ISCHP)*, Quebec, 61-65.



ANNESNO 1

Risultati delle singole prove distruttive di laboratorio. Sono riportati in dettaglio per ciascun elemento legnoso testato il valore di umidità del legno al momento della prova, di resistenza a flessione, modulo elastico statico globale e locale, densità e modulo elastico dinamico.

**FAGGIO**

ID	Sezione Nominale (mm ²)	Umidità del legno (%)	Resistenza a flessione (MPa)	Modulo elastico globale (MPa)	Modulo elastico locale (MPa)	Densità (kg/m ³)	Modulo elastico dinamico (MPa)
F001	25x100	11.2	72.0	11751	12620	670	14086
F002	25x100	12.0	86.9	14452	15890	716	15753
F003	25x100	12.2	67.5	12439	12404	680	14162
F004	25x100	12.0	76.8	13183	13898	666	13832
F005	25x100	12.0	84.4	15396	16693	716	16070
F006	25x100	11.7	84.0	14556	15123	740	16457
F007	25x100	12.2	77.1	12813	13178	679	14562
F008	25x100	11.6	86.7	13478	14343	679	14736
F009	25x100	11.5	84.6	13567	14704	687	15110
F010	25x100	11.3	83.0	12240	12735	707	14785
F011	25x100	11.7	72.3	11238	12356	710	12222
F012	25x100	11.5	67.6	11159	10941	635	12965
F013	25x100	13.0	78.6	12043	12833	682	13353
F014	25x100	12.0	67.7	12425	12642	714	13486
F015	25x100	11.8	73.3	11794	12888	689	12221
F016	25x100	11.9	91.7	14950	17554	734	16159
F017	25x100	11.8	71.0	12128	12981	685	13434
F018	25x100	12.0	68.9	12330	12790	663	13742
F019	25x100	11.6	23.0	6828	4466	700	10736
F020	25x100	11.1	79.0	12480	13635	669	14359
F021	25x100	10.9	75.6	13919	14677	679	15316
F022	25x100	11.8	68.2	11474	12198	659	13291
F023	25x100	11.4	85.7	13516	14533	692	15033
F024	25x100	11.3	69.5	13014	13917	682	14934
F025	25x100	11.4	67.6	10189	10930	653	12451
F026	25x100	11.5	79.0	12422	13472	697	13452
F027	25x100	11.3	68.0	11441	12479	649	13555
F028	25x100	11.7	72.6	12021	12722	689	14049
F029	25x100	11.8	30.7	10091	8619	675	12829
F030	25x100	11.3	71.6	12270	13436	692	13605
F031	25x100	11.2	82.7	13521	14241	697	15458
F032	25x100	11.0	72.3	11887	12089	644	14377
F033	25x100	11.3	63.8	11226	11840	689	12184
F034	25x100	11.5	74.1	12361	13360	690	12855
F035	25x100	11.1	73.7	12759	13640	677	14550
F036	25x100	11.5	76.7	14210	15237	683	15424
F037	25x100	11.2	72.2	11598	12093	701	13556
F038	25x100	11.3	70.0	11835	12739	678	13303
F039	25x100	11.5	87.9	13751	15269	741	12864
F040	25x100	11.0	84.9	12550	13740	708	14719



Faggio- continua

ID	Sezione Nominale (mm ²)	Umidità del legno (%)	Resistenza a flessione (MPa)	Modulo elastico globale (MPa)	Modulo elastico locale (MPa)	Densità (kg/m ³)	Modulo elastico dinamico (MPa)
F041	50x140	12.5	26.5	11527	10045	720	14705
F042	50x140	13.2	75.0	15502	15836	708	16184
F043	50x140	13.0	93.5	15029	15949	697	15206
F044	50x140	13.3	31.0	12030	12442	747	13010
F045	50x140	13.1	46.6	13680	13974	736	15356
F046	50x140	13.0	74.1	14822	16689	726	14641
F047	50x140	12.9	76.1	13365	13420	729	14915
F048	50x140	13.0	73.4	14046	15131	734	14094
F049	50x140	12.9	41.2	13089	12483	725	12696
F050	50x140	12.8	82.8	14969	15875	738	14603
F051	50x140	13.0	79.2	14712	15394	701	14573
F052	50x140	13.2	87.7	14500	15609	709	14931
F053	50x140	12.8	62.2	13265	14983	756	13340
F054	50x140	12.9	84.6	15226	16823	728	15682
F055	50x140	12.9	86.6	15182	15976	697	15135
F056	50x140	12.9	73.4	13978	13662	695	14872
F057	50x140	13.0	73.1	13838	14327	646	14009
F058	50x140	13.0	43.2	13488	12492	684	14119
F059	50x140	12.7	67.3	13933	14675	688	13897
F060	50x140	13.0	90.8	14892	16525	718	16041
F061	50x140	12.6	38.0	12935	14117	718	14200
F062	50x140	12.7	84.8	14981	15500	725	15653
F063	50x140	12.8	84.8	15154	16733	725	15227
F064	50x140	12.6	95.7	15245	16055	727	14581
F065	50x140	12.7	88.1	14642	15701	697	14244
F066	50x140	12.7	49.3	10481	10951	793	11544
F067	50x140	12.6	79.7	13406	14297	741	14504
F068	50x140	12.8	74.2	14683	15615	774	15293
F069	50x140	12.6	65.7	14614	16185	750	15132
F070	50x140	12.8	65.9	11883	12447	769	11707
F071	40x110	12.4	53.1	13042	13634	673	15161
F072	40x110	12.4	67.7	13798	15372	689	14236
F073	40x110	12.6	88.4	16366	15441	738	15652
F074	40x110	12.2	92.6	14311	14571	700	14465
F075	40x110	12.2	82.0	13906	14921	685	14699
F076	40x110	12.2	92.9	14678	16598	725	16732
F077	40x110	12.7	66.3	12998	11373	702	13873
F078	40x110	12.4	74.2	13385	13832	696	14563
F079	40x110	12.1	83.3	14304	14257	699	15039
F080	40x110	12.7	46.6	11750	9259	754	14579



Faggio - continua

ID	Sezione Nominale (mm ²)	Umidità del legno (%)	Resistenza a flessione (MPa)	Modulo elastico globale (MPa)	Modulo elastico locale (MPa)	Densità (kg/m ³)	Modulo elastico dinamico (MPa)
F081	40x110	11.7	84.0	13390	14397	657	12636
F082	40x110	12.2	70.8	14755	14971	717	15954
F083	40x110	12.8	28.7	11369	11802	717	12641
F084	40x110	12.3	37.0	11617	10501	718	13315
F085	40x110	12.7	55.2	13231	12367	696	12670
F086	40x110	12.5	62.1	12141	11356	765	13437
F087	40x110	12.2	73.7	12972	14726	697	13639
F088	40x110	12.1	88.7	13421	14498	703	14753
F089	40x110	12.5	74.3	12879	13958	684	13518
F090	40x110	12.9	72.6	12414	12793	671	12940
F091	40x110	12.8	72.9	12770	13566	672	13405
F092	40x110	12.3	73.3	13700	13248	701	14261
F093	40x110	12.1	28.1	11392	10142	703	12595
F094	40x110	12.4	45.5	10443	7485	727	11894
F095	40x110	12.6	83.9	14105	14639	692	13577
F096	40x110	12.6	81.3	13597	14283	734	13051
F097	40x110	12.7	85.5	13848	14092	721	13569
F098	40x110	12.7	43.4	11467	11228	716	12485
F099	40x110	12.4	63.7	12627	13467	663	12678
F100	40x110	12.8	35.5	10723	9352	694	11866
F101	40x110	12.6	40.0	13087	14692	723	13813
F102	40x110	12.8	38.3	11677	13417	768	14646
F103	40x110	12.4	59.0	11288	12663	736	12823
F104	40x110	12.6	47.2	12149	13326	769	11702
F105	40x110	12.2	80.1	12691	14127	726	14619
F106	40x110	12.6	81.4	14701	14454	771	16551
F107	40x110	12.3	56.1	11100	12991	742	12996
F108	40x110	12.8	61.6	11871	10840	782	14581
F109	40x110	12.6	71.9	12652	13914	679	14188
F110	40x110	12.1	81.8	15156	16569	724	14314
F111	40x110	11.9	82.6	13961	14821	697	13729
F112	40x110	12.2	61.5	13733	14593	704	13212
F113	40x110	12.4	45.6	14172	14916	709	13926
F114	40x110	12.4	28.9	11723	13253	741	13912
F115	40x110	12.3	91.8	14884	15817	759	14538
F116	40x110	12.0	60.9	11911	11692	722	13653
F117	40x110	12.6	67.7	14116	14629	702	14856
F118	40x110	11.7	65.9	10991	11185	699	13157
F119	40x110	12.2	88.6	14082	15365	726	14641
F120	40x110	12.0	94.0	14011	14617	691	13643



CERRO

ID	Sezione Nominale (mm ²)	Umidità del legno (%)	Resistenza a flessione (MPa)	Modulo elastico globale (MPa)	Modulo elastico locale (MPa)	Densità (kg/m ³)	Modulo elastico dinamico (MPa)
Q001	35x100	12.8	62.7	14947	16369	855	17212
Q002	35x100	12.0	58.9	18014	18848	822	20081
Q003	35x100	12.5	69.6	16214	16416	873	19614
Q004	35x100	12.7	58.9	15914	14627	867	18323
Q005	35x100	12.6	70.3	18344	17588	858	19925
Q006	35x100	11.6	28.6	11361	12280	875	15076
Q007	35x100	11.9	98.3	16684	17197	746	19285
Q008	35x100	12.0	39.9	14820	13998	829	18754
Q009	35x100	12.0	66.1	16283	16914	851	21523
Q010	35x100	12.4	89.3	15996	16629	808	17175
Q011	35x100	12.8	88.6	16912	17169	911	19880
Q012	35x100	12.3	71.1	18400	19786	859	21163
Q013	35x100	12.2	98.1	17906	18963	864	20530
Q014	35x100	12.1	104.6	15674	14774	802	18322
Q015	35x100	12.4	39.2	15547	15800	839	18129
Q016	35x100	12.1	77.1	17695	17788	857	18339
Q017	35x100	12.2	75.5	13502	12539	824	14757
Q018	35x100	11.6	97.2	18618	20679	855	22613
Q019	35x100	12.0	91.4	17293	18257	832	19728
Q020	35x100	12.1	109.9	20106	20948	821	21373
Q021	35x100	12.5	52.9	14345	12919	827	18893
Q022	35x100	12.5	27.3	12507	10501	840	17631
Q023	35x100	12.5	47.8	13352	12711	832	15520
Q024	35x100	11.6	105.0	18740	20350	752	19656
Q025	35x100	12.6	28.1	11224	8216	841	16748
Q026	35x100	11.7	89.7	16249	16715	800	19770
Q027	35x100	11.7	84.9	17065	17702	801	20807
Q028	35x100	12.1	39.5	12035	10839	789	17832
Q029	35x100	-	-	-	-	-	-
Q030	35x100	-	-	-	-	-	-
Q031	35x100	-	-	-	-	-	-
Q032	35x100	12.2	73.4	16569	14868	825	18367
Q033	35x100	11.8	112.8	17024	18026	831	18681
Q034	35x100	-	-	-	-	-	-
Q035	35x100	11.7	94.7	16097	16079	831	19126
Q036	35x100	-	-	-	-	-	-
Q037	35x100	11.5	57.1	15962	17115	786	20504
Q038	35x100	12.0	54.0	12716	14292	814	18728
Q039	35x100	12.4	54.0	13502	12321	849	17072
Q040	35x100	12.2	87.9	15499	18999	822	18701



Cerro - continua

ID	Sezione Nominale (mm ²)	Umidità del legno (%)	Resistenza a flessione (MPa)	Modulo elastico globale (MPa)	Modulo elastico locale (MPa)	Densità (kg/m ³)	Modulo elastico dinamico (MPa)
Q041	35x100	12.4	47.4	14019	13461	800	15821
Q042	35x100	12.5	76.4	11026	12099	837	13189
Q043	35x100	12.2	87.7	21085	23184	908	24378
Q044	35x100	12.4	65.0	10148	10626	866	13069
Q045	35x100	12.3	80.9	18181	17504	887	20136
Q046	35x100	12.2	113.7	22291	24105	895	24520
Q047	35x100	11.8	43.5	14328	14004	847	16015
Q048	35x100	11.6	90.0	15662	14218	821	19621
Q049	35x100	11.5	85.8	16766	17885	751	18195
Q050	35x100	11.9	107.8	18427	20375	837	21213
Q051	80x80	16.6	38.4	15414	13586	917	20592
Q052	80x80	16.1	77.4	16172	17285	892	17861
Q053	80x80	16.8	73.1	19545	19413	888	20356
Q054	80x80	15.6	51.0	11886	10248	834	14804
Q055	80x80	16.3	86.1	18023	17844	835	18729
Q056	80x80	14.1	87.6	19561	17880	852	19796
Q057	80x80	18.6	84.6	17349	17112	840	18597
Q058	80x80	16.1	78.1	14504	15338	887	15834
Q059	80x80	12.6	89.2	19102	18818	805	18492
Q060	80x80	12.5	84.6	18369	19341	807	18177
Q061	80x80	15.8	76.6	17813	17947	864	20624
Q062	80x80	13.3	112.2	18603	20492	837	18791
Q063	80x80	14.5	36.4	12715	11269	855	13393
Q064	80x80	15.4	60.1	13276	12002	846	14389
Q065	80x80	16.5	44.3	12140	10211	827	14974
Q066	80x80	14.2	73.2	15647	16143	794	17167
Q067	80x80	17.7	69.6	17303	16090	905	17791
Q068	80x80	15.4	51.7	15669	14101	831	17564
Q069	80x80	14.3	72.4	15287	13594	883	18052
Q070	80x80	12.8	96.2	19627	18057	842	19195
Q071	80x80	12.7	78.5	17846	16919	843	20783
Q072	80x80	16.6	74.7	16499	16493	847	17372
Q073	80x80	17.6	56.3	12652	12707	826	15435
Q074	80x80	15.3	84.9	15843	16760	803	16616
Q075	80x80	15.9	76.6	15060	13641	832	17209
Q076	80x80	16.8	66.4	14047	15674	845	15712
Q077	80x80	12.5	75.8	18094	17400	796	17335
Q078	80x80	17.8	41.6	12658	12699	866	15676
Q079	80x80	17.7	51.0	14535	11828	873	15758
Q080	80x80	14.8	93.6	18586	20494	858	18263



Cerro - continua

ID	Sezione Nominale (mm ²)	Umidità del legno (%)	Resistenza a flessione (MPa)	Modulo elastico globale (MPa)	Modulo elastico locale (MPa)	Densità (kg/m ³)	Modulo elastico dinamico (MPa)
Q081	80x80	14.8	85.6	16419	17178	858	19558
Q082	80x80	14.1	38.4	12214	9063	867	16890
Q083	80x80	14.3	76.0	15980	15425	822	18808
Q084	80x80	16.9	73.3	15608	15140	820	18978
Q085	80x80	16.1	69.6	15372	14715	905	15998
Q086	80x80	17.0	57.0	13635	13643	815	16456
Q087	80x80	12.3	64.2	15777	14092	879	16913
Q088	80x80	14.5	100.7	19738	20802	835	20166
Q089	80x80	14.0	53.4	14366	15330	856	15599
Q090	80x80	14.0	88.3	19150	19381	837	18597
Q091	120x120	20.7	44.2	12782	14521	811	15121
Q092	120x120	19.2	72.6	16776	18620	919	16508
Q093	120x120	20.7	67.9	15382	16801	869	16776
Q094	120x120	24.4	59.4	15242	17808	869	17886
Q095	120x120	14.8	77.4	15806	18020	841	17630
Q096	120x120	24.6	68.9	17363	19971	846	19911
Q097	120x120	15.5	80.9	17378	16987	810	17386
Q098	120x120	19.0	69.2	16574	18964	926	19714
Q099	120x120	20.5	67.1	16395	17440	797	18433
Q100	120x120	23.0	67.0	16857	17609	832	18554
Q101	120x120	25.3	75.7	14472	14967	859	17270
Q102	120x120	25.9	70.2	17560	17598	864	22138
Q103	120x120	22.3	73.4	16400	16447	849	17475
Q104	120x120	18.6	72.6	16667	17857	812	17779
Q105	120x120	22.3	65.9	15025	14465	876	16764
Q106	120x120	21.2	72.8	15043	15376	784	15579
Q107	120x120	22.7	73.0	15257	16737	845	17385
Q108	120x120	23.1	41.6	12988	13037	853	16292
Q109	120x120	19.7	45.1	12362	12198	855	13151
Q110	120x120	19.8	73.4	15761	17624	884	16203
Q111	120x120	23.2	77.6	15788	15164	850	19189
Q112	120x120	-	-	-	-	-	-
Q113	120x120	21.1	63.4	16757	18269	907	20648
Q114	120x120	19.0	79.0	16476	17110	861	18351
Q115	120x120	21.2	61.0	14759	16953	881	17643
Q116	120x120	19.8	73.3	16789	19005	885	20347
Q117	120x120	22.4	55.1	13714	12757	829	16877
Q118	120x120	19.1	64.2	15894	16398	769	18451
Q119	120x120	-	-	-	-	-	-
Q120	120x120	24.0	55.3	14677	16902	835	16233