

TIPO DI OPERAZIONE

16.1.01 - Gruppi operativi del partenariato europeo per la produttività e la sostenibilità dell'agricoltura

DELIBERAZIONE DELLA GIUNTA REGIONALE N. 2144 DEL 10/12/2018

FOCUS AREA 3A 5E

RELAZIONE TECNICA INTERMEDIA FINALE

DOMANDA DI SOSTEGNO 5111618

DOMANDA DI PAGAMENTO

Titolo Piano	Innovazioni in ForEStA E nel Legno per la sostenibilità ambientale. Gestione forestale, prodotti e processi innovativi per l'incremento dei depositi di carbonio (WOOD carbon storage)
Ragione sociale del proponente (soggetto mandatario)	COOPERATIVA TERRITORIO AMBIENTE MONTANO ACQUACHETA RABBI -(C.T.A.) - SOCIETA' COOPERATIVA AGRICOLA

Durata originariamente prevista del progetto (in mesi)	30 mesi
Data inizio attività	01/05/2021
Data termine attività (incluse eventuali proroghe già concesse)	24/02/2024

Relazione relativa al periodo di attività dal	01/05/2021	24/02/2024
Data rilascio relazione	18/04/2024	

Autore della relazione	Enrico Neri		
telefono		email	enrico.neri@coopcta.com

Sommario

1 - Descrizione dello stato di avanzamento del Piano	3
1.1 Stato di avanzamento delle azioni previste nel Piano	3
2 - Descrizione per singola azione	5
2.1 Attività e risultati	5
2.2 Personale	9
2.8 Collaborazioni, consulenze, altri servizi	9
2.7 Attività di formazione	11
3 - Criticità incontrate durante la realizzazione dell'attività	11
4 - Altre informazioni	12
5 - Considerazioni finali	12
6 - Relazione tecnica	12

1 - Descrizione dello stato di avanzamento del Piano

Descrivere brevemente il quadro di insieme relativo alla realizzazione del piano.

<p>Il piano d'innovazione "i Feel Wood" si poneva l'obiettivo di fornire una risposta concreta alla problematica del cambiamento climatico sia mediante la messa a punto di pratiche di gestione forestale innovative in grado di minimizzare l'impatto ambientale sull'ecosistema forestale sia tramite lo studio di prodotti e sottoprodotti a elevata capacità di stoccaggio del carbonio. Il contesto di riferimento del piano è partito dalla gestione della foresta e si è ampliato fino alle potenziali applicazioni del legno e delle biomasse in generale, che contribuiscono allo stoccaggio del carbonio nel tempo.</p> <p>L'obiettivo generale del presente Piano di Innovazione è stato quello di fornire una risposta concreta alla problematica del cambiamento climatico, sia mediante la messa a punto di pratiche di gestione forestale innovative in grado di minimizzare l'impatto ambientale sull'ecosistema forestale, sia tramite lo studio di prodotti e sottoprodotti a elevata capacità di stoccaggio del carbonio. Le attività realizzate hanno previsto lo studio della filiera dalla fase di gestione delle pratiche forestali fino alle applicazioni e alla valorizzazione del legno prodotto. Particolare attenzione è stata riposta al tema ambientale sia per la preservazione del contesto forestale di riferimento sia per la fissazione del carbonio sequestrato mediante l'individuazione di impieghi e applicazioni con un lungo orizzonte temporale.</p> <p>I Feel Wood ha previsto i seguenti obiettivi specifici:</p> <ul style="list-style-type: none"> • innovazione nella progettazione e organizzazione delle utilizzazioni forestali per un basso impatto ambientale e per l'introduzione di sistemi per la gestione della qualità totale negli interventi sui soprassuoli boschivi; • incremento del potenziale di carbon sink dei soprassuoli a prevalenza di pino nero e di latifoglia; • riduzione degli impatti delle operazioni forestali; • miglioramento del livello di sicurezza degli operatori; • sviluppo di nuove filiere corte, alternative all'uso energetico, nell'ottica di attivare economie

1.1 Stato di avanzamento delle azioni previste nel Piano

Azione	Unità aziendale responsabile	Tipologia attività	Mese inizio attività previsto	Mese inizio attività effettivo	Mese termine attività previsto	Mese termine attività effettivo
ESERCIZIO DELLA COOPERAZIONE	CTA - UNIFI	Funzionamento e gestione del GO	Lug. 19	Mag. 21	Mar. 22	Feb. 24
STUDI NECESSARI ALLA REALIZZAZIONE DEL PIANO	CTA	Costi relativi all'analisi organizzative delle strutture coinvolte	Lug.19	Mag. 21	Set. 21	Set. 22
3.1 - DEFINIZIONE E ATTUAZIONE DI OPZIONI INNOVATIVE DI GESTIONE FORESTALE TRAMITE UTILIZZAZIONI A BASSO IMPATTO E IN SICUREZZA	CTA	Test analisi di laboratorio	Gen. 20	Lug. 21	Mar. 21	Feb.23
3.2 - INDIVIDUAZIONE E SPERIMENTAZIONE DI NUOVI PRODOTTI DI LEGNO MASSICCIO: SEGATI PER USO STRUTTURALE	UNIFI	Test analisi di laboratorio	Lug. 20	Feb. 22	Dic. 21	Dic. 23
3.3 - INDIVIDUAZIONE E SPERIMENTAZIONE DI NUOVI PRODOTTI IN LEGNO TONDO PER USI DIVERSI	UNIFI	Test analisi di laboratorio	Lug. 20	Non realizzata	Dic. 21	Non realizzata

3.4 – SPERIMENTAZIONE DEGLI IMPIEGHI NON ENERGETICI DI PRODOTTI LEGNOSI RIDOTTI IN SCAGLIE	CTA	Investimenti funzionali alla realizzazione del piano	Lug. 20	Non realizzata	Dic. 21	Non realizzata
DIVULGAZIONE	CTA	Divulgazione	Gen. 21	Lug. 21	Marz.22	Feb.24

2 - Descrizione per singola azione

2.1 Attività e risultati

Azione	1. ESERCIZIO DELLA COOPERAZIONE
Unità aziendale responsabile	CTA – UNIFI
Descrizione delle attività	<p><i>descrizione delle attività svolte per il raggiungimento degli obiettivi previsti dall'azione</i></p> <p>L'obiettivo perseguito dalla presente azione è rappresentato dalla realizzazione di una forma organizzata di cooperazione al fine di coadiuvare e favorire lo sviluppo e l'implementazione delle azioni programmate. Sono state realizzate riunioni con i diversi attori coinvolti in modo da monitorare lo stato di avanzamento del progetto e per rilevare eventuali criticità manifestatesi nel corso di realizzazione delle attività. Il coordinamento è stato effettuato come previsto dall' Università degli Studi di Firenze – DAGRI e da CTA.</p>
Grado di raggiungimento degli obiettivi, scostamenti rispetto al piano di lavoro, criticità evidenziate	<p><i>descrivere in che misura sono stati raggiunti gli obiettivi previsti, giustificando eventuali scostamenti dal progetto originario. Analizzare eventuali criticità tecnico scientifiche emerse durante l'attività</i></p> <p>Gli obiettivi previsti sono stati ampiamente realizzati e lo svolgimento dell'attività di esercizio della cooperazione ha consentito di arrivare ad una corretta implementazione del piano e delle attività previste.</p>
Attività da realizzare	<i>Attività Terminata</i>

Azione	2. STUDI NECESSARI ALLA REALIZZAZIONE DEL PIANO (DI MERCATO, DI FATTIBILITÀ, PIANI AZIENDALI, ECC.)
Unità aziendale responsabile	CTA
Descrizione delle attività	<p><i>descrizione delle attività svolte per il raggiungimento degli obiettivi previsti dall'azione</i></p> <p>L'azione studi rappresenta l'attività preliminare all'implementazione del proseguo del piano di innovazione ed assume importanza determinante per il corretto raggiungimento degli obiettivi individuati. L'analisi condotta oltre a mettere in evidenza le implicazioni tecnico-organizzative delle innovazioni messe appunto nelle successive fasi ha previsto anche un'analisi di mercato per valutare eventuali sbocchi commerciali e destinazioni per la valorizzazione dei prodotti sviluppati. L'attività condotta da CTA e Artemis ha portato alla redazione di un report in allegato</p>
Grado di raggiungimento degli obiettivi, scostamenti rispetto al piano di lavoro, criticità evidenziate	<p><i>descrivere in che misura sono stati raggiunti gli obiettivi previsti, giustificando eventuali scostamenti dal progetto originario. Analizzare eventuali criticità tecnico scientifiche emerse durante l'attività</i></p> <p>L'azione è stata portata a termine come previsto consentendo il pieno raggiungimento degli obiettivi preposti. Sotto il profilo delle implicazioni tecnico-scientifiche non si rilevano criticità rispetto a quanto inizialmente programmato.</p>
Attività da realizzare	<i>Attività Terminata</i>
Azione	3.1 - Definizione e attuazione di opzioni innovative di gestione forestale tramite utilizzazioni a basso impatto e in sicurezza
Unità aziendale responsabile	CTA

Descrizione delle attività	<p><i>descrizione delle attività svolte per il raggiungimento degli obiettivi previsti dall'azione</i></p> <p>L'azione in oggetto è stata incentrata sull'implementazione di "buone pratiche" per la gestione forestale, con l'obiettivo di conservare e aumentare le riserve di carbonio. A tal fine sono stati progettati nuovi piani di utilizzazione forestale mediante la realizzazione di cantieri sperimentali che utilizzano la gru a cavo, rispettando le normative forestali e seguendo gli standard di gestione del bosco. Queste innovazioni tecnologiche hanno consentito di estendere l'area in cui è possibile gestire le foreste in modo sostenibile, permettendo interventi selvicolturali altrimenti non praticabili con i metodi tradizionali.</p> <p>I principali elementi tenuti in considerazione per la messa a punto delle buone pratiche sono rappresentati da:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Individuazione delle fasi e dei fattori che costituiscono i lavori di utilizzazione delle foreste • Pianificazione dei lavori • Sistemi di lavoro • Criteri e scelta dei sistemi di esbosco <p>In corso di realizzazione sono emerse criticità connesse alla certificazione forestale per i prodotti oggetti del piano, per cui non si è proceduto con tale attività in capo al fornitore CESECO. È stata invece condotta un'analisi e una mappatura dei processi aziendali a carico di CTA su supervisione di SV Certification.</p>
Grado di raggiungimento degli obiettivi, scostamenti rispetto al piano di lavoro, criticità evidenziate	<p><i>descrivere in che misura sono stati raggiunti gli obiettivi previsti, giustificando eventuali scostamenti dal progetto originario. Analizzare eventuali criticità tecnico-scientifiche emerse durante l'attività</i></p> <p>L'azione è stata portata a termine come da programmazione pertanto non si rilevano scostamenti rispetto al progetto originario. Gli obiettivi pienamente raggiunti sono individuabili principalmente nell'individuazione e alla messa a punto di pratiche di gestione forestale innovative in grado di minimizzare l'impatto ambientale delle operazioni effettuate mediante l'impiego di sistemi di esbosco innovativi finalizzati alla tutela dei suoli forestali e del loro sink di carbonio.</p>
Attività ancora da realizzare	<i>Attività terminata</i>

Azione	3.2 Individuazione e sperimentazione di nuovi prodotti di legno massiccio: segati per uso strutturale
Unità aziendale responsabile	UNIFI
Descrizione delle attività	<p><i>descrizione delle attività svolte per il raggiungimento degli obiettivi previsti dall'azione</i></p> <p>L'azione in oggetto ha previsto una sperimentazione di prodotti di legno massiccio per uso strutturale con legno di pino nero, faggio o querce in base al soprassuolo in utilizzazione. I tronchi forniti da CTA sotto la supervisione del DAGRI che ha direttamente verificato la corretta impostazione delle operazioni, anche in termini di sicurezza, sono stati selezionati sulla base delle caratteristiche richieste e successivamente utilizzati dal medesimo organismo di ricerca per condurre le prove previste.</p> <p>L'obiettivo di questa parte della ricerca ha riguardato la verifica della possibilità e della potenzialità di un eventuale impiego in edilizia per uso strutturale del legno di pino nero in formato "Uso Fiume", un prodotto che in Europa non è coperto dal campo di applicazione di una norma armonizzata e delle travi a spigolo vivo di legno di ontano, un materiale notoriamente non impiegato per questo tipo di destinazione d'uso né in Italia né nel resto d'Europa. Una delle finalità principali di questa ricerca è confrontare i risultati ottenuti dalle prove statiche e dinamiche, al fine di valutare l'efficacia degli strumenti impiegati, tra cui il Sylvatest e il Timber Grader MTG, nel prevedere le proprietà meccaniche dei segati sottoposti ad analisi, attraverso la ricerca di correlazioni che si possono trovare tra i parametri misurati.</p>

Grado di raggiungimento degli obiettivi, scostamenti rispetto al piano di lavoro, criticità evidenziate	<p><i>descrivere in che misura sono stati raggiunti gli obiettivi previsti, giustificando eventuali scostamenti dal progetto originario. Analizzare eventuali criticità tecnico-scientifiche emerse durante l'attività</i></p> <p>Gli obiettivi previsti nel Piano GO sono stati interamente raggiunti, senza particolari criticità.</p> <p>La corretta e piena realizzazione delle attività previste dalla presente azione hanno consentito di raggiungere gli obiettivi preposti validando le ipotesi alla base. Nello specifico le prove meccaniche condotte sui due campioni sono state condotte con buon esito, per cui è possibile affermare che il materiale in oggetto si presta pienamente per uso strutturale.</p>
Attività ancora da realizzare	<i>Attività terminata</i>

Azione	3.3 - Individuazione e sperimentazione di nuovi prodotti in legno tondo per usi diversi
Unità aziendale responsabile	UNIFI
Descrizione delle attività	<p>descrizione delle attività svolte per il raggiungimento degli obiettivi previsti dall'azione</p> <p>Obiettivo della presente azione era quello di sperimentare una produzione di legno tondo di pino, quercia, faggio e carpino per realizzare prodotti idonei all'impiego in ambito rurale e/o urbano: legno tondo grezzo con o senza corteccia per interventi di ingegneria naturalistica (consolidamento versanti franosi e scarpate, terrazzamenti, sponde, opere fluviali, grate, briglie ecc.), legno tondo senza corteccia tornito o non tornito per paleria per uso rurale (paleria per vigneti e frutteti, recinzioni di contenimento ecc.), legno tondo tornito per giardini e arredo urbano (staccionate per recinzioni, sistemi di protezione, elementi per l'arredo), rotelle di legno tondo colorato artificialmente per manufatti per uso artistico.</p> <p>Le attività svolte sono partite dalla prova effettuata da CTA per l'applicazione dell'impregnante, che non ha avuto un buon esito e nel giro di un periodo relativamente breve sono comparsi fenomeni di marciume tali da rendere non realizzabili i prototipi previsti.</p> <p>Le analisi condotte da UNIFI hanno comunque permesso di teorizzare e di definire gli aspetti tecnici e di validare l'utilizzo del materiale ligneo per gli impieghi ipotizzati. Tuttavia le implicazioni tecniche emerse soprattutto per la fase di impregnazione, fondamentale per conferire la giusta durabilità artificiale dei manufatti, hanno di fatto evidenziato le criticità per la sperimentazione del processo all'interno del contesto aziendale. Si è dunque valutato di non procedere con la realizzazione dei prototipi previsti da parte di CTA.</p> <p>Per maggiori approfondimenti fare riferimento agli elaborati tecnici prodotti.</p>
Grado di raggiungimento degli obiettivi, scostamenti rispetto al piano di lavoro, criticità evidenziate	<p><i>descrivere in che misura sono stati raggiunti gli obiettivi previsti, giustificando eventuali scostamenti dal progetto originario. Analizzare eventuali criticità tecnico-scientifiche emerse durante l'attività</i></p> <p>L'azione prevedeva la realizzazione dei manufatti (prototipi) su cui effettuare le prove sperimentali e le analisi specifiche, che per le ragioni sopra descritte non sono stati realizzati. Le analisi condotte da UNIFI hanno comunque reso possibile la validazione dell'applicazione e la teorizzazione del processo individuato per superare le criticità riscontrate nella fase di impregnazione. Tuttavia la complessità logistica e l'impatto economico necessario per adeguare i processi produttivi di CTA, hanno di fatto interrotto la sperimentazione sulla realizzazione del prototipo. L'obiettivo pertanto non è stato pienamente raggiunto ma i dati e le indagini effettuate dall'organismo scientifico hanno comunque consentito di validare l'impiego del materiale ligneo in oggetto, anche se con specifiche dotazioni e processi ad oggi non implementabili per CTA.</p>
Attività ancora da realizzare	<i>Attività terminata</i>
Azione	3.4 - Sperimentazione degli impieghi non energetici di prodotti legnosi ridotti in scaglie
Unità aziendale responsabile	

Descrizione delle attività	<p>descrizione delle attività svolte per il raggiungimento degli obiettivi previsti dall'azione</p> <p>Obbiettivo della presente azione era quello di individuare degli impieghi per impiegare il materiale non idoneo per le finalità di cui alle precedenti azioni e/o per valorizzare gli scarti da lavorazione.</p> <p>L'attività condotta ha consentito di raccogliere il materiale legnoso derivante principalmente dagli sfridi di lavorazione ottenuti dalle prove effettuate nella precedente fase, ridurlo in cippato mediante l'utilizzo di una cippatrice e di depositarlo in contenitori per lo stoccaggio. L'azione prevedeva inoltre delle operazioni di rimescolamento del cippato per agevolare la perdita di umidità, operazione che non è stata effettuata a causa delle criticità logistiche e del costo da sostenere. A seguito delle analisi condotte da UNIFI è emerso che il materiale stoccato è stato oggetto di attacchi da parte di varie specie fungine: funghi dell'azzurramento (comprese le muffe superficiali), funghi agenti della caria bruna e carie bianca. Gli esiti di tali attacchi hanno reso non percorribile la pratica dell'impiego del materiale per gli usi previsti.</p> <p>Per maggiori approfondimenti fare riferimento agli elaborati tecnici prodotti.</p>
Grado di raggiungimento degli obiettivi, scostamenti rispetto al piano di lavoro, criticità evidenziate	<p><i>descrivere in che misura sono stati raggiunti gli obiettivi previsti, giustificando eventuali scostamenti dal progetto originario. Analizzare eventuali criticità tecnico-scientifiche emerse durante l'attività</i></p> <p>Come anticipato nella descrizione dell'attività, non è stato possibile portare a termine le analisi e le prove previste a causa di una problematica tecnica dovuta alla presenza di muffe e funghi nel materiale stoccato. Gli obiettivi previsti pertanto non sono stati raggiunti nella loro interezza, ma al netto delle criticità gestionali dovute alla presenza di umidità nel materiale, l'attività del DAGRI ha comunque consentito di mantenere le ipotesi alla base dell'azione, pur rendendo necessarie ulteriori indagini e sperimentazioni allo scopo di ridurre i risvolti problematici ai fini degli impieghi finali e della commercializzazione .</p>
Attività ancora da realizzare	<i>Attività terminata</i>

Azione	DIVULGAZIONE
Unità aziendale responsabile	UNIFI
Descrizione delle attività	<p><i>descrizione delle attività svolte per il raggiungimento degli obiettivi previsti dall'azione</i></p> <p>Il piano d'innovazione ha previsto anche un azione specifica tesa alla divulgazione dei contenuti e soprattutto dei risultati ottenuti. In primo luogo è stato pubblicato sul sito web di CTA una specifica sezione dedicata al progetto e ai risultati contenuti.</p> <p>Inoltre sono stati organizzati i seguenti incontri annuali al fine di informare stakeholder e operatori sullo stato di avanzamento del progetto:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Incontro divulgativo progetto: 23/07/2021 • Incontro divulgativo progetto: 20/05/2022 • Incontro divulgativo progetto: 16/06/2023 <p>A conclusione del progetto al fine di trasferire i risultati raggiunti e fare il punto sulla sperimentazione portata a termine, anche per favorire ulteriori ricerche e approfondimenti è stato realizzato un Seminario Finale in data 23/02/2024.</p> <p>Sono inoltre stati realizzati delle pagine informative sui siti web e un articolo su una rivista di settore.</p>
Grado di raggiungimento degli obiettivi, scostamenti rispetto al piano di lavoro, criticità evidenziate	<p><i>descrivere in che misura sono stati raggiunti gli obiettivi previsti, giustificando eventuali scostamenti dal progetto originario. Analizzare eventuali criticità tecnico-scientifiche emerse durante l'attività</i></p> <p>Le attività divulgative poste in essere hanno consentito di raggiungere il pubblico di riferimento portando all'attenzione gli elementi cruciali e innovativi delle azioni poste in essere. Non si rilevano pertanto criticità tecnico -scientifiche.</p>
Attività ancora da realizzare	<i>Attività terminata</i>

2.2 Personale

Elencare il personale impegnato, il cui costo è portato a rendiconto, descrivendo sinteticamente l'attività svolta. Non includere le consulenze specialistiche, che devono essere descritte a parte.

Cognome e nome	Mansione/qualifica	Attività svolta nell'azione	Ore	Costo
	Impiegato	Referente Piano	228	6.156,00
	Impiegato	Analisi di Mercato	290	7.830,00
	Operaio	Test e Prove	173	3.373,50
	Operaio	Test e Prove	167	3.256,50
	Prof.Associato		217	10392
	Prof. Associato	Ricercatore	33	2284
	RTD B	Ricercatore	53	1627,5
	Assegno di ricerca	Ricercatore	1702	22465,92
			Totale:	57385,42

2.3 Trasferte

NOME E COGNOME	Descrizione	Costo
	AREE DI SAGGIO IN BOSCO	€ 35,00
	RILIEVO CAMPIONARIO IN AREE DI SAGGIO PER ACQUISIZIONI DENDROMETRICHE	€ 39,07
	RILIEVO CAMPIONARIO IN AREE DI SAGGIO PER ACQUISIZIONI DENDROMETRICHE	€ 35,66
	VISITA AI CANTIERI FORESTALI DELLA COOPERATIVA CTA	€ 88,02
	ASSISTENZA SEGAGIONE PRESSO SEGHERIA E CONTROLLO QUALITA' TROCHI	€ 89,50

	ATTIVITA' DI DIVULGAZIONE E PROMOZIONE DEI RISULTATI PARZIALI DELLE RICERCHE IN CORSO SUI PRODOTTI A BASE DI LEGNO	€	174,12
	COLLOQUI CON AZIENDE SULLE POTENZIALITA' DI IMPIEGO DEI LEGNI DELLA REGIONE E DIVULGAZIONE DEI RISULTATI PARZIALI DELLE RICERCHE IN CORSO SUI PRODOTTI A BASE DI LEGNO DI PRODUZIONE LOCALE	€	39,90
	CONVEGNO FINALE DI CHIUSURA RICERCA E DIU PRESENTAZIONE RISULTATI	€	96,59
	CONVEGNO FINALE DI CHIUSURA RICERCA E DIU PRESENTAZIONE RISULTATI	€	85,16
Totale:		€	683,02

2.8 Collaborazioni, consulenze, altri servizi

CONSULENZE - PERSONE FISICHE

Nominativo del consulente	Importo contratto	Attività realizzate / ruolo nel progetto	Costo
Totale:			€

CONSULENZE – SOCIETÀ

Ragione sociale della società di consulenza	Referente	Importo contratto	Attività realizzate / ruolo nel progetto	Costo
ARTEMIS S.R.L.		20.000	Studio di fattibilità	20.000
SV CERTIFICATION SAGL		21.500	Elaborazione linee guida	21.500
Totale:				41.500

2.7 Attività di formazione

Descrivere brevemente le attività già concluse, indicando per ciascuna: ID proposta, numero di partecipanti, spesa e importo del contributo richiesto

Di seguito si riporta una tabella con le attività

ID Domanda GOI	Titolo	proposta	importo formazione totale	stato proposta	durata	tipologia
5111618	I FEEL WOOD	5111919	€ 28.369,56	Approvata – non svolta	65	formazione
		5111921		Approvata – non svolta	5gg	Austria
		5206637		Approvata – svolta	43	formazione
		5225119		Approvata - svolta	44	formazione

Sono state realizzate le seguenti attività formative, che hanno portato ad una riduzione del totale e quindi del contributo:

- Attività al 80%: Totale € 25.474,00 Contributo € 20.379,23
- **Totale € 25.474,00** Contributo € 20.379,23

3 - Criticità incontrate durante la realizzazione dell'attività

Lunghezza max 1 pagina

Criticità tecnico-scientifiche	<p>Il piano d'innovazione "I Feel Wood" si contraddistingue per un approccio multidisciplinare che ha richiesto il coinvolgimento di diverse expertise per validare le innovazioni messe a punto sotto il profilo agro-forestale, ambientale e strutturale. L'organicità e l'ampiezza delle ricadute poste alla base delle azioni progettuali programmate, elemento distintivo e caratterizzante del piano d'innovazione, hanno determinato una maggior complessità dal punto di vista tecnico scientifico rendendo necessaria l'individuazione di applicazioni e impieghi che fossero coerenti con il contesto territoriale di riferimento per il progetto.</p> <p>Sotto il profilo prettamente tecnico le specificità di CTA hanno rappresentato una criticità soprattutto in relazione all'azione 3.3 e 3.4. Nel primo caso le indagini condotte da UNIFI hanno evidenziato la necessità di avere a disposizione ambienti idonei per un processo di impermeabilizzazione profondo in grado di allungare la durabilità del legno utilizzato, anche in ottica di massimizzazione della quantità di stoccaggio di carbonio. La messa a punto di un processo simile, sebbene in via sperimentale, comporta necessariamente l'impiego di risorse economiche significative e la riorganizzazione dei processi dal punto di vista logistico e procedurale. Tali adattamenti sono risultati non applicabili su CTA e hanno di fatto limitato gli obiettivi e i risultati raggiunti su tale azione. Allo stesso modo sull'azione 3.4 ha impattato negativamente un vincolo organizzativo/logistico di CTA: per consentire una corretta essiccazione degli sfridi e degli scarti di lavorazione in modo naturale, senza il ricorso ad attrezzature esterne, è necessario uno stoccaggio attivo con un continuo rimescolamento del materiale legnoso in modo da indurre un'asciugatura ottimale evitando la formazione di muffe e funghi. Tale lavorazione tuttavia risulta piuttosto impegnativa e onerosa a livello di manodopera necessaria e pertanto non è applicabile al contesto di CTA. Le due criticità sopraesposte hanno di fatto limitato i risultati conseguiti senza tuttavia compromettere la validità del piano presentato.</p>
---------------------------------------	---

Criticità gestionali (ad es. difficoltà con i fornitori, nel reperimento delle risorse umane, ecc.)	Lo sviluppo del piano d'innovazione in oggetto ha visto alcune criticità gestionali nelle fasi iniziali, periodo che si è sostanzialmente sovrapposto alle fasi più acute dell'emergenza sanitaria dovuta alla diffusione del COVID-19. E' evidente che il turbamento generato da una situazione non prevedibile e di portata rilevante ha di fatto posticipato l'avvio del progetto rendendo difficile la programmazione delle attività in un contesto caratterizzato da una forte limitazione degli spostamenti e, in alcune fasi, anche delle attività lavorative considerate non fondamentali dai dispositivi di legge. Tale criticità ha reso necessaria una proroga per consentire la corretta realizzazione del piano, secondo quanto previsto.
Criticità finanziarie	Al netto di quanto già evidenziato sotto il profilo delle criticità tecniche, non si rilevano ulteriori criticità sotto il profilo finanziario.

4 - Altre informazioni

Riportare in questa sezione eventuali altri contenuti tecnici non descritti nelle sezioni precedenti

5 - Considerazioni finali

Riportare qui ogni considerazione che si ritiene utile inviare all'Amministrazione, inclusi suggerimenti sulle modalità per migliorare l'efficienza del processo di presentazione, valutazione e gestione di proposte da cofinanziare

Non si rilevano considerazioni che si ritiene utile inviare all'amministrazione

6 - Relazione tecnica

Descrivere le attività complessivamente effettuate, nonché i risultati innovativi e i prodotti che caratterizzano il Piano e le potenziali ricadute in ambito produttivo e territoriale

Il piano "I Feel Wood" ha previsto una serie di azioni funzionali all'introduzione di innovazioni nella progettazione e organizzazione degli interventi di gestione selvicolturale e utilizzazione dei soprassuoli forestali di pino nero e di latifolia, con l'implementazione di sistemi di esbosco per via aerea che rendano sicuri i lavori in bosco in genere, anche su aree oggi difficilmente trattabili per condizioni ambientali e pendenze. La migliore gestione boschiva ha portato a realizzare operazioni selvicolturali come i diradamenti, diversamente non sostenibili, così da ottenere un miglioramento dei soprassuoli diradati. In particolare: una stabilizzazione dei boschi, anche di fronte a eventi estremi, e un aumento della provvigione nel lungo periodo, con un proporzionale crescita del deposito di carbonio.

L'ottimizzazione di taglio ed esbosco hanno portato a una diminuzione delle emissioni di gas serra, diretta (es. gas di scarico) e indiretta (es. emissioni collegate a impatti su suolo e piante residue).

Mediante un impiego integrato di valorizzazione del legname, sono stati sviluppati nuovi prodotti, diversificati in base alle caratteristiche e alla specie. L'iniziativa ha portato ad un sequestro della CO2 prolungato nei prodotti ottenuti, tutti a basso tasso di lavorazione (minor emissioni CO2), e funzionali ad un impiego per fini strutturali (long-lived wood product – LLWP, con deposito di CO2 per più di 50 anni).

Le ricerche svolte nell'ambito di "I FEEL WOOD" consentono di prospettare nuovi e potenziali impieghi di legname che normalmente viene sottoutilizzato e non sufficientemente valorizzato, anche nella prospettiva di prolungare grandemente la vita utile dei manufatti, e come tale la capacità del legno di continuare a mantenere sequestrata al suo interno l'anidride carbonica utilizzata dall'albero per costruire i suoi tessuti lignei.

Riassumendo nel dettaglio le attività realizzate:

1. ESERCIZIO DELLA COOPERAZIONE

Azione propedeutica allo sviluppo del piano e necessaria per il coordinamento del partenariato. Sono stati organizzati incontri e riunioni per monitorare lo stato di avanzamento del progetto, analizzare eventuali criticità e individuare soluzioni correttive per il raggiungimento degli obiettivi.

2. STUDI NECESSARI ALLA REALIZZAZIONE DEL PIANO (DI MERCATO, DI FATTIBILITÀ, PIANI AZIENDALI, ECC.)

E' stata condotta un'analisi specifica per verificare gli aspetti tecnico-organizzativi necessari per l'implementazione del piano e delle innovazioni messe a punto. A completamento è stata realizzata un'analisi di mercato per valutare aspetti economici e commerciali connessi ai prodotti sviluppati.

3. 3.1 - DEFINIZIONE E ATTUAZIONE DI OPZIONI INNOVATIVE DI GESTIONE FORESTALE TRAMITE UTILIZZAZIONI A BASSO IMPATTO E IN SICUREZZA

Sono state messe a punto delle linee guida sulle buone pratiche per la gestione forestale mediante tecniche e strumenti innovativi che consentano di mantenere un basso impatto, anche in ottica di carbon foot print. Sono inoltre stati analizzati i processi aziendali

per individuare delle aree di miglioramento in ottica di efficientamento e soprattutto di sicurezza sul lavoro. Non è invece stato possibile procedere con l'analisi del processo necessario per la certificazione forestale poiché a seguito di verifiche e indagini tecniche è emerso che i prodotti alla base del piano non possedevano i requisiti essenziali per l'ottenimento di tali certificazioni.

4. **3.2 - INDIVIDUAZIONE E SPERIMENTAZIONE DI NUOVI PRODOTTI DI LEGNO MASSICCIO: SEGATI PER USO STRUTTURALE**
Sono state condotte delle prove sperimentali che hanno portato alla realizzazione del prototipo, che è stato successivamente analizzato e esaminato dall'organismo scientifico. Le azioni progettuali hanno portato all'individuazione del corretto processo di lavorazione e hanno validato il prototipo realizzato per fini strutturali.
5. **3.3 - INDIVIDUAZIONE E SPERIMENTAZIONE DI NUOVI PRODOTTI IN LEGNO TONDO PER USI DIVERSI**
E' stata condotta una prova di impregnazione che non ha prodotto esito positivo; il materiale trattato ha manifestato marciume e non conformità tali da rendere impossibile procedere con la realizzazione del prototipo per le successive analisi. L'organismo scientifico ha comunque effettuato delle indagini utili a verificare delle ipotesi di impiego del legno, e ha teorizzato il processo necessario per rendere il legno idoneo alla tipologia di utilizzo e per assicurarne la durabilità nel tempo.
6. **3.4 - SPERIMENTAZIONE DEGLI IMPIEGHI NON ENERGETICI DI PRODOTTI LEGNOSI RIDOTTI IN SCAGLIE**
Il materiale stoccato per la fase di asciugatura ha manifestato funghi e muffe, risultati anche dalle analisi condotte dall'organismo scientifico, che l'hanno reso di fatto non utilizzabile per lo sviluppo dei prototipi ipotizzati.
7. **DIVULGAZIONE**
Al fine di diffondere i risultati del piano d'innovazione e dare visibilità al piano I Feel Wood sono state poste in essere una serie di attività: Incontri annuali, seminario finale, pagine web informative, articolo su rivista specializzata.

Per quanto concerne i risultati innovativi ottenuti mediante la realizzazione del piano si rilevano diversi contributi sia sul fronte delle gestione agro-forestale che sulla applicazione e sull'impiego del legno ottenuto. L'implementazione di procedure innovative consente una gestione ottimale della foresta con un miglioramento diretto sulla fase di esbosco per la salvaguardia dei soprassuoli boschivi, per la riduzione dei rischi dei lavoratori e per il contenimento delle emissioni per utilizzazioni ed esbosco. Relativamente all'impiego del materiale il piano ha portato un valido contributo sul fronte delle applicazioni industriali. Le indagini e le analisi condotte hanno di fatto validato le ipotesi di impiego e hanno confermato le caratteristiche meccaniche e tecniche del materiale. Sulla valorizzazione dei sotto prodotti e degli scarti di lavorazione il piano non ha prodotto i risultati attesi principalmente a causa di criticità tecniche ed economiche che non hanno consentito a CTA di arrivare ad uno sviluppo di un prototipo utile per condurre le dovute analisi. Tuttavia le indagini condotte dall'organismo scientifico hanno consentito di teorizzare e valutare eventuali impieghi di tale materiale e individuare anche processi di lavorazione a basso impatto ambientale che possono rendere i prodotti idonei alla commercializzazione. In tal senso, le ipotesi formulate possono costituire un punto di partenza per future ricerche.

L'approccio multidisciplinare che ha interessato le azioni progettuali in un'ottica integrata di filiera ha determinato il perseguimento di ricadute su diversi contesti di riferimento. In primo luogo, sul fronte delle **ricadute produttive**, i risultati conseguiti pongono le basi per avviare nuove filiere produttive per prodotti che attualmente non sono sul mercato (prodotti oggetto di sperimentazione) oppure che vengono da lontano (Austria, Svizzera, Germania e Paesi dell'Est). Le prove effettuate consentono di attivare nuove linee di produzione a filiera corta e cortissima a partire dal legno tondo e a bassissimo tasso di lavorazione.

Le **ricadute economiche** del progetto possono invece essere prevalentemente individuate nella creazione di valore aggiunto apportato dalla creazione di nuove filiere in termini di posti di lavoro e redditi, in aree montane e collinari. Lo sviluppo di un business a basso impatto ambientale in grado di preservare e difendere le risorse naturali che caratterizzano il territorio e che al contempo sia in grado di apportare benefici anche economici a territori e aree rurali rappresenta un fattore determinante per combattere fenomeni quali l'abbandono e lo spopolamento di tali aree.

Elemento fondamentale riscontrato nello sviluppo del piano d'innovazione è la tematica ambientale, principio che ha guidato e orientato tutte le sperimentazioni effettuate, a partire dalle azioni rivolte alla gestione agro-forestale fino alle applicazioni e allo sviluppo dei prototipi per l'impiego del materiale ligneo. In questi termini i modelli di filiera messi a punto e i prodotti sviluppati consentiranno di sottrarre grandi quantità di CO₂ all'atmosfera, ovvero di mantenere in forma di "C" sequestrato nei prodotti di legno per tempi anche molto lunghi. In questi termini la **ricaduta ambientale** del progetto può essere misurata sia come effetto diretto dovuto al carbonio sequestrato dai prodotti sviluppati, sia in come effetto indiretto grazie alla sottrazione di quote di mercato di prodotti provenienti da Paesi esteri che necessitano pertanto di essere trasportati.

Data 19/04/2024

IL LEGALE RAPPRESENTANTE

.....



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
FIRENZE

DAGRI

DIPARTIMENTO DI SCIENZE
E TECNOLOGIE AGRARIE,
ALIMENTARI, AMBIENTALI E FORESTALI

Innovazioni in ForEStA E nel Legno per la sostenibilità ambientale.
Gestione forestale, prodotti e processi innovativi per l'incremento dei
depositi di carbonio (WOOD carbon storage) - I FEEL WOOD

PS-GO 16.1- IFEELWOOD

RELAZIONE SCIENTIFICA FINALE

Ricercatori

Prof. Enrico MARCHI
Prof. Francesco NERI
Prof. Marco TOGNI

Responsabile Scientifico

Prof. Marco TOGNI

I FEEL WOOD

Innovazioni in ForEsta E nel Legno per la sostenibilità ambientale. Gestione forestale, prodotti e processi innovativi per l'incremento dei depositi di carbonio (WOOD carbon storage)

RELAZIONE SCIENTIFICA FINALE

Le attività di ricerca sono state svolte nel periodo di attivazione del progetto, dal maggio 2021 al febbraio 2024. Nello svolgimento delle attività previste il dipartimento DAGRI si è interfacciato e ha interagito con la Cooperativa Territorio Ambiente Montano – Acquacheta Rabbi (CTA) s.c.a. La relazione scientifica qui riportata, suddivisa nei vari punti individuati nel progetto, è il frutto della collaborazione tra i partner.

Definizione e attuazione di opzioni innovative di gestione forestale tramite utilizzazioni a basso impatto e in sicurezza (3.1) - Pianificazione e organizzazione dei lavori Forestali

Premessa

Per poter effettuare in modo razionale e sostenibile la raccolta del legno è indispensabile operare in modo da garantire un approvvigionamento di questa risorsa nel presente senza compromettere, però, la capacità di soddisfare i bisogni delle generazioni future. Obiettivi principali di una gestione forestale sostenibile sono: garantire un equilibrio tra rendimento e crescita a lungo termine, preservare la biodiversità, proteggere le foreste da fattori avversi e consentirne la fruizione turistico ricreativa. La sostenibilità dei lavori forestali è spesso indicata come un obiettivo primario nei lavori di utilizzazione e consiste in un approccio operativo che mira allo sviluppo di tecnologie e sistemi di utilizzazione compatibili con l'ambiente, all'uso efficiente delle risorse, alla valorizzazione dei prodotti, alla riduzione della produzione di rifiuti ed emissioni ed al contenimento degli impatti. Infatti le utilizzazioni forestali, essendo un fattore di disturbo antropico per l'ecosistema, comportano sempre degli effetti sui sistemi forestali e sul territorio in generale, almeno a breve termine. I principali effetti negativi dei lavori di taglio ed esbosco si hanno a livello del suolo e del soprassuolo. In particolare durante le operazioni di concentramento ed esbosco si verificano dei processi di degradazione del suolo, quali la compattazione, la solcatura ed il rimescolamento degli strati superficiali. Tali fenomeni si verificano per effetto dello strascico delle piante o dei tronchi e/o del passaggio di mezzi meccanici, che nell'ultimo decennio sono diventati sempre più pesanti e più potenti. In considerazione del fatto che, nonostante i limiti legati alla morfologia del nostro paese, quali pendenza ed accidentalità del terreno, i livelli di meccanizzazione forestale adottati dalle imprese forestali stanno progressivamente crescendo, nasce l'esigenza di valutare tecnologie più moderne e produttive per l'esbosco dei prodotti legnosi rispetto a metodi tipici e tradizionali del settore forestale

italiano, basati sull'impiego di macchine di derivazione prevalentemente agricola.

I lavori di utilizzazione: fasi e fattori

I lavori di utilizzazione forestale comprendono normalmente i lavori di abbattimento, allestimento (sramatura, sezionatura o depezzatura, eventuale scortecciatura), concentrazione, esbosco del materiale legnoso e le lavorazioni all'imposto quali la sminuzzatura, la scortecciatura, il carico sui mezzi di trasporto.

La movimentazione del materiale comprende le operazioni necessarie per movimentare legname e legna, parzialmente o completamente allestiti, dal letto di caduta prima alla strada, poi all'industria di successiva lavorazione.

Si suddivide nelle seguenti fasi:

- concentrazione dal letto di caduta alle linee di esbosco (piste, risine, linee di gru a cavo) o direttamente alle strade;
- esbosco o "smacchio" lungo le linee di esbosco fino agli imposti, piazzali di deposito situati su strade forestali;
- trasporto con autocarri o autotreni dagli imposti alle industrie di successiva lavorazione; a volte anche con trattori e rimorchi, da un imposto secondario ad uno principale.

La pianificazione dei lavori

Per ottimizzare i lavori di utilizzazione le modalità di esecuzione delle varie fasi e operazioni devono essere pianificati e programmati ad ampia scala. È fondamentale conoscere, già in sede istruttoria prima del rilascio delle autorizzazioni, quale sarà il sistema di concentrazione ed esbosco che verrà impiegato per agevolare le operazioni conseguenti il taglio. Nell'atterramento i fusti potranno essere direzionati verso le linee di concentrazione e verso le vie di esbosco in modo da rendere più agile il lavoro con il conseguente aumento delle produttività.

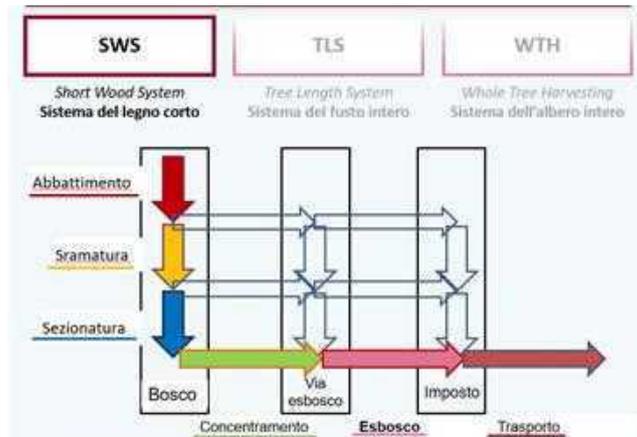
Dipendentemente dal sistema di concentrazione ed esbosco adottato, converrà allestire il materiale già alla lunghezza definitiva oppure lasciare i fusti interi, sramati, cimati ma non sezionati per il concentrazione ed esbosco con trattore equipaggiato di verricello o con gru a cavo; in quest'ultimo caso l'allestimento verrà completato all'imposto. Lasciare il materiale lungo serve a rendere più semplici e produttive alcune operazioni di concentrazione ed esbosco per meglio sfruttare le potenzialità di carico dei mezzi. Altra alternativa sarà quella di abbattere i fusti e lasciarli interi per l'utilizzazione integrale della pianta con macchine sminuzzatrici.

Mentre l'abbattimento è sempre la prima fase del lavoro di utilizzazione, le altre a volte non si susseguono nel suddetto ordine, né sono sempre tutte presenti.

I sistemi di lavoro

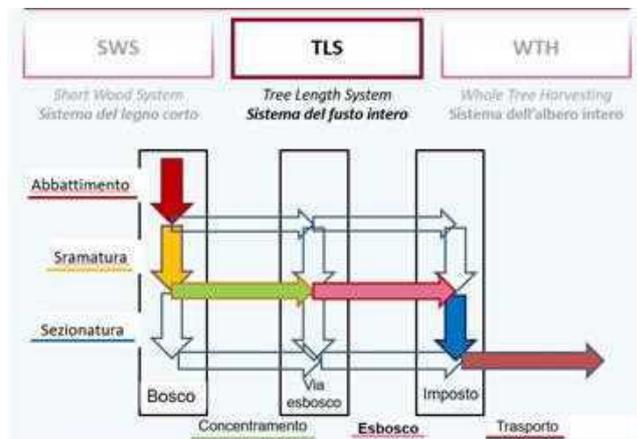
Si possono distinguere tre principali sistemi di lavoro:

- Sistema del legno corto (*Cut-To-Length* o *Short Wood System* - S.W.S.) che consiste nell'allestire i fusti sul letto di caduta e nell'esboscare il legname "corto", cioè sezionato negli assortimenti definitivi. È il sistema di lavoro tradizionale.

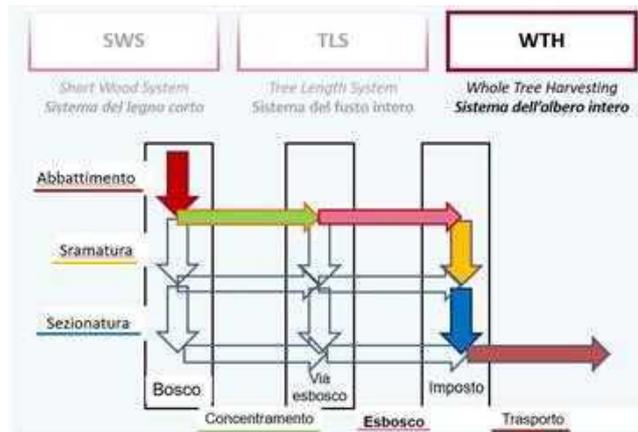


- Sistema del fusto intero (*Tree Length System* - T.L.S.) che consiste nell'esboscare i fusti sramati ma non sezionati, rimandando quest'ultimo lavoro all'imposto. Si ricorre a questo sistema di lavoro per sfruttare meglio la portata di mezzi di esbosco potenti e quando l'esbosco non presenta difficoltà.

Spesso si ricorre ad una via di mezzo fra il S.W.S. ed il T.L.S., esboscando i fusti sezionati in lunghezze multiple di quelle degli assortimenti definitivi: la sezionatura alle lunghezze definitive può essere fatta all'imposto. Con ciò si cerca di mediare tra la possibilità di sfruttare al meglio la capacità di mezzi potenti impiegati nell'esbosco (trattori nello strascico o teleferiche tipo gru a cavo) e la difficoltà di esboscare fusti lunghi anche più di 20 m.



- Sistema dell'albero intero (*Whole Tree Harvesting W.T.H. o Full Tree System* - F.T.S.) che consiste nell'esboscare gli alberi interi, rimandando sia la sramatura che la sezionatura all'imposto. Si ricorre a questo sistema di lavoro quando anche la ramaglia viene utilizzata, se il terreno della tagliata deve essere sgomberato anche dalla ramaglia o se agli imposti possono essere impiegate macchine complesse, sramatrici e sezionatrici (processors) o sminuzzatrici (cippatrici). In pratica è possibile ricorrere a questo sistema di lavoro esboscando a strascico con trattori o nell'esbosco con gru a cavo.



Criteria e scelta dei sistemi di esbosco

La scelta del sistema di esbosco deve basarsi sull'analisi dei seguenti fattori:

- pendenza del terreno e sua accidentalità;
- disposizione delle strade, e di conseguenza dalla direzione dell'esbosco, in salita od in discesa;
- disponibilità di macchine ed attrezzature;
- preparazione del personale all'impiego delle macchine ed attrezzature;
- tipo di soprassuolo e di taglio, cioè dall'intensità del taglio e dalle dimensioni del legname utilizzato.

Essa inoltre è influenzata dall'esistenza di vie di esbosco permanenti, in primo luogo dalle piste, dalla disponibilità di attrezzature e di personale qualificato, dalle dimensioni e dall'organizzazione dell'impresa forestale.

Si riportano nella tabella seguente le attrezzature impiegabili per il concentramento e l'esbosco in relazione alle classi di pendenza del terreno:



Classi di pendenza	Concentramento	Esbosco
I classe - 0÷20%: terreni pianeggianti	manuale (legna) a strascico con verricelli	a strascico con trattori a strascico con <i>skidder</i> trattore e rimorchio trattore e gabbie (legna) <i>forwarder</i>
II classe - 20÷40%: terreni inclinati	manuale (legna) a strascico con verricelli gru a cavo	a strascico con trattori a strascico con <i>skidder</i> trattore e gabbie (legna) trattore e rimorchio risine (legna) <i>forwarder</i> gru a cavo
III classe - 40÷60%: terreni ripidi	manuale (legna) avvallamento a strascico con verricelli (salita)	avvallamento a strascico con trattori (discesa) a strascico con <i>skidder</i> risine (legna) gru a cavo
IV classe - 60÷80%: terreni molto ripidi	avvallamento gru a cavo	avvallamento gru a cavo elicottero
V classe - oltre l'80%: terreni scoscesi	gru a cavo	gru a cavo elicottero

Occorre specificare che tutti i sistemi di esbosco sopra menzionati, proprio per la definizione stessa di esbosco che indica la movimentazione del legname dalla zona di concentramento all'imposto o piazzale, necessitano di un'adeguata rete di strade e di piste forestali. Infatti, tralasciando quei sistemi di lavoro principalmente basati sull'uso di trattori e di rimorchi forestali, anche gli altri sistemi di esbosco, dal ridotto impatto ambientale, quali: teleferiche, risine e animali, necessitano comunque di strade e di piste forestali per il loro utilizzo.

Le attività promosse nell'ambito del progetto

Nell'ambito delle attività e degli obiettivi prefissati previsti dal progetto I FEEL WOOD sono state condotte le seguenti attività:

- individuazione e messa a punto di pratiche di gestione forestale innovative in grado di minimizzare l'impatto ambientale sull'ecosistema forestale tramite lo studio di prodotti e sottoprodotti a elevata capacità di stoccaggio del carbonio;
- pianificazione delle utilizzazioni forestali al fine di ridurre gli impatti delle operazioni forestali attraverso l'impiego di sistemi di esbosco innovativi finalizzati alla tutela dei suoli forestali e

DAGRI

Via San Bonaventura, 13 – 50145 Firenze

centralino +39 055 2755600 | e-mail: segreteria@dagri.unifi.it posta certificata: dagri@pec.unifi.it

P.IVA | Cod. Fis. 01279680480

del loro *sink* di carbonio;

- miglioramento del livello di sicurezza degli operatori attraverso percorsi formativi specifici (progettazione e realizzazione dei cantieri con gru a cavo);
- miglioramento della professionalità dell'utilizzatore forestale e riduzione/annullamento dei rischi lavorativi, grazie al tipo di lavoro che utilizza i sistemi basati su funi con diminuzione del numero di unità di personale addetto per unità di massa ricavata;
- adozione di sistemi di lavoro basati sull'utilizzazione della pianta intera (WTH – *whole tree harvesting*) e del fusto intero (FTS *full tree system*), valutazione dei criteri di scelta del sistema di esbosco in relazione ai fattori statici e dinamici del sito forestale e ottimizzazione della gestione della ramaglia ai fini della sostenibilità ambientale e della limitazione dei processi erosivi;
- sviluppo di nuove filiere corte, alternative all'uso energetico dei prodotti derivati dall'utilizzazione dei soprassuoli di pino nero e di altre latifoglie, nell'ottica di attivare economie circolari e produrre innovazione nei prodotti della foresta, per incrementare la funzione di sequestro di carbonio e diversificare la produzione.

Individuazione e sperimentazione di nuovi prodotti di legno massiccio: segati per uso strutturale (3.2) - Il legno di pino Uso Fiume (UF) e l'ontano a spigolo vivo

I prodotti sperimentali sono scelti sulla base della minore lavorazione necessaria (minimizzazione delle emissioni di gas serra per unità di prodotto) e della massima durata possibile in forma di prodotto finito (*long-lived wood product* – LLWP, con deposito di CO₂ oltre i 50 anni). A partire da tronchi di forma migliore e di sufficiente diametro sono state realizzate travi di legno per uso strutturale di varie dimensioni. I segati di ontano a spigolo vivo non sono ancora inclusi tra i legnami italiani classificati a vista, nell'elenco dei prodotti utilizzabili nell'impiego strutturale come riportato nelle Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC 2018) e per esserlo dovranno completare l'iter certificativo. Contemporaneamente è stata sperimentata la possibilità di realizzare travi di tipo USO FIUME (UF) con il pino nero. Questo prodotto strutturale porta a travi di sezione nominale maggiore a parità di diametro del tondo di partenza, mantenendo prestazioni meccaniche omologhe allo spigolo vivo. Anche in questo caso i prodotti realizzati, sono da considerare a carattere sperimentale, primo *step* del procedimento per la caratterizzazione e fattibilità del nuovo prodotto. I risultati delle prime prove su travi a spigolo vivo e UF possono comunque essere finalizzati all'utilizzo per l'impiego nelle opere di tipo provvisoriale (opere temporanee, puntelli, coperture provvisorie, materiale per opere di ingegneria naturalistica, ecc.). Gli elementi strutturali destinati all'uso in edilizia (travi portanti per costruzioni, tetti, solai, edifici rurali, ecc.) consentono di sequestrare il carbonio per 50 anni e oltre, fino al momento della dismissione del manufatto strutturale (con diversi "fine vita" possibili, tra cui il riciclo per la produzione di pannelli di particelle).

L'uso strutturale del legno

L'uso del legno come materiale da costruzione è una delle prime tracce della civiltà, e nonostante il forte declino nel secolo scorso dovuto all'avvento di materiali più semplici da impiegare, sta ora attirando un interesse crescente, soprattutto a causa dell'aumento dell'attenzione alla sostenibilità e della possibilità di utilizzare nuovi prodotti ingegnerizzati, che superano le limitazioni del legno massiccio.



In passato strumenti legislativi non aggiornati hanno determinato inesprese potenzialità di sviluppo della filiera foresta-legno-edilizia in Italia.

Per ottimizzarne l'impiego nelle costruzioni, è stata necessaria la definizione di criteri e regole, data l'elevata variabilità naturale delle caratteristiche morfologiche e meccaniche del legno.

La classificazione del legno per usi strutturali è un processo di selezione attraverso il quale ogni singolo elemento di legno può essere inserito in una categoria (o direttamente in una classe di resistenza) contraddistinta da determinati valori di resistenza e rigidità: si tratta infatti di una classificazione secondo la resistenza. Le classi di resistenza sono inoltre codificate all'interno di un sistema unificato a livello europeo (UNI EN 338), stabilendo quindi un linguaggio tecnico comune tra produttori e utilizzatori di legname strutturale (Brunetti *et al.*, 2011).

I recenti aggiornamenti della normativa, in particolare quella per la classificazione secondo la resistenza, consentono di utilizzare vari legnami italiani nel pieno rispetto delle regole; il legno strutturale è diventato, anche per la legge, un materiale più affidabile, soprattutto agli occhi degli utilizzatori tradizionalmente scettici, anche perché non adeguatamente informati.

In Italia, parallelamente all'incremento dell'impiego del legno nelle strutture, si è verificata una maggiore domanda di attività di ricerca in questo settore.

Con il mutato scenario è lecito aspettarsi anche ricadute positive nel settore imprenditoriale dato che le costruzioni in legno possono ritagliarsi una fetta importante nel mercato dell'edilizia pubblica e privata, colmando un ritardo rispetto ad altri paesi europei o nordamericani (Fioravanti M., Togni M., 2001).

L'obiettivo di questa parte della ricerca riguarda la verifica della possibilità e della potenzialità di un eventuale impiego in edilizia per uso strutturale del legno di pino nero in formato "Uso Fiume", un prodotto che in Europa non è coperto dal campo di applicazione di una norma armonizzata e delle travi a spigolo vivo di legno di ontano, un materiale notoriamente non impiegato per questo tipo di destinazione d'uso né in Italia né nel resto d'Europa.

In particolare sono riportate le rese di classificazione a vista e a macchina, le caratteristiche fisico-meccaniche del materiale analizzato, il confronto tra le due metodologie di classificazione, evidenziandone i vantaggi, i punti di debolezza e le prospettive di sviluppo.

Una delle finalità principali di questa ricerca è confrontare i risultati ottenuti dalle prove statiche e dinamiche, al fine di valutare l'efficacia degli strumenti impiegati, tra cui il Sylvatest e il Timber Grader MTG, nel prevedere le proprietà meccaniche dei segati sottoposti ad analisi, attraverso la ricerca di correlazioni che si possono trovare tra i parametri misurati.

I risultati ottenuti da questo lavoro, per quanto riguardanti un lotto di ridotte dimensioni, possono migliorare, implementare e fornire un valido contributo ad altri studi futuri riguardo il pino nero Uso Fiume e l'ontano a spigolo vivo, per applicazioni strutturali.

Il prerequisito per poter sfruttare al meglio e valorizzare le risorse legnose disponibili è la loro conformità alle disposizioni normative vigenti e, per l'uso strutturale, la classificazione secondo la resistenza meccanica obbligatoria secondo le Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC 2018).

Le due specie indagate hanno ampia distribuzione nella regione Emilia Romagna. La prima, l'ontano nero (*Alnus glutinosa*) in virtù della sua naturale distribuzione, estesa in tutta Europa. Il secondo, il



pino nero (*Pinus nigra*) grazie all'ampia azione di impianto effettuata nel secolo scorso (vedi sotto), con l'obiettivo primario di bloccare frane e dissesti, di ricostituire un tessuto boschivo e di alimentare il mercato nazionale del legno. Il rimboschimento col pino nero ha effetti favorevoli non tanto per il miglioramento del suolo, quanto per la rapida copertura e per l'azione fisica della lettiera. 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 propagazione 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 scarsa fertilità intrinseca o indotta dall'uso eccessivo della risorsa. 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).



Areale dell'ontano nero (Alnus glutinosa)

La maggior parte delle piantagioni di pino nero sul territorio italiano si presenta con le operazioni previste dai piani colturali, disattese e in molti casi in stato di "abbandono" dopo l'impianto (Picchio *et al.*, 2018; Cantiani P. e Piovosi M, 2009).



Legenda: ■ *Pinus nigra* subsp. *salzmannii*; ■ *Pinus nigra* subsp. *laricio*; ■ *Pinus nigra* subsp. *nigra*; ■ *Pinus nigra* subsp. *dalmatica*; ■ *Pinus nigra* subsp. *pallasiana*.

Areale di distribuzione naturale del pino nero e di tutte le sottospecie (Pinus nigra)

L'Uso Fiume

La definizione di questo assortimento, che si riferiva a travame asciato, risale al diciannovesimo secolo e prende il nome dalla città Croata di Fiume. L'attuale norma UNI 11035-3 definisce "trave Uso Fiume: Trave a sezione quadrata o rettangolare ottenuta da un tronco mediante squadratura meccanica, continua e parallela dal calcio alla punta su quattro facce a spessore costante con smussi e contenente il midollo". Nell'Uso Trieste invece la squadratura segue la rastremazione naturale del tronco. Le specie legnose più utilizzate a Uso Fiume sono le conifere (Abete rosso e bianco, Larice) ma, soprattutto in Italia, anche il Castagno; le sezioni commercialmente più diffuse sono comprese tra 12x12 cm e 24x24 cm, con lunghezze da 4 a 8 m. Queste tipologie strutturali sono sempre state largamente utilizzate come elementi strutturali per le coperture, tanto che non è assolutamente raro trovarne in edifici sia storici, sia rurali e in molte abitazioni civili come nei solai.

Le lavorazioni standard per la produzione di travi a spigolo vivo comportano l'interruzione della continuità cellulare nella struttura legnosa. Nelle travi Uso Fiume (e Uso Trieste) gli smussi corrispondono alla superficie sottocorticale originale del tronco, con o senza corteccia, eventualmente regolarizzata tramite lavorazioni meccanica con l'asportazione di non più di 5 mm sotto corteccia, che raccorda due facce contigue dell'elemento ligneo. La minore quantità di legname rispetto alle travi a spigolo vivo è compensata dalla continuità della fibratura, risultando in un comportamento meccanico equivalente se non superiore a quello dei segati a sezione rettangolare (Togni *et al.*, 2013). L'ampiezza degli smussi va da un minimo di 1/3 della sezione fino ad un massimo di 9/10 della stessa. In altre parole, lo smusso rappresenta una riduzione della sezione del segato che non causa una significativa perdita di resistenza strutturale. Tuttavia, un possibile svantaggio nell'uso strutturale

delle travi Uso Fiume può essere la riduzione dell'area di appoggio della trave in relazione alla dimensione dello smusso, che potrebbe comportare delle difficoltà nella messa in opera, e una maggiore difficoltà a realizzare i collegamenti meccanici tra elementi portanti di una struttura. La ragione principale per utilizzare travi Uso Fiume nelle strutture, oltre che per tradizione, risiede in vantaggi pratici: infatti, a parità di materiale di partenza (legno tondo) l'Uso Fiume consente di ottenere travi più lunghe e di sezione nominale maggiore (sezione definita dal rettangolo circoscritto all'elemento ligneo a metà della lunghezza, alla quale sono riferiti i valori caratteristici), senza per questo comportare riduzioni di resistenza o minore sicurezza (Cavalli e Togni, 2013).

TRAVI A SPIGOLO VIVO

La situazione italiana vede il legno strutturale a spigolo vivo in continua crescita con uno sviluppo del materiale per questo impiego sempre crescente. È del 2022 l'inserimento dei nuovi valori caratteristici di resistenza per il legno di castagno, di abete e di douglasia, nonché l'inserimento di un nuovo legname strutturale che fino al 2022 non era ancora impiegato a tale proposito: il legno di faggio.

Quest'ultimo materiale legnoso ha ottenuto valori caratteristici molto alti come D45 e D24 in base alla categoria di classificazione a vista. Nella prospettiva di lungo periodo anche per il legno di ontano si potrebbe impostare un iter di accompagnamento del materiale verso tale impiego, nel rispetto delle norme esistenti e delle NTC 2018 (Le Norme Tecniche delle Costruzioni - D.M. 14/01/2008 – Norme tecniche per le costruzioni, e D.M. 17/01/2018 – Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni). Affinché un nuovo tipo di legname divenga un prodotto strutturale, è necessaria una fase di qualificazione, condotta da personale esperto e attraverso macchine certificate secondo protocolli sperimentali. La classificazione secondo la resistenza del legno strutturale può essere svolta a vista o a macchina. Essa oggi costituisce un requisito obbligatorio per l'uso strutturale del legname in edilizia come indicato già dalle NTC 2008 e ribadito dall'obbligo di marcatura CE (Conformità Europea) per il legno massiccio.

Legnami italiani per uso strutturale

Travi a spigolo vivo

Abete (bianco & rosso) [*Abies alba* & *Picea abies*]

Fir (o White fir) & Spruce

S1 → C30

S2 → C24

S3 → C18

Douglasia [*Pseudotsuga menziesii*]

Douglas fir

S1 → C30

S2 → C22

S2 & better → C24 (in alternativa alle 2 precedenti)

Castagno [*Castanea sativa*]

Sweet chestnut

LS → D24

LS → C30

Pino laricio [*Pinus nigra* var *laricio*]

Corsican pine

S2 & better → C24

S3 → C14

Larice [*Larix decidua*]

European larch

S2 & better → C22

S3 → C18

Faggio [*Fagus sylvatica*] Beech

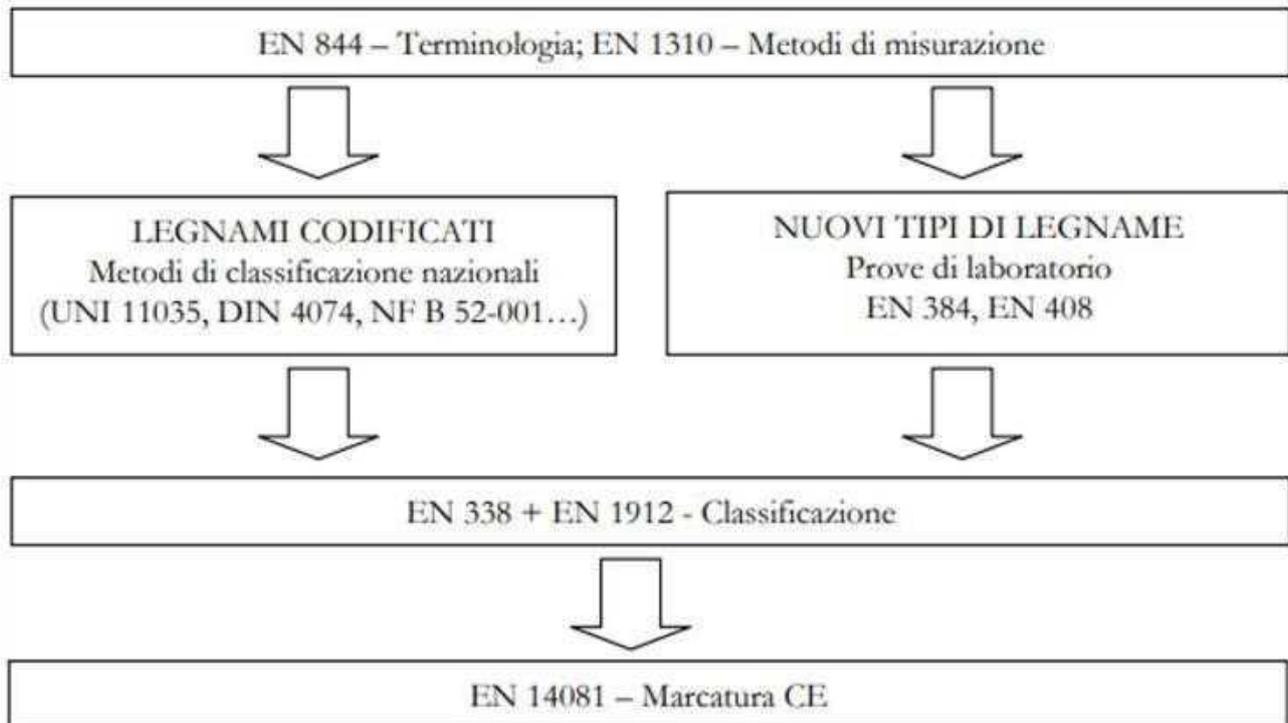
LS1 → D45

LS2 → D24

Situazione del legname strutturale italiano, classificato a vista secondo la resistenza, e relative classi di resistenza attribuite alle singole categorie (Brunetti et al., 2022).

La classificazione a vista avviene attraverso l'applicazione di regole che contengono limiti e tolleranze per le caratteristiche tecnologiche del legno, facilmente rilevabili a occhio nudo. La classificazione attraverso l'uso di macchine prevede invece la misurazione di una o più proprietà del legno correlate con la sua resistenza meccanica, come ad esempio il modulo di elasticità e la massa volumica. Da rilevare comunque che, indipendentemente dal principio di funzionamento adottato dalla macchina, è richiesto un controllo visuale della qualità del legname per quelle caratteristiche non rilevabili strumentalmente (indicato con *override* da EN 14081-1).

Per le specie legnose di provenienza italiana la norma di riferimento per la classificazione a vista è la UNI 11035 *Legno strutturale - Classificazione a vista dei legnami secondo la resistenza meccanica*.



Sequenza logica delle procedure da seguire per ottenere un nuovo materiale per uso strutturale da introdurre sul mercato. Valido per il legno a spigolo vivo.

Le nuove norme per la classificazione a vista del legno strutturale sono disponibili dal 2022: UNI 11035-1:2022 *Legno strutturale - Classificazione a vista dei legnami secondo la resistenza meccanica - Parte 1: Conifere a sezione rettangolare* e UNI 11035-2:2022 *Legno strutturale - Classificazione a vista dei legnami secondo la resistenza meccanica - Parte 2: Latifoglie a sezione rettangolare*. Quindi la pubblicazione dei nuovi sistemi di classificazione del legno strutturale è avvenuta quando le attività oggetto di sperimentazione erano già cominciate. Il legno strutturale oggetto dell'indagine è stato classificato secondo le nuove versioni delle norme.

Nel caso del legno USO FIUME, sebbene la norma in questione non risulti applicabile, sono tuttavia disponibili apposite procedure di qualificazione per l'uso strutturale e di marcatura del materiale attraverso alcune norme nazionali o attraverso l'implementazione di una «Valutazione Tecnica Europea» o Benestare Tecnico Europeo (*European Technical Assessment* ETA) valida su tutto il territorio dello spazio economico europeo, rilasciata da un *Technical Assessment Body* (TAB), sulla base di un documento per la valutazione europea (*European Assessment Document* EAD). Esso contiene almeno una descrizione generale del prodotto da costruzione, l'elenco delle caratteristiche essenziali pertinenti per l'uso previsto, nonché i metodi e criteri per la valutazione delle prestazioni dello stesso in relazione alle sue caratteristiche essenziali; stabilisce inoltre i principi relativi al controllo della produzione in fabbrica da applicare. In alternativa al percorso "europeo" si potrebbe ottenere un «Certificato di Valutazione Tecnica», valido esclusivamente su territorio nazionale, rilasciato dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, previa istruttoria del Servizio Tecnico Centrale (circolare esplicativa n° 617 del 2 febbraio 2009). A seguito di una serie di iniziative di supporto all'adeguamento normativo finalizzato alla Marcatura CE delle travi Uso Fiume, il Benestare Tecnico Europeo

è attualmente applicabile al legname di abete rosso, abete bianco e larice di provenienza italiana (zona Alpina) e Centro Europea (Uso Fiume e Uso Trieste di conifere – ETA 11/0219), nonché all’assortimento Uso Fiume di Castagno, di provenienza italiana o francese, dalla zona *Île-de-France* (Castagno Uso Fiume - ETA 12/0540).

Quindi un percorso simile potrebbe essere attuato anche con il legno di pino di tipo UF.

MATERIALI E METODI - MATERIALE OGGETTO DEL CAMPIONAMENTO

Per quanto riguarda il pino, il lotto era costituito da 35 travi di tipo UF. Il materiale è stato prelevato da diradamenti o da tagli in genere (anche di alberi a bordo strada), presumibilmente anche da alberi morti in piedi. Per il legno di ontano sono stati prodotte 42 travi a spigolo vivo. Entrambi i campionamenti sono stati effettuati nella zona di alta collina-montagna appenninica della provincia di Forlì-Cesena da parte della Cooperativa Territorio Ambiente Montano – Acquacheta Rabbi (CTA) s.c.a., capofila del progetto di ricerca. La segagione del legname è stata condotta in modo da massimizzare le dimensioni della sezione trasversale delle travi, minimizzando gli scarti e quindi lasciando ampio margine agli smussi per l’UF (con “ampia tolleranza di smussi”), mantenendo invece lo spigolo vivo per l’ontano.

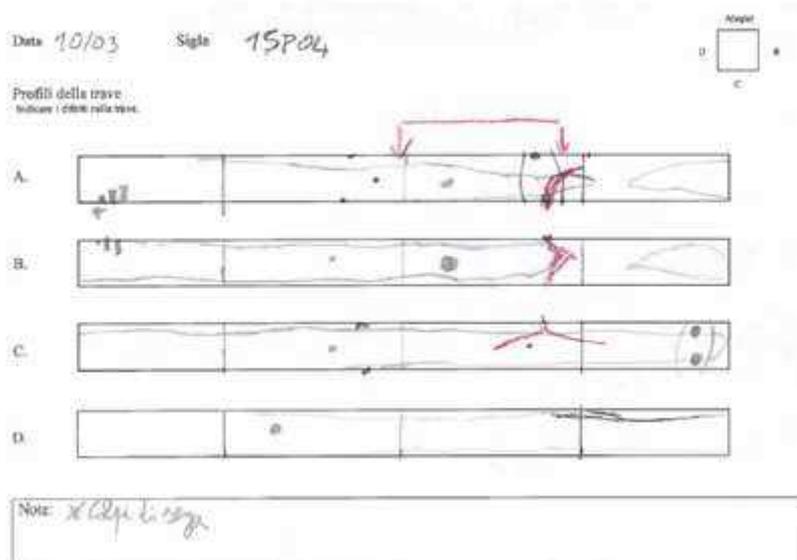


Parte del materiale oggetto del campionamento: pino UF a sinistra, ontano a spigolo vivo a destra

PINO NERO (<i>Pinus nigra</i>)	ONTANO (<i>Alnus glutinosa</i>)
n. 35 travi UF	n. 42 travi spigolo vivo
lunghezza: 4 metri circa	lunghezza: 3,5 metri circa
sezione minima: 70x100 mm ²	sezione minima: 80x80 mm ²
sezione massima: 160x170 mm ²	sezione massima: 200x200 mm ²
volume complessivo: 2,35 m ³	volume complessivo: 2,45 m ³
peso complessivo (dopo stagionatura): 1163kg	peso complessivo (dopo stagionatura): 1141kg
CO ₂ stoccata nel lotto: 1918 kg	CO ₂ stoccata nel lotto: 1878 kg
volume CO ₂ corrispondente: 990 m ³ (*)	volume CO ₂ corrispondente: 969 m ³ (*)
(*) valore riportato alle condizioni di riferimento: pressione atmosferica 1 atm, temperatura 0°C	

CLASSIFICAZIONE A VISTA

Ogni segato è stato classificato a vista in base alla resistenza. La classificazione, attuata su un banco da lavoro, è consistita nella misura di tutte le caratteristiche previste dalla norma UNI 11035-1, regola conifere uno e dalla norma UNI 11035-3, per il legno di Pino, mentre per il legno di ontano per mezzo della norma UNI 11035-2 regola numero 1.



Esempio di scheda per il rilevamento delle caratteristiche di ciascun segato relativa al segato di Pino 15P04

Per la classificazione sono state rilevate tutte le caratteristiche delle travi, utili a individuarne il comportamento meccanico e a classificare il legname in una idonea categoria.

CLASSIFICAZIONE A MACCHINA

Ogni segato è stato oggetto di una classificazione a macchina finalizzata all'ottenimento della classe di resistenza attribuita direttamente e automaticamente dall'apposito strumento. La classificazione a macchina si basa sulla misurazione di uno o più parametri (in genere il modulo di elasticità), che sono correlati con la resistenza meccanica dell'elemento legnoso, e attraverso i quali viene assegnata direttamente la classe di resistenza a ciascun elemento (Ceccotti *et al.*, 1994). Rispetto alla classificazione a vista, quella a macchina è caratterizzata da maggiore ripetibilità, velocità d'esecuzione ed efficacia: è possibile suddividere il legname in più classi di resistenza ottenendo quindi una resa migliore, nel senso che generalmente è riscontrabile una deviazione inferiore tra i valori stimati di resistenza e quelli effettivamente conseguibili. 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 per l'acquisizione della strumentazione, a carico dell'azienda produttrice di legname (Brunetti *et al.*, 2014).

La campagna di prove non distruttive ha riguardato per ciascuna trave:

- una prova di misura del tempo di propagazione degli ultrasuoni tra una coppia di trasduttori dello strumento Sylvatest®, con determinazione del modulo elastico dinamico e con previsione del modulo di rottura e della classe di resistenza;
- una prova a vibrazione libera con lo strumento palmare Timber Grader MTG®, allo scopo di stimare il modulo elastico statico (derivato dal dinamico) e la relativa classe di resistenza.

Sylvatest

Per l'applicazione con il Sylvatest, tramite l'applicazione Sylvius (App su *smartphone*) si deve effettuare una misura tra la sonda emittente e la sonda ricevente, posizionate una rivolta verso l'altra, in senso longitudinale da testata a testata. Prima della misura si sono effettuati fori con trapano e apposita punta per consentire una precisa adesione tra sonda e l'elemento ligneo. Ciò consente di trasmettere agevolmente gli impulsi ultrasonici da un'estremità all'altra della trave.

Durante ogni misurazione vengono propagati 12 segnali d'onda ultrasonica che l'applicazione Sylvius elabora eliminando i valori estremi, calcolando la statistica di base e restituendo il valore medio; il dispositivo classifica poi l'elemento in una classe di resistenza e riporta i seguenti dati:

- il tempo di propagazione dell'onda ultrasonica in microsecondi (10^{-6} s);
- la misura dell'affidabilità, espressa dalla deviazione standard (%);
- la velocità di propagazione dell'onda ultrasonica in metri al secondo (m/s);
- la stima del valore di modulo elastico MOE (N/mm^2);
- la stima del valore di modulo di rottura MOR (N/mm^2);
- la stima della classe di resistenza.

DAGRI

Via San Bonaventura, 13 – 50145 Firenze

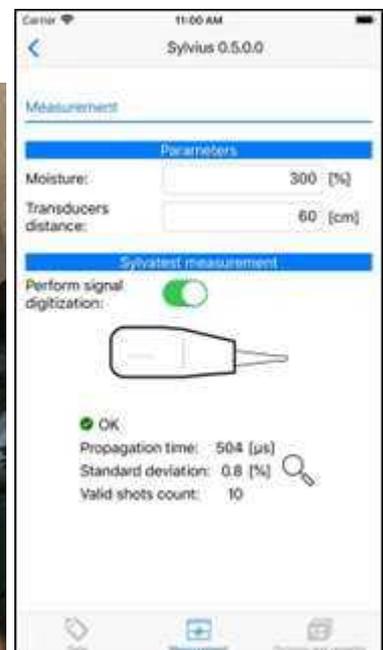
centralino +39 055 2755600 | e-mail: segreteria@dagri.unifi.it posta certificata: dagri@pec.unifi.it

P.IVA | Cod. Fis. 01279680480



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
FIRENZE

DAGRI
DIPARTIMENTO DI SCIENZE
E TECNOLOGIE AGRARIE,
ALIMENTARI, AMBIENTALI E FORESTALI



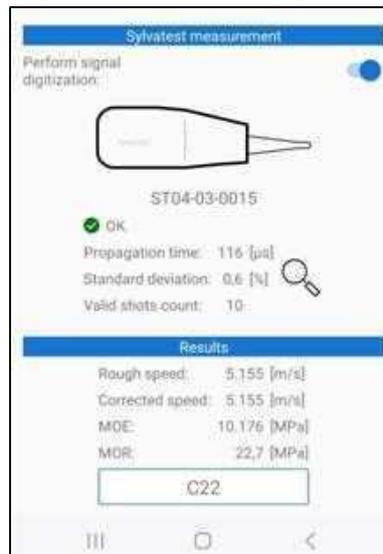
Misure con il Sylvatest tramite la APP Sylvius di interfaccia caricata sullo smartphone (a destra)

DAGRI

Via San Bonaventura, 13 – 50145 Firenze

centralino +39 055 2755600 | e-mail: segreteria@dagri.unifi.it posta certificata: dagri@pec.unifi.it

P.IVA | Cod. Fis. 01279680480



APP Sylvius: esiti della classificazione di una trave (velocità, modulo elastico e classe di resistenza)

Timber Grader

È stato utilizzato lo strumento Timber Grader MTG prodotto nei Paesi Bassi dell'azienda Brookhuis Applied Technologies, come secondo strumento di classificazione a macchina. Tramite un accelerometro tale strumento rileva la frequenza di vibrazione longitudinale prodotta da una percussione con un martello e il programma determina la frequenza fondamentale di risonanza a vibrazione longitudinale tramite un'elaborazione per mezzo della Trasformata di *Fourier* (FFT). Unito alle misure delle dimensioni della trave, del peso e dell'umidità un software restituisce il modulo di elasticità statico, stimato a partire dal dinamico, determinato sulla base della misura, e così classifica il segato secondo le classi di resistenza della specie in esame, indicate nella norma EN 338:2016.





Misure con il Timber Grader. A destra esempio di esiti della classificazione con modulo elastico e resistenza

PROVE MECCANICHE

I lotti di travi sono stati sottoposti a prove meccaniche secondo quanto indicato nella norma UNI EN 408 *Strutture di legno - Legno strutturale e legno lamellare incollato - Determinazione di alcune proprietà fisiche e meccaniche* che stabilisce le procedure di esecuzione della prova (geometria di prova, velocità di applicazione dei carichi, ecc.), le modalità di rilievo delle deformazioni e dei carichi, le condizioni termoigrometriche a cui fare equilibrare i segati e le modalità di calcolo e di espressione dei risultati. Per la determinazione del modulo elastico e della resistenza a flessione, è stata utilizzata la macchina di prova MetroCOM del laboratorio di Prove meccaniche dei Laboratori-Legno, in grado di imprimere un carico massimo di 200 kN (circa 20 tonnellate).



Attrezzatura montata sulla macchina MetroCOM per la determinazione dei moduli elastici delle travi

Per ogni trave è stato individuato un tratto da mettere in prova, scelto in modo da contenere il difetto peggiore della trave, fattore limitante la sua resistenza, ovvero il punto in cui si ipotizza si realizzi la rottura e che determinerà la resistenza minima del provino. Una volta posizionata la trave, sono stati infissi dei chiodi su cui posizionare i supporti in alluminio (cosiddetti “gioghi”), per

sostenere i trasduttori elettronici di posizione, che devono rilevare le frecce di inflessione. Tutti i segnali elettrici dei trasduttori vengono registrati dal computer, previa conversione in formato digitale da una scheda a 16 bit (convertitore analogico digitale).

MOE

La prima prova meccanica è stata effettuata per determinare il Modulo di Elasticità (MoE – *Modulus of Elasticity*) a flessione globale (comprendente una componente di deformazione a taglio alle due estremità). Per il calcolo del modulo di elasticità a flessione globale ($E_{m,g}$), si sono utilizzati i dati sulla freccia assoluta forniti dal trasduttore globale collegato al centro della luce libera di inflessione sul lato teso della trave.

$$E_{m,g} = \frac{3al^2 - 4a^3}{2bh^3 \left(2 \frac{w_2 - w_1}{F_2 - F_1} - \frac{6a}{5Gb} \right)}$$

Con $E_{m,g}$ – modulo elastico a flessione globale (N/mm²); a – distanza tra un punto di applicazione del carico e l'appoggio più vicino (mm); l – distanza tra i punti di appoggio della trave (mm); b – base della trave (mm); h – altezza della trave (mm); $F_2 - F_1$ – incremento del carico in newton sulla linea di regressione con un coefficiente di correlazione di 0,99 o migliore, ovvero differenza tra $0,4 F_{\max,est}$ e $0,1 F_{\max,est}$, espressa in newton; $w_2 - w_1$ – incremento di deformazione in millimetri corrispondente a $F_2 - F_1$; G – modulo di taglio medio delle conifere (pari a 650 N/mm²) o delle latifoglie (pari a 750 N/mm²).

MOR

L'ultima prova viene effettuata aumentando il carico fino ad arrivare alla rottura del segato. Per la determinazione del modulo di rottura a flessione MOR (*Modulus of Rupture*) secondo le indicazioni riportate nella norma UNI EN 408. Alla rottura della trave è stato registrato il carico massimo F_{\max} (in newton) nell'istante in cui si ha il cedimento (carico ultimo di rottura) per ottenere il valore di resistenza a flessione.

$$MOR = \frac{3aF_{\max}}{bh^2}$$

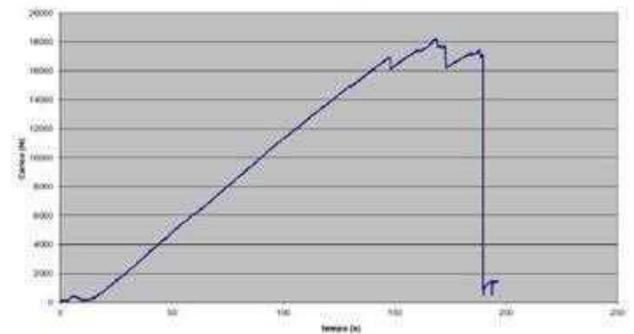
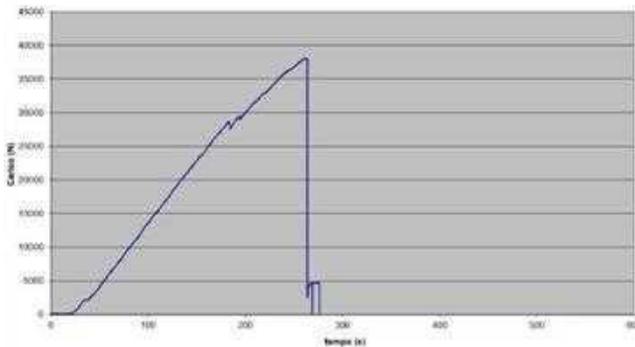
Con MOR – modulo di rottura a flessione (N/mm²); a – distanza tra un punto di applicazione del carico e l'appoggio più vicino (mm); F_{\max} – carico massimo di rottura (N); b – base della trave (mm); h – altezza della trave (mm).

Nella maggior parte dei casi la rottura è stata innescata nella zona sottoposta a trazione parallela alla fibratura da un difetto presente; in alcuni casi si è verificato un cedimento a compressione assiale nella parte superiore, visibile come zona corrugata.



16P35

12P25



Esempi di esiti di prove a rottura (foto e grafico carico-tempo): a sinistra la trave 16P35, rotta a poco meno di 4000 kg per una sollecitazione di 24,2 MPa; a destra la trave 12P25, rotta a circa 1800 kg, per una sollecitazione di 33,1 MPa

Densità e umidità

Completata la rottura delle travi, da ciascuna sono state estratte 2 sezioni trasversali dello spessore di pochi centimetri, finalizzate alla determinazione in modo preciso della densità del provino e della sua umidità, tramite metodo gravimetrico (doppia pesata come da UNI EN 13183-1). Il metodo si avvale di una stufa ventilata per asportare il vapore liberato dal provino, e termostata a $103^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ in modo tale che tutta l'acqua si trasformi in vapore. Tramite successive pesate, si determina così l'umidità del provino al momento della prova:

$$u\% = \frac{P_u - P_0}{P_0} 100$$

Con u – umidità del legno al momento della prova espressa in %; P_u – massa del provino allo stato fresco, contenente acqua; P_0 – massa del provino allo stato anidro.

La rotella estratta per la determinazione della densità, immediatamente pesata con una bilancia tecnica è stata poi sottoposta alla misura dello spessore (h) con calibro, quindi dopo scansione, sono state riportate AutoCad e così misurate in maniera precisa le superfici dell'area disegnata, dopo aver tracciato i bordi delle sezioni.



Misurazione di precisione per i provini del pino UF al fine di determinare il volume e la densità

Risultati

Le prove meccaniche condotte sui due campioni sono state condotte con buon esito. I risultati grezzi ed elaborati sono riportati alle seguenti tabelle:

Travi di ONTANO

sigla	dimensioni			peso alla prova [kg]	densità alla prova [kg/m ³]	MODULI ELASTICI				carico max [N]	MOR [MPa]
	b [mm]	h [mm]	L [mm]			Em,l_1 [Mpa]	Em,l_2 [MPa]	Em,l [MPa]	MOE Em,g [MPa]		
08A06	80	82	2973	10	513	5651	6411	6031	6761	11500	30.8
08A07	80	80	3520	11.85	526	8826	7497	8161	7645	11990	33.7
08A09	80	81	3500	11.95	527	6839	7120	6979	6918	10957	30.1
08A33	80	80	3490	12.2	546	8805	7041	7923	8233	12933	36.4
10A08	100	102	3555	17.09	471	8665	8726	8695	8365	26241	45.4
10A10	100	100	3485	17.35	498	9163	9511	9337	8559	19340	34.8
10A11	98	102	2806	13	463	10088	8586	9337	9361	24430	43.1
10A18	100	100	3570	17.95	503	10108	8671	9390	8732	16661	30.0
11A20	110	110	3112	17.9	475	7711	7791	7751	7332	18681	30.7
11A27	110	110	3480	22.95	545	11564	10646	11105	10028	25103	41.3

DAGRI

Via San Bonaventura, 13 – 50145 Firenze

centralino +39 055 2755600 | e-mail: segreteria@dagri.unifi.it posta certificata: dagri@pec.unifi.it

P.IVA | Cod. Fis. 01279680480



sigla	dimensioni			peso alla prova [kg]	densità alla prova [kg/m ³]	MODULI ELASTICI				carico max [N]	MOR [MPa]
	b [mm]	h [mm]	L [mm]			Em,I_1 [Mpa]	Em,I_2 [MPa]	Em,I [MPa]	MOE Em,g [MPa]		
11A34	110	110	3494	19.45	460	6956	6490	6723	7069	17035	28.0
12A12	120	120	3515	21.7	429	6981	7679	7330	7341	29714	37.6
12A13	114	120	3512	20.5	427	6397	9260	7828	7157	18562	24.7
12A16	118	118	3511	22.4	458	8252	7339	7795	7764	22094	29.4
12A17	120	120	3500	22.35	443	7570	7915	7742	7373	17963	22.7
12A19	120	122	3486	23.4	459	7065	6999	7032	7304	23771	29.1
12A22	116	119	3530	23.4	480	7113	7661	7387	7391	23906	31.8
12A23	120	120	3520	23.35	461	6901	8246	7573	7332	23202	29.4
12A24	118	120	3480	20.9	424	7448	6891	7170	7226	21196	27.3
12A25	116	120	3480	23.85	492	7394	7053	7223	7103	25792	33.8
12A26	98	120	3498	17.7	430	8657	8343	8500	9210	27079	42.0
12A28	120	120	3516	23.95	473	10446	9728	10087	9296	29130	36.9
12A29	116	120	3470	20.35	421	8911	9070	8991	8544	30627	40.1
12A30	117	120	3510	24.5	497	10290	10726	10508	9311	31525	40.9
12A35	117	121	3494	25.8	522	8198	8962	8580	9371	24744	31.6
12A36	120	120	3550	22.7	444	9386	8113	8750	8130	22139	28.0
13A14	127	128	3540	27.3	474	9476	7676	8576	8346	37198	39.1
14A01	138	142	3471	31.5	463	9744	8660	9202	8814	41674	37.8
14A03	140	137	3525	35.9	531	6866	7581	7224	7208	37782	36.3
14A15	140	140	3510	33.2	483	7056	6637	6847	6973	29500	27.1
14A31	116	140	3620	26.4	449	8680	7148	7914	7292	28486	31.6
14A32	138	138	3520	33.35	498	11156	15205	13181	11262	57137	54.9
14A38	137	136	3496	28.95	444	8846	8611	8728	9195	41300	41.1
15A40	138	145	3510	32.8	467	9125	10462	9794	9235	41330	35.9
16A04	157	157	3485	37.05	431	11135	12064	11599	10684	52826	40.1
16A21	158	158	3510	38.6	441	9858	9734	9796	9543	59697	44.5
16A37	160	160	3530	40.65	450	9048	11061	10054	8863	50700	36.4
16A39	160	162	3475	42.4	471	9188	8752	8970	7982	45341	31.7
16A41	156	160	3540	40.6	459	10247	9493	9870	8740	49158	36.2
17A05	168	170	3528	44.65	443	10552	8692	9622	8803	52976	32.1
20A02	199	198	3500	59.9	434	8242	8125	8183	7797	73004	31.3
20A42	200	202	3990	79.25	492	11177	10802	10990	9981	97898	43.7
Media	125	127	3484	27.17	472	8709	8647	8678	8323	32436	35.0
Min	80	80	2806	10.00	421	5651	6411	6031	6761	10957	22.7
Max	200	202	3990	79.25	546	11564	15205	13181	11262	97898	54.9
Dev.st	28	28	169	13.2	34	1487	1708	1480	1106	17841	6.5
Coeff.Var. [%]	22.6	22.0	4.9	48.6	7.3	17.1	19.7	17.1	13.3	55.0	18.5

DAGRI

Via San Bonaventura, 13 – 50145 Firenze

centralino +39 055 2755600 | e-mail: segreteria@dagri.unifi.it posta certificata: dagri@pec.unifi.it

P.IVA | Cod. Fis. 01279680480

Travi UF di PINO

SIGLA	dimensioni			peso alla prova [kg]	densità alla prova [kg/m ³]	MODULI ELASTICI					MOR [MPa]
	b [mm]	h [mm]	L [mm]			Em,l_1 [MPa]	Em,l_2 [MPa]	Em,l [MPa]	MOE Em,g [MPa]	carico max [N]	
10P02	99	100	4012	21.75	566	13259	13529	13394	13729	29010	52.7
10P06	76	100	4008	20.25	586	8201	8794	8497	8766	14236	33.7
10P08	100	100	4008	18.6	486	5227	5377	5302	5505	11526	20.7
10P12	91	99	4000	17.6	526	7622	6959	7290	7711	17723	35.8
10P14	93	103	4000	20	539	10287	9896	10092	10705	28202	51.5
10P15	98	98	4026	17.4	463	7188	6798	6993	7287	17619	33.7
12P01	120	121	4012	31.15	601	7630	7892	7761	8078	28381	34.9
12P03	118	120	3506	25.35	520	6957	8919	7938	8207	29549	37.6
12P10	125	126	3982	32.85	544	9756	8803	9280	9429	24010	26.1
12P18	115	118	4000	27.35	556	11072	12205	11638	11026	37572	50.7
12P19	119	120	4038	25.55	515	8475	9075	8775	8647	29429	37.1
12P21	113	111	4000	27.1	567	9827	10058	9942	8573	20283	31.5
12P23	115	113	4030	29.05	563	11246	10631	10938	11146	32184	47.3
12P25	115	120	4025	26.25	462	8448	8070	8259	8802	18217	23.8
12P27	120	121	4035	27.4	525	8915	7551	8233	7448	26705	32.8
12P29	118	120	4015	27.9	513	8448	7971	8210	7817	20523	26.1
12P32	120	126	3960	29.25	477	9561	9729	9645	8660	20358	23.1
13P11	125	125	4000	37.55	660	12103	12004	12053	12306	49832	55.1
13P22	138	136	4026	35.65	536	10450	10018	10234	9342	38800	38.5
14P09	139	140	4010	39.65	579	9414	10427	9921	9772	43276	40.3
14P13	130	140	4010	36.5	512	8588	8403	8495	7865	32737	32.6
14P20	146	146	4005	40.05	517	9663	10243	9953	8967	41000	33.4
14P24	139	140	4020	36.65	528	9793	9404	9599	10097	50925	47.4
14P26	123	140	4010	34.75	519	6927	7276	7102	6467	31435	33.1
14P30	140	140	4000	36.65	503	7076	7760	7418	6374	29369	27.1
15P04	152	153	4015	37.7	464	6724	6938	6831	6046	41360	31.9
15P07	147	147	4010	45.35	557	9940	9793	9867	8771	35956	31.1
15P16	146	146	3995	36.65	456	7294	7433	7364	7133	33321	29.4
15P28	151	151	4000	41.35	537	8170	8138	8154	7917	33486	26.7
15P31	150	150	4036	44.6	551	9980	10075	10028	9191	48844	39.8
15P34	150	151	4010	44.25	574	8820	9787	9303	8301	35043	28.2
15P36	147	150	4034	41	502	8213	7914	8064	7616	15748	13.1
16P05	160	159	3970	47.6	506	6775	6630	6703	6397	34998	25.4
16P17	160	165	3994	51.3	544	9775	9571	9673	8597	56628	38.2
16P35	160	170	4020	51.5	502	7932	7877	7904	7739	38096	24.2
Media	127	130	3995	33	530	8850	8913	8882	8584	31325	34.1
Min	76	98	3506	17	456	5227	5377	5302	5505	11526	13.1
Max	160	170	4038	52	660	13259	13529	13394	13729	56628	55.1
Dev.st	22	20	86.8	10	43.1	1681	1715	1668	1737	11050	9.7
Coeff.Var. [%]	17.1	15.6	2.2	28.7	8.1	19.0	19.2	18.8	20.2	35.3	28.3

DAGRI

Via San Bonaventura, 13 – 50145 Firenze

centralino +39 055 2755600 | e-mail: segreteria@dagri.unifi.it posta certificata: dagri@pec.unifi.it

P.IVA | Cod. Fis. 01279680480

Conclusioni

Per quanto riguarda le travi UF di pino, la ricerca ha mostrato che per lo stesso legno la resistenza può variare notevolmente: nel nostro caso da 19 a 53 MPa (C.V. del 28%). La classificazione a vista risulta indispensabile per selezionare il materiale. Le regole di classificazione esistenti possono essere considerate valide, benché piuttosto prudenziali, a favore di sicurezza. La selezione delle travi con prove non distruttive consente di suddividere il legname in più classi di resistenza. Le resistenze meccaniche mostrate nella prova a flessione e la massa volumica, rendono il legno di pino nero Uso Fiume adatto per usi strutturali in edilizia. La capacità delle prove non distruttive di prevedere le proprietà meccaniche è notevole, ed è per questo ragionevole utilizzare sistemi di prova automatizzata, rapidi ed efficienti, come quelli adottati in questa ricerca (onde ultrasoniche e vibrazione libera), per la classificazione del pino strutturale in vista di un impiego in questo settore.

In relazione alle travi di ontano, benché questa specie legnosa non sia mai stata nella prospettiva di impiego tra i legnami strutturali, si può ipotizzare un percorso di valorizzazione in questo senso, che tenga conto della leggerezza del materiale, con densità simili a quelle del legno di abete, e della sua resistenza, per il campione in studio compresa tra 223 e 539 kg/cm² (22.7 e 54.9 MPa). Il fattore limitante risulta la rigidità, piuttosto bassa, ma in linea con le altre latifoglie strutturali se si pone come riferimento il parametro MOE / densità [MPa/(kg/m³)]. Nella prospettiva di valorizzare l'impiego di questo materiale per uso strutturale probabilmente sarà opportuno predisporre un profilo *ad hoc* dei valori caratteristici, in modo da non sottostimare le proprietà favorevoli di resistenza meccanica e leggerezza di questo legname. Valida anche in questo caso la selezione tramite prove non distruttive, in particolare di vibrazione libera.

Sperimentazione degli impieghi non energetici di prodotti legnosi ridotti in scaglie (3.4) – Legno cippato e cippatino

Le nuove dotazioni dell'azienda, in particolare il nuovo impianto di segazione costituito da una sega di testa carrellata, consentono di utilizzare al meglio i prodotti legnosi, di ottenere travi e tavole, segate in base alle caratteristiche del materiale e alle esigenze. Pur consentendo di impiegare al meglio il legname, non svincolano dalla presenza di residui di lavorazione (sfridi), né possono impedire che una parte del materiale (ad es. quello qualitativamente peggiore, da non poter essere inserito nemmeno in classe D – cfr. capitolo successivo) debba essere escluso dalla segazione e destinato ad altri impieghi.



Una fase della segazione sperimentale di un tronco di conifera ridotto in tavole

Qualora non si trovi idonea destinazione per tale legno, allora una valida alternativa rimane quella della produzione di legno cippato. In questo caso i residui di lavorazione, come intestature, sciaveri e refili dei segati, possono essere processati tramite una macchina cippatrice, e agevolmente ridotti in piccole scaglie di dimensioni variabili in base all'impostazione della macchina stessa. L'indagine sul materiale cippato, predisposto dall'azienda mediante la cippatura di legno di conifera e di latifoglia, è stato deposto in contenitori per lo stoccaggio. Da tali contenitori, al momento della produzione, sono stati estratti 3 campioni di legno cippato per determinare l'umidità media del materiale appena lavorato, che si è attestato a una umidità media del 68,5%. Per determinare l'umidità è stato necessario essiccare i campioni utilizzando una stufa ventilata a $103^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ e verificare che lo stato anidro sia stato effettivamente raggiunto mediante successivi controlli tramite pesate su bilancia elettronica con una accuratezza di 1 centesimo di grammo. Le procedure seguite sono indicate dalla norma UNI EN 13183-1.

	Campione 1	Campione 2	Campione 3	Valore medio
Umidità [%]	59,8	73,2	72,5	68,5
Contenuto idrico [%]	37,4	42,3	42,0	40,6

I due dati esprimono la stessa cosa ma sono frutto dell'applicazione di due formule differentemente impostate

Le condizioni in cui il legno cippato viene mantenuto, tipicamente conservato in cataste, sono tali da non consentire una riduzione significativa dell'umidità del legno, a causa della mancanza di ven-



tilazione, se non nello strato superficiale. Da precedenti ricerche si è visto che la periodica movimentazione del cippato in catasta (rimescolamento dello strato superficiale con quello interno più umido) consentirebbe di velocizzare in modo significativo la perdita di umidità. Purtroppo questo tipo di movimentazione risulta molto onerosa dal punto di vista logistico e di ore/lavoro. Data questa situazione, il materiale cippato, accatastato e lasciato in sito al chiuso piuttosto a lungo, è stato oggetto di attacchi da parte di varie specie fungine: funghi dell'azzurramento (comprese le muffe superficiali), funghi agenti della caria bruna e carie bianca. Gli esiti di tali attacchi hanno reso non percorribile la pratica dell'impiego del materiale per gli usi previsti. In particolare, l'impiego per l'uso animale (come lettiera) è risultato inadatto proprio per la presenza delle proliferazioni fungine. Proprio per la presenza di attacchi di funghi già attivi, l'utilizzo del materiale come pacciatura per aiuole o in ambito vivaistico, è risultato non opportuno (per evitare la diffusione di agenti di infestazione fungina). Tali alterazioni vengono considerate poco desiderabili da chi deve impiegare tale prodotto, benché dal punto di vista del ciclo biologico non presentino alcuna problematicità. Si tratta infatti di alterazioni causate da organismi ubiquitari, assai diffusi in tutti i materiali organici a contatto con il terreno e che non presentano alcun rischio. Al contrario, la loro presenza potrebbe essere considerata vantaggiosa per la rapidità con cui la biomassa potrebbe essere degradata, così restituire gradualmente al terreno le sostanze minerali in essa contenute.

L'impiego di tali biomasse per gli usi previsti ha perciò bisogno di ulteriori indagini e sperimentazione allo scopo di ridurre i risvolti problematici ai fini degli impieghi finali e della commercializzazione.

Individuazione e sperimentazione di nuovi prodotti in legno tondo per usi diversi (3.3) – Legno tondo di pino

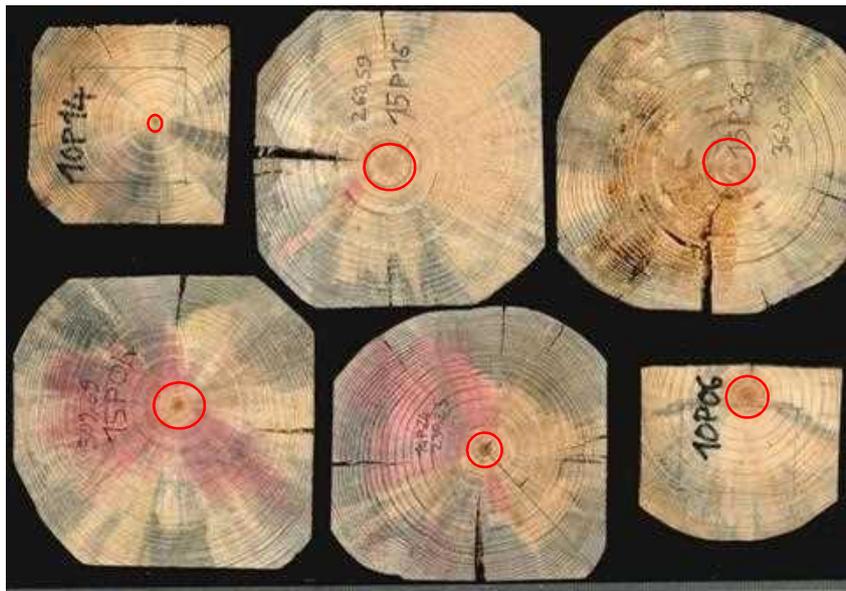
Le indagini effettuate sul legno di pino non lavorato, allo stato grezzo, scortecciato o non scortecciato, hanno mostrato che l'impiego di tale legno è adatto per gli interventi di ingegneria naturalistica allo scopo di consolidare i versanti franosi e le scarpate, nonché per le opere fluviali: questo legname può essere utilizzato a tale fine. Dato lo scarso livello di duramificazione, i manufatti realizzati con questo legno tondo potranno però avere vita molto ridotta, quantificabile in circa 5 anni, negli impieghi in ambiente umido e a contatto con il terreno. Per questa ragione nella destinazione d'uso più severa (classe d'uso n. 4 della UNI EN 335) è opportuno progettare l'impiego di questo materiale già programmando durate *in situ* relativamente brevi.

DAGRI

Via San Bonaventura, 13 – 50145 Firenze

centralino +39 055 2755600 | e-mail: segreteria@dagri.unifi.it posta certificata: dagri@pec.unifi.it

P.IVA | Cod. Fis. 01279680480



Nel cerchio rosso è evidenziata la piccola superficie di legno duramificato dei tronchi di pino

Riguardo alla selezione del legno tondo di pino, finalizzata all'impiego per la realizzazione di manufatti come indicato sopra, è già stata messa a punto una norma di impiego locale che consente di dividere il materiale in base a diversi criteri, suddivisi in base alle differenti tipologie. La regola, riportata nella scheda successiva, si applica al pino nero (e al pino laricio), ma anche al pino silvestre (*Pinus sylvestris*). Con tale regola si possono dividere i topi di legno tondo in 4 classi distinte.

La regola presentata e pubblicata da ERSAF come manuale per la classificazione del tondo (*Togni "Classificazione commerciale del legname grezzo tondo. Regole per la classificazione visuale dei tronchi"* Gianico BS ERSAF - Ente regionale per i servizi all'agricoltura e alle foreste, ISBN: 9788899329044), considera la ripartizione in quattro classi qualitative, denominate con il nome della specie (PINO) più una lettera maiuscola dell'alfabeto A, B, C, D (come indicato anche in altre regole, italiane ed europee). La qualità migliore è indicata con la lettera A, quella peggiore con la D. Schematicamente le 4 classi indicate possono essere descritte in modo comune, come segue:

Classe A: tondame con ottime caratteristiche qualitative, regolare di forma, con pochissimi nodi e rari difetti puntuali che non ne condizionano in modo significativo l'impiego.

Classe B: tondame di qualità medio alta, con tolleranza di difetti, comunque ridotti e limitati. La forma è tendenzialmente regolare, con piccoli scostamenti dalla Classe A.

Classe C: tondame di qualità media, dove sono presenti difetti nei limiti previsti per la classe. Ammesse deviazioni maggiori rispetto alla forma regolare dei topi.

Classe D: tondame di qualità bassa, con abbondanza di difetti su tutta la lunghezza, comunque virtualmente utilizzabile per la segazione.

Aspetti dimensionali ^(*)		Classi	Pino – A	Pino – B	Pino – C	Pino – D
Dimensioni						
Lunghezze			> 4 m	> 4 m	> 4 m	> 4 m
Diametro minimo (in punta)			> 30 cm	25-29 cm	20-24 cm	15-19 cm

Difetti di forma		Classi	Pino – A	Pino – B	Pino – C	Pino – D
Criteri comuni (alberi in piedi e topi)						
Curvatura	∅ min. < 20 cm		0	< 1 cm/m	< 1,5 cm/m	< 2 cm/m
	∅ min. < 30 cm, ≥ 20 cm		0	< 1,5 cm/m	< 2 cm/m	< 3 cm/m
	∅ min. ≥ 30 cm		1	< 2 cm/m	< 3 cm/m	< 4 cm/m
Rastremazione	∅ min. < 20 cm		< 1 cm/m	< 1 cm/m	< 2 cm/m	< 3 cm/m
	∅ min. < 30 cm, ≥ 20 cm		-	< 1,5 cm/m	< 2,5 cm/m	-
	∅ min. ≥ 30 cm		-	< 2 cm/m	< 3 cm/m	-

Testate non visibili		Classi	Pino – A	Pino – B	Pino – C	Pino – D
Criteri comuni (alberi in piedi e topi)						
Nodi sani-aderenti			< 3 cm	< 4 cm	< 6 cm	-
Nodi cadenti			0	< 3 cm < 4 nodi/m	< 6 cm	-
Nodi marci			0	< 3 cm < 2 nodi/m	< 6 cm < 3 nodi/m	-
Nodi ricoperti (protuberanze)			0	< 4 cm	< 6 cm	-
Ellitticità del fusto			> 85%	> 80%	> 75%	-
Calli cicatriziali			0	< 6 cm	< 15 cm	-
Fibratura inclinata (deviata, elicoidale)			2 cm/m	4 cm/m	8 cm/m	-
Attacchi di insetti			0	0	0	-

Testate visibili		Classi	Pino – A	Pino – B	Pino – C	Pino – D
Criteri topi abbattuti						
Ampiezza anelli			< 3 mm/an.	< 6 mm/an.	-	-
Legno di reazione			0	< 10%	< 30%	-
Cipollature			0	0	< 20%	< 50%
Colorazioni anomale (azzurramento)			0	0	< 20%	-
Colorazioni anomale (tutte le altre alterazioni da funghi, carie allo stadio iniziale)			0	0	< 10%	-
Tasche di resina			0	< 3	< 6	-
Altri difetti (cretti da gelo, fessurazioni radiali da tensioni interne, marciume)			0	0	0	0

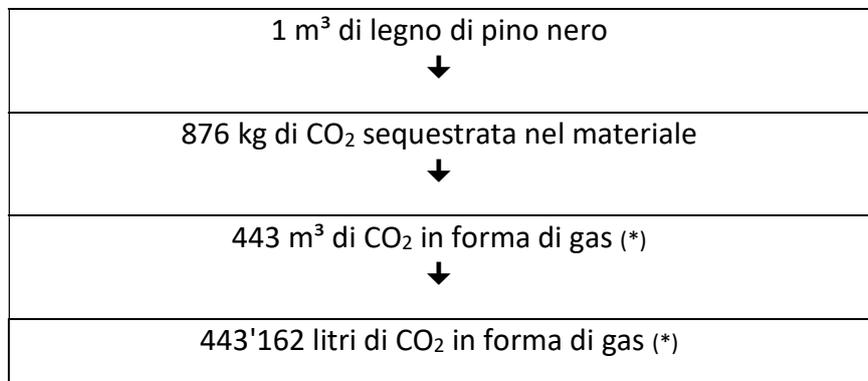
NOTE
^(*) Se previsti negli accordi commerciali o in contratto.

Tratto da “Classificazione commerciale del legname grezzo tondo. Regole per la classificazione visuale dei tronchi”

Il materiale oggetto dello studio risulta, come previsto, assai permeabile ai liquidi per la parte dell’alburno (quindi la quasi totalità della sezione, come si può osservare dall’immagine precedente, al netto del durame). Come tale sarebbe materiale facile da impregnare con sostanze preservanti tali da attribuire una durabilità conferita (durabilità artificiali) ai manufatti ricavati. Tuttavia l’implementazione di un sistema di impregnazione a basso impatto, per immersione, risulta assai poco efficiente, capace di impregnare il legno in superficie, ma non in profondità, se non al costo di conservare legno tondo in contenitori sufficientemente grandi per contenere il toppe nella sua lunghezza, e per un tempo significativamente lungo (pari ad alcuni mesi). Questa soluzione

avrebbe implicazioni logistiche ed economiche tali da costringere l'azienda a una riorganizzazione produttiva non realizzabile nell'immediato. Inoltre la necessità di impiegare delle sostanze impregnanti con principi attivi disciplinati da regolamenti europei, necessita di una specifica preparazione, formazione del personale dell'azienda e ancora strutturazione della stessa secondo degli standard al momento non disponibili.

In ogni modo la tipologia di prodotti di legno tondo conseguibili con il pino consente un sequestro di CO₂ non indifferente e che può essere conteggiato per ogni prodotto realizzato con legno di queste specie: per ogni metro cubo di legno di pino nero si può conteggiare una massa di 876 kg di CO₂ pari a circa 443 metri cubi di gas CO₂ (dato calcolato considerando una temperatura di 0°C e 1 atmosfera di pressione, dato che il volume del gas si modifica in base ai valori di questi parametri).



(*) A 0°C e 1 atm di pressione

Il sequestro di CO₂, a costituire un vero e proprio *carbon pool* all'interno dei prodotti a base di legno (UNI EN 16449:2014), ha tuttavia la durata pari al un tempo di vita utile dei manufatti stessi, che, come indicato, nelle situazioni più critiche potrebbe ridursi a un lustro, mentre in quelle meno sfavorevoli indicativamente a 10 - 20 anni, porterebbe al termine del ciclo, la restituzione dell'anidride carbonica all'atmosfera. Tuttavia, seguendo le regole della raccolta differenziata attuata dai comuni, nei quali vengono smaltiti i manufatti, e in virtù del fatto che tale materiale non è trattato con sostanze chimiche impregnanti, il conferimento del legno da smaltire può essere agevolmente fatto confluire agli *hub* di raccolta dei prodotti a base di legno organizzati dalle aziende di produzione dei pannelli di particelle (ad es. Gruppo Mauro Saviola, organizzazione del sistema di riciclo presentata in <https://www.youtube.com/watch?v=J8wz6P58cJo>), che potranno dare alla materia prima un nuovo ciclo di vita, anche molto lungo, all'interno di tali pannelli utilizzati per la produzione di mobili.

Sintesi conclusiva

Le ricerche svolte nell'ambito di "I FEEL WOOD" consentono di prospettare nuovi e potenziali impieghi di legname che normalmente viene sottoutilizzato e non sufficientemente valorizzato, anche nella prospettiva di prolungare grandemente la vita utile dei manufatti, e come tale la capacità del legno di continuare a mantenere sequestrata al suo interno l'anidride carbonica utilizzata dall'albero per costruire i suoi tessuti lignei. Da quanto scaturito si può sintetizzare che nuovi risultati si possono ottenere attraverso:

- l'implementazione delle procedure di esbosco per la salvaguardia dei soprassuoli boschivi, per la riduzione dei rischi dei lavoratori e per il contenimento delle emissioni per utilizzazioni ed esbosco;
- l'approfondimento delle possibilità concernenti il legno per impieghi strutturali, seguendo le procedure per la certificazione del materiale e per l'adeguamento dell'azienda agli standard richiesti per tale impiego;
- il miglioramento della capacità di selezione del materiale grezzo, in forma di legno tondo, propedeutica alla sua valorizzazione,
- la prosecuzione nella ricerca applicata, per puntare alla differenziazione dei prodotti e a un aumento del loro valore aggiunto.

Bibliografia

Brunetti M., Izzi M., Nocetti M., Togni M., Trevisani A., *Legno strutturale italiano: novità nelle normative*, Strutturalegno, 2022.

Brunetti M., Luchetti M., Nocetti M., Togni M., *Impiego del legno in edilizia Nuove regole e nuove opportunità*, Sherwood, 2011.

Cantiani P., Piovosi M., *La gestione dei rimboschimenti di pino nero appenninici. I diradamenti nella strategia di rinaturalizzazione*, «Annali CRA centro di ricerca per la selvicoltura», 2009.

Cavalli A., Togni M., *How to improve the on-site MOE assessment of old timber beams combining NDT and visual strength grading*, GESAAF – Department of Agricultural, Food and Forest Systems Management, Università degli Studi di Firenze, 2013.

Ceccotti A., Nakai T., Togni M., *Strength grading of structural timber by non-destructive methods: a case study in Italy*, Florence and Trento Univ., Italy – Forest Research Inst., Japan, 1994.

Fioravanti M., Togni M., *La classificazione per usi strutturali: un elemento di promozione per il legno prodotto in particolari aree geografiche*, estratto da L'Italia Forestale e Montana, Firenze, 2001.

Nocentini S., *La rinaturalizzazione dei rimboschimenti. Una prova su pino nero e laricio nel complesso di Monte Morello (Firenze)*, «Italia Forestale e Montana», 1995.

Picchio R., Lo Monaco A., Venanzi R., Latterini F., *Rinaturalizzazione dei rimboschimenti di pino nero (Pinus nigra Arnold): corrette metodologie di utilizzazione forestale e valutazione degli assortimenti*, in Accademia dei Georgofili ISBN: 978-88-596-1973-4 2018.

Romano D. (1986): *I rimboschimenti nella politica forestale italiana*, «Monti e Boschi», XXXVII, n. 6, 1986.

Togni M. (2017) - *Classificazione commerciale del legname grezzo tondo. Regole per la classificazione visuale dei tronchi* Gianico BS ERSAF - Ente regionale per i servizi all'agricoltura e alle foreste, ISBN:9788899329044

Togni M.; Cavalli A.; Mannozi D. (2013). *Chestnut: from coppice to structural timber. The case study of "Uso Fiume" beams sampled in Liguria*. In: Horizons in agricultural, forestry and biosystems engineering, Viterbo, September 8-12, PAGEPress Publications, vol. XLIV s2, pp. 1-4.

Norme citate

D.M. 14/01/2008 – *Norme tecniche per le costruzioni (NTC)*.

D.M. 17/01/2018 – *Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni (NTC)*.

DAGRI

Via San Bonaventura, 13 – 50145 Firenze

centralino +39 055 2755600 | e-mail: segreteria@dagri.unifi.it posta certificata: dagri@pec.unifi.it

P.IVA | Cod. Fis. 01279680480

Documento CNR-DT 206 R1/2018 – *Istruzioni per il Progetto, l'Esecuzione e il Controllo delle Strutture in Legno*, aggiornamento 2018.

ETA-11/0219 - *Benestare Tecnico Europeo, Uso Fiume e Uso Trieste di conifere per elementi portanti di edifici e opere d'ingegneria civile.*

ETA 12/0540 - *Castagno Uso Fiume.*

UNI 11035-1:2022 - *Legno strutturale - Classificazione a vista dei legnami secondo la resistenza meccanica - Parte 1: Conifere a sezione rettangolare.*

UNI 11035-2:2022 - *Legno strutturale - Classificazione a vista dei legnami secondo la resistenza meccanica - Parte 2: Latifoglie e sezione rettangolare.*

UNI 11035-3:2010 - *Legno strutturale - Classificazione a vista dei legnami secondo la resistenza meccanica - Parte 3: Travi Uso Fiume e Uso Trieste.*

UNI EN 335:2013 - *Durabilità del legno e dei prodotti a base di legno - Classi di utilizzo: definizioni, applicazione al legno massiccio e prodotti a base di legno*

UNI EN 338:2016 - *Legno strutturale - Classi di resistenza.*

UNI EN 384:2022 - *Legno strutturale - Determinazione dei valori caratteristici delle proprietà meccaniche e della massa volumica.*

UNI EN 408:2012 - *Strutture di legno - Legno strutturale e legno lamellare incollato - Determinazione di alcune proprietà fisiche e meccaniche.*

UNI EN 1912:2012 - *Legno strutturale - Classi di resistenza - Assegnazione delle categorie visuali e delle specie.*

UNI EN 14081-1:2019 - *Strutture di legno - Legno strutturale con sezione rettangolare classificato secondo la resistenza - Parte 1: Requisiti generali.*

UNI EN 13183-1:2003 *Umidità di un pezzo di legno segato - Determinazione tramite il metodo per pesata.*

UNI EN 16449:2014 - *Legno e prodotti a base di legno - Calcolo del contenuto di carbonio di origine non fossile del legno e conversione in anidride carbonica*

Responsabile Scientifico
Prof. Marco Togni