

PIANO FORMATIVO INDIVIDUALE TRIENNALE

(ai sensi del D.M. 226/2021)

SEZIONE A – DATI ANAGRAFICI DEL DOTTORANDO/A

Nome e COGNOME	Elisabetta EMO
E-mail istituzionale	elisabetta.emo@unirc.it
Data di inizio dottorato	01/11/2025
Tipologia di borsa	<input checked="" type="checkbox"/> Borsa di Ateneo <input type="checkbox"/> Borsa PNRR <input type="checkbox"/> Borsa PON <input type="checkbox"/> Borsa esterna <input type="checkbox"/> Senza borsa
Eventuale tematica vincolata	
Tutor	Pasquale Marziliano
Co-Tutor (se previsto)	
Ente/Impresa convenzionata <i>(per borse vincolate)</i>	

SEZIONE B – PROGETTO DI RICERCA

B.1 – Titolo del progetto di ricerca
Influenza dei boschi plurispecifici sulla produttività e qualità del legno nei contesti forestali montani del Mediterraneo
B.2 – Obiettivi della ricerca <i>(Descrivere gli obiettivi generali e specifici del progetto di ricerca, max 500 parole)</i>
<p>Lo studio dei fattori che influenzano la produttività e la qualità del legno nei popolamenti forestali è centrale per comprendere il funzionamento degli ecosistemi boschivi e migliorare l'efficienza produttiva delle foreste, specialmente nei contesti montani dell'area mediterranea caratterizzati da elevata variabilità climatica e crescente frequenza di stress ambientali. In tale quadro, la mescolanza specifica e la complementarità funzionale tra specie arboree sono riconosciute come fattori in grado di migliorare le provvigioni legnose attraverso un uso più efficiente delle risorse e modificazioni delle dinamiche di crescita che si riflettono sulle proprietà tecnologiche del legno. Su tali basi, l'obiettivo generale della ricerca è valutare l'influenza della mescolanza specifica sulla produttività forestale e sulla qualità del legno nei contesti montani mediterranei, verificando se e in che misura i popolamenti misti differiscano dai corrispondenti popolamenti monospecifici in termini quantitativi e qualitativi della produzione legnosa. In particolare, lo studio mira a contribuire ad una comprensione più approfondita dei meccanismi di utilizzazione complementare delle risorse tra specie arboree con differenti strategie ecologiche e del loro ruolo nel determinare le dinamiche di crescita e le proprietà tecnologiche del legno in relazione alle condizioni climatiche. La ricerca si concentra sui popolamenti puri e misti di faggio (<i>Fagus sylvatica</i> L.) e abete bianco (<i>Abies alba</i> Mill.), specie tipiche delle foreste montane italiane, che verranno analizzati lungo un ampio gradiente latitudinale nord-sud (Trentino, Toscana, Molise e Calabria). Questo approccio consentirà di valutare come gli effetti della mescolanza varino in funzione dei differenti contesti climatici e ambientali, passando da condizioni temperate continentali a condizioni mediterranee caratterizzate da maggiore stress idrico.</p> <p>Gli obiettivi specifici della ricerca sono i seguenti:</p> <p>(i) analizzare i modelli di crescita degli alberi in boschi puri e misti di faggio e abete bianco attraverso indicatori dendro-auxometrici, al fine di valutare l'effetto della mescolanza specifica sulla produttività dei popolamenti;</p>

- (ii) valutare la qualità del legno nei boschi puri e misti attraverso l'impiego di strumenti non distruttivi, con particolare riferimento alle proprietà fisiche e meccaniche rilevanti per gli usi strutturali, al fine di individuare eventuali differenze associate alla composizione specifica del popolamento;
- (iii) indagare le relazioni tra crescita degli alberi e qualità del legno, verificando se e in che misura tali relazioni siano influenzate dalla mescolanza specifica e dalle condizioni climatiche lungo il gradiente latitudinale considerato;
- (iv) valutare il ruolo della complementarità tra specie nel determinare eventuali effetti positivi della mescolanza sulla crescita e sulla qualità del legno, contribuendo a chiarire i meccanismi ecologici alla base delle differenze osservate tra popolamenti puri e misti;
- (v) valutare gli stress idrici delle due specie in funzione della mescolanza e della latitudine, realizzando analisi di stampo isotopico (C^{13}/C^{12}).

Nel loro insieme, gli obiettivi della ricerca mirano a fornire un contributo conoscitivo utile a orientare la gestione selvicolturale delle foreste montane mediterranee verso modelli più sostenibili, resilienti e capaci di coniugare obiettivi produttivi e ambientali, in un contesto di adattamento ai cambiamenti climatici.

B.3 – Stato dell'arte e inquadramento teorico

(Descrivere il contesto scientifico di riferimento e le principali lacune conoscitive, max 500 parole)

Il settore forestale italiano presenta una marcata discrepanza tra l'aumento progressivo delle superfici boscate e la limitata capacità di soddisfare la domanda interna di prodotti legnosi, in particolare per gli assortimenti destinati agli usi strutturali (INFC, 2015; Torreggiani, 2020). Questa condizione comporta una forte dipendenza dalle importazioni e genera criticità di natura economica, ambientale e sociale (Marchetti et al., 2018), evidenziando la necessità di strategie gestionali in grado di incrementare la funzionalità dei popolamenti forestali e la produzione di legno di qualità, garantendo al contempo la fornitura di servizi ecosistemici. In tale contesto, un numero crescente di studi ha dimostrato che i popolamenti forestali misti presentano, in media, livelli di produttività superiori rispetto ai popolamenti monospecifici corrispondenti (Gamfeldt et al., 2013; Pretzsch et al., 2017; Jactel et al., 2018), oltre ad una maggiore stabilità e resilienza ai disturbi (Forrester & Bauhus, 2016; Pretzsch et al., 2017). Questi vantaggi sono generalmente attribuiti a meccanismi di complementarità funzionale tra specie arboree, legati a differenze nell'uso delle risorse idriche e nutritive, nella fenologia e nella struttura della chioma, che determinano un utilizzo più efficiente delle risorse e ad una maggiore capacità di recupero dopo eventi di stress (Forrester, 2014; Battipaglia et al., 2017). Evidenze empiriche di tali meccanismi sono state documentate in diversi contesti forestali. Nei boschi misti di farnia (*Quercus robur* L.) e ontano napoletano (*Alnus cordata* D.) sono stati osservati incrementi dell'area basimetrica e dell'efficienza nell'uso dell'acqua associati ad una maggiore fissazione dell'azoto (Battipaglia et al., 2017); negli impianti misti di pioppo ibrido (*Populus* spp.) e abete bianco (*Abies alba* Mill.) la produzione di legno di pioppo può superare quella dei popolamenti puri (Chomel et al., 2014); nei boschi misti di latifoglie la traspirazione della chioma a scala di popolamento risulta più elevata rispetto ai boschi puri di faggio (*Fagus sylvatica* L.) (Gebauer et al., 2012). Inoltre, la maggiore eterogeneità strutturale dei boschi misti è associata a una più elevata resistenza a incendi, tempeste e attacchi parassitari, contribuendo alla stabilità della produzione legnosa nel tempo (Albrich et al., 2020; Bravo-Oviedo et al., 2014). La composizione e la struttura dei popolamenti possono influenzare anche la qualità del legno. In particolare, aperture più frequenti nella copertura delle chiome possono favorire l'accesso alla luce e la crescita radiale con effetti sulla struttura anatomica del legno e sulle proprietà fisico-meccaniche (Pretzsch & Rais, 2016; Russo et al., 2019). Tuttavia, gli studi che analizzano congiuntamente produttività forestale, qualità del legno e composizione specifica dei popolamenti lungo gradienti climatici rimangono ancora limitati, riducendo la possibilità di sviluppare modelli gestionali adattativi a scala territoriale (Bravo-Oviedo et al., 2014). Questa lacuna risulta particolarmente rilevante negli ambienti montani mediterranei, dove lo stress idrico e l'elevata variabilità climatica amplificano le differenze di risposta tra popolamenti puri e misti (IPCC, 2017; Altieri et al., 2018). In tali contesti, le interazioni tra specie con differenti strategie ecologiche possono svolgere un ruolo chiave nel modulare la crescita e le caratteristiche tecnologiche del legno prodotto.

B.4 – Metodologia e approccio

(Descrivere la metodologia di ricerca, max 400 parole)

La ricerca sarà articolata in tre fasi:

1^a fase - Analisi dello stato dell'arte e organizzazione delle informazioni

La prima fase, di tipo conoscitivo, prevede una revisione critica della letteratura scientifica nazionale e internazionale sui temi dei boschi misti, della produttività e della qualità del legno, con particolare riferimento ai contesti montani dell'area mediterranea. Parallelamente, saranno avviati contatti con enti di ricerca e soggetti gestori per l'individuazione dei siti di studio. Le informazioni raccolte saranno quindi organizzate secondo una logica comparativa e funzionale, finalizzata alla definizione del disegno sperimentale.

2^a fase - Disegno sperimentale e raccolta dei dati

La seconda fase prevede l'individuazione di boschi puri e misti di faggio (*Fagus sylvatica* L.) e abete bianco (*Abies alba* Mill.) in quattro siti rappresentativi lungo un gradiente latitudinale nord-sud (Trentino, Toscana, Molise e Calabria). I popolamenti puri saranno utilizzati come riferimento per la valutazione degli effetti della mescolanza specifica. Un popolamento sarà definito puro quando la specie target rappresenterà circa il 90% dell'area basimetrica totale, mentre sarà considerato misto quando la specie secondaria supererà il 20%. In ciascun sito saranno selezionati tre tipi di popolamento: puro di faggio, puro di abete bianco e misto faggio-abete. Il disegno sperimentale adotterà una disposizione a triplette secondo un disegno a blocchi randomizzati al fine di ridurre l'effetto della variabilità ambientale locale. In ogni area di saggio verranno effettuati i rilievi dendrometrici ed estratti i campioni incrementali (carotine) da ciascun fusto, finalizzati a tre analisi integrate: i) crescita radiale, (ii) qualità del legno e (iii) analisi isotopica del carbonio. Le carotine saranno analizzate mediante sistema LINTAB e stereoscopio Leica MS5 per la misurazione degli anelli di accrescimento; le serie dendrocronologiche saranno datate con il software TSAP, consentendo il calcolo dell'incremento di area basimetrica (BAI). La qualità del legno sarà stimata in campo mediante strumentazione non distruttiva (Treesonic, FAKOPP™) per la determinazione del Modulo di Elasticità dinamico (MOEd). L'analisi isotopica del carbonio (C^{13}/C^{12}) sarà condotta su un sottoinsieme di carotine e fornirà indicazioni sui meccanismi fisiologici legati allo stress idrico. L'analisi statistica sarà condotta mediante modelli lineari a effetti misti per valutare l'effetto della composizione specifica del popolamento sugli indicatori di crescita e qualità del legno, considerando siti e triplette come effetti casuali. Saranno inoltre utilizzati test non parametrici per il confronto dei valori medi tra popolamenti puri e misti. Questo approccio statistico consentirà di tenere conto della struttura gerarchica del disegno sperimentale e di isolare l'effetto della mescolanza rispetto alla variabilità ambientale locale.

3^a fase – Elaborazione interpretativa

La terza fase sarà dedicata all'elaborazione integrata dei risultati e alla formulazione di un'ipotesi interpretativa sul ruolo della mescolanza specifica nel miglioramento delle provvigioni legnose e della resilienza dei popolamenti lungo il gradiente latitudinale.

B.5 – Risultati attesi e impatto

(Descrivere i risultati attesi e le potenziali ricadute, max 300 parole)

La ricerca intende contribuire all'approfondimento dei meccanismi ecologici e fisiologici che regolano la produttività e la qualità del legno nei popolamenti misti, con particolare riferimento ai contesti montani mediterranei. Nei popolamenti misti di faggio e abete bianco, la maggiore diversità funzionale e complessità strutturale dovrebbero favorire una distribuzione più efficiente di luce, spazio e risorse, riducendo la

competizione diretta tra individui e migliorando la crescita radiale a scala individuale e di popolamento. La mescolanza specifica dovrebbe inoltre modulare la risposta agli stress climatici, in particolare alla siccità estiva, grazie a strategie complementari di acquisizione e utilizzazione dell'acqua e dei nutrienti. Le analisi isotopiche del carbonio permetteranno di quantificare la risposta fisiologica degli alberi allo stress idrico e di valutare eventuali differenze nella capacità di recupero tra popolamenti puri e misti lungo il gradiente latitudinale considerato. Per quanto riguarda la qualità del legno, nei popolamenti misti una maggiore eterogeneità nella copertura delle chiome potrebbe tradursi in un migliore accesso alla luce, con effetti sulla crescita radiale e la struttura anatomica degli anelli di accrescimento. L'impiego di tecniche non distruttive permetterà di valutare le proprietà fisico-meccaniche rilevanti per usi strutturali, evidenziando potenziali differenze qualitative associate alla composizione specifica del popolamento. Nel complesso, l'integrazione dei dati di crescita, qualità del legno e isotopi del carbonio fornirà quadro interpretativo unitario dei meccanismi di complementarità funzionale tra specie. I risultati attesi potranno supportare lo sviluppo di strategie selvicolturali differenziate per le foreste montane mediterranee, orientate alla valorizzazione della produzione legnosa di qualità e al rafforzamento delle filiere forestali locali. Le conoscenze prodotte dalla ricerca potranno inoltre risultare di interesse per enti gestori forestali, professionisti della pianificazione e operatori della filiera legno, fornendo elementi utili per valutare il ruolo dei popolamenti misti nei diversi contesti ambientali. Sul piano scientifico e istituzionale, la ricerca potrà contribuire a supportare la comunità scientifica e i decisori pubblici nella definizione di indirizzi gestionali coerenti con gli obiettivi di sostenibilità e adattamento ai cambiamenti climatici.

SEZIONE C – PIANO DELLE ATTIVITÀ FORMATIVE

CFU previsti per il I anno: 60. L'attribuzione dei CFU segue i criteri approvati dal Collegio dei docenti nell'adunanza n. 4 del 16.12.2025.

I ANNO

Attività formative/didattiche: CORSI (I Anno)

Denominazione corso	Docente/Sede/Ente erogatore	Durata	CFU
Statistica descrittiva e statistica inferenziale per la validazione di dati sperimentali in campo agro-forestale	Pasquale Marziliano Orlando Campolo	20 ore	5
Sicurezza nelle strutture di ricerca	Simone Santacaterina	10 ore	2,5
Utilizzo delle principali banche dati e fonti statistiche in ambito agroalimentare e forestale	Nathalie Iofrida	10 ore	2,5
La ricerca bibliografica nel settore delle Scienze Agrarie, Alimentari e Forestali	Angelo Giuffrè	5 ore	1,25
Valutazione della sostenibilità delle sperimentazioni e delle innovazioni per la validazione dei percorsi di ricerca	Giacomo Falcone	10 ore	2,5
Presentazione dei dati sperimentali e redazione di articoli scientifici	Meriem Miyassa Aci	5 ore	1,25
Tecniche innovative per il monitoraggio e la valutazione qualitativa delle risorse forestali	Salvatore Francesco Papandrea	10 ore	2,5
Profili di diritto amministrativo dell'ambiente	Giuseppina Lofaro	10 ore	2,5
Gestione della ricerca e della conoscenza dei sistemi di ricerca europei e internazionali"	Scuola di Dottorato	4 ore	1
Valorizzazione e disseminazione dei risultati, della proprietà intellettuale e dell'accesso aperto ai dati e ai prodotti della ricerca	Scuola di Dottorato	4 ore	1
"La ricerca bibliografica nelle banche dati Scopus e Web of Science (WOS)"	Giuseppe Badagliacca Salvatore Praticò	4 ore	0,5
"Ricerca competitiva, Horizon Europe, ERC grants and Marie Skłodowska-Curie Actions"	Dipartimento di Architettura e Design – Università Mediterranea	3 ore	0,5
Meccanizzazione di Precisione per l'Agricoltura Sostenibile	Bruno Bernardi	24 ore	6
Perfezionamento linguistico	British School di Reggio Calabria	40 ore	5
Subtotale C.1			34

Attività formative/didattiche: SEMINARI/WORKSHOP

Denominazione seminario/workshop	Docente/Sede/Ente erogatore	Durata	CFU
Subtotale C.2			

Attività formative/didattiche: CONVEGNI

Denominazione	Sede	Periodo	Tipo*	CFU
Subtotale C.3				

*Tipo: N = rilevanza nazionale; I = Rilevanza internazionale

Attività di ricerca e redazione tesi

Descrizione attività di ricerca previste	CFU
<ul style="list-style-type: none"> • Articolo indicizzato Scopus o ISI (posizioni intermedie) • Attività di ricerca presso i laboratori Xilo-Echo-Tech - Laboratorio di Tecnologia del Legno e Utilizzazioni Forestali, Selvicoltura ed Ecologia Forestale e Diagnostica Avanzata del Verde Urbano 	26
Subtotale C.4	
	26

TOTALE CFU I ANNO	60/60
--------------------------	--------------

II ANNO

Attività formative/didattiche: CORSI

Denominazione corso	Docente/Sede/Ente erogatore	Durata	CFU
Corsi organizzati dal Dottorato SAAF o da altri enti			3
Subtotale D.1			3

Attività formative/didattiche: SEMINARI/WORKSHOP

Denominazione seminario/workshop	Docente/Sede/Ente erogatore	Durata	CFU
Seminario dell'Università Mediterranea			1
Subtotale D.2			1

Attività formative/didattiche: CONVEGNI

Denominazione	Sede	Periodo	Tipo*	CFU
IUFRO (International Union of Forest Research Organizations) - Division 5 Conference	Estonia		I	2
Subtotale D.3				2

*Tipo: N = rilevanza nazionale; I = Rilevanza internazionale

Attività di ricerca e redazione tesi

Descrizione attività di ricerca previste	CFU
<ul style="list-style-type: none"> Attività di ricerca presso Libera Università di Bolzano (2 settimane) Attività di ricerca presso Università degli Studi di Firenze (2 settimane) Attività di ricerca in istituzioni estere (3 settimane presso "ETH Zürich -Scuola Politecnica federale di Zurigo") Attività di ricerca in istituzioni estere (3 settimane presso "Technical University of Munich") Poster (o ppt) convegno nazionale Articolo indicizzato Scopus o ISI (posizioni intermedie) Articolo indicizzato Scopus o ISI (posizioni intermedie) Attività di ricerca presso i Laboratori Xylo-Eco-Tech - Laboratorio di Tecnologia del Legno e Utilizzazioni Forestali, Selvicoltura ed Ecologia Forestale e Diagnostica Avanzata del Verde Urbano 	54
Subtotale D.4	54

TOTALE CFU II ANNO	60/60
---------------------------	--------------

III ANNO

Attività formative/didattiche: CORSI

Denominazione corso	Docente/Sede/Ente erogatore	Durata	CFU
Corsi organizzati dalla Scuola di Dottorato SAAF o altro ente			2,5
Partecipazione a convegni nazionali/internazionali			2,5
Subtotale E.1			5

Attività formative/didattiche: SEMINARI/WORKSHOP

Denominazione seminario/workshop	Docente/Sede/Ente erogatore	Durata	CFU
Subtotale E.2			

Attività formative/didattiche: CONVEGNI

Denominazione	Sede	Periodo	Tipo*	CFU
Subtotale E.3				

*Tipo: N = rilevanza nazionale; I = Rilevanza internazionale

Attività di ricerca e redazione tesi

Descrizione attività di ricerca previste	CFU
<ul style="list-style-type: none"> Tesi di dottorato Articolo indicizzato Scopus o ISI (primo nome e/o corresponding author) Paper accettato e presentato a convegno internazionale 	55
Subtotale E.4	55

TOTALE CFU III ANNO	60/60
----------------------------	--------------

RIEPILOGO CFU

Tipologia attività	CFU			
	I anno	II anno	III anno	Tot
Attività formative/didattiche: CORSI	34	3	5	42
Attività formative/didattiche: SEMINARI/WORKSHOP	/	1	/	1
Attività formative/didattiche: CONVEGNI		2	/	2
Attività di ricerca e redazione tesi	26	54	55	135
TOTALE	60	60	60	180

SEZIONE D – CRONOPROGRAMMA TRIENNALE

Indicare le principali fasi del progetto (X = attività prevista).

Fase/Attività	I ANNO				II ANNO				III ANNO			
	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4
Revisione letteratura	X	X										
Definizione quadro teorico		X										
Raccolta dati / attività sperimentale			X	X								
Analisi dei dati					X	X	X	X				
Periodo all'estero							X	X				
Periodo presso impresa/ente					X	X						
Stesura capitoli tesi								X	X	X	X	
Revisione e finalizzazione tesi											X	X
Pubblicazioni scientifiche			X	X			X	X			X	X
Partecipazione a convegni		X		X				X				
Altro: _____												

T1-T4 = Trimestri dell'anno accademico

SEZIONE E – PRODUZIONE SCIENTIFICA PREVISTA

Tipologia prodotto	N. previsto	Anno	CFU
Articoli su riviste con peer review (ISI/Scopus)	4	I,II,III	80
Contributi in atti di convegno	1		10
Capitoli di libro / monografie			
Brevetti			
Altro: _____			

Nota: Per l'ammissione all'esame finale è richiesta almeno una pubblicazione pertinente alla tematica di ricerca.

SEZIONE F – APPROVAZIONE E FIRME

Data: _____

La Dottoranda

Il Tutor

Elisabetta Euo

(firma)

(firma)

APPROVAZIONE DEL COLLEGIO DEI DOCENTI

Il Collegio dei Docenti, nella seduta del _____,

APPROVA APPROVA CON MODIFICHE NON APPROVA

il Piano Formativo Individuale Triennale sopra descritto.

Eventuali note/prescrizioni: _____

Il Coordinatore del Dottorato

(firma)