

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA

**DIPARTIMENTO TERRITORIO E SISTEMI AGRO-FORESTALI
CORSO DI LAUREA IN TECNOLOGIE FORESTALI E AMBIENTALI**

**DINAMICHE DI MORTALITA' IN UN POPOLAMENTO FORESTALE MISTO NELL'AREA PERMANENTE
DELLA RISERVA PIAN DI LANDRO BALDASSARRE (BL)**

Relatore: Prof. Daniele Castagneri

Laureando: ALESSIO COSTA
Matricola n° 2032807

Anno accademico 2025-2026

INDICE

INDICE	2
RIASSUNTO	3
ABSTRACT	4
INTRODUZIONE	5
DESCRIZIONE DELL' AREA DI STUDIO	7
Flora e fauna	7
Descrizione della Riserva Naturale Orientata Pian di Landro Baldassarre	8
MATERIALI E METODI	9
RISULTATI	11
2007	11
2015	15
2024	18
SNAG/LOG	22
Test del CHI-QUADRATO	24
Test chi quadrato per le specie morte nei tre rilievi	24
Test del chi quadro snag e log per specie	25
Test del chi quadrato snag e log per dimensione	25
DISCUSSIONI E CONCLUSIONE	27
BIBLIOGRAFIA	29

RIASSUNTO

Negli ultimi anni, la gestione forestale ha progressivamente riconosciuto l'importanza di approcci non interventistici, in particolare quelli basati sulla libera evoluzione degli ecosistemi. Questo orientamento si fonda sull'idea di permettere alla foresta di svilupparsi secondo le proprie dinamiche naturali, senza interferenze antropiche dirette. In tale contesto, lo studio della mortalità arborea riveste un ruolo centrale, in quanto fornisce informazioni essenziali per comprendere i processi ecologici che regolano la struttura, la composizione e la funzionalità degli ecosistemi forestali nel lungo periodo.

La mortalità degli alberi in un bosco lasciato a libera evoluzione non è solo un indicatore della dinamica demografica della comunità vegetale, ma anche un processo chiave per il rinnovamento naturale, la creazione di strutture complesse e l'accumulo di legno morto, elementi fondamentali per la conservazione della biodiversità. L'analisi della mortalità è fondamentale per comprendere processi legati alla competizione, allo stadio di sviluppo del popolamento, alle condizioni climatiche, all'azione di patogeni e a eventi naturali come tempeste o siccità.

Questa tesi si concentra sull'analisi della mortalità arborea in un'area di monitoraggio permanente di 4 ettari situata all'interno della Riserva Naturale Pian di Landro Baldassarre (BL). L'area, lasciata a libera evoluzione da diversi anni, è stata oggetto di tre campionamenti, effettuati rispettivamente nel 2007, 2015 e 2024. Tali rilievi hanno permesso di raccogliere dati preziosi sulla composizione, la struttura e la dinamica della vegetazione, offrendo un'opportunità per indagare i processi di mortalità nel tempo tra le principali specie arboree presenti quali *Abies alba*, *Picea abies* e *Fagus sylvatica*.

L'obiettivo del presente lavoro è analizzare i tassi e i pattern di mortalità registrati nei tre intervalli temporali, identificando le specie maggiormente coinvolte e valutando i possibili fattori ecologici e ambientali che possono aver influenzato tali dinamiche. I risultati contribuiranno a migliorare la comprensione del funzionamento delle foreste miste montane dell'Europa centrale.

Le analisi condotte su tre periodi distinti (2007, 2015 e 2024) mostrano differenze significative nella mortalità delle piante. Nel 2007 si osserva una maggiore mortalità della specie *Picea abies*, soprattutto nelle classi diametriche più piccole, mentre nei rilievi del 2015 e del 2024 cresce la mortalità di *Fagus sylvatica*.

In tutti i periodi analizzati, la mortalità si concentra principalmente tra gli individui di dimensioni minori, suggerendo come cause probabili la competizione intra-specifica e i danni da fauna selvatica, in particolare da cervi. Nell'ultimo rilievo però si registra un aumento della mortalità nelle classi diametriche più grandi.

Infine, l'analisi della distribuzione delle piante morte in piedi (snag) e a terra (log) evidenzia un pattern coerente nei tre anni: gli snag sono più frequenti tra le piante giovani (piccole), mentre i log sono prevalenti tra le piante mature (grandi).

ABSTRACT

In recent years, forest management has progressively recognized the importance of non-interventionist approaches, in particular those based on the free evolution of ecosystems. This orientation is based on the idea of allowing the forest to develop according to its natural dynamics, without direct anthropogenic interference. In this context, the study of tree mortality plays a central role, as it provides essential information to understand the ecological processes that regulate the structure, composition and functionality of forest ecosystems in the long term.

Tree mortality in a forest left to evolve is not only an indicator of the demographic dynamics of the plant community, but also a key process for natural renewal, the creation of complex structures and the accumulation of dead wood, fundamental elements for the conservation of biodiversity. Mortality analysis is essential to understand the processes related to competition, the stage of population development, climatic conditions, the action of pathogens and natural events such as storms or droughts.

This thesis focuses on the analysis of tree mortality in a permanent monitoring area of 4 hectares located within the Pian di Landro Baldassarre (BL) Nature Reserve. The area, left to free evolution for several years, was the subject of three sampling interventions, carried out in 2007, 2015 and 2024 respectively. These investigations have made it possible to collect valuable data on the composition, structure and dynamics of vegetation, offering the opportunity to investigate mortality processes over time among the main tree species present such as *Abies alba*, *Picea abies* and *Fagus sylvatica*.

The aim of the present work is to analyze the mortality rates and patterns recorded in the three time intervals, identifying the species most involved and evaluating the possible ecological and environmental factors that may have influenced these dynamics. The results will help to improve understanding of the functioning of Central European mountain mixed forests.

Analyses conducted in three distinct periods (2007, 2015 and 2024) show significant differences in plant mortality. In 2007, a higher mortality of the *Picea abies* species was observed, especially in the smaller diameter classes, while in the 2015 and 2024 surveys the mortality of *Fagus sylvatica* increased.

In all periods analyzed, mortality is mainly concentrated among younger and smaller individuals, suggesting intra-specific competition and damage caused by wildlife, particularly deer, as probable causes. In the latest survey, however, there is an increase in mortality in the larger diameter classes.

Finally, the analysis of the distribution of dead plants standing (snag) and on the ground (log) shows a consistent trend over the three-year period: snags are more frequent among young (small) plants, while logs are prevalent among mature (large) plants.

INTRODUZIONE

La dinamica dei popolamenti forestali è il risultato di un complesso intreccio di processi ecologici, demografici e ambientali che interagiscono su scale spaziali e temporali di grande variabilità. Tra questi processi, la mortalità individuale rappresenta un elemento cardine nel determinare la struttura, la composizione e la funzionalità degli ecosistemi forestali. La morte di un albero non deve essere interpretata esclusivamente come un fenomeno terminale del ciclo vitale, ma come un evento dotato di significato ecologico, che influenza la distribuzione delle risorse, la competizione intra- e interspecifica, i cicli biogeochimici e, più in generale, l'evoluzione dinamica del popolamento.

La mortalità arborea è stata oggetto di numerose indagini in letteratura, con approcci che spaziano dalla demografia forestale alla modellistica, fino alla valutazione degli effetti dei cambiamenti climatici sui sistemi boschivi. In un contesto teorico classico, delineato da Oliver & Larson (1990) e successivamente ampliato da altri autori come Pretzsch (2009) e Bugmann (2001), la dinamica dei popolamenti viene interpretata come un continuum di processi demografici — rinnovazione, accrescimento, competizione e mortalità — che agiscono con intensità e modalità variabili nel tempo e nello spazio. In particolare, la mortalità è considerata uno dei principali meccanismi attraverso cui si realizza l'auto-diradamento (self-thinning) nei popolamenti ad alta densità e un fattore di regolazione della competizione nei sistemi misti. La letteratura distingue tradizionalmente la mortalità riconducibile a processi endogeni di competizione per risorse limitanti quali luce, acqua e nutrienti, da episodi di mortalità indotti da disturbi esogeni quali fenomeni meteorici estremi, incendi, attacchi di insetti e patogeni. Questa distinzione è utile sia per interpretare le dinamiche osservate negli inventari forestali permanenti sia per sviluppare modelli predittivi applicabili alla gestione sostenibile delle foreste. Studi recenti hanno inoltre evidenziato come la mortalità possa essere influenzata da fattori ecofisiologici non lineari, quali la vulnerabilità idraulica e l'interazione tra stress abiotici e biotici, in particolare in scenari di cambiamento climatico.

L'importanza di disporre di dati per lo studio delle dinamiche forestali ha portato all'istituzione di reti di aree permanenti di monitoraggio, in cui lo stesso popolamento viene rilevato ripetutamente nel tempo secondo protocolli standardizzati. Le aree permanenti consentono di catturare variazioni nelle componenti strutturali e demografiche del bosco, di stimare con precisione i tassi di mortalità e di individuare relazioni causali tra condizioni ambientali, competizione e mortalità. Tale approccio è particolarmente utile nei contesti montani, dove l'eterogeneità stazionale e climatica accentua la variabilità delle risposte in funzione della specie e della posizione topografica.

La presente tesi si colloca in questo contesto, con l'obiettivo di analizzare le dinamiche di mortalità all'interno di un popolamento forestale misto situato nell'area permanente della Riserva Pian di Landro Baldassarre (BL), in provincia di Belluno. L'area di studio si caratterizza per un popolamento forestale composito, in cui coesistono specie arboree con differenti strategie ecologiche, tolleranza all'ombra, sensibilità allo stress idrico e capacità di competizione per le risorse. Tale complessità rende il popolamento un modello ideale per investigare come i processi demografici e le interazioni tra specie influenzino la mortalità su scala locale.

In questi ecosistemi dinamici e in continua rinnovazione, gli alberi vanno incontro a mortalità per fattori sia endogeni sia esogeni. L'accumulo di legno morto avviene sotto varie forme: alberi morti in piedi o caduti al suolo, alberi stroncati di diverse dimensioni, rami rotti, pezzi di tronchi e ceppaie. Nelle foreste naturali l'abbondanza di legno morto, detto anche necromassa, è stato considerato per

lungo tempo un indicatore di degrado. Ad oggi sappiamo invece che rappresenta una componente fondamentale per il mantenimento e l'incremento della biodiversità, rivestendo un ruolo chiave nell'innescare di numerosi processi ecologici e rappresentando un microhabitat fondamentale per centinaia di specie di vertebrati e invertebrati, che svolgono importanti ruoli funzionali nel sistema-bosco. Gli alberi, quindi, non rivestono un ruolo cruciale solo in vita, ma anche ben oltre la durata del proprio ciclo biologico. Nel legno morto, in differenti stadi di decomposizione, numerose specie di invertebrati, funghi, briofite, licheni, anfibi, uccelli e mammiferi, dipendono o utilizzano il legno morto come fonte di nutrimento o rifugio. Alcuni dei primi "inquilini" dei faggi sono rappresentati da insetti xilofagi, ovvero che si nutrono di legno morto: piante morte in piedi o tronchi, che godono di una maggiore esposizione all'irradiazione solare anche in inverno, diventano così rifugi e habitat per uno straordinario numero di organismi.

Dal punto di vista ecologico, i popolamenti misti presentano un elevato grado di eterogeneità strutturale, che può favorire l'efficienza nell'uso delle risorse e incrementare la resistenza complessiva agli stress ambientali. Diversi studi hanno infatti evidenziato che la diversità specifica può modulare i tassi di mortalità attraverso meccanismi di compensazione funzionale, riduzione della competizione intra-specifica e stabilizzazione delle dinamiche in risposta a perturbazioni. Tuttavia, in popolamenti forestali misti di montagna, la competizione interspecifica, unita alle variazioni microclimatiche e stazionali, può altresì generare pattern di mortalità differenziati, con impatti significativi sulla struttura del popolamento. La mortalità, intesa come probabilità di morte di un individuo in un certo intervallo di tempo, può essere quantificata attraverso tassi di mortalità istantanei o cumulativi, e analizzata in relazione a variabili quali diametro, altezza, e condizioni stazionali. L'uso di modelli statistici di regressione per valutare l'influenza di queste variabili costituisce una prassi consolidata nella letteratura demografica forestale, così come l'impiego di strumenti di analisi spaziale per indagare l'eterogeneità della mortalità all'interno del popolamento.

L'area permanente rappresenta un modo per indagare tali dinamiche attraverso una coorte di individui rilevati nel tempo, permettendo di stimare i tassi di mortalità complessivi, specifici per specie e classe diametrica, e di confrontare questi valori con modelli teorici consolidati. Inoltre, l'analisi delle variazioni temporali nella mortalità può fornire indicazioni sulle possibili cause sottostanti — competizione, fattori ambientali, disturbi — contribuendo a chiarire le dinamiche di autoregolazione del popolamento.

Questa tesi si concentra sull'analisi della mortalità arborea in un'area di monitoraggio permanente di 4 ettari situata all'interno della Riserva Naturale Pian di Landro Baldassarre (BL). L'area, lasciata a libera evoluzione da diversi anni, è stata oggetto di tre interventi di campionamento, effettuati rispettivamente nel 2007, 2015 e 2024. Tali rilievi hanno permesso di raccogliere dati preziosi sulla composizione, la struttura e la dinamica della vegetazione, offrendo un'opportunità per indagare i processi di mortalità nel tempo tra le principali specie arboree presenti: *Abies alba*, *Picea abies* e *Fagus sylvatica*.

L'obiettivo del presente lavoro è analizzare i tassi e i pattern di mortalità registrati nei tre intervalli temporali, identificando le specie maggiormente coinvolte e valutando i possibili fattori ecologici e ambientali che possono aver influenzato tali dinamiche. I risultati contribuiranno a migliorare la comprensione del funzionamento delle foreste miste montane dell'Europa centrale.

DESCRIZIONE DELL' AREA DI STUDIO

Il Cansiglio, altopiano delle Prealpi Carniche posto a cavallo delle province di Belluno, Treviso e Pordenone, sovrasta con le pendici esterne a sud e a est la pianura veneto-friulana, mentre a nord è delimitato dalla regione dell'Alpago e a nord est dal gruppo montuoso del Cavallo; infine, ad ovest, la Val Lapisina lo separa dal Col Visentin. L'altopiano, dalla caratteristica forma a catino, è costituito nella sua parte centrale da tre depressioni: Pian Cansiglio, Valmenera e Cornesega, dove si raggiunge la quota più bassa (898 m). I rilievi circostanti hanno un'altezza attorno ai 1300 m, tranne ad ovest e a sud ovest, in corrispondenza del M. Millifret (1577 m) e del M. Pizzoc (1565 m); ad est con il M. Croseraz si raggiungono i 1694 m. I principali solchi vallivi, dai quali si accede alla conca, sono quelli di Campon (1050 m) a nord e quello della Crosetta (1118 m) a sud.

Flora e fauna

La foresta in Cansiglio è fortemente caratterizzata dalla presenza di faggi (*Fagus sylvatica*) spesso molto alti e dai fusti colonnari. Sotto le fronde, nel sottobosco, crescono specie che tollerano l'ombra: le felci, l'anemone dei boschi (*Anemone nemorosa*), l'elleboro verde (*Helleborus viridis*), l'acetosella (*Oxalis acetosella*).

La faggeta risente, come tutta la vegetazione della conca, dell'inversione termica: di conseguenza la troviamo distribuita in prevalenza sui rilievi che circondano il piano, dove le condizioni climatiche sono più miti; abbassandosi di quota il faggio si associa all'abete bianco (*Abies alba*) e all'abete rosso (*Picea abies*), formando un bosco misto. Più in basso, in prossimità delle depressioni centrali, vi sono invece boschi puri di abete rosso in gran parte di origine artificiale, nei quali la vegetazione del sottobosco ha un aspetto più povero.

In Cansiglio, i mammiferi più facili da avvistare, sono il capriolo (*Capreolus capreolus*) ed il cervo (*Cervus elaphus*), presente in foresta in buon numero. Questi erbivori, assieme al daino (*Dama dama*) introdotto in passato dall'uomo, sono in continua espansione per la mancanza di predatori naturali, anche se negli ultimi anni sono state segnalate la presenza della lince (*Felis lynx*) e le saltuarie incursioni in foresta da parte dell'orso bruno (*Ursus arctos*).



Figura 1: Piano del Cansiglio (BL)

Descrizione della Riserva Naturale Orientata Pian di Landro Baldassarre

La Riserva Naturale Orientata "Pian di Landro-Baldassarre" si trova al margine nord-orientale dell'Altopiano del Cansiglio e fu istituita con D.M. il 26 luglio 1971 e ufficializzata tramite pubblicazione sulla Gazzetta Ufficiale n. 256 dell'11 ottobre 1971, è parte integrante della Foresta Regionale Demaniale del Cansiglio. La riserva si estende su una superficie di 266 ettari con forma piuttosto irregolare, allungata in direzione NW-SE, con dimensioni massime di km 5 per km 2.

Grosso modo presenta due aree pianeggianti rispettivamente a NW, con quote medie sui 1000-1050 m s.l.m. (Pian di Landro e Baldassarre), e a SE, con quote medie sui 900-950 m s.l.m. (Valmenera); esse sono raccordate da un ripido versante piuttosto regolare, orientato in senso E-W. Queste caratteristiche morfologiche influenzano significativamente la distribuzione della vegetazione e la dinamica ecologica del sito.

L'aspetto morfologico della Riserva Orientata Regionale Pian di Landro Baldassarre è caratterizzato da un susseguirsi pressoché ininterrotto di conche chiuse (doline) a fondo piatto e ad imbuto con diametro da pochi a qualche centinaio di metri. Gli eventi tettonici hanno condizionato notevolmente lo sviluppo del carsismo. Nelle Riserva prevalgono nettamente le spianate le quali nel complesso hanno conservato molto bene la loro forma originaria dopo il sollevamento orogenetico, come quella di Pian di Landro e di Baldassarre.

Il carsismo superficiale si evidenzia soprattutto nelle zone in cui affiorano i calcari, dove gli strati sono suborizzontali, e nelle aree delle spianate, la morfologia è un susseguirsi pressoché ininterrotto di conche chiuse, dette doline, generalmente a fondo piatto, in parte anche ad imbuto, all'interno delle forme maggiori se ne possono osservare altre di dimensioni più limitate. Il diametro varia da pochi metri a qualche centinaio di metri: qua e là si possono osservare degli inghiottitoi (piccole doline che continuano verso il basso a pozzo o presentano una probabile prosecuzione visibile), quasi sempre riempiti da detriti e da resti vegetali.

Si presenta come un'ampia superficie forestale con boschi di abete bianco, faggio e abete rosso (la cui forte presenza ha per lo più origini antropiche), intervallati da due aree a vegetazione erbacea.

Il suolo, di colore scuro, è caratterizzato da un elevato contenuto di humus e da accumuli locali di argilla che conferiscono una significativa capacità di ritenzione idrica (De Bastiani et al. 2010). Questo complesso pedologico favorisce una ricca biodiversità che sostiene lo sviluppo di diverse comunità vegetali.

Il clima della riserva è classificabile come oceanico, con una temperatura media annua di 6,6 °C e precipitazioni medie annue di circa 1800 mm. I principali fattori che ne determinano le caratteristiche climatiche sono l'isolamento geografico e la particolare conformazione a catino, per cui la parte centrale dell'altopiano, a quota 1050 m, risulta quasi racchiusa dalle limitate vie di scambio costituite dal valico della Crosetta (1120 m.) verso sud e da quello di Campon (1050 m.) verso nord. Pertanto, le masse d'aria fredda che scendono al piano dai rilievi circostanti (quasi continue nella stagione invernale, interrotte da leggere brezze nel piano durante i mesi estivi) vi ristagnano, determinando una temperatura media quasi di 2° più bassa rispetto a quella che potrebbe avere una zona aperta alla stessa altitudine.



Figura 2: L'area oggetto di studio in Cansiglio nella Riserva Naturale Orientata Pian di Landro-Baldassare

MATERIALI E METODI

Il campionamento è stato condotto all'interno di un'area di saggio forestale di 4 ettari, delimitata e preventivamente cartografata. L'area è stata oggetto di un rilievo dendrometrico completo, con rilievi condotti negli anni 2007, 2015 e 2024, con l'obiettivo di registrare per ogni individuo arboreo presente alcune informazioni strutturali e qualitative, tra cui il diametro del fusto, la specie botanica e lo stato vegetativo (pianta viva o morta). Questi rilievi hanno fornito dati preziosi per l'analisi delle dinamiche forestali e la valutazione dei cambiamenti ecologici nel tempo intercorso tra i tre rilievi.

Prima dell'inizio delle misurazioni è stata predisposta una mappa dettagliata dell'area, sulla quale erano riportate le coordinate e la posizione relativa di ciascun albero. Tale supporto cartografico ha consentito di organizzare sistematicamente il lavoro in campo, evitando omissioni o duplicazioni e garantendo la corretta associazione tra individuo rilevato e dati raccolti.

Per ogni pianta è stato misurato il diametro del fusto a 1,30 m dal suolo (diametro a petto d'uomo, DBH), utilizzando un cavalletto dendrometrico (o, ove necessario, una fettuccia metrica dendrometrica). L'identificazione della specie è stata effettuata direttamente in campo sulla base delle caratteristiche morfologiche .

Lo stato della pianta è stato classificato come “viva” o “morta” in base alla presenza di chioma viva. Gli individui morti sono stati inoltre classificati in “log” per le piante morte a terra o schianto e “snag” per le piante morte in piedi. A ciascun albero censito è stata applicata una targhetta numerata identificativa, fissata al fusto mediante chiodo e martello (Figura 3). La numerazione progressiva ha permesso di associare in modo univoco ogni individuo ai dati raccolti e alla sua posizione sulla

mappa. Le targhette sono state posizionate a un'altezza standardizzata, facilmente visibile ma tale da non interferire con la crescita della pianta.

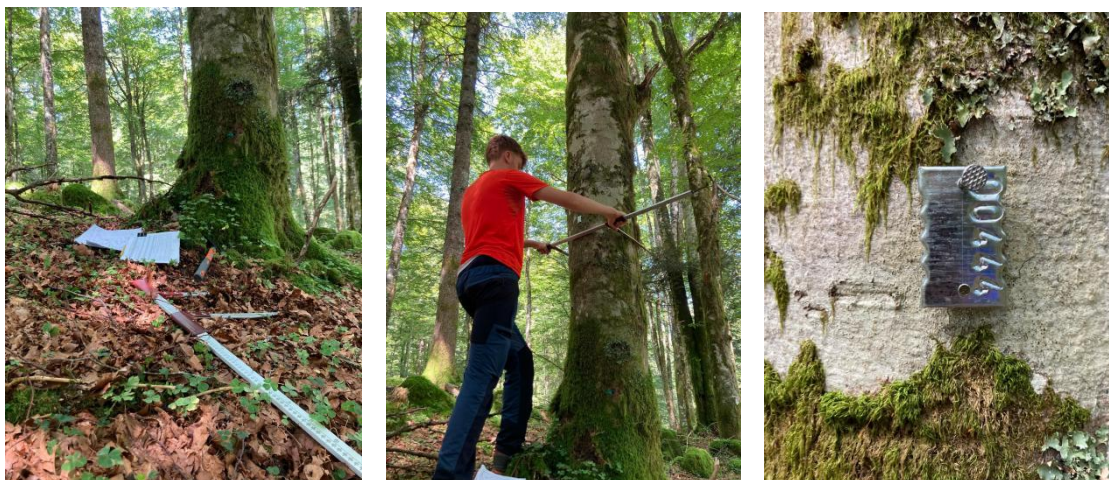


Figura 3: rilievi nell'area di saggio permanente e particolare della targhetta metallica apposta su ogni albero

I dati rilevati sono stati annotati su apposite schede e successivamente organizzati in un file Excel. L'approccio adottato, basato su un censimento completo dell'area di saggio, ha consentito di ottenere una descrizione dettagliata della composizione specifica, della struttura diametrica e dello stato fitosanitario del popolamento forestale oggetto di studio.

Nella fase di elaborazione dei dati rilevati, in una prima fase, per tutti e tre gli anni, sono state analizzate le piante morte, suddividendole per specie e riportando le frequenze ottenute alla superficie campionata, pari a quattro ettari, al fine di determinare la densità di popolamento sia totale sia ad ettaro.

Successivamente, per caratterizzare la struttura dimensionale della mortalità, gli individui morti sono stati classificati in funzione del diametro a 1,30 m e in seguito raggruppati in tre categorie dimensionali: piante piccole (10–25 cm), medie (30–45 cm) e grandi (50–80 cm). Tale procedura ha permesso di valutare la distribuzione della mortalità in relazione allo sviluppo dimensionale degli individui.

Per il rilievo del 2024 è stata inoltre introdotta una ulteriore classificazione del legno morto distinguendo tra piante morte in piedi (snag) e piante morte a terra o schiantate (log). Questa analisi ha consentito di confrontare la modalità di morte degli individui in relazione alla specie e alla classe dimensionale.

Infine, per verificare l'esistenza di associazioni statisticamente significative tra le variabili categoriche considerate, è stato applicato il test del chi-quadrato. Il test del chi quadrato (χ^2) è un metodo statistico che serve per capire se ciò che osserviamo nei dati è compatibile con ciò che ci aspetteremmo in base a un'ipotesi teorica (ipotesi nulla) che prevede che le frequenze relative siano le stesse per tutte le categorie.

Nel test si confrontano delle frequenze osservate (cioè i dati reali raccolti) con delle frequenze attese (cioè i valori che ci aspetteremmo se l'ipotesi nulla fosse vera). Se la differenza tra osservato e atteso è piccola, si conclude che i dati sono coerenti con l'ipotesi nulla. Se invece la differenza è grande, è probabile che l'ipotesi nulla non sia corretta, ossia che esista una associazione tra le variabili

categoriche considerate. Nel caso oggetto di studio, l'ipotesi nulla è che la mortalità sia la stessa per le diverse specie nei diversi anni (primo caso) o per i diversi tipi di legno morto (snag e log, secondo caso).

Il test è stato utilizzato per confrontare le frequenze osservate con quelle attese. In particolare, sono state valutate tre relazioni: la distribuzione della mortalità per specie nei tre rilievi temporali, la relazione tra specie e tipologia di legno morto (snag e log) e l'associazione tra classe dimensionale e tipologia di legno morto.

I risultati delle analisi statistiche sono stati successivamente interpretati per valutare la presenza di differenze significative nella struttura della mortalità e nella dinamica del popolamento forestale nel periodo di studio.

RISULTATI

L' area di studio permanente ospita sia conifere che latifoglie, rappresentate principalmente da *Abies alba* Mill. (abete bianco), *Picea abies* L. (abete rosso), e *Fagus sylvatica* L. (faggio). I dati del cavallettamento eseguito nel 2024 sono stati raccolti in una tabella su foglio Excel, assieme ai dati raccolti nei due interventi precedenti, nel 2007 e nel 2015.

2007

Le piante morte sono state suddivise in 4 categorie: *Abies alba* Mill. (AA), *Picea abies* L. (PA), *Fagus sylvatica* L. (FS) e *Acer pseudoplatanus* L., *Corylus avellana* L., *Fraxinus excelsior* L., *Salix alba* L. raggruppati nella categoria "altro".

E' stato ricavato il numero totale delle piante morte per ciascuna specie rapportata alla superficie in modo da calcolarne la densità di popolamento prima totale e poi ad ettaro, per ogni specie.

Nel 2007, in seguito al campionamento effettuato all' interno dell'area oggetto di studio di dimensioni di 4 ettari, sono state rilevate un totale di 710 piante morte, circa 178 ad ettaro.

Specie	freq	freq ha ⁻¹
PA	528	132
FS	121	30,25
AA	54	13,5
altre specie	7	1,75
totale	710	177,5

Tabella 1: Piante morte rilevate nell' area di studio nel 2007

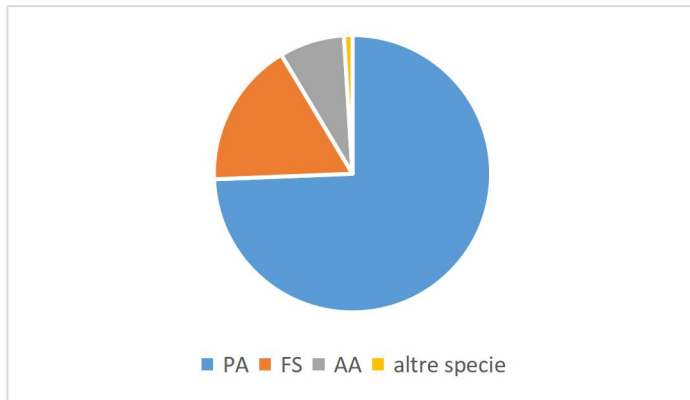


Figura 1: Composizione specifica delle piante morte nel 2007

Come si può notare dalla tabella e dal grafico a torta (*Figura 1*), la categoria con la maggiore mortalità ad ettaro è la PA con 132 piante, seguita da FS e AA con rispettivamente 30 e 14 individui, mentre la categoria “altre specie” solo 2.

classe	limite sup	freq	freq ha ⁻¹
10	12,49	583	146
15	17,49	69	17
20	22,49	35	9
25	27,49	7	2
30	32,49	7	2
35	37,49	3	1
40	42,49	0	0
45	47,49	0	0
50	52,49	1	0
55	57,49	2	1
60	62,49	1	0
65	67,49	1	0
70	72,49	0	0
75	77,49	1	0
80	82,49	0	0

Tabella 2: frequenze per classi diametriche

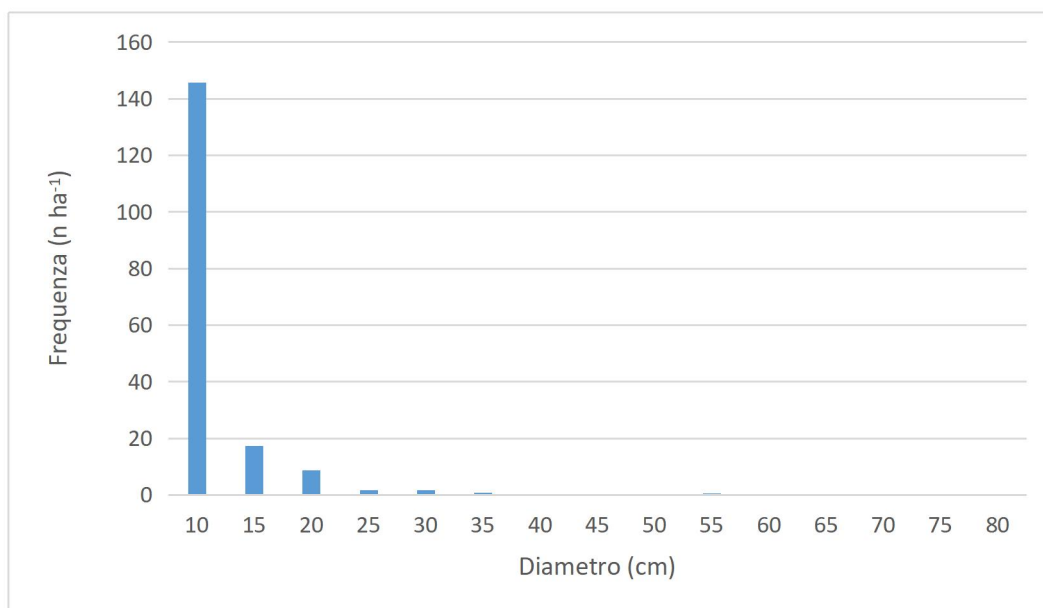


Figura 2: Dimensione delle piante morte rilevate nel 2007

Dal grafico (Figura 2) si può notare una maggior concentrazione della mortalità nella classe del 10 (583 individui, 146 ha⁻¹), quindi piante di piccole dimensioni. Le classi superiori evidenziano frequenze di mortalità decrescenti e risultano quasi assenti oltre i 40 cm di diametro.

La stessa operazione è stata eseguita calcolando la frequenza totale e la frequenza ad ettaro per ciascuna delle classi diametriche suddivise per ogni specie forestale presente nella particella, seguita da una rappresentazione grafica.

classe	limite sup	frequenza				frequenza ha-1				totale
		AA	PA	FS	altro	AA	PA	FS	altro	
10	12,49	25	463	90	5	6,25	115,75	22,5	1,25	145,75
15	17,49	12	43	14	0	3	10,75	3,5	0	17,25
20	22,49	9	13	12	1	2,25	3,25	3	0,25	8,75
25	27,49	3	1	2	1	0,75	0,25	0,5	0,25	1,75
30	32,49	3	2	2	0	0,75	0,5	0,5	0	1,75
35	37,49	0	3	0	0	0	0,75	0	0	0,75
40	42,49	0	0	0	0	0	0	0	0	0
45	47,49	0	0	0	0	0	0	0	0	0
50	52,49	1	0	0	0	0,25	0	0	0	0,25
55	57,49	0	2	0	0	0	0,5	0	0	0,5
60	62,49	0	0	1	0	0	0	0,25	0	0,25
65	67,49	0	1	0	0	0	0,25	0	0	0,25
70	72,49	0	0	0	0	0	0	0	0	0
75	77,49	1	0	0	0	0,25	0	0	0	0,25
80	82,49	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabella 3: frequenze classi diametriche per specie

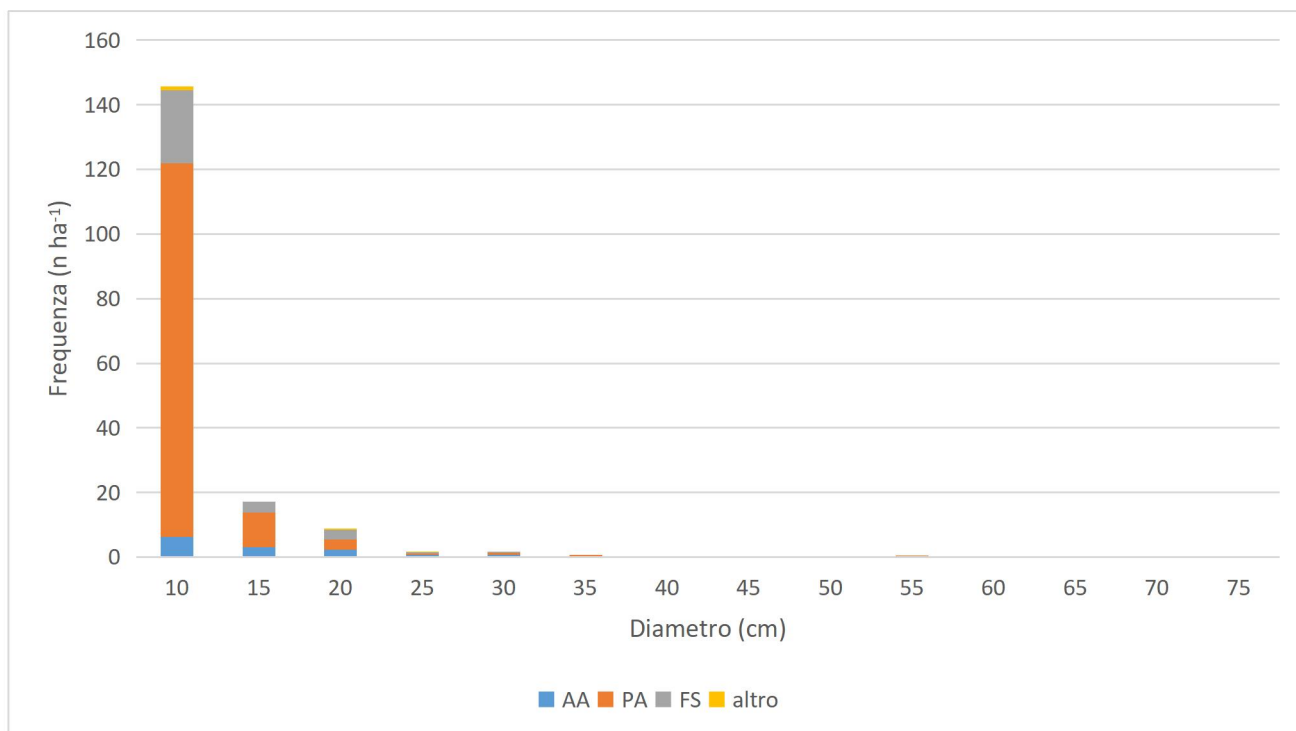


Figura 3: frequenza per classi diametriche e per specie rilevate nel 2007

Questa operazione ha permesso di calcolare la frequenza totale e la frequenza percentuale delle piante morte piccole (comprende piante delle classi diametriche che vanno dal 10 al 25), medie (dalla classe del 30 alla classe del 45) e grandi (dalla classe del 50 alla classe dell' 80).

	AA	PA	FS	altro
piccole	49	520	118	7
medie	3	5	2	0
grandi	3	3	1	0
tot	55	528	121	7
piccole	0,89	0,98	0,98	1,00
medie	0,05	0,01	0,02	0,00
grandi	0,05	0,01	0,01	0,00

Tabella 4: frequenza totale e percentuale per classi di dimensione.

Dal grafico e dalla tabella (Figura 3) si nota una maggiore mortalità di piante piccole quindi appartenenti alla classe diametrica che va dal 10 al 25, rispetto a tutte le altre piante delle altre classi diametriche. Inoltre la mortalità nel 2007 è maggiore per la *Picea abies* rispetto alle altre specie.

2015

E' stato ricavato il numero totale delle piante morte per ciascuna specie, (attraverso la funzione somma), e quest' ultimi rapportati alla superficie in modo da calcolarne la densità di popolamento prima totale e poi ad ettaro, per ogni specie.

Specie	freq	freq ha ⁻¹
PA	194	48,5
FS	133	33,25
AA	16	4
altre specie	16	4

Tabella 5: piante morte rilevate nell' area di studio nel 2015

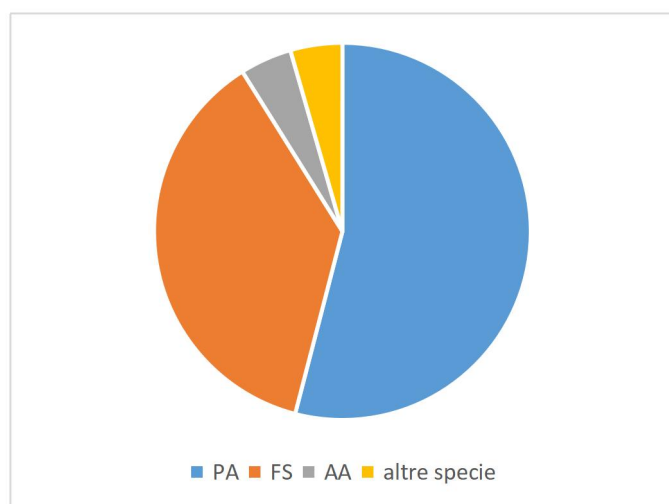


Figura 4: Composizione specifica delle piante morte rilevate nel 2015

Dalle analisi dei dati riportati in tabella e rappresentati nel grafico a torta (Figura 4) emerge che la categoria con il più elevato numero di individui morti per ettaro è PA (194 individui), seguita da FS (133 individui). AA e il gruppo delle "altre specie" presentano valori sensibilmente inferiori tra loro, con 16 individui morti ciascuno.

classe	limite sup	freq	freq ha ⁻¹
10	12,49	262	65,5
15	17,49	62	15,5
20	22,49	23	5,75
25	27,49	8	2
30	32,49	1	0,25
35	37,49	0	0
40	42,49	3	0,75
45	47,49	0	0
50	52,49	0	0
55	57,49	0	0
60	62,49	0	0
65	67,49	0	0
70	72,49	0	0
75	77,49	0	0
80	82,49	0	0

Tabella 6: frequenze per classi diametriche

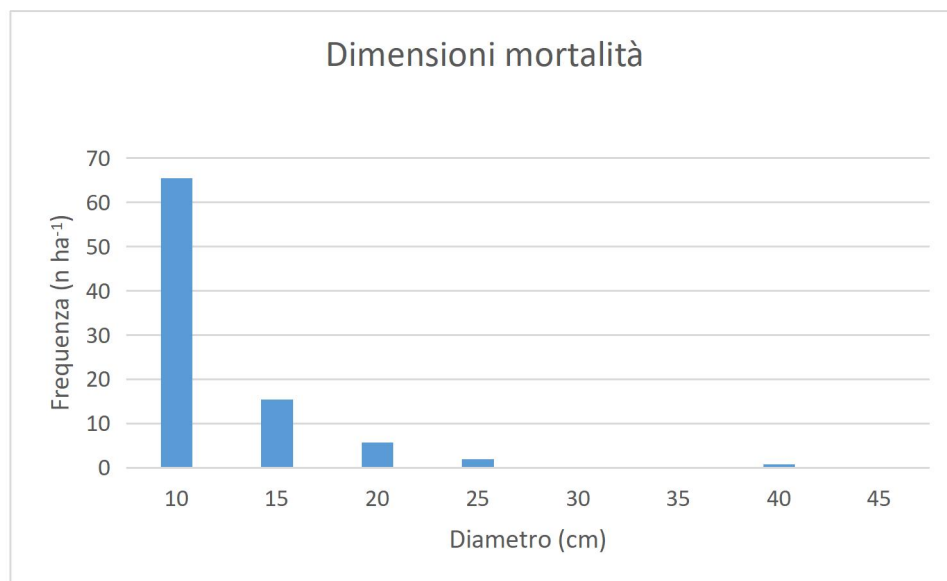


Figura 5: Dimensione delle piante morte rilevate nel 2015

Dall'osservazione della Figura 5 emerge che, nel periodo compreso tra il 2007 e il 2015, la mortalità risulta prevalentemente concentrata nella classe diametrica del 10, corrispondente agli individui di piccole dimensioni. Tale classe mostra una frequenza di piante morte nettamente superiore rispetto a tutte le altre classi diametriche considerate.

La medesima procedura è stata applicata determinando, per ciascuna specie forestale presente nella particella, la frequenza assoluta e la frequenza per ettaro delle piante appartenenti alle diverse classi diametriche. I risultati ottenuti sono stati successivamente elaborati graficamente.

classe	limite sup	frequenza				frequenza ha-1				totale
		AA	PA	FS	altro	AA	PA	FS	altro	
10	12,49	9	133	109	11	2,25	33,25	27,25	2,75	65,5
15	17,49	4	40	15	3	1	10	3,75	0,75	15,5
20	22,49	2	13	6	2	0,5	3,25	1,5	0,5	5,75
25	27,49	0	5	3	0	0	1,25	0,75	0	2
30	32,49	0	1	0	0	0	0,25	0	0	0,25
35	37,49	0	0	0	0	0	0	0	0	0
40	42,49	1	2	0	0	0,25	0,5	0	0	0,75
45	47,49	0	0	0	0	0	0	0	0	0
50	52,49	0	0	0	0	0	0	0	0	0
55	57,49	0	0	0	0	0	0	0	0	0
60	62,49	0	0	0	0	0	0	0	0	0
65	67,49	0	0	0	0	0	0	0	0	0
70	72,49	0	0	0	0	0	0	0	0	0
75	77,49	0	0	0	0	0	0	0	0	0
80	82,49	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabella 7: frequenze delle classi diametriche per specie

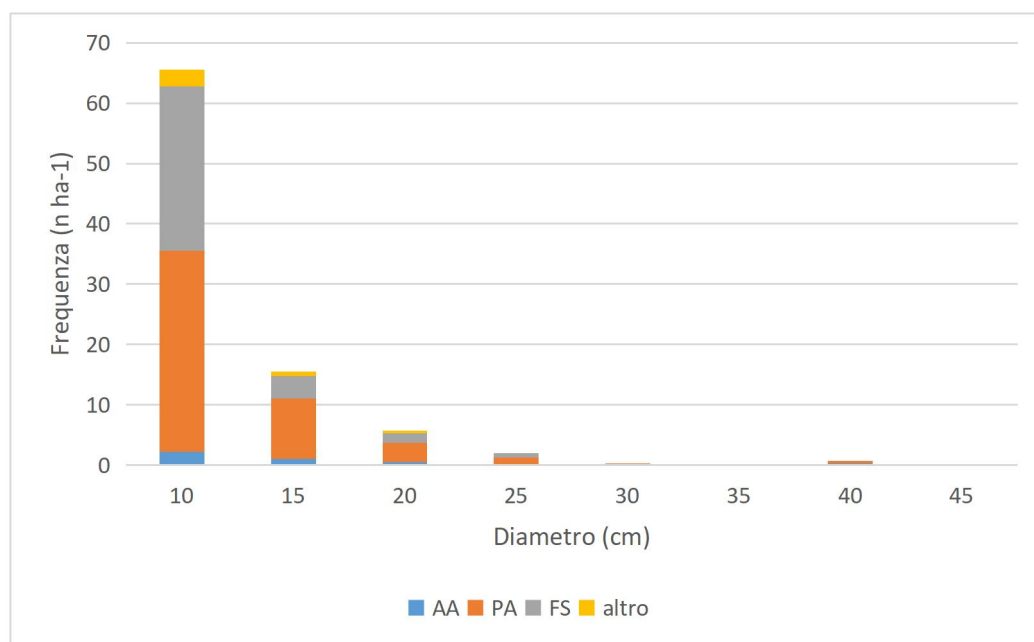


Figura 6: frequenza per classi diametriche e per specie nel rilievo del 2015

Questa operazione ha permesso di calcolare la frequenza totale e la frequenza percentuale delle piante morte piccole, medie e grandi.

	AA	PA	FS	altro
piccole	15	191	133	16
medie	1	3	0	0
grandi	0	0	0	0
tot	16	194	133	16
piccole	0,94	0,98	1,00	1,00
medie	0,06	0,02	0,00	0,00
grandi	0,00	0,00	0,00	0,00

Tabella 8: frequenza totale e percentuale per classi di dimensione

Dall'analisi della tabella e del grafico emerge una marcata prevalenza della mortalità nelle classi diametriche inferiori (10-25), corrispondenti agli individui di piccole dimensioni, rispetto a tutte le altre classi considerate. Inoltre nel rilievo del 2015 la mortalità risulta maggiormente concentrata in *Picea abies* e *Fagus sylvatica*, che presentano valori superiori rispetto alle altre specie forestali presenti nella particella.

2024

Il terzo e ultimo rilievo è stato eseguito nel 2024 per analizzare il tipo di mortalità che c'è stata tra il 2015 e il 2024.

Specie	freq	freq ha ⁻¹
PA	204	51
FS	187	46,75
AA	61	15,25
altre specie	13	3,25

Tabella 9: piante morte rilevate nell'area di studio nel 2024

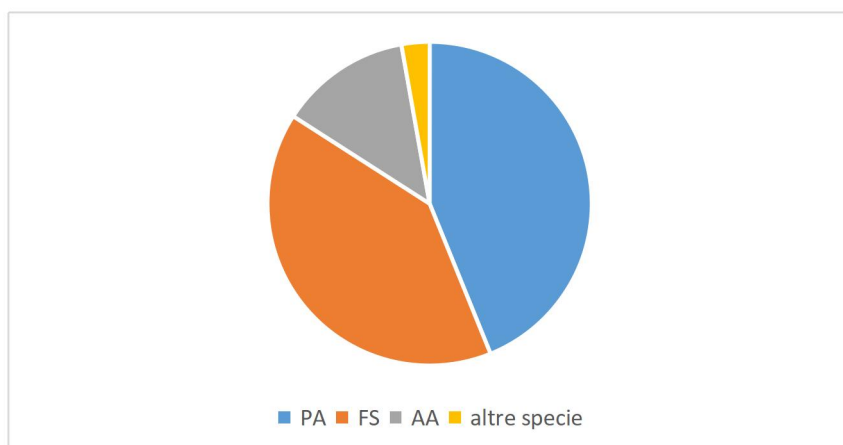


Figura 7: Composizione specifica delle piante morte nel 2015

Dall'analisi dei dati in tabella e rappresentati nel grafico a torta (Figura 7). Emerge che la categoria con il più elevato numero di individui morti per ettaro è PA (204 individui), seguita da FS (187 individui). AA e il gruppo "altre specie" mostrano valori inferiori, con rispettivamente 61 e 13 individui morti.

classe	limite sup	frequenza				frequenza ha-1				totale
		AA	PA	FS	altro	AA	PA	FS	altro	
10	12,49	10	50	109	8	2,5	12,5	27,25	2	44,25
15	17,49	9	29	30	3	2,25	7,25	7,5	0,75	17,75
20	22,49	9	37	22	1	2,25	9,25	5,5	0,25	17,25
25	27,49	6	25	6	1	1,5	6,25	1,5	0,25	9,5
30	32,49	2	21	2	0	0,5	5,25	0,5	0	6,25
35	37,49	2	9	2	0	0,5	2,25	0,5	0	3,25
40	42,49	8	11	4	0	2	2,75	1	0	5,75
45	47,49	4	4	3	0	1	1	0,75	0	2,75
50	52,49	3	5	1	0	0,75	1,25	0,25	0	2,25
55	57,49	1	2	4	0	0,25	0,5	1	0	1,75
60	62,49	1	1	2	0	0,25	0,25	0,5	0	1
65	67,49	2	2	1	0	0,5	0,5	0,25	0	1,25
70	72,49	1	4	1	0	0,25	1	0,25	0	1,5
75	77,49	0	3	0	0	0	0,75	0	0	0,75
80	82,49	2	1	0	0	0,5	0,25	0	0	0,75
85	87,49	1	0	0	0	0,25	0	0	0	0,25

Tabella 10: frequenza delle piante morte per classi diametriche per specie

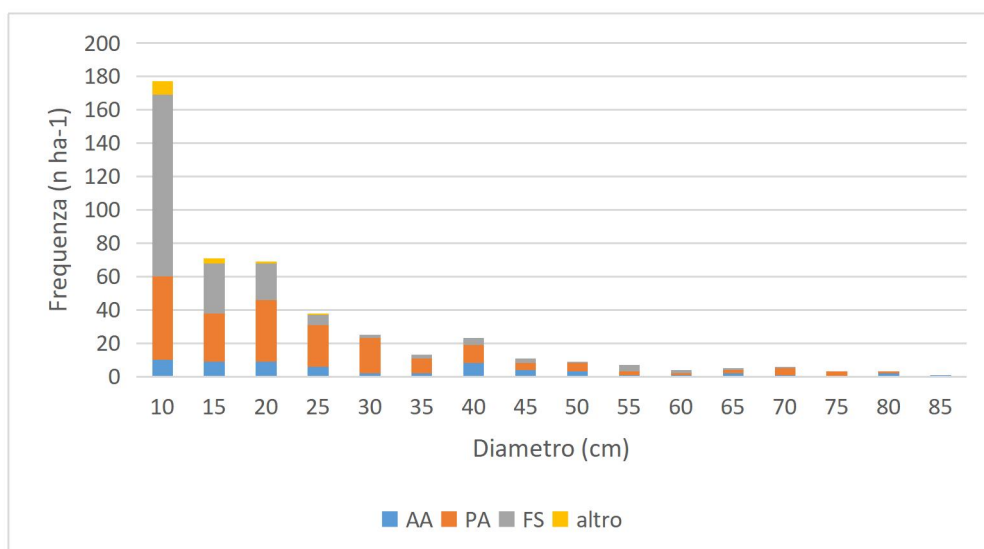


Figura 8: frequenza delle piante morte per classi diametriche e per specie nel rilievo del 2024

La determinazione delle frequenze delle piante morte in relazione alla classe diametrica ha consentito di calcolare, per ciascun gruppo dimensionale (piccole, medie e grandi), sia la frequenza assoluta sia la frequenza percentuale sul totale degli individui morti.

	AA	PA	FS	altro
piccole	34	141	167	13
medie	16	45	11	0
grandi	11	18	9	0
tot	61	204	187	13
piccole	0,56	0,69	0,89	1,00
medie	0,26	0,22	0,06	0,00
grandi	0,18	0,09	0,05	0,00

Tabella 11: frequenza totale e percentuale per classi di dimensione

Dal grafico e dalla tabella (Figura 8) si nota una maggiore mortalità di piante piccole quindi appartenenti alla classe diametrica che va dal 10 al 25, rispetto a tutte le altre piante delle altre classi diametriche. Inoltre la mortalità nel 2024 è maggiore per la *Picea abies* e *Fagus sylvatica* rispetto alle altre specie.

Per il 2024 abbiamo anche calcolato il numero di piante vive per le quattro specie, prima totale e poi ad ettaro; questo ci ha permesso di calcolare la mortalità percentuale.

Specie	freq	freq ha ⁻¹
PA	433	108,25
FS	945	236,25
AA	298	74,5
altre specie	8	2

Tabella 11: piante vive nel 2024

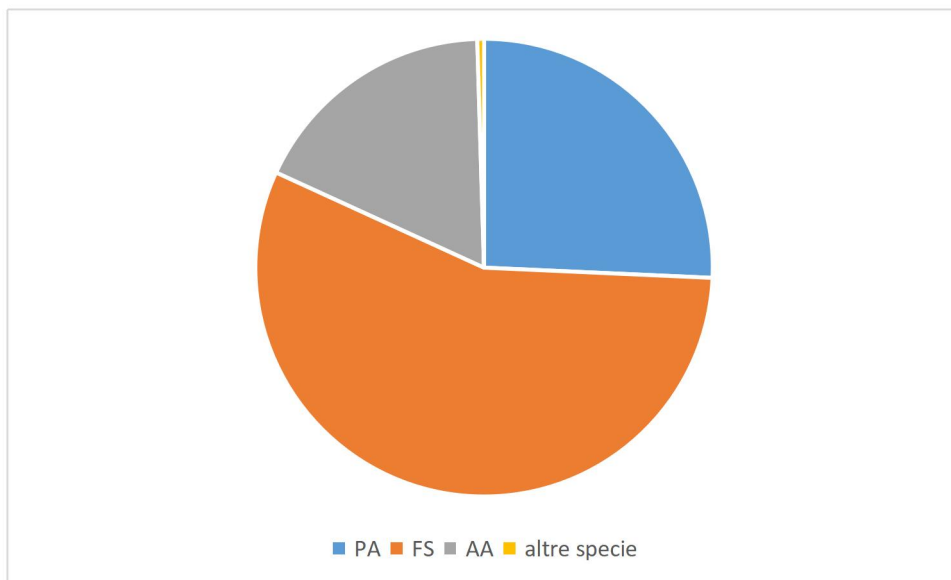


Figura 9: Piante vive nel 2024

Dalla figura si nota che il popolamento è caratterizzato da una predominanza di *Fagus sylvatica* con 945 piante seguita da *Picea abies* e *abies alba* con rispettivamente 433 e 298 esemplari nei quattro ettari.

Specie	freq	freq %
PA	0,32	32,03
FS	0,17	16,52
AA	0,17	16,99
altre specie	0,62	61,90

Tabella 12: mortalità percentuale per le tre specie nel 2024

Avendo ora a disposizione sia le piante morte che le piante vive per ogni specie nel 2024 si è potuto calcolare la mortalità per ciascuna specie, notando una maggiore mortalità per le PA, rispetto a FS e AA in cui la mortalità percentuale è pressoché uguale.

SNAG/LOG

Nel rilievo 2024 le piante morte sono state ulteriormente classificate in snag (morte in piedi) e log (morte a terra). Grazie a questa ulteriore classificazione abbiamo potuto vedere la differenza delle dimensioni delle piante che sono morte in piedi rispetto a quelle a terra.

	freq	freq ha ⁻¹
log	92	23
snag	171	42,75

Tabella 13: frequenza di log e snag

Si può notare come nel 2024 sono maggiori le piante morte a terra o schianto (snag) con 43 esemplari ad ettaro rispetto a 23 esemplari ad ettaro delle piante morte in piedi.

Specie	log	snag
PA	46	95
FS	28	58
AA	17	21

Tabella 14: frequenza di log e snag divise per specie

La distribuzione per specie (tabella 14) mostra una prevalenza di snag per tutte le principali specie forestali rispetto ai log.

classe	limite sup	frequenza		frequenza ha-1		totale
		snag	log	snag	log	
10	12,49	49	36	12,25	9	21,25
15	17,49	41	9	10,25	2,25	12,5
20	22,49	34	12	8,5	3	11,5
25	27,49	18	8	4,5	2	6,5
30	32,49	8	8	2	2	4
35	37,49	3	3	0,75	0,75	1,5
40	42,49	9	4	2,25	1	3,25
45	47,49	4	3	1	0,75	1,75
50	52,49	1	5	0,25	1,25	1,5
55	57,49	1	1	0,25	0,25	0,5
60	62,49	1	0	0,25	0	0,25
65	67,49	0	1	0	0,25	0,25
70	72,49	1	1	0,25	0,25	0,5
75	77,49	1	0	0,25	0	0,25
80	82,49	0	1	0	0,25	0,25

Tabella 15: frequenze per classe diametrica log e snag

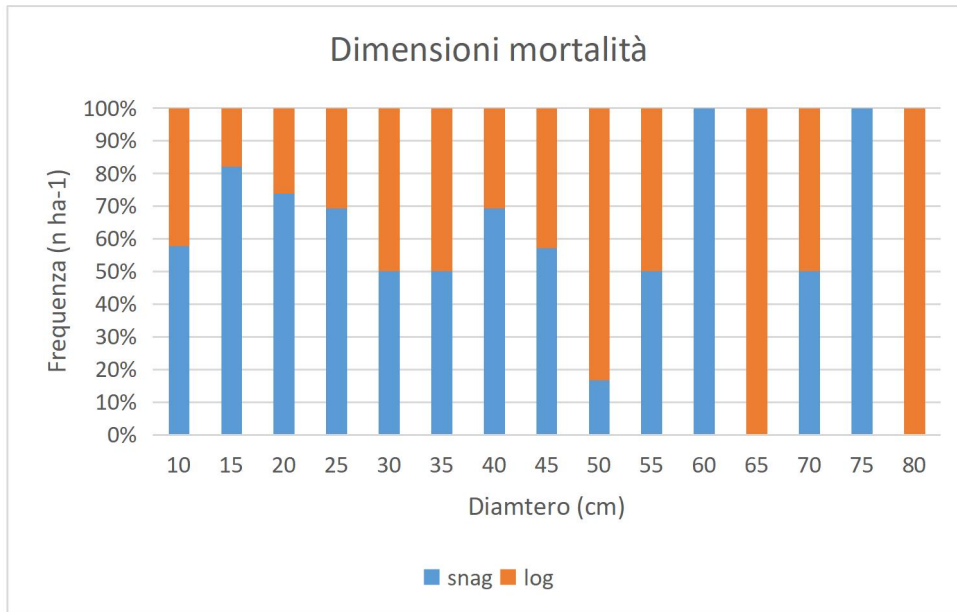


Figura 10: Frequenza relativa delle classe dimetriche di log e snag

	log	snag
piccole	142	65
medie	24	18
grandi	5	9
tot	171	92
piccole	0,83	0,38
medie	0,14	0,11
grandi	0,03	0,05

Tabella 16: frequenze di log e snag nelle categorie dimensionali piccola, media e grande

L'analisi della distribuzione del legno morto per classi dimensionali evidenzia che nella classe piccola, prevalgono i log (142 individui) rispetto agli snag (65 individui). Anche nelle classi medie si osserva una maggiore frequenza di log (24 individui) rispetto agli snag (18 individui). Nelle classi grandi, invece, il numero complessivo di individui morti risulta ridotto, con una leggera prevalenza degli snag (9 individui) rispetto ai log (5 individui).

Test del CHI-QUADRATO

Test chi quadrato per le specie morte nei tre rilievi

	2007	2015	2024		
Specie	freq	freq	freq	Somma	%
PA	528	194	204	926	0,60
FS	121	133	187	441	0,29
AA	54	16	61	131	0,09
altre specie	7	16	13	36	0,02
Somma	710	359	465	1534	
%	0,46	0,23	0,30		

Frequenze osservate

	2007	2015	2024	
Specie	freq	freq	freq	Somma
PA	429	217	281	926
FS	204	103	134	441
AA	61	31	40	131
altre specie	17	8	11	36
Somma	710	359	465	

Frequenze attese

	2007	2015	2024	
Specie	freq	freq	freq	Somma
PA	23	2	21	46
FS	34	9	21	64
AA	1	7	11	19
altre specie	6	7	0	13
Somma	63	25	54	142

DIST CHI

valore di p 3,67211E-28

Test del chi quadro snag e log per specie

Specie	log	snag	somma	%
PA	46	95	141	0,53
FS	28	58	86	0,32
AA	17	21	38	0,14
somma	91	174	265	
%	0,34	0,66		

Frequenze osservate

Specie	log	snag	somma
PA	48	93	141
FS	30	56	86
AA	13	25	38
somma	91	174	

Frequenze attese

Specie	log	snag	somma
PA	0	0	0
FS	0	0	0
AA	1	1	2
somma	1	1	2

DIST CHI

valore di p 0,345251499

Test del chi quadrato snag e log per dimensione

	log	snag	somma	%
piccole	142	65	207	0,79
medie	24	18	42	0,16
grandi	5	9	14	0,05
somma	171	92	263	
%	0,65	0,35		

Frequenze osservate

	log	snag	somma
piccole	135	72	207
medie	27	15	42
grandi	9	5	14
somma	171	92	263

Frequenze attese

	log	snag	somma
piccole	0	1	1
medie	0	1	1
grandi	2	3	5
somma	3	5	8

DIST CHI

valore di

p 0,022392803

I test mostrano come esista un'associazione tra la specie e i tre periodi considerati. Ciò indica che la mortalità nelle tre specie non è stata costante lungo il periodo considerato. In particolare si nota come, dal 2007 al 2024, si sia ridotta la mortalità dell'abete rosso (da 528 a 204 individui), mentre sia aumentata la mortalità di abete bianco (da 54 a 61) e faggio (da 121 a 187).

Non è osservata invece un'associazione significativa tra specie ed elemento di necromassa, in particolare nel rilievo 2024 per tutte le specie erano più frequenti gli snag rispetto ai log. Infine, si è osservata una relazione significativa tra elemento di necromassa e dimensione, ossia una differenza nelle dimensioni tra snag e log.

DISCUSSIONI E CONCLUSIONE

I risultati emersi dall'analisi dei tre periodi di rilievo – 2007, 2015 e 2024 – evidenziano come la dinamica di mortalità all'interno del popolamento forestale non sia statica, ma risponda a fattori ecologici variabili nel tempo e nello spazio.

L'analisi dei tre rilievi evidenzia una dinamica temporale non lineare della mortalità all'interno dell'area permanente di studio. Nel 2007 si registra il valore assoluto più elevato di piante morte (710 individui), seguito da una marcata riduzione nel 2015 (359 individui) e da un nuovo incremento nel 2024 (465 individui). Il test del chi-quadrato applicato alla distribuzione delle specie nei tre anni indica che la mortalità non si è distribuita in modo uniforme tra specie e anni, suggerendo una variazione significativa della risposta demografica nel tempo. Questo risultato evidenzia come la dinamica di mortalità sia influenzata da fattori temporali, verosimilmente legati a condizioni ambientali, competizione intra- e interspecifica o eventi di disturbo.

In tutti e tre i rilievi, *Picea abies* risulta la specie con il maggior numero assoluto di individui morti. Inoltre, nel 2024 presenta la più elevata mortalità, nettamente superiore rispetto a *Fagus sylvatica* e *Abies alba*. Questa maggiore vulnerabilità relativa di *Picea abies* può essere interpretata alla luce delle sue caratteristiche ecologiche. Si tratta di una specie mesofila e relativamente sensibile a stress idrici e termici, che negli ultimi decenni hanno interessato diffusamente gli ecosistemi montani dell'Europa centro-meridionale. Al contrario, *Fagus sylvatica* e *Abies alba* mostrano una maggiore plasticità ecologica in stazioni fresche, condizione presente nell'area di studio. La predominanza numerica di *Fagus sylvatica* tra le piante vive nel 2024 suggerisce una fase dinamica favorevole a questa specie, che potrebbe progressivamente assumere un ruolo strutturalmente dominante nel popolamento.

Un elemento costante nei tre rilievi è la forte concentrazione della mortalità nelle classi diametriche inferiori (10–25). Nel 2007 e nel 2015 oltre il 95% delle piante morte apparteneva alle classi piccole; nel 2024 tale quota rimane prevalente, ma si osserva un incremento relativo delle classi medie e grandi. La mortalità nelle classi inferiori è tipica dei popolamenti disetanei o in fase di autoregolazione, dove la competizione per luce, spazio e risorse determina un'elevata mortalità.

Nel 2024 le piante morte in piedi (snag) risultano superiori rispetto a quelle a terra (log). Tuttavia, l'analisi per classi dimensionali mostra un risultato differenziato: nelle classi piccole e medie prevalgono i log mentre nelle classi grandi si ha una leggera prevalenza degli snag. Il test del chi-quadrato applicato alla relazione specie-tipologia di legno morto non evidenzia differenze significative ($p = 0,345$), indicando che la modalità di morte (in piedi o a terra) non dipende dalla specie.

Al contrario, la relazione tra classe dimensionale e tipologia di legno morto risulta significativa ($p = 0,022$), suggerendo un'associazione tra dimensione dell'albero e modalità di morte. Le piante di piccole dimensioni, spesso caratterizzate da apparato radicale meno sviluppato e maggiore suscettibilità meccanica, tendono a cadere più facilmente. Gli individui di grandi dimensioni possono invece permanere più a lungo in posizione eretta dopo la morte.

Possiamo quindi dedurre che la mortalità osservata sia principalmente connessa a dinamiche di competizione e pressione da fauna selvatica, con un ruolo crescente, nell'ultimo periodo, di fattori di stress ambientale che iniziano a coinvolgere anche gli individui di maggiori dimensioni. Nell'ultimo rilievo, la presenza sia di snag sia di log di medie e grandi dimensioni evidenzia delle dinamiche

tipiche delle foreste vetuste, con mortalità di individui maturi in piedi e piccoli schianti per gruppi, probabilmente associati agli eventi metereologici avvenuti nell'ultimo decennio.

In conclusione, questo lavoro evidenzia come la struttura del popolamento e la distribuzione della necromassa rappresentino indicatori fondamentali per comprendere le traiettorie evolutive del bosco. L'analisi temporale ha permesso di cogliere non solo le differenze tra specie, ma anche un possibile cambiamento nei fattori di mortalità, sottolineando l'importanza di un monitoraggio continuo per interpretare correttamente le dinamiche forestali e orientare eventuali strategie di gestione futura e di prevenzione.



Figura 11: Elementi di necromassa all'interno dell'area oggetto di studio

BIBLIOGRAFIA

- De Bastiani, A., et al. (2010). Caratteristiche pedologiche e vegetazionali della Foresta del Cansiglio. Regione Veneto.
- De Bastiani, D. (Ed.). (2010). La Riserva Naturale Orientata "Pian di Landro – Baldassare". In Guida ai parchi naturali di Veneto, Friuli Venezia Giulia, Trentino Alto Adige (pp. 32-53).
- Etzold, S., et al. (2019). One century of forest monitoring data in Switzerland reveals species- and site-specific trends of climate-induced tree mortality. *Frontiers in Forests and Global Change*, 2, 1-20.
- Harmon, M. E., et al. (1986). Ecology of coarse woody debris in temperate ecosystems. *Advances in Ecological Research*, 15, 133-302.
- Idoate Lacasia, F., et al. (2025). Trends in background mortality in unmanaged forests across Europe over the last century.
- Lamedica, S. (2011). Foreste di area temperata: strutture e dinamiche a confronto in popolamenti vergini e lasciati a libera evoluzione [Tesi di dottorato]. Università degli Studi di Padova.
- Lasen, C. (2000). Indagini floristico-vegetazionali per la redazione dei piani di gestione delle riserve naturali "Pian di Landro - Baldassare" e "Piaie Longhe - Millifret". Manoscritto inedito.
- Oliver, C. D., & Larson, B. C. (1996). *Forest stand dynamics*. John Wiley & Sons.
- Ruiz-Pérez, G., & Vico, G. (2020). Effects of temperature and water availability on northern European boreal forests. *Frontiers in Forests and Global Change*, 3, 34.
- Seidl, R., et al. (2017). Forest disturbances under climate change. *Nature Climate Change*, 7(6), 395-402.
- Sicuriello, F., Ferretti, F., Colangelo, P., & De Cinti, B. (2024). Compositional and ecological diversity of Cansiglio forest (Friuli Venezia Giulia, Italy). *Vegetation Classification and Survey*, 5, 225-236.
- Uboni, C., Borsato, V., & Bacaro, G. (2021). Odonate fauna assemblages in the "Cansiglio Forest" (Insecta: Odonata). *Rendiconti Lincei – Scienze Fisiche e Naturali*, 32, 1-15.