

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA

DIPARTIMENTO TERRITORIO E SISTEMI AGRO-FORESTALI

Corso di laurea in Tecnologie forestali e ambientali L

**Monitoraggio della rinnovazione naturale in un popolamento  
colpito da schianti da vento.  
Il caso studio del sito di Tressilla (Baselga di Pinè, TN)**

*Relatore*

Prof. Emanuele Lingua

*Correlatore*

Dott. Davide Marangon

*Laureando*  
Daniele Tait

*N. matricola*  
2006061

ANNO ACCADEMICO 2022 - 2023



## **SOMMARIO**

<b>1. RIASSUNTO.....</b>	<b>4</b>
<b>2. ABSTRACT.....</b>	<b>5</b>
<b>3. INTRODUZIONE.....</b>	<b>6</b>
<b>4. OBIETTIVO DELLA TESI.....</b>	<b>10</b>
<b>5. INQUADRAMENTO STAZIONALE.....</b>	<b>11</b>
<b>5.1 Disegno sperimentale.....</b>	<b>13</b>
<b>6. MATERIALI E METODI.....</b>	<b>14</b>
<b>6.1 Individuazione aree di saggio.....</b>	<b>14</b>
<b>6.2 Raccolta dati e misurazioni.....</b>	<b>15</b>
<b>6.2.1 Copertura del suolo.....</b>	<b>15</b>
<b>6.2.2 Rinnovazione naturale.....</b>	<b>16</b>
<b>6.2.3 Necromassa.....</b>	<b>17</b>
<b>7. ELABORAZIONE DATI.....</b>	<b>18</b>
<b>7.1 Inquadramento generale.....</b>	<b>18</b>
<b>7.2 Aree di saggio e correlazione in base alla copertura del suolo.....</b>	<b>19</b>
<b>7.3 Danni presenti nel popolamento.....</b>	<b>19</b>
<b>7.4 Necromassa e analisi influenza sull'insediamento della rinnovazione.....</b>	<b>20</b>
<b>8. RISULTATI.....</b>	<b>21</b>
<b>8.1 Inquadramento generale.....</b>	<b>21</b>
<b>8.2 Caratteristiche aree di saggio e analisi influenza della copertura del suolo.....</b>	<b>24</b>
<b>8.3 Danni nel popolamento.....</b>	<b>26</b>
<b>8.4 Necromassa e analisi influenza sullo sviluppo della rinnovazione.....</b>	<b>29</b>
<b>9. DISCUSSIONE.....</b>	<b>31</b>
<b>10. CONCLUSIONI.....</b>	<b>40</b>
<b>11. RINGRAZIAMENTI.....</b>	<b>41</b>
<b>12. BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>42</b>

## 1. RIASSUNTO

La Tempesta Vaia è stato un evento meteorologico estremo che, nell'ottobre 2018, ha causato molteplici danni nel Nord-est dell'Italia. Le raffiche di vento hanno raggiunto picchi di oltre i 200 Km/h portando alla perdita di più di 8 milioni di m<sup>3</sup> di legname e alla distruzione di 42 500 ettari di bosco.

I versanti colpiti dagli schianti da vento, rimasti senza la copertura del bosco, possono diventare instabili e conseguentemente soggetti a frane o valanghe. Per questo, è necessario intervenire tempestivamente su questi suoli effettuando un controllo sullo sviluppo della rinnovazione naturale. Con questa premessa, il seguente lavoro di tesi, tratta quindi il monitoraggio della rinnovazione naturale presso il comune Baselga di Pinè (TN) ed in particolare nella frazione di Tresilla, una delle zone del trentino maggiormente colpite da schianti da vento durante Vaia.

Il monitoraggio consiste nella scelta casuale di 30 aree di saggio circolari all'interno dell'area di studio in cui si misura l'altezza, si verifica lo stato del nuovo popolamento e l'eventuale presenza della necromassa rimasta a terra. Successivamente nell'elaborazione si valuta l'influenza del tipo di copertura del suolo e della necromassa sulla rinnovazione naturale

L'elaborazione dei dati raccolti in campo mostra che la densità di rinnovazione è pari a 4571 n/ha e che la specie maggiormente diffusa è il rovere (*Quercus petraea*) seguito dal pioppo tremulo (*Populus tremula*) e dal pino silvestre (*Pinus sylvestris*). Il popolamento mostra dei danni da brucamento, funghi e siccità sul 31% degli individui che però non ha inciso sullo sviluppo delle piante.

Il popolamento che si è insediato è stabile e diversificato grazie al mantenimento della struttura del suolo anche a seguito di Vaia. In futuro a causa delle dinamiche naturali il popolamento potrebbe incombere in un cambiamento della composizione a favore di specie più specializzate o adatte alle condizioni di Tresilla.

## 2. ABSTRACT

The storm Vaia was an extreme weather event that, in October 2018, caused multiple damages in north-eastern Italy. The gusts of wind reached peaks of over 200 km/h, leading to the loss of more than 8 million m<sup>3</sup> of wood and the destruction of 42,500 hectares of forest.

The slopes affected by wind throws, and left without forest cover can become unstable and consequently subject to landslides or avalanches. For this reason, it is necessary to intervene promptly on these soils by carrying out an inspection on the development of natural regeneration.

With this premise, the following thesis work deals with the monitoring of natural regeneration by the municipality of Baselga di Pinè (TN) and in particular in the hamlet of Tresilla, one of the most affected areas by wind throws during Vaia in Trentino.

The monitoring consists in the random choice of 30 circular test areas, within the study area, in which the height is measured, the state of the new population and the possible presence of deadwood remaining on the ground is verified. Subsequently in the data processing, the influence of the type of soil cover and the deadwood on natural regeneration is evaluated

The processing of the data collected in the field shows that the regeneration density is equal to 4571 n/ha and that the most widespread species is the oak (*Quercus petraea*) followed by the aspen (*Populus tremula*) and the Scots pine (*Pinus sylvestris*). The population shows damage from browsing, fungi and drought on 31% of individuals which however has not affected the development of the plants.

The population that has settled is stable and diversified thanks to the maintenance of the soil structure even after Vaia. In the future, due to natural dynamics, the population could undergo a change in composition in favor of more specialized species or species suited to Tresilla's conditions.

### 3. INTRODUZIONE

Il vento è il principale disturbo naturale che si verifica all'interno delle foreste europee ed è responsabile per il 51% di tutti i danni registrati in Europa provocando la distruzione di oltre 38 milioni di m<sup>3</sup> all'anno di legname (Gardiner et al., 2013).

Il disturbo da vento più distruttivo registrato in Europa, è stata la tempesta denominata “Lothar & Martin” verificatasi nel 1999, la quale ha causato più di 240 milioni di m<sup>3</sup> danni tra 15 diversi Stati, di cui la Francia è stata quella maggiormente colpita con 176 milioni di m<sup>3</sup> distrutti (Gardiner, 2013 et al.). Negli ultimi 30 anni sono stati raccolti altri dati riguardanti i disturbi da vento in Europa e si può notare come tutti questi eventi catastrofici raggiungono i 70 milioni di m<sup>3</sup> di legname atterrato (Gardiner et al., 2013).

La tempesta “Vaia”, abbattutasi nell'ottobre del 2018 sulle foreste del Nord-Est dell'Italia, è uno dei disturbi catastrofici più recenti che si sono osservati in Europa; l'intera area colpita ha riscontrato la distruzione completa o parziale di 42 525 ha di bosco per un totale di 8,5 milioni di m<sup>3</sup> di legna a terra (Chirici et al., 2018). Le aree più colpite sono il Trentino con oltre 18 000 ha distrutti e il Veneto con 12 00 ha seguiti poi da Alto Adige, Lombardia e Friuli. (Chirici et al., 2018)

Confrontando però i danni delle tempeste europee negli ultimi anni e Vaia, si osserva come gli impatti da disturbi da vento che si sono verificati nel resto d'Europa sono notevolmente maggiori. Nonostante questo, le stime effettuate dalle Regioni italiane colpite rendono evidente, come la tempesta Vaia sia stato comunque l'evento di maggior impatto nelle foreste italiane mai registrato e il primo disturbo di questo calibro in Italia (Chirici et al., 2019).

I principali fattori che influenzano il verificarsi di danni così elevati nelle foreste da parte del vento sono le condizioni meteorologiche, le condizioni stazionali, la topografia e la struttura del popolamento (Schindler et al., 2012). Prendendo in considerazione il parametro riguardanti le condizioni stazionali è stato studiato che, oltre al tipo di terreno, l'umidità del suolo è un fattore importante poiché forti piogge predispongono gli alberi al ribaltamento (Schindler et al., 2012). Le condizioni meteorologiche e topografiche invece permettono di evidenziare la probabilità che un evento naturale con intensità elevata, come ad esempio valanghe, frane, raffiche di vento, si manifesti in una determinata area (Schindler et al., 2012) e di identificare aree storicamente sensibili ai disturbi (Motta et al., 2018). L'ultimo fattore rende evidente come esistano popolamenti più facilmente interessate allo stroncamento o ribaltamento da vento rispetto ad altre. La resistenza al vento quindi dipende dalle caratteristiche della specie come il tipo di apparato radicale o la forma

della chioma, dalle condizioni fitosanitarie del popolamento e dal tipo di struttura verticale. Per quanto riguarda l'apparato radicale più le radici crescono superficialmente (come nel caso dell'abete rosso), maggiore sarà la possibilità di ribaltamento; mentre nel caso della struttura i popolamenti puri e monostratificati sono soggetti maggiormente a schianti (Mitchell & Ruel et al., 2016).

I frequenti disturbi da vento che sono avvenuti in Europa possono causare molteplici danni sia dal punto di vista ecologico che dal punto di vista economico (Gardiner et al., 2013). Per quanto riguarda il primo caso, i danni da vento incidono sul bilancio del carbonio portando ad una riduzione della biomassa e ad un aumento della decomposizione dei detriti legnosi che conseguentemente causerà una diminuzione del sequestro di C (Gardiner et al., 2013).

Dal punto di vista economico, invece, i danni si riversano prevalentemente sul proprietario del bosco, il quale andrà incontro ad una diminuzione del ricavo e ad un aumento delle spese di manutenzione e ripulitura (Gardiner et al., 2013). Ulteriori danni economici si riflettono sul mercato del legno dove il prezzo del legname cala velocemente sia per la scarsa qualità e sia per l'offerta troppo elevata rispetto alla domanda (Gardiner et al., 2013).

Dal punto di vista sociale si può creare un disagio dovuto ai possibili danni che si possono verificare alle infrastrutture private o pubbliche (Gardiner et al., 2013) oppure, a causa della perdita della copertura del bosco, non viene garantita un'adeguata sicurezza e protezione alle popolazioni locali (Motta et al., 2018). La funzione di protezione diretta da valanghe o caduta massi, al di sopra dei centri abitati, è quindi molto importante soprattutto su versanti con un'inclinazione maggiore di 40° (Cavalli, 2019).

Gli eventi meteorologici estremi non sono quindi da sottovalutare in quanto la loro intensità e frequenza sta aumentando a causa dei cambiamenti climatici (Seidl et al., 2017). Un esempio è il caso di Vaia, in cui la particolare intensità del dislivello barometrico osservato può aver avuto origine in conseguenza alla manifestazione di un'estate più calda della media e di un riscaldamento prolungato delle acque del Mediterraneo (Motta et al., 2018).

Parallelamente, negli ultimi anni, è aumentata anche la vulnerabilità delle foreste europee a causa dell'espansione della superficie coperta da foreste e dell'aumento dell'età e dell'altezza media dei popolamenti. (Motta et al., 2018).

Sulla base dell'aumento dei cambiamenti climatici e della vulnerabilità delle foreste è responsabilità dell'uomo cercare di rendere le foreste più resistenti e resilienti in modo tale da limitare i danni al bosco e alle popolazioni locali attuando degli interventi mirati al miglioramento della struttura e della composizione delle foreste (Motta et al., 2018).

Una problematica si riscontra quando, superata una certa soglia di velocità del vento, individuata a 100 Km/h, il ruolo della struttura del popolamento diventa marginale e indipendentemente dalla composizione la foresta non è in grado di resistere alla forza del vento. Prendendo in considerazione la tempesta Vaia infatti si osserva che essa, raggiungendo una velocità del vento superiore a 200 Km/h, ha interessato una grande varietà di categorie forestali e tipi strutturali. Un'attenta gestione forestale deve essere eseguita comunque in tutte le foreste in modo tale da diminuire la frequenza dei danni causati dalle tempeste con magnitudo inferiore e per cercare di mitigare i danni generati dalle tempeste potenzialmente distruttive (Motta, 2018).

I disturbi da vento non devono però essere considerati anomali, in quanto essi sono un fenomeno naturale che si verifica spesso nelle foreste e, con i tempi della dinamiche naturali, le foreste sono in grado di rinnovarsi e ricrescere senza l'aiuto dell'uomo (Motta, 2018).

L'uomo effettua comunque degli interventi post-disturbo per evitare ulteriori danni dati dalla mancanza di copertura e dalle pullulazioni di bostrico tipografo (*Ips typographus L.*) (Seidl & Rammer et al., 2017). Ad esempio per la protezione da caduta massi vengono eseguiti diversi interventi in base alla localizzazione dell'area; nella prima situazione in cui l'area danneggiata si trova nella zona di distacco di massi, la massa legnosa deve essere rimossa per evitare di accentuare il pericolo di caduta, mentre nella seconda situazione in cui l'area si trova al di sotto della zona di distacco si procede lasciando il materiale legnoso finché non sarà possibile realizzare delle opere di contenimento (Cavalli et al., 2019). Infine per la protezione da valanghe è necessario evitare di rimuovere la massa legnosa in quanto è in grado di stabilizzare la neve che si è depositata (Cavalli et al., 2019).

Altri interventi che possono essere effettuati si basano sulla ricolonizzazione naturale o artificiale del versante tramite la messa a dimora di piantine da vivaio.

Le esperienze degli ultimi anni sulle Alpi colpite da tempeste ha permesso di acquisire dati sulle modalità di ripristino e analizzare le performances della rinnovazione naturale e artificiale in modo tale da applicare la migliore modalità d'intervento e ridurre i tempi di ricolonizzazione del versante (Motta et al., 2018). Per favorire, quindi, i processi di rinnovazione naturale o artificiale è opportuno lasciare una quota di "legacies", ovvero necromassa o alberi vivi (Thorn et al., 2014), che permettono un insediamento facilitato (Marzano et al., 2013) e garantiscono una protezione migliore alla rinnovazione (Wohlgemuth et al., 2017). L'insediamento della rinnovazione naturale però non viene facilitato solamente grazie alla protezione fornita dalla necromassa, ma soprattutto anche dalle condizioni stazionali come il pH del suolo o il clima (Thorn et al., 2014).



Intervenire tempestivamente per ottenere un versante con una buona copertura da parte delle chiome ed evitare ulteriori danni è molto importante e per questo il seguente lavoro di tesi tratta le dinamiche naturali che si verificano all'interno di un'area colpita dalla tempesta Vaia.

#### **4. OBIETTIVO DELLA TESI**

L'obiettivo della tesi è quello di effettuare un monitoraggio sullo sviluppo della rinnovazione naturale e verificare l'andamento delle dinamiche naturali in atto sul versante rimasto senza la copertura arborea a causa della tempesta Vaia.

Oltre al rilievo delle specie che si sono insediate vengono valutati i principali fattori di danno che si presentano all'interno del popolamento, la percentuale di copertura del suolo e la presenza della necromassa delle aree di saggio.

Le analisi permettono di verificare se il tipo di copertura del suolo e la presenza della necromassa influenzano l'insediamento e lo sviluppo della rinnovazione.

## 5. INQUADRAMENTO STAZIONALE

Il rilievo della rinnovazione naturale è stato effettuato a Tressilla, frazione del comune di Baselga di Pinè in provincia di Trento. L'area di studio è collocata nel trentino orientale all'interno dell'altopiano di Pinè e specificatamente nella valle di Pinè, una zona di modeste dimensioni confinante a ovest con la valle di Cembra, a est con la valle dei Mocheni e a nord-est con il settore occidentale del Lagorai.

L'altopiano di Pinè caratterizzato morfologicamente da dossi, conche e pianori è costituito da diverse valli, in cui la valle di Pinè è caratterizzata anch'essa da due valli perpendicolari di origine fluviale che si estendono da Baselga a Brusago.

La zona presenta un clima temperato fresco in cui le estati sono fresche e piovose e gli inverni sono rigidi .

L'area di studio localizzata poco sopra l'abitato della frazione di Tressilla ad un'altitudine di 1000 m è facilmente raggiungibile imboccando dalla statale una strada secondaria che porta ai caseggiati della frazione Tressilla e successivamente tramite un piccolo tratto di strada forestale sterrata si arriva nella zona di studio.

Il sito è composto da un suolo bruno lisciviato di origine porfirica (Carta dei suoli della provincia di TN) che prima di Vaia presentava un popolamento di pino silvestre (*Pinus sylvestris* L.) di origine artificiale. La struttura monostratificata del popolamento di pino silvestre e la densità troppo elevata ha favorito lo stroncamento e il ribaltamento per le forti raffiche di vento che si sono verificate nell'ottobre 2018. A seguito di Vaia, la zona di Tressilla, presenta ancora dei piccoli gruppi degli individui di pino sopravvissuti e una vasta area rimasta senza la copertura arborea del piano dominante. Nella zona senza la copertura della chioma dei pini si è insediato naturalmente un nuovo popolamento che, a partire dall'estate 2023, verrà monitorato per i prossimi anni per verificarne il corretto sviluppo. Il suolo non è rimasto nudo con soltanto residui legnosi come ceppaie o ramaglie, ma è stato colonizzato da pteridofite, rovo comune (*Rubus ulmifolius* L.), graminacee, *Erica carnea* ed infine dalla rinnovazione naturale. Per quanto riguarda invece i piccoli gruppi sparsi di *Pinus sylvestris* il sottobosco è formato mirtillo nero (*Vaccinium myrtillus* L.) con residui di rametti e strobili.

Durante il rilievo della rinnovazione naturale si possono osservare delle piccole aree identificate da una bandiera rossa circondata da piantine piantate artificialmente. Queste aree fanno parte di un programma di ripristino e riqualificazione intrapreso dall'ASUC di Tressilla e finanziato dal

progetto europeo LIFE VAIA poiché Tressilla è stata una delle aree più colpite con circa 120 000 m<sup>3</sup> di legname a terra.

All'interno delle aree di rinnovazione artificiale sono stati piantati degli individui di larice (*Larix decidua* L.), di sorbo degli uccellatori (*Sorbus aucuparia* L.) e di acero montano (*Acer pseudoplatanus* L.) in modo tale da permettere la formazione di un popolamento con una composizione specifica diversificata e per rendere più compatto il terreno tramite le radici delle piante.

Nella maggior parte dei casi le bandierine rosse si trovano sopra ceppaie lasciate dopo lo sgombero del materiale in questo modo la necromassa garantisce una protezione alle piantine e funge da riserva di sostanza organica.



**Figura 1:** Area di studio di Tressilla con gruppo di pini sopravvissuti in secondo piano

## 5.1 Disegno sperimentale

Sono state individuate in modo casuale 30 aree di saggio circolari in modo tale da comprendere gran parte dell'area di studio e rendere i dati eterogenei e rappresentativi del popolamento che si è insediato. Attraverso una rapida osservazione del versante si può notare come l'intera area sia composta da una composizione specifica della rinnovazione formata perlopiù da tre specie, ovvero pioppo tremulo (*Populus tremula L.*), rovere (*Quercus petraea L.*) e pino silvestre (*Pinus sylvestris L.*). All'interno delle aree di saggio inoltre si sono insediati sporadicamente altri individui di specie differenti dalle tre principali.

La copertura del suolo del versante invece presenta caratteristiche differenti in base alla zona, infatti vicino ai bordi della strada sterrata si nota la presenza di una grande quantità di pteridofite e rovi, sul versante est invece la copertura è dominata da tappeti di *Erica carnea*, mentre nel punto centrale della particella si osserva un'area arida composta da rocce e ghiaia. In quest'ultima area non sono stati effettuati dei rilievi in quanto la rinnovazione non si è insediata come nel resto della particella e durante l'elaborazione statistica i dati sarebbero considerati come "outliers".

Infine ogni area dispone di residui legnosi, lasciati a seguito dell'intervento di sgombero del materiale schiantato, rappresentati da ceppaie, tronchi e ramaglie sparsi su tutto il versante.



Figura 2: Pteridofite e qualche rovo in vicinanza alla strada forestale

## 6. MATERIALI E METODI

### 6.1 Individuazione aree di saggio

Le aree di saggio sono state selezionate casualmente all'interno della particella ed in totale sono state identificate 30 aree di saggio. Successivamente aver individuato una possibile area di rilievo si identifica il centro con un picchetto di legno accuratamente evidenziato con una bomboletta spray rossa in modo tale da essere visibile anche in lontananza. Dal centro poi si misura una lunghezza di 6 metri lungo le quattro direzioni tramite l'utilizzo della cordella metrica con l'obiettivo di creare un cerchio; ovviamente i 4 punti vengono segnalati appoggiando un qualsiasi oggetto visibile a terra per delimitare l'area.

Il cerchio formato però non presenterà un perimetro preciso al millimetro, ma sarà stimato approssimativamente dall'operatore, il quale valuterà se un determinato individuo potrà essere considerato o meno all'interno dell'area circolare e quindi essere successivamente misurato.



Figura 3: Esempio di area di saggio

## 6.2 Raccolta dati e misurazioni

### 6.2.1 Copertura del suolo

Delimitata l'area di saggio si prosegue stimando visivamente la copertura del suolo e identificandola tramite un valore percentuale. La stima deve essere effettuata per ogni area dallo stesso operatore in quanto data la mancanza di adeguati strumenti di rilevamento della copertura è necessario attuare una stima visiva e soggettiva.

Durante il rilievo in particolare sono state stimate le percentuali di copertura di:

- cespi di graminacee (graminoidi);
- erbe come piccole graminacee o altre specie erbacee;
- erbe alte come pteridofite e rovi;
- rinnovazione;
- alberi con altezza superiore a 1,50 m;
- necromassa come ceppaie o tronchi a terra;
- ramaglie;
- suolo nudo;
- rocce e ghiaia.



Figura 4: Copertura del suolo formata da *Erica carnea*, necromassa e graminoidi sullo sfondo

## 6.2.2 Rinnovazione naturale

Il successivo rilievo si attua sulla rinnovazione naturale determinando la specie di appartenenza dell'individuo e misurando l'altezza della pianta dalla base fino all'ultima gemma apicale viva.

La misurazione è stata effettuata utilizzando un metro da muratore che, grazie alla sua rigidità, rende più semplice seguire il verso del fusto.

In certi casi l'individuazione della gemma apicale è immediata come ad esempio nel caso del pino silvestre che essendo una conifera presenta una crescita monopodiale e la gemma è facilmente individuabile.

Mentre nel caso del rovere, esso può presentare un portamento arbustivo e prostrato che rende necessario individuare il ramo più lungo, alzarlo verso l'alto ed in seguito misurare l'altezza da terra dell'ultima gemma.

Dopo la misura si osserva interamente l'individuo e si identificano i possibili danni che si verificano sulle foglie o sui rami.



Figura 5: Misurazione dell'altezza di un individuo di *Quercus petraea*



### 6.2.3 Necromassa

Il rilievo della necromassa consiste semplicemente nella misurazione del diametro e della lunghezza tramite l'uso del cavalletto dendrometrico per il primo e del metro da muratore per la seconda.

Precedentemente alla misura si effettua il riconoscimento del tipo di necromassa che si vuole rilevare; all'interno dell'area si possono trovare ceppaie, o *stump* in inglese, e tronchi, o *log* in inglese. L'identificazione è immediata in quanto le ceppaie sono residui legnosi che comprendono la parte basale dell'albero comprese le radici sia sradicato che a dimora con una lunghezza massima di 150 cm, mentre i log sono pezzi interi o parziali di tronchi a terra lasciati in loco a seguito dei tagli di sgombero.



Figura 6 e 7: Misurazione del diametro e della lunghezza di una ceppaia

## **7. ELABORAZIONE DATI**

I dati sono stati raccolti in campo inserendoli all'interno dell'applicazione "ODK Collect" con cui è possibile ottenere i dati già trascritti e in ordine all'interno di una tabella grazie al collegamento con il software "Excel".

### **7.1 Inquadramento generale**

I dati, per quanto riguarda l'inquadramento, sono stati elaborati in modo tale da descrivere il popolamento sia in maniera generale che specifica per specie rilevata.

In particolare, per la parte generale, sono stati calcolati :

- il numero totale di piante
- l'altezza media dell'intero popolamento
- la densità di rinnovazione

L'area totale coperta durante il rilievo è stata calcolata moltiplicando per 30, ovvero le aree di saggio, l'area di un cerchio con 6 m di raggio.

Successivamente per ogni specie sono stati calcolati numero totale, densità, altezza media e la percentuale di presenza all'interno del popolamento.

Infine è stata determinata la distribuzione delle altezze suddividendo l'intero popolamento in classi di altezza e contando gli individui di ogni classe.

Lo stesso procedimento della suddivisione in classi è stato eseguito singolarmente per le 4 specie più frequenti del popolamento in modo tale da creare un grafico per confrontare la distribuzione delle specie.

## **7.2 Aree di saggio e correlazione in base alla copertura del suolo**

Attraverso l'uso del filtro sono state separate tutte le aree di saggio in base al numero identificativo con l'obiettivo di calcolare il numero di individui e l'altezza media per ogni area di saggio. Questi dati sono stati riuniti in una tabella in cui successivamente sono state aggiunte le percentuali di copertura del suolo per effettuare il test statistico della correlazione di Spearman. Questo test permette di verificare se esiste o meno una relazione tra il numero di individui o l'altezza media e la copertura del suolo.

## **7.3 Danni presenti nel popolamento**

Per determinare i danni che si sono verificati più frequentemente sulle piante è stato utilizzato il filtro per suddividerli in base al tipo di danno e calcolare il numero di individui colpiti. Successivamente per ogni tipo di danno si calcola il numero di piante totali danneggiate e si determina la percentuale di presenza.

Si procede determinando il numero di individui danneggiati per le 3 specie più colpite e si effettua un confronto percentuale tra piante con danni e senza danni e un confronto tra le altezze medie di piante senza danni e piante danneggiate mediante l'uso di un grafico a barre.

## **7.4 Necromassa e analisi influenza sull'insediamento della rinnovazione**

I dati grezzi sulla necromassa già ordinati per area di saggio ha permesso di calcolare velocemente il numero totale di deadwood rilevato e distinguerlo in base al tipo di residuo legnoso.

I due tipi di necromassa individuati, ovvero ceppaie e tronchi, sono stati divisi in due tabelle differenti in modo tale da calcolare diametro medio, lunghezza media, volume e numero totale; in seguito sono stati suddivisi in classi diametriche.

L'ultima elaborazione è stata effettuare una correlazione di Spearman tra il volume e il numero di individui e tra il volume e l'altezza media per verificare se la presenza di necromassa influenza l'insediamento e la crescita della rinnovazione. Quindi sono state suddivise le aree di saggio in modo tale da calcolarne il volume, il numero di individui e l'altezza media. Il volume è stato stimato applicando la formula del volume di un cilindro in quanto la forma delle ceppaie e dei tronchi è simile.

## 8. RISULTATI

### 8.1 Inquadramento generale

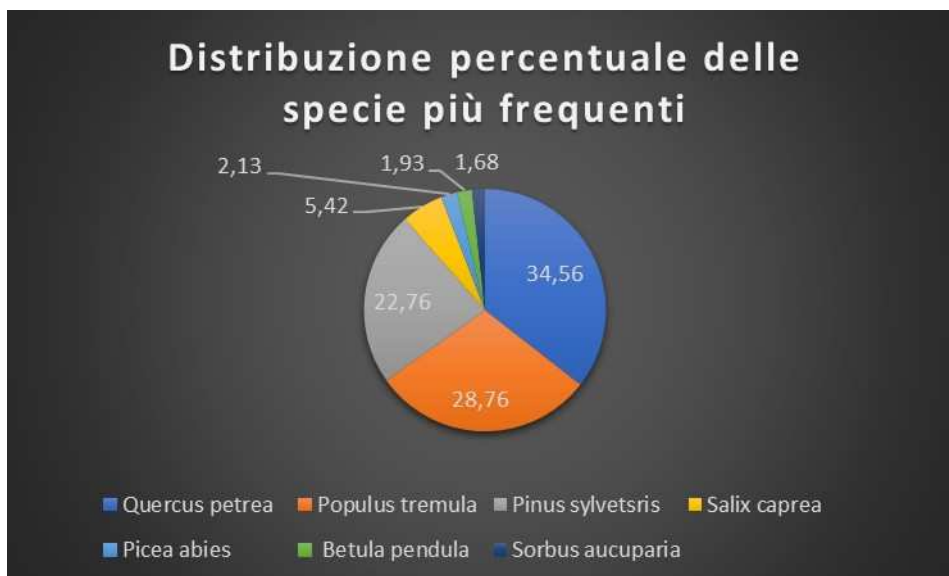
Numero individui	Densità (N/ha)	Altezza media (cm)
1551	4571,28	77,21

Tabella 1: Descrizione generale del popolamento con numero di individui totali rilevati, densità ad ettaro e altezza media

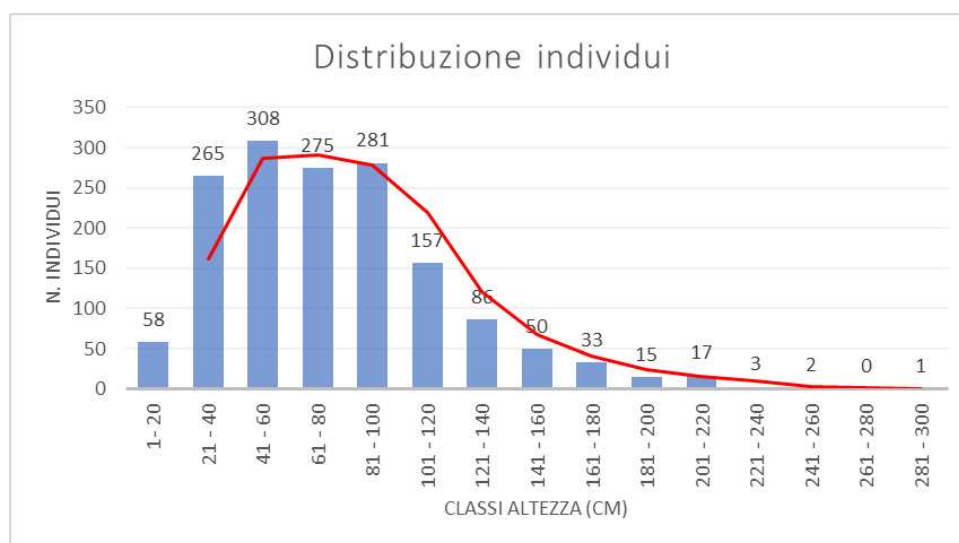
SPECIE	PRESENZA (%)	NUMERO INDIVIDUI	DENSITA' (N/ha)	ALTEZZA MEDIA (cm)
<i>Quercus petraea</i>	34,56	536	1579,76	70,82
<i>Populus tremula</i>	28,76	446	1314,50	83,46
<i>Pinus sylvestris</i>	22,76	353	1040,40	75,18
<i>Salix caprea</i>	5,42	84	247,57	84,15
<i>Picea abies</i>	2,13	33	97,26	68,09
<i>Betula pendula</i>	1,93	30	88,42	90,72
<i>Sorbus aucuparia</i>	1,68	26	76,63	90,12
<i>Fraxinus ornus</i>	0,97	15	44,21	78,33
<i>Corylus avellana</i>	0,64	10	29,47	67
<i>Larix decidua</i>	0,32	5	14,74	69,4
<i>Castanea sativa</i>	0,19	3	8,84	137
<i>Fagus sylvatica</i>	0,13	2	5,89	100,5
<i>Salix alba</i>	0,13	2	5,89	91,5
<i>Ostrya carpinifolia</i>	0,13	2	5,89	65
<i>Robinia pseudoacacia</i>	0,13	2	5,89	83
<i>Alnus alnobetula</i>	0,06	1	2,95	104
<i>Abies alba</i>	0,06	1	2,95	80

Tabella 2: Descrizione del popolamento diviso per specie evidenziando la percentuale di presenza, il numero di individui, la densità e l'altezza media

I risultati ottenuti mostrano come *Quercus petraea* sia la specie più frequente all'interno della particella con 536 individui seguita da *Populus tremula* con 446 individui e *Pinus sylvestris* con 353 individui; le restanti specie rilevate invece si sono insediate in maniera molto ridotta con eccezione per *Salix caprea* che ricopre una buona parte del suolo. Per quanto riguarda le altezze medie si nota come alcune specie sporadiche presentino altezze maggiori rispetto alle tre specie più frequenti, le quali hanno un'altezza media molto simile tra loro pari a circa 75 cm.



**Grafico 1: Distribuzione percentuale delle specie che superano almeno i 20 individui rilevati**



**Grafico 2: Distribuzione degli individui in base alle classi di altezza**

Il grafico 2 mostra che gli individui più piccoli hanno una presenza ridotta, gli individui compresi tra 20 cm e 100 cm di altezza sono in maggioranza e gli individui sopra il metro da terra tendono a decrescere in numero all'aumentare del valore dell'altezza. Inoltre si può notare come la distribuzione degli individui tra 20 e 100 cm di altezza il numero di individui è molto simile tra le varie classi.

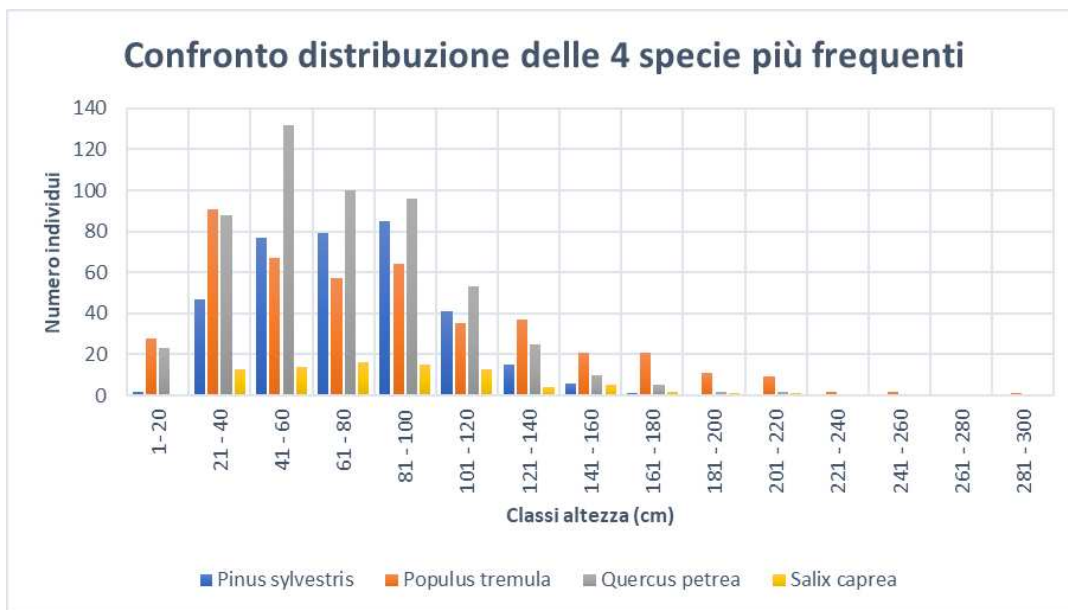


Grafico 3: Distribuzione degli individui per le quattro specie più frequenti: *Quercus petraea*, *Populus tremula*, *Pinus sylvestris* e *Salix caprea*

## 8.2 Caratteristiche aree di saggio e analisi influenza della copertura del suolo

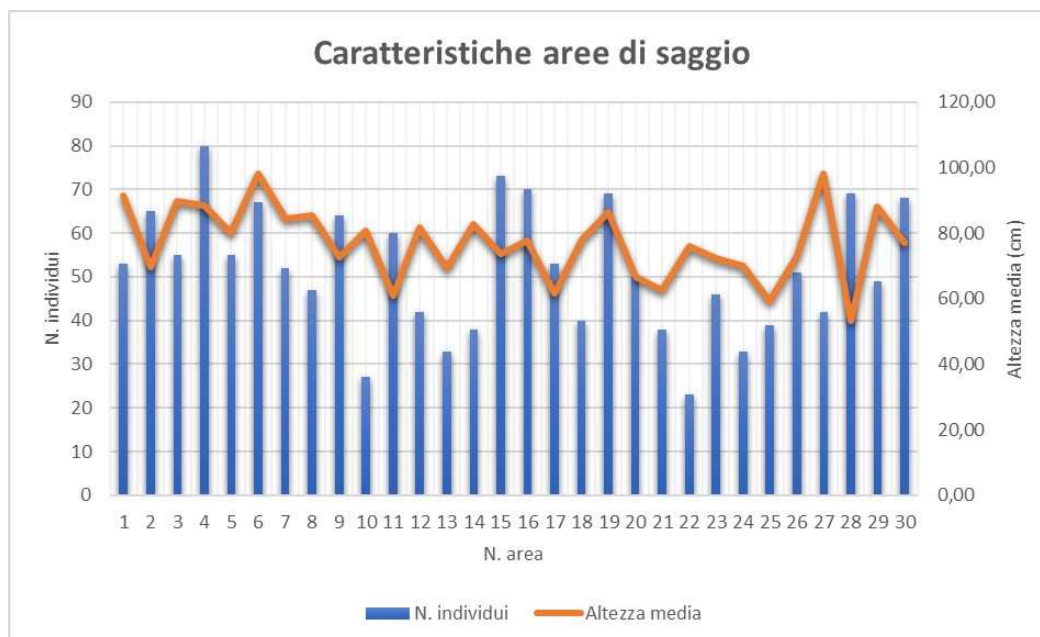


Grafico 4: Caratteristiche principali delle aree di saggio rilevate

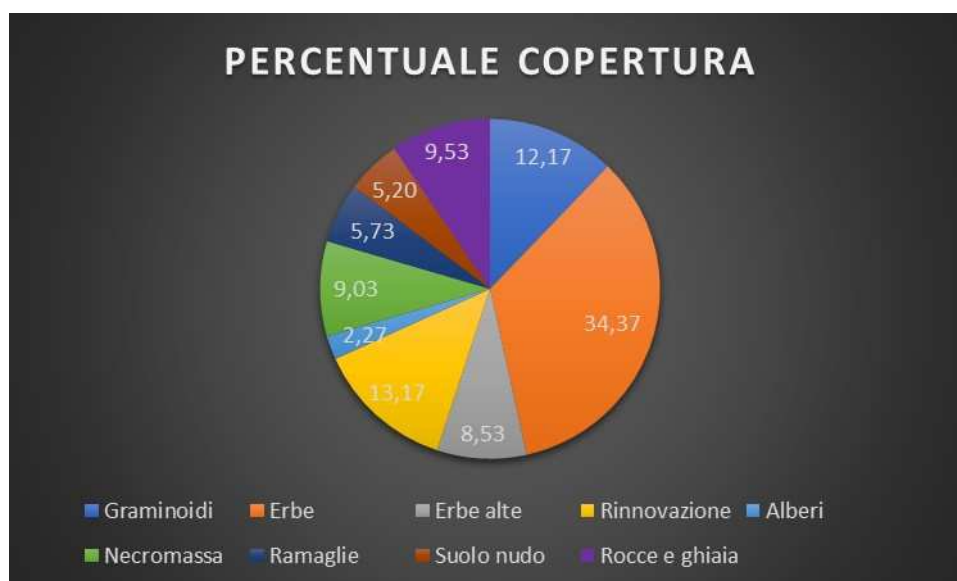


Grafico 5: Distribuzione percentuale della copertura del suolo

Il grafico 5 mostra che il suolo è coperto maggiormente dalle erbe basse (34%), come piccole graminacee e *Erica carnea*. Una buona percentuale è anche ricoperta dalla rinnovazione (13%) e dagli alberi (12%), ovvero piante con altezza maggiore di 1,50 metri.



CORRELAZIONE CON N. INDIVIDUI	
TIPO DI COPERTURA	VALORI r
Graminoidi	-0,005
Erbe	0,073
Erbe alte	-0,077
Necromassa	0,009
Ramaglie	-0,088
Suolo	-0,190
Rocce e ghiaia	-0,142

CORRELAZIONE CON ALTEZZA MEDIA	
TIPO DI COPERTURA	VALORI r
Graminoidi	-0,125
Erbe	-0,130
Erbe alte	0,333
Necromassa	-0,037
Ramaglie	-0,052
Suolo	-0,065
Rocce e ghiaia	-0,266

Tabelle 3 e 4: Test statistici (correlazione) tra il tipo di copertura e il numero di individui o l'altezza media

I test statistici hanno fornito valori r molto vicini allo zero per quasi tutte le correlazioni effettuate. Data la vicinanza allo zero del valore r e un valore di p maggiore di 0,05, l'ipotesi nulla viene accettata e si può affermare che non esiste relazione tra le due variabili. Il valore p è stato identificato utilizzando le tabelle per ranghi della correlazione di Spearman. L'unica eccezione si nota confrontando la percentuale di copertura delle erbe alte con l'altezza media in cui, il valore di r ottenuto si avvicina molto al valore soglia p di significatività con 28 gradi di libertà pari a 0,361; ma essendo minore del valore soglia anche in questo caso non esiste una relazione e il test non è significativo.

### 8.3 Danni nel popolamento

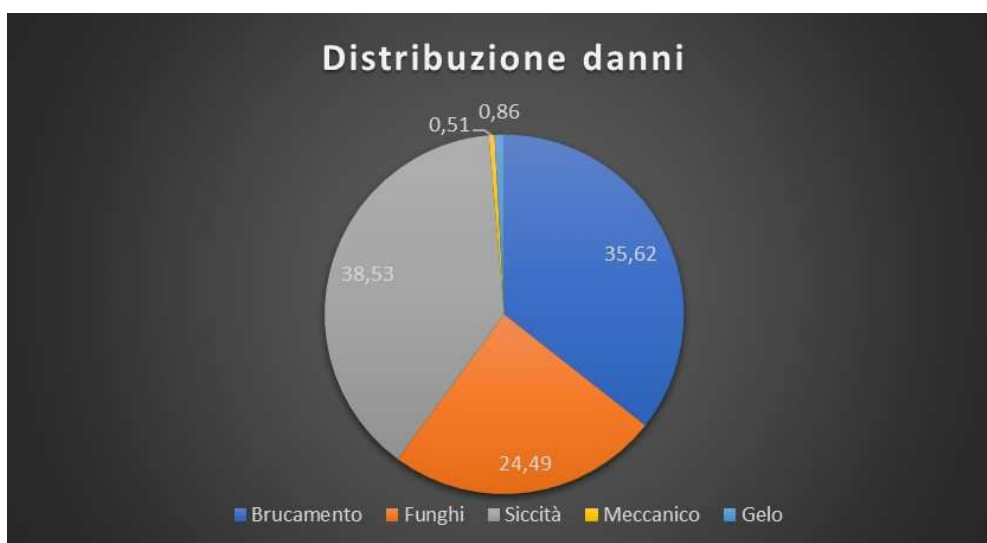


Grafico 6: Distribuzione percentuale dei danni rilevati all'interno del popolamento

Il grafico 6 mostra che il tipo di danno più frequente popolamento è causato dalla siccità (38%), seguito poi dal brucamento (35%) e dai funghi (24%), mentre i danni meccanici e da gelo non sono molto rilevanti all'interno del popolamento.

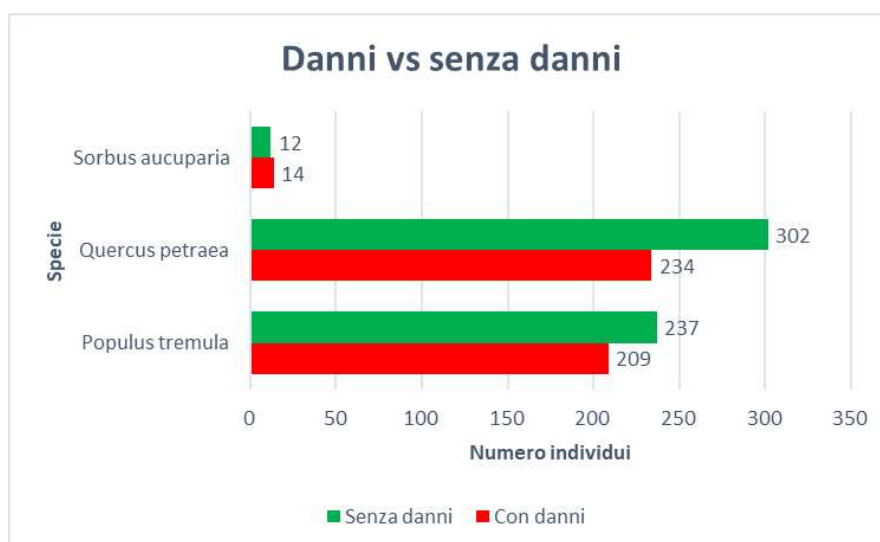


Grafico 7: Confronto tra il numero di individui senza danni e con danni delle specie *Sorbus aucuparia*, *Quercus petraea* e *Populus tremula*

	% con danni	% senza danni
<i>Populus tremula</i>	46,86	53,14
<i>Quercus petraea</i>	43,66	56,34
<i>Sorbus aucuparia</i>	53,85	46,15

Tabella 5: Percentuale della presenza di danni sugli individui di *Populus tremula*, *Quercus petraea* e *Sorbus aucuparia*

Osservando la tabella 5 si nota come la percentuale di danno è elevata sui popolamenti di Sorbo degli uccellatori, rovere e pioppo tremulo arrivando anche fino al 50% di piante danneggiate. Per le restanti specie la percentuale di danno è irrilevante con un valore inferiore all'1% e pertanto non sono state analizzate.

Il grafico 7 mostra quindi la distribuzione degli individui per le 3 specie più danneggiate e osservando la tabella 5 si nota come *Sorbus aucuparia*, nonostante una popolazione di soltanto 26 individui all'interno della particella, presenta una percentuale di danno simile a rovere e pioppo tremulo.

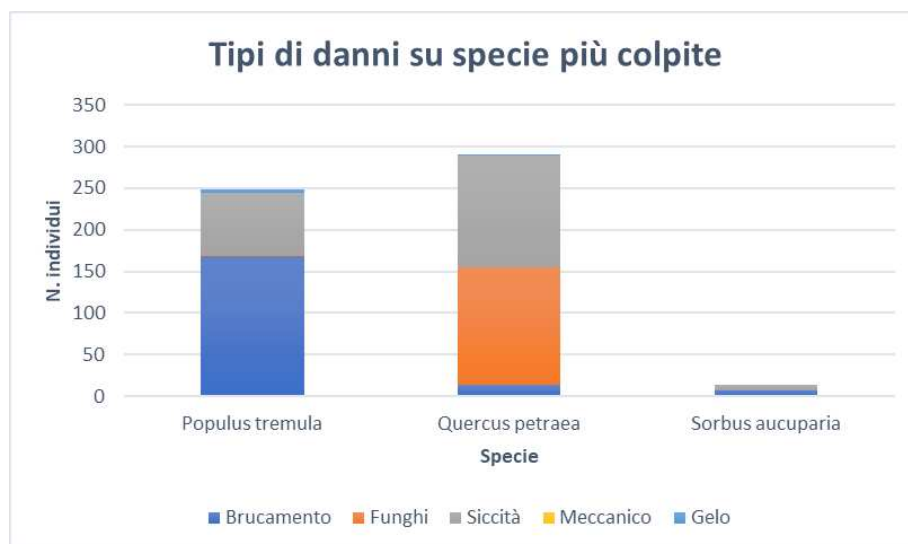


Grafico 8: Confronto dei danni che si verificano su individui di *Populus tremula*, *Quercus petraea* e *Sorbus aucuparia*

I tipi di danno; come raffigurato nel grafico 8, si manifestano in maniera differente per le 3 specie più colpite; infatti *Populus tremula* è colpita prevalentemente dal brucamento di ungulati o dal danneggiamento da parte di insetti defogliatori, mentre *Quercus petraea* viene danneggiata prevalentemente da funghi e dalla siccità.

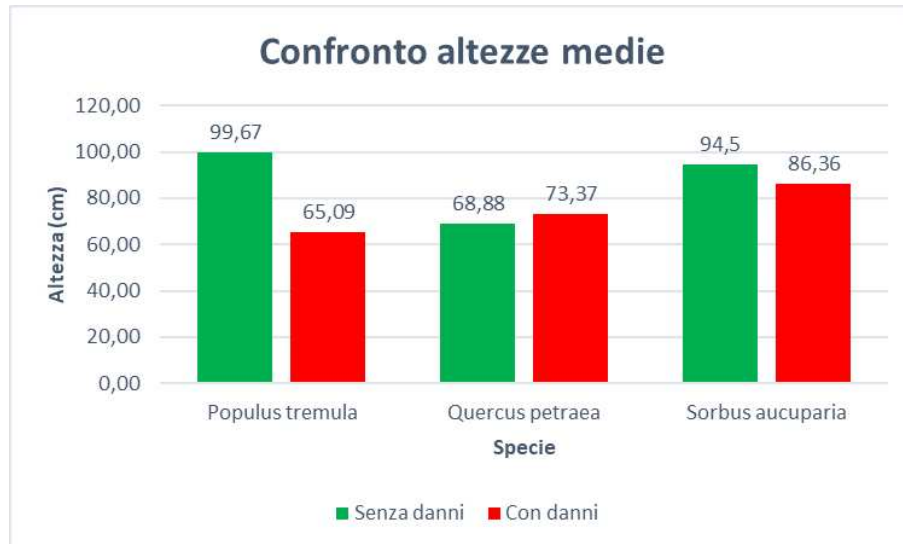


Grafico 9: Confronto tra le altezze medie degli individui con danni e senza danni

I risultati del grafico 9 fa notare come la crescita in altezze di rovere e sorbo non vengano influenzate dalla presenza di danni, mentre per il pioppo si osserva una notevole differenza tra individui sani e individui con danni.

	N. individui	% piante
Con danni	484	31,21
Senza danni	1067	68,79

Tabella 6: Confronto tra individui con danni e senza danni del popolamento intero

La tabella 6 mostra come una buona parte del popolamento sia stato danneggiato con un valore percentuale pari al 31% del totale.

## 8.4 Necromassa e analisi influenza sullo sviluppo della rinnovazione



Grafico 10: Distribuzione dei tipi di necromassa rilevati all'interno della particella

Secondo il grafico 10 il tipo di necromassa maggiormente rappresentato nella particella è la ceppaia con una percentuale di copertura pari al 98%.

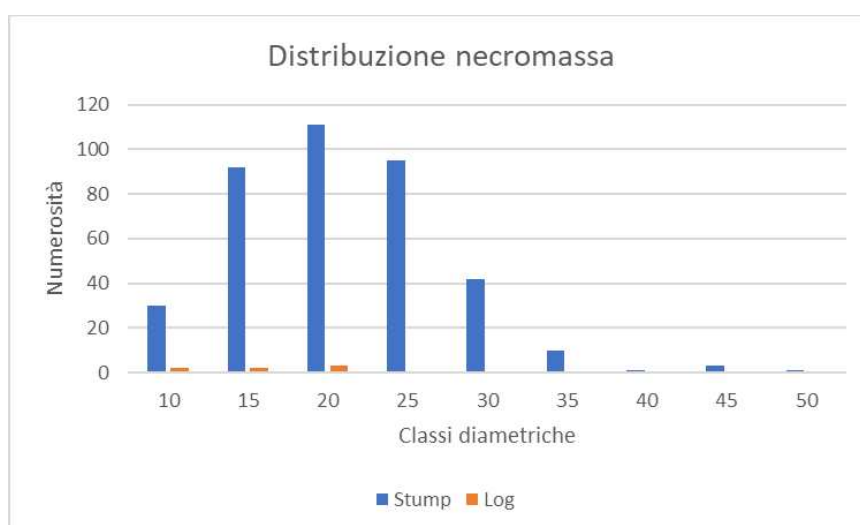


Grafico 11: Classi diametriche della necromassa rilevata

La distribuzione delle classi diametriche, raffigurata nel grafico 12, fa notare che la classe del 20 è quella maggiormente rappresentata insieme alle classi vicine del 15 e del 25. La distribuzione inoltre mostra dei diametri con una crescita radiale poco sviluppata probabilmente a causa della densità troppo elevata del vecchio popolamento di pino silvestre.

	Diametro (cm)	Lunghezza (cm)	Volume (m <sup>3</sup> )
Stump	21,17	30,98	5,11
Log	15,14	109,86	0,14

**Tabella 7: Diametro medio, lunghezza media e volume di stump e log**

La differenza notevole di volume totale tra ceppaie e tronchi, mostrata in tabella 7, fa notare nuovamente come la presenza dei log è irrilevante.

	Valori r
N. individui	0,171369403
Altezza media	0,068344639

**Tabella 8: Valori r ottenuti tramite correlazione tra volume e numero individui o altezza media**

La correlazione di Spearman, in tabella 8, ha generato valori r vicini allo zero e non significativi in quanto il valore soglia di significatività è maggiore rispetto al valore p ottenuto dalle tabelle per ranghi della correlazione di Spearman. Secondo questo quindi il volume della necromassa all'interno delle aree di saggio non influenza l'insediamento e lo sviluppo della rinnovazione.

## 9. DISCUSSIONE

I risultati ottenuti dall'elaborazione dei dati raccolti in campo ha evidenziato come l'area di Tressilla presenta una composizione specifica della rinnovazione naturale dominata da *Quercus petraea*, *Populus tremula* e *Pinus sylvestris*.

Per quanto riguarda il pino silvestre l'insediamento sul versante è stato facilitato per diversi fattori favorevoli tra cui le condizioni idonee alla crescita di questa specie e la presenza di semi ancora vitali del vecchio popolamento di pino. Infatti *Pinus sylvestris* è in grado di sopportare inverni rigidi ed estati calde e lunghe in quanto è una specie microterma, ovvero che sopporta le basse temperature, e xerofila, cioè che è in grado di superare periodi di stress idrico particolarmente lunghi (Pignatti et al., 1982). Oltre a questo il pino silvestre è una specie eliofila che necessita di una radiazione solare giornaliera elevata e che non tollera l'ombreggiamento di altri individui vicini (Pignatti et al., 1982). Infine il pino silvestre è in grado di occupare un areale molto ampio grazie alla sua plasticità e adattamento alle diverse condizioni in cui cresce; per questo viene definito come una specie pioniera (Pignatti et al., 1982), ovvero quelle specie che colonizzano per prime un habitat inospitale per renderlo adatto alle specie più esigenti.

Tutte queste condizioni favorevoli si riscontrano nell'area di Tressilla in quanto si trova ad un'altitudine di 1100 m in cui si verificano inverni rigidi ed estati calde e secche; inoltre il versante rimasto senza copertura delle chiome riceve la luce solare per gran parte della giornata.

L'insediamento elevato di individui di *Populus tremula* è semplificato grazie alla capacità di questa specie di colonizzare radure boschive e terreni privi di vegetazione. Il pioppo tremulo inoltre è una specie eliofila ma che tollera la copertura in formazioni miste e predilige terreni freschi e fertili fino a 2000 metri di altitudine (Pignatti et al., 1982). Il pioppo grazie a queste caratteristiche a alla sua espansione tramite polloni viene considerato anch'esso, insieme al pino silvestre, come una specie pioniera.

La specie più diffusa *Quercus petraea* però presenta caratteristiche e esigenze completamente differenti rispetto al pino silvestre e pioppo tremulo. Infatti il rovere preferisce condizioni di umidità atmosferica elevata durante tutto l'anno, climi temperati con piovosità distribuite, inverni non molto rigidi e delle buone condizioni di ombreggiamento soprattutto in fase semenzale (Pignatti et al., 1982).

L'area di Tressilla presenta condizioni opposte rispetto all'habitat ideale per *Quercus petraea* e le uniche caratteristiche che permettono al rovere di sopravvivere sono la resistenza all'aridità edafica

grazie all'apparto radicale molto profondo e la germogliazione anticipata per evitare la morte delle gemme a causa delle gelate tardive (Pignatti et al., 1982).

Nonostante questo il rovere ha colonizzato gran parte del versante grazie anche alla sua frugalità e sviluppo su suoli debolmente calcarei (Pignatti et al., 1982).

L'insediamento del rovere su versanti rimasti danneggiati è rara in quanto è una specie considerata "definitiva", ovvero una specie che si insedia quando le condizioni sono stabili e il popolamento presenta una struttura definita.

La necessità di *Quercus petraea* di un buon ombreggiamento in fase semenzale e le ampie aperture sul versante fa presupporre che il rovere si sia insediato prima della tempesta Vaia quando la pineta artificiale era ancora in piedi e le condizioni microstazionali erano differenti.

Un'altra specie che ha occupato una piccola parte dell'area di studio è *Salix caprea*, infatti essa è una specie pioniera e rustica adatta alle condizioni stazionali di Tressilla in quanto vegeta fino a 1600 metri di altitudine e si sviluppa anche in condizioni di moderata aridità (Pignatti et al., 1982).

Quindi la composizione specifica di tutta l'area è composta perlopiù da specie pioniere o che si adattano a condizioni differenti rispetto a quelle ideali come nel caso del rovere. Un'eccezione invece si osserva con gli individui di *Picea abies* che si sono insediati soltanto nella parte est del versante a causa della vicinanza di una pecceta giovane e che permette una diffusione all'interno dell'area grazie alle condizioni microstazionali adatte per lo sviluppo dell'abete rosso..



Figura 8: Pecceta giovane vicino all'area di studio





**Figura 9: Rinnovazione di *Picea abies***

La distribuzione della rinnovazione fa notare che il popolamento al momento presenta una biocenosi formata principalmente da 3 specie. L'insediamento della rinnovazione inoltre si è verificato velocemente a seguito di Vaia con una velocità di crescita molto sostenuta soprattutto per le latifoglie. La diffusione di nuove piante, al momento, è limitato in quanto lo spazio disponibile sta diminuendo e la competizione sta aumentando a causa della crescente richiesta di sostanze nutritive da parte degli individui più sviluppati.



**Figura 10: Nucleo di rinnovazione con pioppo tremulo, pino silvestre e rovere**

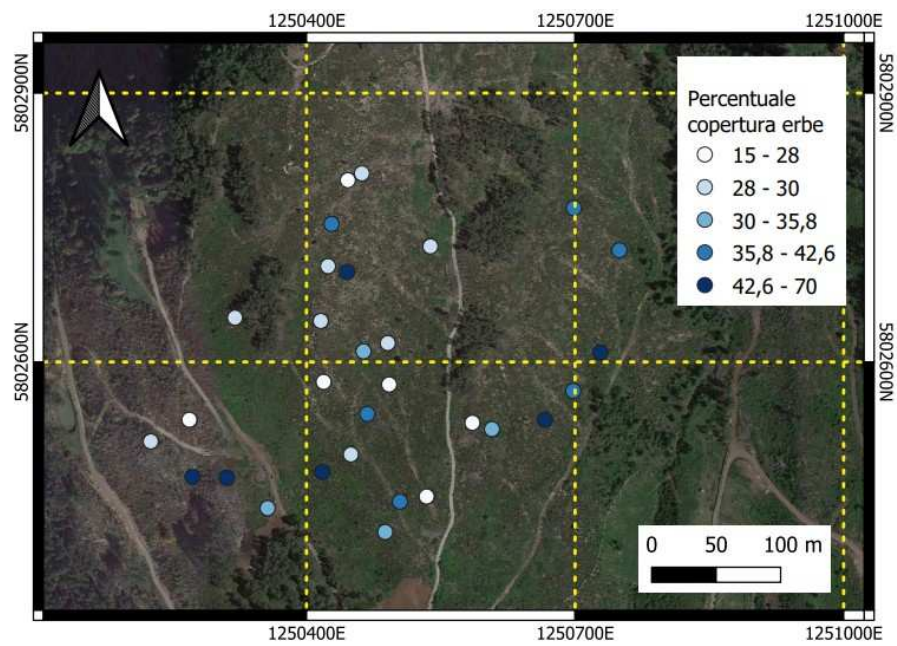
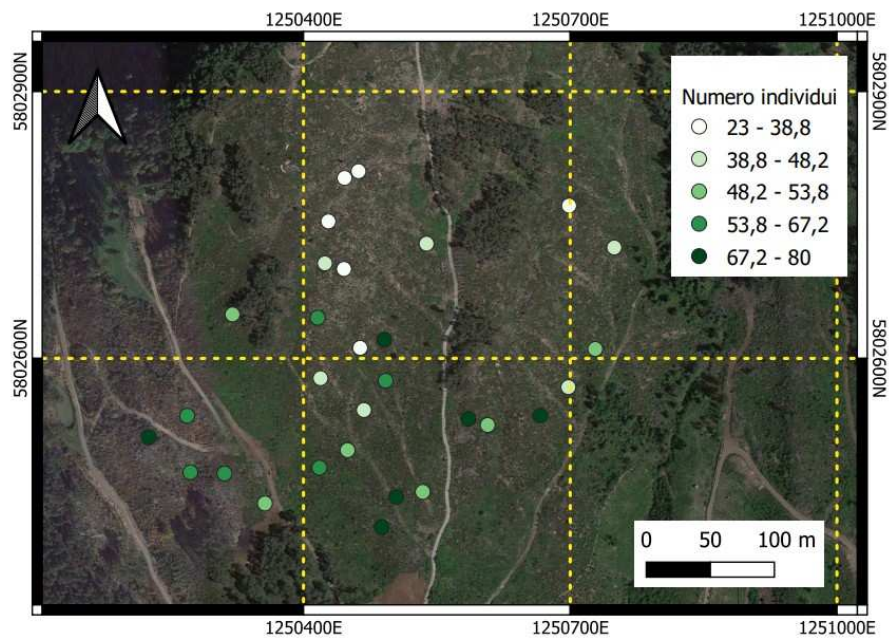
L'area di studio presenta una copertura del suolo molto differenziata con piccole porzioni di rocce e suolo nudo utile per l'insediamento di altre specie adatte per quelle determinate condizioni e con una gran parte del suolo coperto da una biocenosi molto variegata tra cui graminacee, pteridofite e *Erica carnea*.

La necromassa a terra inoltre in futuro faciliterà le dinamiche naturali rendendo disponibili un grande quantità di sostanze nutritive utilizzabili dalla rinnovazione e permetterà lo sviluppo di insetti saproxilici, funghi e altri decompositori del legno aumentando la biodiversità all'interno dell'area (Motta et al., 2020).

La differenza di copertura del suolo, secondo le analisi effettuate, non influenza l'insediamento e lo sviluppo della rinnovazione naturale; quindi la diversità di altezze e la numerosità degli individui delle aree di saggio non dipende dal fattore copertura ma da altre dinamiche come ad esempio le condizioni edafiche, meteorologiche o la disponibilità di nutrienti nel suolo.



Figura 11: Copertura del suolo con necromassa, graminoidi e *Erica carnea*



Mappe 1 e 2: Aree di saggio con numero di individui e percentuale copertura da erbe

L'elaborazione dei dati sui danni che si manifestano nel popolamento mostra che i tre tipi di danno più frequenti sono causati da siccità, brucamento e funghi.

Per quanto riguarda il danno da siccità si è verificato soprattutto su *Populus tremula* e *Quercus petraea* in quanto si è verificata un'estate con temperature superiori di 0,7°C rispetto alla media storica (Analisi meteorologica della provincia di TN). Parallelamente si è verificato anche un aumento delle precipitazioni caratterizzate da fenomeni intensi e abbondanti (Analisi meteorologica della provincia di TN). Nonostante le piogge abbondanti, l'evapotraspirazione delle piante è rimasta elevata a causa delle temperature con conseguenti danni da siccità. Il danno si presenta come un arrossamento apicale delle nuove foglie emesse, ingiallimento o perdita fogliare.



Figura 12 e 13: Ingiallimento fogliare su *Quercu petraea* e perdita delle foglie superiori su pioppo

I danni da brucamento da ungulati e defogliazioni da insetti defogliatori invece si sono verificati perlopiù su *Populus tremula* e si manifestavano con apici danneggiati da ungulati o con buchi sulle foglie. Il danno maggiore è stato realizzato dagli insetti defogliatori nonostante essi hanno una minore possibilità di prosperare in caso di fenomeni siccitosi a causa della mancanza del loro substrato di alimentazione e della diminuzione della qualità delle foglie rimanenti (Bussotti et al., 2022).



Figura 14: Danni da insetti defogliatori su *Populus tremula*

I danni da funghi invece hanno colpito soltanto *Quercus petraea* e il patogeno responsabile è un fungo ascomicota della famiglia Erysiphaceae chiamato in gergo mal bianco o oidio.

La specie responsabile di questa malattia non è stata identificata con certezza a causa della presenza di ibridi e varianti, per questo motivo all'interno di questa tesi il fungo responsabile viene indicato semplicemente come *Eryshipe* spp.

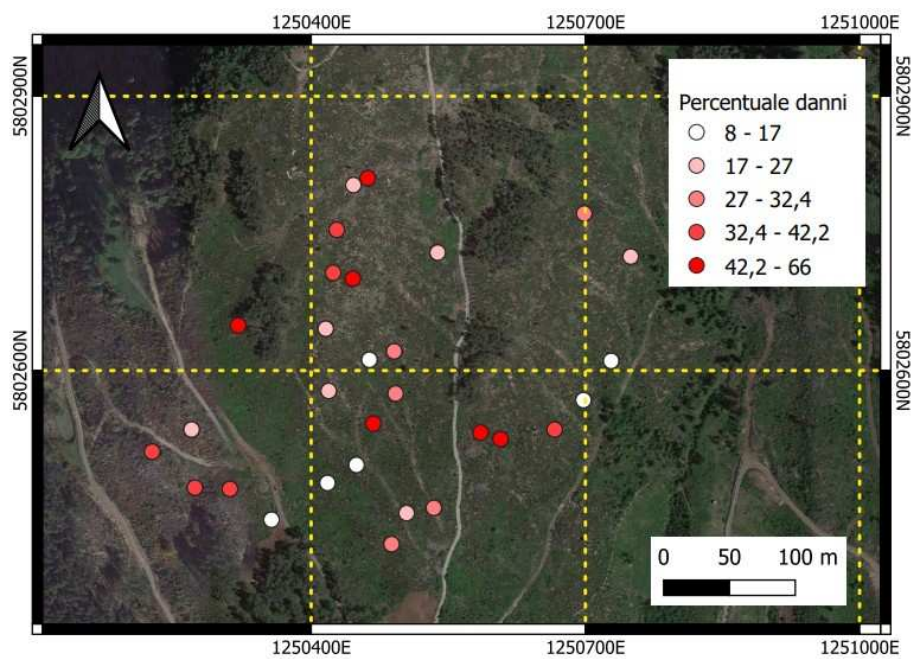
Il fungo *Eryshipe* infetta le giovani foglie in via di sviluppo in primavera ed estate poiché la suscettibilità delle foglie diminuisce all'aumentare dell'età (Marçais et al., 2014). Il mal bianco delle querce si manifesta come una patina biancastra sulle foglie che corrisponde al micelio del fungo e che successivamente si espanderà all'interno delle cellule tramite ife specializzate, ovvero gli austeri (Marçais et al., 2014). L'oidio è un parassita biotrofo e per sopravvivere acquisisce i nutrienti dalle cellule ospiti; questo porta a diversi danni alla pianta come una defogliazione parziale e una diminuzione della fotosintesi e dell'assimilazione del carbonio. (Marçais et al., 2014).

Normalmente a livello del popolamento non viene considerato come un problema, ma gli impatti più significativi si verificano sulla rinnovazione in quanto riducono le riserve di carbonio portando

ad un generale indebolimento dell'individuo che sarà soggetto maggiormente ai danni da gelo o da attacchi di parassiti secondari. (Marçais et al., 2014)



Figura 15: Mal bianco sulle foglie di *Quercus petraea*



Mappe 3: Percentuale di danno nelle aree di saggio rilevate

Il popolamento nonostante presenti un'elevata percentuale di individui danneggiati si è sviluppato sull'intera area garantendo la copertura di una buona porzione della particella. L'insediamento della biocenosi è stato facilitato grazie al mantenimento della composizione e della struttura del suolo che ha permesso l'espansione anche di specie definitive come il rovere. Il popolamento giovane inoltre ha creato un suo equilibrio formando una composizione specifica diversificata in cui le dinamiche naturali stanno iniziando a selezionare gli individui più resistenti e adatti alle condizioni di Tressilla. La presenza di danni al momento non sembra incidere sulla crescita delle specie, ma in futuro attraverso l'esecuzione di altri monitoraggi si potrà verificare l'eventuale mortalità degli individui. La necromassa presente occupa una piccola frazione dell'area di Tressilla garantendo spazio per lo sviluppo e l'insediamento della rinnovazione. Le dimensioni delle ceppaie evidenziano come la struttura molto densa del vecchio popolamento non permetteva la crescita radiale degli individui e questo ha permesso la predisposizione degli individui allo stroncamento o ribaltamento ad opera delle forti raffiche di vento.

Il ruolo della necromassa in questo momento secondo le analisi effettuate non è significativo per quanto riguarda la crescita in altezza a causa delle ceppaie ancora troppo fresche e non ancora degradate, ma tra qualche anno si potrà verificare il rilascio delle sostanze nutritive nel terreno a seguito delle dinamiche di degradazione del legno da parte dei decompositori. L'aumento delle sostanze nutritive potrà portare ad un aumento in altezza degli individui vicino alle ceppaie.

## 10. CONCLUSIONI

I disturbi da vento hanno sempre colpito le foreste europee, ma ora con l'avvento dei cambiamenti climatici questi disturbi naturali si verificano in modo più frequente e con intensità sempre maggiori.

L'uomo cerca quindi di prevenire i danni in foresta attuando degli interventi mirati al miglioramento della struttura e della composizione dei boschi ed evitare lo stroncamento degli alberi.

Quando però la prevenzione non basta e si verificano danni ai popolamenti forestali è necessario attuare degli interventi post-disturbo mirati al trattamento del legname a terra o danneggiato e successivamente interventi di controllo della rinnovazione naturale.

Il seguente lavoro di tesi ha trattato quindi il monitoraggio della rinnovazione naturale in modo tale da evidenziare le dinamiche naturali che si stanno instaurando nell'area di Tressilla.

Il popolamento che si è insediato è formato da specie pioniere, ma anche altre specie considerate definitive come *Quercus petraea* e *Picea abies*.

La presenza di danni su pioppo tremulo e rovere potrà in seguito aumentare la mortalità e diminuire la densità di queste due specie in favore del pino silvestre, l'unica specie molto diffusa che all'interno della particella non presenta danni.

L'area di studio oltre ad una rinnovazione naturale diversificata presenta una copertura del suolo composta da diverse specie vegetali e da residui legnosi che però non influenzano lo sviluppo della rinnovazione.

In sintesi il popolamento ha formato una struttura e una biocenosi stabile che ha occupato gran parte dello spazio disponibile.

Negli anni successivi a Vaia la composizione specifica è rimasta la stessa, ma in futuro il popolamento potrà cambiare a causa delle dinamiche naturali in favore delle specie definitive con una nicchia più ristretta e specializzata alle condizioni di Tressilla. Infatti la formazione iniziale di un piano dominante formato da specie eliofile renderà possibile la diffusione di specie tolleranti l'ombreggiamento, mentre al contrario la rinnovazione delle specie eliofile sarà limitata a piccole buche ancora presenti. Inoltre la vicinanza di una pecceta giovane renderà possibile anche l'insediamento di qualche individuo di abete rosso.

In conclusione analizzare le dinamiche naturali e la struttura del popolamento che in futuro si insedierà sarà necessario per attuare degli interventi adeguati alla prevenzione dei danni da disturbi naturali.



## **11. RINGRAZIAMENTI**

Al termine di questo elaborato vorrei ringraziare tutte le persone che mi hanno aiutato nella realizzazione di questa tesi e nel mio percorso di crescita professionale.

Prima di tutto ritengo doveroso ringraziare il prof. Emanuele Lingua e il dott. Davide Marangon per avermi fornito consigli utili per la stesura di questa tesi.

Un ringraziamento speciale va ai miei genitori, Milena e Umberto, e alle mie due nonne, Gina e Raimonda, per avermi sostenuto durante il mio percorso di studi.

Ringrazio i miei coinquilini, ma soprattutto amici con cui ho condiviso ansie e preoccupazioni ma anche momenti di felicità.

Infine grazie al gruppo “Trentini + Tesserati” per le serate passate in compagnia in quel di Legnaro.

## 12. BIBLIOGRAFIA

Bussotti, F., Papitto, G., Di Martino, D., Cocciufa, C., Cindolo, C., Cenni, E., ... & Pollastrini, M. Cambiamenti climatici e salute delle foreste in Italia: tendenze e scenari dal monitoraggio estensivo (rete di Livello I-ICP Forests) nel periodo 2010-2022.

Cavalli, R. (2019). L'accessibilità delle foreste quale strategia per la gestione di eventi catastrofici naturali. *L'accessibilità delle foreste quale strategia per la gestione di eventi catastrofici naturali*, 85-91.

Chirici, G., Giannetti, F., Travaglini, D., Nocentini, S., Francini, S., D'Amico, G., ... & Marchetti, M. (2019). Stima dei danni della tempesta "Vaia" alle foreste in Italia. *Forest@*, 16, 3-9.

Gardiner, B., Schuck, A. R. T., Schelhaas, M. J., Orazio, C., Blennow, K., & Nicoll, B. (Eds.). (2013). *Living with storm damage to forests* (Vol. 3, pp. 129-p). Joensuu: European Forest Institute.

Marçais, B., & Desprez-Loustau, M. L. (2014). European oak powdery mildew: impact on trees, effects of environmental factors, and potential effects of climate change. *Annals of Forest Science*, 71(6), 633-642.

Mitchell, S. J., & Ruel, J. C. (2015). Modeling windthrow at stand and landscape scales. *Simulation Modeling of Forest Landscape Disturbances*, 17-43.

Motta, R., Ascoli, D., Corona, P., Marchetti, M., & Vacchiano, G. (2018). Selvicoltura e schianti da vento: il caso della "tempesta Vaia". *Forest@*, 15(1), 94-98.

Motta, R. (2020). Perché dobbiamo aumentare la quantità di necromassa nelle nostre foreste? Quanta necromassa dobbiamo rilasciare?. *Forest@-Journal of Silviculture and Forest Ecology*, 17(1), 92.

Pignatti, S., & d'Italia, F. (1982). Edagricole. *Flora d'Italia, Bologna, Italy*.

Seidl, R., & Rammer, W. (2017). Climate change amplifies the interactions between wind and bark beetle disturbances in forest landscapes. *Landscape Ecology*, 32, 1485-1498.

Seidl, R., Thom, D., Kautz, M., Martin-Benito, D., Peltoniemi, M., Vacchiano, G., ... & Reyer, C. P. (2017). Forest disturbances under climate change. *Nature climate change*, 7(6), 395-402.

Schindler, D., Bauhus, J., & Mayer, H. (2012). Wind effects on trees. *European Journal of Forest Research*, 131, 159-163.

Thorn, S., Bässler, C., Gottschalk, T., Hothorn, T., Bussler, H., Raffa, K., & Müller, J. (2014). New insights into the consequences of post-windthrow salvage logging revealed by functional structure of saproxylic beetles assemblages. *PloS one*, 9(7), e101757.

Wohlgemuth, T., Schwitter, R., Bebi, P., Sutter, F., & Brang, P. (2017). Post-windthrow management in protection forests of the Swiss Alps. *European Journal of Forest Research*, 136, 1029-1040.

Ufficio stampa della provincia di Trento: [www.ufficiostampa.provincia.tn.it](http://www.ufficiostampa.provincia.tn.it) - *Analisi meteorologica luglio2023*