



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA
Dipartimento Territorio e Sistemi Agro-Forestali

Corso di laurea triennale in Tecnologie Forestali e Ambientali

**Rinnovazione forestale post-disturbo in
ambiente mesalpico: effetto combinato di
schianto da vento e incendio boschivo**

Relatore:
Prof. Emanuele Lingua

Correlatore:
Dott. Flavio Taccaliti

Laureanda:
Alessia Bertoldi

Matricola:
2000052

ANNO ACCADEMICO 2022-2023

Indice

1	<i>Riassunto</i>	4
2	<i>Abstract</i>	5
3	<i>Introduzione</i>	6
3.1	Il ruolo ecologico dei disturbi naturali in bosco	6
3.2	Gli incendi boschivi	6
3.3	Gli schianti da vento	8
4	<i>Obiettivi</i>	11
5	<i>Materiali e metodi</i>	12
5.1	Area di studio.....	12
5.1.1	Inquadramento geografico	12
5.1.2	Clima	12
5.1.3	Geologia.....	13
5.1.4	Soprassuolo	13
5.2	Rilievi in campo.....	14
6	<i>Risultati</i>	18
6.1	Composizione specifica della rinnovazione	18
6.2	Posizione delle plantule.....	19
6.3	Origine delle plantule.....	20
6.4	Copertura del suolo	20
6.5	Analisi statistica con dati accorpati	21
6.6	Analisi statistica Area S	25
6.7	Analisi statistica Area P	29
7	<i>Discussione</i>	31
8	<i>Conclusioni</i>	34
9	<i>Bibliografia</i>	36
9.1	Sitografia.....	37

1 Riassunto

Dal punto di vista ecologico i disturbi naturali modificano la struttura e la composizione di un ecosistema. All'interno di un bosco, sono eventi che danno inizio a fenomeni di successione secondaria, vale a dire la sostituzione del soprassuolo esistente con un diverso tipo di formazione forestale.

I fenomeni degli incendi boschivi e degli schianti da vento sono tra i principali disturbi naturali di tipo abiotico che interessano i boschi delle Alpi. Nelle Alpi, gli incendi boschivi si concentrano solitamente nel periodo invernale-primaverile per via delle precipitazioni poco abbondanti e l'accumulo di sostanza secca, ma in presenza di stagioni calde e siccitose si possono registrare anche in estate. È questo il caso dell'incendio ad alta severità che si è sviluppato in un popolamento montano di abete rosso nel comune di Frassilongo (TN) nel luglio 2022. Il fuoco ha interessato sia una porzione di pecceta in piedi che un abietetto in cui erano presenti schianti da vento a causa del passaggio della tempesta Vaia nell'ottobre 2018.

Il seguente lavoro si è posto l'obiettivo di mettere a confronto le dinamiche in atto nelle due aree per quanto riguarda la rinnovazione forestale post-disturbo in termini di specie, densità e altezza degli individui in funzione di variabili quali parametri topografici (quota, pendenza, esposizione), copertura del suolo e natura della necromassa. Lo studio è stato condotto in 40 aree di saggio distribuite equamente tra le due aree di studio (bosco schiantato e bosco in piedi).

I risultati dei test statistici effettuati evidenziano che l'altezza e la densità della rinnovazione sono influenzate dalle caratteristiche del sito in termini di copertura del suolo, in particolare dal tipo e dalla disposizione sul terreno della necromassa.

2 Abstract

From the ecological point of view, natural disturbances change the structure and composition of an ecosystem. Within a forest, these are events that initiate secondary succession, which is the replacement of the existing stand with a different type of forest formation.

Wildland fires and windthrows are among the main natural abiotic disturbances affecting forests in the Alps. Forest fires in the Alps are usually concentrated in the winter-spring period due to low rainfall and accumulation of dry biomass. However, in the presence of hot and dry seasons, a significant number of events are also recorded in summer. This is the case with the high-severity fire that developed in a mountain stand of spruce in the municipality of Frassilongo (TN) in July 2022. The fire affected both a standing part of the spruce forest and an area where slash was present due to storm Vaia in October 2018. The following work aims to compare the dynamics regarding post-disturbance forest regeneration in the two areas, in terms of species, density and height of individuals as a function of variables such as topographic parameters (elevation, slope, exposure), land cover and nature of deadwood. The study was conducted in 40 circular test plots equally divided between the two study areas (windthrown forest and standing forest).

The results of the statistical tests show that the height and density of the regeneration are influenced by the characteristics of the site in terms of land cover, mainly by the type of deadwood and its arrangement on the ground.

3 Introduzione

3.1 Il ruolo ecologico dei disturbi naturali in bosco

I disturbi naturali in bosco sono quegli eventi discreti che vanno a modificare la struttura e la composizione dell'ecosistema e delle sue comunità. Vengono classificati in disturbi di natura biotica, per i quali si osserva l'intervento di un organismo vivente, e di natura abiotica, cioè legati alla manifestazione di un fenomeno fisico come una frana, un'alluvione, una valanga, un incendio. Inoltre, il disturbo è caratterizzato da tre parametri quali l'intensità, la durata e la frequenza, al variare dei quali si manifesta un diverso grado di alterazione dell'ecosistema.

I disturbi naturali in bosco sono legati a dinamiche di successione secondaria poiché costituiscono il punto di partenza per la ricostruzione della vegetazione dopo la distruzione della copertura vegetale precedente. Hanno perciò il ruolo di eliminare completamente o in parte il soprassuolo presente, fornendo in questo modo la possibilità a specie diverse di insediarsi. Ciò può significare sia un'evoluzione della comunità vegetale verso formazioni definitive (concetto di climax o paraclimax) oppure un ritorno ad una corte di tipo pioniero (Smith e Smith, 2017). Per quanto riguarda i boschi dell'arco alpino, i fenomeni degli incendi e degli schianti da vento sono tra i principali disturbi naturali di tipo abiotico.

3.2 Gli incendi boschivi

Dal punto di vista legislativo per incendio boschivo si intende “*un fuoco con suscettività a espandersi su aree boscate, cespugliate o arborate, comprese eventuali strutture e infrastrutture antropizzate poste all'interno delle predette aree, oppure su terreni coltivati o incolti e pascoli limitrofi a dette aree*” (L. 21 novembre 2000, n. 353 - Legge quadro in materia di incendi boschivi, Art. 2). Il fuoco costituisce infatti uno dei principali elementi di disturbo nei confronti dell'ecosistema forestale ma allo stesso tempo gioca un ruolo chiave nel determinare la distribuzione, la struttura e le dinamiche di molti ecosistemi del nostro pianeta.

Il manifestarsi di questo fenomeno è legato alla presenza di tre elementi fondamentali: combustibile, calore e comburente. Per quanto riguarda gli incendi in ambito forestale, il combustibile è rappresentato dalla vegetazione, sia come biomassa viva che come

necromassa ed il calore necessario all'innesco deriva principalmente dalla caduta di fulmini od è legato a fattori antropici. Il ruolo di comburente è svolto dall'ossigeno presente in atmosfera: prima dell'Era Paleozoica, infatti, l'innesco di incendi non risultava possibile a causa della scarsità di ossigeno e della mancanza di combustibile, entrambi disponibili solo in seguito alla comparsa degli organismi fotosintetici (Pausas J. G., Keeley J. E., 2009). A testimonianza della stretta relazione evolutiva che si è instaurata tra il fenomeno dell'incendio e alcune specie vegetali, ci sono adattamenti come i frutti e i coni serotini, che sono un perfetto esempio di strategia sviluppatasi in alcune specie, come il genere *Pinus*, per assicurare la riproduzione e l'insediamento di una nuova generazione di individui dopo il passaggio delle fiamme (Schwilk D. W., Ackerly D., 2001).

In passato la pratica più diffusa in seguito ad un incendio boschivo era quella del *salvage logging*, ossia la completa rimozione del materiale bruciato. Tuttavia, è stato riconosciuto in diverse formazioni forestali il ruolo facilitatore della necromassa derivante da un incendio nei confronti della rinnovazione: ad esempio, in faggeta il materiale che rimane in loco a seguito del disturbo favorisce lo sviluppo dei giovani individui attraverso l'azione di copertura, di mantenimento di una maggiore umidità e di facilitazione nell'approvvigionamento di sostanze nutritive (Maringer et al., 2020). Anche specie come *Pinus sylvestris* L. e *Larix decidua* Mill., in grado di riprodursi solo per via gamica, sono favoriti dal rilascio della necromassa in sito, sia in piedi che a terra, insediandosi preferibilmente in prossimità del legno morto rispetto che sul suolo nudo, coperto da lettiera o arbusti (Marzano et al., 2013). Inoltre, il passaggio del fuoco può eliminare patogeni e denaturare tossine inibitrici della crescita presenti nel suolo, aumentando le probabilità di germinazione dei semi e crescita delle plantule mentre il carbone generato dalla combustione può assorbire acqua che verrà rilasciata progressivamente nel terreno, azione che può fungere da parziale sostegno nei confronti dei semenzali in periodi di stress idrico (Maringer et al., 2020). Quello dell'incendio boschivo è un disturbo che in Trentino risulta piuttosto limitato. Dagli anni '80 ad oggi, i danni causati sul territorio provinciale dal propagarsi delle fiamme in bosco sono in netta diminuzione. Secondo il Piano per la difesa dei boschi dagli incendi 2010-2019 (2010) redatto dalla Provincia Autonoma di Trento, negli anni è stata osservata sia una riduzione del numero di eventi che di superficie percorsa dal fuoco (Fig. 1).

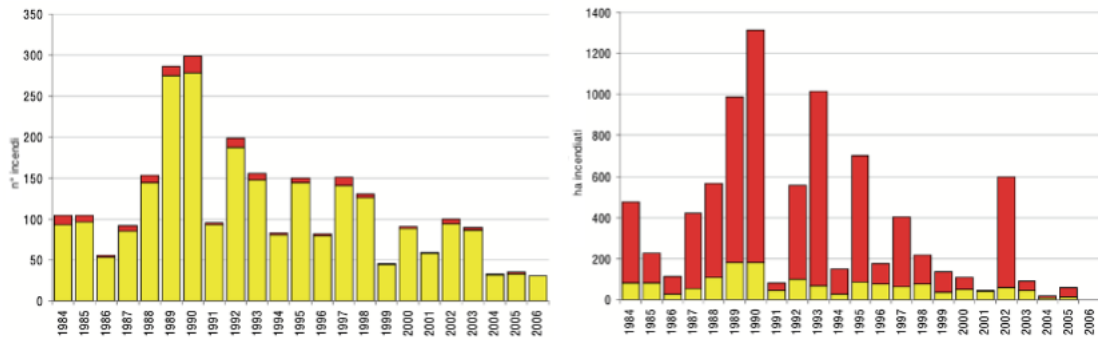


Figura 1 - A sinistra, frequenze annue di incendio per gli anni 1984-2006, in rosso è evidenziato il contributo dei grandi incendi. A destra, superfici percorse da incendio per gli anni 1984-2006, in rosso è evidenziato il contributo dei grandi incendi (2010, Piano per la Difesa dei Boschi dagli Incendi-Terza revisione).

Per quanto riguarda l'andamento annuale, gli incendi boschivi si concentrano solitamente nel periodo invernale-primaverile per via delle precipitazioni poco abbondanti e l'accumulo di sostanza secca (andamento tipico dell'arco alpino). Tuttavia, in presenza di estati calde e siccitose si registra anche in questa stagione un significativo numero di eventi. Considerando l'influenza che ha il fenomeno dell'incendio boschivo su gran parte delle formazioni forestali della Provincia, è necessario prendere in considerazione il fuoco come elemento di disturbo in sede di pianificazione della gestione del territorio. Ad oggi ci si sta muovendo verso l'applicazione di modelli di rischio e propagazione (Ciolli, M., Sboarina, C., & Zatelli, P.; 1999) e sistemi di mappatura dei combustibili forestali utilizzando dati LiDAR (Taccaliti, F., Bolzon, P., & Lingua, E., 2021) al fine di individuare gli elementi che intervengono per generare un incendio in modo da essere in grado di prevederlo, controllarlo e attuare una gestione post-evento in maniera ancora più efficiente.

3.3 Gli schianti da vento

Il vento è quel fenomeno generato dal movimento di masse d'aria da zone anticicloniche, a pressione più alta, verso zone cicloniche, a pressione più bassa, e la sua velocità è direttamente proporzionale alla differenza di pressione tra le due regioni (Smith e Smith, 2017). Il vento è il disturbo di tipo abiotico che arreca il maggior numero di danni (51%) alle foreste europee. Negli ultimi decenni è stato osservato un significativo aumento del volume di materiale schiantato dal vento ed i recenti cambiamenti climatici sono spesso stati individuati come la causa di questa tendenza (Gardiner et al., 2013). Se da una parte i dati scientifici indicano un aumento della severità degli eventi climatici, dall'altra è

forze di resistenza proprie delle piante schiantate sono risultate, in questo caso, molto inferiori rispetto alla forza esercitata dalla massa d'aria in movimento che le ha colpite. Infatti, le raffiche di vento che si sono verificate durante l'evento di Vaia hanno superato i valori soglia (che sono stati stimati tra i 94 e i 150 km/h per singolo albero, in funzione del tipo di bosco) oltre i quali i fattori strutturali delle piante e del popolamento diventano non significativi nell'assicurarne la stabilità (Motta et al., 2018).

È evidente come un disturbo di questa entità non abbia avuto solo un impatto sul patrimonio forestale: la grande quantità di materiale a terra ha lasciato un segno importante anche dal punto di vista economico, nei confronti del mercato del legno e di tutta la filiera ad esso connessa, nonché nella sfera paesaggistica e sociale.

4 Obiettivi

Questa tesi, basata su rilievi riguardanti la rinnovazione forestale post-disturbo, ha lo scopo di approfondire il tema delle dinamiche forestali che si instaurano in seguito al verificarsi di schianti da vento e incendi.

Nello specifico, questo lavoro ha l'obiettivo di ottenere informazioni sulla rinnovazione forestale dopo un solo anno da un incendio ed indagare sull'effetto di molteplici disturbi sullo stesso sito. In una delle due aree selezionate per questo studio, due disturbi sono occorsi simultaneamente: gli schianti da vento a causa della tempesta Vaia ad ottobre 2018 e l'incendio a luglio 2022.

5 Materiali e metodi

5.1 Area di studio

5.1.1 Inquadramento geografico

Il presente studio è stato svolto in Alta Valsugana, nel territorio del comune di Frassilongo, in provincia di Trento.

L'area di studio corrisponde alla superficie di bosco che nel luglio 2022 è stata interessata da un incendio ad alta severità. È localizzata in località Mittenpèrg, sul versante destro idrografico del torrente Rigolor ed è raggiungibile grazie a tre strade forestali che la attraversano in senso parallelo rispetto alle curve di livello.

La superficie interessata dal passaggio del fuoco si estende per 22 ha ad un'altitudine che va dai 1050 ai 1410 m s.l.m.; la pendenza media si attesta intorno ai 35° con un'esposizione prevalente verso Ovest.

5.1.2 Clima

La regione forestale che caratterizza la Valsugana è quella mesalpica. Le precipitazioni medie annue sono di 950 mm e la temperatura media mensile si attesta tra i -3 e i 13 °C. In particolare, è stato possibile elaborare i dati rilevati dalla stazione meteorologica di Sant'Orsola Terme (925 m s.l.m.) (www.meteotrentino.it). Sia per quanto riguarda le precipitazioni che per la temperatura media sono stati utilizzati i dati del periodo 1980-2022: con i due dataset è stato creato il climogramma (Fig. 3).

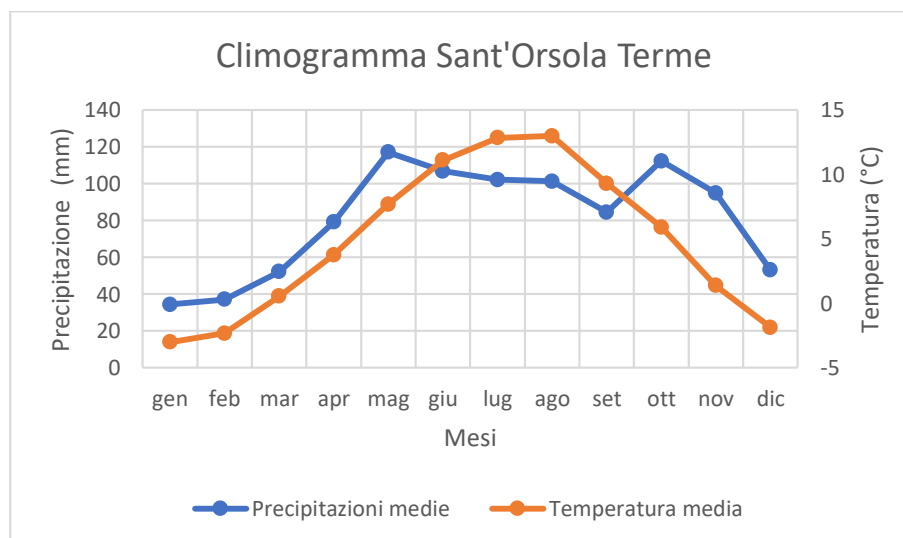


Figura 3 – Climogramma realizzato con i dati della stazione meteorologica di Sant'Orsola Terme (meteotrentino.it).

Si registrano precipitazioni minime nei mesi invernali (dicembre, gennaio, febbraio), tendenzialmente a carattere nervoso, mentre il picco massimo si posiziona nel mese di maggio, seguito da un altro picco nel mese di ottobre. Questi valori indicano la sovrapposizione di un regime pluviometrico solstiziale estivo con un regime equinoziale.

5.1.3 Geologia

Dal punto di vista geologico l'area di studio fa parte del basamento metamorfico delle Alpi Meridionali, che in Alta Valsugana affiora in Val Fersina, nella dorsale che separa i laghi di Levico e Caldonazzo e tra Calceranica, Vigolo Vattaro e Susà. È costituito da un'unità metamorfica unica risalente all'età Varisica formata da varie litologie, principalmente da metavulcaniti e metavulcanoclastiti acide e filladi; l'area di studio è in particolare formata da quest'ultima litologia (Avanzini et al, 2010).

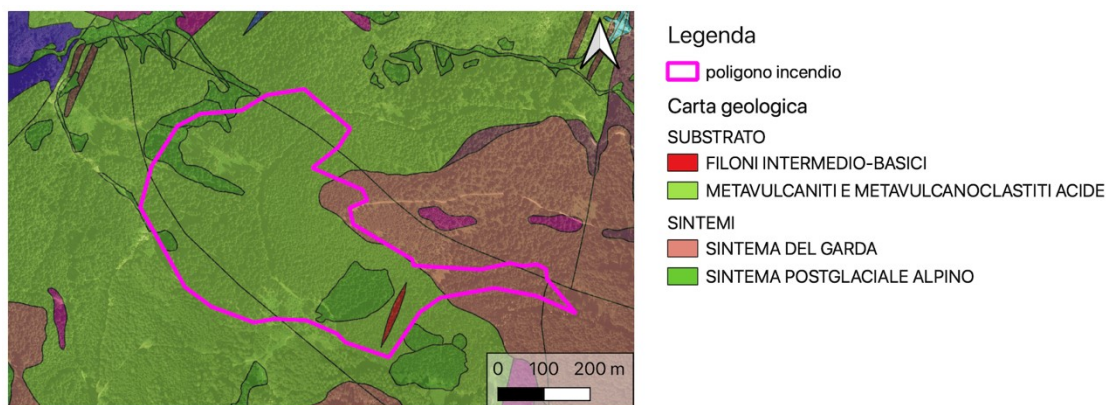


Figura 4 - Inquadramento geologico dell'area di studio (elaborazione carta geologica dal Geocatalogo PAT www.siat.provincia.tn.it).

5.1.4 Soprassuolo

Il soprassuolo era costituito, prima dei danni causati dal vento e dall'incendio, da un abieteto silicicolo dei suoli acidi e da una pecceta. A causa dei gravi disturbi subiti dal popolamento, la copertura vegetale è ora costituita principalmente dallo strato erbaceo e dallo strato arbustivo, entrambi discontinui e principalmente limitati alla zona schiantata. La componente erbacea è costituita principalmente da *Rubus idaeus* L., *Senecio sylvaticus* L., *Trifolium repens* L., *Dryopteris filix-mas* L. ed *Epilobium angustifolium* L. mentre la componente arbustiva è rappresentata soprattutto da *Sambucus nigra* L. e *Salix* spp.

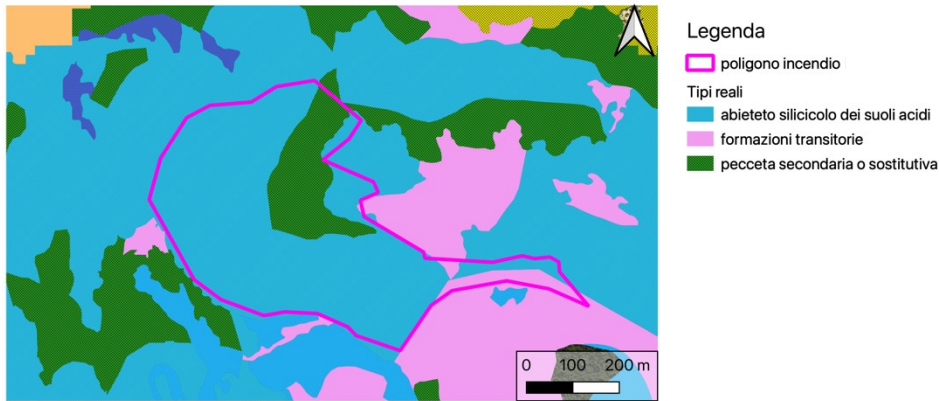


Figura 5 - Inquadramento vegetazionale dell'area di studio (elaborazione carta dei tipi reali dal Geocatalogo PAT, www.siat.provincia.tn.it).

5.2 Rilievi in campo

La raccolta dei dati sperimentali è stata svolta durante la prima metà del mese di agosto 2023.

L'area di studio è stata individuata utilizzando il perimetro dell'incendio che ha interessato la zona nel luglio 2022, definito dal Servizio Foreste e reso disponibile come risorsa online all'interno del Geocatalogo della Provincia Autonoma di Trento nel dataset "Incendi dal 1984 ad oggi" (<https://siat.provincia.tn.it>).

Sono successivamente state individuate l'Area S (schiantata e incendiata) e l'Area P (in piedi e incendiata). L'80% delle piante dell'Area S sono state schiantate dal vento in seguito al passaggio della tempesta Vaia nell'ottobre 2018. Tutto il materiale schiantato non è stato rimosso, rimanendo in loco, ed è stato raggiunto dalle fiamme a luglio 2022. Gli individui rimasti in piedi dopo la tempesta Vaia sono morti in seguito all'incendio, tranne qualche individuo di larice posizionato ai margini dell'area di studio, che è stato interessato dalle fiamme solo nella parte basale del fusto (Fig. 6). L'Area P è stata interessata unicamente



Figura 6 – Larici ubicati al margine dell'area S.

dall'incendio a luglio 2022, evento di alta severità che ha provocato la morte dell'intero popolamento arboreo (Fig. 7).



Figura 7 – A sinistra, l'area S. A destra, l'area P.

Per entrambe le aree sono stati definiti i perimetri e posizionando all'interno di essi in maniera casuale le aree di saggio. Le operazioni di definizione dei perimetri delle due aree e di posizionamento delle aree di saggio sono state effettuate con il software QGIS. Le aree di saggio distano circa 40 m l'una dall'altra ed hanno forma circolare con raggio pari a 6 m, interessando quindi una superficie di 113 m² planimetrici l'una. Sono state individuate 20 aree di saggio per l'Area S e altrettante per l'Area P per un totale di 40, scartando i plot che si sarebbero andati a trovare in corrispondenza della viabilità forestale, in luoghi non accessibili o eccessivamente vicini ai margini (Fig. 8).

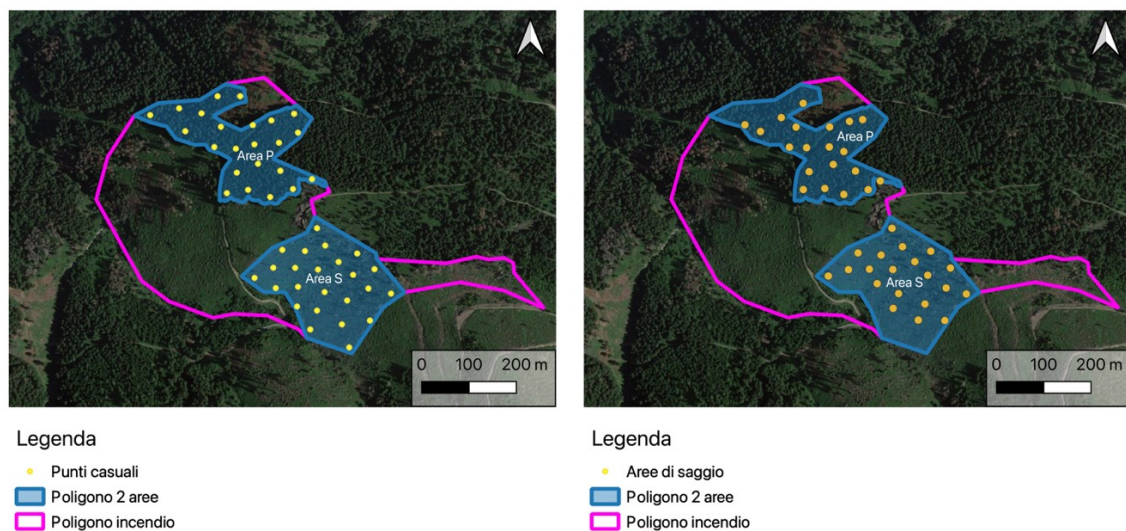


Figura 8 - Posizionamento dei 40 plot sulle due aree di saggio S e P. A sinistra, il primo tentativo di posizionamento casuale con QGIS. A destra, la determinazione dei 40 plot definitivi.

Durante il lavoro in campo, il centro delle aree di saggio è stato raggiunto seguendo lo schema di punti creato al computer con il software QGIS e caricato sull'applicazione QField (<https://qfield.org>), utilizzando il GPS del cellulare per raggiungere il centro di ogni plot. Una volta individuata la posizione del punto centrale questa è stata segnata con un picchetto in legno ed attorno ad essa delimitata l'area di saggio con l'ausilio di una cordella metrica. Terminato ciò è stato effettuato il rilievo vero e proprio dei dati sperimentali, che sono stati raccolti con l'applicazione ODK, anch'essa installata su un dispositivo cellulare. Questa applicazione ha permesso di registrare in modo automatico all'avvio del modulo data, ora, coordinate e quota. Successivamente è stato inserito il codice dell'area, costituito dalla lettera S o P che identifica una delle due aree, e un numero progressivo da 1 a 20. Per quanto riguarda la rinnovazione, sono stati registrati specie, altezza, origine (gamica o agamica) e posizione. Per quanto riguarda quest'ultimo aspetto, si è registrato se la piantina si trovasse in prossimità di una ceppaia ribaltata, potendo scegliere tra “non vicina a ceppaia estrusa”, “nella buca creata dal ribaltamento”, o “sulla ceppaia estrusa”.

Per quantificare l'effetto della necromassa come elemento facilitatore nei confronti della rinnovazione ne è stato rilevato il tipo, scegliendo tra l'opzione log (fusto a terra) o snag (fusto in piedi), il numero di elementi, il diametro mediano per i log o a 1,30 m per gli snag, l'altezza (stimata per gli snag e misurata con cordella metrica per i log), direzione di caduta (solo per i log) e specie. È stata inoltre registrata la presenza di cumuli di ramaglie (in termini di volume sterico) e di ceppaie ribaltate (numero di elementi, altezza, larghezza e profondità ai fini del calcolo del volume estruso). L'altro parametro che è stato rilevato è la copertura del suolo, per il quale sono state create nove classi: fanerofite, camefite, necromassa, roccia madre, suolo minerale, lettiera, emicriptofite dicotiledoni, emicriptofite monocotiledoni, crittogame. Per ogni classe è stata stimata la superficie di suolo ricoperta in ciascuna area di saggio.

Dopo la fase di raccolta dei dati in campo, questi sono stati elaborati statisticamente utilizzando il software MS Excel, applicando come test statistici il test t di Student oppure l'ANOVA seguita dal test post-hoc Tukey HSD.



Figura 9 - Operazioni di rilievo dei dati in campo.

6 Risultati

6.1 Composizione specifica della rinnovazione

La prima elaborazione che è stata effettuata sui dati grezzi ha riguardato la composizione specifica della rinnovazione forestale, mantenendo volutamente separate le due aree S e P al fine di evidenziare eventuali differenze. La Figura 10 e la Tabella 1 mostrano la numerosità assoluta delle specie rilevate suddivise tra le due aree: si evince che la maggior parte del campione sia costituito da conifere (96,85%), in particolare da *Larix decidua* Mill. e *Picea abies* (L.) Karst, mentre la presenza di *Abies alba* Mill. è marginale (0,6%). Il rapporto tra le due specie principali in termini di numerosità è opposto nelle due aree: nell'area S le plantule di larice sono più presenti rispetto a quelle di abete rosso mentre nell'area P accade l'inverso. Le specie di latifoglie presenti sono *Acer pseudoplatanus* L., *Betula pendula* Roth., *Fraxinus ornus* L. e *Sorbus aucuparia* L. e sono in netta minoranza rispetto alle conifere. Tra le due, l'area P presenta una densità maggiore di latifoglie, con una buona rappresentanza di sorbo dell'uccellatore.

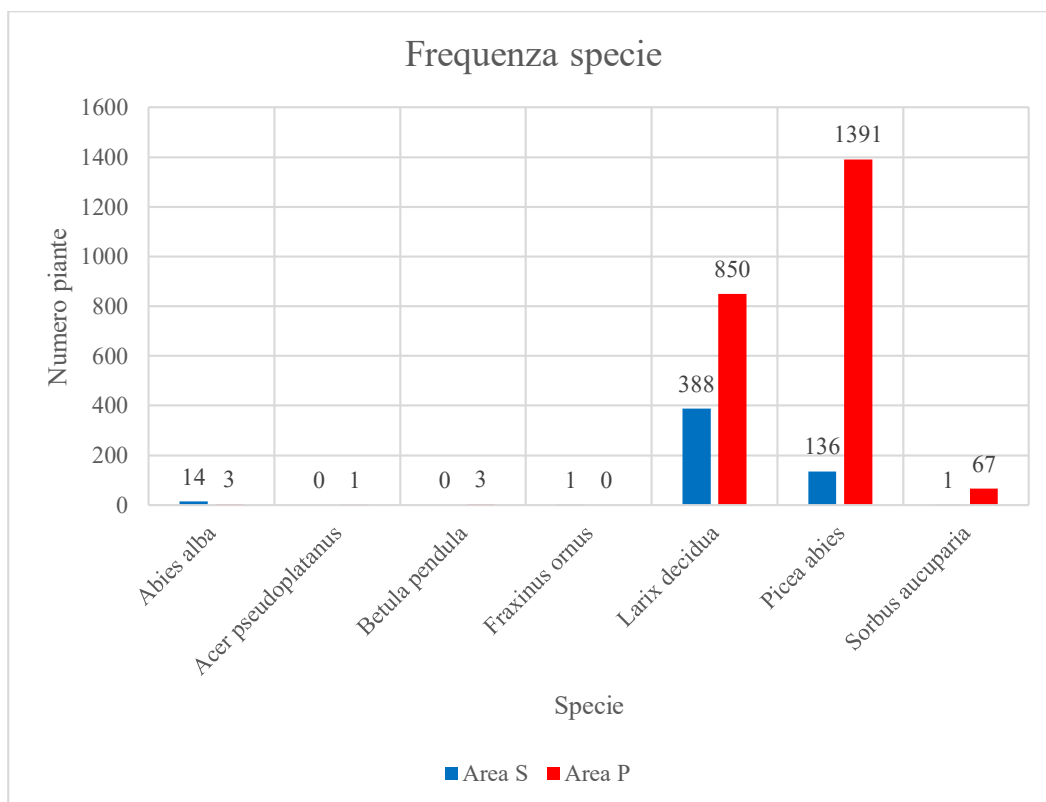


Figura 10 - Istogramma della composizione specifica della rinnovazione forestale.

Tabella 1 – Numero di piante (valore assoluto) in funzione della specie.

Specie	Area S	Area P	Totale	Totale percentuale
<i>Abies alba</i>	14	3	17	0,60%
<i>Acer pseudoplatanus</i>	0	1	1	0,04%
<i>Betula pendula</i>	0	3	3	0,11%
<i>Fraxinus ornus</i>	1	0	1	0,04%
<i>Larix decidua</i>	388	850	1238	43,36%
<i>Picea abies</i>	136	1391	1527	53,49%
<i>Sorbus aucuparia</i>	1	67	68	2,38%

6.2 Posizione delle plantule

Per quanto riguarda la posizione delle plantule, durante la raccolta dei dati è stato registrato se la rinnovazione si trovasse sul terreno intatto oppure fosse posizionata in maniera preferenziale in aree del terreno smosse, derivanti dal ribaltamento delle ceppaie a causa del vento. Per il parametro posizione sono quindi state create tre categorie: “no” che identifica il terreno intatto, “pit” che identifica la buca e “mound” che identifica il monticello. È emerso che solo il 2% degli individui campionati si trova sui monticelli e il 2% nelle buche delle ceppaie.

Tabella 2 - Numero di piante (valore assoluto) in funzione della posizione.

Posizione	N° piante	Valore percentuale
pit	56	2%
mound	59	2%
no	2740	96%



Figura 11 - Rappresentazione grafica dei dati riguardanti l'ubicazione della rinnovazione nei confronti delle ceppaie ribaltate.

6.3 Origine delle plantule

La rinnovazione forestale rilevata deriva interamente da seme. L'unico caso di rinnovazione agamica è stato riscontrato in un individuo di *Betula pendula* Roth nell'area P. Nello specifico, la porzione epigea di questa pianta è stata danneggiata dall'incendio ma è stata in grado di ricacciare dalla ceppaia emettendo dei polloni.

6.4 Copertura del suolo

La copertura del suolo è stata rilevata in ogni area di saggio attraverso una stima visiva. È stato scelto di creare nove classi (fanerofite, camefite, necromassa, roccia madre, suolo minerale, lettiera, emicriptofite dicotiledoni, emicriptofite monocotiledoni, crittogame) e ad ognuna di queste attribuire un punteggio percentuale in funzione della superficie ricoperta all'interno del plot circolare di 6 m di raggio.

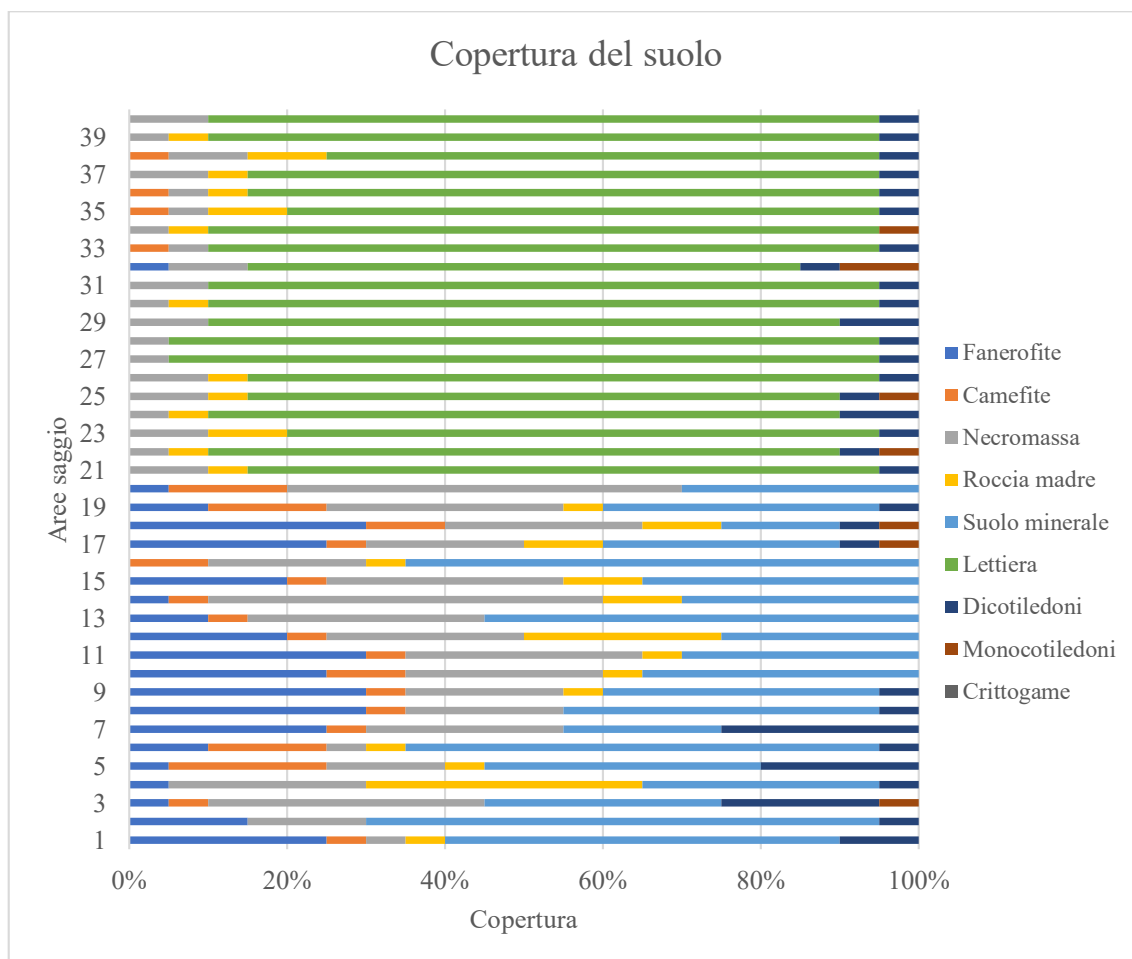


Figura 12 - Rappresentazione grafica della copertura del suolo delle aree di saggio.

Da questa tipologia di indagine è emersa una netta distinzione tra le due aree S e P. Nell'area P, caratterizzata dalla necromassa in piedi a seguito del solo incendio, la copertura del suolo è costante pressoché in tutti i 20 plot: si nota una netta dominanza della superficie coperta da lettiera con valori che vanno dal 70 al 90%. Nell'area S, invece, caratterizzata dalla necromassa a terra a seguito di schianto e incendio, la copertura del suolo è molto più variabile, con una dominanza di fanerofite, necromassa e suolo minerale.

6.5 Analisi statistica con dati accorpati

L'altezza e la densità della rinnovazione sono stati reputati i due parametri che meglio potevano descrivere le dinamiche di rinnovazione in atto nell'area di studio. Queste due variabili sono state analizzate in funzione di tre parametri topografici (quota, pendenza ed esposizione), della necromassa e del sito di appartenenza. Per ogni analisi i dati di altezza o densità sono stati divisi in intervalli. È stato effettuato, tramite il software Excel, un test t di Student in presenza di due intervalli, oppure un test ANOVA seguito dal relativo post hoc Tukey HSD qualora gli intervalli fossero tre. Per la variabile "necromassa" il valore discriminatorio per la creazione dei due intervalli è stato fissato ad un volume di 10 m³. Per la variabile "sito" il valore discriminatorio per la creazione dei due intervalli è l'appartenenza del plot all'area S o P.

Di seguito è riportato un esempio di come sono stati elaborati i dati ed i risultati ottenuti dallo svolgimento dei test statistici precedentemente descritti sull'intero campione di dati ottenuti, provenienti da tutti i 40 plot.

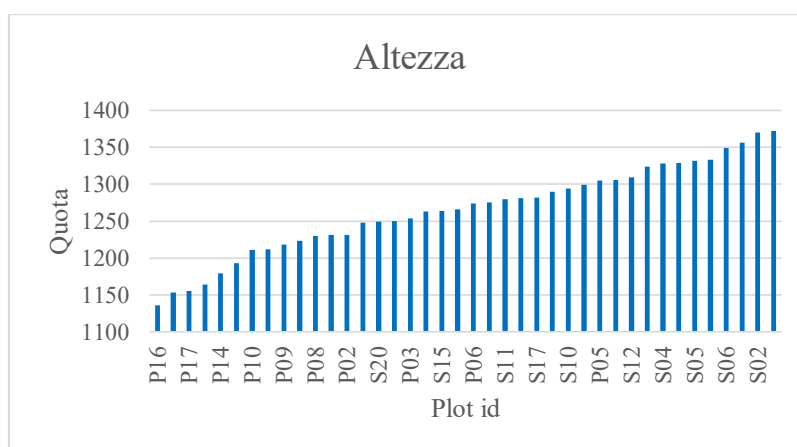


Figura 13 - Istogramma raffigurante la quota media di ogni plot. I dati sono stati ordinati in senso crescente.

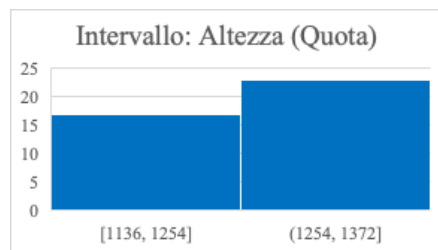


Figura 14 - Istogramma raffigurante la suddivisione in due intervalli (“bin”) della quota media di ogni plot.

Tabella 3 - Suddivisione dei dati in 2 intervalli. Il test *t* di Student è stato effettuato sui valori delle due colonne evidenziate, ovvero l'altezza media per plot della rinnovazione arborea.

Intervallo 1			Intervallo 2		
Plot id	Altezza	Quota	Plot id	Altezza	Quota
P16	3,186	1136	S19	2,344	1263
P15	3,222	1153	S15	2,500	1264
P17	2,583	1155	S16	2,423	1266
P18	3,338	1164	P06	2,993	1274
P14	2,780	1179	S18	2,579	1275
P13	2,992	1193	S11	2,300	1280
P10	2,960	1211	P04	2,725	1281
P11	2,801	1212	S17	3,000	1282
P09	2,829	1218	S14	3,538	1290
P19	2,519	1223	S10	2,769	1294
P08	2,733	1230	S09	2,500	1299
P01	2,804	1231	P05	2,750	1305
P02	2,994	1231	P12	2,938	1306
P20	2,727	1248	S12	2,577	1309
S20	2,733	1249	S13	2,615	1324
P07	2,844	1250	S04	2,273	1328
P03	2,546	1254	S08	2,185	1329
			S05	2,600	1332
			S07	2,889	1333
			S06	2,500	1349
			S03	1,792	1356
			S02	2,200	1370
			S01	2,308	1372

Altezza della rinnovazione (cm)

Tabella 4 – Svolgimento del test t di Student per l'altezza della rinnovazione.

<i>Variabile QUOTA</i>	< 1260	>1260	<i>Variabile PENDENZA</i>	<31,3°	>31,3°
Media	2,85839025	2,57813632	Media	2,79007688	2,63535581
Varianza	0,05414487	0,12928455	Varianza	0,05382444	0,14961528
Osservazioni	17	23	Osservazioni	16	24
Varianza complessiva	0,09764679		Varianza complessiva	0,11180311	
Differenza ipotizzata per le medie	0		Differenza ipotizzata per le medie	0	
gdl	38		gdl	38	
Stat t	2,80402005		Stat t	1,4336995	
P(T<=t) una coda	0,00395347		P(T<=t) una coda	0,07991787	
t critico una coda	1,68595446		t critico una coda	1,68595446	
P(T<=t) due code	0,00790693		P(T<=t) due code	0,15983574	
t critico due code	2,02439416		t critico due code	2,02439416	

<i>Variabile ESPOSIZIONE</i>	<i>Sud-Ovest</i>	<i>Nord-Ovest</i>	<i>Variabile NECROMASSA</i>	<10m ³	>10m ³
Media	2,5312634	2,86322509	Media	2,65053729	2,75433052
Varianza	0,13012068	0,04758159	Varianza	0,13884846	0,0856387
Osservazioni	20	20	Osservazioni	22	18
Varianza complessiva	0,08885113		Varianza complessiva	0,1150441	
Differenza ipotizzata per le medie	0		Differenza ipotizzata per le medie	0	
gdl	38		gdl	38	
Stat t	-3,5217334		Stat t	-0,9628408	
P(T<=t) una coda	0,00056654		P(T<=t) una coda	0,17085742	
t critico una coda	1,68595446		t critico una coda	1,68595446	
P(T<=t) due code	0,00113309		P(T<=t) due code	0,34171484	
t critico due code	2,02439416		t critico due code	2,02439416	

<i>Variabile SITO</i>	<i>Area S</i>	<i>Area P</i>
Media	2,5312634	2,86322509
Varianza	0,13012068	0,04758159
Osservazioni	20	20
Varianza complessiva	0,08885113	
Differenza ipotizzata per le medie	0	
gdl	38	
Stat t	-3,5217334	
P(T<=t) una coda	0,00056654	
t critico una coda	1,68595446	
P(T<=t) due code	0,00113309	
t critico due code	2,02439416	

Il parametro altezza è stato analizzato rispetto alle variabili quota, pendenza, esposizione, necromassa e sito svolgendo dei test t di Student. L'uguaglianza dei risultati per le variabili "esposizione" e "sito" deriva dal fatto che l'esposizione dipende dall'area: l'area S è completamente esposta a Sud-Ovest e l'area P a Nord-Ovest. Il test ha restituito

risultati statisticamente significativi (P-value < 0,05) per le variabili “quota”, “esposizione” e “sito”.

Densità della rinnovazione (n/ha)

Tabella 5 - Svolgimento del test t di Student per la densità della rinnovazione.

<i>Variabile QUOTA</i>	< 1260	>1260	<i>Variabile PENDENZA</i>	<31,3°	>31,3°
Media	10536,1791	3197,38361	Media	7693,58407	5398,23009
Varianza	23924612,9	6378590,44	Varianza	31682427,5	22772543,6
Osservazioni	17	23	Osservazioni	16	24
Varianza complessiva	13766389,4		Varianza complessiva	26289603	
Differenza ipotizzata per le medie	0		Differenza ipotizzata per le medie	0	
gdl	38		gdl	38	
Stat t	6,18405213		Stat t	1,38705369	
P(T<=t) una coda	1,5919E-07		P(T<=t) una coda	0,08675401	
t critico una coda	1,68595446		t critico una coda	1,68595446	
P(T<=t) due code	3,1838E-07		P(T<=t) due code	0,17350802	
t critico due code	2,02439416		t critico due code	2,02439416	

<i>Variabile ESPOSIZIONE</i>	<i>Sud-Ovest</i>	<i>Nord-Ovest</i>	<i>Variabile NECROMASSA</i>	<10m ³	>10m ³
Media	2389,38053	10243,3628	Media	6343,52373	6283,18584
Varianza	1506114,73	21269336,5	Varianza	26812993	28616179,8
Osservazioni	20	20	Osservazioni	22	18
Varianza complessiva	11387725,6		Varianza complessiva	27619681,9	
Differenza ipotizzata per le medie	0		Differenza ipotizzata per le medie	0	
gdl	38		gdl	38	
Stat t	-7,3598917		Stat t	0,03612421	
P(T<=t) una coda	4,0283E-09		P(T<=t) una coda	0,48568621	
t critico una coda	1,68595446		t critico una coda	1,68595446	
P(T<=t) due code	8,0566E-09		P(T<=t) due code	0,97137242	
t critico due code	2,02439416		t critico due code	2,02439416	

<i>Variabile SITO</i>	<i>Area S</i>	<i>Area P</i>
Media	2389,38053	10243,3628
Varianza	1506114,73	21269336,5
Osservazioni	20	20
Varianza complessiva	11387725,6	
Differenza ipotizzata per le medie	0	
gdl	38	
Stat t	-7,3598917	
P(T<=t) una coda	4,0283E-09	
t critico una coda	1,68595446	
P(T<=t) due code	8,0566E-09	
t critico due code	2,02439416	

Il parametro densità è stato analizzato rispetto alle variabili quota, pendenza, esposizione, necromassa e sito svolgendo dei test t di Student. Anche in questo caso l'uguaglianza dei risultati per le variabili "esposizione" e "sito" deriva dal fatto che le due aree S e P hanno esposizioni differenti l'una dall'altra. Il test ha restituito risultati statisticamente significativi (P-value < 0,05, evidenziati in verde) per le variabili "quota", "esposizione" e "sito".

6.6 Analisi statistica Area S

I test effettuati sui dati accorpatisi sono stati svolti con le stesse modalità prendendo in considerazione solo i plot appartenenti all'area S (schianto e incendio).

Altezza della rinnovazione (cm)

Tabella 6 - Svolgimento del test t di Student per l'altezza della rinnovazione.

<i>Variabile QUOTA</i>	<1310	>1310	<i>Variabile ESPOSIZIONE</i>	<229°	>229°
Media	2,66033846	2,37350499	Media	2,50462751	2,54902066
Varianza	0,12550205	0,10125236	Varianza	0,07022833	0,17920318
Osservazioni	11	9	Osservazioni	8	12
Varianza complessiva	0,11472441		Varianza complessiva	0,13682407	
Differenza ipotizzata per le medie	0		Differenza ipotizzata per le medie	0	
gdl	18		gdl	18	
Stat t	1,88410238		Stat t	-0,2629392	
P(T<=t) una coda	0,03790368		P(T<=t) una coda	0,39779177	
t critico una coda	1,73406361		t critico una coda	1,73406361	
P(T<=t) due code	0,07580735		P(T<=t) due code	0,79558353	
t critico due code	2,10092204		t critico due code	2,10092204	

<i>Variabile NECROMASSA</i>	<10m ³	>10m ³
Media	2,42097961	2,66605469
Varianza	0,09578266	0,15214505
Osservazioni	11	9
Varianza complessiva	0,12083261	
Differenza ipotizzata per le medie	0	
gdl	18	
Stat t	-1,5685909	
P(T<=t) una coda	0,06707745	
t critico una coda	1,73406361	
P(T<=t) due code	0,1341549	
t critico due code	2,10092204	

Il parametro altezza è stato analizzato rispetto alle variabili quota, esposizione e necromassa svolgendo dei test t di Student. Il test non ha restituito risultati statisticamente significativi per nessuna variabile (P-value > 0,05).

Tabella 7 - Svolgimento del test ANOVA e relativo post hoc Tukey HSD.

DESCRIPTION: Variabile PENDENZA

Group	Count	Sum	Mean	Variance	SS	Std Err	Lower	Upper
Bin 1	4	10,966	2,741	0,0822725	0,24681749	0,18115854	2,35928194	3,12370417
Bin 2	9	22,587	2,510	0,22538115	1,80304922	0,12077236	2,25481131	2,76442612
Bin 3	7	17,073	2,439	0,0302976	0,18178563	0,13694298	2,1500366	2,72788548

ANOVA

Sources	SS	df	MS	F	P value	Eta-sq	RMSSE	Omega Sq
Between Groups	0,24064054	2	0,12032027	0,91656061	0,41877068	0,09733497	0,43680913	-0,0084141
Within Groups	2,23165234	17	0,13127367					
Total	2,47229288	19	0,13012068					

TUKEY HSD/KRAMER

Alpha 0,05

group	mean	n	ss	df	q-crit
Bin 1	2,741	4	0,24681749		
Bin 2	2,510	9	1,80304922		
Bin 3	2,439	7	0,18178563		
		20	2,23165234	17	3,628

Q TEST

group 1	group 2	mean	std err	q-stat	lower	upper	p-value	mean-crit	Cohen d
Bin 1	Bin 2	0,23187434	0,15395516	1,506116103	-0,326675	0,79042364	0,54774174	0,5585493	0,63997628
Bin 1	Bin 3	0,30253202	0,16057988	1,88399699	-0,2800518	0,88511583	0,39736492	0,58258382	0,83499242
Bin 2	Bin 3	0,07065768	0,12911108	0,54726268	-0,3977573	0,53907269	0,92114892	0,46841501	0,19501614

Il parametro altezza è stato analizzato rispetto alla variabile pendenza svolgendo un test ANOVA e relativo post hoc Tukey HSD. È stata effettuata l'ANOVA perché si è scelto di dividere i dati della variabile "pendenza" in tre intervalli. La suddivisione in tre intervalli si è resa necessaria per poter ottenere tre gruppi di numerosità simile. Il test non ha restituito risultati statisticamente significativi (P-value > 0,05).

Densità della rinnovazione (n/ha)

Tabella 8 - Svolgimento del test t di Student per la densità della rinnovazione.

<i>Variabile QUOTA</i>	<1310	>1310	<i>Variabile ESPOSIZIONE</i>	<229°	>229°
Media	1922,7675	2959,68535	Media	1922,7675	2959,68535
Varianza	520151,788	2261553,59	Varianza	520151,788	2261553,59
Osservazioni	11	9	Osservazioni	11	9
Varianza complessiva	1294108,14		Varianza complessiva	1294108,14	
Differenza ipotizzata per le medie	0		Differenza ipotizzata per le medie	0	
gdl	18		gdl	18	
Stat t	-2,0279707		Stat t	-2,0279707	
P(T<=t) una coda	0,0288142		P(T<=t) una coda	0,0288142	
t critico una coda	1,73406361		t critico una coda	1,73406361	
P(T<=t) due code	0,0576284		P(T<=t) due code	0,0576284	
t critico due code	2,10092204		t critico due code	2,10092204	

<i>Variabile NECROMASSA</i>	<10m ³	>10m ³
Media	2775,54304	1917,40413
Varianza	2103959,16	491424,544
Osservazioni	11	9
Varianza complessiva	1387277,11	
Differenza ipotizzata per le medie	0	
gdl	18	
Stat t	1,62098346	
P(T<=t) una coda	0,0612034	
t critico una coda	1,73406361	
P(T<=t) due code	0,12240681	
t critico due code	2,10092204	

Il parametro densità è stato analizzato rispetto alle variabili quota, esposizione e necromassa svolgendo dei test T. Il test non ha restituito risultati statisticamente significativi per nessuna variabile (P-value > 0,05).

Tabella 9 - Svolgimento del test ANOVA e relativo post hoc Tukey HSD.

DESCRIPTION: Variabile PENDENZA

Group	Count	Sum	Mean	Variance	SS	Std Err	Lower	Upper
Bin 1	4	9292	2323	304774,584	914323,753	642,150423	968,189883	3677,82782
Bin 2	9	20177	2242	2032265,64	16258125,1	428,100282	1338,67526	3145,10055
Bin 3	7	18319	2617	1811306,4	10867838,4	485,420093	1592,79371	3641,08745

ANOVA

Sources	SS	df	MS	F	P value	Eta-sq	RMSSE	Omega Sq
Between Groups	575892,508	2	287946,254	0,17457333	0,84130182	0,02012472	0,15364984	-0,0899689
Within Groups	28040287,3	17	1649428,66					
Total	28616179,8	19	1506114,73					

TUKEY HSD/KRAMER					Alpha 0,05	
<i>group</i>	<i>mean</i>	<i>n</i>	<i>ss</i>	<i>df</i>	<i>q-crit</i>	
Bin 1	2323	4	914323,753			
Bin 2	2242	9	16258125,1			
Bin 3	2617	7	10867838,4			
		20	28040287,3	17	3,628	

Q TEST									
<i>group 1</i>	<i>group 2</i>	<i>mean</i>	<i>std err</i>	<i>q-stat</i>	<i>lower</i>	<i>upper</i>	<i>p-value</i>	<i>mean-crit</i>	<i>Cohen d</i>
Bin 1	Bin 2	81,120944	545,722923	0,148648592	-1898,7618	2061,00371	0,99392965	1979,88277	0,06316351
Bin 1	Bin 3	293,931732	569,205513	0,516389468	-1771,1459	2359,00933	0,92944335	2065,0776	0,22886517
Bin 2	Bin 3	375,052676	457,658452	0,81950344	-1285,3322	2035,43754	0,83276391	1660,38487	0,29202868

Il parametro densità è stato analizzato rispetto alla variabile pendenza svolgendo un test ANOVA e post hoc Tukey HSD. È stata effettuata l'ANOVA perché si è scelto di dividere i dati della variabile "pendenza" in tre intervalli. La suddivisione in tre intervalli si è resa necessaria per poter ottenere tre gruppi di numerosità simile. Il test non ha restituito risultati statisticamente significativi (P-value > 0,05).

6.7 Analisi statistica Area P

I test effettuati sui dati accorpatis sono stati svolti con le stesse modalità prendendo in considerazione solo i plot appartenenti all'area S.

Altezza della rinnovazione (cm)

Tabella 10 - Svolgimento del test t di Student per l'altezza della rinnovazione.

<i>Variabile QUOTA</i>	<1220	>1220	<i>Variabile PENDENZA</i>	<30,5°	>30,5°
Media	2,96571048	2,7793734	Media	2,77296726	2,93707239
Varianza	0,05996978	0,02524205	Varianza	0,02541152	0,05674522
Osservazioni	9	11	Osservazioni	9	11
Varianza complessiva	0,0406766		Varianza complessiva	0,04281913	
Differenza ipotizzata per le medie	0		Differenza ipotizzata per le medie	0	
gdl	18		gdl	18	
Stat t	2,05555721		Stat t	-1,7644358	
P(T<=t) una coda	0,02731399		P(T<=t) una coda	0,04731065	
t critico una coda	1,73406361		t critico una coda	1,73406361	
P(T<=t) due code	0,05462798		P(T<=t) due code	0,09462131	
t critico due code	2,10092204		t critico due code	2,10092204	

<i>Variabile ESPOSIZIONE</i>	<310°	>310°	<i>Variabile NECROMASSA</i>	<10m ³	>10m ³
Media	2,78268654	2,89007127	Media	2,88009496	2,84260635
Varianza	0,02707325	0,05375101	Varianza	0,07986632	0,01230379
Osservazioni	5	15	Osservazioni	11	9
Varianza complessiva	0,04782262		Varianza complessiva	0,04983853	
Differenza ipotizzata per le medie	0		Differenza ipotizzata per le medie	0	
gdl	18		gdl	18	
Stat t	-0,9509145		Stat t	0,3736108	
P(T<=t) una coda	0,17712127		P(T<=t) una coda	0,35652898	
t critico una coda	1,73406361		t critico una coda	1,73406361	
P(T<=t) due code	0,35424254		P(T<=t) due code	0,71305795	
t critico due code	2,10092204		t critico due code	2,10092204	

Il parametro altezza è stato analizzato rispetto alle variabili quota, pendenza, esposizione e necromassa svolgendo dei test t di Student. Il test non ha restituito risultati statisticamente significativi per nessuna variabile (P-value > 0,05).

Densità della rinnovazione (n/ha)

Tabella 11 - Svolgimento del test t di Student per la densità della rinnovazione.

<i>Variabile QUOTA</i>	<1220	>1220	<i>Variabile PENDENZA</i>	<30,5°	>30,5°
Media	11111,1111	9533,38697	Media	9685,34907	10699,9195
Varianza	16867239,2	25685787,3	Varianza	30116123,2	15809310,9
Osservazioni	9	11	Osservazioni	9	11
Varianza complessiva	21766432,6		Varianza complessiva	22167894,2	
Differenza ipotizzata per le medie	0		Differenza ipotizzata per le medie	0	
gdl	18		gdl	18	
Stat t	0,75238485		Stat t	-0,4794271	
P(T<=t) una coda	0,23077313		P(T<=t) una coda	0,31870403	
t critico una coda	1,73406361		t critico una coda	1,73406361	
P(T<=t) due code	0,46154627		P(T<=t) due code	0,63740805	
t critico due code	2,10092204		t critico due code	2,10092204	

<i>Variabile ESPOSIZIONE</i>	<310°	>310°	<i>Variabile NECROMASSA</i>	<10m ³	>10m ³
Media	12743,3628	9410,0295	Media	9911,50442	10648,9676
Varianza	24837497,1	18792909,9	Varianza	26196256,6	17432845,2
Osservazioni	5	15	Osservazioni	11	9
Varianza complessiva	20136151,5		Varianza complessiva	22301407,1	
Differenza ipotizzata per le medie	0		Differenza ipotizzata per le medie	0	
gdl	18		gdl	18	
Stat t	1,43848767		Stat t	-0,3474376	
P(T<=t) una coda	0,08372845		P(T<=t) una coda	0,36614603	
t critico una coda	1,73406361		t critico una coda	1,73406361	
P(T<=t) due code	0,16745689		P(T<=t) due code	0,73229207	
t critico due code	2,10092204		t critico due code	2,10092204	

Il parametro densità è stato analizzato rispetto alle variabili quota, pendenza, esposizione e necromassa svolgendo dei test t di Student. Il test non ha restituito risultati statisticamente significativi per nessuna variabile (P-value > 0,05).

7 Discussione

La raccolta e la successiva elaborazione dei dati fanno supporre come, all'interno dei due siti Area S (schianto + incendio) e Area P (in piedi + incendio), le dinamiche di rinnovazione in atto siano differenti.

In primo luogo, va tenuto presente che lo studio è stato effettuato sulla rinnovazione di specie forestali ad un anno dal passaggio di un incendio ad alta severità. Ciò significa che la rinnovazione presente è formata interamente da plantule. Infatti, all'interno delle due aree non è stata trovata nessuna piantina di età maggiore, a testimonianza di come il fuoco abbia eliminato completamente la rinnovazione post-schianto nell'area S. Riguardo a questo aspetto, è possibile affermare che nell'area S fosse presente rinnovazione sulla base di osservazioni effettuate in zone limitrofe all'area di studio, anch'esse schiantate da Vaia). Per quanto riguarda l'area P, probabilmente al di sotto della pecceta non erano in atto dinamiche di rinnovazione prima dell'incendio. Inoltre, le plantule di dimensioni così ridotte sono ancora in fase eterotrofa quindi la loro crescita dipende dalle riserve presenti nel seme e la loro densità è estremamente elevata ed è destinata a ridursi per effetto della competizione: per questi motivi in alcune pubblicazioni è detta *pre-rinnovazione*, per distinguerla dalla rinnovazione affermata.

A livello di composizione specifica, come riportato nel capitolo precedente, il campione è prevalentemente composto da *Larix decidua* Mill. e *Picea abies* (L.) Karst. In particolare, nell'area S le plantule di larice sono più presenti rispetto a quelle di abete rosso mentre nell'area P accade l'inverso. Ciò è probabilmente dovuto al diverso tipo di portaseme: nell'area S gli individui che hanno potuto disseminare sono le sporadiche piante di larice presenti all'interno e ai margini dell'area schiantata mentre nell'area P il seme deriva dal soprassuolo di abete rosso (e di larice in minor misura). La presenza delle latifoglie si è rivelata molto limitata e la specie più frequente è il sorbo dell'uccellatore.

Un elemento che si era ipotizzato fosse facilitatore nei confronti della rinnovazione è la presenza di ceppaie ribaltate. Gli schianti da vento hanno creato parecchi punti rialzati, i monticelli, e zone concave, le buche, in cui il terreno è smosso e gli orizzonti più profondi si trovano ora in superficie. I monticelli possono offrire una posizione sopraelevata favorendo riparo dal brucamento, condizioni più favorevoli per il precoce scioglimento della neve ed un'inclinazione diversa rispetto ai raggi solari mentre le buche rappresentano un'area in cui la pendenza è minore rispetto al resto del versante e un punto

di accumulo dei nutrienti dilavati. Tuttavia, ad un anno dall'incendio la rinnovazione rilevata in questi punti particolari è limitata al 4% degli individui campionati, non potendo perciò considerare in questa fase le ceppaie come elementi facilitatori nei confronti della rinnovazione.

Le due aree S e P differiscono nettamente per la copertura del suolo. L'area P è caratterizzata dalla presenza della necromassa ancora in piedi, rappresentata dal soprassuolo morto a causa dell'incendio, ed al di sotto di quest'ultimo il suolo è ricoperto quasi interamente da lettiera. Al contrario, nell'area S, la copertura del suolo è più variabile e dominano le fanerofite, il suolo minerale e la necromassa a terra che deriva dalle piante schiantate e bruciate. Un altro elemento che differenzia i due siti è l'esposizione: l'area S è esposta a Sud-Ovest mentre l'area P è esposta a Nord-Ovest. Dall'analisi statistica effettuata con i dati delle due aree accorpati è emerso che l'esposizione e il tipo di sito hanno un effetto statisticamente significativo sia sull'altezza che sulla densità della rinnovazione. Tuttavia, siccome l'esposizione risulta diversa tra le due aree ma omogenea all'interno di ciascuna di esse, la causa della differenza nell'altezza e nella densità delle plantule è da ricercarsi probabilmente nel tipo di sito e più precisamente nelle caratteristiche della necromassa. In quest'area di studio è evidente che le piante morte in piedi creino un microclima più favorevole per la crescita della rinnovazione rispetto alle piante schiantate, per lo meno nel primo anno post-incendio. Gli individui di abete rosso forniscono ombreggiamento ma allo stesso tempo lasciano penetrare al suolo una discreta quantità di luce attraverso le chiome ormai private quasi totalmente degli aghi e consentono il mantenimento di un certo grado di umidità rispetto alla situazione completamente aperta e soggetta all'irraggiamento diretto (ad esclusione delle porzioni di terreno immediatamente al di sotto dei fusti) dell'area schiantata. Quest'ipotesi è inoltre supportata dal fatto che i test t di Student effettuati sull'esposizione, sia per quanto riguarda l'altezza che la densità, non abbiano evidenziato differenze statisticamente significative per entrambe le aree S e P analizzate singolarmente.

Un'altra variabile che è risultata statisticamente significativa ai test t di Student è la quota, sia per il parametro altezza che per il parametro densità. Tuttavia cioè accaduto solamente nel momento in cui i test sono stati condotti sui dati accorpati. I risultati dei test sulle due aree analizzate separatamente non riportano differenze statisticamente

significative. È quindi possibile affermare che la variazione di quota dell'area di studio non sia sufficiente per giustificare una differenza nell'altezza e nella densità della rinnovazione campionata.

Tutti gli altri test statistici condotti mantenendo separati i dati dell'area S e dell'area P non hanno restituito per nessuna variabile esplicativa dei riscontri statisticamente significativi. Per quanto riguarda la pendenza è possibile affermare, anche in base a quanto osservato in campo, che questa sia costante in entrambe le aree. Per quanto concerne il parametro necromassa, questo è stato espresso in termini di volume andando a cubare in maniera speditiva la quantità di biomassa. Questo parametro è spesso utilizzato nelle indagini di rinnovazione post-incendio ed è ampiamente riconosciuto il suo ruolo come elemento facilitatore per le plantule. È però emerso che la caratteristica legata alla necromassa che fa la differenza in questo specifico caso studio sia la posizione delle piante morte, non il volume della necromassa.

Come ipotizzato dal principio, le dinamiche di rinnovazione che si instaurano in un periodo così breve dall'avvenimento di un disturbo sono poco prevedibili e mutevoli. Trovare differenze all'interno della corte di rinnovazione in fase così precoce risulta difficoltoso per la relativa omogeneità della popolazione; ad esempio, nel campionamento delle altezze le differenze evidenziate ammontano a pochi millimetri. Ciò è dovuto al fatto che le dinamiche di competizione e mortalità non si sono ancora instaurate in questa fase. A livello statistico, in termini di confronto con altri studi effettuati in situazioni simili, va tenuto conto che l'incendio si è verificato in una pecceta in ambiente mesalpico, in un contesto dove l'umidità e le precipitazioni non sono un fattore limitante. Per questo motivo la situazione che è stata analizzata è definibile come un evento raro e piuttosto isolato.

8 Conclusioni

Con questo lavoro si è voluto indagare il comportamento della rinnovazione forestale dopo un solo anno da un incendio ed approfondire l'effetto di molteplici disturbi avvenuti sullo stesso sito. Le due aree individuate all'interno del sito di studio differiscono per il numero di disturbi che hanno subito: nell'area P (in piedi + incendio) è avvenuto un incendio nel 2022 mentre l'area S (schianto + incendio) è stata interessata prima da schianti da vento e quasi 4 anni dopo dallo stesso incendio.

I dati raccolti in campo hanno evidenziato una netta differenza in termini di copertura del suolo tra le due aree. L'ipotesi è che all'interno dell'area P, la cui necromassa si trova ancora in piedi, si siano create delle condizioni microstazionali più favorevoli per la crescita della rinnovazione rispetto all'area S in termini di ombreggiamento, quantità di luce che arriva al suolo e umidità. I risultati dei test statistici effettuati evidenziano che l'altezza e la densità della rinnovazione sono influenzate dalle caratteristiche del sito in termini di copertura del suolo, in particolare dal tipo e dalla disposizione sul terreno della necromassa. Al contrario, gli stessi test condotti analizzando gli stessi parametri descrittivi della rinnovazione (altezza e densità) in funzione della quota, della pendenza e del volume di necromassa presente hanno restituito risultati che non sono stati reputati significativi.

In funzione dei risultati ottenuti, potrebbe essere interessante analizzare di nuovo il sito di studio nei prossimi anni. Proseguire con i rilievi permetterebbe di ampliare la quantità di dati a disposizione per comprendere l'evoluzione delle dinamiche forestali in atto in seguito al manifestarsi di uno o più disturbi. Questo tipo di informazioni possono ritornare utili nel momento in cui il proprietario o il gestore forestale si trovano a dover definire il metodo di gestione post-disturbo da applicare, decisione che condiziona a sua volta l'evoluzione del soprassuolo.

9 Bibliografia

- Bovio, G., Marzano, R., Ceccato, R., Meloni, F., Comin, P., Bitussi, D., ... & Wolynski, A. (2010). Piano per la Difesa dei Boschi dagli Incendi-Terza revisione.
- Ciolli, M., Sboarina, C., & Zatelli, P. (1999). Applicazione di un Sistema Informativo Territoriale alla valutazione del rischio da incendio in ambienti forestali. In Atti della 3 Conferenza nazionale delle Associazioni Scientifiche per le informazioni Territoriali ed Ambientali, Napoli (Vol. 1, pp. 583-588).
- 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.
- La Marca, O. (2005). Studi e ricerche sui danni da neve e vento nella foresta di Vallombrosa. *L'Italia forestale e montana*, 60(2), 193-202.
- Maringer, J., Ascoli, D., Gehring, E., Wohlgemuth, T., Schwarz, M., & Conedera, M. (2020). Ecologia del fuoco delle faggete in ambiente montano.
- Marzano, R., Garbarino, M., Marcolin, E., Pividori, M., & Lingua, E. (2013). Deadwood anisotropic facilitation on seedling establishment after a stand-replacing wildfire in Aosta Valley (NW Italy). *Ecological Engineering*, 51, 117-122.
- 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.
- Note illustrative della Carta Geologica d'Italia, Foglio 060 Trento - M. Avanzini, G. M. Bargossi, A. Borsato, I. Selli – 2010
- Pausas, J. G., & Keeley, J. E. (2009). A burning story: the role of fire in the history of life. *BioScience*, 59(7), 593-601.
- Provincia Autonoma di Trento Dipartimento Protezione Civile, Foreste e Fauna Agenzia Provinciale delle Foreste Demaniali – Servizio Foreste, a cura di., 2022. Stato di attuazione del Piano d'Azione per la gestione degli interventi di esbosco e ricostituzione dei boschi danneggiati dalla Tempesta Vaia – Report finale
- Schwilk, D. W., & Ackerly, D. D. (2001). Flammability and serotiny as strategies: correlated evolution in pines. *Oikos*, 94(2), 326-336.
- Smith T. M., Smith R. L., 2017. *Elementi di Ecologia*. Pearson

- Taccaliti, F., Bolzon, P., & Lingua, E. Utilizzo di dati LiDAR per la mappatura dei combustibili forestali in tre aree studio del Friuli-Venezia Giulia.
- Trenti A., 2019. Perturbazione eccezionale fine ottobre 2018. In: Fondazione Edmund Mach – Istituto Agrario di S.Michele all’Adige, 2019. La tempesta Vaia. S.Michele all’Adige, 21 marzo 2019

9.1 Sitografia

- www.meteotrentino.it ultima consultazione 30/10/2023
- www.forestefauna.provincia.tn.it ultima consultazione 1/11/2023
- <https://siat.provincia.tn.it/geonetwork/srv/ita/catalog.search#/home> ultima consultazione 3/9/2023
- <https://www.qgis.org/it/site/> ultima consultazione 27/8/2023
- <https://qfield.org> ultima consultazione 3/8/2023