

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA

Dipartimento Territorio e Sistemi Agro-Forestali

Corso di laurea triennale Tecnologie Forestali e Ambientali

**Analisi delle dinamiche di rinnovazione forestale
nelle aree colpite dalla tempesta Vaia nel comune di
Cortina d'Ampezzo: il caso studio di Valbona**

Relatore

Prof. Emanuele Lingua

Correlatore

Dott. Davide Marangon

**Laureando
Alessandro Gorda**

**Matricola n.
1223063**

ANNO ACCADEMICO 2021/2022

Indice

Riassunto	4
Abstract	5
1-Introduzione	6
1.2-Il vento	7
1.2-La tempesta Vaia	9
1.3-La rinnovazione ed i trattamenti post disturbo	9
2-Obiettivi	11
3-Materiali e metodi	12
3.1-Le aree studio	12
3.1.1-Area Valbona no intervention (VBNI)	15
3.1.2-Area Valbona salvage logging (VBSL)	16
3.2-Rilievi in campo	17
3.3-Elaborazione dati	19
3.3.1-Analisi statistica	21
4-Risultati	22
4.1-Numerosità	22
4.2-Altezza	27
4.3-Confronti con i rilievi del 2019 e del 2021	29
4.4-Danni e brucature	33
5-Discussione	34
6-Conclusioni	37
Bibliografia	39
Sitografia	43

Riassunto

I danni causati dal vento alle foreste europee sono in aumento negli ultimi decenni. Nell'ottobre del 2018 sul Nord Est Italiano si è abbattuta la tempesta Vaia, un evento senza precedenti che ha interessato oltre 42.000 ha di bosco causando lo schianto di 8,5 milioni di metri cubi di legname. In seguito a questo evento è stato dato avvio ad uno studio che si pone l'obiettivo di acquisire informazioni e conoscenze sulle dinamiche di rinnovazione forestale in aree colpite da schianti da vento. Nel 2019, grazie ad una collaborazione tra l'Università di Padova e le Regole d'Ampezzo, sono state allestite nel comune di Cortina d'Ampezzo (BL) e più precisamente in località Valbona, due aree studio permanenti. Le due aree si differenziano per la tipologia di trattamento post disturbo che è stato applicato, in un'area è stato completamente asportato il materiale legnoso schiantato (*salvage logging*), mentre l'altra è stata lasciata a libera evoluzione (*no intervention*). Questa tesi, che fa parte di un progetto di monitoraggio pluriennale, si pone l'obiettivo di monitorare in che modo stanno evolvendo le dinamiche di rinnovazione di breve periodo anche sulla base della differente forma di trattamento applicata al bosco. I dati sono stati raccolti nelle aree di saggio circolari, all'interno delle quali è stata misurata l'altezza delle piante ed è stata annotata la specie di appartenenza. Dall'analisi dei dati è emerso che in entrambe le aree la specie preponderante è l'abete rosso (*Picea abies* L.) seguito nell'area Valbona no intervention dall'abete bianco (*Abies alba* Mill.) e dal faggio (*Fagus sylvatica* L.), mentre nell'area Valbona salvage logging dal sorbo degli uccellatori (*Sorbus aucuparia* L.) e dall'acero di monte (*Acer pseudoplatanus* L.). Per la prima volta da quando sono state allestite le aree di studio è stata rilevata rinnovazione di larice (*Larix decidua* Mill.). L'area Valbona no intervention presenta una maggior quantità di rinnovazione ed un maggior sviluppo in altezza per quanto riguarda la rinnovazione affermata. Dal confronto con i dati raccolti durante le scorse campagne di rilievo risulta che gli incrementi in termini di numerosità della rinnovazione affermata nell'area Valbona no intervention sono maggiori. Dai risultati emerge che la necromassa presente al suolo assicura protezione alla rinnovazione ed assicura inoltre la presenza di condizioni microstazionali favorevoli al suo sviluppo. Si ritiene quindi che l'opzione no intervention sia la forma di trattamento che favorisce maggiormente l'insediamento e lo sviluppo della rinnovazione naturale. In futuro sarà interessante svolgere ulteriori rilievi per acquisire conoscenze riguardo gli impatti del salvage logging sugli ecosistemi.

Abstract

During the last decades a constant increase of wind damages has been observed in European forests. In October 2018 northeastern Italy has been hitting by Vaia storm, an unprecedented event that affected more than 42.000 hectares of forest causing the falling of 8,5 million cubic meters of stock. Following this event, a study has been launched aiming to acquire information and knowledge on the dynamics of forest regeneration in areas damaged by windthrow. In 2019, thanks to a collaboration between the University of Padua and the Regole d'Ampezzo, two permanent study areas were set up in the municipality of Cortina d'Ampezzo (BL) and more precisely in Valbona locality. The areas differ in the type of post-disturbance treatment that was applied, in one area the crashed wood material was completely removed (salvage logging), while the other one was left to free evolution (no intervention). This thesis, which is part of a multi-year monitoring project, aims to monitor how the regeneration dynamics are evolving in the short-term period, also looking for correlations with the treatment that was applied at woodland. The data were collected within circular test areas, within which the height of the plants was measured and the species to which they belong was noted. Analysis showed spruce (*Picea abies* L.) regeneration is preponderant in both study areas, it is followed in the Valbona no intervention area by the silver fir (*Abies alba* Mill.) and the beech (*Fagus sylvatica* L.), while in the Valbona salvage logging area from the rowan (*Sorbus aucuparia* L.) and the sycamore maple (*Acer pseudoplatanus* L.). For the first time since the study areas were set up, regeneration of larch (*Larix decidua* Mill.) was detected. Valbona no intervention area shows a greater amount of regeneration and greater development in height in terms of established regeneration. The comparison of the data collected during the past survey campaigns shows that the increases in terms of numbers of established regeneration in the Valbona no intervention area are greater. The results of the study show that the deadwood present on the soil ensures protection to regeneration and it also provides the presence of micro-stational conditions favorable to his development, it is therefore believed that the no intervention option is the option of treatment that most promote the establishment and development of natural regeneration. In the future it will be interesting to carry out further surveys to acquire knowledge about the impacts of salvage logging on the ecosystems.

1-Introduzione

Nel linguaggio comune il termine “disturbo” assume un’accezione negativa, esso viene infatti utilizzato per indicare un processo od uno stato che non fa parte della normalità delle cose. Invece, dal punto di vista ecologico i disturbi sono visti come degli eventi naturalmente intrinseci agli ecosistemi e fondamentali per determinare la loro evoluzione nel tempo. I disturbi oltre ad influenzare la struttura di un popolamento forestale, ne influenzano anche la composizione specifica e le dinamiche di rinnovazione ed evoluzione. Per disturbo in ecologia si intende infatti: *“un qualsiasi evento discreto nel tempo che altera la struttura di un ecosistema, comunità o popolazione e modifica la disponibilità di risorse e l’ambiente fisico”* (Pickett & White, 1985). I disturbi in ambito forestale possono differenziarsi in base all’agente che ne è la causa, in base alla loro magnitudo ed in base alla scala spaziale e temporale che interessano.

Gli agenti di disturbo possono essere di natura abiotica (ad esempio il vento) o di natura biotica nel caso in cui l’agente sia un organismo vivente (ad esempio insetti o funghi), essi possono inoltre essere suddivisi in agenti endogeni o esogeni, in base al fatto che la loro origine sia interna od esterna al sistema considerato.

L’energia che un disturbo rilascia e l’impatto che esso ha sull’ecosistema sono definibili attraverso due parametri: l’intensità e la severità. Nel complesso questi due parametri descrivono la magnitudo del disturbo.

La scala spaziale su cui un disturbo si può verificare è estremamente variabile e varia soprattutto in base all’agente che ne è la causa; la vastità dell’area interessata influenza la quantità di ecosistemi che potenzialmente potrebbero essere interessati dall’evento ed influenza anche la capacità di ripresa di quest’ultimi.

Nella definizione citata all’inizio del capitolo viene detto che un disturbo è un evento discreto nel tempo, ciò significa che non è una condizione continua e che il momento esatto in cui avviene e la durata per cui esso si protrae sono ben identificabili.

1.2-II vento

Secondo il report Living with Storm Damage to Forests del 2013, in Europa ogni anno viene interessato dai disturbi lo 0,12% del volume totale delle foreste, questa percentuale corrisponde alle utilizzazioni annuali della Polonia che sono pari a circa 38 milioni di m³/anno. Gli agenti di disturbo di origine abiotica sono i maggiori responsabili dei danni subiti dalle foreste europee e tra di questi il ruolo da protagonista lo gioca il vento, il quale da solo è causa del 51% dei danni totali.

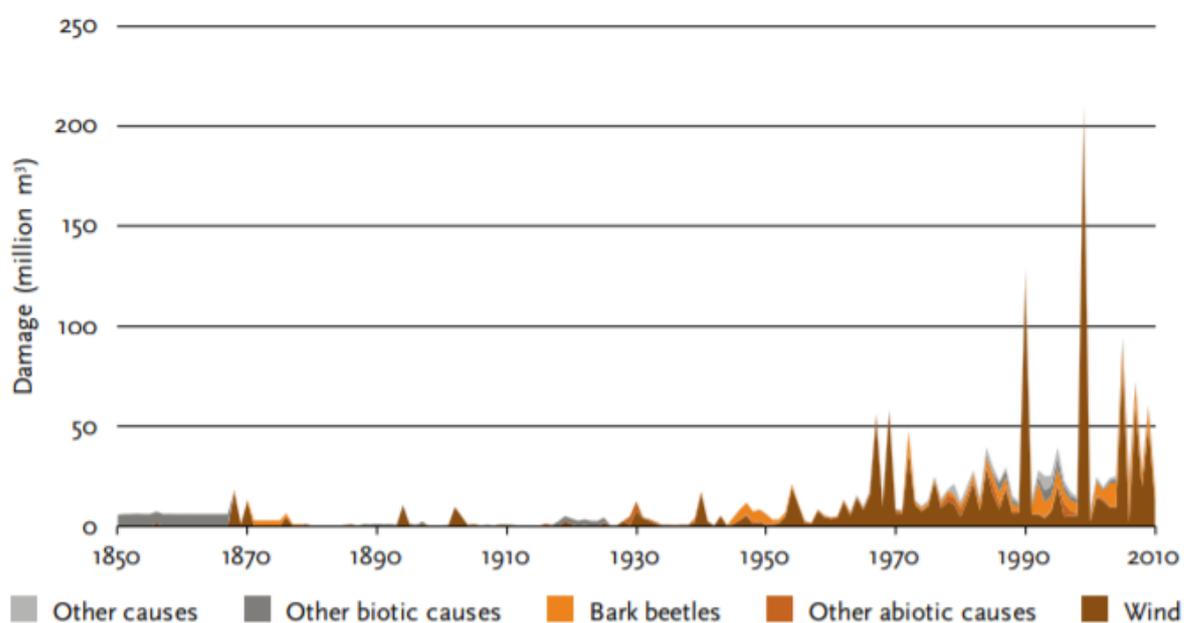


Figura 1.1: danni (in milioni di m³) provocati alle foreste europee e rispettive cause per il periodo che va dal 1850 al 2010 (Gardiner et al., 2013).

Negli ultimi decenni i danni causati alle foreste dal vento hanno subito un consistente aumento (Fig. 1.1), questo a causa dei cambiamenti climatici (Dale et al., 2001; Turner 2010) e a causa della costante crescita, dal secondo dopoguerra ad oggi, della superficie forestale e della biomassa legnosa contenuta nelle foreste (Fig. 1.2). Tuttavia, dal secondo dopoguerra le foreste europee non sono cambiate solo in termini di dimensioni, ma anche in termini di composizione specifica e struttura; questo ha portato, soprattutto nella regione delle Alpi, ad una maggior suscettibilità dei boschi ai danni da vento (Seidl et al., 2011).

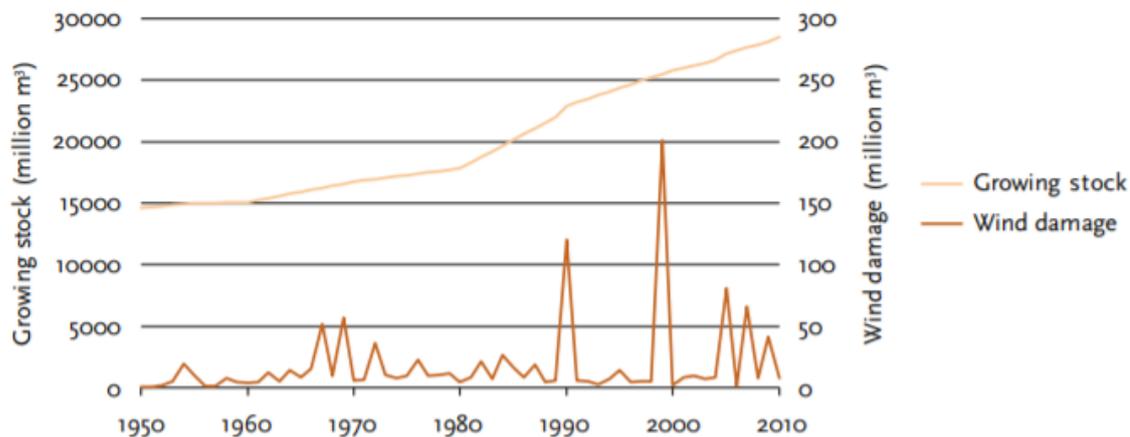


Figura 1.2: crescita della biomassa legnosa contenuta nei boschi europei e dei danni da vento (Gardiner et al., 2013).

Il vento, tuttavia, non sempre è classificabile come un fenomeno negativo e devastante, esso infatti svolge una serie di azioni ecologicamente importanti per lo sviluppo delle singole specie e per lo sviluppo dei soprassuoli forestali (Del Favero et al., 2019). Il vento, ad esempio, favorisce l'impollinazione delle specie anemofile, favorisce la distribuzione del seme delle specie anemocore e favorisce l'incremento della biodiversità andando a modificare la struttura del soprassuolo (Quine & Gardiner, 2007). Come riportato nel libro "Selvicoltura per la protezione dai disturbi" (2019) il vento inizia a causare disturbi ai boschi o a singoli alberi particolarmente vulnerabili nel momento in cui supera la velocità di 50 km h^{-1} , se le raffiche raggiungono velocità superiori ai 100 km h^{-1} gli schianti possono riguardare interi soprassuoli. A seconda della specie coinvolta, della velocità e della direzione delle raffiche e a seconda delle caratteristiche del suolo, la tipologia di danno che i singoli individui possono subire varia; se il danno riguarda l'apparato radicale si è di fronte ad uno sradicamento (totale o parziale) cioè ad un'esposizione all'aria delle radici, nel caso in cui il danno riguardi il tronco possiamo avere uno sveltamento (rottura del tronco al di sopra della metà della sua altezza) o un stroncamento (rottura al di sotto della metà dell'altezza), mentre stroncamenti e sradicamenti sono danni che portano solitamente alla morte della pianta, gli sveltamenti consentono la sopravvivenza dell'individuo anche se esso non possiederà più delle elevate caratteristiche qualitative.

1.2-La tempesta Vaia

La tempesta Vaia è un fenomeno meteorologico estremo che ha interessato il nord Italia nei giorni che vanno da sabato 27 a martedì 30 ottobre 2018. L'evento ha avuto origine a seguito della formazione di un'estesa depressione atmosferica estesa dal mar Baltico al Mediterraneo occidentale, la quale ha richiamato correnti di aria fredda provenienti dall'artico che al di sopra dell'Italia hanno incontrato un anticiclone di origine africana con aria molto più calda e umida. La tempesta si è strutturata in due fasi, la prima caratterizzata da piogge molto intense su tutta l'Italia settentrionale e la seconda, iniziata lunedì 29, caratterizzata da venti di scirocco molto sostenuti che hanno colpito in particolar modo il nord-est. I dati ARPAV aiutano a comprendere l'eccezionalità di questo evento, si riportano i 716mm di precipitazione caduti in 96 ore a Soffranco (valori superiori a quelli che sono stati registrati durante l'alluvione del 1966) e si riportano anche i 192 km h⁻¹ raggiunti dal vento sul monte Cesen.

I danni causati dalla tempesta sono stati ingenti sia per quanto riguarda le infrastrutture civili sia per il patrimonio forestale nazionale, per quest'ultimo si è trattato sicuramente dell'evento più grave mai verificatosi; sono 42.525 gli ettari di bosco che sono stati completamente rasi al suolo per un totale di circa 8,5 milioni di metri cubi di legname schiantato. La maggior parte dei danni si sono verificati in Trentino alto Adige e in Veneto (Chirici, et al., 2019).

1.3-La rinnovazione ed i trattamenti post disturbo

Come accennato ad inizio capitolo i disturbi influenzano le dinamiche di rinnovazione di un popolamento forestale. I disturbi che vedono come protagonista il vento possono causare danni la cui severità è molto variabile, si può andare dalla caduta del singolo albero fino alla formazione di aree schiantate molto estese (Attiwill, 1994); a seconda della dimensione dell'area interessata dal disturbo la disponibilità di risorse come luce, acqua o nutrienti che si avrà all'interno dell'area può variare molto ed è proprio in queste aperture caratterizzate dalla presenza di un suolo disturbato e di materiale legnoso morto a contatto col suolo che i semi e le plantule trovano le condizioni ideali per il loro sviluppo (Kuuluvaine, 1994). Il coarse woody debris (CWD), ossia l'insieme dei detriti legnosi di grosse dimensioni che ricoprono il suolo, favorisce l'insediamento della rinnovazione andando a ridurre i fenomeni di competizione che si instaurano con la componente erbacea ed arbustiva, andando a ridurre l'impatto dovuto alla brucatura da parte degli ungulati e favorendo il mantenimento dell'umidità da parte del suolo (Bottero et al., 2013). La rinnovazione già presente sul sito prima del disturbo solitamente non subisce danni diretti da parte di quest'ultimo, ma piuttosto subisce dei danni indiretti dovuti

allo schianto di individui appartenenti ai piani dominanti (Regione Autonoma Valle d'Aosta – Regione Piemonte, 2011).

Un aspetto che potrebbe andare ad influenzare le dinamiche forestali post disturbo, anche se per ora i risultati delle ricerche condotte sul tema risultano discordanti, è la forma di trattamento applicata nelle aree schiantate (Taerøe et al., 2019). Nel caso del territorio interessato da Vaia il trattamento post disturbo più applicato è stato il salvage logging, quest'ultimo è definibile come l'esbosco di tutto il materiale legnoso danneggiato da un disturbo di origine naturale o antropica (Noss & Lindenmayer, 2006). Tra i vantaggi derivanti dalla pratica del salvage logging in primis vi è quello economico, si punta infatti al recupero del materiale schiantato prima che questo vada incontro a deterioramento e deprezzamento, altri vantaggi riguardano ad esempio la diminuzione del rischio che si verifichi un incendio e nel caso in cui esso si verifichi la diminuzione della sua severità grazie all'eliminazione del materiale combustibile (Fraver et al., 2011), o ancora la diminuzione della probabilità che si sviluppino delle polluzioni di insetti come conseguenza della riduzione della densità delle piante ospite (Fraver et al., 2011). Non sempre però il salvage logging ha effetti positivi sull'ecosistema e non sempre ha successo nel cercare di prevenire il verificarsi di ulteriori disturbi, molto dipende infatti dalle caratteristiche del sito in questione (Leverkus et al., 2020).

L'alternativa al salvage logging potrebbe essere quella di non intervenire affatto sulle aree colpite da schianti lasciando il bosco alla sua libera evoluzione. Questa alternativa consente di mantenere inalterati i benefici, precedentemente descritti, derivanti dal legno presente a terra e consente inoltre di avere, nel caso delle foreste di protezione, un effetto protettivo del suolo e delle infrastrutture presenti a valle per un certo periodo di tempo (Wohlgemuth et al., 2017).

2-Obiettivi

Questa tesi, basata su rilievi riguardanti la rinnovazione forestale post disturbo, prosegue l'attività di monitoraggio di alcune aree schiantate nel territorio delle Regole d' Ampezzo. L'attività, iniziata nel 2019 con le tesi Marson 2019 e Longo 2019 e portata poi avanti con la tesi Pressi 2021 fa parte di un progetto di monitoraggio a medio-lungo termine dell'Università di Padova che mira ad acquisire delle conoscenze sulle dinamiche forestali di rinnovazione che si instaurano successivamente al verificarsi di disturbi da vento, lavori simili a questo sono già stati avviati in altre zone delle Alpi, come ad esempio in Svizzera dopo la tempesta Vivian (Wohlgemuth et al., 2017).

Questo lavoro si pone molteplici obiettivi, il primo è quello di ricavare una fotografia di quello che è lo stato attuale delle aree colpite dalla tempesta Vaia in termini di rinnovazione, un altro obiettivo è quello di analizzare l'evoluzione nel tempo della dinamica forestale andando ad operare dei confronti con i lavori svolti durante gli scorsi anni nelle medesime aree di studio, infine, con questa tesi si vuole andare ad analizzare l'effetto che due differenti forme di trattamento post disturbo, salvage logging e non intervento, possono avere sulla rinnovazione della foresta.

3-Materiali e metodi

I rilievi sono stati svolti durante la seconda metà del mese di settembre del 2022 nel territorio del comune di Cortina d'Ampezzo. Il clima della zona è di tipo endalpico-continentale caratterizzato da temperature medie annue piuttosto basse e da un picco delle precipitazioni che si concentra nella stagione estiva. La temperatura media annua a Cortina d'Ampezzo è di 6,5°C e il valore di precipitazione media annua è pari a 1015mm (Flora del Veneto, 2019).

Da una rapida analisi dei layer presenti sul Geoportale della Regione del Veneto, riguardanti la perimetrazione degli schianti di Vaia, se ne ricava che in totale gli ettari di bosco schiantati in tutta la regione ammontano a 11.762ha, mentre nel solo comune di Cortina d'Ampezzo gli schianti hanno riguardato 181,52ha (Fig. 3.1).

3.1-Le aree studio

Le aree di studio permanenti si trovano all'interno del territorio amministrato dalle Regole d'Ampezzo e più precisamente nel distretto di Valbona, il quale si sviluppa tra i 1250 e i 2100 m s.l.m. Valbona è una valle situata ai piedi del circolo glaciale del Sorapis, il suo nome “valle buona” deriva dal fatto che la produttività di quest'area è davvero ottima ed infatti non è difficile imbattersi in abeti aventi un diametro anche superiore al metro e un'altezza che può superare i 40 metri¹. Le aree di studio sono state allestite nel 2019 in occasione di una collaborazione tra le Regole d'Ampezzo e l'Università degli Studi di Padova, sono stati definiti i confini delle aree di studio e sono stati installati, al centro di ogni singola area di saggio, i pali di legno che ne consentono il riconoscimento. Le aree di saggio, aventi forma circolare con raggio pari a 4 metri, sono state distribuite uniformemente all'interno della superficie dell'area di studio seguendo uno schema a griglia, inoltre esse sono state numerate in modo progressivo da 1 a 25 e la loro posizione è stata rilevata grazie ad un ricevitore GNSS, questo consentirà di poter ricostruire con esattezza la posizione delle singole aree di saggio anche in caso di danneggiamento dei picchetti di legno e consentirà di portare avanti l'attività di monitoraggio anche nel medio-lungo termine.

Le due aree di studio permanenti che sono state predisposte si differenziano in base all'intervento che è stato effettuato su di esse dopo il verificarsi della tempesta Vaia, la prima, denominata *Valbona salvage logging* (VBSL) è situata in una zona in cui è stato completamente asportato il materiale legnoso schiantato o danneggiato dal vento, la seconda, denominata

Valbona no intervention (VBNI) è invece situata in una zona in cui si è deciso di lasciare il bosco alla sua libera evoluzione.

Nei seguenti sottocapitoli verranno brevemente descritte le caratteristiche delle due aree di studio, le informazioni riportate sono frutto dell'unione delle informazioni contenute nell'ultimo piano di assestamento del Parco Naturale delle Dolomiti d'Ampezzo (valido dal 2003 al 2014) e delle osservazioni effettuate durante i rilievi in campo.

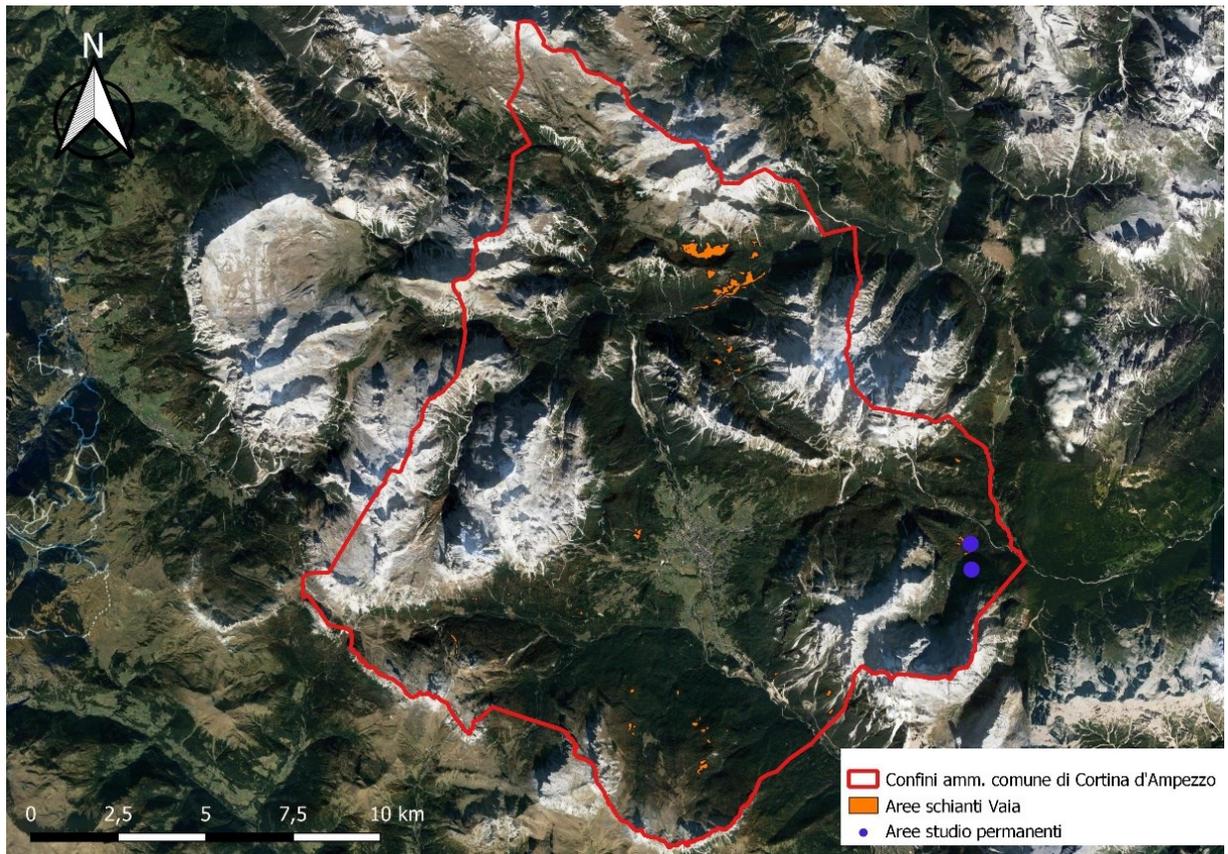


Figura 3.1: posizione delle aree di studio permanenti all'interno del comune di Cortina d'Ampezzo.

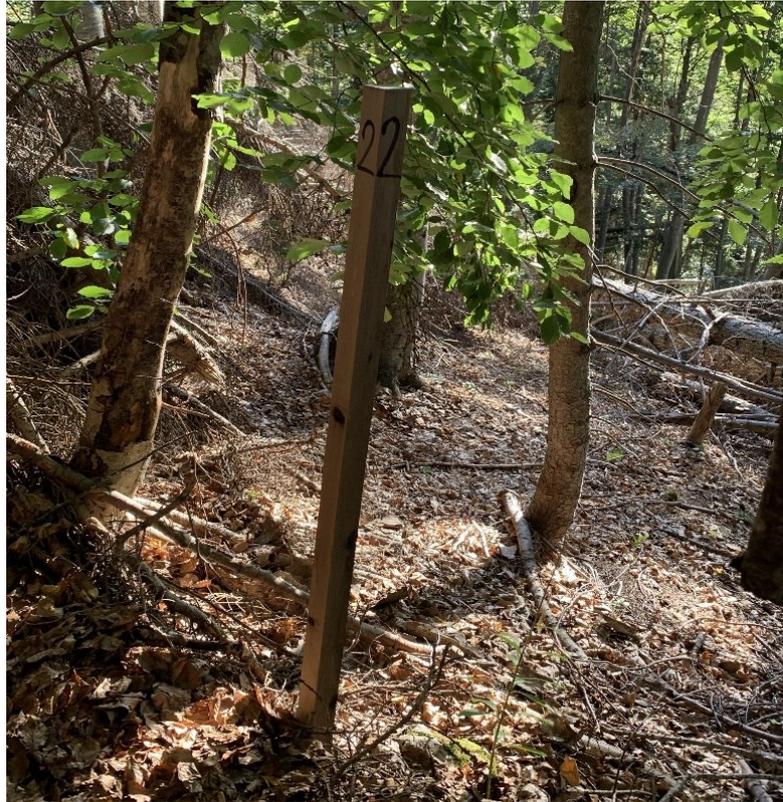


Figura 3.2: palo utilizzato per l'individuazione dell'area di saggio, scattata il 20/09/2022.

¹Spiegazione che è stata fornita da un guardiaboschi incontrato durante lo svolgimento dei rilievi.

3.1.1-Area Valbona no intervention (VBNI)

L'area Valbona no intervention ricade all'interno della particella n°359 e presenta un soprassuolo formato da un abieteto dei substrati carbonatici e mesici tipico con funzione produttiva. Le specie maggiormente presenti sono l'abete rosso, l'abete bianco ed il faggio, mentre sono sporadici i larici e gli aceri di monte. La struttura del bosco è di tipo biplano o multiplano con le conifere, caratterizzate da altezze e diametri notevoli, che occupano il piano dominante.

La particella è esposta ad est ed è caratterizzata da una pendenza media di 29° (tesi Longo 2019), al suo confine est si trova una strada trattorabile.



Figura 3.3: area Valbona no intervention (VBNI), scattata il 20/09/2022.

3.1.2-Area Valbona salvage logging (VBSL)

L'area in cui è stato effettuato il salvage logging ricade all'interno della particella 366/A, classificata nel piano di riassetto come abieteteto dei suoli mesici tipico con funzione produttiva. Le specie arboree presenti sono l'abete rosso, l'abete bianco ed il faggio, larice e acero di monte sono sporadici. La struttura del soprassuolo è monoplana, a tratti biplana con piano dominante formato da abete bianco e rosso e piano dominato formato da faggi. La particella si trova nella parte più interna della valle, a nord del monte Sorapiss, questa posizione favorisce la presenza di condizioni di umidità relativa particolarmente elevate; il terreno risulta pianeggiante e non sempre ben drenato. La stessa strada trattorabile che costeggia l'area *no intervention* delimita il confine ovest della particella.



Figura 3.4: area Valbona salvage logging (VBSL) prima dell'esbosco, foto di Michele Da Pozzo.



Figura 3.5: area Valbona salvage logging (VBSL) dopo l'esbosco.

3.2-Rilievi in campo

I dati sulla rinnovazione sono stati raccolti all'interno delle aree di saggio di forma circolare e di raggio pari a 4 metri. Con la cordella metrica si è proceduto alla definizione dei confini dell'area, per fare questo si è cercato di mantenere la cordella il quanto più possibile orizzontale, soprattutto nella zona lasciata a libera evoluzione che risulta caratterizzata da pendenze del terreno piuttosto elevate, in modo da considerare l'area topografica e non quella reale. Successivamente, all'interno dei confini dell'area, sono state identificate tutte le piante facenti parte della rinnovazione ossia tutte le piante aventi un'altezza inferiore o uguale ai due metri; si è deciso di usare questa misura come limite poiché è la misura che solitamente viene utilizzata all'interno delle Prescrizioni di Massima di Polizia Forestale (PMPF) per definire se un individuo fa parte della rinnovazione, anche affermata, o meno (ad esempio PMPF della Regione Piemonte o della Regione Marche). Delle piante identificate è stata annotata sulla scheda di campo anche l'altezza.

Dopo aver definito i confini si è proceduto all'identificazione di tutte le piante ascrivibili allo stadio di rinnovazione il cui fusto aveva origine all'interno dell'area e ne è stata misurata l'altezza attraverso un flessometro.

I rilievi sono stati svolti nella seconda metà di settembre per far sì che la componente erbacea ed arbustiva non ostacolasse eccessivamente l'individuazione della rinnovazione.



Figura 3.6: misurazione dell'altezza della rinnovazione.

3.3-Elaborazione dati

Con i dati raccolti in campo è stato creato un dataset su un file di lavoro di Microsoft Excel. I dati sono stati suddivisi su due fogli di lavoro, a seconda dell'area di studio nella quale sono stati raccolti, mentre su degli altri fogli è stata eseguita l'elaborazione dei dati. Nel dataset per ogni dato sono stati riportati:

- **Area di studio;**
- **Plot**, ossia il numero dell'area di saggio in cui il dato è stato rilevato;
- **Data** in cui è stato eseguito il rilievo;
- **Specie** di appartenenza, così abbreviata:
 - **PA:** *Picea abies* (L.) H. Karst. - abete rosso;
 - **AA:** *Abies alba* Mill. - abete bianco;
 - **AP:** *Acer pseudoplatanus* L. - acero di monte;
 - **FS:** *Fagus sylvatica* L. - faggio;
 - **SA:** *Sorbus aucuparia* L. - sorbo degli uccellatori;
 - **LD:** *Larix decidua* Mill. - larice comune.
- **Brucature**, se presenti;
- **Disseccamenti**, se presenti (non sono state considerate le piante completamente disseccate);
- **Danni**, ascrivibili ad esempio alla neve, al pascolamento o a potenziali brucature verificatesi però in tempi non recenti e quindi di non facile identificazione.

L'elaborazione dei dati ha riguardato la creazione di tabelle da cui sono stati successivamente ricavati dei grafici che consentono una visualizzazione chiara ed immediata dei risultati del monitoraggio; i dati sono stati prima analizzati tutti insieme e successivamente è stata eseguita un'analisi suddividendoli in due categorie in base alla loro altezza come era stato fatto per i monitoraggi effettuati negli anni precedenti. Nelle tesi Marson 2019 e Pressi 2021 la suddivisione delle due categorie è stata effettuata sulla base del metodo adottato da letteratura anche in altri studi (Kramer et al., 2014), ossia fissando la soglia dei 20cm per stabilire se si trattasse di rinnovazione presente già prima del disturbo (pre-rinnovazione, altezza>20cm) o di rinnovazione insediatasi dopo il disturbo (altezza<=20cm); tuttavia, tenendo in considerazione il fatto che sono ormai passati quattro anni dalla tempesta Vaia e che risulta quindi difficile definire un'altezza che consenta di distinguere in modo abbastanza preciso tra pre-rinnovazione e rinnovazione, si è deciso di mantenere comunque la soglia dei 20cm e di considerare le piante di altezza inferiore o uguale come "rinnovazione non affermata" e le piante di altezza superiore

come “rinnovazione affermata”, in modo tale da dare continuità e uniformità nell’analisi dei dati del monitoraggio.

id_plot	Area di studio	Plot	Data	Specie	Altezza	Brucature	Disseccamenti	Danni	Note
VBNI_1	VBNI	1	20/09/2022	AA	5				
VBNI_1	VBNI	1	20/09/2022	AA	6				
VBNI_1	VBNI	1	20/09/2022	AA	6				
VBNI_1	VBNI	1	20/09/2022	AA	7				
VBNI_1	VBNI	1	20/09/2022	FS	8				
VBNI_1	VBNI	1	20/09/2022	AP	9				
VBNI_1	VBNI	1	20/09/2022	AA	11				
VBNI_1	VBNI	1	20/09/2022	AA	11				
VBNI_1	VBNI	1	20/09/2022	FS	12		1		

Tabella 3.1: organizzazione del dataset.

3.3.1-Analisi statistica

Per completare la fase di analisi dei dati sono stati effettuati dei semplici test statistici per evidenziare l'eventuale presenza di differenze significative dal punto di vista statistico tra la numerosità di individui presenti nell'area soggetta a salvage logging ed in quella lasciata in libera evoluzione; infine, i test sono stati applicati per la ricerca di differenze significative tra la quantità di rinnovazione presente nelle aree di studio nei tre anni in cui si è svolto il monitoraggio.

L'analisi statistica è stata realizzata con l'ausilio del software Past ed è stata fatta applicando il test del Chi-quadro (χ^2), esso è utilizzato per valutare se esiste un'associazione tra due variabili categoriche nominali e per capire questo viene effettuato un confronto tra le frequenze presenti nelle singole categorie; se il p-value, ottenuto applicando il test, non risulta maggiore di 0,05 si può affermare che le differenze tra i campioni sono statisticamente significative e le variabili categoriche risultano tra loro indipendenti.

4-Risultati

4.1-Numerosità

Come prima cosa è stato effettuato un confronto tra la numerosità delle piante rilevate nelle due diverse aree di studio (Fig. 4.1), il confronto è stato effettuato anche distinguendo le piante nei due sottoinsiemi definiti come rinnovazione non affermata (Fig. 4.2) e rinnovazione affermata (Fig. 4.3).

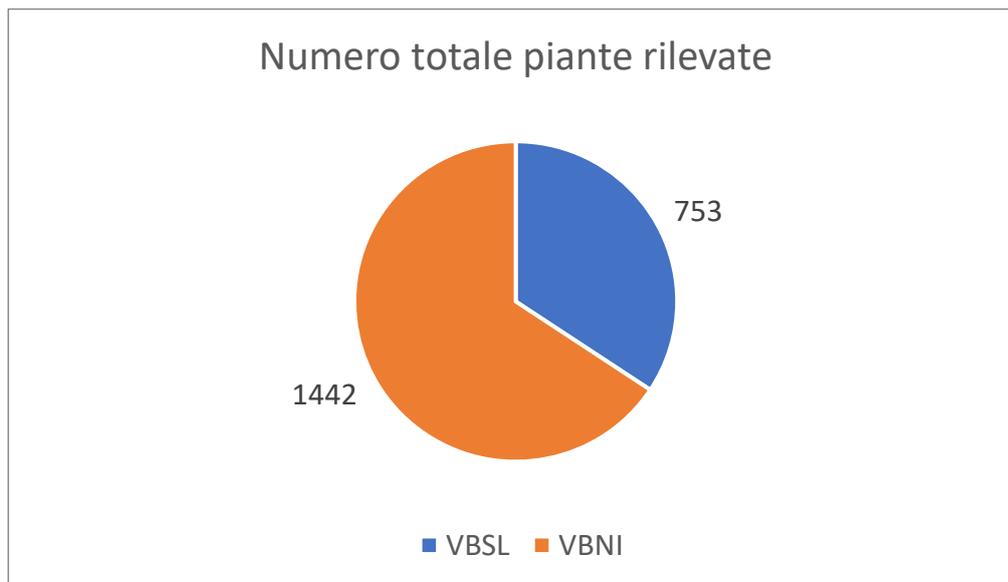


Figura 4.1: totale piante rilevate divise per area di studio; VBNI= Valbona no intervention, VBSL= Valbona salvage logging.

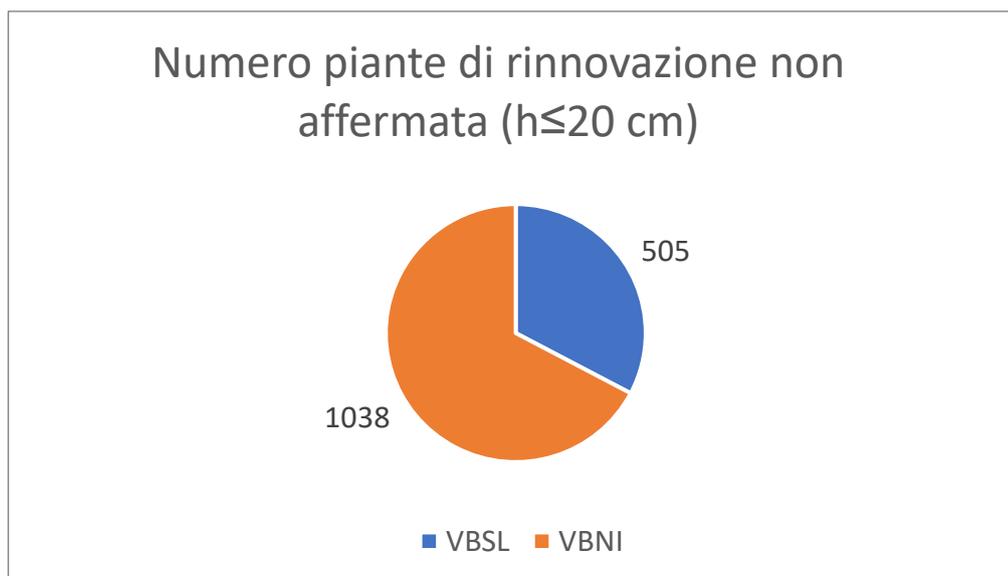


Figura 4.2: numerosità rinnovazione non affermata per ogni area di studio; VBNI= Valbona no intervention, VBSL= Valbona salvage logging.

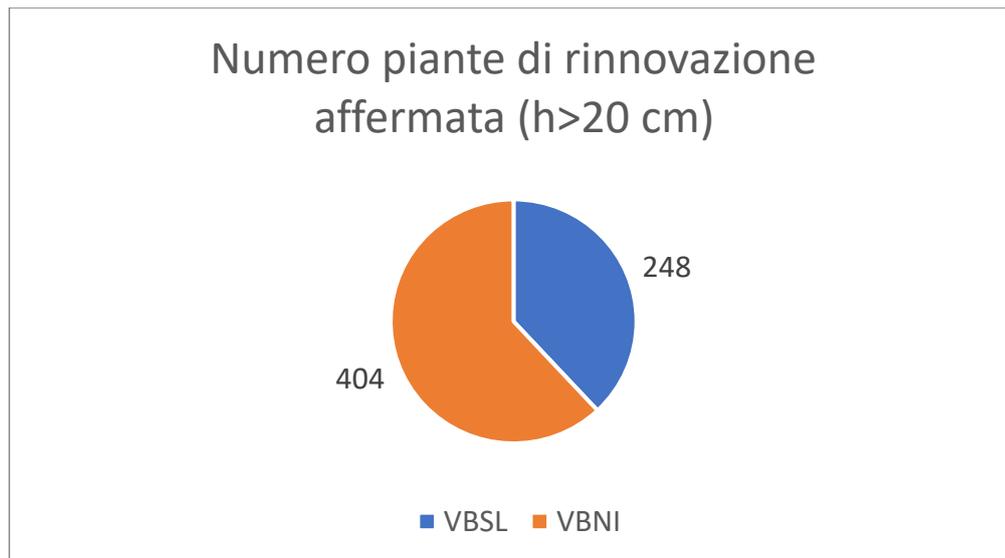


Figura 4.3: numerosità rinnovazione afferzata per ogni area di studio; VBNI= Valbona no intervention, VBSL= Valbona salvage logging.

Dall'osservazione dei grafici sopra riportati si può intuire che nell'area VBNI risulta esserci un numero di piante più elevato rispetto a quelle presenti nell'area VBSL, con 1442 piante nell'area VBNI e 753 nell'area VBSL; L'area lasciata a libera evoluzione vede al suo interno un numero di piante circa doppio rispetto a quello presente nella zona esboscata e questo rapporto si mantiene più o meno costante anche andando a considerare i singoli sottoinsiemi di rinnovazione. Andando a considerare i sottoinsiemi di rinnovazione, nell'area VBNI 1038 piante sono classificabili come rinnovazione non afferzata e 404 sono classificabili come rinnovazione afferzata, mentre nell'area VBSL 505 piante appartengono alla rinnovazione non afferzata e 248 alla rinnovazione afferzata.

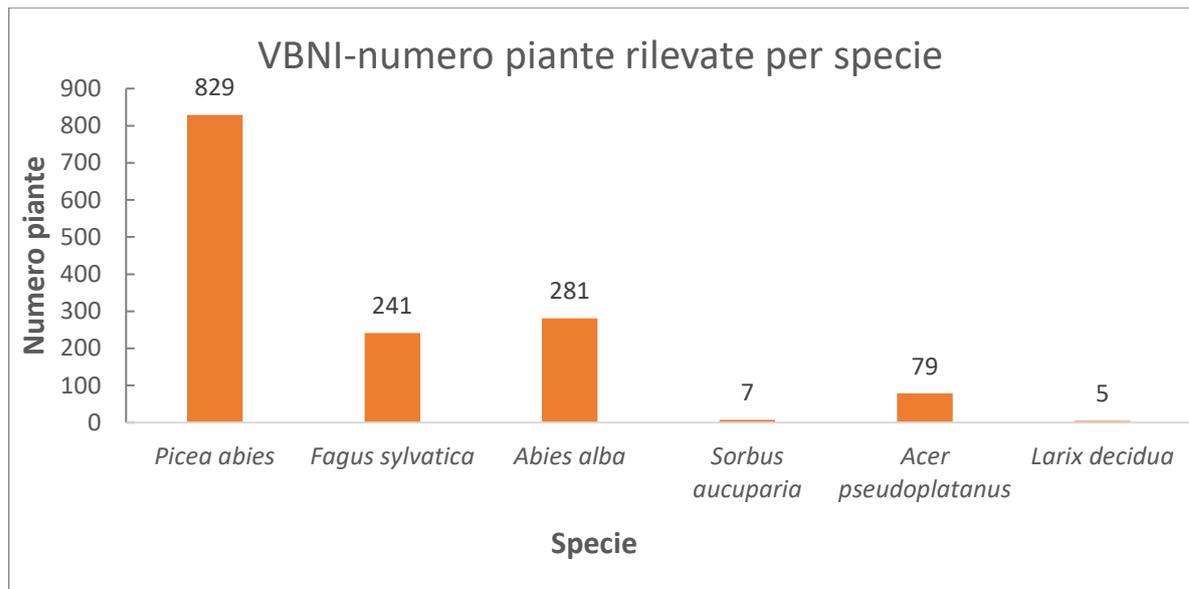


Figura 4.4: abbondanza specifica nella zona Valbona no intervention.

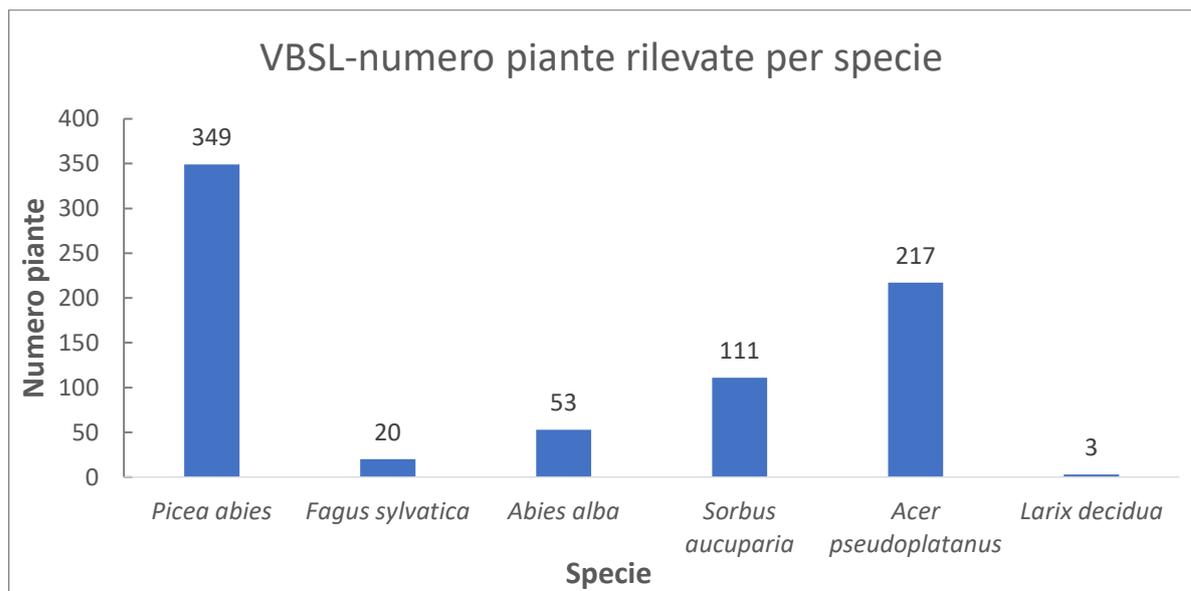


Figura 4.5: abbondanza specifica nella zona Valbona salvage logging.

In entrambe le aree di studio la specie rilevata con maggior frequenza è l'abete rosso, essa risulta essere la più frequente soprattutto nell'area VBNI dove il 57% delle piante rilevate appartiene a questa specie.

Per quanto riguarda le altre specie la situazione risulta differente tra le due aree di studio, nella zona VBNI oltre all'abete rosso troviamo soprattutto abete bianco e faggio (Fig. 4.4), mentre nella zona VBSL le specie più frequenti, anche se con percentuali nettamente inferiori rispetto

all'abete rosso, che costituisce il 46% della rinnovazione, risultano essere l'acero di monte (29%) e il sorbo degli uccellatori (15%) (Fig. 4.5).

Andando ad analizzare la distribuzione delle specie nelle due aree e suddividendo la rinnovazione sulla base della classe di altezza si nota che nella zona VBNI la quantità di rinnovazione non affermata per quanto riguarda l'abete rosso (468), il faggio (218) e l'abete bianco (271) è nettamente superiore rispetto alla quantità presente nella zona VBSL, dove l'abete rosso presenta 177 individui, il faggio 5 individui e l'abete bianco 45 individui (Fig. 4.6). L'area VBSL vede al suo interno una maggior quantità di rinnovazione non affermata rispetto all'area VBNI se consideriamo il sorbo degli uccellatori (82 in VBSL contro i 4 in VBNI) e l'acero di monte (193 in VBSL contro i 75 in VBNI). Se invece si considera la rinnovazione affermata (Fig. 4.7), la quantità di piante presenti sulla zona VBNI risulta decisamente maggiore di quella presente nella zona VBSL solo se si va a considerare l'abete rosso che nella prima area presenta 361 individui e nella seconda 172, mentre per tutte le altre specie la situazione risulta essere più equilibrata tra le due aree. La rinnovazione di larice risulta essere poco presente in entrambe le aree ed in quella in cui è stato effettuato l'esbosco non risulta esserci rinnovazione affermata appartenente a questa specie.

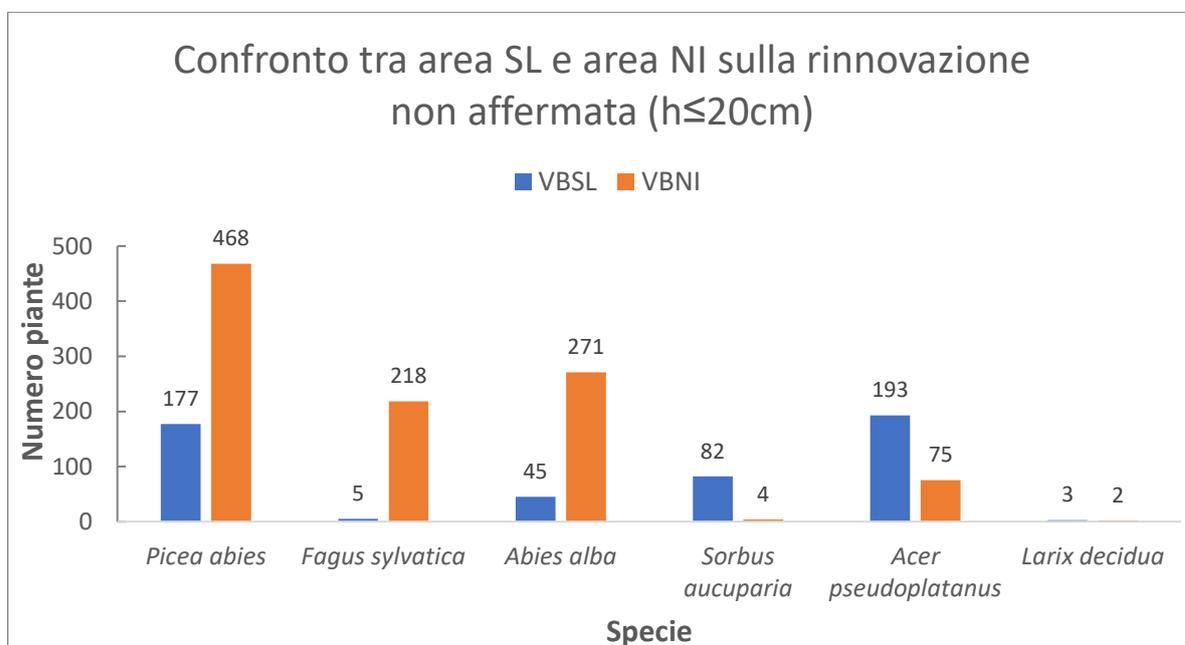


Figura 4.6: confronto della rinnovazione non affermata tra l'area Valbona no intervention (VBNI) e l'area Valbona salvage logging (VBSL).

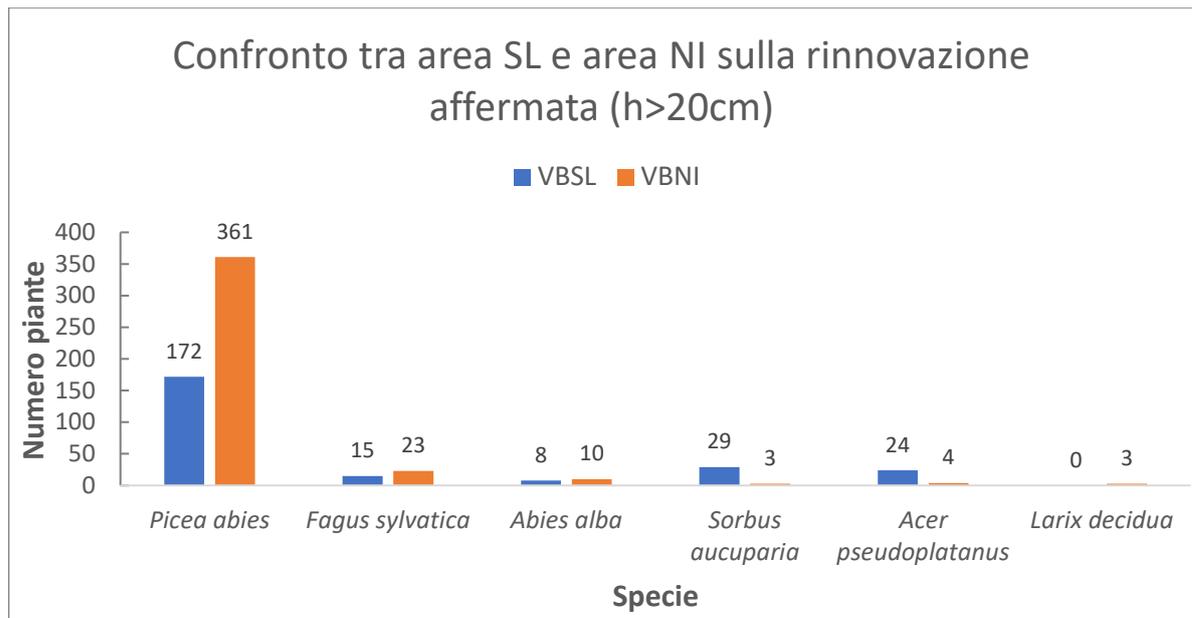


Figura 4.7: confronto della rinnovazione affermata tra l'area Valbona no intervention (VBNI) e l'area Valbona salvage logging (VBSL).

Dall'applicazione del test Chi-quadro sono state riscontrate differenze significative nella proporzione tra le specie tra l'area VBNI e l'area VBSL per tutte le categorie di rinnovazione considerate. Il valore p-value < 0.05 è stato infatti ottenuto considerando: la rinnovazione totale, la rinnovazione non affermata e la rinnovazione affermata.

Chi squared-rinnovazione totale			
Rows, columns:	2, 6	Degrees freedom:	5
Chi2:	375,53	p (no assoc.):	5,55E-79
Monte Carlo p:	0,0001		

Chi squared-Rinnovazione non affermata (h≤20cm)			
Rows, columns:	2, 6	Degrees freedom:	5
Chi2:	465,3	p (no assoc.):	2,47E-98
Monte Carlo p:	0,0001		

Chi squared-Rinnovazione affermata (h>20cm)			
Rows, columns:	2, 6	Degrees freedom:	5
Chi2:	69,7	p (no assoc.):	1,19E-13
Monte Carlo p:	0,0001		

Tabella 4.1: risultati applicazione test Chi-quadro sulla differenza di numerosità della rinnovazione tra VBNI e VBSL.

4.2-Altezza

Dopo aver effettuato un'analisi sulla numerosità della rinnovazione si è proceduto con un'analisi delle altezze andando a rappresentare i risultati dei rilievi con dei box-plot, l'analisi è stata svolta sia considerando la totalità della rinnovazione (Fig. 4.8), sia considerando i due sottoinsiemi: rinnovazione non affermata (Fig. 4.9) e rinnovazione affermata (Fig.4.10).

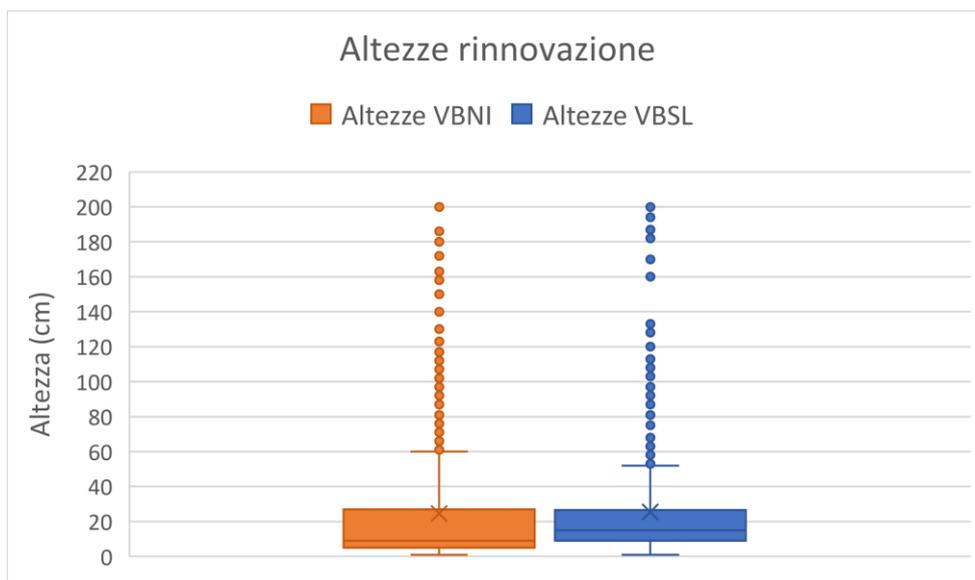


Figura 4.8: confronto tra le altezze della rinnovazione rilevata nelle aree VBNI e VBSL.

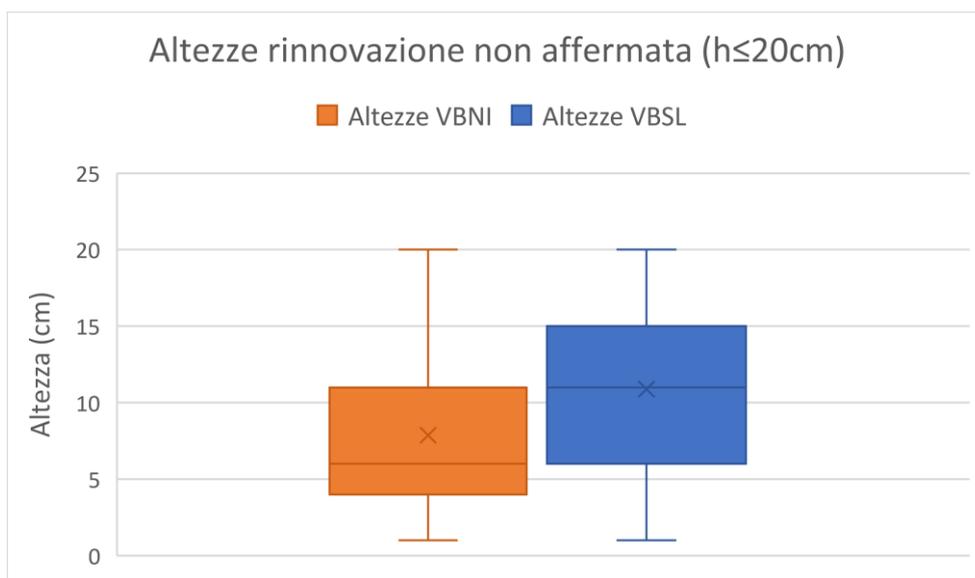


Figura 4.9: confronto tra le altezze della rinnovazione non affermata rilevata nelle aree VBNI e VBSL.

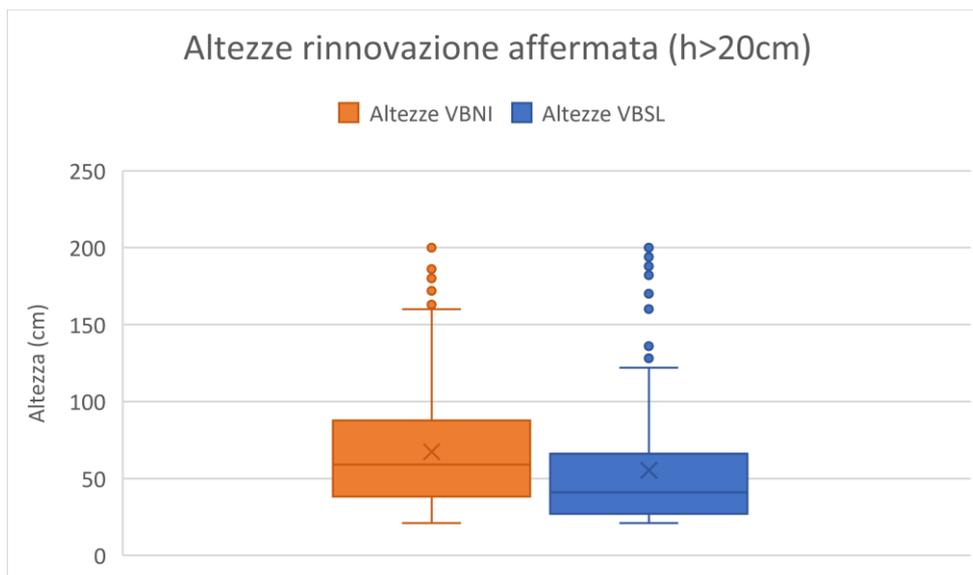


Figura 4.10: confronto tra le altezze della rinnovazione affermata rilevata nelle aree VBNI e VBSL.

Per stabilire se le differenze di altezza presenti tra le piante rilevate nelle due diverse aree di studio fossero statisticamente significative è stato applicato il t-test.

Test t-Rinnovazione totale	VBNI	VBSL
Media	24,5	25,5
Varianza	1168,7	1008,8
Osservazioni	1442	753
Differenza ipotizzata per le medie	0	
gdl	1626	
Stat t	-0,671728	
p-value	0,501852	
t critico due code	1,961424	
Test t-Rinnovazione non affermata	VBNI	VBSL
Media	7,9	10,9
Varianza	21,0	30,1
Osservazioni	1038	505
Differenza ipotizzata per le medie	0	
gdl	857	
Stat t	-10,70607	
p-value	3,43E-25	
t critico due code	1,962736	
Test t-Rinnovazione affermata	VBNI	VBSL
Media	67,3	55,3
Varianza	1571,9	1682,3
Osservazioni	404	248
Varianza complessiva	1613,883	
Differenza ipotizzata per le medie	0	
gdl	650	
Stat t	3,71792	
p-value	0,000218	
t critico due code	1,96362	

Tabella 4.2: risultati t-test sulle altezze della rinnovazione.

Le medie delle altezze, ad eccezione di quelle riguardanti la rinnovazione affermata, vedono dei valori leggermente superiori nella zona VBSL (Tab.4.2); le differenze tra le altezze rilevate nelle due aree risultano significativamente differenti ($p\text{-value}<0.05$) per entrambi i sottoinsiemi in cui è stata suddivisa la rinnovazione, se invece si considera la rinnovazione nella sua totalità le differenze presenti non sono significative dal punto di vista statistico.

4.3-Confronti con i rilievi del 2019 e del 2021

Per monitorare l'evoluzione delle dinamiche di rinnovazione sono stati confrontati i dati raccolti durante i rilievi effettuati in campo con i dati raccolti durante i rilievi svolti nel 2019 e nel 2021. Il confronto è stato effettuato applicando la distinzione tra rinnovazione non affermata (Tab. 4.3) e rinnovazione affermata (Tab. 4.5); i valori assoluti sulla numerosità sono stati successivamente rapportati all'ettaro.

Rinnovazione non affermata ($h \leq 20\text{cm}$)									
Area	Specie	2019		2021		2022		Differenza 2021-2022	
		n° piante	n°/ha	n° piante	n°/ha	n° piante	n°/ha	n° piante	n°/ha
VBSL	<i>Picea abies</i>	184	1464	502	3995	177	1409	-325	-2586
	<i>Abies alba</i>	44	350	30	239	45	358	15	119
	<i>Acer pseudoplatanus</i>	1	8	0	0	186	1480	186	1480
	<i>Fagus sylvatica</i>	0	0	5	40	5	40	0	0
	<i>Sorbus aucuparia</i>	1	8	41	326	71	565	30	239
	<i>Larix decidua</i>	0	0	0	0	3	24	3	24
	Totale	230	1830	578	4600	505	4019	-73	-581
VBNI	<i>Picea abies</i>	63	501	632	5029	468	3724	-164	-1305
	<i>Abies alba</i>	123	979	315	2507	271	2157	-44	-350
	<i>Acer pseudoplatanus</i>	6	48	86	684	75	597	-11	-88
	<i>Fagus sylvatica</i>	1	8	170	1353	218	1735	48	382
	<i>Sorbus aucuparia</i>	0	0	6	48	4	32	-2	-16
	<i>Larix decidua</i>	0	0	0	0	2	16	2	16
	Totale	193	1536	1208	9613	1038	8260	-170	-1353

Tabella 4.3: confronto tra i dati della rinnovazione non affermata raccolti nel 2019, 2021 e 2022.

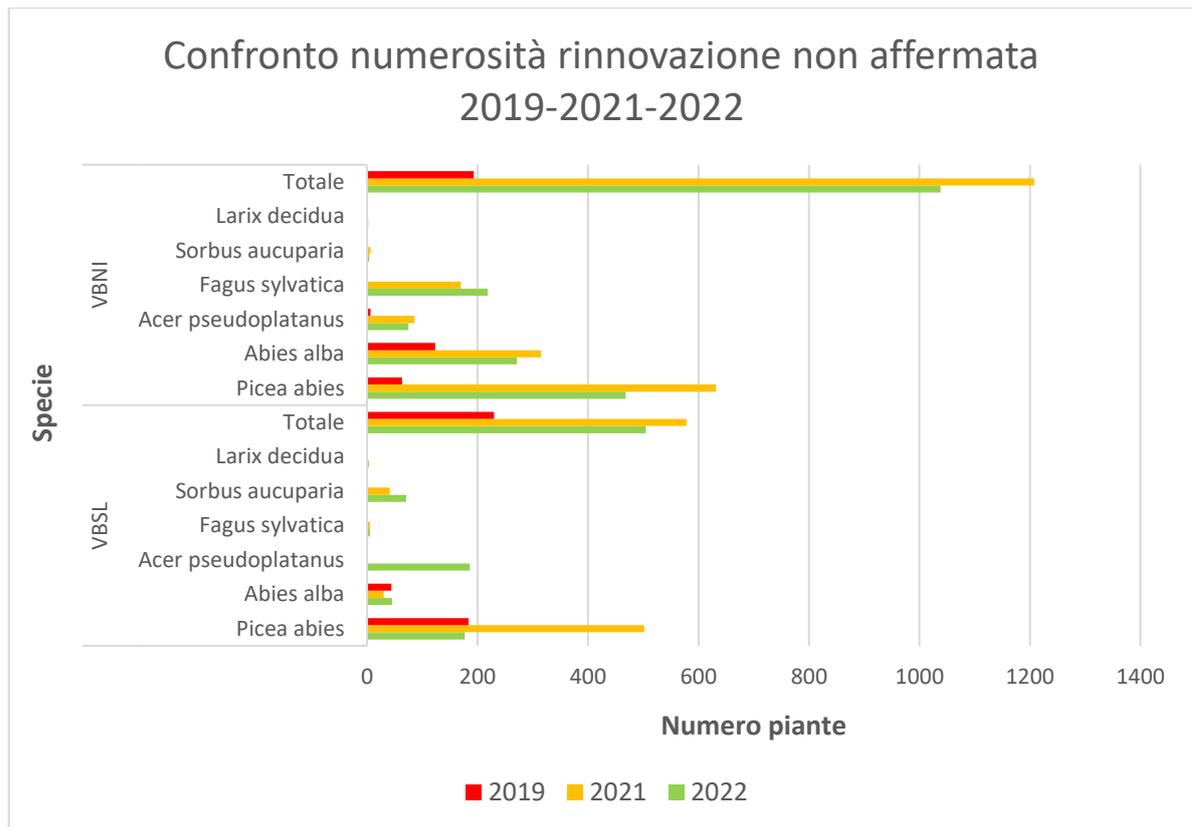


Figura 4.11: confronto tra i dati della rinnovazione non affermata raccolti nel 2019, 2021 e 2022.

Se dal 2019 al 2021 la rinnovazione aveva subito un consistente aumento (Fig.4.11), in particolar modo all'interno dell'area VBNI dove ad esempio la numerosità dell'abete rosso risultava cresciuta di dieci volte rispetto all'anno precedente, quello che si nota dai dati raccolti durante i rilievi è che c'è stata un'inversione di tendenza abbastanza generalizzata.

Nell'area VBNI la specie maggiormente presente, ossia l'abete rosso, è passata dai 63 individui del 2019 ai 632 del 2021 (Tab. 4.3), per poi arrivare ai 468 individui rilevati nel 2022; un calo nella numerosità degli individui tra il 2021 e il 2022 è stato osservato anche per l'abete bianco, l'acero di monte ed il sorbo degli uccellatori, hanno invece visto un incremento le piante di faggio passando dalle 170 rilevate nel 2021 alle 218 rilevate nel 2022, infine per la prima volta sono stati registrati 2 individui di larice.

Nell'area VBSL il calo della numerosità ha riguardato solo la rinnovazione di abete rosso passando dai 502 individui del 2021 ai 177 rilevati nel 2022, il numero di piante di faggio è rimasto stabile a 5 individui mentre le altre specie hanno visto un aumento della loro numerosità, in particolar modo l'acero di monte di cui nel 2021 non era stato rilevato nessun individuo mentre nel 2022 ne sono stati rilevati 186. Anche in quest'area per la prima volta da quando vengono effettuati i rilievi è stata trovata rinnovazione di larice.

Al fine di stabilire l'esistenza di una differenza significativa nella numerosità all'interno delle specie tra il 2021 ed il 2022 è stato effettuato un test Chi-quadro sulle due aree studio (Tab. 4.4). In entrambe le aree è stato osservato un $p\text{-value} < 0.05$, pertanto esiste una differenza significativa tra i due gruppi considerati (rinnovazione 2021 e rinnovazione 2022).

Chi squared-Rinnovazione non affermata VBSL				Chi squared-Rinnovazione non affermata VBNI			
Rows, columns:	5, 2	Degrees freedom:	4	Rows, columns:	6, 2	Degrees freedom:	5
Chi2:	91,985	p (no assoc.):	4,98E-19	Chi2:	23,97	p (no assoc.):	0,00022
Monte Carlo p:	0,0001			Monte Carlo p:	0,0002		

Tabella 4.4: test Chi-quadro effettuato sulla differenza di numerosità della rinnovazione non affermata tra il 2021 ed il 2022. A sinistra il test riferito all'area VBSL e a destra il test riferito all'area VBNI.

Rinnovazione affermata (h>20cm)									
Area	Specie	2019		2021		2022		Differenza 2021-2022	
		n° piante	n°/ha	n° piante	n°/ha	n° piante	n°/ha	n° piante	n°/ha
VBSL	<i>Picea abies</i>	156	1241	150	1194	172	1369	22	175
	<i>Abies alba</i>	8	64	11	88	8	64	-3	-24
	<i>Acer pseudoplatanus</i>	1	8	0	0	24	191	24	191
	<i>Fagus sylvatica</i>	17	135	45	358	15	119	-30	-239
	<i>Sorbus aucuparia</i>	1	8	18	143	26	207	8	64
	<i>Larix decidua</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
	Totale	183	1456	223	1775	248	1974	25	199
VBNI	<i>Picea abies</i>	260	2069	276	2196	361	2873	85	676
	<i>Abies alba</i>	3	24	4	32	10	80	6	48
	<i>Acer pseudoplatanus</i>	0	0	0	0	4	32	4	32
	<i>Fagus sylvatica</i>	1	8	13	103	23	183	10	80
	<i>Sorbus aucuparia</i>	0	0	5	40	3	24	-2	-16
	<i>Larix decidua</i>	0	0	0	0	3	24	3	24
	Totale	183	1456	297	2363	404	3215	107	851

Tabella 4.5: confronto tra i dati della rinnovazione affermata raccolti nel 2019, 2021 e 2022.

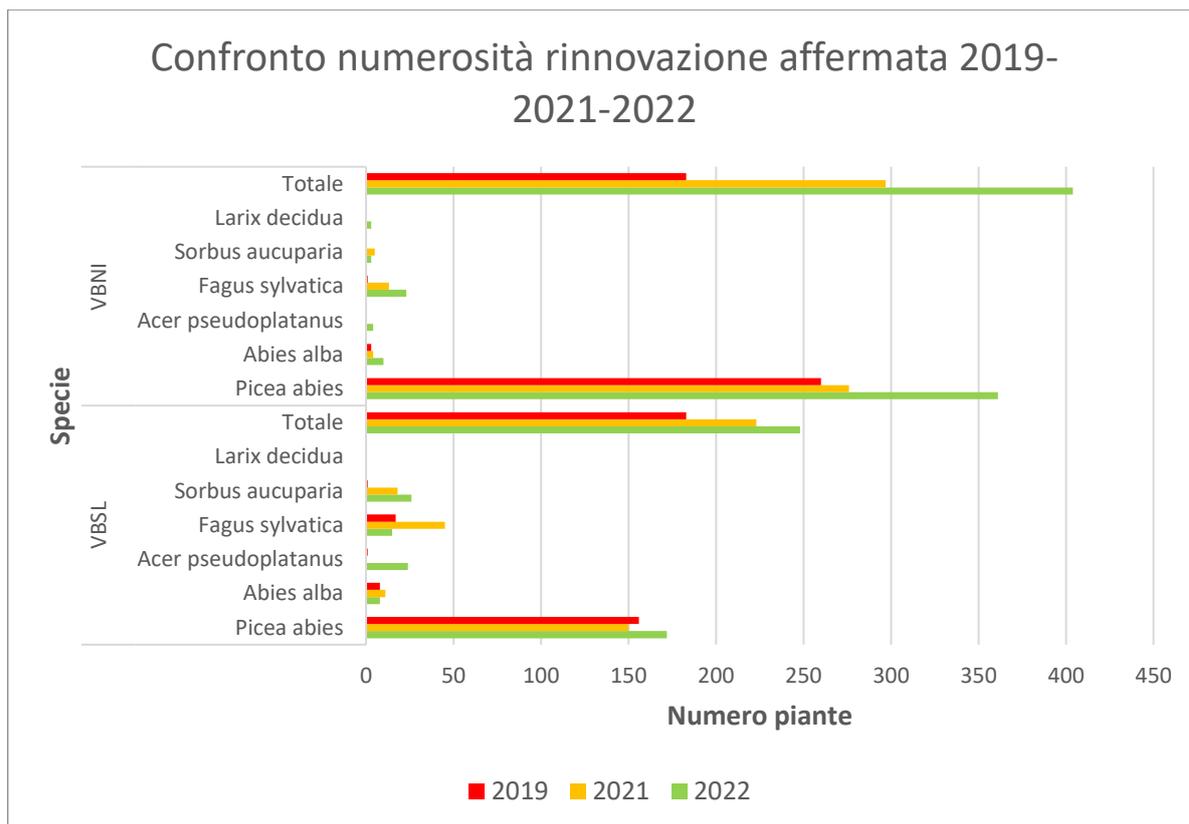


Figura 4.12: confronto tra i dati della rinnovazione affermata raccolti nel 2019, 2021 e 2022.

Andando ad osservare i valori totali riguardanti la numerosità della rinnovazione affermata (Tab. 4.5) si può notare che vi è stato un incremento sia rispetto ai dati raccolti durante il 2019, sia rispetto ai dati raccolti nel 2021; nell'area VBNI si è passati da un totale di 297 piante nel 2019 ad un totale di 404 piante nel 2021, mentre nell'area VBSL si è passati dalle 223 piante rilevate nel 2021 alle 248 rilevate nel 2022.

Nell'area VBNI gli abeti rossi classificabili come rinnovazione affermata sono passati dall'essere 276 nel 2021 all'essere 361 nel 2022, incrementi più contenuti sono stati registrati per le altre specie, mentre un calo di 2 individui (da 5 individui a 3 individui) è stato osservato per il sorbo degli uccellatori. Come già osservato per la rinnovazione non affermata sono stati rinvenuti per la prima volta da quando vengono effettuati i rilievi delle piante di larice, 3 individui.

Nell'area VBSL abete rosso, acero di monte e sorbo degli uccellatori hanno visto un aumento in termini di rinnovazione affermata con l'abete rosso che è passato da 150 individui nel 2021 a 172 nel 2022, acero di monte da 0 a 24 individui e sorbo da 18 a 26 individui. Sono diminuite le piante di abete bianco, da 11 a 8 individui e quelle di faggio, da 45 a 15 individui. Non è stata rilevata rinnovazione affermata di larice.

L'applicazione del test Chi-quadro (Tab. 4.6) indica la presenza di una differenza statisticamente significativa ($p\text{-value} < 0.05$) nella distribuzione della numerosità degli individui all'interno delle diverse specie tra il 2021 ed il 2022 per quanto riguarda l'area VBSL; invece, nell'area VBNI la differenza non risulta significativa ($p\text{-value} > 0.05$).

Chi squared-Rinnovazione affermata VBSL				Chi squared-Rinnovazione affermata VBNI			
Rows, columns:	4, 2	Degrees freedom:	3	Rows, columns:	6, 2	Degrees freedom:	5
Chi2:	40,617	p (no assoc.):	7,88E-09	Chi2:	8,3767	p (no assoc.):	0,13666
Monte Carlo p:	0,0001			Monte Carlo p:	0,1268		

Tabella 4.6: test Chi-quadro effettuato sulla differenza di numerosità della rinnovazione affermata tra il 2021 ed il 2022. A sinistra il test riferito all'area VBSL e a destra il test riferito all'area VBNI.

4.4-Danni e brucature

Le piante che presentano danni nell'area VBNI sono 84, pari a circa il 6% del totale delle piante rilevate e la specie più colpita risulta essere l'abete rosso con 54 individui danneggiati, mentre le piante che presentano danni da brucatura sono 9 (0.6% del totale) ed in particolare si tratta di 8 piante di abete bianco e di un sorbo degli uccellatori.

Nell'area VBSL le piante interessate da danni sono 81, pari a circa l'11% del totale e si tratta soprattutto di abete rosso (26), sorbo (25) e acero (23), mentre i danni da brucatura interessano lo 0.7% degli individui e si tratta di 5 piante di sorbo degli uccellatori.

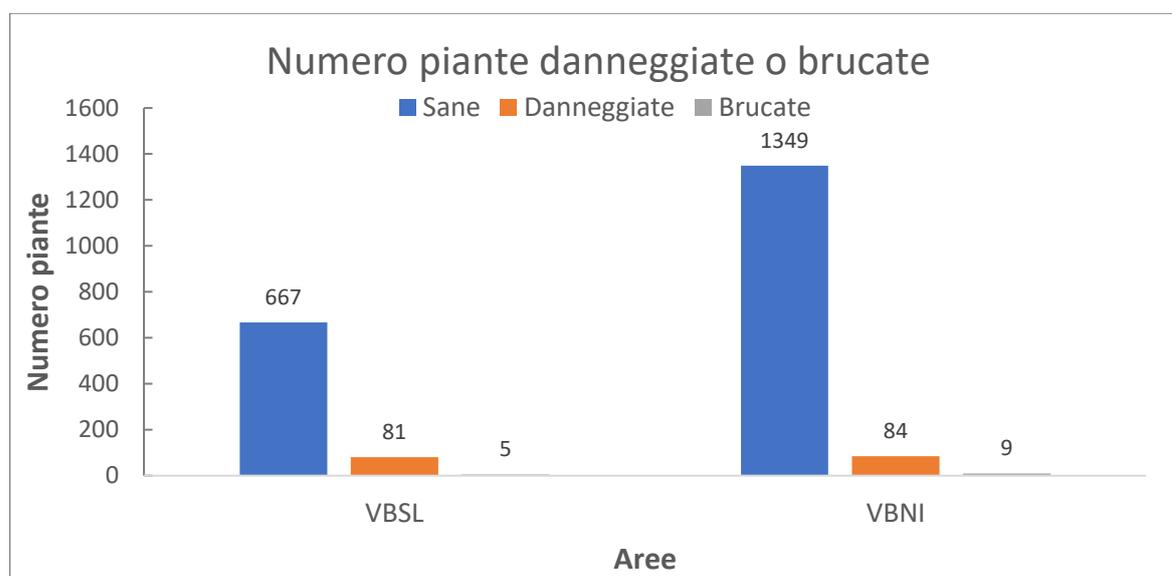


Figura 4.13: confronto tra piante sane, danneggiate e brucate nelle due diverse aree di studio.

5-Discussione

Dall'osservazione dei valori derivanti dall'elaborazione dei dati raccolti in campo si può notare che le due aree di studio permanente presentano numerose differenze, alcune anche piuttosto consistenti.

Da un primo confronto sulla numerosità totale delle piante, si può notare come nell'area VBNI la quantità di piante rilevate sia quasi doppia rispetto alla quantità rilevata nell'area in cui è stato praticato il salvage logging, questa proporzione si mantiene circa costante anche andando a considerare i due sottoinsiemi della rinnovazione non affermata e della rinnovazione affermata; Waldron et al. (2013) attribuiscono alla pratica del salvage logging ed al disturbo del suolo che tale pratica porta con sé la presenza di una minore quantità di rinnovazione nelle aree esboscate, tuttavia, uno studio effettuato in zone interessate da schianti a distanza di 10 e 20 anni dal disturbo (Kramer et al., 2014) riporta che sono le condizioni stazionali, piuttosto che il trattamento post disturbo applicato, ad influenzare maggiormente la rinnovazione ed il suo insediamento. Per comprendere meglio le dinamiche che regolano la rinnovazione e per poter comprendere meglio i motivi che stanno alla base delle differenze presenti tra le due aree di studio è utile andare ad analizzare in modo più specifico la rinnovazione, tenendo conto di caratteristiche come la specie di appartenenza e l'altezza degli individui. Le specie presenti nelle due aree di studio sono le medesime, a variare sono le proporzioni con cui esse sono presenti. In entrambe le aree l'abete rosso è la specie rinvenuta con maggior frequenza, questo è dovuto al fatto che il popolamento presente prima del disturbo era un abieteto in cui l'abete rosso era una delle specie arboree maggiormente presenti, un'altra motivazione può essere trovata nel fatto che è proprio successivamente ad un disturbo causato dal vento che l'abete rosso trova le condizioni ideali per rinnovarsi, questo per via della formazione successivamente al disturbo, di buche nel terreno dovute allo sradicamento di individui di grandi dimensioni, buche che presentano un suolo minerale scoperto e condizioni di umidità e ombreggiamento favorevoli allo sviluppo dei semenzali (Kuuluvainen & Kalmari, 2003; Hanssen, 2002). Nell'area VBNI, dopo l'abete rosso, le specie maggiormente presenti sono il faggio e l'abete bianco, specie che in una zona caratterizzata dalla presenza di grandi quantità di necromassa schiantata al suolo trovano delle zone d'ombra ideali per lo sviluppo della rinnovazione (Szwagrzyk et al., 2021). L'abbondante presenza di rinnovazione di sorbo nell'area VBSL risulta in accordo con studi recentemente effettuati nella zona dei Carpazi (Szwagrzyk et al., 2021) in cui si descrive il sorbo come una specie poco tollerante l'ombra e sensibile a situazioni di stress idrico e calore eccessivo. La specie che risulta meno rappresentata all'interno delle due aree di saggio è il larice, la sua presenza è stata osservata soltanto nelle zone in cui il suolo

minerale si presentava scoperto, come ad esempio lungo le piste utilizzate per l'esbosco nell'area VBSL o nelle zone lasciate scoperte a seguito del ribaltamento della ceppaia nella zona VBNI, i semi di larice infatti germinano e attecchiscono preferenzialmente su suoli privi di copertura vegetale e privi di un eccessivo accumulo di lettiera (Risch et al., 2003).

Dall'analisi effettuata sulle altezze degli individui sono state riscontrate delle differenze significative tra le due aree sia per quanto riguarda la rinnovazione non affermata che quella affermata. Le differenze presenti tra le medie delle altezze risultano in disaccordo tra i due sottoinsiemi di rinnovazione; infatti, se si considera la rinnovazione non affermata l'altezza media risulta essere maggiore per i campioni rilevati nell'area VBSL, mentre se si considera l'altezza media della rinnovazione affermata essa risulta essere maggiore per l'area VBNI. Quanto riportato riguardo le medie delle altezze trova conferma in altri studi, come in quello condotto da Fidej et al. (2016), secondo il quale se si considerano le classi di rinnovazione che presentano un'altezza maggiore, l'altezza degli individui risulta più sviluppata nelle aree lasciate a libera evoluzione e sostiene che questo potrebbe essere dovuto al fatto che con le operazioni di esbosco si va a danneggiare la rinnovazione pre-esistente andando così ad abbassare i valori di altezza media; tuttavia, per avere conferma di ciò sarebbe necessario essere in possesso dei dati riguardanti la rinnovazione presente prima del disturbo .

Dal confronto tra i dati rilevati in occasione di questa tesi e quelli raccolti nel 2019 e nel 2021 emerge che la rinnovazione non affermata ha visto un decremento in termini di numerosità totale in entrambe le aree, questo tuttavia non è un aspetto che desta preoccupazione poiché le piante che appartengono a questa classe di rinnovazione sono per loro natura più suscettibili alle variazioni delle condizioni ambientali, in particolar modo situazioni caratterizzate da stress idrico, temperature troppo elevate e gelo possono portare rapidamente alla morte dei semenzali (Noble & Alexander, 1977; Hishe et al., 2021). Il decremento riguarda soprattutto l'abete rosso, ma nella zona VBNI, anche l'abete bianco, l'acero di monte ed il sorbo. Il sorbo essendo una specie la cui rinnovazione dipende dalla presenza di un'abbondante quantità di radiazione solare (Szwagrzyk et al., 2021) soffre probabilmente la competizione per essa dovuta ad un'abbondante presenza di piante del genere *Rubus*. Nella zona VBSL è stato osservato un consistente decremento del numero di abeti rossi che potrebbe essere attribuibile proprio all'assenza di legno morto della sua stessa specie, l'abete rosso infatti si rinnova più efficacemente dopo un disturbo se al suolo è presente necromassa della sua stessa specie (Tjoelker et al., 2007), la quale assicura nei primi anni successivi al disturbo protezione e condizioni microstazionali ideali alla germinazione dei semi e che successivamente alla sua decomposizione fornisce un substrato ideale per la sua crescita delle piante (Bače et al., 2011;

Zielonka & Tomasz, 2006); in compenso in quest'area c'è stato un aumento considerevole della quantità di aceri dovuto probabilmente alla presenza all'interno dell'area di studio di qualche individuo di grandi dimensioni che funge da portaseme.

Contrariamente alla rinnovazione non affermata, quella affermata ha subito nell'ultimo anno un generale aumento in entrambe le aree di studio, gli incrementi più consistenti hanno riguardato l'area VBNI ed in particolar modo la numerosità di individui di abete rosso, il che conferma quanto sopra affermato sull'importanza della necromassa nella rinnovazione di questa specie. Un altro aspetto di cui tenere conto per quanto riguarda l'aumento nella numerosità della rinnovazione affermata è che una certa percentuale di rinnovazione, che durante le campagne di rilievo del 2019 e del 2021 era stata classificata come rinnovazione non affermata, si è sviluppata in altezza superando la soglia dei 20cm e quindi risultando ora classificabile come rinnovazione affermata.

Andando ad osservare i dati riguardanti la numerosità degli individui danneggiati si può notare che la frequenza relativa di piante danneggiate nell'area VBSL risulta essere quasi il doppio rispetto alla frequenza di quelle presenti nell'area VBNI e questo potrebbe essere dovuto al fatto che la necromassa che ricopre il suolo svolge un ruolo protettivo nei confronti della rinnovazione, in particolar modo nei primi anni successivi al disturbo (Ramming et al., 2007). La percentuale di piante che presentano danni da brucatura risulta leggermente maggiore all'interno dell'area VBSL, questo dato trova conferma in vari studi (Ramming et al. 2007; Castro, 2013), i quali mettono in luce il fatto che nelle aree non esboscate dopo un disturbo i danni da brucatura causati dagli ungulati alla rinnovazione sono inferiori rispetto a quelli causati in aree esboscate, questo è dovuto al fatto che gli animali incontrano maggiori difficoltà di spostamento nelle zone caratterizzate dalla presenza di una grande quantità di necromassa dovuta agli schianti. Nell'area VBSL sono stati brucati unicamente sorbi, il sorbo è infatti una delle specie più appetite dagli ungulati (Miller et al., 1982), mentre nell'area VBNI sono stati interessati da danni da brucatura anche degli esemplari di abete bianco, la quale tra le specie di interesse commerciale presenti nelle foreste europee è quella che viene brucata maggiormente (Senn & Suter, 2002).

6-Conclusioni

Con la presente tesi si è dato seguito al monitoraggio iniziato nel 2019 all'interno delle aree studio inserite nel territorio delle Regole d'Ampezzo. L'obiettivo di ricavare da questa tesi un quadro generale sullo stato attuale delle dinamiche di rinnovazione è stato raggiunto, i dati raccolti hanno permesso di integrare quelli preesistenti, hanno consentito di effettuare dei confronti con quest'ultimi ed infine hanno permesso di osservare la presenza di significative differenze, in particolar modo riguardanti la numerosità degli individui, tra le due aree di studio.

L'area in cui non è stato effettuato nessun intervento selvicolturale dopo la tempesta Vaia del 2018 presenta una maggior abbondanza di rinnovazione. La presenza di necromassa, infatti, può aver favorito la formazione delle condizioni ideali per la rinnovazione delle specie già presenti prima del disturbo e può inoltre aver assicurato una maggiore protezione dei semenzali. Questo trova conferma anche nei risultati derivanti dall'elaborazione delle altezze delle piante classificabili come rinnovazione affermata che risultano mediamente più alte per gli individui situati nell'area VBNI.

L'area VBSL presenta una quantità di rinnovazione decisamente inferiore rispetto all'area sopra citata. Presenta tuttavia una maggior quantità di latifoglie ed in particolar modo di sorbo degli uccellatori, una specie eliofila che caratterizza stadi successionali più primitivi, in quanto secondo (Taroe et al., 2019), il salvage logging agisce come un ulteriore disturbo dopo il vento e questo porta l'ecosistema verso uno stadio successionale più primitivo rendendo più difficile la rinnovazione delle specie preesistenti sul sito.

A distanza di tre anni dal primo monitoraggio la rinnovazione non affermata, dopo aver subito un consistente aumento negli scorsi anni, è leggermente diminuita. Continua invece ad aumentare la rinnovazione affermata presente nelle due aree.

In conclusione, si ritiene che l'opzione no intervention sia la forma di trattamento che favorisce maggiormente lo sviluppo della rinnovazione naturale. In futuro sarà interessante osservare, attraverso ulteriori monitoraggi, l'evoluzione delle dinamiche forestali, questo consentirà di conoscere le implicazioni del salvage logging nello sviluppo della rinnovazione nel lungo periodo e di acquisire informazioni e conoscenze utili al fine della programmazione ed attuazione di una gestione forestale sostenibile. Sarebbe altresì interessante realizzare nuove tipologie di studi all'interno delle aree permanenti, studi che prendano in considerazione tutte le componenti che fanno parte di un ecosistema forestale, come ad esempio il suolo, andando ad analizzare in che modo varia la quantità di sostanza organica presente in esso e la distribuzione dei macroelementi e dei microelementi nutritivi tra le due aree o effettuando anche

degli studi che analizzino le differenze nella quantità di biodiversità animale presente nelle due aree, in particolar modo per quanto riguarda gli insetti saproxilici; questi studi potrebbero fornire nuove conoscenze sul ruolo della necromassa e sugli impatti del salvage logging sull'ecosistema.

Bibliografia

- Argenti C., Masin R., Pellegrini B., Perazza G., Prosser F., Scortgagna S., Tasinazzo S. (2019). Flora del Veneto dalle Dolomiti alla laguna veneziana. Cierre Edizioni.
- Attiwill P.M. (1994). The disturbance of forest ecosystems: the ecological basis for conservative management. *Forest Ecology and Management* 63(2–3): 247-300.
- Bače R., Svoboda M., Pouska V., Janda P., Červenka J. (2011). Natural regeneration in Central-European subalpine spruce forests: Which logs are suitable for seedling recruitment?. *Forest Ecology and Management* 266: 254-262.
- Bottero, A., Garbarino, M., Long, J. N., & Motta, R. (2013). The interacting ecological effects of large-scale disturbances and salvage logging on montane spruce forest regeneration in the western European Alps. *Forest Ecology and Management*: 19-28.
- Castro J. (2013). Postfire burnt-wood management affects plant damage by ungulate herbivores. *International Journal of Forestry Research* 2013.
- Chirici, G., Giannetti, F., Travaglini, D., Nocentini, S., Francini, S., D' Amico, G., Maistrelli. (2019). Stima dei danni della tempesta “Vaia” alle foreste in Italia. *Forest@*, 16: 3-9.
- Dale V.H., Joyce L.A., McNulty S., Neilson R.P., Ayres M.P., Flanning M.D., Hanson P.J., Irland L.C., Lugo A.E., Peterson C.J., Simberloff D., Swanson F.J., Stocks B.J. & Wotton M. (2001). Climate Change and Forest Disturbances: Climate change can affect forests by altering the frequency, intensity, duration, and timing of fire, drought, introduced species, insect and pathogen outbreaks, hurricanes, windstorms, ice storms, or landslides. *BioScience* 51(9): 723-734.
- Del Favero R., Lingua E., Pividori M., (2019). Selvicoltura per la protezione dai disturbi. Collana Conoscere. Compagnia delle Foreste.
- Fidej G., Rozman A., Nagel T.A., Dakskobler I., Diaci J. (2016). Influence of salvage logging on forest recovery following intermediate severity canopy disturbances in mixed beech dominated forests of Slovenia. *iForest - Biogeosciences and Forestry* 9(3).
- Fraver S., Jain T., Bradford J.B., D'Amato A.W., Kastendick D., Palik B., Shinneman D. & Stanovick J. (2011). *Ecological Applications* 21(6): 1895-1901.
- Gardiner B., Schuck A., Schelhaas M.J., Christophe O., Blennow K., Nicoll B. (2013). Living with Storm Damage to Forests. European Forest Institute.

- Hanssen K.H. (2002). Natural regeneration of *Picea abies* on small clear-cuts in SE Norway. *Forest Ecology and Management* 180: 199-213.
- Hishe H., Giday K., Fremout T., Negussie A., Aerts R., Muys B. (2021). Environmental and anthropogenic factors affecting natural regeneration of degraded dry Afromontane forest. *Restoration Ecology* 29(6).
- Kramer K., Brang P., Bachofen H., Bugmann H., Wohlgemuth T. (2014). Site factors are more important than salvage logging for tree regeneration after wind disturbance in Central European forests. *Forest Ecology and Management* 331.
- Kuuluvainen T. (1994). Gap disturbance, ground microtopography, and the regeneration dynamics of boreal coniferous forests in Finland: a review. *Annales Zoologici Fennici* 31: 35-51.
- Kuuluvainen T. & Kalmari R. (2003). Regeneration microsites of windthrow area of a boreal old-growth forest in southern Finland. *Annales Botanici Fennici* 40: 401-413.
- Leverkus A.B., Buma B., Wagenbrenner J., Burton P.J., Lingua E., Marzano R., Thorn S. (2020). Tamm review: Does salvage logging mitigate subsequent forest disturbances?. *Forest Ecology and Management*. Volume 481.
- Longo G. (2020). Necromassa e disturbi da vento: un caso studio nelle foreste colpite dalla tempesta Vaia a Cortina d'Ampezzo (BL). Relatore Lingua E. Dipartimento TESAF. Corso di laurea Tecnologie Forestali e Ambientali. Università degli studi di Padova. Legnaro.
- Marson S. (2020). Analisi delle dinamiche forestali pre e post Vaia in aree di monitoraggio permanente: un caso studio nelle Dolomiti d'Ampezzo. Relatore Lingua E. Dipartimento TESAF. Corso di laurea magistrale Scienze Forestali e Ambientali. Università degli studi di Padova. Legnaro.
- Miller G. R., Kinnaird J.W. & Cummins R.P. (1982). Liability of samplings to browsing on red deer range in the scottish highlands. *Journal of Applied Ecology* (19): 941-951.
- Noble D.L. & Alexander R.R. (1977). Environmental Factors Affecting Natural Regeneration Engelmann Spruce in the Central Rocky Mountains. *Forest Science* 23(4): 420-429.
- Noss, R., & Lindenmayer, D. (2006). Salvage logging, ecosystem processes, and biodiversity conservation. *Conservation Biology*, 949-958.
- Pickett S. T. & White P. S. (1985). *The Ecology of Natural Disturbance and Patch Dynamics*. New York: Academic press.

- Pressi L. (2022). Analisi delle dinamiche di breve periodo della rinnovazione forestale in aree interessate dalla tempesta Vaia nel Parco Naturale delle Dolomiti d'Ampezzo. Relatore Lingua E. Correlatore Marangon D. Dipartimento TESAF. Corso di laurea magistrale Scienze Forestali e Ambientali. Università degli studi di Padova. Legnaro.
- Quine C.P. & Gardiner B. (2007). Understanding how the interaction of wind and trees results in windthrow, stem breakage and canopy gap formation. *Plant disturbance ecology: the process and the response*.
- Rammig A., Fahse L., Bebi P., Bugmann H. (2007). Wind disturbance in mountain forests: simulating the impact of management strategies, seed supply, and ungulate browsing on forest succession. *Forest Ecology and Management* 242.
- Regione Autonoma Valle d' Aosta - Regione Piemonte (2011) - FORESTE DI PROTEZIONE DIRETTA, Disturbi naturali e stabilità nelle Alpi occidentali, Compagnia delle Foreste, Arezzo, pp. 144.
- Risch Anita C., Nagel Linda M., Schütz M., Krüsi B. O., Kienast F., Bugmann, H. (2003). Structure and Long-Term Development of Subalpine *Pinus montana* Miller and *Pinus cembra* L. Forests in the Central European Alps. *Forstwissenschaftliches Centralblatt* 122(4): 219-230.
- Seidl R., Schelhaas M.J. & Lexer M.J. (2011). Unraveling the drivers of intensifying forest disturbance regimes in Europe. *Global Change Biology* 17: 2842-2852.
- Senn J. & Suter W. (2002). Ungulate browsing on silver fir (*Abies alba*) in the Swiss Alps: beliefs in search of supporting data. *Forest Ecology and Management* 181: 151–164.
- Szwagrzyk J., Gazda A., Zwijacz-Kozica T. (2021). Role of environmental filtering and seed source availability in natural regeneration processes following large-scale disturbances in mountain forests. *European Journal of Forest Research* 140.
- Taerwe A., de Koning J.H.C., Löf M., Tolvanen A., Heiðarsson L., Raulund-Rasmussen K. (2019). Recovery of temperate and boreal forests after windthrow and the impacts of salvage logging. A quantitative review. *Forest Ecology and Management* 446.
- Tjoelker M. G., Boratynski A., Bugala W. (2007). *Biology and Ecology of Norway Spruce*. Springer.
- Turner M.G. (2010). Disturbance and landscape dynamics in a changing world. *Ecology*, 91(10): 2833-2849.

- Waldron K., Ruel J.C., Gauthier S., De Grandpré L. & Peterson C.J. (2014). Effects of post-windthrowsalvage logging on microsites, plant composition and regeneration. *Applied Vegetation Science* 17: 323-337.
- 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.
- Zielonka T. (2006). When does dead wood turn into a substrate for spruce replacement? *Journal of Vegetation Science* 17(6).
- D.G.R. n. 1732 del 17/12/2018. PRESCRIZIONI DI MASSIMA E DI POLIZIA FORESTALE REGIONALI - DISCIPLINA DELLE ATTIVITA' DI GESTIONE FORESTALE. Regione Marche.

Sitografia

- ARPA Veneto. <https://www.arpa.veneto.it/>
- Geoportale Regione del Veneto. <https://idt2.regione.veneto.it/>
- Dati tempesta Vaia. <http://www.nimbus.it/eventi/2018/181031TempestaVaia.htm>