



DIPARTIMENTO DI SCIENZE AGRARIE ALIMENTARI E AMBIENTALI

CORSO DI LAUREA IN: SCIENZE FORESTALI E AMBIENTALI

LA RESILIENZA DELLE FAGGETE DEL  
MONTE SAN VICINO INTERESSATE  
DALLE VALANGHE DEL 1994 E 2007

The resilience of the beech woods of Monte San  
Vicino affected by avalanches in 1994 and 2007

TIPO TESI: sperimentale

Studente:

MIRCO ARDUINI

Relatore:

DOTT. GIULIO TESEI

Correlatore:

PROF.SSA MARINA ALLEGREZZA

ANNO ACCADEMICO 2021-2022

Ai miei genitori, amici e parenti,  
per tutto il sostegno ed affetto.

# INDICE

<b>INDICE</b> .....	3
<b>INTRODUZIONE E SCOPO DELLA TESI</b> .....	4
GLI STUDI SCIENTIFICI SUI TERRITORI PERTURBATI DA VALANGHE .....	10
<b>1. AREA DI STUDIO</b> .....	13
1.1 Localizzazione geografica.....	13
1.2 Cenni geologici .....	14
1.3 Caratteristiche climatiche.....	14
1.4 Paesaggio vegetale .....	14
1.5 Aree protette.....	16
1.6 Uso del suolo.....	17
1.7 Carta di localizzazione probabile delle valanghe della Regione Marche.....	17
<b>2. MATERIALI E METODI</b> .....	19
2.1 Raccolta dati e strumenti di rilievo .....	19
2.2 Metodi di rilevamento ed elaborazione dati.....	21
<b>3. RISULTATI E DISCUSSIONE</b> .....	24
3.1 Parametri strutturali e necromassa .....	24
3.2 Analisi floristico-vegetazionale .....	32
<b>4. CONCLUSIONI</b> .....	37
<b>BIBLIOGRAFIA E SITOGRAFIA</b> .....	39
<b>5. RINGRAZIAMENTI</b> .....	43

## INTRODUZIONE E SCOPO DELLA TESI

Lo studio che viene presentato sulla resilienza delle faggete submontane del versante Nord-Ovest del Monte San Vicino interessate dagli eventi valanghivi del 1994 e 2007 completa il lavoro di due Tesi di Laurea dei colleghi Nicola Pigliapoco e Mattia Civenti condotte nella stessa area. Si sottolinea che in ecologia la resilienza ha un significato ben preciso: “è la capacità di un organismo o di una comunità di ritornare al suo stato iniziale, dopo aver subito una perturbazione (uno stress in un tempo definito) che ha modificato quello stato. (Castagneri, et al., 2022).” Nel caso di studio, la faggeta montana è la comunità perturbata, che cerca nel tempo di recuperare la sua condizione pre-disturbo, attraverso la ricolonizzazione spontanea delle specie preforestali e forestali caratteristiche del luogo, mentre lo stress, la perturbazione è rappresentata dalle valanghe.

Le valanghe sono definite dall’ISPRA, come: «masse di neve in movimento lungo un pendio» (ISPRA, s.d.), espressione che concerne con quella data dagli studiosi, che definiscono le valanghe: «*masse nevose che discendono rapidamente pendii scoscesi. Possono contenere rocce, terra, vegetazione, o ghiaccio*» (Schweizer, 2003).

Le parole slavina e lavina sono considerate sinonimi di valanga (Iacoletti, 2016).

L’evento valanghivo è un fenomeno che genera l’alterazione del paesaggio dell’area interessata, attraverso l’abrasione nivale, inteso come «smottamento di neve e valanghe» (Geitner, et al., 2020).

A seconda della sua intensità, può provocare danni più o meno gravi, impattando sulla vegetazione e il suolo, in particolare, il complesso denominato: regolite. Con questo termine si indica: «suolo e materiale non consolidato, che ricopre il substrato roccioso» (Geitner, et al., 2020).

Qualsiasi valanga è caratterizzata da una zona di distacco, una zona di scorrimento del materiale ed una zona di accumulo (Iacoletti, 2016).

In funzione della tipologia di distacco del manto nevoso, si possono suddividere le valanghe principalmente in (Iacoletti, 2016):

- **valanghe a lastroni** (Figura 1) Il distacco avviene da un lastrone, che si origina da un danneggiamento all’interno della struttura della neve, che genera una crepa,

consentendo la separazione dello strato a forma di lastra coesa su un piano di debolezza (Gaume, et al., 2016). Il quale, può essere ad esempio uno strato di brina, che viene inglobata nella massa nevosa, durante le ore notturne, in presenza di basse temperature. Il movimento della massa avviene tramite scorrimento planare lungo la superficie di appoggio (Iacolettig, 2016).



**Figura 1 - Esempio di valanga a lastroni (Fonte: SLF)**

- **valanghe a debole coesione** (Figura 2) Prendono avvio da un punto situato in uno strato superficiale del manto (Iacolettig, 2016). Il movimento di massa, si verifica in un materiale a bassa coesione, principia con la parte più superficiale della neve, per poi propagarsi agli strati sottostanti. Nell'ultrastruttura, i legami tra i cristalli si rompono e trasportano verso il basso sempre più cristalli, determinando il movimento massivo (WSL Istituto per lo studio della neve e delle valanghe SLF, s.d.).



**Figura 2 - Esempio di valanga a debole coesione (Fonte: SLF)**

Le condizioni pedo-climatiche e la vegetazione di un luogo possono consentire la traslocazione del materiale nevoso su una superficie.

In particolare, i fattori che influenzano il distacco del fenomeno valanghivo, sono:

- topografia
- condizioni meteorologiche
- caratteristiche del suolo
- caratteristiche della vegetazione

Oltre ai fattori elencati, da cui deriva una differente struttura della neve che ricopre il suolo, anch'essa concorre alla genesi della valanga. Ad esempio, lo spessore e l'aggregazione delle particelle del manto nevoso condizionano l'erosione del suolo da parte della valanga (Geitner, et al., 2020).

### ***Topografia del territorio e condizioni meteorologiche***

«Un manto nevoso su superfici in pendenza è costretto per gravità a strisciare (Geitner, et al., 2020).»

Lo scivolamento degli strati di neve è dovuto alla presenza di fessure di taglio, che si verificano dal superamento delle forze di trazione verso il basso, rispetto alla forza di resistenza col suolo e vegetazione presente (Geitner, et al., 2020).

Per cui, il movimento della massa nevosa è favorito dalle elevate **pendenze** dei versanti, dalle precipitazioni intense nel periodo invernale e dalle alte **temperature** (Geitner, et al., 2020).

Il **vento**, con il suo movimento, trasporta la neve, determinando accumuli e depositi eolici, che si possono formare in versanti posti sottovento, dove si creano cornici e lastroni con alta coesione interna e sprovvisti di legami con gli strati sottostanti, per cui determinano una maggior probabilità del verificarsi di una valanga a lastroni (Iacoletti, 2016).

L'**altitudine** dei pendii, viste le condizioni termometriche e di ventosità, che si hanno alle altezze più elevate, influiscono sulla possibilità di distacco della neve. La temperatura, man mano che si sale in quota, diminuisce generalmente di 0,53°C ogni 100 m. Le temperature più fredde delle quote elevate, comportano una maggior intensità di precipitazione nevosa e un deposito di spessore più ampio, determinando un lento assestamento del manto, a causa del minor metamorfismo costruttivo (cioè la deformazione della struttura dei cristalli di ghiaccio che compongono la neve). Quest'ultima caratteristica, attraverso la modificazione dei cristalli, crea dapprima, una compattazione e stabilizzazione del manto, ma con l'accrescersi dei grani

e la scomparsa di quelli di dimensioni inferiori, portano a una diminuzione di resistenza nella stratigrafia nevosa, con conseguente scivolamento della massa (Iacolettig, 2016).

L'**esposizione** del versante, inteso come il posizionamento del terreno rispetto ai punti cardinali (Nord, Sud, Est e Ovest), influisce sulla radiazione solare che viene ricevuta e sulla stabilità del manto nevoso. Nei versanti esposti a settentrione, la neve risulta meno consolidata e con una maggior deformazione costruttiva dei cristalli (la quale comporta una minor stabilizzazione del manto), rispetto ai versanti meridionali. Ciò determina una maggior predisposizione di questi ultimi al distacco di una valanga (Iacolettig, 2016). Questo fatto, risulta molto interessante, in quanto le due valanghe oggetto di studio, hanno entrambe un'esposizione Nord-occidentale.

La presenza di **acqua**, (che può derivare dalle precipitazioni meteoriche, dalla fusione della neve o dal suolo per gradiente di pressione idraulica) in quantità sovrabbondante, alla base dello spessore di neve genera un'instabilità del materiale, inserendosi anche nelle fessure presenti sul suolo sottostante, diminuendo, di fatto, l'attrito tra il terreno e la neve, favorendone lo scivolamento (Geitner, et al., 2020).

### ***Caratteristiche del suolo***

La tipologia di **substrato** del suolo non condiziona il processo di smottamento della neve (Geitner, et al., 2020).

Con **scabrezza superficiale** si intende la forma irregolare della superficie del suolo, che permette un'adeguata resistenza al movimento di fluidi o masse sovrastanti. È una caratteristica molto importante nel cercare di impedire il fenomeno valanghivo. Qui viene considerata come fattore che può favorire l'evento, in quanto, se lo spessore di neve diventa superior alla resistenza che la morfologia offre, l'effetto benefico viene a mancare e contribuisce allo scorrimento della massa nevosa (Iacolettig, 2016). Infatti, si è dimostrato che il suolo con superficie liscia facilita lo scorrimento della massa sovrastante. Effetto che si amplifica, se legato ad una copertura erbosa di altezza considerevole (Geitner, et al., 2020)

### ***Caratteristiche della vegetazione***

La ricerca sulla funzione di prevenzione e protezione delle valanghe, da parte delle cenosi forestali, è ancora in corso di studio. Infatti, le aree con assenza di vegetazione arborea, poste al di sopra delle foreste, costituiscono un fattore di raddoppiamento del rischio valanghe (Schweizer et al., 2003). Per cui, le aree in cui sono presenti boschi, possono essere oggetto di valanga (Iacolettig, 2016). Infatti, in alcune aree interessate da valanghe, sono stati eseguiti

impianti di boschi artificiali ed in altre, si è verificato lo sviluppo spontaneo di ricolonizzazione boschiva, caratterizzante la dinamica di successione vegetazionale. Ciò nonostante, non sono stati rilevati benefici nell'impedire nuovi fenomeni di slavine (Nevini, 1998).

In generale, il bosco che si trova su un versante ripido, offre una protezione abbastanza efficace dal verificarsi delle valanghe a lastroni, attraverso la presenza di fusti delle piante arboree, che tramite un'azione meccanica, frenano il movimento in discesa della massa nevosa. Questa funzione positiva, è ritenuta più efficace, se si tratta di un bosco disetaneo (dove le piante sono di età, diametri dei fusti e altezze differenti), (Iacoletti, 2016).

La presenza di un abbondante apparato radicale, diffondendosi nel suolo, permette un migliore ancoraggio delle piante e favorisce la stabilità del terreno, tentando di evitare lo sforzo di taglio, eventualmente esercitato dalla neve, per dare origine al movimento valanghivo (Geitner, et al., 2020). Le caratteristiche delle radici, come la profondità, spessore e densità, sono relative ad ogni specie, per cui la composizione di specie del versante, unitamente alla densità delle piante, all'approvvigionamento idrico e gli elementi nutritivi presenti nel suolo, costituiscono dei fattori rilevanti nella prevenzione dei fenomeni valanghivi (Geitner, et al., 2020).

Nelle aree non occupate dal bosco, è stato rilevato che il progressivo abbandono delle aree interne montane dell'appennino umbro-marchigiano, verificatosi a partire dal secondo dopoguerra ha determinato una serie di effetti negativi sulle zone di prateria d'alta quota, dalle quali, potenzialmente può verificarsi l'innescò del fenomeno valanghivo.

La frequentazione di questi habitat da parte di animali al pascolo, come ovini e bovini, ha delle conseguenze positive atte a prevenire i fenomeni valanghivi, perché attraverso il consumo di pabulum (materiale nutritivo), consentono l'eliminazione di specie come il falasco (*Brachypodium rupestre* e *Brachypodium genuense*) che grazie all'architettura cespitosa (Fig. 3) agevola lo scivolamento della massa nevosa.



**Figura 3 – *Brachypodium rupestre* (a sinistra) e *B. genuense* (a destra) Fonte: DRYADES**



Il calpestio degli animali al pascolo genera dei gradini sulle praterie, creando un punto di attacco per la neve, costituendo un disincentivo allo smottamento della neve.

L'importanza dell'attività pascoliva è data dal fatto, che prevede generalmente il controllo degli animali e dei pascoli, da parte dell'allevatore, con la conseguente possibilità di effettuare manutenzioni di strade, sentieri e sfalci delle essenze prative, contribuendo alla cura del territorio e favorendo possibili segnalazioni alle autorità competenti di eventuali criticità, al fine di proteggere e preservare gli habitat (Nevini, 1998).

### **La Carta di Localizzazione Probabile delle Valanghe come strumento di prevenzione: l'esempio della Regione Marche**

Nelle aree montane della Regione Marche, nel corso del XX secolo, si sono verificate numerose valanghe, che hanno provocato un elevato numero di vittime civili, rispetto ad altri eventi calamitosi (Nevini, 1998).

Perciò, si ritiene di fondamentale importanza, l'attenzione e la cura che deve essere rivolta nell'attività di Protezione civile, soprattutto per la sicurezza di cose o persone.

La pianificazione territoriale e la gestione del territorio, è coadiuvata dalla Carta di Localizzazione Probabile delle Valanghe (d'ora in poi: CLPV).

Si tratta di una carta tematica, che illustra lo stato di fatto dell'estensione degli eventi valanghivi avvenuti nel passato e le zone di maggior frequenza, riportati cartograficamente, al fine di consentire agli enti competenti, un accurato studio e gestione delle zone montane.

Per la Regione Marche, la CLPV è stata redatta tra il 1992 e il 1996, in scala 1: 10.000 (ma visualizzabile anche a scala 1: 25.000), per l'area dei Monti Sibillini e il relativo Parco Nazionale, all'interno dei comuni interessati dai suddetti fenomeni, facenti parte delle province di Ascoli Piceno, Fermo e Macerata (Nevini, 1998). È uno strumento valido per tecnici e professionisti delle pubbliche amministrazioni, da cui si possono ricavare i Piani delle Zone Esposte al Pericolo di Valanghe (PZEV) e ipotizzare delle azioni di protezione del territorio (Nevini, 1998).

La CLPV è utilizzata come base cartografica sulla quale si possono sviluppare nuove ricerche per una miglior individuazione di probabili fenomeni valanghivi.

Difatti, nuovi studi stanno cercando soluzioni innovative per aiutare i tecnici che redigono i bollettini valanghe, attraverso l'uso di software GIS e algoritmi in grado di rilevare le aree maggiormente pericolose per l'avvenimento di un fenomeno valanghivo, per cercare di garantire l'incolumità di cose o persone.

Nella Tesi condotta da Luca Iacolettig, è stato riportato un nuovo modello numerico digitale in formato GIS (Sistema informativo geografico), che costituisce un «*supporto oggettivo nella redazione dei bollettini valanghe*», i quali sono: «*strumenti per informare ed allertare qualsiasi soggetto potenzialmente esposto al pericolo di valanghe*» (Iacolettig, 2016), permettendone l'integrazione delle informazioni. I ricercatori, attraverso l'uso di un algoritmo di calcolo, hanno visualizzato le aree con il maggior grado di pericolosità di valanga, già individuate dai suddetti bollettini e hanno determinato l'area della zona di distacco delle valanghe a lastroni. Ciò si ottiene calcolando la possibilità di predisposizione al distacco, incrociando le informazioni derivanti dalle condizioni meteorologiche del periodo. Al sistema di calcolo vengono forniti dati, quali ad esempio i fattori influenzanti il distacco delle valanghe, precedentemente esposti e sulla base di questi, elabora i risultati (Iacolettig, 2016).

#### ***GLI STUDI SCIENTIFICI SUI TERRITORI PERTURBATI DA VALANGHE***

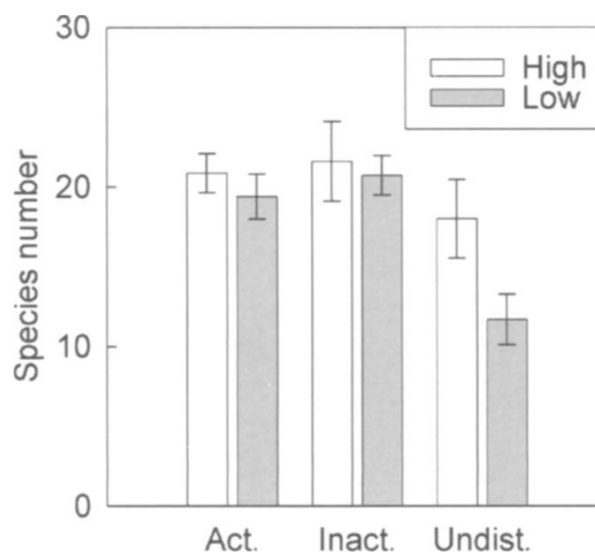
Nell'immaginario comune di ogni individuo si pensa che una valanga o slavina, sia un evento devastante nei confronti dell'uomo e della natura, in quanto vada a sconvolgere un determinato luogo, modificando un tassello del mosaico paesaggistico circostante, cambiandone l'aspetto estetico e rappresentando un pericolo, per le popolazioni eventualmente coinvolte dal fenomeno.

La Letteratura scientifica degli ultimi decenni ribalta la suddetta visione, dimostrando, attraverso gli studi sull'abrasione nivale, la Flora e la Fauna delle tracce valanghive, che questi avvenimenti naturali, portano ad ottenere dei vantaggi per gli habitat ed ecosistemi coinvolti, nei confronti della conservazione della biodiversità (ricchezza di specie di piante e animali, presenti in un luogo).

Numerose specie floristiche endemiche e rare, sono state ritrovate in elevate quantità nelle aree di disturbo delle valanghe, inducendo gli studiosi a definire la traccia valanghiva un: «*hotspot di biodiversità*», cioè un luogo molto ricco di specie e definite anche: «*azonali*», in quanto ovunque siano presenti possono riportare questi risultati sulla presenza di un numero elevato di specie differenti (Komposch et al., 2013).

Tali lavori condotti sulle Alpi svizzere e austriache, evidenziano un'importante funzione positiva, nel favorire l'aumento di biodiversità animale e vegetale.

Lo studio condotto da (Rixen, et al., 2007), ha rilevato un numero di specie superiore all'interno delle tracce valanghive attive e non attive (in cui sono state poste delle opere di difesa da valanga), rispetto alla foresta indisturbata (non interessata dall'evento) (Figura 4).



**Figura 4 – Grafico che illustra il numero di specie rilevato a quote più alte (High) e più basse (Low), nelle 3 tracce considerate: attiva (Act.), inattiva (Inact.) e foresta indisturbata (Undist.), realizzato da (Rixen, et al., 2007). Si evince un numero più elevato di specie nelle tracce valanghive attive e inattive, rispetto all’indisturbato.**

Ciò deriva dall’influenza, che viene svolta dalle condizioni climatiche, che vanno a costituire un habitat («ambiente, o insieme di fattori ambientali, in cui si sviluppa una popolazione di specie o una comunità.» (Prodromo della vegetazione d'Italia, 2015)) dalle caratteristiche uniche, nell’area di estensione del disturbo valanghivo, grazie alla formazione di aperture delle chiome e radure, le quali favoriscono lo sviluppo di specie eliofile (che preferiscono condizioni soleggiate e non ombrose (Prodromo della vegetazione d'Italia, 2015)) e termofile (che prediligono i luoghi caldi, (Prodromo della vegetazione d'Italia, 2015)), differenti rispetto al bosco chiuso.

Un dato importante riguarda la presenza di specie appartenenti a differenti stadi di successione, quali: piante pioniere di breve durata, specie di media altezza provenienti da habitat aperti, come ad esempio, praterie sommitali e altre piante sciafile (che amano condizioni ombreggiate), che si trovavano coperte dal bosco e non sono state sradicate dalla valanga (Rixen, et al., 2007)

Altro vantaggio è costituito dal fatto che, la traccia valanghiva (ossia la superficie di estensione interessata dall’evento), diventi un corridoio verticale migratorio, per la Flora e la Fauna. È stato dimostrato per le Alpi, che questi spazi consentono la vita di specie alpine, generalmente localizzate nelle quote più elevate dei rilievi montuosi e adattate a compiere il loro ciclo biologico in regime di temperature più fredde e condizioni estreme. Queste specie, attraverso la traslocazione di propaguli e semi, scendono lungo il versante interessato dalla perturbazione, trovando le condizioni microclimatiche simili a quelle del loro normale

sviluppo biologico. Questo si esplica con la maggior disponibilità di luce, temperature inferiori e minor contenuto di nutrienti nel suolo, soprattutto il tenore in azoto, (elemento importante per lo sviluppo vegetativo delle piante). Tutto ciò è dovuto alla differente distribuzione, operata dal fenomeno di disturbo, degli orizzonti superficiali del suolo e dell'accumulo dell'acqua in alcune zone rispetto ad altre (Rixen, et al., 2007).

Nelle tracce di valanga inattiva, è stata riscontrata una maggior densità ed accrescimento in altezza e dello spessore dei fusti delle piante arboree, portando a stadi successionali più avanzati, rispetto alle valanghe attive. Questi dati indicano: «un'accelerazione dello sviluppo dell'ecosistema» (Rixen, et al., 2007).

Per quanto riguarda la Fauna, vari campionamenti hanno riportato come risultato, un numero significativo di specie di artropodi (in particolare: ragni e formiche), in via di estinzione e rari, che hanno trovato in questi ambienti perturbati, le condizioni ideali di sviluppo, anche favorite dalla presenza di necromassa (ossia: piante, tronchi, ceppaie morte a terra o in piedi) e materiale roccioso, sui quali si sono insediate le specie (Komposch, et al., 2013).

## **SCOPO DELLA TESI**

Questo studio, condotto all'interno della Riserva naturale regionale del Monte San Vicino e Monte Canfaieto, mira a valutare la resilienza floristico-vegetazionale e strutturale della faggeta submontana (habitat prioritario 9210\*: "Faggete degli Appennini con *Taxus* e *Ilex*"), coinvolta negli eventi valanghivi del 1994 e del 2007.

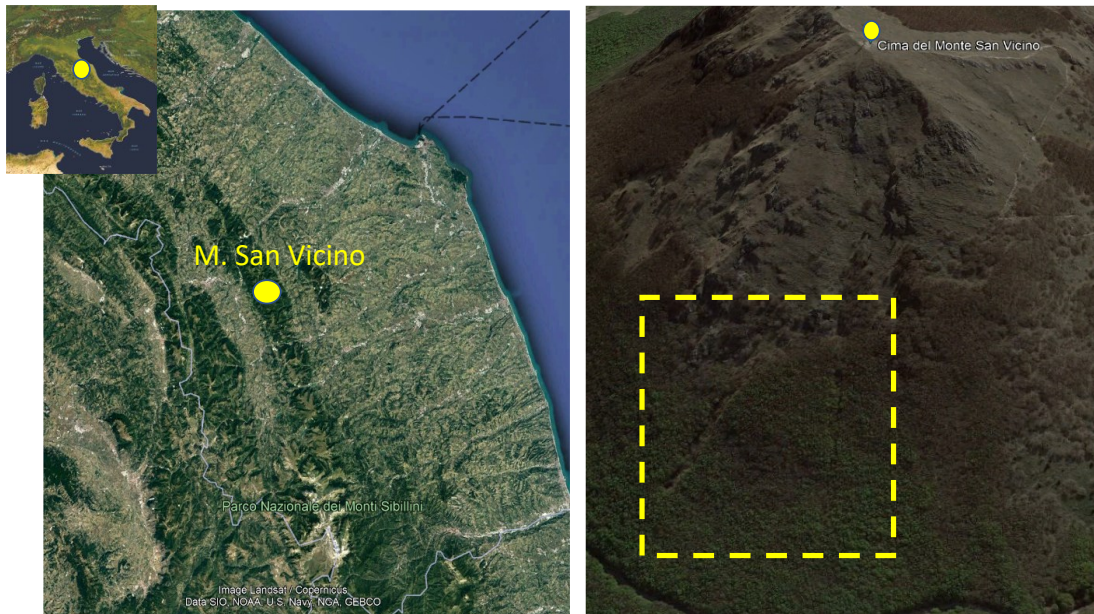
L'obiettivo è evidenziare le differenze morfo-strutturali e vegetazionali e la successione dinamico-vegetazionale tra i due settori coinvolti.

Le ipotesi sono: i) le faggete coinvolte dalle valanghe del 1994 e 2007, dopo il fenomeno di disturbo, dovrebbero essere interessate da processi di successione dinamico-vegetazionale, per recuperare nel tempo la condizione precedente all'evento valanghivo e allinearsi quindi sui parametri floristici e strutturali della faggeta indisturbata; ii) il recupero dovrebbe essere più evidente nella traccia valanghiva del 1994 rispetto a quella del 2007 visto la maggiore quantità di tempo trascorso dall'evento.

# 1. AREA DI STUDIO

## 1.1 Localizzazione geografica

L'area studio (Fig. 1.1) è localizzata sul versante Nord-Occidentale del Monte San Vicino a quote comprese tra 1150 e 1290 m s.l.m., all'interno dell'omonimo gruppo montuoso della dorsale marchigiana (Fig. 1.1). Situata in posizione orientale rispetto alla Dorsale appenninica umbro-marchigiana, la dorsale del Monte San Vicino, con una superficie complessiva di 215 km<sup>2</sup>, si pone tra il bacino marchigiano esterno e il sinclinorio di Camerino.



**Figura 1.1 - Localizzazione geografica della dorsale marchigiana del Monte San Vicino e dell'area studio, (da Google Earth Pro)**

Il Monte San Vicino con i suoi 1485 m s.l.m. è la cima più alta della dorsale marchigiana. Il nome deriva dal fatto che il monte era venerato dai romani, come “casa”, del dio Giano, in latino: “Janus Vicilinus”, poi “Vicinus” e infine Vicino. Culto che si ritiene fosse molto presente, testimoniato da monete raffiguranti la divinità, scoperte durante i lavori di scavo per

l'innalzamento della croce sulla cima sommitale, tutt'ora raggiungibile e riconoscibile a distanza (Regione Marche, 2022).

## 1.2 Cenni geologici

Il gruppo montuoso del Monte San Vicino è costituito prevalentemente da rocce calcaree della successione umbro-marchigiana tra cui principalmente affiorano le Formazioni del Calcarea Massiccio, della Maiolica e della Scaglia Rosata. I settori sommitali dei rilievi più elevati, soprattutto nella porzione centrale della dorsale, sono caratterizzati da morfologie subpianeggianti (paleosuperfici) originati principalmente dall'erosione marina. Nel settore orientale e occidentale della dorsale i litotipi sono marnosi, argilloso-marnosi e silicoclastici, appartenenti alla Formazioni della Scaglie Cinerea, al Bisciario e allo Schlier. Queste componenti, nel loro insieme, fungono da raccordo della dorsale con i bacini terrigeni del piano collinare e alto-collinare (Allegrezza, 2003).

## 1.3 Caratteristiche climatiche

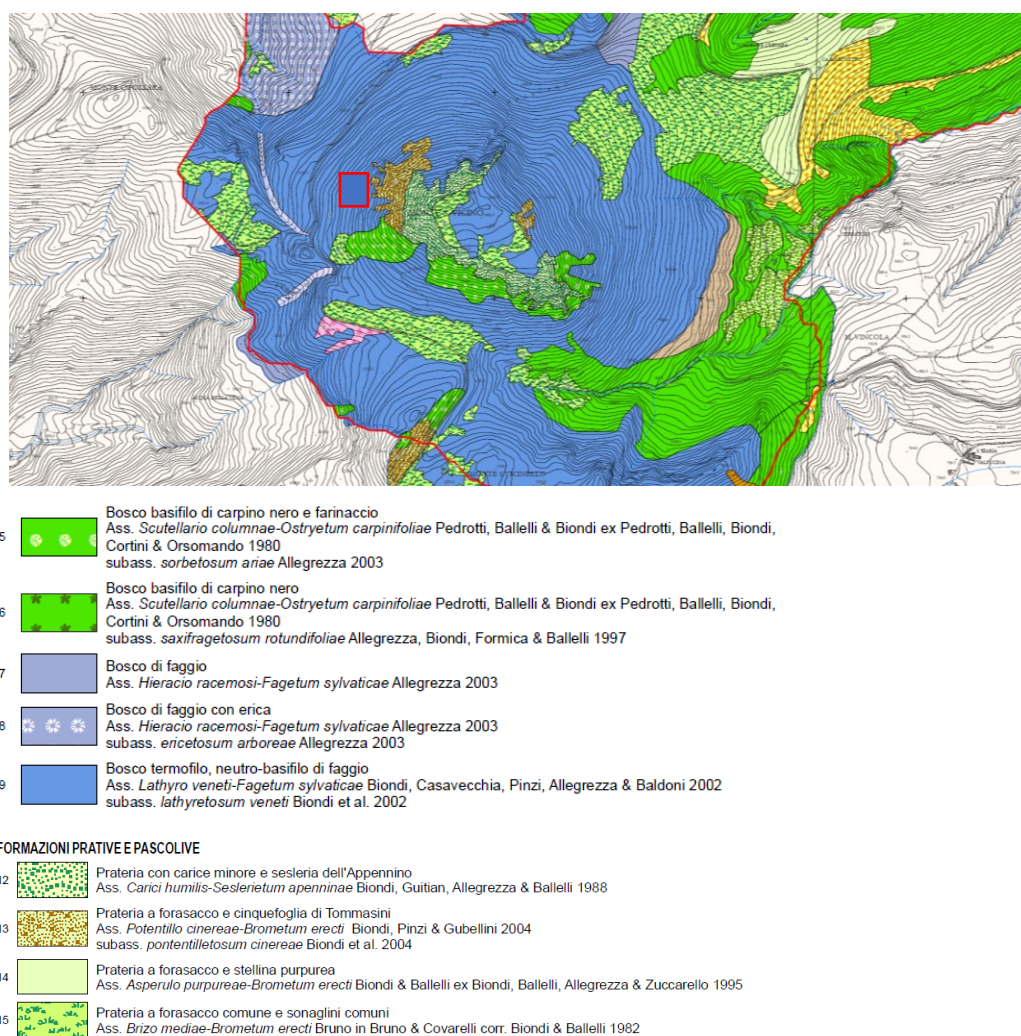
L'assenza di dati termometrici disponibili per i settori più elevati della dorsale ne rendono complessa la classificazione bioclimatica. Pertanto, per l'area di studio la classificazione è stata estrapolata facendo riferimento alla classificazione bioclimatica della Regione Marche (Biondi & Baldoni, 1995). Da questa ne risulta che l'area studio appartiene al macroclima temperato oceanico e al termotipo supratemperato inferiore (Allegrezza, 2003).

## 1.4 Paesaggio vegetale

Il paesaggio vegetale del piano submontano del Monte San Vicino è costituito prevalentemente da boschi e praterie (Fig. 1.2). La vegetazione forestale è data essenzialmente da faggete submontane caratterizzate da specie provenienti dal piano collinare come *Ostrya carpinifolia* e gestite prevalentemente a ceduo. In rapporto al substrato vengono indicate due tipi di faggeta: la faggeta calcicola dell'associazione *Lathyro veneti-Fagetum sylvaticae* dei substrati prettamente carbonatici del calcarea Massiccio e della Maiolica e la faggeta subacidofila dell'associazione *Hieracio racemosi-Fagetum sylvaticae* limitata all'affioramento dei calcari diasprini, entrambe appartenenti all'habitat 9210\*. Nelle aree non occupate dal bosco sono presenti le praterie secondarie a *Bromus erectus* dell'habitat 6210\* che si differenziano in rapporto alla morfologia del terreno. Sulle morfologie leggermente acclivi o subpianeggianti e suolo profondo si rinviene la prateria a cotico erboso continuo

dell'associazione *Brizo mediae-Brometum erecti* che viene vicariata sui ripidi pendii, roccia affiorante e suoli sottili da quella discontinua dell'associazione *Potentillo cinereae-Brometum erecti*. Infine, solo nelle posizioni più elevate di cresta dei settori sommitali sottoposti a crioturbazione è presente la prateria subprimaria a *Sesleria apennina* dell'associazione *Carici humilis-Seslerietum apenninae* appartenente all'habitat 6170.

Specificatamente le due valanghe in studio presenti sul versante nord-occidentale del Monte San Vicino hanno coinvolto le faggete submontane calcicole dell'associazione *Lathyro veneti-Fagetum sylvaticae* (Habitat 9210) che nella parte più elevata si pongono in contatto con le praterie discontinue dell'associazione *Potentillo cinereae-Brometum erecti* (habitat 6210).



**Figura 1.2 - Stralcio della Carta Fitosociologica dello ZPS "Monte San Vicino e Monte Canfaieto" scala 1: 10.000 (da Biondi, et al., 2009) con l'indicazione dell'area interessata dagli eventi valanghivi in studio.**

## 1.5 Aree protette

L'area studio rientra nella Riserva Naturale Regionale del Monte San Vicino e del Monte Canfaieto. La Riserva che si estende su una superficie di 1.946,69 ha è stata istituita dalla Regione Marche nel 2009 con la delibera n°138 del 01/12 ed è gestita dall'Unione Montana Potenza Esino Musone.

All'interno della stessa, sono presenti due Aree Protette, appartenenti alla Rete Natura 2000, individuate in base alla Direttiva "Habitat" 92/43/CEE:

- ZSC (Zona Speciale di Conservazione/ ex SIC – Sito di Importanza Comunitaria: "IT5330015 – Monte San Vicino")
- ZPS (Zona di Protezione Speciale) "IT5330025 – Monte San Vicino e Monte Canfaieto" (Regione Marche, 2016).

Queste aree sono state istituite per permettere la conservazione delle specie animali e vegetali e degli habitat di interesse comunitario.

La faggeta submontana direttamente coinvolta dai fenomeni valanghivi in studio appartiene all'habitat di interesse prioritario: "9210\* *Faggete degli Appennini con Taxus e Ilex*" che si differenzia dalle analoghe faggete planiziali centro-europee per la presenza di una caratteristica composizione floristica di specie appenniniche rare ed endemiche, a distribuzione biogeografica mediterraneo-montana e sudeuropea. Si riporta di seguito la frase diagnostica dell'habitat, che viene identificato su base fitosociologica, attraverso le denominazioni previste dalla sintassonomia: «Faggete termofile con tasso e con agrifoglio nello strato alto-arbustivo e arbustivo del piano bioclimatico supratemperato ed ingressioni nel mesotemperato superiore, sia su substrati calcarei sia silicei o marnosi distribuite lungo tutta la catena Appenninica e parte delle Alpi Marittime riferite alle alleanze *Geranio nodosi-Fagion* (= *Aremonio-Fagion* suball. *Cardamino kitaibelii-Fagenion*) e *Geranio striati-Fagion* (= *Geranio versicoloris-Fagenion*). Sono generalmente ricche floristicamente, con partecipazione di specie arboree, arbustive ed erbacee mesofile dei piani bioclimatici sottostanti, prevalentemente elementi sud-est europei (appenninico-balcanici), sud-europei e mediterranei (*Geranio striati-Fagion*) (Prodromo della Vegetazione D'Italia, s.d.).»



## 1.6 Uso del suolo

### *Piano di assestamento*

Il Piano di Assestamento Forestale (P.A.F.) è uno strumento di pianificazione territoriale delle foreste, che contiene le comprese forestali, suddivise in particelle, a seconda della gestione e destinazione prevista per ognuna di esse.

Nel piano attualmente vigente (2015-2029) della foresta demaniale, relativa alla Riserva del Monte San Vicino e Monte Canfaieto, incluse le faggete coinvolte dagli eventi valanghivi e la foresta indisturbata, le cui parcelle forestali sono identificate attraverso codici alfanumerici, che rappresentano le “Unità di Gestione” (UdG) e UdS (Unità di Uso del Suolo) con i relativi interventi gestionali pianificati (Tabella 1-1).

**Tabella 1-1: Comprese, UdG e interventi previsti dal P.A.F. 2015-2029, da (Pro.Mo.Ter. soc. coop., s.d.)**

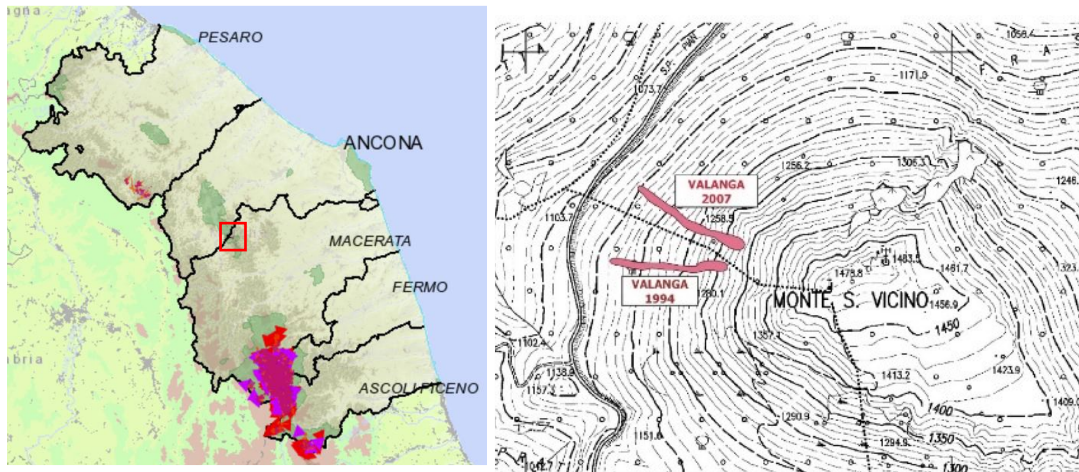
Compresa	UdG	UdS	Tipo fisionomico	Contenuto	Intervento previsto	Periodo (Quinquenni)
Fustaia di latifoglie	A62-1	Bosco altofusto di latifoglie	Fustaia transitoria di latifoglie varie	valanga del 2007	Diradamento	3° Quinq.
Sistemi silvo-pastorali	A62-2*	Prato - pascolo	Pascolo nudo	primo tratto valanga del 2007	Nessun intervento	-
Fustaia di latifoglie	A62-3	Bosco ceduo	Ceduo invecchiato di latifoglie varie	parte sommitale valanga 2007, 1226-1250 m s.l.m.	Nessun intervento per assenza di viabilità	-
Fustaia di latifoglie	B63-2	Bosco ceduo	Ceduo invecchiato di latifoglie varie	valanga del 1994 e faggeta indisturbata	Avviamento all'alto fusto	1° Quinq.

\*Nota: nell'Elaborato 1 del P.A.F., la particella A62-2, contenente la prima parte della traccia valanghiva del 2007, è stata attribuita nel 2014 dalla ditta (Pro.Mo.Ter. soc. coop., s.d.) alla Compresa: Sistemi silvo-pastorali, ma ad oggi nel 2022, risulta essere una superficie colonizzata da specie arboree/arbustive, relative alla faggeta circostante. Pertanto, si riportano anche le caratteristiche della parcella A62-1, confinante con la sopracitata.

## 1.7 Carta di localizzazione probabile delle valanghe della Regione Marche

L'area studio viene riconosciuta tra le aree suscettibili ai fenomeni valanghivi riportate nella CLPV della Regione Marche (Fig. 1.3). La CLPV riporta la delimitazione dei siti valanghivi nell'estensione massima nota e conoscibile al momento della redazione della carta, evidenziando anche perimetrazioni riferite ad eventi occorsi in epoca storica e con tempi di

ritorno elevati, nonché la perimetrazione di zone pericolose entro le quali si verificano scaricamenti ed eventi valanghivi parziali e differenziati nel tempo e nello spazio (<https://www.regione.marche.it>).



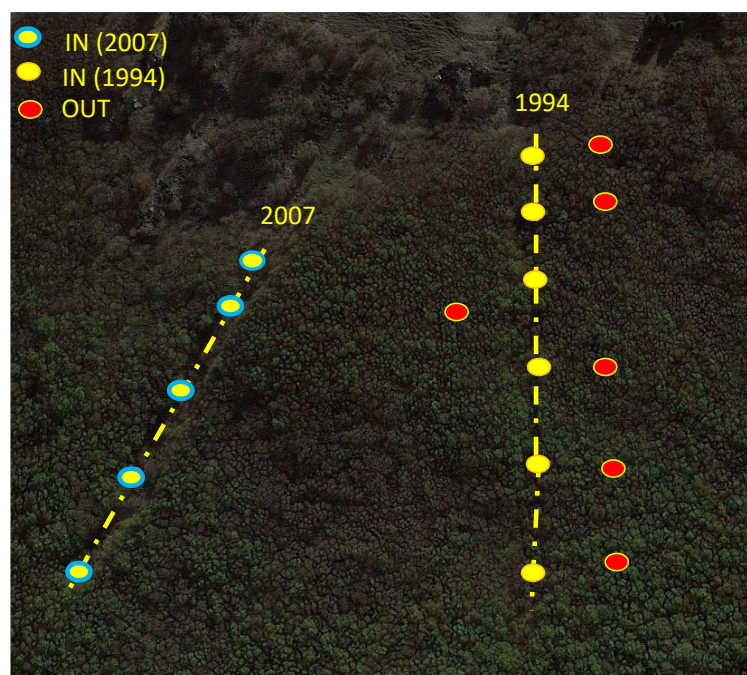
**Figura 1.3 – A sinistra la Carta della Localizzazione Probabile delle Valanghe della regione Marche (<https://ctr.regione.marche.it/CLPV/>) con evidenziata l'ubicazione dell'area del San Vicino in scala 1: 2.000.000. A destra dettaglio CLPV dell'area del Monte San Vicino sovrapposta alla Carta Tecnica Regionale delle Marche (Foglio 302050), dove sono evidenziate le valanghe del 1994 e 2007. Elaborazione GIS, basata sulla CTR Regione Marche in scala 1: 10.000 e Carta di localizzazione probabile delle valanghe (Fonte dati: Regione Marche, cartografia numerica)**

## 2. MATERIALI E METODI

### 2.1 Raccolta dati e strumenti di rilievo

Durante il mese di Ottobre, dell'anno 2022, sono stati effettuati quattro sopralluoghi atti ad effettuare rilievi dendrometrici in campo delle 17 aree di campionamento georeferenziate, di cui si conoscono le coordinate geografiche (Figura 2.1), situate all'interno e all'esterno delle due tracce valanghive (Tabella 2-1), in cui gli eventi perturbanti si sono verificati, rispettivamente nel 1994 e 2007, per permettere un confronto di dati strutturali delle specie presenti, fra le parti interessate dalla slavina e la faggeta montana indisturbata.

È di fondamentale importanza, il differente quantitativo di tempo trascorso dai rispettivi avvenimenti valanghivi ad oggi, che denominiamo tempo di ripresa ( $t_1$  e  $t_2$ ), ossia 28 anni per la valanga del 1994 ( $t_2$ ) e 15 anni per quella del 2007 ( $t_1$ ).



*Figura 2.1 - Dettaglio aree di campionamento lungo le due tracce valanghive (IN) e nella faggeta indisturbata (OUT). Da (Regione Marche, s.d.), elaborazione in Google Earth Pro.*

**Tabella 2-1 - Numero aree di saggio (plot) e posizione IN (interno valanga) e OUT (foresta indisturbata).**

<b>Anno valanga</b>	<b>N° Plot</b>	<b>Posizione</b>
1994	6	IN
2007	5	IN
<b>Foresta indisturbata</b>	6	OUT
<i>Totale plot</i>	<i>17</i>	

Per svolgere i rilievi sono stati utilizzati, i seguenti strumenti, caratterizzanti gli studi forestali, da parte dei professionisti, in particolare i dottori forestali:

- cavalletto dendrometrico, strumento costituito da un grande calibro, per misurare il diametro dei polloni o dei fusti delle piante da seme presenti.
- rotella o cordella metrica, con lunghezza massima di 20 m, per la definizione dei limiti delle aree di saggio
- paletti in alluminio di delimitazione delle aree di campionamento
- blocco appunti con tabelle di rilievo dei boschi cedui
- ipsometro analogico (per la misura delle altezze degli alberi)

I supporti tecnologici utilizzati, sono:

- smartphone
- applicazione Google Earth Pro per Android
- computer portatile
- programma Microsoft Excel
- Software R

Le aree di saggio sono di forma circolare, avente diametro di 10 m e superficie di circa 78.54 m<sup>2</sup>, istituite attorno ad un albero centroide (matricina o ceppaia con polloni vistosa).

All'interno di ogni ADS sono stati rilevati i seguenti parametri strutturali:

- diametro di tutti i polloni o piante da seme ad un'altezza a petto d'uomo di 1,30 m circa (DBH), con posizione a monte, perché si sviluppano in condizione di forte pendenza
- altezza degli alberi centroidi
- numero dei polloni inclinati ed eventuale presenza di rinnovazione.
- misurazione di diametri e lunghezze della necromassa presente, con distinzione in polloni secchi e classificazione in Stump, Snag e Log.

Questi ultimi termini inglesi indicano, rispettivamente:

- SNAG = piante morte in piedi con diametro minimo di 7,5 cm, misurando anche l'altezza.
- LOG = piante, tronchi o porzioni di fusti a terra, con diametro minimo di 7,5 cm, rilevando anche la lunghezza.
- STUMP = ceppaia morta a terra, con un'altezza < 50 cm (Urbinati, 2020).

## 2.2 Metodi di rilevamento ed elaborazione dati

### *Rilievo strutturale*

Il rilevamento dei parametri strutturali è stato svolto da due persone, una effettua le misurazioni e si sposta lungo l'area, mentre l'altra segna i dati che il misuratore trasmette a voce, nelle schede apposite.

Si inizia con l'individuazione dell'albero centroide, attraverso le coordinate georeferenziate (già determinate dai lavori di studio precedenti), visualizzate sul programma Google Earth Pro, dall'applicazione installata sul proprio telefono cellulare. Dopodiché si prosegue con la delimitazione dell'ADS (Area di saggio), attraverso la misurazione con cordella metrica di una distanza di 5 m, a partire dal centroide, spostandosi in direzione longitudinale e trasversale, sopra, sotto e ai due lati della pianta. In prossimità della lunghezza corretta viene infisso il picchetto in alluminio a strisce bianco-rosse, per definire il confine dell'area circolare.

La seconda fase prevede il cavallettamento (misura con cavalletto dendrometrico) dei diametri dei polloni che crescono sulle ceppaie o delle matricine (piante di origine gamica o da seme), che viene eseguita ad un'altezza di circa 1,30 m da terra, con posizione dell'operatore a monte, essendo le piante, situate ad una pendenza media del 40%, convenendo con le normali prassi di esecuzione di rilievo professionali dei Dottori Forestali, altrimenti i dati possono risultare non conformi. Si prende nota dei diametri dei polloni inclinati, con un angolo > 45° e dei polloni secchi. Nelle ADS della traccia valanghiva del 2007, si è proceduto alla terza fase con la misurazione della necromassa presente (oltre ai polloni secchi), con cavalletto dendrometrico e cordella metrica, enumerando anche il conteggio delle ceppaie morte ribaltate.

Infine, si è determinata l'altezza dell'albero centroide attraverso l'uso di un ipsometro, ad una distanza di 10 m dal fusto e in direzione superiore rispetto alla cima.

I dati strutturali riportati nelle schede di rilievo, sono stati trascritti in laboratorio in formato tabellare equivalente, nel programma Microsoft Excel, per un conteggio elettronico e la successiva elaborazione.

Per permettere la valutazione delle differenze dei dati provenienti dalle tracce valanghive e la faggeta indisturbata, è stato calcolato, il numero totale di polloni e piante da seme presenti nelle ADS, distinguendoli sulla base della posizione e l'anno in cui è avvenuto l'evento valanghivo:

- IN = all'interno della traccia valanghiva del 1994 e 2007;
- OUT = nella foresta indisturbata.

Attraverso l'uso della funzione tabella pivot e media sono stati prodotti i grafici che illustrano i risultati delle elaborazioni dei dati, relativi alle differenti categorie considerate.

#### *Rilievo floristico-vegetazionale*

Il rilievo delle specie presenti nelle stesse aree di campionamento dell'analisi strutturale è stato realizzato dai colleghi tesisti Nicola Pigliapoco, per la valanga del 2007 e Mattia Civenti per la traccia valanghiva del 1994, coadiuvati dalla Prof.ssa Allegrezza e Prof. Tesei, utilizzando il metodo fitosociologico classico. Tale approccio è stato messo a punto da Josias Braun-Blanquet (1884-1980), nei primi anni del '900, studioso svizzero di Botanica e padre della Fitosociologia, riconosciuto a livello internazionale in molti paesi del Mondo (Zoller, 2007).

Questo metodo permette la valutazione qualitativa e quantitativa delle specie ed è costituito da 2 fasi:

- Analitica, svolta in campo
- Sintetica, in laboratorio

La fase analitica, si effettua attraverso un'osservazione in campo delle specie presenti, in questo caso, nelle aree di saggio e nei dintorni più prossimi, redigendo un elenco floristico, ossia l'insieme di specie, suddivise a seconda dello strato: arboreo, arbustivo ed erbaceo, in quanto la zona di applicazione si trova in una comunità forestale. La stessa specie vegetale, ad es. dominante la comunità, può trovarsi in più strati contemporaneamente, in differenti stadi fenologici (di sviluppo). Per ogni specie vascolare, è stata determinata a occhio, la percentuale (%) di copertura sul suolo, relativa alla stratificazione di appartenenza, successivamente convertita in laboratorio, nella Scala di Braun-Blanquet (Tabella 2-2). A seconda del valore riportato, sono stati associati due coefficienti a ciascun essenza floristica, quali il coefficiente di copertura, con i simboli da r a 4, (considerando la proiezione della chioma per le specie

arboree e la proiezione al suolo per quelle erbacee) ed il coefficiente di sociabilità da 1 a 5, (cioè come sono distribuiti nello spazio gli individui delle varie specie, se isolati, riuniti in gruppi o in popolamenti).

**Tabella 2-2: Scala di Braun-Blanquet, da (Allegrezza, 2021), modificato**

Indice di copertura		Indice di sociabilità	
<b>r</b>	Individui rari o isolati		
<b>+</b>	< 1%		
<b>1</b>	1 - 5%	<b>1</b>	Isolati
<b>2</b>	5 - 25%	<b>2</b>	Riuniti in gruppi
<b>3</b>	25 - 50%	<b>3</b>	Riuniti in piccole colonie
<b>4</b>	50 - 75%	<b>4</b>	Popolamenti estesi più della metà della superficie del rilievo
<b>5</b>	75 - 100%	<b>5</b>	Popolamenti puri o quasi

La fase sintetica si effettua in laboratorio, attraverso la trascrizione dei dati in tabelle Excel, inserendo in riga, i nomi scientifici delle specie ed in colonna, i coefficienti di copertura e sociabilità per ogni rilievo, formando una tabella fitosociologica.

#### *Analisi numerica*

Al fine di evidenziare le variazioni in termini di composizione floristica tra i plot lungo la traccia valanghiva prese in esame, i dati floristici stratificati sono stati sottoposti ad analisi multivariata utilizzando il software R (R Development Core Team, 2020) ed i pacchetti “vegan” (Oksanen et al., 2020) e “vegclust” (De Caceres et al., 2010). Per prima cosa è stata effettuata una cluster analysis applicando il metodo della varianza minima di Ward alla matrice di somiglianza stratificata calcolata attraverso l’indice Bray-Curtis. Il risultato di questa classificazione permette di individuare gruppi di rilievi tra loro simili (clusters), e di visualizzarli attraverso un dendrogramma.

La seconda analisi effettuata è stata un ordinamento PCoA (Principal Correspondence Analysis) con la quale è possibile descrivere l’andamento della variazione floristica all’interno dei plot esaminati in uno spazio bidimensionale (due assi).

Per quanto riguarda la diversità specifica, questa è stata stimata in di ciascun plot in termini di ricchezza specifica, contando cioè il numero di specie presenti all’interno di ciascuno di essi e attraverso l’indice di diversità di Shannon (H’) utilizzando la seguente formula:

$$H' = - \sum_{(i=1)}^n p_i \log_2 p_i$$

dove  $p_i$  è la frequenza relativa della specie  $i$ .

I dati riguardanti gli indici di diversità specifica sono stati raffigurati tramite boxplot al fine di valutarne la variazione nelle posizioni IN e OUT individuate lungo la slavina.

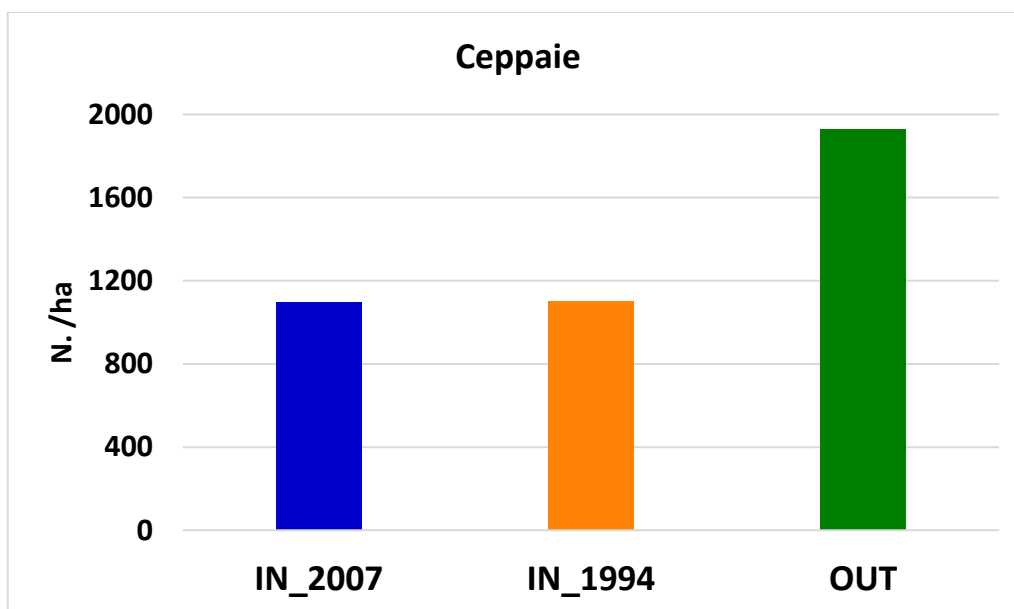
### 3. RISULTATI E DISCUSSIONE

In questo capitolo si analizzeranno i risultati provenienti dalle elaborazioni effettuate sui dati raccolti in campo.

#### 3.1 Parametri strutturali e necromassa

Considerando il numero medio di ceppaie per ettaro, presenti in posizione IN e OUT (Grafico 1), si desume che le due faggete coinvolte dalle valanghe abbiano un valore nettamente più basso, molto simile tra loro, mentre la faggeta indisturbata presenta il valore più alto.

Il minor numero di ceppaie nelle tracce IN delle due valanghe, potrebbe essere legato all'abrasione svolta dalla neve durante lo scorrimento del materiale lungo il ripido versante dell'area boscata che ha travolto le piante incontrate, piegandone i fusti, provocando schianti, la caduta a terra e ribaltando le ceppaie.



*Grafico 1 – Numero medio di ceppaie/ha*

*Tabella 1 - Valori risultanti*

Media	IN 2007	IN 1994	OUT
Ceppaie/ha	1094.99 ▼	1103.47	1931.08 ▲



Il numero medio di polloni per ceppaia (Grafico 2, in bordeaux) è più consistente nella traccia del 2007, di cui la maggior parte risultano vivi. Ciò dimostra che nella traccia di formazione più recente, nel corso degli ultimi quindici anni ( $t_2$ ), si è verificato uno sviluppo della vegetazione molto intenso, ma caratterizzato da fusti di diametro ridotto, come ci riporta il Grafico 6, dove si hanno polloni appartenenti alla classe < 3, 3-8 e in piccolissima parte alla 8-13.

Il numero più basso di polloni vivi per ceppaia in OUT rispetto IN 2007 e 1994 dimostra la capacità di resilienza delle due superfici boschive coinvolte dalle valanghe, attraverso l'attività di sviluppo vegetativo delle ceppaie, nell'ambito dei processi di dinamica vegetazionale.

La minor presenza di polloni vivi per ceppaia nella traccia 1994 rispetto all'IN 2007 potrebbe essere imputabile alla selezione naturale, venuta a crearsi nel tempo nelle ceppaie rimaste in situ.

La media dei polloni morti per ceppaia, risulta più elevata in IN 1994, seguita da OUT, e da IN 2007 tuttavia sempre con valori molto bassi.

L'elevata mortalità dei polloni in IN 1994 potrebbe essere spiegata dalla loro appartenenza alle classi di diametro inferiore (Grafico 3), quali < 3 e 3-8 cm. Ciò potrebbe significare che mentre erano in vita, hanno cercato di svilupparsi, ma sono stati sopraffatti dalla competizione naturale con i polloni di diametro e altezza maggiore, principalmente per l'irradiazione luminosa e le sostanze nutritive, trovandosi in condizione di densa ed eccessiva copertura delle chiome dominanti. Queste condizioni limitano la comparsa di nuovi ricacci sulle ceppaie, favorendo lo sviluppo più spinto dei polloni di classi diametriche maggiori.

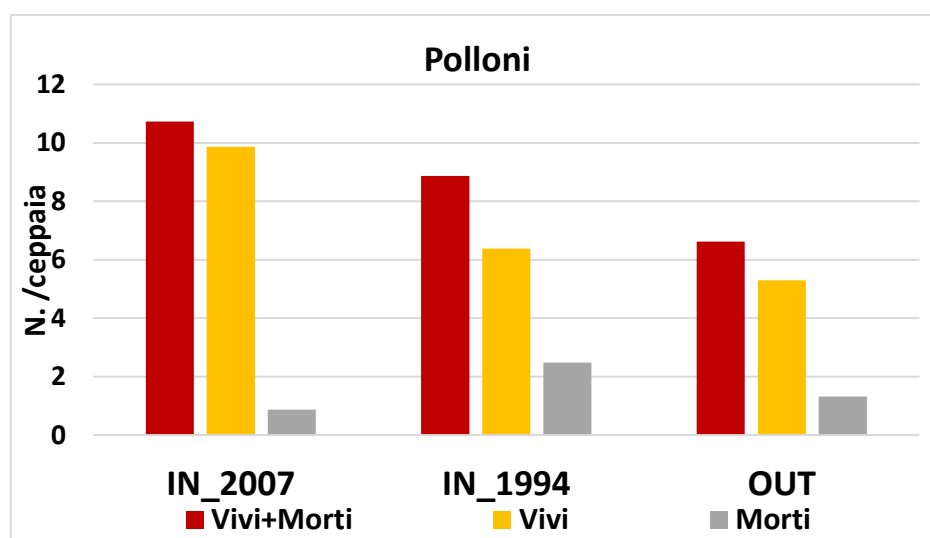
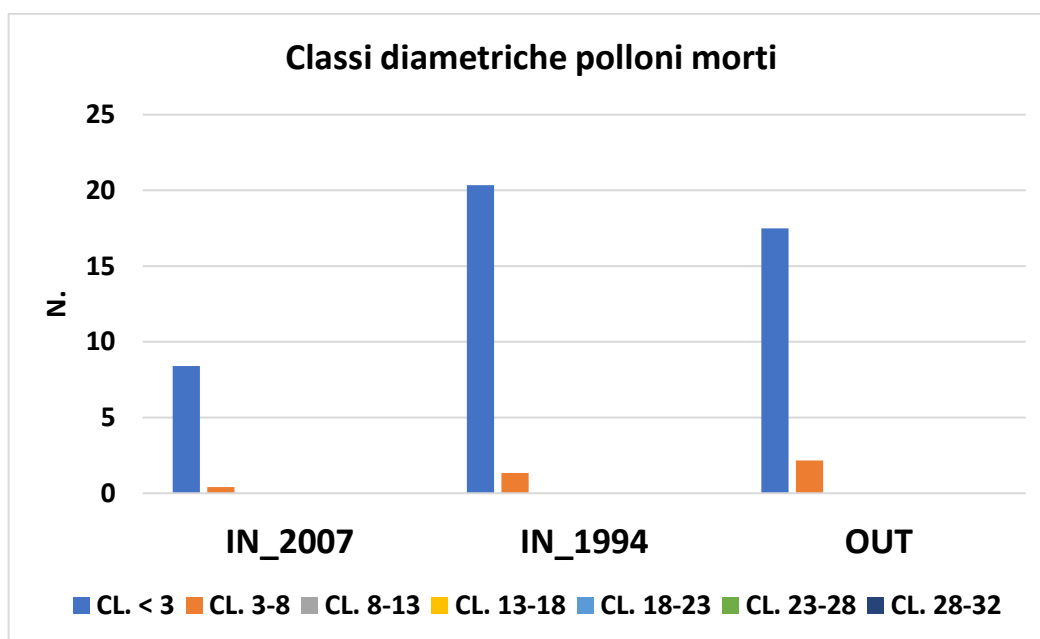


Grafico 2 – Numero medio di polloni/ceppaia

**Tabella 2 – valori risultanti**

Media	IN 2007	IN 1994	OUT
<i>Polloni vivi e morti/ceppaia</i>	10.73 ▲	8.86	6.62
<i>Polloni vivi/ceppaia</i>	9.87 ▼	6.38	5.30 ▼
<i>Polloni morti/ceppaia</i>	0.87 ▲	2.48 ▲	1.32 ▼



**Grafico 3 - Classi diametriche polloni morti**

**Tabella 3 - Valori risultanti**

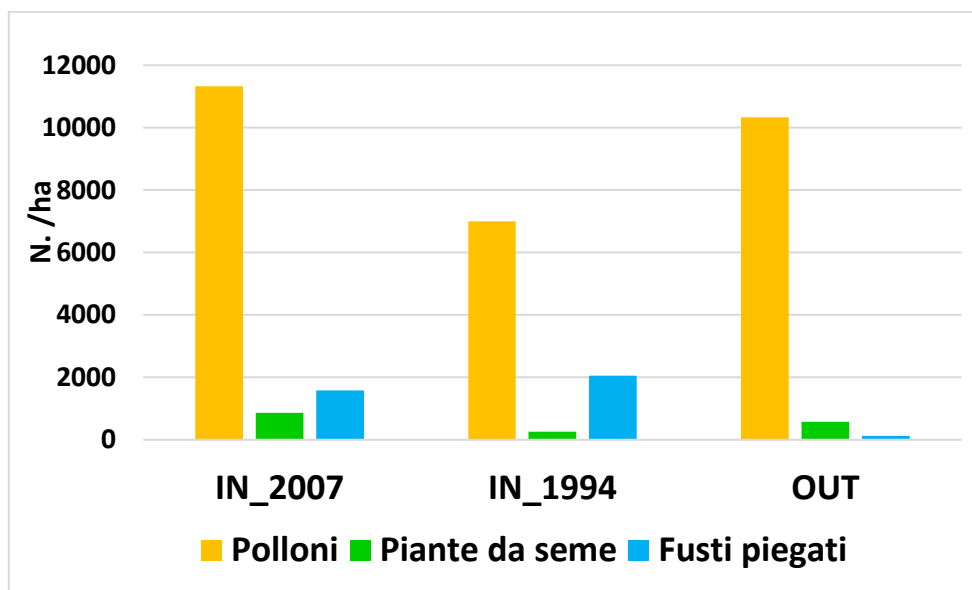
Media Classe	IN 2007	IN 1994	OUT
< 3	8.4 ▲	20.33 ▼	17.5
3-8	0.40 ▼	1.33	2.17 ▲

Analizzando la media del numero di polloni per ettaro, questa risulta più alta nella traccia valanghiva del 2007 (Grafico 4), ma con diametri relativamente ridotti (Grafico 6), mentre in quella del 1994, si registra il valore più basso.

Il numero più elevato di piante da seme (di origine gamica) si rileva nella traccia del 2007, che costituisce la rinnovazione sviluppata successivamente al fenomeno valanghivo, che ha creato la condizione di maggior illuminazione al suolo. In OUT e nella traccia del 1994, le piante di origine gamica sono rappresentate dalle matricine, ma in numero più basso nella traccia del 1994, poiché solo poche sono sopravvissute all'evento perturbante.

In IN ed in particolare in IN 1994 si registra la presenza di polloni piegati in media più consistente, al contrario della posizione OUT, risultando molto evidente soprattutto se

mostrato in percentuale (Grafico 5). Questo dato è sicuramente legato all'effetto della valanga, che con la sua energia ha piegato i fusti e dal materiale trasportato che ha prodotto una costante e duratura pressione alla loro base.

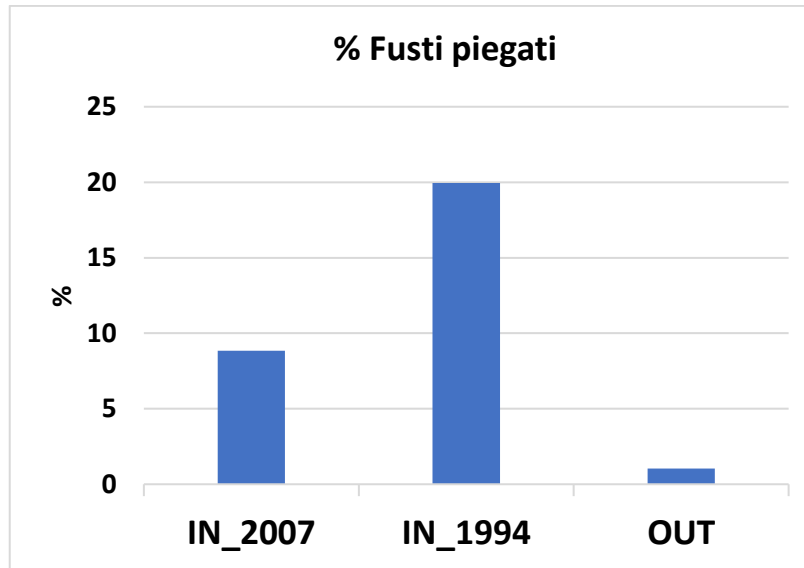


**Grafico 4 - N/ha Polloni, piante da seme e fusti piegati**

**Tabella 4 - Valori risultanti**

Media N/ha	IN 1994	IN 2007	OUT
<i>Polloni</i>	11331.83 ▲	7002.82 ▼	10334.46
<i>Piante da seme</i>	865.80 ▲	254.65 ▼	572.96
<i>Fusti piegati</i>	1578.82	2058.40 ▲	127.32 ▼

In particolare, la percentuale dei fusti inclinati (aventi un angolo > 45°) risulta essere molto elevata nella traccia valanghiva del 1994, con un dato pari al 19.96% circa, rispetto all'8.85% del 2007 e solo all'1.04% della faggeta OUT. Ciò può essere legato al fatto che la valanga verificatasi nel 1994, abbia avuto un'intensità più elevata rispetto a quella del 2007, travolgendo le piante e piegando i fusti sopra le ceppaie.

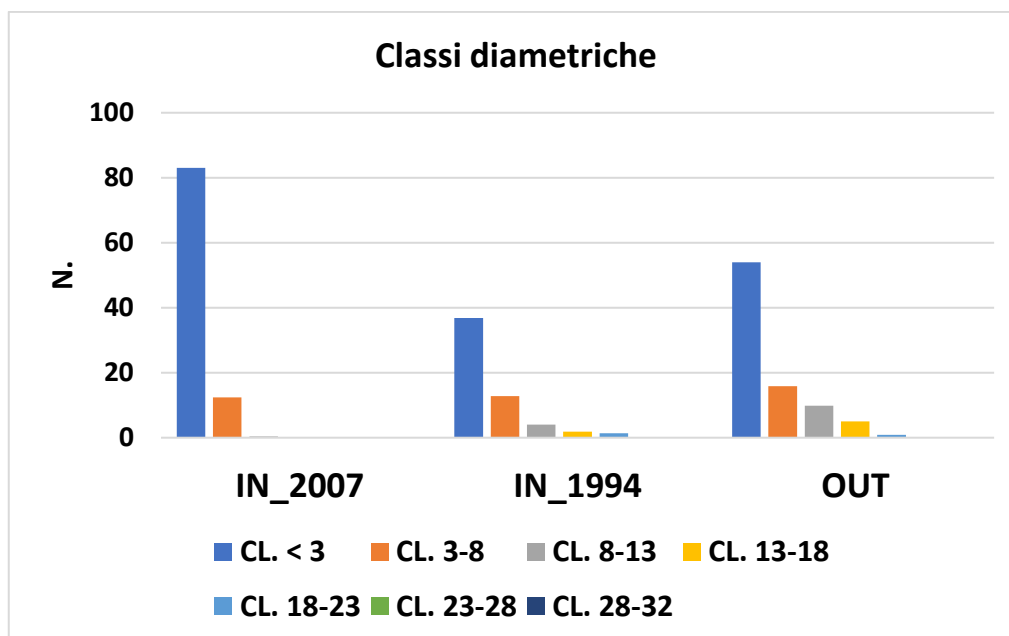


**Grafico 5 - % Fusti piegati**

**Tabella 5 – Valori risultanti**

%	IN 2007	IN 1994	OUT
<i>Fusti piegati</i>	8.85	19.96 ▲	1.04 ▼

Osservando il Grafico 6, relativo alla distribuzione delle classi diametriche dei polloni vivi che caratterizzano le aree oggetto di studio, si evince che nella traccia del 2007 è presente il maggior numero medio di polloni nella classe diametrica < 3, caratterizzata da polloni di età più giovane, perché sviluppati successivamente all'evento perturbante più recente. Segue la classe di diametro 3-8 cm, che si mantiene abbastanza simile in IN 1994 e OUT. Sempre nella stessa traccia sono trascurabili o assenti le classi superiori a 8 cm. I polloni rilevati nella faggeta coinvolta dal fenomeno valanghivo del 1994 presentano diametri differenti e maggiori rispetto a quelli nella traccia valanghiva del 2007. Invece, la distribuzione delle classi diametriche dei polloni in IN 1994 risulta più simile a quella nel bosco non interessato da disturbi, ma con minor numero medio di individui all'interno delle classi diametriche maggiori di 3-8. Tali dati sono in linea con l'età media delle piante nelle tre aree, aventi 60 anni in OUT, 28 anni nell'IN 1994 e 15 anni nella traccia 2007 ed indicano la presenza di una fase di dinamica successionale più avanzata in IN 1994 rispetto ad IN 2007.



**Grafico 6 - Distribuzione classi diametriche dei polloni vivi**

**Tabella 6 – Valori risultanti**

Classe diametrica	IN 2007		IN 1994		OUT
< 3	83	▲	36.83		54
3-8	12.4	▼	12.83		15.83 ▲
8-13	0.4	▼	4		9.83 ▲
13-18	0	▼	1.83	▲	5 ▲
18-23	0	▼	1.33	▲	0.83
23-28	0		0.16	▲	0
28-32	0		0		0.16 ▲

Per quanto riguarda i parametri relativi alla necromassa (Grafico 7), in generale, la traccia del 2007 presenta i valori medi più elevati, ad esclusione dei tronchi morti in piedi (SNAG). In particolare, in IN 2007 sono presenti molte ceppaie morte (STUMP), che risultano invece assenti nell'IN 1994 e in piccolissima quantità in OUT.

L'elevato valore di STUMP nella traccia 2007, indica gli effetti devastanti che la massa nevosa ha determinato sul soprassuolo forestale, rompendo i polloni, lasciando i ceppi esposti alle intemperie e agli attacchi patogeni.

Il valore medio dei polloni morti in piedi (SNAG) vede la media più elevata nell'IN 1994, i quali potrebbero non essere direttamente correlati alla dinamica della valanga, ma derivare dalla rinnovazione gamica esplosa subito dopo l'evento valanghivo grazie alla presenza di un gap (apertura) nella copertura forestale, determinato dalla distruzione del soprassuolo. Infatti, col passare del tempo, l'aumento della copertura delle chiome dei polloni più sviluppati in

altezza, ha causato la morte di quelli meno vigorosi, a causa della minor presenza di irradiazione e della competizione nutritiva.

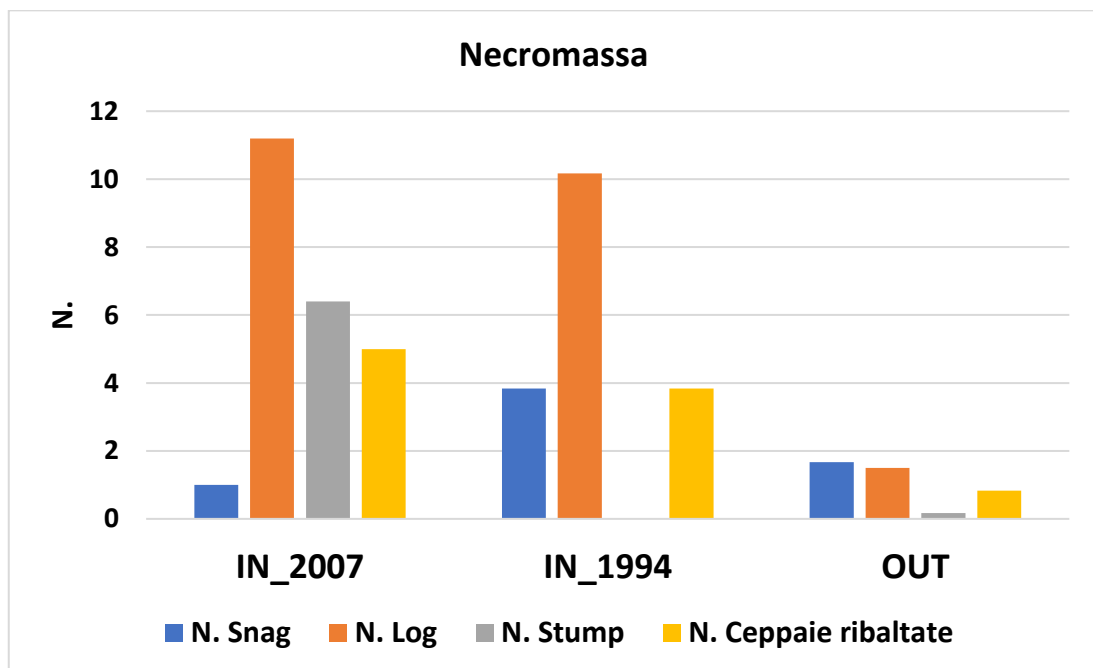
La parte di necromassa composta da tronchi o parti di essi, morti a terra (LOG), è risultata più elevata nella traccia IN 2007, seguita da quella del 1994 e nettamente più bassa in OUT.

Il quantitativo molto alto dei LOG nella traccia valanghiva del 2007 potrebbe essere legato ai pochi anni trascorsi dall'evento valanghivo per cui i tronchi morti, non essendo trascorsa una quantità di tempo sufficiente, non sono stati completamente degradati, dagli organismi decompositori e sono ancora visibili.

Infine, per quanto riguarda il numero medio di ceppaie morte ribaltate che si ritrovano coperte dalla lettiera del bosco, si registra che la maggior frequenza si osserva nella traccia valanghiva più recente (IN 2007), seguita da quella del 1994 mentre la più bassa nella foresta indisturbata.

In generale, si osserva che la quantità di necromassa nella foresta indisturbata OUT presenta valori sempre molto bassi.

Questi risultati dimostrano gli effetti distruttivi della valanga sulla faggeta, perché i valori relativi alla necromassa nelle tracce valanghive sono molto più elevati rispetto alla foresta non interessata dal disturbo.



*Grafico 7 - Media Necromassa suddivisa in SNAG, LOG, STUMP e ceppaie morte ribaltate*

**Tabella 7 - Valori risultanti**

<b>Media</b>	<b>Descrizione</b>	<b>IN 2007</b>	<b>IN 1994</b>	<b>OUT</b>
<i>SNAG</i>	piante morte in piedi con diametro minimo di 7,5 cm, misurando anche l'altezza.	1 ▼	3.83 ▲	1.66
<i>LOG</i>	piante, tronchi o porzioni di fusti a terra, con diametro minimo di 7,5 cm, rilevando anche la lunghezza.	11.2 ▲	10.17	1.5 ▼
<i>STUMP</i>	ceppaia morta a terra, con un'altezza < 50 cm (Urbinati, 2020).	6.4 ▲	0 ▼	0.17
<i>CEPPAIE RIBALTATE</i>	ceppaie coperte dalla lettiera boschiva	5 ▲	3.83	0.83 ▼

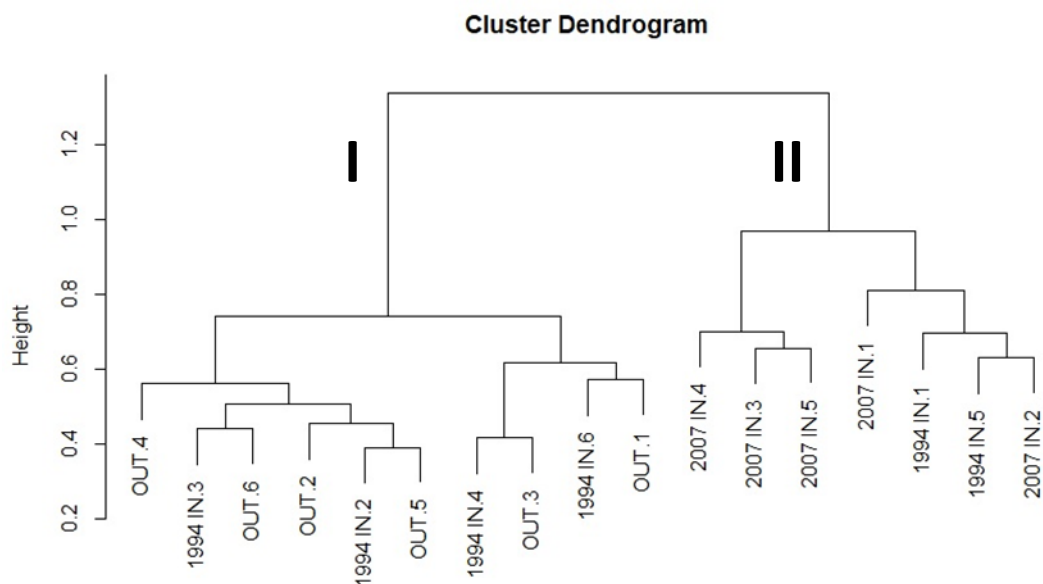
### 3.2 Analisi floristico-vegetazionale

Il dendrogramma (Grafico 8), ottenuto dalla analisi multivariata dei dati floristici attraverso il Software R, illustra la presenza di due principali gruppi (cluster I e II) di rilievi, individuati in base alla loro somiglianza:

- I – include tutti i rilievi in posizione OUT e la maggior parte di quelli nella traccia 1994 (IN 1994)
- II – raggruppa tutti i rilievi effettuati nella traccia 2007 (IN 2007) e due in quella del 1994 (IN 1994).

Ciò significa che nella traccia 1994, più simile floristicamente all'OUT, la successione dinamico-vegetazionale progressiva sia in una fase più avanzata rispetto a quella del 2007 e orientata verso le condizioni della faggeta precedenti al disturbo (OUT).

Di conseguenza si può affermare che le tracce valanghive abbiano una composizione specifica differente, dovuta al diverso stadio di progressione della successione.

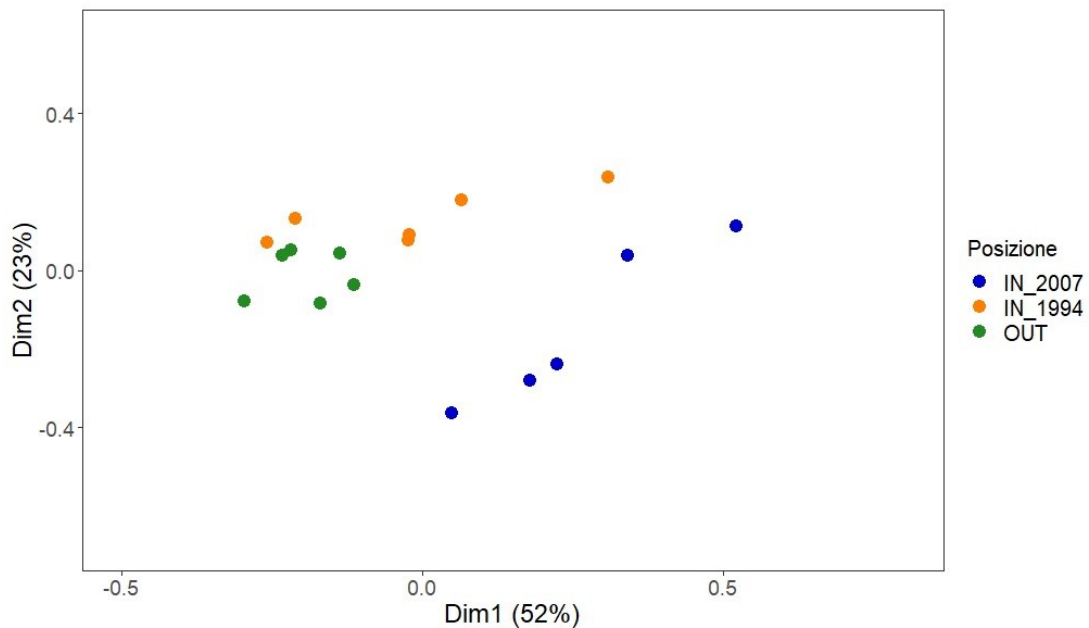


**Grafico 8 – Dendrogramma ottenuto da Cluster analysis dei dati floristici con strati.**



L'Ordinamento operato con l'analisi PCoA eseguita tramite il software R (Grafico 9) illustra come i rilievi in OUT, che si presentano maggiormente raggruppati tra loro, siano più omogenei da un punto di vista della composizione floristica. Viceversa, i rilievi delle due tracce valanghive, risultano più eterogenei a livello di composizione floristica, poiché appaiono meno raggruppati e più sparpagliati lungo l'asse delle ascisse (Dim1, da sinistra verso destra).

Tuttavia, i rilievi della traccia del 2007 sono i più lontani e quindi diversi, da quelli OUT testimoniando che la faggeta che si sta sviluppando, si trova in una fase meno avanzata della dinamica di successione vegetazionale, rispetto alla faggeta del 1994, i cui plot, sebbene risultino avere una distribuzione ugualmente eterogenea, sono comunque più vicini e somiglianti a quelli in OUT. Ciò significa che IN 1994 presenta un contingente di specie simile al bosco indisturbato e che quindi dal punto di vista vegetazionale sta raggiungendo lo stato precedente l'evento valanghivo.

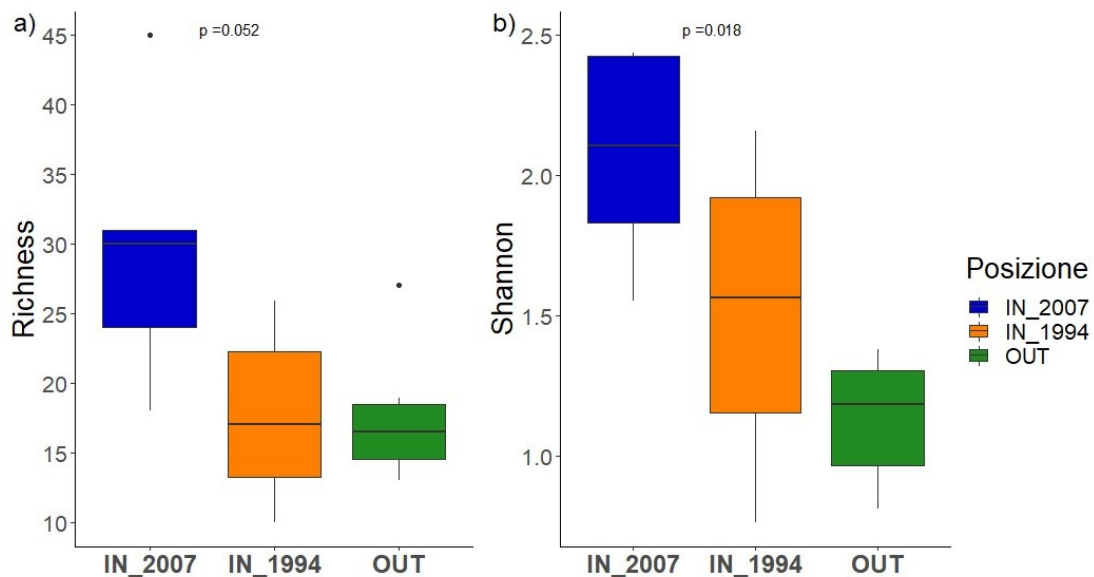


**Grafico 9 - Ordinamento PCoA dati floristici con strati.**

L'analisi degli indici di diversità floristica (Grafico 10 a), utilizzando la richness (ricchezza, intesa come numero di specie presenti), mostra un gradiente decrescente, dalla traccia più recente (IN 2007) ad OUT, passando attraverso la traccia del 1994.

In generale il valore più elevato di richness (diversità floristica) registrato nelle tracce valanghive è in linea con i risultati riportati negli articoli scientifici svolti nelle superfici colpite da valanghe (Rixen, et al., 2007; Komposch, et al., 2013), i quali spiegano come queste, successivamente all'azione distruttiva, attraverso i processi di successione vegetazionale,

portino ad un aumento della biodiversità attraverso l'insediamento di specie tipiche di ambienti aperti che non erano presenti all'interno del bosco chiuso. L'elaborazione effettuata utilizzando l'indice di Shannon (Grafico 10 b), il quale prende in considerazione la copertura delle specie rapportata alla richness, rende ancora più chiaro ed evidente l'andamento decrescente tra le tre tracce studiate, avente i valori più elevati in IN 2007, poi IN 1994 e infine in OUT.



**Grafico 10 – Diversità dati floristici: richness e indice di Shannon.**

L'analisi della diversità delle categorie ecologico-funzionali (Grafico 11) mostra una maggior percentuale di specie nemorali (tipiche di faggeta) in OUT, tra le quali: *Cardamine bulbifera*, *Cardamine kitaibelii*, *Daphne laureola*, *Hepatica nobilis* e *Mercurialis perennis*. Lo stesso valore è invece simile nelle due tracce valanghive indicando per entrambe la ricostituzione della componente erbacea forestale nelle due aree colpite dalle valanghe. I valori più elevati di specie forestali e preforestali legnose in IN 1994, confermano lo stato più avanzato della dinamica di successione vegetazionale, rispetto al 2007, verso il raggiungimento dello stadio maturo in equilibrio con l'ecosistema.

Le principali specie preforestali legnose rilevate sono: *Corylus avellana*, *Crataegus monogyna*, *Euonymus latifolius* e *Rubus caesius*.

All'interno delle tracce valanghive, la maggior percentuale di specie forestali legnose (rappresentate da: *Acer opalus subsp. obtusatum*, *Acer pseudoplatanus*, *Acer campestre*, *Fagus sylvatica*, *Fraxinus ornus*, *Ostrya carpinifolia*, *Sorbus aria*, *Hedera helix* e *Lonicera*

*xylosteum*), in confronto alle preforestali, è dovuta all'affermazione di ceppaie e piante da seme di *Fagus sylvatica* che esercitano la loro dominanza, testimoniando il progredire della successione.

Le specie di prateria e ruderali (quali ad esempio: *Heracleum orsinii*, *Moheringia trinervia*, *Galium aparine* e *Galium mollugo*) e di orlo (erbacee presenti nella zona ecotonale tra la comunità boschiva e prativa, come ad es.: *Luzula sylvatica subsp. sieberi*, *Geranium robertianum*, *Poa nemoralis* e *Thalictrum aquilegifolium*), invece, raggiungono la percentuale più alta nella traccia 2007, rispetto alla traccia 1994, testimoniando la presenza di uno stadio successionale meno avanzato.

Questa ricchezza di specie deriva dalla formazione dell'apertura nel bosco chiuso provocata dall'evento valanghivo del 2007, che ha determinato un aumento della luce filtrante al livello del suolo, favorendo così l'insediamento di specie che non erano presenti nel bosco, dapprima le specie provenienti dalle praterie e dall'orlo forestale e successivamente quelle preforestali.

Nel caso della traccia valanghiva del 1994, presenta valori più bassi di specie di ambiente aperto, rispetto a quella registrata nella traccia del 2007. Ciò può essere spiegato dal maggior tempo trascorso dall'evento valanghivo, che ha prodotto un aumento della copertura ed una parziale scomparsa di queste specie tipiche, che si erano affermate in seguito all'apertura creatasi nel bosco dopo l'evento valanghivo.

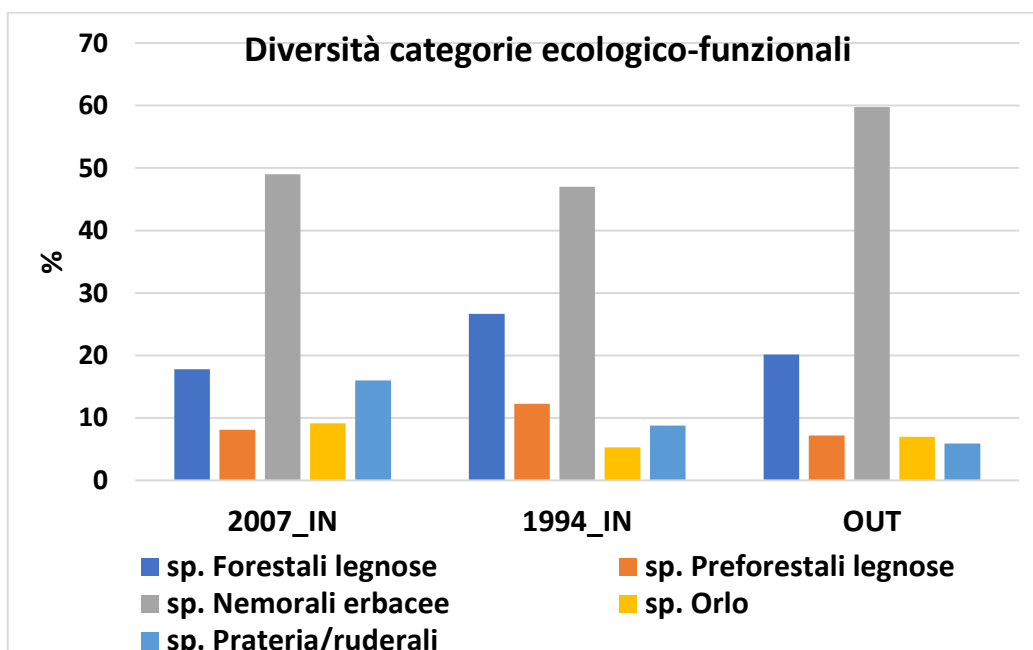


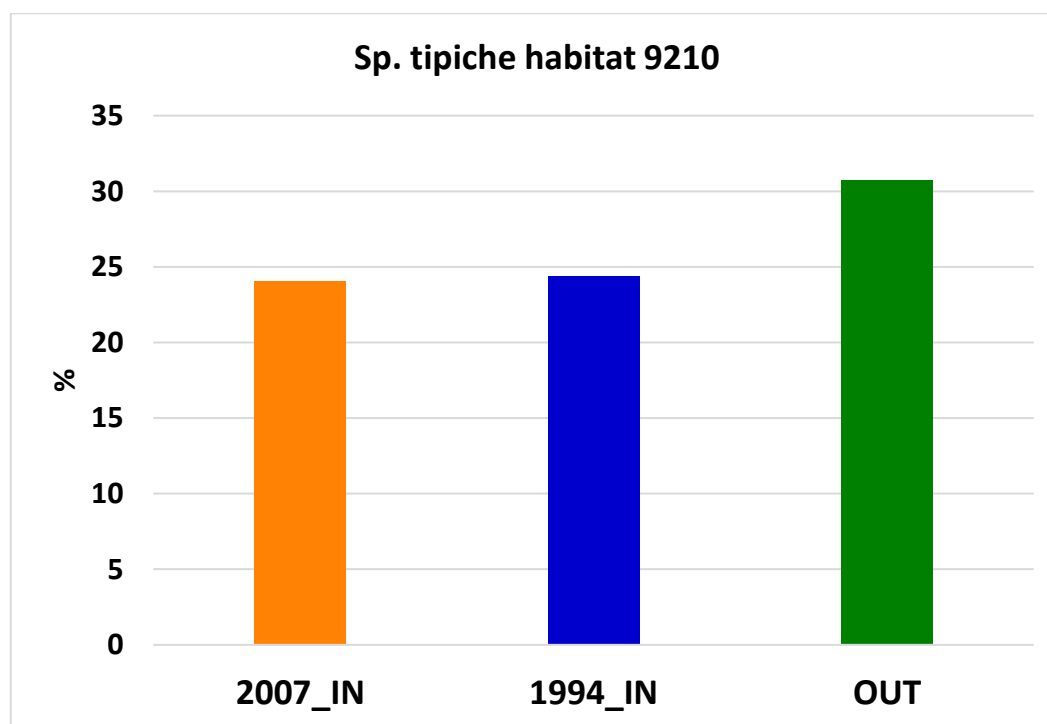
Grafico 11 - Diversità categorie ecologico-funzionali

**Tabella 8 - Valori risultanti**

%	2007 IN	1994 IN	OUT
<i>Sp. forestali legnose</i>	17.80	26.63 ▲	20.14
<i>Sp. Preforestali legnose</i>	8.10	12.27 ▲	7.21 ▼
<i>Sp. Nemorali erbacee</i>	48.98 ▲	46.98 ▼	59.74 ▲
<i>Sp. Orlo</i>	9.11 ▲	5.31 ▼	6.98
<i>Sp. Prateria/ruderali</i>	16.00	8.79 ▼	5.93

L'analisi delle diversità delle specie tipiche dell'habitat prioritario 9210\* - "Faggete degli appennini con *Taxus* e *Ilex*" (Grafico 12), mostra i valori percentuali più elevati in OUT e simili nelle due tracce.

Tuttavia, la discreta presenza di specie appartenenti all'habitat prioritario 9210 lungo le tracce valanghive, sebbene risulti più bassa rispetto al bosco indisturbato, conferma che, nonostante le superfici interessate dalle valanghe, differiscano per epoca di disturbo, in entrambe le situazioni, il tempo trascorso abbia permesso comunque ad entrambe, di avvicinarsi alle condizioni floristico-vegetazionali precedenti alla perturbazione anche in termini di qualità floristica.



**Grafico 12 - Sp. tipiche dell'habitat 9210\***

**Tabella 9 - Valori risultanti**

%	2007 IN	1994 IN	OUT
<i>Sp. tipiche habitat 9210*</i>	24.03	24.35 ▼	30.73 ▲

## 4. CONCLUSIONI

Il presente studio ha permesso di valutare la resilienza della faggeta submontana del versante Nord-Ovest del Monte San Vicino interessata dagli eventi valanghivi del 1994 e 2007. Attraverso l'analisi floristico vegetazionale e strutturale lungo il tracciato delle valanghe e il confronto con la vegetazione forestale limitrofa indisturbata, utilizzando anche i dati delle precedenti tesi condotte nella stessa area (Pigliapoco, 2021; Civenti, 2022), è stato possibile individuare le differenze morfo-strutturali, floristico-vegetazionali e la successione dinamico-vegetazionale in atto correlando i diversi tempi di ripresa ( $t_1 = 15$  anni, per la traccia 2007 e  $t_2 = 28$  anni, per l'IN 1994).

A livello strutturale la vegetazione presente nelle tracce valanghive, presenta differenze ancora nette con il bosco indisturbato, che tuttavia tendono a decrescere nella traccia del 1994. In IN 2007 infatti, i numerosissimi fusti presenti hanno un diametro molto piccolo ( $< 3$  cm), mentre in IN 1994 oltre a diminuire la loro numerosità si osserva un aumento dei diametri che si avvicina a quelli misurati nel bosco indisturbato. Un'altra differenza significativa rispetto all'OUT riguarda la necromassa che è molto elevata in IN 2007, diminuisce in IN 1994 e scarsa in OUT.

Per quanto riguarda invece la diversità floristica lungo le tracce valanghive, i risultati mostrano differenze meno marcate con il bosco limitrofo indisturbato e legate ai diversi stadi della dinamica di recupero in atto evidenziata anche dalle categorie ecologico-funzionali delle specie coinvolte e in particolar modo dalle specie ecotonali, preforestali e di prateria. In particolare, la diversificazione delle condizioni di luce al suolo, più alta in IN 2007 e simile ad OUT in IN 1994, ha consentito la coesistenza di specie erbacee con diverso significato ecologico ambientale e tra di loro in rapporto variabile. Le specie eliofile di prateria ed ecotonali di orlo soprattutto in IN 2007, preforestali in IN 1994 e sciafile nemorali tra cui le specie tipiche dell'habitat 9210 (Faggete degli appennini con *Taxus* e *Ilex*) maggiormente in OUT. Infine, la richness, risultata nettamente più elevata lungo la traccia valanghiva del 2007 rispetto a quella del 1994 e al bosco limitrofo indisturbato, in linea con quanto già pubblicato in letteratura. È infatti noto come le valanghe, quale elemento di disturbo, possano creare delle

condizioni ambientali diversificate e per questo contribuire direttamente alla complessità paesaggistica e indirettamente promuovere la biodiversità.

Sulla base dei risultati ottenuti si può affermare che da un punto di vista floristico, a soli 15 anni dall'evento valanghivo (IN 2007), la faggeta ha dimostrato un'elevata resilienza e dopo circa 30 anni (IN 1994) il recupero floristico-vegetazionale è pressoché completato. L'assetto strutturale della formazione forestale all'interno delle tracce valanghive risulta tuttavia ancora nettamente separato da quello dell'area indisturbata sottolineando con ciò che per il completo recupero strutturale i tempi sono di gran lunga superiori a 30 anni...

## BIBLIOGRAFIA E SITOGRAFIA

Allegrezza, M., 2003. Vegetazione e paesaggio vegetale della dorsale del Monte San Vicino (Appennino centrale). *Fitosociologia*, 40(1), pp. 3-118.

Allegrezza, M., 2021. s.l.:s.n.

Biondi, E. et al., 2009. *Regione Marche - Ambiente - Carte Fitosociologiche*. [Online] Available at: [http://www.ambiente.marche.it/Portals/0/Ambiente/Natura/ReteNatura2000/CARTE\\_FIT\\_O\\_HABITAT/Ancona/SIC\\_MONTE%20SAN%20VICINO/FITO\\_IT5330015.pdf](http://www.ambiente.marche.it/Portals/0/Ambiente/Natura/ReteNatura2000/CARTE_FIT_O_HABITAT/Ancona/SIC_MONTE%20SAN%20VICINO/FITO_IT5330015.pdf) [Consultato il giorno Dicembre 2022].

Biondi, E. & Baldoni M., 1995. The climate and vegetation of peninsular Italy. *Coll. Phytosoc.*, Volume XXIII

Castagneri, D., Bottero, A. & Vacchiano, G., 2022. *SISEF.org*. [Online] Available at: <https://sisef.org/2022/03/23/resilienza-alla-siccita-e-diradamenti/#:~:text=Il%20termine%20resilienza%20in%20ecologia,che%20ha%20modificato%20quello%20stato.>

Civenti, M., 2022. *Analisi floristica e strutturale sulla faggeta del versante nord-ovest del Monte San Vicino coinvolta nell'evento valanghivo del 1994*, s.l.: s.n. Tesi di Laurea in Scienze Forestali e Ambientali a.a. 2021/2022. Dipartimento di Scienze Agrarie, Alimentari e Ambientali, Università Politecnica delle Marche. Relatore: Prof.ssa Marina Allegrezza; Correlatore: Dott. Giulio Tesi

De Caceres et al. 2010. s.l.: s.n. Pacchetto "vegclust", Software R (R Development Core Team 2020)

- Gaume, J., Reuter, B., van Herwijnen, A. & Schweizer, J., 2016. *A New Crack Propagation Criterion for Skier-Triggered Snow Slab Avalanches*. Breckenridge, s.n.
- Geitner, C. et al., 2020. Shallow erosion on grassland slopes in the European Alps – *Elsevier*, 6 Aprile, pp. 1-19.
- Iacoletti, L., 2016. *La pericolosità da valanga calcolata e visualizzata Un modello numerico-geografico*, s.l.: s.n. Tesi di Laurea Magistrale in Scienze e Tecnologie per l'Ambiente e il Territorio a.a. 2015/2016. Università degli Studi di Udine, Università degli Studi di Trieste. Relatore: Prof. Federico Cazorzi; Correlatori: Dott.ssa Betty Sovilla Ph.D., Sig. Daniele Moro.
- ISPRA, s.d. *ISPRAMBIENTE*. [Online]  
Available at: <https://www.isprambiente.gov.it/it/attivita/suolo-e-territorio/dissesto-idrogeologico/le-valanghe>
- Komposch, C., Frieß, T. & Kreiner, D., 2013. *Natural Hazards – Hazards for Nature? Avalanches as a promotor of biodiversity*. Mittersill, s.n., pp. 389-398.
- Nevini, R., 1998. *Carta di Localizzazione Probabile delle Valanghe dei Monti Sibillini*, s.l.: s.n.
- Oksanen et al., 2020. s.l.:s.n. Pacchetto "vegan", Software R (R Development Core Team 2020).
- Pigliapoco, N., 2021. *Gli effetti della slavina del 2007 sulla faggeta del versante Nord-Ovest del Monte San Vicino (Appennino centrale)*, s.l.: s.n. Tesi di Laurea in Scienze Forestali e Ambientali a.a. 2021/2022. Dipartimento di Scienze Agrarie, Alimentari e Ambientali, Università Politecnica delle Marche. Relatore: Prof.ssa Marina Allegrezza; Correlatore: Dott. Giulio Tesi.



Pro.Mo.Ter. soc. coop., s.d. *Agricoltura Sviluppo Rurale e Pesca - Foreste - Piano di Assestamento Forestale della Riserva naturale regionale del Monte San Vicino e del Monte Canfaieto*. [Online]

Available at: [https://www.regione.marche.it/Regione-Utile/Agricoltura-Sviluppo-Rurale-e-Pesca/Foreste#2046\\_PAF-Monte-San-Vicino](https://www.regione.marche.it/Regione-Utile/Agricoltura-Sviluppo-Rurale-e-Pesca/Foreste#2046_PAF-Monte-San-Vicino)

[Consultato il giorno 20 Dicembre 2022].

Prodromo della vegetazione d'Italia, 2015. *Prodromo della vegetazione d'Italia*. [Online]

Available at: <https://www.prodromo-vegetazione-italia.org/glossario>

[Consultato il giorno 4 Dicembre 2022].

Prodromo della Vegetazione D'Italia, s.d. *Habitat Italia*. [Online]

Available at: <http://vnr.unipg.it/habitat/cerca.do?formato=stampa&idSegnalazione=155#>

[Consultato il giorno 12 Dicembre 2022].

R Development Core Team, 2020. Software R.

Regione Marche, 2016. *Rete Natura 2000 Marche*. [Online]

Available at:

[https://www.regione.marche.it/natura2000/pagina\\_base9bd8.html?id=1612#:~:text=IT5330015%20%2D%20Monte%20S.-,Vicino,Poggio%20San%20Vicino%20e%20Matelica](https://www.regione.marche.it/natura2000/pagina_base9bd8.html?id=1612#:~:text=IT5330015%20%2D%20Monte%20S.-,Vicino,Poggio%20San%20Vicino%20e%20Matelica)

[Consultato il giorno 5 Dicembre 2022].

Regione Marche, 2022. [Online]

Available at: <https://www.destinazionemarche.it/monte-san-vicino-cosa-fare-e-vedere/>

[Consultato il giorno 6 Dicembre 2022].

Regione Marche, s.d. *Regione Marche - Studi Meteo-Nivo-Idrologici*. [Online]

Available at: <https://www.regione.marche.it/Regione-Utile/Protezione-Civile/Progetti-e-Pubblicazioni/Studi-Meteo-Idro#Open-Data-CLPV>

[Consultato il giorno 2022 Dicembre 20].

Rixen, C., Haag, S., Kulakowski, D. & Bebi, P., 2007. Natural Avalanche Disturbance Shapes Plant Diversity and Species Composition in. *Journal of Vegetation Science*, 18(5), pp. 735-742.

Schweizer, J. J. J. e. M. S., 2003. SNOW AVALANCHE FORMATION. *Reviews of Geophysics*, 41, 4 / 1016 2003, 41(4).

Tesei, G., 2021. *Seminario Software R*. Ancona: s.n.

Urbinati, C., 2020. Ancona: s.n.

WSL Istituto per lo studio della neve e delle valanghe SLF, s.d. *WSL Istituto per lo studio della neve e delle valanghe SLF*. [Online]  
Available at: <https://www.slf.ch/it/valanghe/come-si-formano-le-valanghe.html#tabelle1-tab4>

Zoller, H., 2007. *Dizionario storico della Svizzera (DSS)*. [Online]  
Available at: <https://hls-dhs-dss.ch/it/articles/031255/2007-11-14/>  
[Consultato il giorno 14 Dicembre 2022].

## **5. RINGRAZIAMENTI**

Questo studio è stato realizzato sotto la guida esperta della Prof.ssa Marina Allegrezza e del Dott. Giulio Tesei, ai quali esprimo profonda gratitudine, per l'assistenza e profonda conoscenza trasmessa con elevata professionalità e competenza.

Inoltre, ringrazio in modo particolare gli amici, parenti, colleghi del Corso di Studi e nuove conoscenze, che in questi anni mi hanno supportato con la loro vicinanza ed affetto. Un ringraziamento fortissimo rivolto ai miei genitori, per il loro continuo sostegno ed aiuto nei momenti più complicati di questi ultimi anni.