



DIPARTIMENTO DI SCIENZE AGRARIE ALIMENTARI E
AMBIENTALI

CORSO DI LAUREA IN: SCIENZE FORESTALI E AMBIENTALI

GLI EFFETTI DELLA SLAVINA DEL
2007 SULLA FAGGETA DEL
VERSANTE NORD-OVEST DEL
MONTE SAN VICINO (APPENNINO
CENTRALE)

TIPO TESI: sperimentale

Studente:
NICOLA PIGLIAPOCO

Relatore:
PROF. MARINA ALLEGREZZA

Nicola Pigliapoco

Correlatore:
DOTT. GIULIO TESEI

ANNO ACCADEMICO 2020-2021

SOMMARIO

SOMMARIO	2
ELENCO DELLE FIGURE	3
CAPITOLO 1 : INTRODUZIONE E SCOPO DELLA TESI	5
CAPITOLO 2 AREA STUDIO	9
2.1 Localizzazione geografica.....	9
2.2 Caratterizzazione bioclimatica.....	9
2.3 Caratteristiche litologiche	10
2.4 La vegetazione	11
2.5 Le aree protette: la Riserva Naturale del Monte San Vicino e del Monte Canfaieto....	12
2.6 La storia e l'attuale piano di gestione	14
2.7 La Carta della Localizzazione Probabile delle Valanghe e l'area del Monte San Vicino	16
CAPITOLO 3 : MATERIALI E METODI	17
3.1 Analisi diacronica della vegetazione (2011-2016-2020) sulla traccia della slavina ...	17
3.2 Disegno sperimentale e analisi floristico vegetazionale	17
3.3 Analisi floristico-vegetazionale	19
3.4 Analisi statistica dei dati	19
CAPITOLO 4 : RISULTATI E DISCUSSIONE	21
4.1 Morfologia della traccia valanghiva e analisi diacronica della vegetazione (2011- 2020).....	21
4.2 Analisi floristico-vegetazionale	23
4.2.1 Assetto strutturale e floristico-vegetazionale.....	23
CAPITOLO 5 : CONCLUSIONI	31
BIBLIOGRAFIA	32

ELENCO DELLE FIGURE

Figura 1-1: Classificazione delle valanghe. Secondo il tipo di distacco (type of release), si hanno valanghe a lastrone (slab avalanche) o a debole coesione (loose snow avalanche); secondo il movimento (motion), valanghe polverose (air), radenti il terreno (ground) o miste (mixed); secondo il contenuto di acqua (free water), valanghe asciutte (dry), bagnate (wet), ed eventualmente umide (damp); secondo la superficie di scorrimento (sliding base), valanghe di superficie (surface) o di fondo (ground). [www.avalanche.org].....	6
Figura 2-1. Localizzazione geografica dell'area studio	9
Figura 2-2 Dati pluviometrici relativi alle stazioni metereologiche ubicate nella dorsale del Monte San Vicino (da Allegrezza, 2003).....	10
Figura 2-3 Sezione geologica relativa alla dorsale del Monte San Vicino (da Allegrezza 2003)	11
Figura 2-4 Carta fitosociologica del SIC IT5330015 “Monte San Vicino”, in azzurro pieno la faggeta dell'associazione Lathyro veneti-Fagetum sylvaticae (da Regione Marche http://www.ambiente.marche.it/Portals/0/Ambiente/Natura/ReteNatura2000/CARTE_FITO_HABITAT/	12
Figura 2-5. La Riserva Naturale del Monte San Vicino e Monte San Vicino evidenziata in rosa all'interno della ZPS IT5330025 “Monte San Vicino e Monte Canfaieto”	13
Figura 2-6 evoluzione diacronica dell'area presa in studio	15
Figura 2-7 Carta della Localizzazione Probabile delle Valanghe della regione Marche con evidenziata l'ubicazione dell'area a rischio valanghe del Monte San Vicino (https://ctr.regione.marche.it/CLPV/)	16
Figura 3-1 rappresentazione dei rilievi IN/OUT.....	18
Figura 3-2 Altitudine e coordinate relative ai 5 centroidi individuati lungo la traccia della slavina	18
Figura 4-1. Morfologia della traccia valanghiva relativa al 2011 (a sinistra) e al 2020. Sopra le misure dei della traccia eseguite a terra in corrispondenza delle quote: 1155, 1180, 1205 e 1230 m s.l.m. (immagini da Google Earth Pro).	22

Figura 4-2. Confronto della copertura vegetazionale lungo la traccia valanghiva dalla base (1155 m s.l.m.) a 1230 m e relative agli anni 2011, 2016 e 2020 (immagini da Google Earth Pro).....	23
Figura 4-3 Dendrogramma ottenuto dalla matrice dei dati mediante Cluster analysis (Ward)	24
Figura 4-4.. Ordinamento dei rilievi (PCoA) lungo le due componenti principali (Dim1 e Dim 2)	25
Figura 4-5 Grafico a barre sovrapposte con la copertura negli strati considerati (5 alto arboreo, 4 basso arboreo,3 alto-arbustivo, 2 basso arbustivo ed 1 erbaceo).	26
Figura 4-6 copertura fagus s. negli strati IN	26
Figura 4-7 Copertura della rinnovazione x plot	27
Figura 4-8 Box plot: a) richness media b) indice di biodiversità di Shannon media	27
Figura 4-9 Richness a livello dei plots	28
Figura 4-10 Media richness (a sinistra) e copertura media delle categorie floristico-ecologiche nei plots IN/OUT	28
Figura 4-11 richness in % delle categorie floristico-ecologiche per plot.....	29
Figura 4-12 Richness media e copertura media delle specie tipiche dell'habitat 9210 (Faggeti degli Appennini con Taxus e Ilex) IN/OUT	30
Figura 4-13 Richness specie tipiche dell'habitat in %(sul totale erbacee) e copertura % x plot	30

Capitolo 1: INTRODUZIONE E SCOPO DELLA TESI

Lo studio delle dinamiche vegetazionali legate agli eventi valanghivi è una tematica scarsamente affrontata nel mondo della comunità scientifica nazionale e internazionale. Gli studi attualmente pubblicati sono stati svolti essenzialmente sulla catena alpina (eg. Rixen et al. 2007, Komposch et al 2013) mentre scarsi o assenti sono quelli che hanno riguardato la dorsale appenninica.

Le valanghe temute come eventi considerati spesso catastrofici a causa della loro natura distruttiva e spesso imprevedibile possono svolgere un ruolo importante per la biodiversità e la sopravvivenza delle specie animali e floreali a rischio, salvaguardando le specie endemiche. (Christian Komposch, Thomas Frieß & Daniel Kreiner 2013). Come risulta dai diversi studi pubblicati nel corso degli anni, i disturbi in generale, sia di origine naturale che antropica sono le forze trainanti cruciali nei processi ecologici e nella biodiversità di molti ecosistemi (White 1979; Attiwill 1994; Frelich 2002) In particolare per gli ecosistemi forestali è stata dimostrato un incremento della diversità attraverso la frequenza di eventi naturali come gli incendi (e.g. Glitzenstein et al. 2003), tempeste di vento (e.g. Hiura 1995) o anche di attacchi di patogeni (e.g. Stone & Wolfe 1996). Il disturbo risultante riducendo la crescita e/o la densità degli alberi crea un habitat aperto nella foresta subalpina altrimenti chiusa favorevole anche al ringiovanimento del bosco attraverso i processi dinamici di recupero della vegetazione forestale (Major 1977; Butler 1979). Le tracce di valanghe inoltre contribuiscono in larga misura alla complessità paesaggistica delle Alpi europee e possono coprire, a seconda della topografia, più di un terzo della fascia forestale subalpina (Haag 2006).

Per quanto riguarda la morfologia ogni valanga presenta una zona di distacco, una di scorrimento ed una di accumulo (figura 1.1). La zona di distacco è l'area in cui la neve instabile si frattura e comincia a muoversi. La zona di scorrimento è l'area sottostante la zona di distacco che collega quest'ultima con l'area dove si accumula la valanga. La zona di accumulo (o deposito) è l'area dove avviene una rapida decelerazione, la neve si accumula e la valanga si arresta [McClung e Schaerer 1996]. Basandosi su queste tre zone, la Commissione Internazionale Neve e Ghiaccio dell'Unesco ha classificato le valanghe secondo criteri morfologici (tab. 1.1): vengono considerati, tra gli altri, il meccanismo d'avvio (cioè il tipo di

distacco), la forma di movimento, il contenuto di acqua nella neve e la posizione della superficie di scorrimento. Questa classificazione è illustrata graficamente dalla figura 1-1. Viene ora approfondita la suddivisione delle valanghe secondo il tipo di distacco: valanghe a debole coesione e valanghe a lastroni. (Iacoletti 2016).

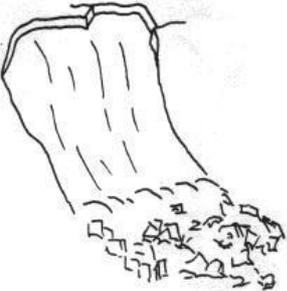
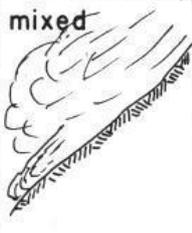
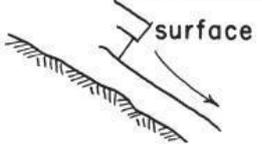
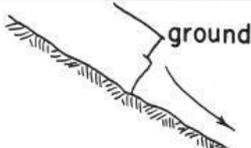
type of release	slab		loose snow
			
motion	air	ground	mixed
			
free water	dry	damp	wet
sliding base	surface		ground
			

Figura 1-1: Classificazione delle valanghe. Secondo il tipo di distacco (type of release), si hanno valanghe a lastrone (slab avalanche) o a debole coesione (loose snow avalanche); secondo il movimento (motion), valanghe polverose (air), radenti il terreno (ground) o miste (mixed); secondo il contenuto di acqua (free water), valanghe asciutte (dry), bagnate (wet), ed eventualmente umide (damp); secondo la superficie di scorrimento (sliding base), valanghe di superficie (surface) o di fondo (ground). [www.avalanche.org]

Il numero di eventi valanghivi annui è strettamente legato alla quantità presente di neve al suolo, tanto più lo spessore di neve aumenta, tanto più numerosi saranno i distacchi. In rapporto alla vegetazione interessata dall'evento valanghivo il bosco, grazie alla quantità di

fusti ad ettaro, influisce positivamente e significativamente sulla stabilità del manto nevoso. Tutti i test statistici confermano come, rispettando determinati parametri, il bosco possa prevenire il distacco di valanghe. È Infatti dimostrato come i principali parametri di popolamento (densità, copertura e area basimetrica) risultino significativamente più alti su tutte le aree di controllo, evidenziando appunto una maggiore capacità di trattenuta del manto nevoso. I test di regressione lineare indicano invece come il ruolo del bosco risulti tanto più importante quanto più la pendenza aumenta. (Carlo Zanrosso). Le aree di distacco, caratterizzate da suolo nudo e/o scarsamente vegetato ma anche da vegetazione erbacea ed arbustiva per contro possono favorire il distacco delle valanghe attraverso la creazione di uno strato cuscinetto che può costituire una superficie di scorrimento nell'interfaccia neve-suolo (Zanrosso 2017). In particolare la vegetazione erbacea, caratterizzata da altezze rilevanti, può venire schiacciata sotto il peso della neve formando una superficie liscia che rappresenta un piano preferenziale di scorrimento per le valanghe di fondo, in particolare se in concomitanza si verifica l'ingresso della componente basso-arbustiva (Newesely et al., 2000).

Per valutare il pericolo di valanghe a livello nazionale nel 1983 venne fondata l'Associazione Interregionale di coordinamento e documentazione per i problemi inerenti alla NEve e alle VALanghe (AINEVA). L'AINEVA coordina il lavoro dei centri regionali e provinciali che si occupano di pericolo valanghe ed emettono i bollettini. Il bollettino funge da base per valutare il pericolo di valanga e descrive la probabilità di distacco e la possibile entità di una valanga in una regione. La base informativa del bollettino è costituita da dati meteorologici e nivologici rilevati manualmente e/o automaticamente, profili stratigrafici e test di stabilità del manto nevoso, previsioni meteorologiche, segnalazioni di distacchi e riscontro sulla valutazione del pericolo da parte di scialpinisti e simili. la previsione e lo studio delle valanghe vengono supportati, data la loro diffusione sempre maggiore, dalla tecnologia dei sistemi informativi geografici (Geographyc Information Systems, GIS). Per quanto riguarda gli Eventi valanghivi significativi nelle Marche, questi sono da sempre stati registrati nella zona dei monti Sibillini. I dati sono stati in primo luogo raccolti dal catasto valanghe realizzato dal corpo forestale dello stato ma che già a inizio anni 90 veniva rivisto, finché nel febbraio 1998 veniva pubblicata la carta di localizzazione delle possibili valanghe CLPV dalla protezione civile della regione Marche a cura del Dr. Roberto Nevini. La carta in scala 1:25.000 divisa in due fogli e realizzata tramite fotointerpretazione di foto aeree e indagine in campo, aveva lo scopo di fornire informazioni di base necessarie alla individuazione dei problemi connessi con l'utilizzo antropico delle aree soggette a pericolo di valanghe. Eventi distruttivi storici come le slavine dei comuni di Montegallo e di Bolognola dove i danni si sono

contati sia in termini di morti che di infrastrutture hanno spinto alla costruzione della carta come strumento valido per la messa in sicurezza. Più recente è invece la cartografia regionale completa CLPV, sempre redatta dalla protezione civile marchigiana, nella quale emergono altre due zone oltre quelle già presenti nel primo studio redatto, si tratta del complesso del monte Catria e del monte San Vicino. Le segnalazioni fatte al monte S. Vicino appartengono all'inchiesta fatta per l'appennino centrale e sono slavine avvenute sullo stesso versante che condividono fra loro la stessa area di accumulo.

Viste le premesse iniziali, lo scopo di questo lavoro è quello di evidenziare l'eventuale recupero strutturale e floristico-vegetazionale (resilienza) della faggeta in seguito ad un evento valanghivo che nel 2007 ha interessato il versante settentrionale del Monte San Vicino (Appennino marchigiano), un'area già inclusa nelle zone a rischio valanghe della regione Marche. Specificatamente lo studio sarà condotto su due livelli: a livello di paesaggio mediante l'analisi diacronica 2004-2020 e a livello di habitat attraverso l'analisi floristico-vegetazionale lungo il tracciato della valanga e il confronto con la vegetazione forestale limitrofa non interessata dall'evento valanghivo.

Capitolo 2: AREA STUDIO

2.1 Localizzazione geografica

L'area studio è ubicata sul versante Nord-Ovest del monte San Vicino (Fig. 2-1) che con i suoi 1485m costituisce il rilievo montuoso più elevato della dorsale marchigiana. Specificatamente la traccia della slavina analizzata si estende dai 1150m ai 1255m di quota con inclinazioni medie di 60 gradi.

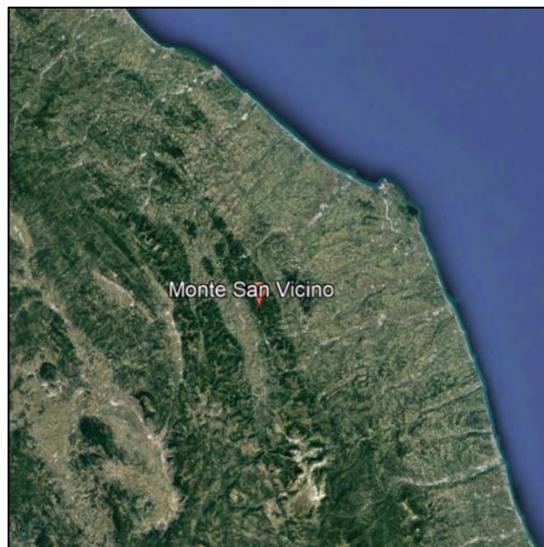


Figura 2-1. Localizzazione geografica dell'area studio

2.2 Caratterizzazione bioclimatica

Gli unici dati climatici disponibili presenti sulla dorsale del Monte San Vicino che possono essere utilizzati per l'area studio sono quelli provenienti dalla vicina stazione pluviometrica di El Cito (824 m s.l.m.). I dati si riferiscono alle sole precipitazioni medie mensili e annue registrate per un periodo significativo di 46 anni (Tab. 2-2)

Stazioni pluviometriche	quota in m	anni oss.	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D	P anno
Matelica	354	20	69	102	68	99	85	63	86	51	96	91	106	11	1027
Cerreto d'Esi	275	18	79	103	81	93	100	68	44	60	103	115	102	104	1052
Fabiano	357	49	80	82	70	79	83	66	49	59	82	95	106	94	945
San Giovanni	620	46	110	123	101	101	101	75	51	70	112	132	135	125	1236
Serra San Quirico	325	24	117	119	93	89	98	64	53	51	121	141	133	141	1220
Apiro	516	42	97	111	86	90	86	71	57	59	92	113	119	121	1102
Cupramontana	506	45	96	62	86	81	82	95	47	50	97	113	108	107	1024
Elcito	824	46	113	113	100	105	105	78	58	71	102	126	136	124	1231
Castelraimondo	307	35	101	111	82	91	91	57	57	62	100	108	100	124	1084
San Severino Marche	344	10	51	59	57	69	49	56	49	56	74	36	52	52	660
Serralta	546	44	78	79	76	76	73	53	38	48	72	84	92	100	869

Figura 2-2 Dati pluviometrici relativi alle stazioni meteorologiche ubicate nella dorsale del Monte San Vicino (da Allegrezza, 2003)

Come si può vedere dalla tabella, i valori più bassi delle precipitazioni si registrano in estate, nei mesi di giugno, luglio e agosto, mentre quelli più elevati nel periodo autunnale e invernale (da settembre a marzo). Le precipitazioni tuttavia si mantengono ancora elevate in primavera sino al mese di maggio. Il limite imposto dalla carenza di stazioni pluviometriche nella dorsale del Monte San Vicino è stato in parte superabile applicando il metodo proposto da Biondi & Baldoni (1995) che consente di individuare, per il territorio esaminato, nell'ambito dello stesso distretto bioclimatico temperato oceanico due piani bioclimatici: collinare (da 50 m a 850 m) e montano (da 850 m ai 1485 m che corrisponde alla cima del M. San Vicino) (Allegrezza 2003).

2.3 Caratteristiche litologiche

Dal punto di vista geologico, la dorsale del Monte San Vicino costituisce una macro anticlinale con andamento NNO-SSE; la catena è costituita essenzialmente da litotipi prevalentemente calcarei appartenenti alla nota Serie Umbro-marchigiana (Centamore et al., 1979;1991). In particolare, sulla base alla carta geologica e delle relative sezioni geologiche realizzate per la dorsale (Allegrezza 2003), risulta che l'area di studio è interessata dalla Formazione della Maiolica.

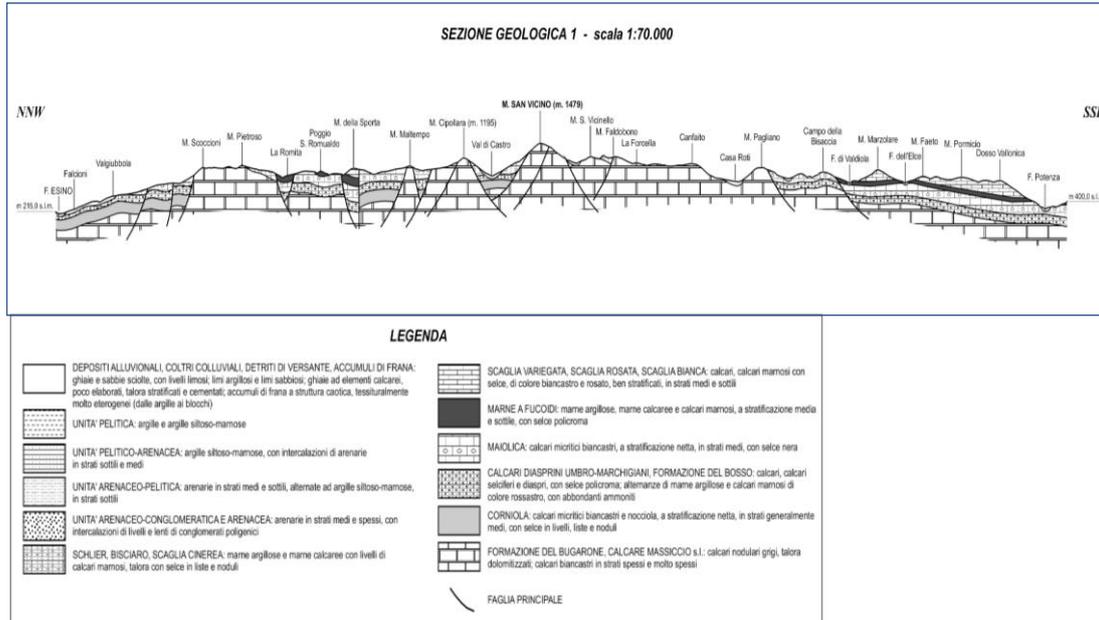


Figura 2-3 Sezione geologica relativa alla dorsale del Monte San Vicino (da Allegrezza 2003)

2.4 La vegetazione

La faggeta costituisce la vegetazione forestale tipica del piano bioclimatico montano. Sulla dorsale del Monte San Vicino, questa si rinviene sui 900-1000 m di quota nei versanti esposti a nord e sui 1100-1200 m in quelli esposti a sud. Il limite superiore attualmente raggiunto dal bosco si evidenzia sul versante meridionale del Monte San Vicino dove raggiunge 1400 m di quota (Allegrezza 2003). Nelle zone non occupate dal bosco sono presenti le praterie secondarie, localmente invase, nei settori più elevati e acclivi, da *Genista radiata* mentre quelle subprimarie si rilevano esclusivamente nelle posizioni di vetta del versante nord.

Dal punto di vista fitosociologico la faggeta dell'area studio interessata dall'evento valanghivo, come anche riportato nella mappa fitosociologica del SIC IT5330015 (Monte San Vicino), rientra nell'associazione basifila submontana *Lathyro veneti-Fagetum sylvaticae* Biondi, Casavecchia, Pinzi, Allegrezza & Baldoni 2002 dell'habitat prioritario 9210 "Faggete degli appennini con *Taxus* e *Ilex*".

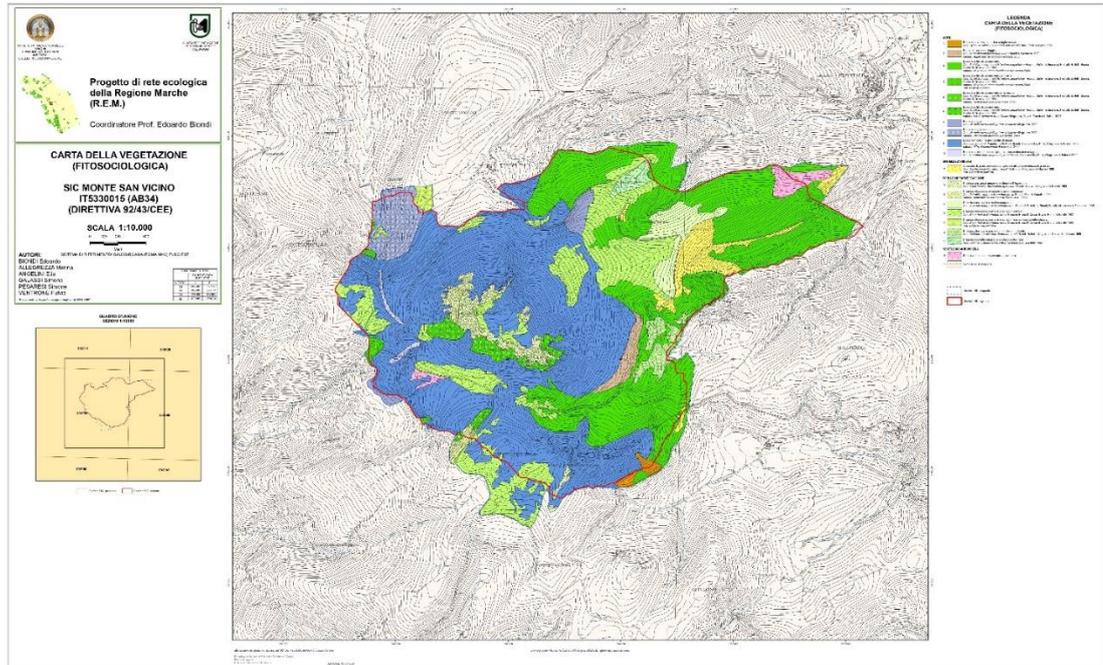


Figura 2-4 Carta fitosociologica del SIC IT5330015 “Monte San Vicino”, in azzurro pieno la faggeta dell’associazione *Lathyro veneti-Fagetum sylvaticae* (da Regione Marche http://www.ambiente.marche.it/Portals/0/Ambiente/Natura/ReteNatura2000/CARTE_FITO_HABITAT/)

2.5 Le aree protette: la Riserva Naturale del Monte San Vicino e del Monte Canfaito

La Riserva istituita nel 2009 comprende il sito di importanza comunitaria SIC IT5330015 “Monte San Vicino”, la zona di protezione speciale ZPS IT5330025 “Monte San Vicino e Monte Canfaito” e due aree floristiche n. 54 “Monte San Vicino” e n. 55 “Piani di Canfaito” istituite con L.R n. 52 del 20 dicembre 1974.

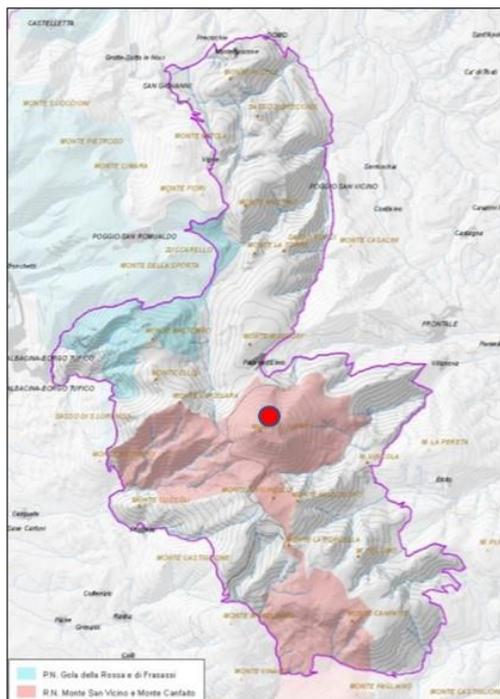


Figura 2-5. La Riserva Naturale del Monte San Vicino e Monte San Vicino evidenziata in rosa all'interno della ZPS IT5330025 "Monte San Vicino e Monte Canfaieto"

Gli habitat di interesse prioritario presenti si riferiscono essenzialmente alle faggete dell'habitat *9210 "faggete degli appennini con *Taxus* e *Ilex*" e alle praterie secondarie dell'habitat *6210 "Formazioni erbose secche seminaturali e facies coperte da cespugli su substrato calcareo (*Festuco-Brometalia*) (*stupenda fioritura di orchidee)".

La Riserva Naturale del Monte San Vicino e del Monte Canfaieto che comprende principalmente tenimenti demaniali regionali, fra cui l'area presa in studio che è proprietà della regione marche.

La riserva è stata istituita ai seguenti scopi:

- la protezione e conservazione delle specie floristiche rare, esclusive e in via di scomparsa, compresi gli ambienti di particolare interesse biologico-naturalistico e le associazioni vegetali alle quali danno ricetto;
- il mantenimento dell'attuale assetto vegetazionale sulle montagne e nell'alta collina, già molto deturpato nel corso dei secoli, onde evitare ulteriori degradazioni e riduzioni (aspetto ecologico ed economico);
- la salvaguardia delle caratteristiche estetiche e storiche di quegli elementi vegetali che caratterizzano l'ambiente regionale;

- il ripristino, consolidamento e sviluppo del patrimonio botanico e vegetazionale a fini ecologici e di difesa del suolo.

- di conservare le emergenze ambientali, fra cui biotipi di particolare interesse geologico, paesaggistico e naturalistico come la “Gola di Jana”, “Bocca de Pecu”, “Sasso Forato”

- salvaguardare valori antropologici e archeologici accertati (grotte, anfratti e ripari sotto roccia abitati sin dalla preistoria e dove sono stati rinvenuti strumenti ed utensili in pietra).

Faunisticamente va ricordata la presenza dell’aquila reale e di numerosi altri accipitridi come l’astore, il biancone, il nibbio reale, il lanario ed il falco pellegrino. Importante anche la presenza del lupo e del gatto selvatico.

La Riserva viene gestita dall’unione montana Alte Valli del Potenza e Esino e interessa i comuni di San Severino, Matelica, Apiro e Gagliole e ha una superficie di quasi 2000 ha. Insieme al Parco Naturale Regionale della Gola della Rossa e di Frasassi costituisce la maggiore area protetta delle Marche la cui superficie raggiunge quasi i 12.000 ha. (<http://www.riservamontesanvicino.it/la-riserva/>).

2.6 La storia e l’attuale piano di gestione

Le faggete della dorsale del Monte San Vicino sono per la maggior parte boschi cedui invecchiati e pascolati, solo in alcuni settori che riguardano le pendici di M. San Vicino e M. Cipollara, M. Canfaieto, M. Moscosi, versante sud di M. San Vicinello, M. Pulcino e M. Faldobono, si rinvengono, anche se non estesi, boschi governati ad alto fusto. Particolare interesse meritano i faggi secolari, isolati e in piccoli gruppi, presenti nelle praterie lontane di M. Canfaieto e M. San Vicino che sono stati appositamente lasciati per permettere al bestiame di ripararsi nelle ore più calde. (Allegrezza 2003)

Attualmente la gestione dell’Area Demaniale ricadente all’interno della Riserva Naturale Regionale del Monte San Vicino e Monte Canfaieto, è stato commissionato dalla Comunità Montana Alte Valli del Potenza e dell’Esino, la quale ha redatto un Piano di Assestamento forestale (PAF) con periodo di validità 2015-2029 con l’obbiettivo non solo di tenere in debito conto la funzione economica derivante dal taglio dei boschi ma allo stesso tempo uno strumento di programmazione allargato alle altre importanti funzioni che il complesso forestale assolve: la funzione naturalistico paesaggistica, quella di difesa idrogeologica e quella turistico-ricreativa e didattico-ambientale.

L’area oggetto di pianificazione è stata, fin dall’inizio del secolo scorso, un territorio d’incontro tra due ecosistemi: quello montano e quello agropastorale. La storia e l’evoluzione della foresta partono proprio da questo punto di incontro. Le attività che nei secoli si sono

susseguite sono state essenzialmente legate all'uso della risorsa bosco per la produzione di carbone e legna da ardere, allo sfruttamento delle aree pianeggianti per la coltivazione agricola, all'impiego delle aree cacuminali e marginali per il pascolo ovino e caprino, talvolta, vaccino ed equino. Le faggete del San Vicino e del Monte Canfaieto invece, erano tipicamente, aree dove era in uso la carbonizzazione, testimoniata dalle numerose aie carbonili rilevabili in bosco.

Secondo l'analisi diacronica fatta nel piano di gestione delle ortofoto per un periodo di circa 25 anni, degli anni 1988, 1994, 2000 e 2012, disponibili sul sito web del portale cartografico nazionale, emerge che:

1. Le superfici forestali sono sensibilmente incrementate a discapito: in misura minima delle grandi aree pastorali che non hanno subito sostanziali perdite, e, di gran lunga, delle piccole chiarie intrasilvatiche o degli arbusteti.

2. I boschi hanno incrementato la densità e copertura; solo in alcune zone persistono coperture non continue dovute probabilmente alla scarsa fertilità dei suoli.

3. È pressoché scomparso il trattamento a ceduo matricinato.

4. Dove sono state mantenute le pratiche pastorali non si è assistito ad un decremento delle aree aperte a vantaggio del bosco.

5. Le aree aperte marginali, pascoli o arbusteti, sono man mano evolute a forme forestali più strutturate.

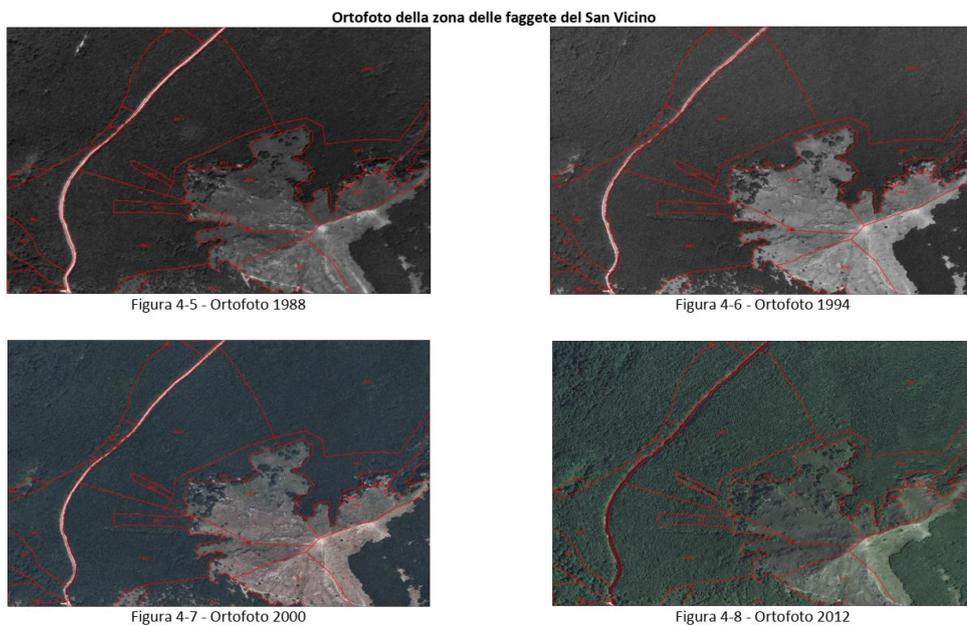


Figura 2-6 *evoluzione diacronica dell'area presa in studio*

Per quanto riguarda l'area studio, nel piano di gestione la faggeta viene descritta come bosco ceduo invecchiato di latifoglie varie a struttura verticale monoplana (struttura orizzontale regolarmente distribuita con densità non colma) e con aspetto tipico di un ceduo invecchiato di alta quota al confine con aree pastorali scarsamente utilizzate. Sempre nel piano di gestione, l'area prativa superiore al bosco viene riportata come: "prato pascolo scarsamente utilizzato identificabile come un pascolo nudo con poca presenza di arbusti, nell'ordine del 5%".

2.7 La Carta della Localizzazione Probabile delle Valanghe e l'area del Monte San Vicino

Come riportato dalla Carta Localizzazione Probabile delle Valanghe della Regione Marche (<https://ctr.regione.marche.it/CLPV/>), realizzata dalla protezione civile, la slavina dell'area studio è indicata insieme alle altre storiche precedenti che hanno impegnato lo stesso versante, condividendo la zona di accumulo.

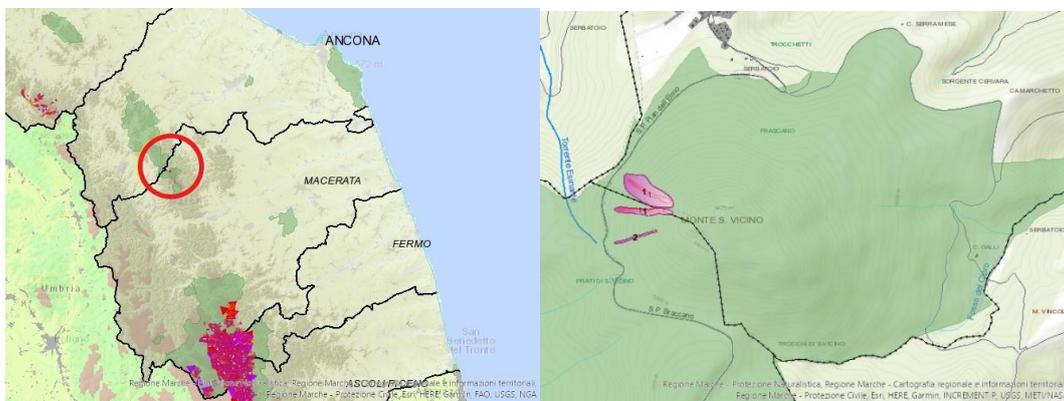


Figura 2-7 Carta della Localizzazione Probabile delle Valanghe della regione Marche con evidenziata l'ubicazione dell'area a rischio valanghe del Monte San Vicino (<https://ctr.regione.marche.it/CLPV/>)

Capitolo 3: MATERIALI E METODI

3.1 Analisi diacronica della vegetazione (2011-2016-2020) sulla traccia della slavina

L'analisi diacronica della vegetazione interessata dall'evento valanghivo è stata realizzata utilizzando 3 immagini di archivio disponibili su Google Earth Pro che si riferiscono rispettivamente al 2011, 2016 e 2020. La scelta delle immagini è stata fortemente condizionata dalla qualità delle stesse.

Per l'analisi diacronica che è stata condotta su base esclusivamente fisionomica è stata considerata la variazione della copertura forestale lungo la traccia valanghiva.

3.2 Disegno sperimentale e analisi floristico vegetazionale

Lungo la traccia della valanga, mediante Google Earth Pro, sono stati presi 5 centroidi (IN) e 5 corrispettivi esterni in bosco indisturbato (OUT). I centroidi (fig. 3-2.) sono stati posizionati in maniera equidistante utilizzando come criterio l'altitudine. Il primo centroide è posizionato nella parte basale della traccia della slavina e gli altri 4 ogni 25 m di altitudine. L'ultimo è stato posizionato al limite superiore del bosco da dove è partito il fenomeno valanghivo. Per ritrovare il centroide in campo è stato utilizzato un variometro digitale dotato di GPS e per ogni rilievo IN sono state recuperate le coordinate in campo.

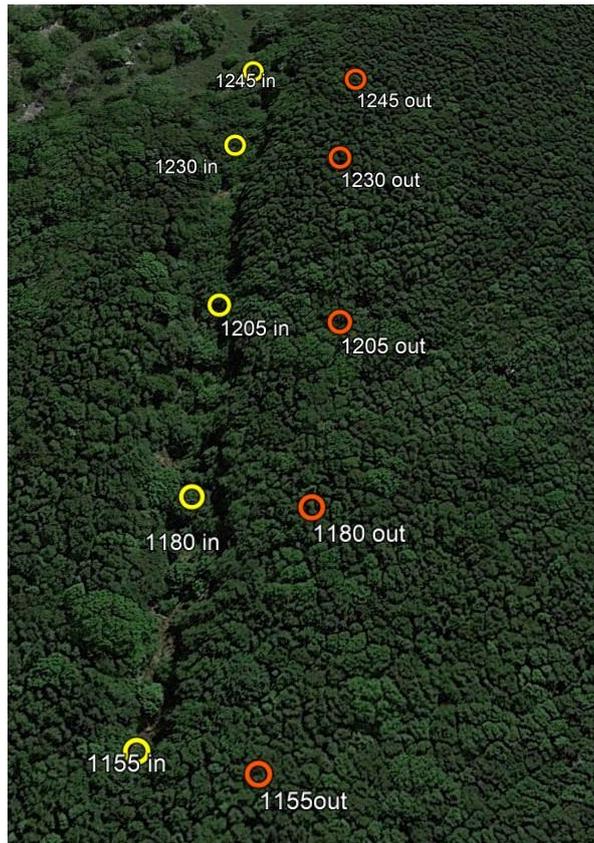


Figura 3-1 rappresentazione dei rilievi IN/OUT

Fig 3.2

base slavina	1150m		
Rilievo	altitudine	coordinate	
1in	1155m	34 22 67	47 99 666
2in	1180m	34 23 10	47 99 638
3in	1205m	34 23 39	47 99 610
4in	1230m	34 23 63	47 99 601
5in	1245m	34 23 76	47 99 581

Figura 3-2 Altitudine e coordinate relative ai 5 centroidi individuati lungo la traccia della slavina

3.3 Analisi floristico-vegetazionale

In corrispondenza di ogni centroide è stata dapprima misurata la larghezza della traccia della valanga, chiaramente visibile per la diversa fisionomia e struttura della vegetazione rispetto al bosco indisturbato. Ogni centroide è stato utilizzato per effettuare il rilievo floristico vegetazionale su un'area di 100 mq. Sono state elencate tutte le specie vascolari presenti all'interno del rilievo nei seguenti strati strutturali:

Alto arboreo

Basso arboreo

Alto arbustivo

Basso arbustivo

Erbaceo

Rinnovazione

Per ciascuna specie è stata stimata la copertura in percentuale. Sono stati quindi raccolti anche dati sulla percentuale di copertura totale e per strato strutturale, la presenza di lettiera, di suolo nudo e di necromassa al suolo.

Per avere informazioni più complete sul settore sommitale della traccia valanghiva in collegamento con le praterie, il rilevamento floristico-vegetazionale ha riguardato anche la vegetazione erbacea.

La matrice dei rilievi ottenuta consta di 10 rilievi x 97 specie. La nomenclatura delle specie segue la check list della Flora italiana (Bartolucci et al. 2018) mentre le forme biologiche e corologiche seguono Pignatti (1982). Sulla base della letteratura fitosociologica (es. Allegrezza 2003), per ogni specie è stato attribuito il significato ecologico-ambientale di appartenenza: specie forestale e nemorale, ecotonale (preforestale e di orlo); non forestale (pascolo, ruderaie, ecc.). Specificatamente sono state considerate le seguenti categorie ecologico-ambientali: forestali legnose, nemorali, preforestali, orlo e prateria (incluse le ruderali). Infine per le specie erbacee tipiche dell'habitat 9210 è stato consultato il manuale Italiano di interpretazione degli habitat (<http://vnr.unipg.it/habitat/index.jsp>).

3.4 Analisi statistica dei dati

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.

Capitolo 4: **RISULTATI E DISCUSSIONE**

4.1 Morfologia della traccia valanghiva e analisi diacronica della vegetazione (2011-2020)

4.1.1. Morfologia della traccia valanghiva

La traccia valanghiva in studio si estende da 1155 a 1255 m s.l.m. con un dislivello di 100 m. La morfologia si presenta lineare da 1155 a 1230 m s.l.m. A 1230 m di quota si biforca poi in due rami distinti sino al limite superiore del bosco a contatto con la prateria sommitale. Specificatamente il ramo principale si estende sino a 1255 m mentre quello secondario a 1240 con una divergenza massima di circa 17 m. L'ampiezza della traccia valanghiva non risulta omogenea, in particolare lo spessore più consistente si rileva verso la parte centrale della traccia a quota 1180 m s.l.m. e 1205 m rispettivamente con 14,5 m e 13,5 di larghezza a terra mentre risulta più stretto alle estremità alle quote 1155 (larghezza 8,5 m) e 1230 (larghezza 10 m).

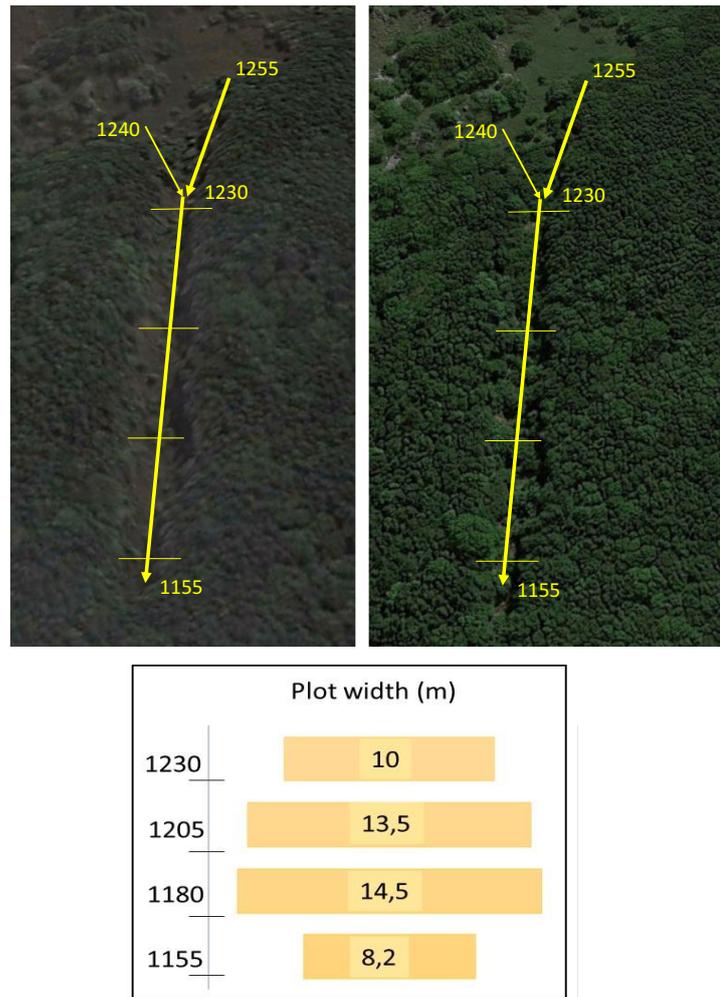


Figura 4-1. Morfologia della traccia valanghiva relativa al 2011 (a sinistra) e al 2020, sotto le misure dei della traccia eseguite a terra in corrispondenza delle quote: 1155, 1180, 1205 e 1230 m s.l.m. (immagini da Google Earth Pro).

4.1.2. Analisi diacronica della copertura forestale

L'analisi diacronica (2011-2015-2020) sulla fisionomia della vegetazione presente lungo la traccia valanghiva da 1155 a 1230 m s.l.m. e relativa al periodo 2011-2016-2020 ha permesso di evidenziare le seguenti variazioni nel tempo:

Nel 2011 a 4 anni di distanza dall'evento valanghivo si evidenzia la marcata differenza della copertura forestale lungo la traccia valanghiva e l'ambiente boschivo circostante. La

copertura forestale all'interno della traccia valanghiva e in particolar modo nei settori dove lo spessore risulta più ampio è praticamente assente.

Nel 2016 si registra un aumento di copertura generale lungo la traccia valanghiva e la presenza di nuovi arbusti/giovani individui arborei anche nelle zone più aperte.

Nel 2020 gli spazi aperti lungo la traccia valanghiva sono pressochè scomparsi; la copertura delle chiome tende a chiudere la traccia, La fisionomia della vegetazione lungo la traccia valanghiva tende a uniformarsi con quella dell'ambiente boschivo circostante

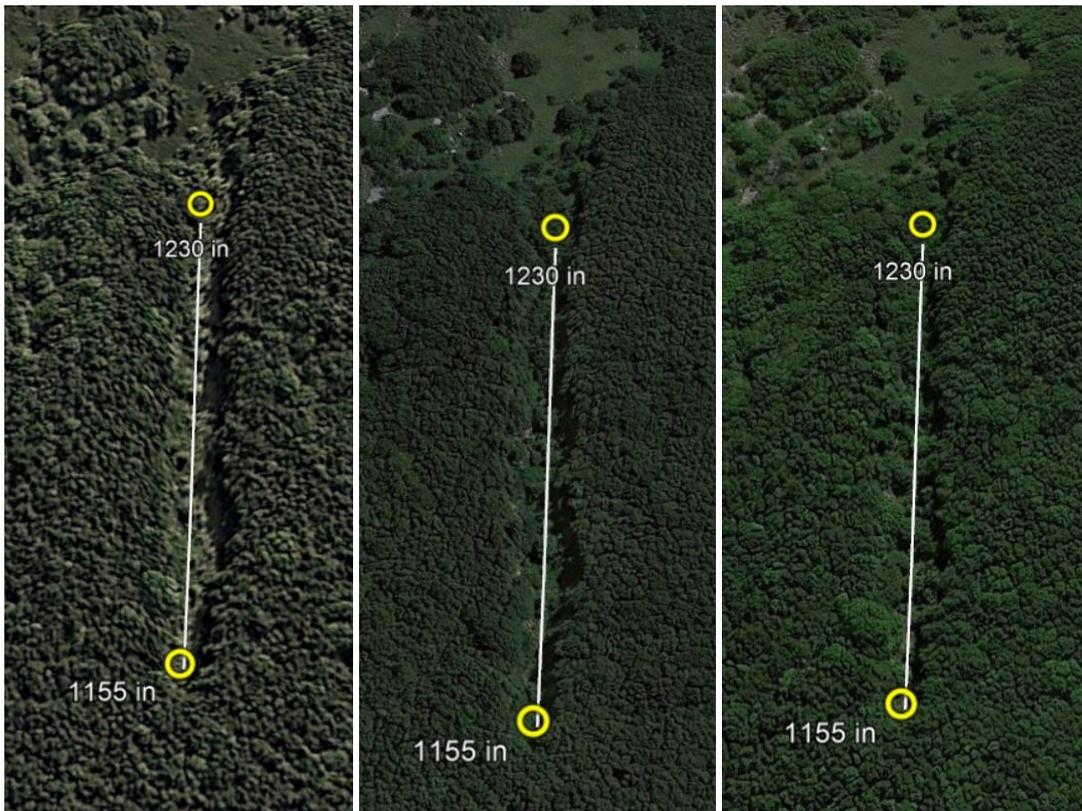


Figura 4-2. Confronto della copertura vegetazionale lungo la traccia valanghiva dalla base (1155 m s.l.m.) a 1230 m e relative agli anni 2011, 2016 e 2020 (immagini da Google Earth Pro).

4.2 Analisi floristico-vegetazionale

4.2.1 Assetto strutturale e floristico-vegetazionale

Grazie alle elaborazioni statistiche dei dati è stato possibile realizzare la cluster analysis e l'ordinamento (PCoA) per evidenziare eventuali somiglianze e differenze tra i rilievi che come

già indicato nel capitolo materiali e metodi tengono conto sia degli aspetti strutturali che di quelli floristico-vegetazionali.

Il dendrogramma ottenuto dalla matrice dei rilievi evidenzia due gruppi principali di rilievi: il primo riunisce i rilievi eseguiti all'interno della traccia valanghiva (IN) mentre il secondo quelli eseguiti esternamente, nel bosco limitrofo indisturbato (OUT). Come risultava anche nell'analisi fisionomica precedente (Fig. 4-2), i plot IN (della zona di disturbo) presentano caratteristiche strutturali e floristico-vegetazionali nettamente diverse rispetto ai plot OUT (zona del bosco indisturbato).

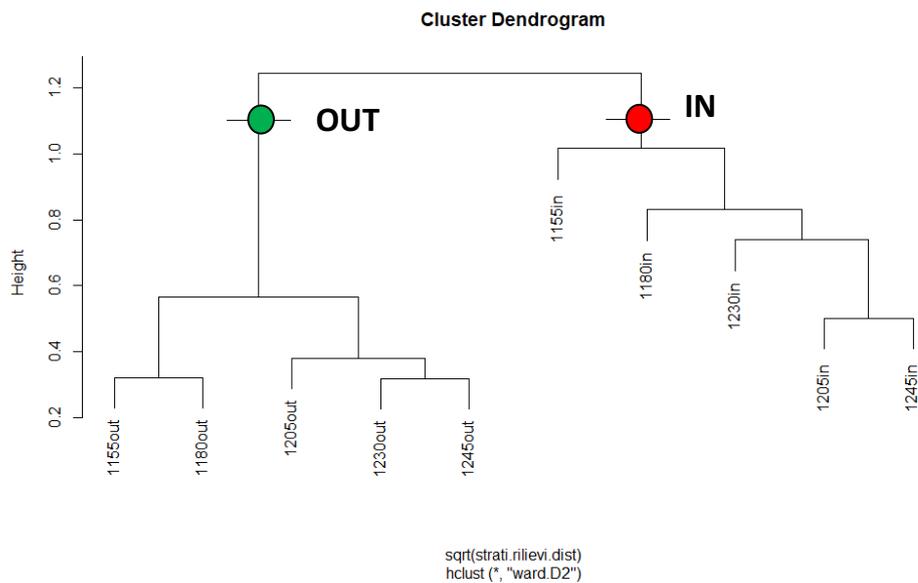


Figura 4-3 Dendrogramma ottenuto dalla matrice dei dati mediante Cluster analysis (Ward)

)

L'ordinamento dei rilievi (PCoA) lungo i due assi principali DIM1 e DIM2 evidenzia sia la variazione floristico-strutturale tra due gruppi principali IN e OUT che la variabilità all'interno di ciascun gruppo. In particolare lungo l'asse principale DIM1 della PCoA si evidenzia come i plots in OUT siano molto simili fra di loro per caratteristiche floristiche e strutturali mentre i plots in IN risultano dissimili non solo rispetto ai plot OUT ma anche fra di loro. Questo risultato sarà sicuramente più comprensibile approfondendo la nostra analisi dal punto di vista del significato delle specie coinvolte.

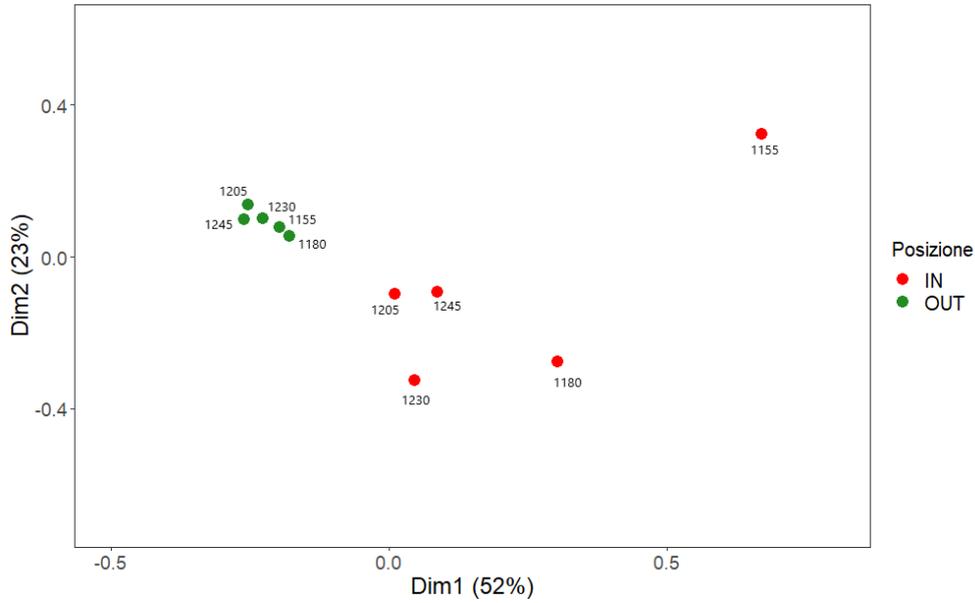


Figura 4-4. Ordinamento dei rilievi (PCoA) lungo le due componenti principali (Dim1 e Dim 2)

La copertura dello strato arboreo in generale (Fig. 4-4) può essere considerato il fattore che guida la variazione floristico-strutturale lungo l'asse principale DM1. Il plots 1155 è quello che si separa nettamente da tutti gli altri per l'assenza dello strato arboreo alto e basso. Ciò può essere spiegato dalla posizione del plot in prossimità della base della slavina che sebbene presenti il valore dell'ampiezza più basso lungo la traccia valanghiva unitamente al 1230 ha subito più lungamente il disturbo legato all'accumulo della necromassa. Per contro nel Plot 1230 si registra il valore più elevato, unitamente al 1180, tra tutti plots per la copertura basso arborea (Fig. 4-5).

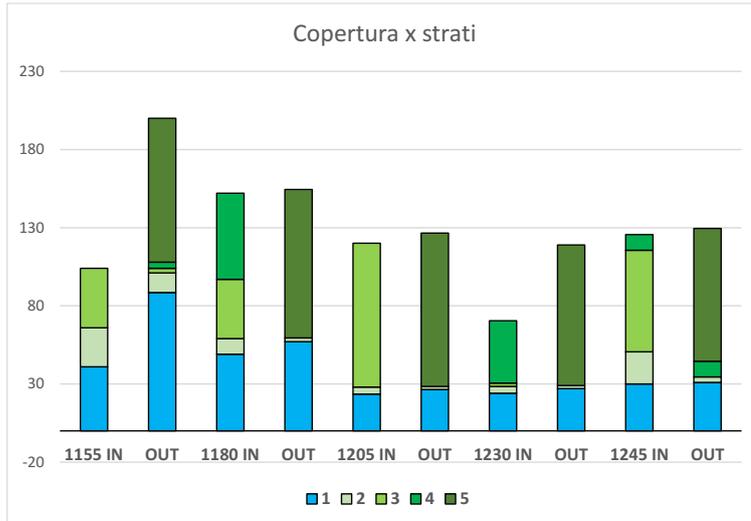


Figura 4-5 Grafico a barre sovrapposte con la copertura negli strati considerati (5 alto arboreo, 4 basso arboreo, 3 alto-arbustivo, 2 basso arbustivo ed 1 erbaceo).

Per quanto riguarda la copertura del faggio negli strati dei plots in IN compresa la rinnovazione (fig. 4-6), i risultati evidenziano come la della copertura del faggio si registri principalmente nello strato alto-arbustivo ad eccezione del Plot 1155 dove il faggio è assente sia nello strato alto che basso arbustivo. La rinnovazione è pressochè assente in tutti i plots. Di particolare interesse è il plot 1230 dove la maggior parte della copertura dello strato basso arboreo che si attesta al 40% è rappresentata dal faggio (30%).

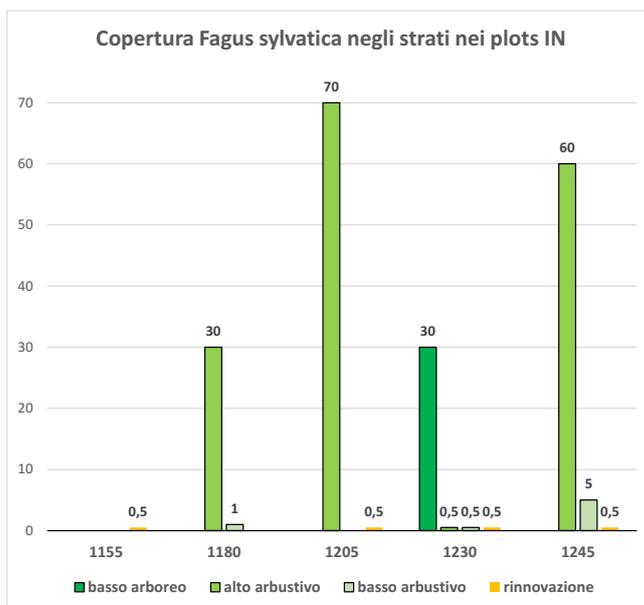


Figura 4-6 copertura *Fagus s.* negli strati dei plots in IN

Infine, relativamente alla rinnovazione (fig. 4-7) sempre relativamente ai plots in IN si registra che la copertura è rappresentata in tutti i plots con il valore massimo nel plot 1150 e rappresentata principalmente da *Acer opalus* subsp. *obtusatum* e *Fraxinus ornus*.

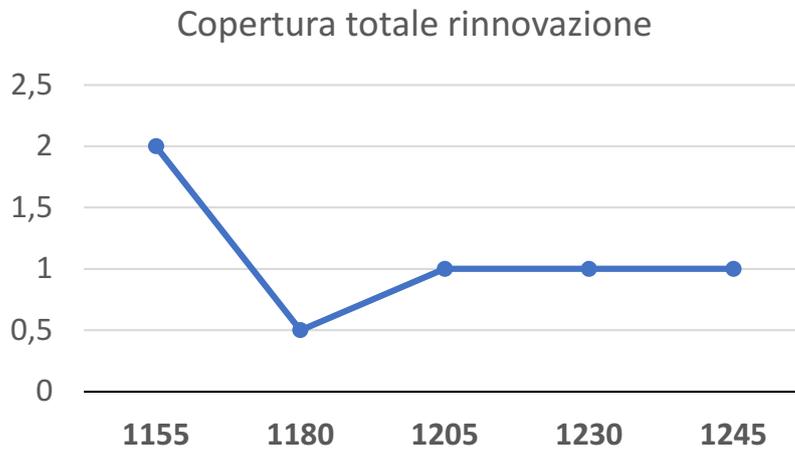


Figura 4-7 Copertura della rinnovazione x plot

4.2.2. Richness e categorizzazione ecologico-ambientale delle specie

Il numero medio di specie nel gruppo dei rilievi in IN è più elevata di quella in OUT (Fig. 4-8). Ciò si conferma per tutti i plots (Fig. 4-9), lo stesso risultato si ottiene applicando l'indice di biodiversità di Shannon (Fig. 4-8).

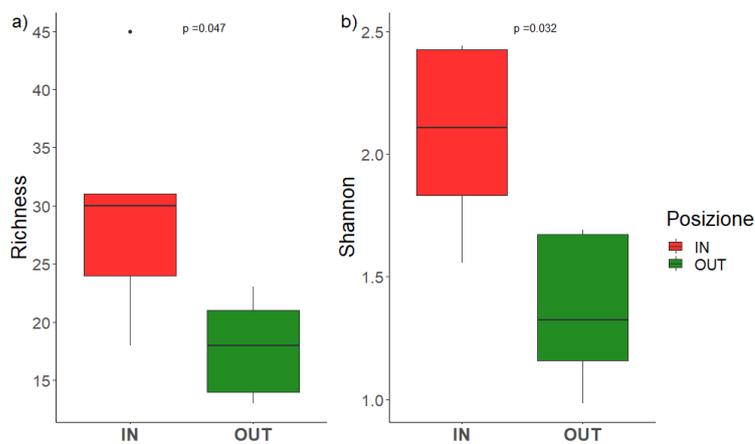


Figura 4-8 Box plot: a) richness media b) indice di biodiversità di Shannon media

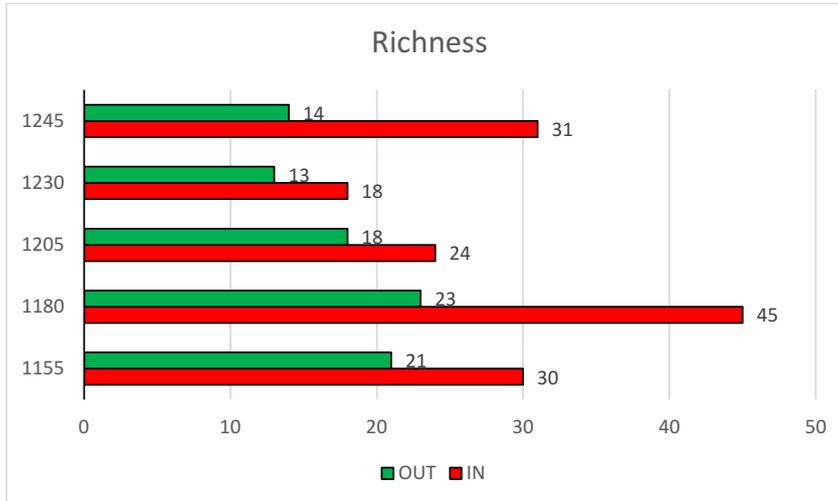


Figura 4-9 Richness a livello dei plots

Considerando le categorie ecologico-ambientali di appartenenza delle singole specie in: forestali legnose, nemorali, preforestali, di orlo e di prateria, risulta che in media i plots IN sono più diversificati rispetto ad OUT evidenziando la dinamica vegetazionale in atto lungo la traccia valanghiva (Fig. 4-9). In particolare si rileva l'elevata diversità delle specie eliofile di prateria in IN che sebbene non raggiungano elevati valori di copertura (Fig. 4-10) sono pressochè esclusive dei plots lungo la traccia valanghiva testimoniandone le condizioni di apertura. Per contro le nemorali che sono specie sciafile, risultano più elevate in OUT in termini di copertura anche se in questa posizione il numero di specie è più basso rispetto ad IN (Fig. 4-10). La faggeta indisturbata, caratterizzata in termini di copertura da specie forestali legnose e nemorali, si differenzia nettamente dall'ambiente dell'ex-slavina dove la minore copertura media delle chiome ha permesso l'ingresso di specie ecotonali e di prateria (Fig. 4-10 e Fig. 4-11).

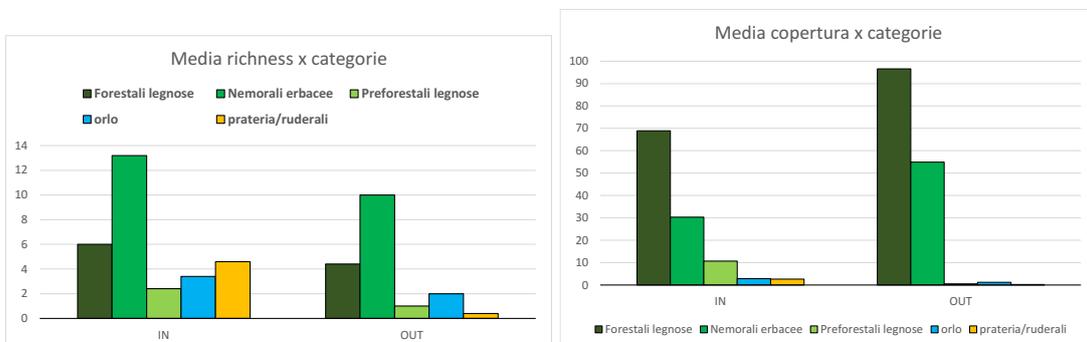


Figura 4-10 Media richness (a sinistra) e copertura media delle categorie floristico-ecologiche nei plots IN/OUT

I risultati ottenuti con la richness media per gruppi di rilievi si confermano anche nei singoli plots. La richness in percentuale dei plots in IN sono contraddistinte da una buona presenza di specie di prateria che nelle zone OUT sono totalmente assenti e di ecotonali (preforestali e di orlo) con l'eccezione del plot 1230 IN.

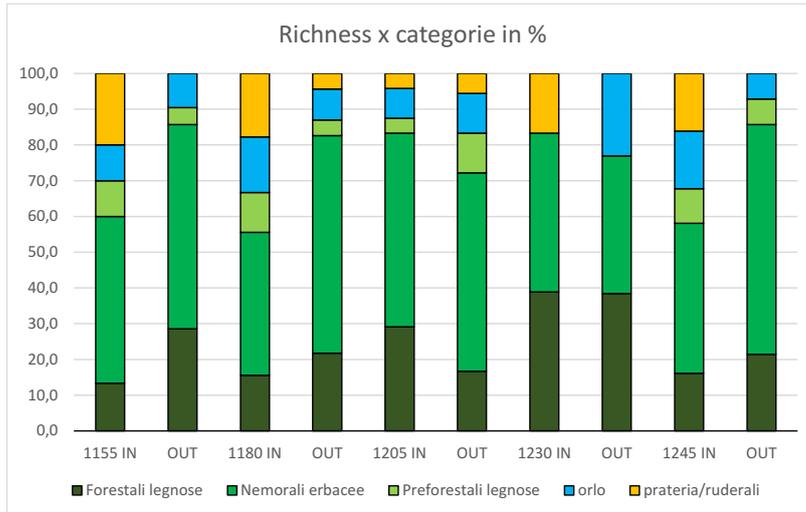


Figura 4-11 richness in % delle categorie floristico-ecologiche per plot

Il dato interessante è che in generale nell'ambiente IN non hanno beneficiato solo le specie erbacee di orlo e prateria ma anche le specie nemorali tra cui le tipiche dell'habitat prioritario 9210 (Faggete degli Appennini con *Taxus* e *Ilex*) (Fig. 4-12). Questo probabilmente è dovuto dal fatto che lungo la traccia valanghiva si sono venute a creare delle condizioni ambientali diversificate (luce) in confronto all'ambiente boschivo, permettendo la coesistenza specie con diversa esigenza nei riguardi della luce: eliofile (prateria), ecotonali (orlo) e sciafile (nemorali). La presenza di specie nemorali si può collegare alla copertura arboreo/arbustiva che si è ricostituita nel tempo nel letto della valanga grazie anche alle sue dimensioni relativamente contenute (la larghezza non supera mai i 15 m (Fig. 4.1.1.). Infine è probabile che l'evento valanghivo non abbia determinato le condizioni estreme di sradicamento totale delle ceppaie, per cui le specie sciafile nemorali si possono essere mantenute anche grazie all'ombra offerta dai rari individui arborei sopravvissuti al disturbo.

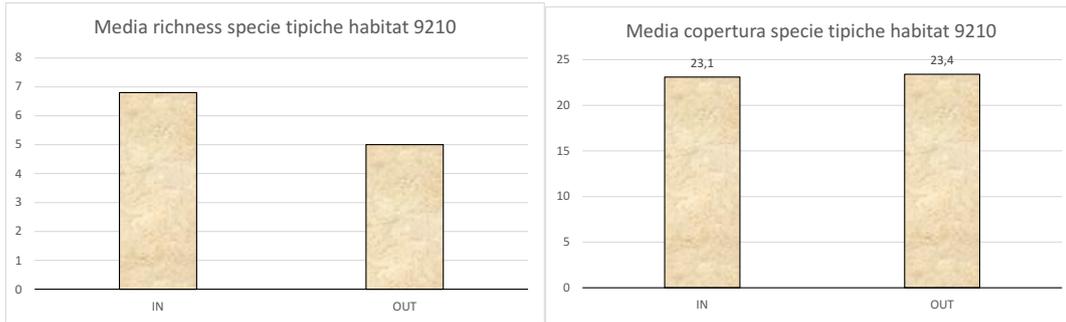


Figura 4-12 Richness media e copertura media delle specie tipiche dell'habitat 9210 (Faggeti degli Appennini con *Taxus* e *Ilex*) IN/OUT

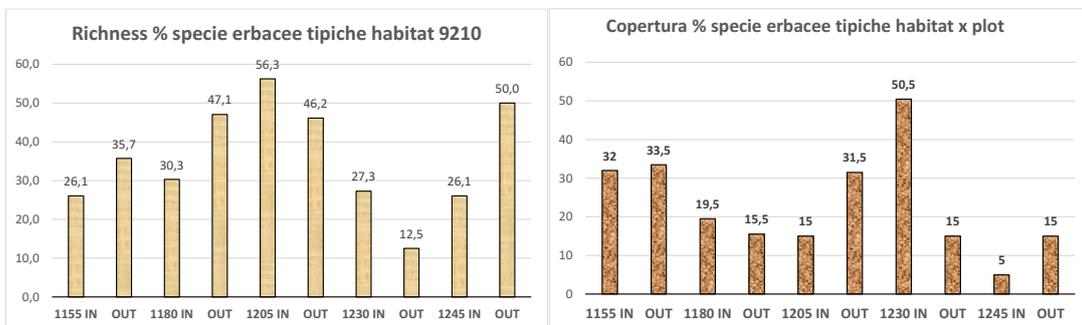


Figura 4-13 Richness specie tipiche dell'habitat in % (sul totale erbacee) e copertura % x plot

Il disturbo legato all'evento valanghivo che ha determinato le marcate differenze strutturali e floristiche descritte in precedenza tra IN e OUT non è risultato in generale significativo in termini di copertura media (Fig. 4-12) per le specie erbacee tipiche dell'habitat 9210 (Faggeti degli Appennini con *Taxus* e *Ilex*) mentre la richness media più elevata si registra in IN. Considerando la richness delle specie tipiche dell'habitat sul totale delle erbacee x plot risulta che in 2 plots su 5, plots 1205 e 1230, sono più rappresentate in IN rispetto che in OUT (Fig. 4-13). Se per contro consideriamo la copertura il valore più elevato tra tutti i plots si registra nel plot 1230 IN. Questo dato si potrebbe collegare con la struttura e in particolare con la copertura bassa arborea data principalmente da faggio che contraddistingue questo plot rispetto agli altri in IN e che testimonia l'avanzata dinamica di ricostruzione della faggeta in questo tratto della traccia valanghiva.

Capitolo 5: CONCLUSIONI

La ricerca eseguita ha permesso di evidenziare il recupero strutturale e floristico-vegetazionale (resilienza) della faggeta in seguito all'evento valanghivo del 2007 sia a livello di paesaggio mediante l'analisi diacronica 2011-2020 che a livello di habitat attraverso l'analisi floristico-vegetazionale lungo il tracciato della valanga e il confronto con la vegetazione forestale limitrofa indisturbata.

Dall'analisi diacronica sulla fisionomia della vegetazione (2011-2020) risulta che a 13 anni dall'evento valanghivo la vegetazione lungo il tracciato tende a omogenizzarsi con il bosco circostante testimoniando un'avanzata dinamica di recupero della vegetazione forestale.

L'analisi strutturale e floristico-vegetazionale ha permesso di evidenziare lo stato di avanzamento puntuale del processo di recupero lungo la traccia valanghiva. A livello strutturale le differenze con il bosco indisturbato risultano sono ancora nette per l'assenza lungo il tracciato della componente arborea e la presenza di una stratificazione diversificata legata alla dinamica di recupero in atto evidenziata anche dalle categorie ecologico-ambientale delle specie coinvolte e in particolar modo dalle specie ecotonali preforestali e di prateria. In particolare la diversificazione delle condizioni di luce al suolo ha consentito lungo la traccia valanghiva la coesistenza di specie erbacee con diverso significato ecologico ambientale: ecotonali di orlo, eliofile di prateria e sciafile nemorali tra cui le specie tipiche dell'habitat 9210 (Faggete degli appennini con *Taxus* e *Ilex*). Infine la richness risultata nettamente più elevata lungo la traccia valanghiva rispetto al bosco limitrofo indisturbato è in linea con quanto già pubblicato in letteratura. È infatti noto in letteratura come le valanghe quale elemento di disturbo possano creare delle condizioni ambientali diversificate e per questo contribuiscono direttamente alla complessità paesaggistica e indirettamente come promotori di biodiversità.

Sulla base dei risultati ottenuti si può affermare che la vegetazione forestale ha dimostrato un'elevata resilienza a soli 13 anni dall'evento valanghivo favorita tuttavia anche dalle dimensioni relativamente contenute della traccia valanghiva che ha consentito alle specie forestali e in particolar modo a quelle nemorali di recuperare e/o di mantenersi nel tempo.

BIBLIOGRAFIA

- AINEVA <https://www.aineva.it/>
- Allegrezza, M. (2003). Vegetazione e paesaggio vegetale della dorsale del Monte San Vicino (Appennino centrale). Società Italiana di Fitosociologia.
- Attiwill, P. M. (1994). The disturbance of forest ecosystems: the ecological basis for conservative management. *Forest Ecology and management*, 63(2-3), 247-300.
- Bianchi, G., Verdi, G. & Rossi, M., 2018. Titolo dell'articolo. *Journal Name*, 48(3), pp. 11-15.
- Butler, D.R. 1979. Snow avalanche path terrain and vegetation, Glacier National Park, Montana. *Arct. Alp. Res.* 11, pp 17-32
- Calamita, F., Cello, G., Centamore, E., Deiana, G., Micarelli, A., Paltrinieri, W., & Ridolfi, M. (1991). Stile deformativo e cronologia della deformazione lungo tre sezioni bilanciate dall'Appennino umbro-marchigiano alla costa adriatica.
- CALAMITA, F., CENTAMORE, E., CHIOCCHINI, U., DEIANA, G., MICARELLI, A., POTETTI, M., & ROMANO, A. (1979). Ricerche stratigrafiche sui sedimenti miocenici del bacino di Camerino (Marche centro-meridionali).
- Carlo zanrosso, 2018. VALANGHE IN BOSCO NELLE ALPI VENETE: IL RUOLO DELLA COMPONENTE FORESTALE. PaDUA sistema bibliotecario di ateneo <http://tesi.cab.unipd.it/57315/>
- Carta Localizzazione Probabile delle Valanghe della Regione Marche <https://ctr.regione.marche.it/CLPV/>
- Christian Rixen, Susanne Haag, Dominik Kulakowski, Peter Bebi, 2007. Natural avalanche disturbance shapes plant diversity and species composition in subalpine forest belt. *Journal of vegetation sciences*, 18(5), pp. 735-742.
- De Caceres M, Font X, Oliva F (2010). The management of vegetation classifications with fuzzy clustering, volume 21. doi: 10.1111/j.1654-1103.2010.01211. x.

- Frelich, L. E. (2002). Forest dynamics and disturbance regimes: studies from temperate evergreen-deciduous forests. Cambridge University Press.
- Glitzenstein, J. S., Streng, D. R., & Wade, D. D. (2003). Fire frequency effects on longleaf pine (*Pinus palustris* P. Miller) vegetation in South Carolina and northeast Florida, USA. *Natural Areas Journal*. 23 (1): 22-37. 2003.
- Haag, S. 2006. Landschaftsbild und Biodiversität in Lawinenzügen: Veränderungen nach Lawinenverbauungen. University of Zurich, Zurich, CH
- Hiura, T. (1995). Gap formation and species diversity in Japanese beech forests: a test of the intermediate disturbance hypothesis on a geographic scale. *Oecologia*, 104(3), 265-271.
- Iacoletti, 2016. La pericolosità da valanga calcolata e visualizzata. Researchgate https://www.researchgate.net/profile/Luca_Iacoletti/publication/315893029_Le_pericolosita_da_valanga_calcolata_e_visualizzata_Un_modello_numerico-geografico/links/58ec95194585153b60c98e4c/Le-pericolosita-da-valanga-calcolata-e-visualizzata-Un-modello-numerico-geografico.pdf
- Komposch, C., Frieß, T., & Kreiner, D. (2013, June). Natural Hazards–Hazards for Nature? Avalanches as a promotor of biodiversity. In Conference Volume of the 5th Symposium for Research in Protected Areas (pp. 10-12).
- Major, J. 1977. Snow and Avalanches. *Ecology* 58, pp 705-706
- McClung, D. e Schaerer, P. (1996). Manuale delle valanghe, Zanichelli.
- Natura 2000 Marche, https://www.regione.marche.it/natura2000/pagina_base264d.html?id=1840
- Newesely, C., Tasser, E., Spadinger, P., & Cernusca, A. (2000). Effects of land-use changes on snow gliding processes in alpine ecosystems. *Basic and applied ecology*, 1(1), 61-67.
- Oksanen J., Blanchet F.G., Friendly M., Kindt R., Legendre P., McGlinn D., Minchin P.R., et al. (2020) *vegan: Community Ecology Package*. R package version 2.5-7. Available at <https://CRAN.R-project.org/package=vegan>
- R Core Team (2021) *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>
- RISERVA NATURALE REGIONALE DEL MONTE SAN VICINO E DEL MONTE CANFAITO <http://www.riservamontesanvicino.it/carta-dei-sentieri/>

- Roberto Nevini, 2003. Le valanghe dei monti Sibillini. *Neve e Valanghe* 49, 28-39.
- Stone, W. E., & Wolfe, M. L. (1996). Response of understory vegetation to variable tree mortality following a mountain pine beetle epidemic in lodgepole pine stands in northern Utah. *Vegetatio*, 122(1), 1-12.
- White, P. S. (1979). Pattern, process, and natural disturbance in vegetation. *The botanical review*, 45(3), 229-299.