



**UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA**  
**SCUOLA DI AGRARIA E MEDICINA VETERINARIA**

Dipartimento Territorio e Sistemi Agro-Forestali  
CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN SCIENZE FORESTALI E AMBIENTALI  
Curriculum Protezione del Territorio

**VALANGHE IN BOSCO NELLE ALPI VENETE:  
IL RUOLO DELLA COMPONENTE FORESTALE**

***FOREST AVALANCHES IN THE VENETO ALPS:  
THE ROLE OF FOREST STANDS***

Relatore:

Prof. Lingua Emanuele

Correlatori:

Dott. Anselmo Cagnati

P. Ind. Germano Dorigo

Dott. Niccolò Marchi

Laureando:

Carlo Zanrosso

Matricola n. 1132778

ANNO ACCADEMICO 2017 – 2018



# INDICE

INDICE.....	1
RIASSUNTO .....	3
ABSTRACT .....	5
<b>1. INTRODUZIONE.....</b>	<b>7</b>
1.1. INTRODUZIONE ALLA TESI.....	7
1.2. FORMAZIONE ED EVOLUZIONE DEI CRISTALLI DI NEVE IN ATMOSFERA.....	8
1.3. EVOLUZIONE DEI CRISTALLI DI NEVE ALL'INTERNO DEL MANTO NEVOSO .....	11
1.3.1. <i>I gradienti termici</i> .....	11
1.3.2. <i>I metamorfismi di neve asciutta</i> .....	12
1.3.3. <i>I metamorfismi della neve bagnata</i> .....	15
1.3.4. <i>Metamorfismo meccanico</i> .....	16
1.4. PROPRIETÀ FISICHE DELLA NEVE .....	17
1.5. INFLUENZA DEL BOSCO SULLE CARATTERISTICHE DEL MANTO NEVOSO .....	22
1.6. LE VALANGHE .....	26
1.6.1. <i>Etimologia</i> .....	26
1.6.2. <i>Classificazione delle valanghe</i> .....	27
1.6.3. <i>Caratteristiche fisiche delle valanghe</i> .....	32
1.6.4. <i>Identificazione del terreno valanghivo</i> .....	37
1.7. BOSCO E VALANGHE .....	43
1.8. PERICOLO E RISCHIO VALANGHE .....	48
1.8.1. <i>Interventi di mitigazione del rischio</i> .....	49
1.9. FORESTE DI PROTEZIONE.....	51
1.9.1. <i>Criteri di individuazione</i> .....	52
1.9.2. <i>Quadro normativo</i> .....	53
<b>2. MATERIALI E METODI.....</b>	<b>57</b>
2.1. INQUADRAMENTO NIVO-CLIMATICO.....	57
2.2. IL CATASTO REGIONALE VALANGHE .....	59
2.2.1. <i>Redazione del Sistema Informativo Valanghe del Veneto</i> .....	60

2.2.2.	<i>Informatizzazione della Carta di Localizzazione Probabile delle Valanghe (C.L.P.V.)</i> .....	60
2.2.3.	<i>Scheda di “inchiesta permanente sulle valanghe” (MOD7 A.I.Ne.Va.)</i> .....	61
2.2.4.	<i>Database dei tematismi</i> .....	62
2.3.	ANALISI DEI DATI CATASTALI.....	63
2.3.1.	<i>Analisi aggiuntive e di verifica al GIS sui dati al distacco</i> .....	65
2.3.2.	<i>Categorie forestali coinvolte</i> .....	70
2.3.3.	<i>Formazioni maggiormente rappresentate</i> .....	71
2.4.	SCELTA DELLE VALANGHE SIGNIFICATIVE .....	71
2.5.	RILIEVI DI CAMPO .....	75
2.6.	STAND VISUALIZATION SYSTEM (SVS) .....	80
2.7.	ELABORAZIONE DEI DATI DI CAMPO .....	80
2.8.	ANALISI STATISTICHE SUI DATI DI CAMPO .....	82
2.9.	LIMITI DEL METODO .....	84
<b>3.</b>	<b>RISULTATI E DISCUSSIONE</b> .....	<b>87</b>
3.1.	INQUADRAMENTO NIVO-CLIMATICO .....	87
3.2.	ANALISI DEI DATI CATASTALI.....	91
3.2.1.	<i>Categorie forestali coinvolte</i> .....	106
3.2.2.	<i>Analisi sulle categorie maggiormente rappresentate</i> .....	106
3.3.	VALANGHE SIGNIFICATIVE.....	112
3.4.	RISULTATI DELLE ANALISI STATISTICHE .....	156
3.4.1.	<i>Aree di distacco e controllo – Totali</i> .....	156
3.4.2.	<i>Aree di distacco e controllo – Peccete</i> .....	167
3.4.3.	<i>Aree di distacco e controllo – Lariceti</i> .....	178
3.4.4.	<i>Aree di distacco – Peccete vs. Lariceti</i> .....	189
<b>4.</b>	<b>CONCLUSIONI</b> .....	<b>201</b>
<b>5.</b>	<b>RINGRAZIAMENTI</b> .....	<b>213</b>
<b>6.</b>	<b>BIBLIOGRAFIA</b> .....	<b>215</b>
<b>7.</b>	<b>ALLEGATI</b> .....	<b>223</b>



## RIASSUNTO

Le valanghe di neve rappresentano uno dei più importanti disturbi che colpiscono gli ecosistemi montani influenzando le dinamiche forestali, l'insediamento della vegetazione e i processi di mortalità. Allo stesso tempo le foreste possono ridurre la probabilità di distacco di valanghe, svolgendo talvolta un'efficace ruolo protettivo nei confronti di infrastrutture e insediamenti umani. Tuttavia l'efficacia protettiva dei popolamenti è strettamente legata a caratteristiche del bosco, come struttura e composizione, nonché a fattori morfologici e nivo-meteorologici. In questo senso le superfici boscate non sono da escludere a priori dalle aree potenzialmente valanghive.

Con l'obiettivo di inquadrare la situazione valanghiva della Regione Veneto è stata condotta una accurata analisi del Catasto Valanghe. In base ai dati ottenuti emerge che nel 7,7% degli eventi censiti, il distacco ha avuto origine in aree boscate. È stata inoltre condotta un'analisi sulle condizioni di innevamento relative all'ultimo decennio nell'intento di mettere in relazione i parametri nivo-meteorologici con le potenziali condizioni e cause di distacco, notando come a stagioni caratterizzate da maggiori spessori di neve al suolo corrisponda anche un maggiore numero di eventi valanghivi registrati.

L'obiettivo del presente studio è quello di individuare aree boschive, nelle Alpi venete, all'interno delle quali hanno avuto origine distacchi di valanghe e di determinare, attraverso casi di studio, le principali caratteristiche forestali che possono impedire il verificarsi di fenomeni valanghivi, ponendo attenzione anche alle categorie forestali coinvolte (Peccete e Lariceti e Larici-Cembreti). In seguito, a partire dalle valanghe censite nel Catasto, è stato selezionato un campione di 21 eventi valanghivi originatisi all'interno di superfici forestali, che sono stati comparati con altri siti in aree boscate limitrofe alla medesima quota, esposizione e pendenza, ma non interessati da fenomeni. In questo modo sono stati valutati i requisiti minimi che un bosco, con determinate caratteristiche strutturali, dovrebbe presentare per garantire una funzione protettiva nei confronti del distacco di valanghe.

La maggior parte degli eventi si sono verificati durante il periodo tardo-invernale/primaverile, quando la temperatura media dell'aria è in aumento e, di conseguenza, lo è anche il contenuto in acqua del manto nevoso, il che si traduce in un potenziale aumento della sua instabilità.

I risultati mostrano come il bosco eserciti un ruolo positivo nel limitare i distacchi di valanghe. Densità, copertura e area basimetrica risultano significativamente maggiori per le aree di controllo, riflettendo appunto una maggiore capacità di trattenuta del manto nevoso. Il ruolo del bosco risulta inoltre tanto più importante quanto più aumenta l'inclinazione dei pendii. La

componente arbustiva sembra invece non influire sulla probabilità di distacco, a differenza della copertura erbacea che, presentando valori più elevati per le aree di distacco, può ridurre anche sensibilmente la capacità di trattenuta del manto nevoso.

Le peccete, dal punto di vista della pendenza, sembrano essere più efficaci dei lariceti nella trattenuta del manto nevoso in quanto mostrano valori di distacco maggiori. Analizzando invece densità, copertura e area basimetrica sembrano essere i lariceti a mostrare maggiore efficienza. Tuttavia non possiamo affermare, coi pochi dati a disposizione in questo studio, quale delle due sia la formazione che meglio assolve alle funzioni di protezione dalle valanghe. Rimane comunque da considerare che le peccete, dal punto di vista dei parametri forestali, tendono a mostrare minore efficacia probabilmente a causa di diversi fattori responsabili di una potenziale riduzione della stabilità del manto nevoso, non riscontrabili per i lariceti. Tra questi ritroviamo una maggiore copertura erbacea, maggiori spessori di neve al suolo, maggiori temperature, apparato radicale poco stabile e la caduta differita di neve al suolo che talvolta può creare situazioni di instabilità. Questo dimostra come un solo parametro non risulta mai sufficiente a dare una piena descrizione dei fenomeni valanghivi in bosco.

Attraverso una costante attività di ricerca, volta ad approfondire la conoscenza del grado di riduzione delle condizioni di instabilità del manto nevoso da parte del bosco, si potrebbe poi, con la dovuta cautela e laddove possibile, preferire adeguate scelte selvicolturali rispetto all'impiego delle tradizionali opere permanenti di difesa attiva e/o passiva.

## ABSTRACT

Snow avalanches are among the most important disturbances that affect mountain ecosystems, by influencing the establishment and mortality processes, as well as ecosystem dynamics in general. At the same time, forests can affect the likelihood (probability) of avalanche release, performing a positive role in the protection of infrastructure and human settlements. However, the protective function of forest stands is strictly linked to its characteristics, such as structure and composition, as well as morphological and nivo-meteorological factors. In this way, forested areas should not be excluded as potentially release zones.

Aiming at studying the avalanches regimes in Veneto region, an accurate analysis of the avalanches cadastre has been carried out. The results show that the 7,7% of the events have forested areas as release point.

Moreover, an analysis on snow conditions of the last decade has been performed, in order to compare the snow and meteorological parameters with the potential conditions and causes of avalanches release; as a result, those seasons characterized of a higher amount of snow, correspond also to a greater number of recorded avalanches.

The aim of this work is to identify forested areas in the Veneto Alps, where at least one avalanche release has occurred; then, through case studies, the main forest features that may prevent an avalanche release have been investigated, paying attention also to the forest categories (spruce forests and larch forests).

Then, starting from the Avalanches Cadastre, a sample of 21 avalanche sites with a release zone within a forested area have been chosen; they have been compared to the neighbouring forested sites located at the same altitude, with the same aspect and slope, but where no avalanches have occurred.

In this way, it has been possible to assess the basic requirements that a forest, with specific structural characteristics (e.g. tree density, canopy cover and basal area), should fulfil in order to guarantee the protection function against the avalanche release.

Most of the avalanches have released at the end of winter and in early spring, when the average air temperature has increased; as a result, the water content of the snowpack has also increased, with potential instability consequences.

The results show that the forest plays a positive role in limiting the avalanches release. Density, canopy cover and basal area are significantly greater for the control areas, reflecting a greater capacity of holding the snowpack. The role of forest stands is also more important when the slope increases. The shrub canopy cover does not seem to affect the probability of avalanches

release, unlike herbaceous coverage, that present higher values for the release areas, can significantly reduce the snowpack holding capacity.

Analysing slope data, it seems that spruce forests are more efficient than larch forests in the snowpack holding capacity, as they show greater release values. Analysing density, canopy cover and basal area, instead, larch forests seem to be the most efficient. However, with the few available data, it is not possible to state which of the two forest types is able to protect better from avalanches. However, according to forest stand parameters, spruce forests seem to be less efficient probably due to several factors, which are not found in larch forests. Among these, there are a greater herbaceous coverage, greater snowpack depths, higher temperatures, a shallow root system and the delayed snowfall from the canopy to the ground, that sometimes can create instability situations. This shows that a single parameter is never sufficient to give a full description on the phenomenon of forest avalanches.

By further studies, it would be possible not only to increase the knowledge about how to reduce the instability of the snowpack, but also to develop sustainable silvicultural practices, which may be an alternative of using traditional and permanent defence structures.

# 1. INTRODUZIONE

## 1.1. Introduzione alla tesi

L'esigenza di collocare i campi da neve a debita distanza dalle superfici forestali, finalizzata a ridurre il più possibile le interferenze esterne sulle caratteristiche della neve, ha fortemente limitato la conoscenza dell'influenza del bosco sull'evoluzione del manto nevoso e sulla sua stabilità (Brang et al., 2001). La molteplicità delle complesse relazioni tra fattori climatici, morfologici ed ecologici, associati alla scarsità di dati nivologici, suggerisce però di non escludere a priori le superfici boscate dalle aree potenzialmente valanghive (Brang et al., 2006; Höller et al., 2009).

La necessità di approfondire gli studi in merito alle caratteristiche della neve in foresta sta emergendo con sempre maggiore frequenza. Le conoscenze specifiche sull'argomento sono piuttosto limitate (Brang et al., 2001), ma il crescente interesse su queste tematiche ha determinato un impulso dell'attività di ricerca, come testimoniato da diversi studi di più o meno recente pubblicazione (Meloni et al., 2006; Letey et al., 2008; Bebi et al., 2009; Viglietti et al., 2010).

In bosco variano le trasformazioni e le caratteristiche della neve, materiale che nel corso dell'inverno subisce importanti trasformazioni. Le sue proprietà sono uniche ed è necessaria, al fine di una migliore comprensione dei fenomeni valanghivi all'interno delle coperture forestali, un'approfondita conoscenza delle sue caratteristiche. In tal senso la parte introduttiva del presente elaborato sarà interamente dedicata ad approfondire le conoscenze in materia di neve e interazioni con l'ecosistema foresta. Sarà poi condotta anche un'importante analisi sui dati del Catasto Valanghe della Regione Veneto nell'ottica di conoscere, approfondire ed indagare le principali cause e condizioni di distacco delle valanghe, con particolare attenzione agli eventi valanghivi originatisi sotto copertura forestale.

Le valanghe rappresentano uno tra i più importanti disturbi naturali che colpiscono gli ecosistemi montani. Esse possono infatti danneggiare estese superfici forestali, influenzandone la composizione specifica e la distribuzione, con la presenza in genere di popolamenti a bassa densità e a prevalenza di specie eliofile. Allo stesso tempo le foreste possono però limitare il distacco di valanghe, favorendo la protezione di infrastrutture ed insediamenti umani. Tuttavia, in quest'ultimo caso, l'efficacia protettiva che i popolamenti forestali possono garantire, dipende fortemente dalle loro caratteristiche strutturali, dalle caratteristiche del manto nevoso e dalle caratteristiche topografiche locali.

Nell'ambito delle problematiche sopra descritte, il presente elaborato di tesi si propone di approfondire e studiare gli eventi valanghivi originatisi in bosco nelle Alpi Venete. In particolare, a partire da un'accurata selezione degli eventi valanghivi censiti nel Catasto Valanghe, verranno analizzati i dati di campo relativi ai popolamenti forestali all'interno dei quali si sono verificati distacchi.

Il principale obiettivo di questo lavoro è quello di mettere a confronto le superfici forestali soggette a valanghe (aree di distacco) con superfici limitrofe, simili per caratteristiche topografiche, non soggette a fenomeni valanghivi (aree di controllo). Questo confronto ha lo scopo di mettere in evidenza possibili differenze significative tra aree di distacco e di controllo (anche per diverse specie arboree), in riferimento ai principali parametri forestali (copertura, densità e area basimetrica), topografici e di irraggiamento al suolo. I risultati ottenuti verranno poi confrontati con i parametri di riferimento riscontrabili in letteratura, nell'intento di verificare punti concordanti o discordanti con il lavoro svolto.

In questo modo sarà possibile valutare i requisiti minimi che un bosco, con determinate caratteristiche stazionali e in presenza di specifiche condizioni di innevamento, dovrebbe presentare per garantire la funzione protettiva nei confronti del distacco di valanghe.

Attraverso una costante attività di ricerca, volta ad approfondire la conoscenza del grado di riduzione delle condizioni di instabilità del manto nevoso da parte del bosco, si potrebbe poi, con la dovuta cautela e laddove possibile, preferire adeguate scelte selvicolturali rispetto all'impiego delle tradizionali opere permanenti di difesa attiva e/o passiva.

## **1.2. Formazione ed evoluzione dei cristalli di neve in atmosfera**

Poiché il pericolo valanghe dipende dalla complessa interazione della neve, del tempo meteorologico e del terreno, dobbiamo conoscere la neve nella misura in cui questo materiale contribuisce alla formazione delle valanghe. Dal punto di vista chimico la neve è acqua pura ( $H_2O$ ) in forma cristallizzata, con una percentuale d'aria che varia dal 50% (neve primaverile bagnata) al 98% (neve a debole coesione). Solo la neve di nevato, vecchia di alcuni anni, presenta una percentuale d'aria inferiore al 50%. Il ghiaccio compatto racchiude ancora circa il 10% d'aria. Per la neve fresca si ammette una percentuale media d'acqua del 10% (Munter, 1992). Gran parte delle valanghe, una percentuale superiore al 90% in alcuni tipi di clima, si verifica in seguito alla caduta di neve fresca (Mc Clung, Schaerer, 1996).

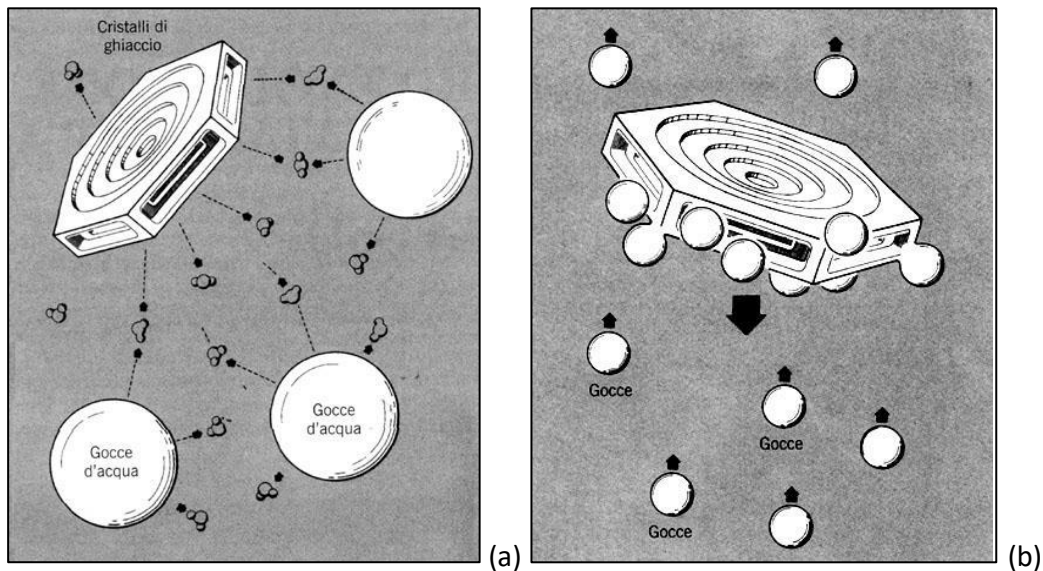
La vita di un cristallo di neve ha inizio all'interno delle nubi le quali sono composte da gocce che si formano in seguito alla supersaturazione dell'aria con vapore acqueo. Queste goccioline si

condensano in piccole particelle chiamate *nuclei di condensazione* (sale, polvere o terra), caratterizzate da dimensioni piuttosto ridotte (diametro di circa 1  $\mu\text{m}$ ), elevata solubilità ed abbondanza. La loro formazione avviene attraverso la condensazione di vapore acqueo sulla loro stessa superficie in condizioni di saturazione dell'aria, tali goccioline possono permanere allo stato liquido anche al di sotto del punto di congelamento dell'acqua, mantenendo cioè la loro forma in uno stato surraffreddato. Generalmente queste goccioline hanno un diametro di circa 20  $\mu\text{m}$  e presentano concentrazioni di diverse centinaia per centimetro cubo. Oltre ai nuclei di condensazione, per la formazione di un piccolo cristallo di ghiaccio per congelamento, servono altre particelle estranee attorno alle quali le goccioline possono cristallizzare. Tuttavia, questi nuclei di cristallo di ghiaccio, detti *nuclei di congelamento*, sono molto meno comuni dei nuclei di condensazione necessari per formare le goccioline d'acqua. Le dimensioni dei nuclei di congelamento e dei nuclei di condensazione sono simili, tuttavia i primi sono caratterizzati da una particolare struttura molecolare (non riscontrabile in tutte le particelle di piccole dimensioni) che favorisce il congelamento. Inoltre, i nuclei di congelamento sono quantitativamente dipendenti dalla temperatura alla quale avviene il processo di congelamento. Il numero di nuclei di congelamento attivi aumenta con il diminuire della temperatura dell'aria. Alla temperatura di  $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ , ad esempio, abbiamo circa 10 nuclei attivi per centimetro cubo. Al diminuire della temperatura all'interno della nube, viene facilitata la formazione per congelamento dei cristalli di ghiaccio, il cui numero cresce rispetto al numero delle gocce. Alla temperatura di  $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$  le goccioline d'acqua sono in grado di congelare autonomamente senza l'aiuto dei nuclei di congelamento.

Una volta che il piccolo cristallo di ghiaccio è formato, la sua successiva evoluzione è determinata da due processi (**Figura 1.1**).

Il primo processo, che stabilisce la forma di base del cristallo, avviene per trasferimento diretto delle molecole di vapore acqueo dalle gocce d'acqua surraffreddate, presenti all'interno della nube, ai cristalli di ghiaccio (**Figura 1.1\_a**). Tale processo si origina a causa della più elevata tensione di vapore sulla goccia d'acqua. I cristalli si formano così a spese delle gocce surraffreddate, a causa delle differenze di tensione di vapore tra gocce d'acqua e cristalli di ghiaccio.

Il secondo meccanismo di formazione consiste in uno spostamento dei cristalli all'interno dell'atmosfera. Una volta raggiunta una sufficiente dimensione i cristalli di ghiaccio cadono e aumentano la loro massa, entrando in collisione con alcune gocce raffreddate più grandi, che successivamente si trasformano in cristalli in un processo chiamato "brinata" (**Figura 1.1\_b**).



**Figura 1.1** – Processo di formazione di cristalli di ghiaccio in atmosfera: trasferimento di molecole dalle goccioline (a), brina provocata dagli urti con le gocce durante la caduta nell'atmosfera (b) (Mc Clung, Schaerer, 1996).

In funzione del tipo di processo evolutivo si possono avere differenti tipi di cristalli, ma si può generalizzare affermando che l'evoluzione da vapore termina con lo sviluppo di ramificazioni più o meno evidenti, mentre il processo della brinata porta alla formazione di cristalli di "neve pallottolare" all'interno dei quali il cristallo originale risulta difficilmente riconoscibile. Queste ultime possono portare anche alla formazione di grandine nel caso in cui si spostino verso l'alto dando vita a cicli di rigelo-fusione. La forma finale di un cristallo di neve nell'atmosfera dipende da una serie di complesse condizioni che si verificano sulla superficie del cristallo o vicino ad essa; la temperatura è però la variabile più importante. In genere l'evoluzione avviene in due direzioni: sul piano di base del cristallo di ghiaccio o perpendicolarmente ad esso. La crescita dei cristalli, caratterizzati da un piano di base a forma esagonale di dimensioni microscopiche, avviene in modo anche molto diverso in relazione alle fasce di temperatura che interessano il fenomeno. Attorno ai  $-6\text{ }^{\circ}\text{C}$  il piano di base cresce in spessore, dando origine a sottilissimi aghi di sezione esagonale. Attorno ai  $-12\text{ }^{\circ}\text{C}$  l'aumento dimensionale dei cristalli avviene per espansione laterale degli stessi, formando piastrine esagonali più ampie. Oltre i  $-12\text{ }^{\circ}\text{C}$  e fino ai  $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$  la crescita avviene a partire dai vertici del perimetro, con la formazione di dendriti che danno al piano di base la tradizionale forma stellare a sei punte. Oltre ai  $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$  la crescita avviene nuovamente in spessore, portando alla formazione di particolari prismi esagonali cavi internamente, detti anche "cristalli a calice", particolarmente pericolosi per le valanghe in quanto portano alla formazione di strati preferenziali di scorrimento del manto nevoso.



### 1.3. Evoluzione dei cristalli di neve all'interno del manto nevoso

Il manto nevoso alpino inizia a formarsi in autunno con le prime nevicate, mentre in primavera si fonde e si trasforma in acqua. È costituito da diversi strati di neve prodotti dalle varie nevicate oppure dall'azione di trasporto del vento che crea nuovi depositi. Dopo una caduta movimentata, non appena depositati, i cristalli di neve perdono le loro caratteristiche subendo una serie di trasformazioni, acquistando il nome generico di "grani" (Traynard, Traynard, 2005). Queste trasformazioni, che prendono il nome di *metamorfismi*, proseguiranno fino alla fusione primaverile a meno che, i grani caduti a quote più elevate, non diventino neve perenne (Praolini et al., 2001). Questi processi di modificazione dei grani all'interno del manto nevoso sono associati a diversi fattori quali: *pressione*, *vento* (trasformazione meccanica) e *temperatura* (gradienti termici).

#### 1.3.1. I gradienti termici

Il manto nevoso è limitato dall'atmosfera e dalla superficie del terreno sottostante. Per le montagne più alte vi sono dei casi in cui il limite sottostante può essere costituito da nevi perenni, ghiaccio o permafrost. Di solito, il calore accumulatosi nel terreno in seguito al riscaldamento estivo (il più importante) e il calore geotermico proveniente dal centro della terra si combinano causando il riscaldamento dello strato basale del manto nevoso fino a 0 °C circa. Durante la stagione invernale tale temperatura, grazie all'effetto di coibentazione del manto nevoso, riesce a mantenersi pressoché invariata, isolandosi dagli effetti dell'atmosfera. La superficie superiore del manto nevoso invece, sottoposta a frequenti escursioni termiche diurne, risulta essere mediamente più fredda degli strati più interni.

L'effetto a lungo termine si riflette in un *gradiente termico* (GT) del manto nevoso, grandezza vettoriale caratterizzata sia da dimensione che da direzione. Il *gradiente termico* viene definito come il rapporto tra una differenza di temperatura in due punti, posti sulla stessa verticale ( $\Delta T$ ), e la loro distanza ( $\Delta X$ ). Per convenzione la direzione del gradiente termico segue la direzione dell'incremento di temperatura (di solito verso il basso ma a volte lateralmente nel manto nevoso). Nell'unità di misurazione metrica il gradiente termico viene espresso in °C/m. Quando il gradiente è ovunque pari a 0 °C/m, il manto nevoso risulta essere isotermico (Mc Clung, Schaerer, 1996).

I gradienti di temperatura che si riscontrano nel manto nevoso possono essere di tre tipi:

- *Debole gradiente* (GT < 0,05 °C/cm);
- *Medio gradiente* (0,05 ≤ GT < 0,20 °C/cm);
- *Elevato gradiente* (GT ≥ 0,2 °C/cm).

Inoltre, in funzione delle temperature e del grado di umidità del manto nevoso, possono prodursi due tipi di trasformazioni: *metamorfismi di neve asciutta* e *metamorfismi di neve bagnata*.

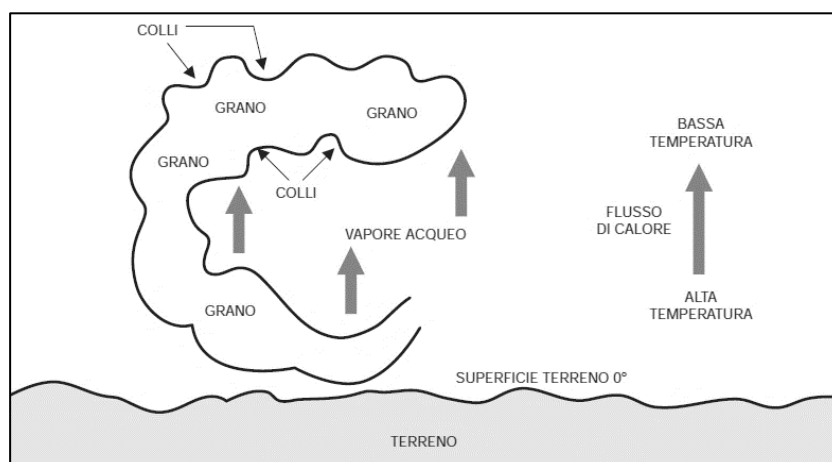
### **1.3.2. I metamorfismi di neve asciutta**

Per neve asciutta si intende una neve priva di acqua libera allo stato liquido, composta quindi unicamente da ghiaccio e aria. La sua temperatura interna risulta essere negativa e prossima agli 0 °C. I cristalli di neve fresca, una volta depositati al suolo, vengono a trovarsi in un ambiente molto meno saturo di vapore acqueo rispetto all'atmosfera. I valori tipici di supersaturazione nell'atmosfera possono essere piuttosto elevati, mentre all'interno del manto nevoso essi sono solitamente inferiori all'1%. Questo porta alla genesi di forme cristalline piuttosto instabili. Il grado di instabilità di un cristallo, e quindi la sua velocità di trasformazione, è direttamente proporzionale alla sua superficie specifica (rapporto superficie-volume). Il minimo rapporto superficie-volume dà come risultato una sfera: le particelle di neve pallottolare, di forma arrotondata, risultano quindi essere le forme più stabili.

Un manto nevoso costituito da neve asciutta può andare incontro a tre diversi metamorfismi:

- **Metamorfismo a debole gradiente**

Detto anche *metamorfismo da isoterma* o *metamorfismo distruttivo*, si produce quando si viene a creare un debole gradiente termico all'interno del manto nevoso (GT < 0,05 °C/cm). I grani tendono progressivamente ad arrotondarsi in seguito ad un processo di smussamento dei dendriti i quali, trasformandosi in vapore acqueo, vanno a ricongelare sui colli tra i grani, creando dei "ponti di ghiaccio" dando così origine a strati di neve molto compatta (**Figura 1.2**). Il manto nevoso così formato risulta essere fortemente assestato e stabilizzato, con valori di spessore ridotti del 30% circa rispetto a quelli iniziali ed una densità elevata pari a circa 200-450 kg/m<sup>3</sup> (Munter, 1992).



**Figura 1.2** – Metamorfismo dei cristalli da debole gradiente (Traynard, Traynard, 2005).

- **Metamorfismo a medio gradiente**

Detto anche *metamorfismo costruttivo*, si verifica su cristalli di neve recente o su grani arrotondati, quando si viene a creare un gradiente termico medio all'interno del manto nevoso ( $0,05 \leq GT < 0,20$  °C/cm). In condizioni di gradiente termico medio, le temperature sono solitamente decrescenti verso l'interfaccia neve-atmosfera. Questo innesca una circolazione dell'aria, contenuta nel manto nevoso, in senso verticale secondo un moto convettivo. I cristalli presenti negli strati più profondi, con temperature più alte, sublimano producendo vapore acqueo che, durante la sua risalita, tende a ricristallizzarsi attorno ai cristalli più freddi degli strati superficiali (**Figura 1.3**). Questo processo provoca un aumento di dimensione dei cristalli di neve e ad una variazione di forma. Il vapore acqueo non ricongela più sui colli, stabilizzando la struttura del manto nevoso, ma sui grani stessi che diventano angolosi e presentano facce piane, con diametri mai superiori ad alcuni millimetri. Tali cristalli, di forma angolare, hanno densità di norma inferiore ai cristalli arrotondati, con valori di circa 200-400 kg/m<sup>3</sup> (Munter, 1992). Questo tipo di neve risulta essere instabile poiché viene meno la coesione tra i grani. Tuttavia il processo non è irreversibile infatti, se torna a crearsi una condizione di debole gradiente, i grani a facce piane si trasformano in arrotondati ed il manto nevoso si stabilizza (Mc Clung, Schaerer, 1996).

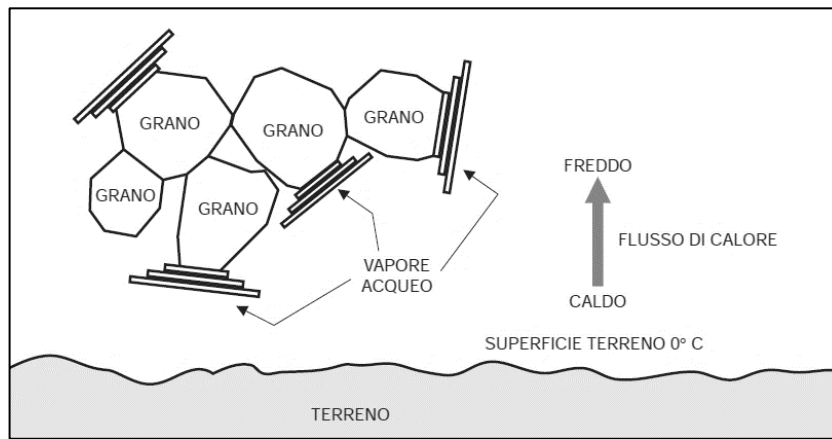


Figura 1.3 – Metamorfismo dei cristalli da medio gradiente (Traynard, Traynard, 2005).

- **Metamorfismo ad elevato gradiente**

Detto anch'esso *metamorfismo costruttivo*, si verifica quando il gradiente termico all'interno del manto nevoso è forte ( $GT \geq 0,2 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{cm}$ ) e dura per più giorni. I grani a facce piane continuano a svilupparsi, come nel caso di metamorfismo a medio gradiente, ma evolvono verso nuove tipologie di cristalli. Continua il processo di sublimazione diretta dei grani più caldi negli strati basali e sublimazione inversa sui grani freddi negli strati soprastanti. Alla base dei grani si formano delle strutture a gradini che, sovrapponendosi, originano piramidi striate con diametro di circa 2-10 mm. Essi vengono chiamati cristalli a calice, data la particolare forma piramidale concava, o brina di profondità. Tali strati presentano basse densità, circa  $150\text{-}350 \text{ kg}/\text{m}^3$  (Munter, 1992), e possono originare potenziale instabilità all'interno del manto nevoso data l'assenza di coesione tra i grani, creando strati preferenziali di scorrimento per le valanghe.

Altri fattori che favoriscono questo tipo di metamorfismo sono la dimensione e la distribuzione delle porosità interne al manto e l'eventuale presenza di "bolle d'aria" originate, per esempio, dalla presenza di specie erbacee ed arbustive. Questi fattori influenzano profondamente il flusso convettivo dell'aria all'interno del manto nevoso, favorendo la formazione della brina di profondità. Le trasformazioni del manto nevoso proseguono fino al periodo della fusione primaverile e possono potenzialmente alternarsi all'interno del manto nevoso in funzione delle tipologie di andamenti termici interni presenti. Tuttavia, la brina di profondità, non scompare che alla fusione delle nevi o a seguito ad un riscaldamento significativo del manto nevoso (Mc Clung, Schaerer, 1996).

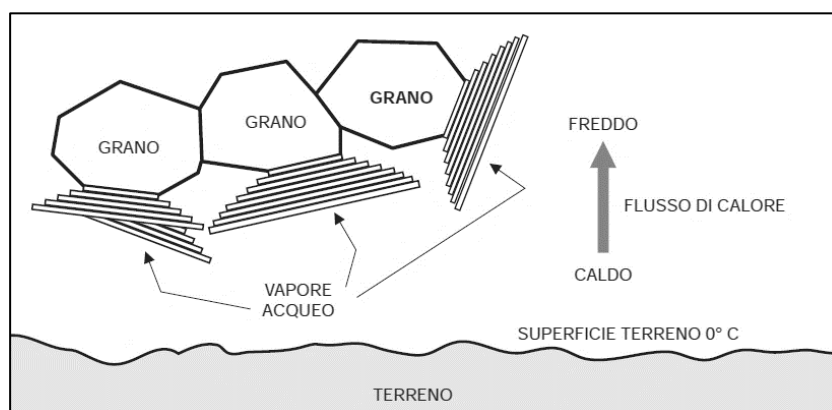


Figura 1.4 – Metamorfismo dei cristalli da forte gradiente (Traynard, Traynard, 2005).

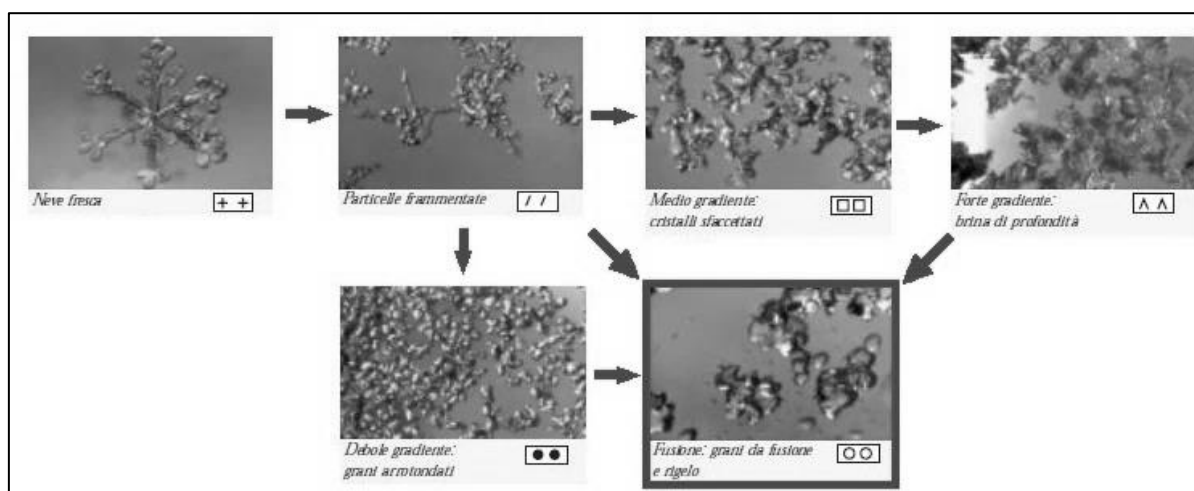


Figura 1.5 – Schema dei metamorfismi della neve asciutta (Traynard, Traynard, 2005).

### 1.3.3. I metamorfismi della neve bagnata

Quando la neve diventa bagnata, situazione tipicamente primaverile o delle nevicite precoci autunnali, si assiste ad un notevole cambiamento delle condizioni di flusso di calore e del conseguente metamorfismo. Questo metamorfismo viene anche chiamato *metamorfismo da fusione e rigelo*. Questo tipo di neve può essere costituita da aria, cristalli di ghiaccio e acqua in un sistema trifasico. Contrariamente a ciò che si potrebbe pensare ad un primo sguardo, la neve bagnata non ha una temperatura uniforme di 0 °C, sono infatti le minime differenze di temperatura nel manto nevoso a provocare il metamorfismo di questo tipo di neve. Proprio come accade nella neve asciutta, la pressione sulle superfici di ghiaccio curve, presenti nelle particelle di neve bagnata, è inversamente proporzionale al raggio di curvatura della superficie. In questo modo la temperatura di fusione delle particelle dipende dalla dimensione: le particelle piccole hanno una temperatura di fusione più bassa di quelle grandi. Inoltre, il meccanismo del metamorfismo nella neve bagnata varia al variare del contenuto di acqua, aria e ghiaccio.

Nella neve satura, detta anche “fradicia”, solitamente le particelle sono interamente separate tra loro dall’acqua. Questo avviene quando la percentuale di acqua presente supera il 15% circa del volume (sistema di classificazione ICSI del contenuto in acqua della neve). Dal momento che le particelle piccole hanno una temperatura di fusione minore rispetto alle più grandi, queste iniziano a fondersi per prime. Il calore di fusione è fornito dalle particelle più grandi, che invece sono soggette a rigelo superficiale ed aumento di dimensione (Mc Clung, Schaerer, 1996).

Il termine “neve molto bagnata” indica una neve con contenuto d’acqua intermedio (8-15%). In questo caso la presenza di bolle d’aria è un elemento importante nel ritardare la formazione di particelle nella neve bagnata. Poiché la conduzione termica avviene molto più lentamente nell’aria che non nell’acqua, l’effetto principale delle bolle d’aria è quello di ridurre l’area disponibile per la conduzione termica attraverso l’acqua e rallentare la crescita dei grani.

Quando il tenore d’acqua scende sotto l’8%, la crescita di grani avviene tramite il flusso di vapore che passa attraverso l’aria nei pori. Il flusso responsabile del metamorfismo viene generato dall’eccesso di tensione di vapore che si ha sulla parte convessa del grano a causa della curvatura: la tensione di vapore aumenta con il decrescere del raggio di curvatura, come avviene nella neve asciutta. Di conseguenza si ha una crescita molto lenta dei grani. Con percentuali d’acqua comprese tra il 3% e l’8% del volume la neve viene chiamata “bagnata”, sebbene non si possa spremere l’acqua premendola moderatamente tra le mani, è tuttavia possibile osservare con la lente un menisco d’acqua tra i grani. Quando la percentuale d’acqua scende ad un livello sufficientemente basso (inferiore al 7% del volume), i grani formano dei legami ghiaccio-ghiaccio a dare delle strutture a “grappolo”. Quando la neve raggiunge livelli di contenuto d’acqua inferiori al 3% viene definita “umida” e può acquisire una certa resistenza grazie ai legami di ghiaccio presenti tra i grani.

#### **1.3.4. Metamorfismo meccanico**

Anche questo tipo di metamorfismo comporta la distruzione delle forme originarie dei cristalli. Esso può verificarsi, in fase di assestamento del manto nevoso, soprattutto in caso di precipitazioni abbondanti ed intense, per effetto della compressione dei grani l’uno sull’altro. La causa principale, tuttavia, è imputabile all’azione del vento che, sia durante la precipitazione nevosa, che durante la fase di trasporto, quando la neve è già depositata al suolo, assoggetta i cristalli ad urti e rotolamenti. Si determina così una frantumazione meccanica dei cristalli di neve con conseguente accumulo in zone sottovento e compattazione dello strato, il quale risulterà scarsamente legato agli strati sottostanti. Si avrà quindi la formazione di cornici e lastroni, i quali

presentano caratteristiche fisiche differenti a seconda del grado di temperatura e umidità dell'aria e della neve e sono caratterizzati da un'elevata densità (anche  $200 \text{ kg/m}^3$  nel caso di lastroni da vento; Mc Clung, Schaerer, 1996). Un metamorfismo simile può anche essere prodotto dalla compressione esercitata sul manto nevoso dai mezzi battipista o, in modo più limitato, dallo sci fuori pista.

## 1.4. Proprietà fisiche della neve

Durante tutta la stagione invernale il manto nevoso è soggetto a continui cambiamenti legati alle numerose nevicate, agli apporti da vento successivi ed ai continui metamorfismi che si avvicendano nel tempo modificando le caratteristiche di forma e coesione dei cristalli. Tutto questo si riflette in una stratificazione del manto nevoso. Per ciascuno strato si possono riscontrare cristalli caratterizzati da diverso tipo e grado di metamorfismo che danno, a ciascun livello, caratteristiche fisiche diverse. Queste ultime risultano di notevole importanza nel determinare la stabilità del manto nevoso in quanto si traducono in diversi valori di coesione, plasticità, densità, angoli di attrito, nonché di resistenza alle forze di compressione e di taglio. Conoscere le proprietà fisiche della neve è fondamentale per la miglior comprensione della dinamica dei fenomeni valanghivi e della stabilità del manto nevoso.

Le proprietà fisiche che vengono messe in evidenza sono:

- **Densità**

La densità è un parametro che esprime la massa per unità di volume, massa intesa come quantità di ghiaccio, vapore acqueo e acqua presenti in  $1 \text{ m}^3$ , e si misura in  $\text{kg/m}^3$ . La densità rappresenta un dato di notevole importanza nel definire la stabilità del manto nevoso, in termini di resistenza, e la probabilità di distacco di valanghe: è dimostrato che la neve in grado di provocare un distacco presenta una densità media di circa  $200 \text{ kg/m}^3$  (Munter, 1992).

La neve fresca ha una densità di circa  $30\text{-}100 \text{ kg/m}^3$  e viene anche detta "asciutta". Questa va incontro a tre tipi di metamorfismi, già precedentemente trattati, i quali ne modificano la densità. Un manto nevoso che subisce un metamorfismo per medio ed elevato gradiente può raggiungere densità di  $150\text{-}350 \text{ kg/m}^3$ , mentre un manto nevoso che va incontro ad un metamorfismo per debole gradiente può raggiungere densità di anche  $200\text{-}500 \text{ kg/m}^3$ . Un aumento di densità implica inoltre un incremento della conducibilità termica. Ciò comporta un più efficace trasferimento del calore nel manto nevoso e, di conseguenza, una riduzione della funzione isolante.

TIPO DI NEVE	DENSITÀ (Kg/m <sup>3</sup> )
Neve fresca molto leggera	Circa 30
Neve fresca	100
Grani fini e arrotondati (debole gradiente)	200-450
Grani sfaccettati (medio gradiente)	200-400
Grani di brina di profondità (forte gradiente)	150-350
Grani da fusione e rigelo	300-500

**Figura 1.6** – Valori indicativi della densità della neve (Traynard, Traynard, 2005).

La densità è una caratteristica molto importante che fornisce informazioni sulla quantità di acqua presente nel manto nevoso. Il rapporto fra la densità della neve asciutta e la densità del ghiaccio (917 kg/m<sup>3</sup>), permette inoltre di determinare il volume di ghiaccio presente all'interno di un certo volume di neve.

- **Coesione**

Per coesione si intende la capacità dei cristalli di neve di restare uniti tra loro. Subito dopo le nevicate, i cristalli, a causa del vento, della temperatura e dei metamorfismi, perdono la loro struttura originale formando nel manto nevoso degli strati, ciascuno dei quali con grani e durezze differenti. La coesione di uno strato di neve è una caratteristica fondamentale per la formazione di valanghe a lastroni; infatti più è elevata la coesione più una sollecitazione o una rottura del manto possono trasmettersi a distanze elevate. Esistono quattro principali meccanismi di coesione:

- *Per feltratura*: fenomeno tipico della neve fresca, specialmente dei cristalli stellati, i quali tramite le loro ramificazioni realizzano un intreccio. Inizialmente la neve aderisce anche alle superfici più ripide poi, in breve tempo, la perdita delle ramificazioni riduce la coesione consentendo l'adesione solo su pendenze minori;
- *Per sinterizzazione*: corrisponde al metamorfismo per debole gradiente. La riduzione della dimensione dei cristalli, il loro avvicinamento e la formazione di ponti di ghiaccio tra i colli da origine ad uno strato coeso e ben assestato;



- *Per capillarità*: prodotta da una sottile pellicola d'acqua che avvolge i grani e li incolla tra loro. Avviene per lo più su neve umida, con temperature prossime agli 0 °C, quando si ha produzione di acqua allo stato liquido;
- *Per rigelo*: è creata dal congelamento dell'acqua che avvolge i grani. Si verifica nella neve bagnata, o addirittura fradicia, quando l'acqua allo stato liquido cola all'interno del manto nevoso e successivamente, all'abbassarsi delle temperature, congela tra i grani formando masse poligranulari.

- **Resistenza**

Per resistenza si intende la capacità del manto nevoso di resistere alle sollecitazioni che tendono ad allontanare i cristalli di neve gli uni dagli altri. La resistenza dipende da un lato dalle caratteristiche della neve stessa (forma dei cristalli, struttura del manto, temperatura e umidità), dall'altro dal tipo di deformazione alla quale è sottoposta. Un manto nevoso è soggetto a tre tipi di sollecitazioni: *Compressione*, *Trazione* e *Taglio* (**Figura 1.8**).

- *Compressione*: la neve è un materiale comprimibile e presenta una resistenza alla compressione che aumenta proporzionalmente con la vicinanza dei cristalli. La compressione contribuisce ad un maggiore assestamento e stabilità del manto nevoso;
- *Trazione*: la trazione è invece indice di instabilità del manto nevoso infatti, la resistenza a trazione è circa 1/10 della resistenza a compressione (Traynard, Traynard, 2005);
- *Taglio*: la sollecitazione al taglio è determinata dalla tendenza allo scivolamento dei singoli strati di neve, cui si oppone l'attrito e la coesione interna. È un fenomeno che porta ad una lenta fratturazione del manto nevoso. Questo processo induce ad una progressiva rottura dei legami interni che possono portare alla rottura da taglio e al distacco di una valanga. La sollecitazione al taglio aumenta col crescere della pendenza e del carico sul pendio. In questo senso anche il semplice carico apportato da uno sciatore può essere la causa di innesco di un fenomeno valanghivo.

La resistenza al taglio è una proprietà che varia in funzione di diversi parametri, in particolare essa dipende da: dimensione e forma dei cristalli (la resistenza aumenta tanto più i grani sono piccoli e arrotondati, ovvero hanno subito un metamorfismo da debole gradiente), densità della neve (la resistenza aumenta con la densità), metamorfismi della neve (il metamorfismo da debole gradiente porta alla formazione di grani piccoli e arrotondati, favorisce la coesione e quindi la stabilità del manto nevoso).

Lo sforzo di taglio è responsabile di tutti i distacchi delle masse nevose. Quando le sollecitazioni applicate alla neve sono maggiori delle resistenze al taglio si ha la formazione di una valanga. In

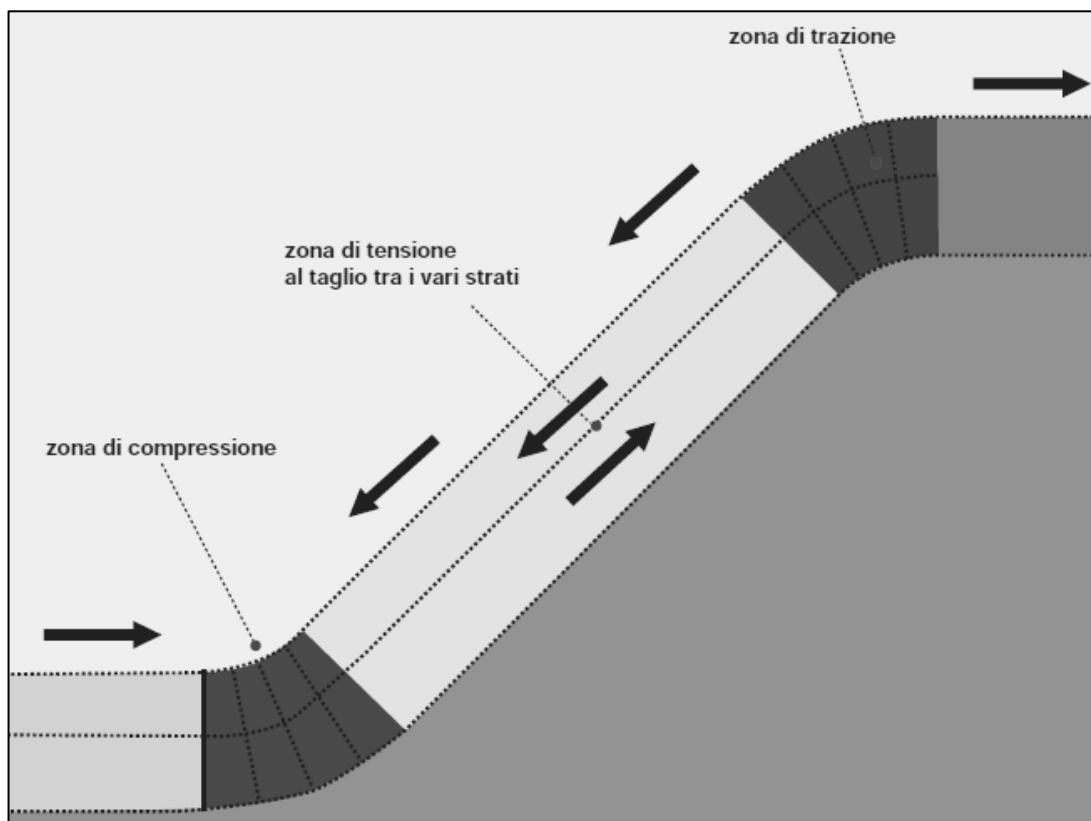
particolare si può definire un indice di stabilità  $S$ , definito come il rapporto tra le forze resistenti al taglio  $R_T$ , quelle che si oppongono al movimento, e le forze propulsive  $T$ , ovvero quelle parallele al pendio che tendono a muovere il manto. Per  $S > 1$  si avrà quindi stabilità in quanto le forze resistenti superano quelle agenti (Mc Clung, Schaerer, 2006).

In generale si può affermare che la resistenza della neve dipende principalmente da due fattori: *attrito e coesione*.

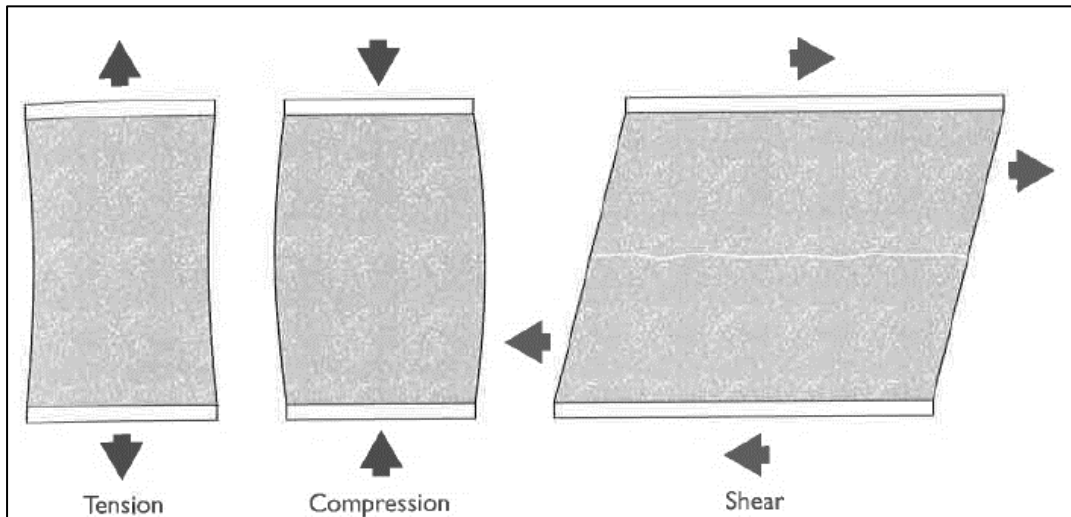
L'attrito esprime la resistenza al movimento che i grani di uno strato presentano rispetto ai grani di un altro strato adiacente. Esso dipende dalle dimensioni e dalla forma dei grani, dalla quantità d'acqua in forma liquida presente e dal peso degli strati di neve superiori.

La coesione rappresenta il modo in cui i cristalli di neve si legano gli uni agli altri a dare una struttura compatta e dipende dalla forma dei cristalli e dal numero di legami. Una debole coesione è indice di instabilità del manto nevoso ed è dovuta per lo più a tre fattori: basse temperature, bassa densità e caduta della neve in assenza di vento, che provoca una minor frammentazione e compattazione dei grani.

Dunque nel generico pendio possono essere evidenziate tre zone tipiche (concave, convesse e inclinate) nelle quali si manifestano i tre tipi di sollecitazioni sopra indicati (**Figura 1.7**).



**Figura 1.7** – Le tre zone di sollecitazione sul pendio (Traynard, Traynard, 2005).



**Figura 1.8** – I tre meccanismi di deformazione del manto nevoso: trazione, compressione e taglio (Mc Clung, Schaerer, 2006).

- **Durezza**

La durezza è una misura che rappresenta la resistenza a compressione del manto nevoso, ed è espressa come forza per unità di superficie, cioè  $N/m^2$ . Questa proprietà, essendo legata più alla resistenza che alla densità, risulta utile ai fini della valutazione della stabilità del manto nevoso e quindi in previsione di un eventuale distacco di valanghe. La durezza è un parametro che sempre viene determinato nella realizzazione dei profili stratigrafici, nell'intento di indagare l'eventuale presenza di strati deboli. In campo viene misurata con il "test della mano", esercitando una forza di circa 5 kg contro gli strati del manto nevoso utilizzando vari oggetti.

- **Plasticità**

Il manto nevoso ha un comportamento simile a quello di un fluido viscoso, piuttosto denso, le cui proprietà meccaniche dipendono soprattutto dalla temperatura e dalla velocità di intervento delle sollecitazioni (Traynard, Traynard, 2005).

Con temperature elevate e sollecitazioni applicate lentamente, come ad esempio il peso stesso della neve durante una nevicata, il manto ha la capacità di sopportare notevoli sforzi di trazione e compressione attraverso deformazioni plastiche. Diversamente se la sollecitazione è applicata in forma dinamica il manto risponde in modo molto meno plastico e la rottura dello stesso avviene con minore carico e minori deformazioni. Ciò significa che un pendio innevato può cedere sotto il carico di un sciatore poiché la sollecitazione è applicata in modo brusco, ma può reggere il carico di un abbondante nevicata poiché la sollecitazione è applicata in una maniera più lenta.

- **Equivalente in acqua (SWE – Snow Water Equivalent)**

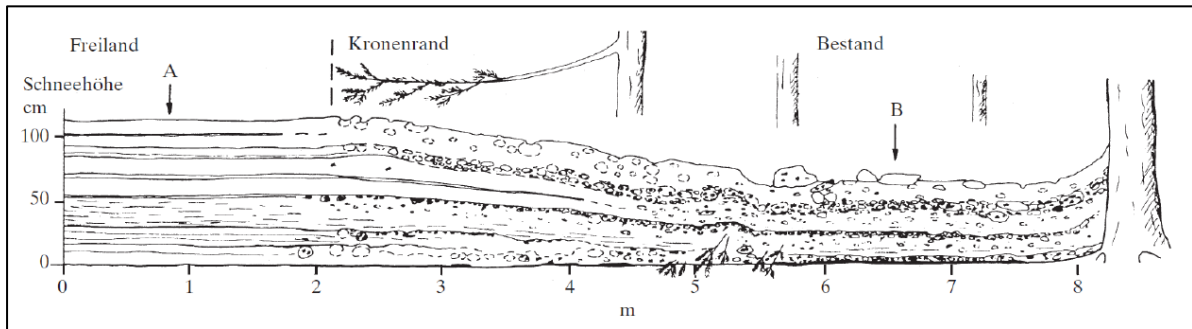
Rappresenta l'altezza equivalente della precipitazione ottenuta dallo scioglimento del manto nevoso di un dato spessore. È dato dalla formula:

$$SWE = H_{NEVE} * \left( \frac{densità_{NEVE}}{densità_{ACQUA}} \right)$$

Disporre dei dati di equivalente in acqua del manto nevoso è di notevole importanza per capire il volume d'acqua che lo scioglimento nivale può rendere disponibile al suolo, alle falde acquifere e alle attività umane. Questo volume d'acqua può garantire una notevole riserva idrica, che viene rilasciata gradualmente con lo scioglimento delle nevi, che può mantenersi anche fino ad estate inoltrata.

## **1.5. Influenza del bosco sulle caratteristiche del manto nevoso**

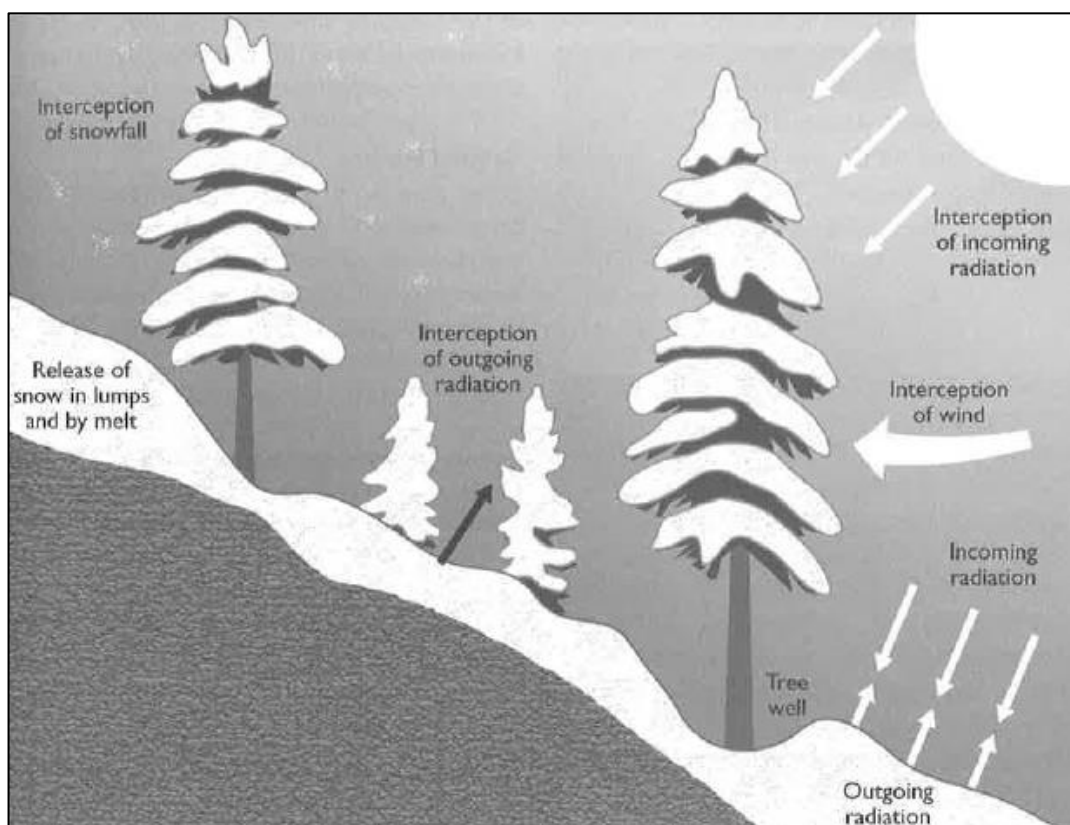
La presenza di una copertura forestale esercita una significativa influenza sulle caratteristiche fisiche e meccaniche del manto nevoso sottostante. L'effetto più evidente risulta essere la riduzione dell'altezza di neve al suolo a seguito di un'intercettazione da parte delle chiome. Questa neve, una volta intercettata, è a sua volta soggetta a fenomeni di scioglimento, sublimazione e ridistribuzione ad opera del vento nonché rideposizione al suolo con efficace effetto di compattamento, che può ulteriormente ridurre lo spessore del manto nevoso assicurandone una maggiore stabilità. Le chiome degli alberi sono in grado di intercettare la caduta della neve, così che soltanto una quota di precipitazione pari al 65-90% raggiunge generalmente il terreno, il restante 10-35% viene potenzialmente perso per sublimazione (Bebi, 2011). Come evidenziato da alcune ricerche condotte in una foresta subalpina delle Montagne Rocciose in Colorado (USA), non è da trascurare l'elevato tasso di sublimazione della neve intercettata dalle chiome, che può raggiungere valori di anche 0,71 mmSWE/giorno (Molotch, 2007).



**Figura 1.9** – Riduzione dello spessore del manto nevoso sotto copertura. Si noti come l'effetto positivo del bosco si esaurisce appena fuori copertura (Imbeck, 1987).

Durante le prime fasi della precipitazione nevosa, i fiocchi di neve cadono attraverso i rami, gli aghi o le foglie e inducono la formazione di piccoli ponti che incrementano l'efficienza di intercettazione la quale è legata fondamentalmente a tre processi: *elastic rebound*, *branch bending* e *strenght*. Per *elastic rebound* si intende il "rimbalzo" dei cristalli di neve sulla chioma o sulla neve già trattenuta dalla chioma stessa, registrando i massimi valori di intercettazione a temperature inferiori a -3 °C. Con il termine *branch bending* si considera il grado di curvatura dei rami sotto il carico della neve. All'aumentare del carico si riduce progressivamente la superficie orizzontale e quindi il grado di intercettazione, da ciò ne deriva che la massima efficienza di intercettazione si registra all'inizio della nevicata. In ultimo, con il termine *strenght*, è indicato il grado di compattezza del manto nevoso sulla chioma: nel caso di elevata compattezza aumenta il periodo di permanenza del manto nevoso sulla chioma stessa e, conseguentemente, può aumentare l'intercettazione in caso di successive precipitazioni.

L'efficienza d'intercettazione delle chiome è rappresentata dal rapporto tra quantità di neve caduta intercettata e l'intera precipitazione. Questa può variare sia in funzione dell'intensità della nevicata che delle specie arboree presenti. Sono stati calcolati valori di intercettazione che raggiungono il 70% in caso di precipitazioni intense mentre, in occasione di eventi a debole intensità, il valore di intercettazione decresce fino al 30% (Pomeroy, Brun, 2001). Anche la temperatura che accompagna la precipitazione influenza direttamente il grado di intercettazione da parte delle chiome. Con temperature più elevate aumenta la coesione tra i cristalli di neve, in tal modo la neve umida viene trattenuta sulla chioma con un'efficienza maggiore rispetto alla neve secca. La neve intercettata dalle chiome precipita poi dai rami in modo graduale e irregolare in funzione dell'umidità della neve e della temperatura dell'aria. Una volta depositata al suolo origina un manto nevoso che, se confrontato con quello di superfici non boscate, risulta essere alquanto eterogeneo (In der Gand, 1978) (**Figura 1.10**).



**Figura 1.10** – Schema del processo di deposito della neve in foresta (Mc Clung, Schaerer, 2006).

Il bosco, in tal modo, impedisce generalmente la formazione di vaste aree a copertura nevosa uniforme e può contrastare la formazione di strati a debole coesione, che risultano essere uno dei principali fattori predisponenti il distacco di valanghe (Brundl et al., 1999).

In caso di presenza di specie caducifoglie, quali il larice, l'evoluzione del manto nevoso può essere fortemente influenzata anche dall'accumulo di lettiera, soprattutto nel caso di nevicate tardo-autunnali (Freppaz et al., 2006).

L'intercettazione della neve da parte delle chiome è indubbiamente correlata al tipo di specie: è evidente come specie a foglia persistente presentino un grado di intercettazione significativamente maggiore rispetto a specie caducifoglie (Lingua et al., 2017). In particolare, *Pinus cembra* e *Picea abies* sono in grado di trattenere una maggiore quantità di precipitazioni nevose rispetto a *Larix decidua*, nonostante quest'ultimo presenti numerose caratteristiche ecologiche favorevoli quali la longevità, un solido ancoraggio al terreno e una maggiore resistenza agli schianti da vento e da neve (Motta, 1995).

Una ricerca sviluppata nell'inverno 2003-2004 nella Riserva Naturale Mont Mars (Valle d'Aosta) ha permesso di confrontare le caratteristiche fisiche di un manto nevoso sotto lariceto con quelle della copertura nevosa su prato sfalcato, posizionato alla stessa quota ed esposizione (Freppaz et al., 2006, 2008). La ricerca ha evidenziato un diverso comportamento delle due aree per

quanto riguarda l'andamento stagionale di altezza di neve al suolo. Nel periodo tardo-autunnale si notano accumuli inferiori nelle aree boscate, a causa dell'intercettazione della neve da parte delle chiome. Nel periodo primaverile invece, a causa di un minore irraggiamento al suolo, l'altezza del manto nevoso è risultata maggiore sotto copertura (Freppaz et al., 2006) (Figura 1.11).



Figura 1.11 – Altezza del manto nevoso sotto lariceto ed al di fuori della copertura forestale (Freppaz et al., 2006).

La presenza della copertura arborea costituita dal lariceto ha inoltre esercitato una significativa influenza sul grado di umidità del manto nevoso, e quindi sulla sua densità, soprattutto negli episodi di nevicate precoci: prima della perdita degli aghi sono stati registrati intensi input di acqua derivante dalla fusione della neve intercettata. La distribuzione dell'acqua di fusione all'interno del manto nevoso risulta essere strettamente correlata con la presenza di deposizioni di lettiera inglobata nella copertura nevosa, soprattutto nel periodo tardo-invernale. A seguito del rigelo dell'acqua di fusione, il cui flusso discendente viene significativamente ostacolato dagli strati di lettiera, vengono originati strati di neve particolarmente duri proprio in corrispondenza di tali deposizioni. In fase di fusione-rigelo possono dunque formarsi potenziali piani di scorrimento per il distacco di valanghe a lastroni.

La presenza di una copertura arborea determina inoltre un importante effetto mitigatore nei confronti della temperatura dell'aria libera. Di conseguenza si possono osservare minori gradienti termici del manto nevoso, con la prevalenza di cristalli arrotondati ed una ridotta presenza di cristalli sfaccettati e a calice rispetto alle superfici non boscate. Inoltre all'interno delle superfici boscate si osserva una minore presenza di brina di superficie sul manto nevoso, possibile fattore predisponente il distacco di valanghe a lastroni (Mc Clung, Schaerer, 2006).

Il rimaneggiamento del manto nevoso ad opera del vento è in genere ridotto all'interno di popolamenti forestali densi, a causa delle scarse velocità raggiunte dal vento. Tuttavia, in corrispondenza di radure presenti all'interno della superficie boscata, il vento può subire violente accelerazioni ed assumere un moto turbolento provocando così accumuli anche importanti (Margreth, 2004).

Per quanto riguarda lo scivolamento della neve al di sotto di coperture forestali, esso risulta quasi impercettibile poiché la rugosità del terreno è generalmente superiore rispetto al suolo nudo, anche per la presenza delle ceppaie capaci di contribuire positivamente all'ancoraggio e alla stabilità del manto nevoso stesso. Nel piano montano superiore e subalpino, in particolare al di sotto di coperture di larice, le radure in un popolamento forestale sono però una componente imprescindibile della struttura naturale e sono necessarie per la rinnovazione. In tali zone non sono quindi da escludersi importanti movimenti del manto nevoso e non è raro osservare evidenti sciabolature dei fusti nelle zone caratterizzate da elevata nevosità e/o elevata acclività e/o elevati tempi di permanenza di neve al suolo (Höllner, 2001; Berretti et al., 2006). Anche la componente arbustiva e basso-arborea può rivelare, seppur limitatamente, un potere stabilizzante ma ciò si esaurisce del tutto qualora la sua altezza venga superata dall'altezza della copertura nevosa. In questo caso si creano potenzialmente le condizioni idonee alla formazione di strati anche rilevanti di cristalli a calice in corrispondenza delle sacche d'aria originatesi nell'interfaccia suolo-neve.

## 1.6. Le valanghe

### 1.6.1. Etimologia

Le origini dei nostri attuali termini "valanga" e "slavina" sono da ricercarsi nella lingua latina. Nei testi antichi erano chiamate "labinae" o "lavanchiae". *Lavanchiae* è probabilmente di origine pre-latina, forse ligure, ed ha la stessa radice di "lave" che significa scorrere di fango o lava. Molto più tardi la confusione con il vocabolo francese "aval" (che significa "verso valle, all'ingiù") produsse l'attuale vocabolo "avalanche", usato in inglese e francese, da cui deriva "valanga" in italiano. Il termine si potrebbe applicare alla caduta di qualunque materiale, ma quando lo si usa senza specificazioni ci si riferisce sempre alla caduta di neve.

L'altro vocabolo latino *labinae* deriva da "labi" che significa "slittare, scivolare giù". In seguito la parziale intercambiabilità delle lettere b, v e u originò molti termini propri di particolari regioni alpine come *lauie*, *lavina*, *lauina* e infine l'attuale vocabolo tedesco *lawine*, introdotto nell'uso corrente da Schiller e Goethe, da cui deriva il termine italiano "slavina" (Fraser, 1970).



## 1.6.2. Classificazione delle valanghe

Come tutti i corpi presenti sulla terra anche la neve è soggetta alla forza di gravità, che agisce in diversi modi a seconda delle situazioni. I movimenti che ne conseguono si possono suddividere in: *movimenti lenti* e *movimenti veloci* (ovvero le valanghe).

Il manto nevoso è costantemente soggetto a sollecitazioni o forze che lo deformano e tendono a metterlo in movimento. Questo, unitamente ai continui processi metamorfici subiti dalla neve, contribuisce ad influenzare la stabilità sui pendii. In seguito all'azione combinata di diversi fattori, l'equilibrio tra le forze che agiscono all'interno del manto nevoso può rompersi e la massa di neve può scivolare verso valle, in modo più o meno impulsivo.

I *movimenti lenti* sono movimenti non impulsivi del manto nevoso e sono caratterizzati da processi di *assestamento*, *scorrimento* fra gli strati e *slittamento* della neve a contatto col terreno. L'insieme di questi fenomeni viene anche detto "neviflusso". I movimenti lenti sono spesso all'origine delle forze supplementari di trazione e compressione in prossimità dei cambi di pendenza e concorrono alla formazione delle valanghe vere e proprie (Cagnati, 2017b).

Mentre i *movimenti lenti* non si possono ritenere un'insidia per le attività umane, i *movimenti veloci* (quindi movimenti "impulsivi", ovvero le valanghe), rappresentano il pericolo maggiore per gli sciatori e gli alpinisti che frequentano terreni innevati (Traynard, Traynard, 2005). L'A.I.Ne.Va. definisce come valanga una massa di neve, piccola o grande, in movimento lungo un pendio. In funzione della quantità di neve, che varia da pochi m<sup>3</sup> fino ad oltre 100.000 m<sup>3</sup>, e dalle caratteristiche del pendio, una valanga può raggiungere notevole velocità e potere distruttivo (Praolini et al., 2012). Una valanga propriamente detta è caratterizzata da una dislocazione del manto nevoso superiore a 50 m e da un volume superiore ai 100 m<sup>3</sup>, al di sotto di questi valori il movimento viene considerato "scivolamento" (Berretti et al., 2006).

Le valanghe possono essere classificate in funzione di diversi criteri (**Figura 1.12**):

Criteria	Description	
<b>Tipo di distacco</b>	lineare, ad angoli retti, perpendicolare alla superficie di slittamento <b>VALANGA DI LASTRONI</b> 	puntiforme <b>VALANGA DI NEVE A DEBOLE COESIONE</b> 
<b>Posizione della superficie di slittamento</b>	all'interno del manto nevoso <b>VALANGA DI SUPERFICIE</b> 	al suolo <b>VALANGA DI FONDO</b> 
<b>Tipo di movimento</b>	soprattutto polverosa <b>VALANGA POLVEROSA</b> 	soprattutto radente <b>VALANGA RADENTE</b> 
<b>Umidità della neve</b>	asciutta <b>VALANGA DI NEVE ASCIUTTA</b>	bagnata <b>VALANGA DI NEVE BAGNATA</b>
<b>Forma del percorso</b>	piatta <b>VALANGA DI VERSANTE</b> 	canalone <b>VALANGA INCANALATA</b> 

Figura 1.12 – Classificazione delle valanghe (Traynard, Traynard, 2005).

- **Tipo di distacco**

In base al tipo di distacco le valanghe si differenziano in: *valanghe di neve a debole coesione* e *valanghe a lastroni*.

Le *valanghe di neve a debole coesione*, dette anche “puntiformi”, sono solitamente di tipo superficiale, si staccano generalmente da un unico punto e durante il loro percorso interessano via via una superficie più ampia assumendo una forma a “pera”, trascinando con sé sempre più massa nevosa. Di norma sono valanghe che si verificano:

- In presenza di neve a debole coesione, come dice la definizione stessa;
- Su pendenze comprese tra i 40-60°.

La neve a debole coesione, quando polverosa, è molto leggera, ha una densità inferiore ai 100 kg/m<sup>3</sup> e una temperatura sempre inferiore agli 0 °C. Valanghe di neve a debole coesione, alle

nostre latitudini, si formano generalmente in inverno, quando le temperature dell'aria sono più basse, e dopo abbondanti nevicate. Se la pendenza del versante è contenuta, la distanza percorsa da queste valanghe è breve e non si raggiungono velocità elevate. Anche la larghezza di deposito risulta complessivamente ridotta rispetto alle valanghe a lastroni. Tuttavia, le valanghe di neve a scarsa coesione, possono anche essere di neve bagnata. In quest'ultimo caso la neve ha una densità nettamente superiore con valori prossimi anche ai 300-500 kg/m<sup>3</sup> ed una temperatura prossima agli 0 °C. Queste sono molto lente e si innescano su pendenze anche inferiori ai 30 °.

Le *valanghe a lastroni*, anche dette "su area estesa", sono la causa, sull'arco alpino, della maggior parte degli incidenti che coinvolgono sciatori ed alpinisti, e per questo sono ritenute le più pericolose delle precedenti, anche perché meno prevedibili. Esse si formano a partire da una rottura del manto nevoso che si propaga rapidamente dando origine al lastrone iniziale. La neve si distacca inizialmente a lastre e, solo durante il movimento, si divide in frammenti minori raccogliendo a sé un maggiore volume di neve scivolando sopra il manto di neve sottostante. Di norma sono valanghe che si verificano:

- Su pendenze comprese tra i 30-50°;
- In presenza di strati instabili e/o piani di slittamento (ad esempio brina di profondità);
- Con manto nevoso formato da strati continui non consolidati tra loro;
- In presenza di neve con coesione, che permette l'efficace trasmissione delle sollecitazioni all'interno del manto nevoso.

Il vento rappresenta un elemento fondamentale nel favorire la formazione di accumuli locali di neve consolidata. Il distacco avviene generalmente per un aumento del carico sul pendio dovuto al passaggio di sciatori. Queste valanghe, presentando una forte accelerazione, sono in grado di raggiungere velocità elevate anche su brevi distanze. Non da meno, in presenza di terreno fortemente accidentato, la frammentazione dei lastroni può portare alla genesi di valanghe di tipo nubiforme. La facilità con la quale le sollecitazioni si propagano in un manto coeso fanno sì che la valanga possa essere innescata anche da uno sciatore che, trovandosi alla base del pendio, può provocare il distacco a monte di sé stesso; questo risulta essere un forte elemento di pericolosità (Traynard, Traynard, 2005).

In funzione della posizione dello strato debole che origina la frattura dei lastroni, questo tipo di valanga può essere *di superficie*, tipica della stagione invernale oppure *di fondo*, tipica della stagione primaverile nella quale, a seguito di un rialzo termico, si forma acqua allo stato liquido nell'interfaccia neve-suolo, creando uno strato di scorrimento preferenziale.

- **Posizione della superficie di slittamento**

In base alla posizione dello strato di scorrimento le valanghe si definiscono come: *valanghe di superficie* o *valanghe di fondo*.

Le *valanghe di superficie* si verificano quando la superficie di slittamento è interposta tra gli strati interni del manto nevoso.

Le *valanghe di fondo*, in genere più contenute in dimensioni rispetto alle prime, si verificano quando il piano di scorrimento è rappresentato dall'interfaccia neve-suolo. Queste ultime si verificano con più facilità in presenza di strato erbaceo liscio oppure in periodo primaverile, dove la presenza di acqua allo stato liquido nell'interfaccia neve-suolo crea uno strato di scorrimento preferenziale.

- **Tipo di movimento**

In questo senso le valanghe sono classificate come: *valanghe radenti*, *valanghe nubiformi* e *valanghe miste*.

Le *valanghe radenti* si verificano quando la neve scorre a contatto con suolo, radente al pendio. Sono eventi tipici del periodo invernale e possono raggiungere velocità di anche 120-180 km/h (D'Agostino, 2017).

Le *valanghe nubiformi* si verificano invece quando la massa nevosa si muove come una nube nell'aria. In essa la neve, prettamente asciutta, riporta densità di circa 3-15 kg/m<sup>3</sup>. Questa tipologia di valanghe è abbastanza rara nelle Alpi orientali e si verifica per lo più in quelle occidentali. Il potere distruttivo è notevole, le velocità raggiunte arrivano fino a 300-400 km/h (D'Agostino, 2017). Non seguono percorsi preferenziali, scorrono dritte lungo il versante scavalcando e/o distruggendo ogni ostacolo. Queste valanghe sono caratterizzate dallo sviluppo di un "soffio", ovvero un'onda di pressione d'aria, che sopravanza il fronte visibile della valanga ed ha un enorme potere distruttivo, potenzialmente in grado di radere al suolo un versante boscato.

Le *valanghe miste*, che rappresentano la maggior percentuale, sono un insieme delle precedenti due categorie.

- **Umidità della neve**

In base all'umidità della neve le valanghe si definiscono come: *valanghe di neve umida o bagnata* o *valanghe di neve asciutta*.

Le *valanghe di neve asciutta*, tipiche del periodo invernale, sono caratterizzate da velocità piuttosto elevate, anche fino a 300-400 km/h (D'Agostino, 2017), e sono caratterizzate da un

elevato potere distruttivo causato dall'onda di pressione d'aria generata dal movimento verso valle.

Le *valanghe di neve umida o bagnata* invece sono caratterizzate da neve prossima agli 0 °C e con presenza di acqua allo stato liquido. Hanno densità di 300-500 kg/m<sup>3</sup> (Munter, 1992) e generalmente si originano in seguito ad un sensibile rialzo termico, quindi tipiche del periodo primaverile. Seppur caratterizzate da velocità contenute (30-120 km/h, D'Agostino, 2017) sono dotate di un notevole potere distruttivo, dovuto all'elevato peso specifico, in grado di generare pressioni sostenute.

- **Forma del percorso**

In questo senso le valanghe si definiscono come: *valanghe di versante* o *valanghe incanalate*.

Le prime sono valanghe che si sviluppano e scorrono lungo un versante aperto. Le *valanghe incanalate* invece si verificano quando la neve scende a valle lungo un canalone, come percorso forzato. Nel caso di canali piuttosto stretti, l'effetto di confinamento dello stesso fa sì che la valanga possa incrementare la sua velocità, aumentando il suo potere distruttivo.

- **Dimensioni**

Le valanghe possono essere classificate anche in base alle loro dimensioni, in funzione sia del volume della massa messa in movimento (**V**), sia dalla distanza percorsa dalla stessa (**L**), e sono definite come:

- *valanga piccola* (se **V**<1000 m<sup>3</sup> e **L**<100 m), genera pressioni di circa **10 kPa**;
- *valanga media* (se **V**<10.000 m<sup>3</sup> e **L**<1000 m), genera pressioni di circa **50 kPa**;
- *valanga grande* (se **V**<80.000 m<sup>3</sup> e **L**>1000 m), genera pressioni di circa **200 kPa**;
- *evento estremo* (se **V**<400.000 m<sup>3</sup> e **L**>>1000 m), genera pressioni di circa **500 kPa**.

Fermo restando che volumi inferiori ai 100 m<sup>3</sup> e lunghezze inferiori ai 50 m non costituiscono valanga bensì un semplice scivolamento del manto nevoso, e sono in grado di esercitare pressioni di circa **2 kPa** (Berretti et al., 2006; Mc Clung, Schaerer, 2006).

- **Valanghe da slittamento**

Negli ultimi decenni, a causa dei cambiamenti climatici, stiamo assistendo ad un aumento anomalo delle temperature e al progressivo cambio di regime degli eventi meteorici. Questi effetti risultano più marcati a livello alpino che non sul resto del pianeta e stanno causando notevoli influenze a livello di criosfera. Naturalmente questi effetti influenzano anche i fenomeni valanghivi (Cagnati, 2017a). Dagli anni '80 ad oggi si è notato un considerevole aumento di

valanghe di neve bagnata, soprattutto in inverni caratterizzati da eccezionali innevamenti e temperature al di sopra della media, come il 2008-2009 e il 2013-2014. Questo ha portato a focalizzare l'attenzione su una particolare tipologia di valanghe, dette *valanghe da slittamento*. Le *valanghe da slittamento* sono delle valanghe di fondo di neve umida. Si originano da una frattura iniziale, immediata e visibile, dovuta per lo più ai fenomeni di slittamento della neve. Da questa frattura il manto nevoso può, in tempi che si protraggono anche per mesi, generare una valanga vera e propria. Prerequisiti fondamentali per la formazione di questo fenomeno sono:

- Temperature prossime agli 0 °C a contatto col suolo e presenza di acqua allo stato liquido;
- Interfaccia neve-suolo liscia oppure a rugosità trascurabile;
- Pendenze maggiori di 15°;
- Elevati spessori del manto nevoso e assenza di strati deboli intermedi.

Sono valanghe che possono formarsi sia in primavera, a seguito di un rialzo termico, che in autunno, in caso di nevicate tardo-autunnali. Il distacco può originarsi a pendenze anche inferiori ai 30°. La potenziale pericolosità di queste valanghe sta nel fatto che: sono eventi di difficile previsione, le condizioni di pericolo potenziale si protraggono a lungo nel tempo, i metodi di distacco programmato hanno scarsa efficacia, le elevate masse in gioco e la notevole densità della neve sottopongono eventuali opere di difesa a pressioni talvolta superiori a quelle per le quali son state dimensionate.

- **Altri criteri**

Le valanghe si possono inoltre suddividere in funzione della causa innescante e si distinguono in: *valanghe spontanee*, quando sono prodotte da cause naturali (caduta di cornici o massi, riduzione delle resistenze interne e aumento del carico sul pendio) e *valanghe provocate*, quando sono generate dall'intervento umano (passaggio di sciatori o alpinisti).

### **1.6.3. Caratteristiche fisiche delle valanghe**

- **Massa**

La massa è un parametro fondamentale nel determinare gli effetti prodotti da una valanga sul territorio. Essa dipende direttamente dalla quantità di neve proveniente dalla zona di distacco e da quella intercettata o rilasciata nel suo scorrere lungo il pendio.

Il volume iniziale dipende dall'ampiezza della zona di distacco, dalla pendenza, dallo spessore staccatosi e dalle proprietà fisiche e meccaniche della neve. Generalmente il volume iniziale risulta inversamente proporzionale alla pendenza, a causa dello scarso accumulo nelle zone a

maggiore inclinazione. Anche le proprietà meccaniche influenzano, indirettamente, la massa di una valanga. L'aumento del grado di coesione della neve riduce la possibilità di trascinamento della stessa in quanto questa tende ad aggregarsi a blocchi piuttosto che a granuli a debole coesione, sebbene la maggiore durezza della neve si dimostra una delle cause di propagazione della linea di frattura. Anche il contenuto in acqua del manto nevoso ha il suo peso: generalmente al crescere dell'umidità della neve aumenta anche l'attrito e con esso si riduce la capacità di trasporto, sebbene sappiamo che maggiori densità equivalgono a maggiori forze e pressioni esercitate.

- **Velocità**

La velocità delle valanghe è un parametro che dipende dalle caratteristiche e dalle proporzioni delle valanghe stesse. Generalmente le velocità vanno dai 30-120 km/h delle valanghe di neve umida o bagnata, ai 300-400 km/h delle valanghe di neve asciutta (D'Agostino, 2017).

Secondo il modello monodimensionale di Voellmy, la valanga è considerata come un fluido al quale viene applicata l'equazione generale del moto (Voellmy, 1955; Benini, 1990). Combinando empiricamente la legge del moto viscoso di Coulomb con la formula di Chezy possiamo determinare la velocità massima di una valanga in funzione dei seguenti parametri:

- Spessore dello strato di neve in movimento;
- Angolo di inclinazione del pendio;
- Peso specifico dell'aria e della neve;
- Coefficiente di attrito turbolento;
- Coefficiente di attrito cinetico.

Naturalmente la velocità massima raggiungibile da una valanga dipende anche dalle caratteristiche topografiche, come ad esempio il dislivello percorribile e la morfologia del versante. Le valanghe incanalate infatti, per effetto di confinamento del canale stesso, tendono ad incrementare la loro velocità, aumentando il potere distruttivo (D'Agostino, 2017).

- **Pressione e forza d'impatto**

L'indagine delle forze d'impatto provocate da una valanga sono di notevole importanza in quanto permettono, ad esempio, il corretto dimensionamento di opere di difesa. Queste forze possono manifestarsi come innocui spostamenti d'aria oppure assumere livelli tali da distruggere boschi e infrastrutture. La massima pressione esercitata su un ostacolo dalla neve in movimento è proporzionale al quadrato della velocità della valanga e alla densità di flusso del miscuglio aria-neve. Solitamente vengono registrate forze d'impatto superiori nelle valanghe radenti

poiché presentano il massimo prodotto di velocità al quadrato e densità di flusso. I massimi valori, a livello generale, vengono registrati in prossimità del fronte solitamente nei primi secondi dell'impatto. Il fronte infatti è caratterizzato da un nucleo a maggiore densità rispetto al resto della valanga (D'Agostino, 2017).



**Figura 1.13** – Effetti distruttivi sul bosco di una valanga nubiforme. Val d'Oten, Calalzo di Cadore (BL) (Foto archivio ARPAV, Centro Valanghe di Arabba, scatto del 2014).

In certi casi le pressioni d'impatto si possono determinare in modo approssimativo osservando i danni prodotti dalla valanga stessa, quindi post-evento, in quanto queste forze riflettono direttamente il potere distruttivo di un evento valanghivo. L'esempio più concreto fa riferimento al bosco: in via del tutto generale individui schiantati riflettono elevate pressioni d'impatto, che superano i carichi di rottura degli alberi, mentre individui integri sono indice di pressioni minori. Rapin invece differenzia i valori di pressione in base al tipo di valanga, densa o polverosa: per distruggere una foresta matura una valanga densa deve avere una pressione d'impatto pari a 100 kPa, mentre per una polverosa 10 kPa sono sufficienti (Rapin, 2002). La valanga polverosa infatti, avendo un fronte anche di decine di metri di elevazione, coinvolge nel suo percorso le chiome degli alberi e, per effetto vela, può provocare schianti anche su decine di ettari di bosco.



Potenziale distruttivo	Valori medi		
	Massa (t)	Dislivello (m)	Pressione d'impatto (kPa)
Relativamente innocua	<10	10	1
Può seppellire, ferire o uccidere una persona	100	100	10
Può seppellire un'automobile, danneggiare un camion, distruggere una piccola abitazione o spezzare pochi alberi	1.000	1.000	100
Può distruggere un vagone ferroviario, diversi edifici o un bosco fino a 4 ha di dimensioni	10.000	2.000	500
Può distruggere un villaggio o un bosco di 40 ha	100.000	3.000	1.000

*Figura 1.14 – Potenziale distruttivo delle valanghe (Mc Clung, Schaerer, 1996).*

- **Distanza di arresto**

La distanza di arresto di una valanga viene definita dal punto di massimo avanzamento della massa nevosa nella zona di accumulo. Questo parametro è di fondamentale importanza ai fini della pianificazione e della gestione del territorio nelle aree esposte al pericolo valanghe. In sede di pianificazione queste aree sono generalmente soggette a vincoli di gestione e spesso, in caso la valanga sia potenzialmente pericolosa per obiettivi sensibili, vengono predisposte delle opere di difesa. Solitamente vengono individuate tre fasce di pericolo: zona gialla, zona blu e zona rossa, sottoposte a crescenti vincoli gestionali. I metodi più efficaci nella determinazione delle distanze di arresto sono:

- Indagine storica degli eventi;
- Osservazione a lungo termine delle aree di accumulo delle valanghe;
- L'esame dei danni provocati a infrastrutture, terreno e, soprattutto, alla vegetazione;
- Modelli di simulazione, empirici o dinamici (es. modello di Voellmy).

- **Tempo di ritorno**

È un parametro di grande importanza nell'ambito della pianificazione dell'uso del territorio poiché ci fornisce la periodicità con la quale le valanghe si verificano. È dunque essenziale conoscere la frequenza, o periodicità, per poter valutare le probabilità che una valanga vada ad interessare un determinato luogo in un periodo di tempo specifico (Mc Clung, Schaerer, 1996). In ambito progettuale è pratica comune porre in relazione rischio accettabile per le infrastrutture e periodicità delle valanghe.

La frequenza degli eventi può variare da più volte l'anno fino a una volta ogni 300 anni o più. Inoltre sulla parte superiore della zona di scorrimento si può avere un'elevata frequenza di attività valanghiva, mentre di solito la probabilità di valanga decresce mano a mano che ci si

avvicina alla zona d'accumulo estrema. La periodicità, che è il reciproco della frequenza, è definita come l'intervallo medio di tempo all'interno del quale viene raggiunta la distanza d'arresto in un certo punto.

In idrologia il concetto di "tempo di ritorno" ( $T_R$ ) rappresenta il numero di anni per i quali una variabile idrologica di interesse ha un valore contraddistinto dalla probabilità di essere eguagliato o superato mediamente una sola volta. In altre parole un evento si ripete mediamente almeno con questa intensità una volta ogni  $T$  anni. Viene quindi definito il tempo di ritorno come:

$$T_R = 1/P_S = 1/P_{NS} = 1/f$$

Dove  $P_S$  rappresenta la probabilità di superamento,  $P_{NS}$  la probabilità di non superamento dell'evento considerato con uguale o superiore intensità e  $f$  la frequenza.

In genere la frequenza dipende da: caratteristiche della zona di distacco, (angolo di inclinazione, aspetto, altezza, irregolarità del terreno, dimensione e forma), caratteristiche climatiche, latitudine, condizioni della vegetazione, irregolarità del terreno e caratteristiche della zona di scorrimento e accumulo. La periodicità può essere definita attraverso tre metodi principali, riportati in ordine di precisione (Mc Clung, Schaerer, 1996):

- Osservazione diretta a lungo termine della zona d'accumulo;
- Studio della vegetazione o di altri effetti distruttivi databili nella zona d'accumulo;
- Studio dei precedenti climatici e confronto di questi con le frequenze registrate da altre valanghe in altre aree simili per quanto riguarda terreno, caratteristiche e clima.

Quando non risulta possibile osservare direttamente la frequenza delle valanghe, il metodo migliore consiste nello studio della vegetazione nella zona d'accumulo. Attraverso la dendrocronologia, osservando il numero degli anelli legnosi, è possibile elaborare una cartografia delle periodicità delle valanghe nella zona di accumulo. Nel caso in cui la frequenza di una valanga sia superiore ad una volta ogni 10 anni questo metodo non risulta più affidabile e, in tal caso, sarà l'altezza della vegetazione (arbusti, salici e piccoli alberi) ad offrire preziose informazioni sulla frequenza (**Figura 1.15**). Talvolta però le difficoltà che sorgono nel definire la periodicità di una valanga possono rendere necessaria l'adozione di più metodi congiunti, nell'intento di ottenere dei risultati più affidabili (Mc Clung, Schaerer, 1996):

- *Analisi del legno di reazione*: quando un albero in crescita verticale viene travolto da una valanga e non viene spezzato, nella stagione di crescita successiva questo sviluppa rapidamente un tipo di legno speciale, chiamato "legno di reazione". Nelle conifere il legno di reazione si forma sul lato a valle dei tronchi inclinati e viene chiamato legno di

compressione; nelle latifoglie si forma invece sulla parte a monte e viene chiamato legno di tensione;

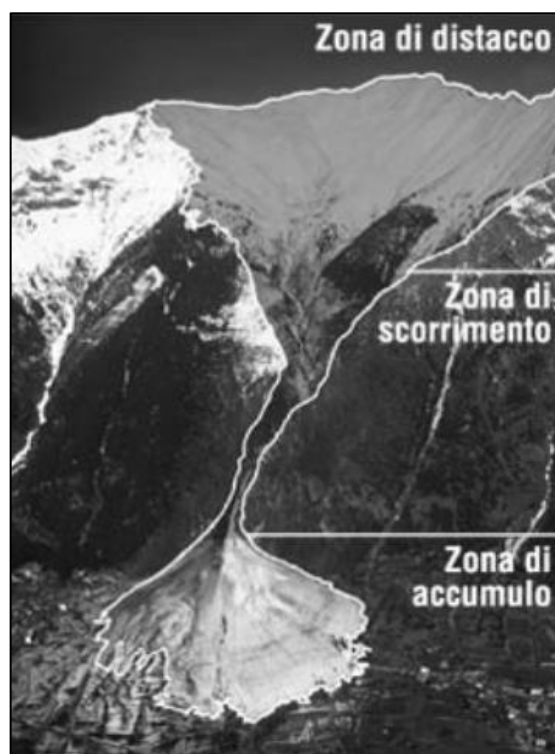
- *Tracce databili sugli alberi*: lo studio della sezione di un albero può essere utile ai fini di determinare l'anno in cui quest'ultimo è stato colpito da una valanga;
- *Rotture databili*: le valanghe spesso provocano la rottura dei tronchi principali degli alberi. Queste rotture possono facilmente essere datate;
- *Brusche variazioni di crescita*: l'attività valanghiva può direttamente o indirettamente creare differenze nella crescita tra gli alberi situati nella zona di scorrimento della valanga e quelli che crescono al di fuori del limite boschivo;
- *Età delle piante travolte*: l'anello di crescita delle piante morte può essere messo a confronto con quello degli alberi della stessa specie che crescono nelle vicinanze;
- *Zone di rimboschimento di un pendio valanghivo*: le caratteristiche della vegetazione, come ad esempio la composizione specifica, la struttura, la distribuzione dell'età e i danni possono fornire preziose informazioni sulla frequenza delle valanghe.

Frequency—At Least One Large Avalanche in an Interval of:	Vegetation Clues
1–2 years	Alder and willow, bare patches, and shrubs; no trees higher than about 1 to 2 m
3–10 years	No large trees and no dead wood from large trees; presence of trees higher than 1 to 2 m
10–30 years	Dense growth of small trees; young trees of climax species (e.g., conifers); increment core data useful
25–100 years	Mature trees of pioneer species (e.g., nonconiferous); young trees of climax species; increment core data useful
More than 100 years	Mature trees of climax species. Increment core data useful

Figura 1.15 – Esempi di vegetazione indicatrice della frequenza delle valanghe (Mc Clung, Schaerer, 2006).

#### 1.6.4. Identificazione del terreno valanghivo

Un'area valanghiva è un luogo caratterizzato da uno o più pendii valanghivi. Un pendio valanghivo costituisce un'area ben determinata al cui interno si verificano movimenti di masse nevose (Mc Clung, Schaerer, 1996). Questi distacchi possono coprire il dislivello di appena 50 m, oppure possono scorrere per tutta la lunghezza di un versante, fino a un dislivello di oltre 2000 m. Su un pendio valanghivo il distacco e l'arresto di piccole valanghe può avvenire in zone ogni volta diverse e ciascun evento è caratterizzato da: **zona di distacco**, **zona di scorrimento** e **zona di arresto o accumulo** (Mc Clung, Schaerer, 1996) (Figura 1.16). Ciascuna delle zone indicate possiede delle specifiche caratteristiche riportate a seguito.



**Figura 1.16** – Le tre sezioni di un’area valanghiva: zona di distacco, zona di scorrimento e zona di arresto o accumulo (A.I.Ne.Va., 2017 – Pubblicazioni on-line).

#### **1.6.4.1. Caratteristiche della zona di distacco**

La zona di distacco è l’area in cui la neve instabile si frattura e si mette in moto. Il fronte di distacco di una valanga a lastroni e il punto di partenza di una valanga di neve a scarsa coesione definiscono il limite superiore della zona di distacco di ogni tipo di valanga. Il limite inferiore della zona di distacco è generalmente difficile da definire ma talvolta risulta invece chiaramente individuabile. Nel caso in cui diverse aree di distacco, nettamente separate tra loro da creste o boschi, convogliano masse nevose verso un’unica zona di scorrimento, si darà la definizione di “aree di distacco multiple” (Mc Clung, Schaerer, 1996).

Esistono diverse caratteristiche proprie della zona di distacco:

- **Inclinazione del pendio**

L’inclinazione del pendio è il principale fattore topografico per il distacco di una valanga in quanto permette l’innesco e la successiva accelerazione. Altre caratteristiche del terreno hanno un’importanza secondaria. Non vi è un limite inferiore preciso per valori di inclinazione al di sotto dei quali un pendio si può ritenere sicuro; l’angolo di inclinazione minimo dipende dalle condizioni della neve (Mc Clung, Schaerer, 1996). Esiste, per valori di inclinazione tipici, una corrispondenza con la tipologia di valanga che si verifica: nevi umide presentano angoli di attrito

statico minori (circa 15°), mentre nevi a bassa densità possono raggiungere valori di anche 50° (Mc Clung, Schaerer, 1996) (**Figura 1.17**).

60°-90°	Le valanghe sono rare; frequente formazione di colate di neve di piccole quantità
30°-60°	Valanghe di neve asciutta a scarsa coesione
45°-55°	Frequenti valanghe di lastroni di piccole dimensioni
35°-45°	Valanghe di lastroni di ogni dimensione
25°-35°	Valanghe di lastroni (spesso grandi) non frequenti; valanghe di neve bagnata a debole coesione
10°-25°	Valanghe di neve bagnata e di neve fradicia, non frequenti

**Figura 1.17** – Distribuzione delle valanghe in base alle classi di inclinazione (Mc Clung, Schaerer, 1996).

- **Orientazione rispetto al vento**

L'esposizione al vento rappresenta il secondo elemento di importanza nella valutazione del terreno valanghivo. In presenza di adeguati angoli di inclinazione, i pendii con maggiore accumulo eolico hanno anche maggiore probabilità di dar luogo a valanghe. Queste sono le tipiche condizioni che si verificano sui versanti sottovento di alte creste o dorsali. In questi pendii si vengono a formare dei lastroni di neve instabile che possono cedere sotto il loro stesso peso innescando fenomeni valanghivi (Mc Clung, Schaerer, 1996).

Al momento di valutare l'azione del vento è importante ricordare come velocità e direzione varino in funzione della quota e delle caratteristiche del terreno, oltre che in base alle caratteristiche della precipitazione nevosa. I pendii esposti al vento non sono necessariamente al riparo dalle valanghe: durante periodi di calma o vento debole si possono avere accumuli di neve sufficienti a sovraccaricare eventuali strati deboli, e si può verificare la rottura anche di un manto parzialmente eroso dal vento.

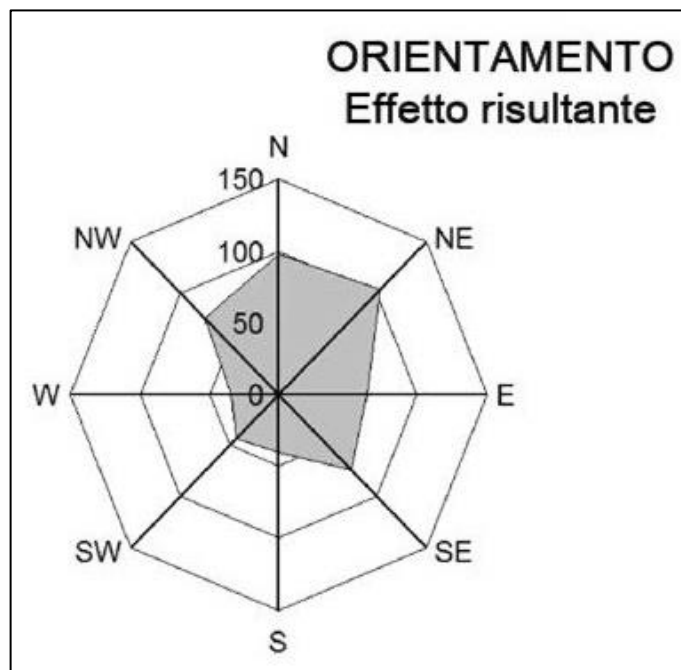
- **Orientazione rispetto al sole**

Gli effetti dell'irraggiamento variano in funzione dell'esposizione al sole e producono effetti sulle temperature e sul metamorfismo del manto nevoso, influenzando così la resistenza e la stabilità dello stesso.

I pendii in ombra, localizzati sui versanti a nord e sui fondovalle, ricevono una piccola quantità di radiazione solare diretta e rilasciano calore attraverso irraggiamento a onda lunga. Durante l'inverno il manto nevoso rimane più freddo, è interessato da processi di stabilizzazione lenti e

tende formare strati deboli di cristalli sfaccettati, brina di profondità e di superficie. La sua stabilità andrà via via in crescere con l'aumento delle temperature in primavera. Al contrario i pendii più soleggiati sono caratterizzati da temperature superiori del manto nevoso e da una migliore stabilità rispetto a quelli ombreggiati, in inverno, mentre con l'avvicinarsi della primavera iniziano più rapidamente a diventare instabili.

L'esposizione al sole influisce notevolmente sulla stabilità del manto nevoso tuttavia, a parità di topografia, mediamente su un pendio soleggiato si ha la stessa quantità di valanghe riscontrata su un pendio in ombra. Sulle catene montuose di Canada e USA occidentale, nonché nelle Alpi, i versanti più ombreggiati spesso coincidono coi versanti sottovento, di conseguenza risulta piuttosto difficile separare gli effetti di sole e vento. L'effetto risultante si può comprendere in (Figura 1.18).



**Figura 1.18** – Effetto risultante dell'azione di sole e vento nel determinare distacchi di valanghe. Riportati in grafico i valori di esposizione più frequenti dove sono avvenuti gli incidenti da valanga. È importante precisare che i versanti esposti a nord sono anche i più frequentati (Dati relativi al periodo 1984-2003 – Praolini et al., 2012).

- **Il bosco**

Le complicate relazioni tra valanghe e bosco, che richiedono un'accurata ed attenta analisi, sono trattate nel dettaglio al *paragrafo 1.7., pag. 43.*

- **Il terreno**

È dimostrato che una morfologia di tipo irregolare ha l'effetto di tenere ancorato il manto nevoso fino a che questo non è abbastanza spesso da formare una superficie relativamente liscia. Rocce, massi, tronchi, ceppaie, arbusti e terrazze sono tutti elementi che contribuiscono a tenere ancorata la neve al terreno, fintanto che l'altezza del manto nevoso resta inferiore agli elementi stessi (Mc Clung, Schaerer, 1996). Le irregolarità del terreno infatti, se completamente sepolte dalla neve, possono contribuire a concentrare le sollecitazioni aumentando così la possibilità che si verifichino delle fratture. Generalmente la presenza di irregolarità rappresenta un punto a favore della stabilità di un pendio fino al momento in cui riescono ad ancorare gli strati deboli all'interno del manto nevoso. Inoltre, a causa del metamorfismo, la neve che ricopre parzialmente i massi, può essere più fragile del manto nevoso circostante. Questo accade perché nei pressi delle rocce si verificano condizioni estreme di temperatura della neve, che portano alla formazione di grossi cristalli ad elevata porosità e fragilità. L'abbandono dei prati sfalciati e dei pascoli risulta essere invece un effetto sensibilmente negativo per la formazione di valanghe. La porzione 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).

- **Area del pendio**

Per riuscire a sormontare i fianchi e il piede, una valanga di lastroni deve avere dei minimi requisiti di larghezza e spessore della frattura. Questi valori tendono ad aumentare al crescere della resistenza e della profondità del lastrone e inoltre possono variare in base all'inclinazione del pendio, anche se non si possono stabilire regole generali (Mc Clung, Schaerer, 1996).

- **Altitudine**

L'altitudine influisce sulla formazione di valanghe in quanto le nevicate, il vento e le temperature variano con la quota. Rispetto ai pendii più bassi, quelli posti ad una quota maggiore possono avere un manto nevoso di natura diversa, diversa esposizione a vento e sole e diverso terreno di fondo. Generalmente al di sotto dei 1800-2000 m s.l.m. e sopra ai 3000 m s.l.m. gli eventi valanghivi sono rari. Nel primo caso per la presenza del bosco, nel secondo per la presenza di pendii ripidi che limitano l'accumulo in parete. La maggior parte degli eventi si verifica a quote comprese tra i 2000 e i 3000 m s.l.m.

- **Posizione del fronte di distacco**

Conoscere i probabili punti di distacco è di fondamentale importanza al fine di prevedere il percorso della valanga. Le posizioni di distacco di valanghe a lastroni sono spesso determinate dalle caratteristiche del terreno dove si sviluppa la valanga stessa. Probabili fronti di distacco si possono avere dove le fratture di taglio che si propagano attraverso un pendio, hanno la stessa influenza, per le caratteristiche del terreno, che la rottura per trazione. Tra queste caratteristiche vi sono ondulazioni di forma e convessa punti di ancoraggio come rocce e alberi. Non è raro che il coronamento di una valanga a lastroni colleghi le singole piante presenti sul versante.

#### **1.6.4.2. Caratteristiche della zona di scorrimento**

La zona di scorrimento di una valanga rappresenta quella fascia di pendio che mette il collegamento la zona di distacco con quella di deposito.

La zona di scorrimento può presentare molteplici configurazioni che, sintetizzate, riconducono a due principali categorie: pendio aperto e canalone (UNESCO, 1981). I pendii aperti non presentano confini laterali a differenza dei canali che presentano delle strozzature. Le zone di scorrimento a maggiore sviluppo sono solitamente costituite da terreno misto, che può partire come canalone e disperdersi a valle su pendii aperti. Generalmente le valanghe seguono la linea di massima pendenza, quando però vengono a mancare i confini laterali possono seguire direzioni inaspettate, fino anche a spostarsi da un lato all'altro del canalone. Dato che nella valanga l'attrito dinamico è inferiore all'attrito statico, per continuare il moto saranno sufficienti pendenze minori rispetto a quelle di distacco. Il valore di quest'angolo dipende dalle proprietà meccaniche della neve in moto, dalle dimensioni della valanga nonché dalla scabrezza della superficie di scorrimento. La velocità delle grosse valanghe con lunghi scorrimenti viene sensibilmente ridotta in presenza di pendenze inferiori ai 10°. La velocità rimane invece pressoché invariata anche in corrispondenza di piccoli tratti di cambi di pendenza (Mc Clung, Schaerer, 1996).

#### **1.6.4.3. Caratteristiche della zona di accumulo**

L'accumulo della massa nevosa mobilitata da una valanga inizia quando l'inclinazione del pendio è pari all'angolo di attrito statico della neve. La zona di deposito può essere un ampio ripiano, il pendio di una scarpata, un fondovalle, il versante opposto di una vallata o qualsiasi altro posto dove la valanga viene arrestata. Dato l'elevato attrito e la bassa velocità in zona di deposito, le valanghe sono molto sensibili alle scabrezze del terreno, e possono quindi essere deviate o



arrestate anche da piccoli ostacoli, oppure possono muoversi in direzioni impreviste. Gli angoli di inclinazioni tipici per l'inizio del deposito sono generalmente inferiori o uguali a 15° (Mc Clung, Schaerer, 1996). Un bosco in zona di deposito può ostacolare positivamente il movimento valanghivo a seconda della densità degli individui, della loro elasticità e del tipo di valanga, anche se il bosco stesso non è in grado di fermare tutte i tipi di masse nevose.

## **1.7. Bosco e valanghe**

Dato che le coperture forestali non possono fermare le valanghe di grandi dimensioni, il loro effetto si limita al rallentamento degli scaricamenti ed alla stabilizzazione del manto nevoso nelle potenziali aree di distacco (Perzl, 2007). Occorre inoltre ricordare che, sebbene un popolamento forestale in zona di scorrimento non possa in alcun modo bloccare o rallentare il moto della valanga, è possibile che nella *buffer zone* (ovvero ai margini laterali del percorso) una fascia forestale protettiva possa contribuire a limitare l'estensione della superficie interessata dall'evento valanghivo. Anche in zona di accumulo la foresta non può esercitare un'efficace azione di difesa; è però utile creare e valorizzare, soprattutto nel caso di valanghe abituali, una fascia protettiva stabile con l'obiettivo di aumentare la scabrezza limitare eventuali danni a infrastrutture.

Un bosco che cresce su un pendio ripido impedisce la formazione di grosse valanghe, in quanto influisce sulle caratteristiche del manto nevoso, interrompendo e impedendo il deposito di accumuli da vento. Nei pendii boscati, il distacco delle valanghe è in genere limitato a pendenze superiori ai 30° (Schneebeli, Bebi, 2004).

L'effetto esercitato dal bosco di ancoraggio al suolo del manto nevoso, che impedisce il distacco di valanghe, è imputabile a caratteristiche proprie di una copertura forestale che non è possibile riscontrare in zone non boscate (Margreth, 2004). Tra le queste possiamo trovare l'intercettazione della neve da parte delle chiome, l'influenza sull'azione del vento all'interno del popolamento forestale e l'effetto di ancoraggio del manto nevoso esercitato dai tronchi. L'insieme di questi principali fattori porta alla formazione, sotto copertura, di un clima isotermico che riduce la probabilità di formazione di brina di profondità, di un minore spessore del manto nevoso ed in generale ad una maggiore stabilità dello stesso. Risulta sempre difficile stabilire quale sia il contributo alla stabilizzazione del manto nevoso per ciascuno degli effetti indicati, e a maggior ragione risulta ancor più difficile stabilire localmente i parametri di copertura arborea in grado di fornire un sufficiente grado di stabilità al pendio innevato. I parametri statistici considerati ai fini di una buona valutazione di capacità protettiva di un bosco sono: grado di

copertura delle chiome, numero di tronchi per ettaro e larghezza media delle radure in bosco (Meyer-Grass, Schneebeli, 1992). Altri parametri di altrettanto importante valutazione sono la composizione specifica di un popolamento e l'altezza efficace degli alberi.

In merito all'altezza efficace degli alberi, in Giappone è stata stabilita una regola empirica: l'altezza media degli alberi deve essere pari a 1,5-2 volte l'altezza del manto nevoso, purché sia rispettato un numero minimo di individui che fuoriescano dal manto nevoso (>50% della totalità), riuscendo così a stabilizzarlo (Saeki, Matsuoka, 1996). Questa regola è confermata anche da osservazioni compiute nelle Alpi.

L'altezza efficace degli alberi, necessaria a svolgere un'azione di consolidamento del manto nevoso, è un parametro legato alla pendenza e allo spessore dello strato di neve (**Figura 1.19**).

Déclivité (degré)	Hauteur d'arbres efficace en fonction de la hauteur de neige		
	à 1 m	à 2 m	à 3 m
30	1,1 m	2,1 m	3,2 m
35	1,1 m	2,2 m	3,3 m
40	1,1 m	2,3 m	3,4 m
45	1,2 m	2,3 m	3,5 m
50	1,2 m	2,4 m	3,7 m
55	1,3 m	2,5 m	3,8 m

**Figura 1.19** – Altezza efficace degli alberi in funzione di pendenza e altezza del manto nevoso (Perzl, 2007).

In un'esperienza condotta nel British Columbia sono stati invece indagati 76 siti valanghivi localizzati nelle Coast Mountains e nelle Columbia Mountains con l'obiettivo di analizzare i parametri che caratterizzano la zona di distacco ad elevato potere distruttivo (Mc Clung, 2001). Sono stati quindi presi in considerazione: il grado di rugosità del terreno, la densità della vegetazione, l'altezza della vegetazione e la conformazione del suolo. La ricerca ha evidenziato come la rugosità del terreno influisca positivamente sulla riduzione della frequenza di distacco di valanghe, qualora presenti un'altezza superiore ai 2 m. Questo valore risulta determinante: circa il 90% degli eventi analizzati si sono verificati in presenza di vegetazione con altezza inferiore o uguale a 2 m. I valori riportati non sono universalmente validi: Meyer-Grass (1987) ha indicato come un bosco sia in grado di svolgere la sua funzione protettiva se possiede una densità superiore a 250 piante/ha e altezze superiori a 3 m. Naturalmente occorrerà valutare localmente i dati di nevosità media e gli accumuli di neve al suolo ai fini di determinare i valori di altezza efficace più appropriati.

Per quanto riguarda il grado di copertura è emerso come la frequenza di eventi valanghivi ha subito una notevole riduzione per valori superiori al 46%.

Con l'aumentare della pendenza e dell'altezza di neve, solo gli alberi con diametro maggiore sono considerati come perfettamente efficaci, in quanto in grado di resistere alla pressione del manto nevoso.

In base ad uno studio effettuato da Meyer-Grass (1987) vengono considerate, ai fini della protezione, solo piante aventi DBH>16 cm, poiché ritenute più efficaci. Inoltre risulta evidente come la densità del popolamento forestale e il grado di copertura delle chiome dipenda strettamente sia dalla pendenza del pendio che dalla composizione specifica (**Figura 1.20**).

Parameter	Forest type				
	Broadleaf	Broadleaf /conifer	Conifer evergreen	Conifer evergreen/ not evergreen	Conifer not evergreen
Crown coverage (%)	<80%	<70%	<35%	<30%	<35%
Width of gaps (m)	>5 m	>5 m	>10 m	>10 m	>10 m
Coverage of ground vegetation (%)	>50%	>50%			
Slope (°)	>38°	>42°	>38°	>35°	>32°
Number Stem/ha (DBH>16cm) depending on the slope:					
30°	50		50	200	300
35°	250		150	300	300
40°	600		250	400	300
45°	850		350	550	300
50°	1100		450		300

**Figura 1.20** – Parametri e valori soglia relativi al distacco di valanghe in bosco (Meyer-Grass, 1987).

Per quanto riguarda la distribuzione diametrica, è noto come piante con diametri inferiori a 6-10 cm possono contribuire solo parzialmente alla stabilizzazione del manto nevoso in quanto mostrano una base ancora tendenzialmente elastica (Johnson, 1987).

In merito alla copertura, con popolamenti di alberi a foglia persistente, esiste una regola empirica secondo la quale, in presenza di alberi con altezza efficace raggiunta e distribuiti omogeneamente, è sufficiente un grado di copertura del 50-60% per impedire il distacco di valanghe medio-grandi. Quando invece la copertura non raggiunge tale soglia, l'effetto protettivo dipende dal numero di tronchi ad ettaro, considerando anche la necromassa presente (Perzl, 2007; Berretti et al., 2006) (**Figura 1.21**).

In **Figura 1.21** possiamo notare come il valore limite di pendenza, per il distacco di valanghe spontanee, sia basso (30°) per pendii non forestati o in presenza di larice, mentre si alza fino a 35° in caso di copertura di altre specie forestali. Anche la densità ideale del popolamento varia in funzione della pendenza: 500 piante/ha per pendenze di 30-40°, 1000 piante/ha per pendenze superiori ai 40°.

È interessante notare come i valori di soglia diametrica, necessaria a garantire la stabilità, è fissata a 8 cm. Questo dato risulta invece sensibilmente differente da quello riportato per lo stesso parametro negli studi di Meyer-Grass (1987), che fissava la soglia diametrica a 16 cm.

Zone	Parametri		Esigenze minime	Esigenze ideali
Zone di distacco	Composizione (in funzione della pendenza)		la tabella prende in considerazione: - i Lariceti a partire da 30° (58%) di pendenza - le foreste di conifere ad aghi persistenti a partire da 35° (70%) di pendenza - le foreste di latifoglie e miste (con conifere) del piano montano superiore ed inferiore a partire da 35° (70%) di pendenza	
	Densità	N° piante/ha	indifferente purché sia rispettata la % di copertura	Ø > 8 cm - pendenza tra 30° (58%) e 40° (84%): almeno 500 piante/ha * - pendenze > 40° (84%): almeno 1.000 piante/ha * - rispettando il parametro % di copertura
		% di copertura	> 50%	
	Struttura	Aperture ** (lungo la linea di massima pendenza)	≥ 30° (58%) → < 60 m	≥ 30° (58%) → < 50 m o 2 altezze d'albero
			≥ 35° (70%) → < 50 m ≥ 40° (84%) → < 40 m ≥ 45° (100%) → < 30 m	≥ 35° (70%) → < 40 m ≥ 40° (84%) → < 30 m ≥ 45° (100%) → < 25 m o 1 altezza d'albero
		Se la lunghezza delle aperture supera le indicazioni, la larghezza deve essere < 15 m		
Elementi di stabilità	Ancoraggio	> 80% piante con buona radicazione evidente	> 90% piante con buona radicazione evidente	
Note: * definite al fine di assicurare una struttura paragonabile a quella di un paravalanghe. ** aperture: misurate tra le proiezioni delle chiome (esclusi gli stadi giovanili) ** favorendo la rugosità del terreno (ad esempio con ceppaie tagliate alte, legname al suolo) nelle aperture e sui limiti dei canali di scorrimento delle valanghe, si può ridurre il rischio di distacco delle stesse. ** nel caso in cui la rugosità nelle aperture sia sufficiente, si possono utilizzare come riferimento i valori indicati nelle "esigenze minime" anche per la colonna delle "esigenze ideali"				

Figura 1.21 – Valanghe in bosco: esigenze di stabilità (Berretti et al., 2006).

Oltre alla densità complessiva del popolamento forestale che, come visto, riveste un'importanza tutt'altro che irrilevante, è necessario considerare anche le eventuali aperture presenti all'interno del bosco. Con un grado di copertura del 50% e una pendenza di 35°, per larghezze di radure stimate intorno ai 15 m, il distacco di una valanga è considerato come poco probabile. Aperture superiori a 30 m lungo la massima pendenza e 15 m lungo la stessa isoipsa non possono invece impedire il distacco di valanghe poiché la copertura nevosa risulta stabilizzata da alberi maturi solo per una distanza di 2-3 m attorno al tronco (In der Gand, 1978).

Nelle foreste montane e subalpine un grado di copertura superiore al 50% e l'assenza di aperture di dimensioni elevate sono i presupposti per prevenire il distacco valanghe: con pendenze

comprese tra i 35 e 40°, ad esempio, le aperture non devono superare i 50 m lungo la massima pendenza (Schonenberger et al., 2005) (**Figura 1.22**).

Slope	Minimum requirements			Ideal requirements		
	35–40°	40–45°	>45°	35–40°	40–45°	>45°
Minimum canopy	>50%	>50%	>50%	>50%	>50%	>50%
Maximum gap length	<50 m	<40 m	<30 m	<40 m	<30 m	<25 m
Maximum gap width <sup>a</sup>	<15 m	<15 m	<15 m	<15 m	<15 m	<15 m

**Figura 1.22** – Valori soglia di copertura e pendenza per la prevenzione del distacco di valanghe (Schonenberger et al., 2005).

È necessario sottolineare che con l'aumentare della quota, fino al raggiungimento del limite superiore del bosco, i popolamenti forestali tendono a diventare poco uniformi, occupando le microstazioni favorevoli e organizzandosi in particolari strutture dette "collettivi". Per limite superiore del bosco si intende la linea che unisce gli individui eretti più alti di 2 m. Per albero si intende una pianta normalmente a portamento arboreo dell'altezza di almeno 2 m, anche se di forma irregolare. Si è scelta l'altezza di 2 m come valore discriminante per la classificazione degli alberi sulla base delle definizioni che fanno riferimento alla protezione esercitata dal manto nevoso in alta montagna su piante mediamente più piccole di questa misura (Wardle, 1974; Piuksi, Schneider, 1985).

In questi ambienti i popolamenti sono confinati su dossi e rilievi del terreno, mentre non si insediano nei canali a causa di limitazioni di carattere ecologico, per i movimenti del manto nevoso e per il prolungato periodo di innevamento. Tutto questo provoca una naturale e sensibile perdita di efficacia della funzione protettiva del bosco rispetto alle valanghe. In tal senso, ove necessario, sarà opportuno predisporre interventi strutturali di difesa attiva, finalizzati anche ad aumentare, proteggere e favorire la rinnovazione a rischio, che altrimenti sarebbe continuamente soggetta a sforzi dovuti allo scivolamento della neve.

Il bosco si introduce nella dinamica delle valanghe, già di per sé complessa, andando ad introdurre una serie di variabili aggiuntive che di fatto rendono ancora più difficile la previsione degli eventi stessi. Le valanghe originatesi in bosco sono inoltre caratterizzate da dimensioni generalmente piccole; questo di fatto le rende difficili da individuare e da monitorare, e ciò ha permesso di raccogliere negli anni una ridotta quantità di dati in merito a questo particolare tipo di fenomeni. Se a questi si aggiunge la scarsità di dati nivologici disponibili sotto copertura forestale (generalmente i dati nivologici sono rilevati fuori copertura forestale, questo per evitare che il bosco vada ad influenzare significativamente i rilievi), ne deriva che lo studio delle interazioni fra bosco e valanghe presenta numerose lacune.

Lo scarso bagaglio di conoscenze relative ai fenomeni valanghivi originatisi sotto copertura, o in una zona potenzialmente boscata, ha portato in passato e porta tuttora ad intervenire con interventi strutturali, spesso poco attenti al loro impatto sull'ambiente.

## 1.8. Pericolo e rischio valanghe

Un *pericolo naturale* è un processo naturale potenziale o in evoluzione che può produrre effetti negativi per l'uomo o per l'ambiente (Berretti et al., 2006). Non tutti i pericoli naturali interagiscono allo stesso modo con le foreste. Per questo motivo vengono generalmente presi in considerazione solo quelli suscettibili di essere controllati o mitigati da una copertura forestale avente determinate caratteristiche strutturali: lave torrentizie, scivolamenti superficiali, caduta massi e valanghe (Berretti et al., 2006). Ogni pericolo naturale si caratterizza per avere un'area di insidenza e una probabilità temporale che un evento di una data intensità si verifichi in un determinato periodo di tempo (tempo di ritorno). Generalmente la presenza del bosco limita di fatto il verificarsi del pericolo naturale e, dunque, la definizione di pericolo include la sua potenzialità di verificarsi in assenza di bosco.

La pericolosità invece è la probabilità temporale che un evento naturale di data intensità riguardi una determinata area in un determinato periodo di tempo. La pericolosità include in sé condizioni latenti che rappresentano una futura minaccia per l'uomo e/o l'ambiente e viene generalmente espressa in termini di probabilità annuale (Berretti et al., 2006).

La combinazione tra pericolosità potenziale e danno atteso introduce la definizione di *rischio*. Il *rischio* è la probabilità che si verifichino conseguenze negative (per la vita umana, per i beni e le risorse, per le attività economiche e per l'ambiente) derivanti dall'interazione tra la dinamica degli eventi naturali e le aree antropizzate. Per convenzione il rischio (**R**) viene espresso come prodotto tra la pericolosità (**P**) e il danno atteso (**D**), ed è generalmente espresso, analogamente alla pericolosità, in termini temporali di probabilità annua (Berretti et al., 2006).

$$R = P * D$$

In realtà, nella definizione del rischio normata dal *DPCM 29/09/1998*, le cose si complicano in quanto il danno atteso viene definito in funzione di altri due fattori: il valore degli *elementi esposti* al pericolo (**E**) e la *vulnerabilità* degli stessi (**V**). Il valore degli elementi esposti può essere legato a persone, beni, infrastrutture o patrimonio ambientale, la vulnerabilità invece è intesa

come capacità di sopportare l'intensità e le sollecitazioni dell'evento. La definizione finale di rischio risulta quindi essere:

$$R = P * E * V$$

Riguardo all'entità dei fenomeni, secondo quanto previsto dai PAI, Piani per l'Assetto Idrogeologico (Gazzetta Ufficiale n. 183 dell'8 agosto 2001, le classi sono state definite col DPCM del 29 settembre 1998 che specifica aspetti applicativi della L. 183 e del DLgs 180/98), sono individuate quattro classi di rischio:

- **R1** – *Rischio moderato*: danni economici attesi marginali;
- **R2** – *Rischio medio*: danni che non pregiudicano l'incolumità delle persone e pregiudicano invece parzialmente la funzionalità delle attività economiche;
- **R3** – *Rischio elevato*: possibili effetti sull'incolumità degli abitanti, gravi danni funzionali a edifici e infrastrutture e parziale perdita della funzionalità delle attività socioeconomiche;
- **R4** – *Rischio molto elevato*: possibili perdite di vite umane o infrastrutture e distruzione delle attività economiche.

Al fine dell'individuazione delle foreste di protezione diretta si considerano le zone con rischio elevato (**R3** e **R4**), vale a dire quelle in cui è messa in pericolo l'incolumità delle persone o vi è la possibilità di perdita di vite umane.

### **1.8.1. Interventi di mitigazione del rischio**

Promuovendo una attenta gestione del territorio, è possibile applicare diverse misure volte alla mitigazione del rischio. In quest'ottica è quindi possibile agire sulle diverse componenti del rischio quali pericolosità e vulnerabilità.

Diminuire la vulnerabilità significa ridurre il numero o l'entità degli elementi esposti ad un potenziale pericolo, siano essi infrastrutture, risorse o persone. Ridurre la pericolosità significa invece ridurre la probabilità di accadimento di, in questo caso, un fenomeno valanghivo. La mitigazione del rischio è una delle fasi più importanti quando si parla di pianificazione territoriale, e va gestita in modo continuo nel tempo. Questo perché i diversi fattori che caratterizzano il rischio non sono stabili nel tempo: se questi cambiano viene a mutare anche il livello di rischio. Esistono diverse misure di protezione nella mitigazione del rischio valanghivo, esse agiscono a diversi livelli come controlli temporanei o permanenti, delle valanghe o della presenza dell'uomo.

- *Controllo temporaneo della presenza dell'uomo* promuovendo la scelta di percorsi sicuri e la chiusura temporanea di strade o piste da sci in situazioni di marcato pericolo valanghe;
- *Controllo permanente della presenza dell'uomo* promuovendo un'attenta gestione del territorio volta alla localizzazione delle infrastrutture in aree sicure, e la progettazione di strutture di protezione dalle valanghe;
- *Controllo temporaneo delle valanghe* come compattamento della neve nelle zone di distacco, per gli impianti sciistici, e il distacco programmato di valanghe;
- *Controllo permanente delle valanghe* come realizzazione di opere di difesa attiva e passiva.

Le *opere di difesa passiva*, che rientrano nei metodi diretti di difesa dai fenomeni valanghivi, hanno la funzione di frenare le valanghe o deviarle verso obiettivi non sensibili. Sono localizzate per lo più nelle zone di scorrimento e deposito e possono suddividersi in tre macrocategorie:

- *Opere devianti*: hanno lo scopo di deviare la direzione di scorrimento allontanando la massa nevosa da obiettivi sensibili. Tra queste opere troviamo *cunei frangivalanghe*, *muri deviatori* e *gallerie o by-pass paravalanghe*;
- *Opere di arresto*: hanno la funzione di arrestare totalmente il moto di una valanga, oppure ridurre sensibilmente la velocità contenendo le distanze di arresto. Tra queste opere troviamo le *dighe di contenimento*;
- *Opere frenanti*: favoriscono la decelerazione della massa di neve in movimento provocando un'espansione laterale per effetto di successive deviazioni. Tra queste opere ritroviamo i *cunei frenanti*.

Le *opere di difesa attiva* mirano invece ad impedire il formarsi del fenomeno, creando nella zona di distacco delle condizioni sfavorevoli al distacco di valanghe. Queste condizioni sono realizzate mediante predisposizione di opere di trattenimento del manto nevoso quali: ponti da neve, rastrelliere, reti da neve e cavalletti da neve (detti anche treppiedi). A fianco di queste opere di trattenimento ritroviamo le opere che agiscono sul controllo della neve trasportata dal vento: i deflettori da vento influenzano il deposito della neve trasportata dal vento allo scopo di ostacolare la formazione di cornici e ridurre il deposito nelle zone di distacco.

Il bosco rappresenta infine un *metodo indiretto di difesa attiva* dal distacco di valanghe.



## 1.9. Foreste di protezione

Da sempre l'uomo attribuisce alle foreste un'importante funzione protettiva. Questa funzione è svolta con diverse modalità ed è indirizzata a diversi aspetti e componenti sia dell'ecosistema forestale, che delle attività e degli interessi dell'uomo. La foresta può assumere il ruolo di *protezione generica o indiretta* oppure di *protezione diretta*. Il ruolo di *protezione generica* è quella che la foresta svolge nei confronti della conservazione del suolo dall'erosione diffusa o incanalata. Questa funzione è assolta da tutti i popolamenti forestali, ma è più o meno importante in base alle caratteristiche topografiche, morfologiche e pedologiche. In conseguenza di questo ruolo generico in Italia si è spesso utilizzato il termine "foresta di protezione" per tutte quelle foreste che non svolgono una prioritaria funzione produttiva. Questi popolamenti non erano generalmente sottoposti a normale gestione selvicolturale: gli interventi erano assenti o minimali, mirati unicamente a mantenere la stabilità del popolamento stesso nei confronti del disturbo verso il quale veniva garantita protezione. Il ruolo di *protezione diretta* invece è quello che la foresta svolge nei confronti dei pericoli naturali come caduta massi, scivolamenti superficiali, lave torrentizie e valanghe. La foresta è in grado di agire sia impedendo il verificarsi di un evento che mitigandone eventuali effetti negativi.

In assenza dell'uomo i pericoli naturali possono essere considerati come normali fattori di disturbo che agiscono nell'ambito delle dinamiche ecosistemiche. La presenza umana risulta invece discriminante in quanto la foresta protegge direttamente l'uomo stesso, le sue attività e i suoi interessi. Queste foreste si dicono "foreste di protezione diretta" (Berretti et al., 2006). La funzione di protezione diretta è subordinata quindi alla presenza di tre elementi:

- Un pericolo naturale;
- Un popolamento forestale in grado di impedire il verificarsi del pericolo naturale o di mitigarne gli effetti;
- La presenza dell'uomo (insediamenti, attività economiche e vie di comunicazione).

Al contrario della protezione generica, che è assolta dalla foresta con la sua presenza, la protezione diretta può essere svolta efficacemente solo da popolamenti forestali aventi determinate caratteristiche (in particolare di composizione, densità, stratificazione e tessitura) in funzione dei pericoli naturali presenti. Il presente studio si propone infatti l'obiettivo di individuare tali caratteristiche al fine di programmare correttamente gli interventi selvicolturali finalizzati al mantenimento o all'ottenimento della funzione di protezione diretta dai fenomeni valanghivi.

Il mantenimento efficace e sostenibile della protezione diretta è quindi possibile solo attraverso l'applicazione di trattamenti selvicolturali continui e specifici. Per le foreste cui è assegnata la funzione di protezione diretta, gli interventi finalizzati ad ottenerla costituiscono una priorità assoluta nell'ambito della pianificazione e della gestione selvicolturale (Berretti et al., 2006).

### **1.9.1. Criteri di individuazione**

L'individuazione delle foreste di protezione diretta è legata al riconoscimento di tre condizioni necessarie:

- presenza di almeno un pericolo naturale;
- presenza di un popolamento forestale in grado di prevenire o di mitigare l'effetto del pericolo naturale;
- presenza di insediamenti o vie di comunicazione permanenti che possono essere interessati dall'effetto (reale o potenziale) del pericolo naturale (con fattore di rischio **R3-R4**).

Le procedure d'identificazione sono agevolate dalla disponibilità di buone basi cartografiche e dall'uso di sistemi informativi territoriali (**GIS**). Si prevede una prima analisi che prende in considerazione la **caduta massi** e le **valanghe**, per le quali le relazioni con il popolamento forestale sono realisticamente modellizzabili sulla base della bibliografia disponibile e di recenti progetti di ricerca in corso di svolgimento nelle Alpi.

Il primo passo consiste nella redazione di una **carta delle coperture del territorio**, in cui sono identificati tutti i popolamenti forestali e, tramite modelli digitali del terreno (**DEM** e **TIN**), l'elaborazione di una **carta delle pendenze**.

Le classi di pendenza ricavate permettono una prima analisi di massima relativa agli scivolamenti superficiali; per tale pericolo naturale dovranno inoltre essere realizzati sopralluoghi di dettaglio per analizzare le caratteristiche del substrato, la morfologia dei luoghi e il regime dei deflussi.

Per quanto riguarda le valanghe occorre ancora una volta sottolineare come la presenza del bosco non è tanto importante dove sono già presenti canali o zone di transito note, quanto piuttosto nelle zone in cui, con fattori stagionali predisponenti, la presenza di un popolamento forestale stabile ne impedisce la formazione.

Dal confronto tra le superfici boscate e la carta delle pendenze si estrapolano i dati relativi ai **boschi che si trovano nelle classi di pendenza 2 e 3**. Si tratta di popolamenti che, con la loro presenza, limitano o impediscono il verificarsi dei pericoli naturali precedentemente menzionati.

Infine questi popolamenti sono messi in relazione con i **beni da proteggere**, in modo da escludere quelli che non difendono direttamente obiettivi di primaria importanza.

L'individuazione di tali obiettivi, quali centri abitati, insediamenti permanenti, strade di collegamento e altre infrastrutture (reti tecnologiche, ecc.), può essere integrata tramite concertazione con le Amministrazioni territorialmente competenti in relazione a obiettivi specifici locali (tra cui piste da sci, rete sentieristica ad elevata frequentazione, strade e piste a transito limitato o percorrenza stagionale).

Le foreste hanno da sempre svolto diverse funzioni che risultano essere espletate al massimo in alcune fasi evolutive dei processi dinamici che avvengono a scala di popolamento mentre sono svolte con minore efficacia o disattese in altre. Per quanto riguarda la funzione protettiva vi è l'esigenza, da parte dell'uomo, che il ruolo protettivo venga svolto in modo continuo dal bosco. In una foresta non gestita, soggetta ad evoluzione naturale, la funzione di protezione non viene svolta in modo costante dai popolamenti forestali (Motta, Haudemand, 1999; Dorren, 2002). Le foreste di montagna possono quindi fornire un livello sufficiente di protezione continuo nel lungo periodo solo se vengono gestite in modo attivo e adeguato (Kräuchi et al. 2000, Motta & Haudemand 2000, Brang 2001). Gli interventi selvicolturali nei boschi con prevalente funzione protettiva risultano essere generalmente a macchiatico negativo, in quanto questi popolamenti sono comunemente situati in condizioni di elevata pendenza, limitata fertilità e, in genere, limitata accessibilità (Meloni et al., 2006).

Gli interventi su queste foreste sono quindi orientati a minimizzare i costi (Wasser et al. 1996, Mori 2002), raggiungendo un livello minimo di efficacia protettiva del bosco compatibile con gli oggetti da proteggere.

### **1.9.2. Quadro normativo**

Nella normativa italiana la funzione protettiva delle foreste non gode dello stesso spazio dedicatovi nel resto dell'arco alpino. Altri Stati quali la Confederazione Elvetica, prevedono di mantenere i finanziamenti in favore del bosco di protezione in quanto garante di prestazioni di interesse collettivo. In Italia invece manca una specifica normativa sulle foreste di protezione, di conseguenza gli aspetti che le riguardano sono inclusi nell'evoluzione della normativa forestale più generale. In Italia peraltro attualmente non esiste un'adeguata legge quadro forestale.

La legge di riferimento del settore forestale è tuttora il R.D.L. 30 dicembre 1923, n. 3267 "Riordinamento e riforma della legislazione in materia di boschi e di terreni montani" o **legge Serpieri**. Questa nasce in un periodo storico e in un contesto socioeconomico profondamente

diversi da quelli attuali: la pressione antropica nelle zone di montagna era fortissima e la concorrenza che le attività agricole e zootecniche esercitavano nei confronti delle foreste era massima. L'interesse primario del legislatore era pertanto rivolto a salvaguardare la stabilità fisica dei terreni montani, difendendo così anche gli insediamenti e le aree pianiziali.

Il R.D.L. individua nel **vincolo per scopi idrogeologici** lo strumento idoneo alla salvaguardia dei "terreni di qualsiasi natura e destinazione che, per effetto di forme di utilizzazione contrastanti" con quanto normato nel decreto stesso "possono con danno pubblico subire denudazioni, perdere la stabilità o turbare il regime delle acque". Sulla base della norma, non è possibile la trasformazione dei terreni vincolati in altre qualità di coltura se non previa autorizzazione. Inoltre i successivi Regolamenti provinciali (le **Prescrizioni di Massima e Polizia Forestale** o **PMPF**), dettavano norme sul governo e sull'utilizzazione dei terreni vincolati, nonché sull'esercizio del pascolo. Lo strumento delle P.M.P.F., concepito per fornire indirizzi normativi specifici, non ha seguito l'evolversi dei mutamenti sopravvenuti e le Regioni che ancora non hanno provveduto ad una loro ridefinizione si trovano a dover applicare delle normative che non trovano ormai riscontro nell'attuale realtà evolutivo-colturale del bosco.

Il R.D.L. individua anche un altro tipo di **vincolo**, quello "**per altri scopi**": "i boschi, che per la loro speciale ubicazione, difendono terreni o fabbricati dalla caduta di valanghe, dal rotolamento di sassi, dalla furia dei venti, e quelli ritenuti utili per le condizioni igieniche locali, possono, su richiesta delle Province, dei Comuni o di altri enti e privati interessati, essere sottoposti a limitazioni nella loro utilizzazione". Questa forma di vincolo non ha tuttavia trovato concreta applicazione e, in pratica, nel vincolo idrogeologico con il quale si riconosce il ruolo protettivo della foresta nei confronti dell'erosione, sono state comprese anche le foreste rientranti nel vincolo per altri scopi.

Per le foreste di proprietà comunale o di altri enti pubblici, si introduce inoltre l'obbligo alla loro utilizzazione in conformità di un piano economico approvato. Questo, una volta approvato, va a sostituire le P.M.P.F., mentre la vigilanza sulla sua applicazione è a carico del Corpo Forestale dello Stato. I **piani economici** rappresentavano lo strumento per tutelare il patrimonio forestale pubblico da un eccessivo impoverimento: le utilizzazioni forestali e gli affitti dei pascoli erano, infatti, tra le poche voci in attivo dei bilanci comunali dell'epoca ed occupavano, pertanto, un ruolo importante nell'organizzazione amministrativa locale. Infine è bene notare che nei piani economici erano classificate come foreste di protezione le formazioni boschive che non potevano svolgere altre funzioni e frequentemente, come già avveniva per le bandite e gli editti, non si fornivano indicazioni selvicolturali, ma si imponeva semplicemente il divieto di taglio.

Dopo la fine della seconda guerra mondiale le **Regioni a Statuto ordinario** seguirono, per il comparto forestale, un percorso diverso da quelle a **Statuto speciale**. La Costituzione Italiana prevede, infatti, all'articolo 117 che alle Regioni a Statuto ordinario siano trasferite, tramite legge ordinaria, le competenze in materia di foreste. Per le Regioni a Statuto speciale si rimanda alle specifiche disposizioni statutarie.

L'effettivo trasferimento delle funzioni amministrative in materia di agricoltura e foreste dallo Stato alle Regioni a Statuto ordinario è invece avvenuto solo con il D.P.R. 15 gennaio 1972, n. 11 e con il D.P.R. 24 luglio 1977, n. 616. Tale passaggio ha influito sulle diverse realtà amministrative italiane che hanno iniziato ad avviare proprie strutture forestali.

Il primo provvedimento programmatico e normativo successivo al R.D.L. del 1923 è la Legge Pluriennale di spesa per il settore agricolo del 1986 (Legge 8 novembre 1986, n. 752) che consente la redazione del **Piano Forestale Nazionale**. Si riconosce l'autonomia e la specificità del settore forestale (che è separato dal Piano Agricolo Nazionale) e il bosco viene considerato una risorsa naturale rinnovabile che svolge, oltre a quella produttiva, anche altre funzioni. Tra gli obiettivi e le politiche indicate nel piano, si prevede un intervento pubblico in sostegno dei boschi e delle aree naturali degradate a fini protettivi e conservativi. Il Piano Forestale Nazionale, tuttavia, non è stato pienamente applicato.

Notevole importanza per il settore riveste il Decreto Legislativo 18 maggio 2001, n. 227 "**Orientamento e modernizzazione del settore forestale**, a norma dell'articolo 7 della legge 5 marzo 2001, n. 57", che recepisce gli accordi internazionali ed europei in materia di gestione forestale sostenibile e tutela della biodiversità e introduce una definizione di bosco e di arboricoltura da legno (qualora non già definite da legge regionale). Il decreto inoltre demanda alle Regioni a Statuto ordinario una serie di compiti:

- Definire le linee di tutela, conservazione, valorizzazione e sviluppo del settore forestale attraverso la redazione e la revisione dei propri piani forestali;
- Promuovere la pianificazione finalizzata alla gestione del bosco definendo: tipologia, obiettivi, modalità di elaborazione, controllo dell'applicazione e riesame periodico dei piani;
- Dettare norme per garantire il recupero dei boschi qualora sussistano gravi processi di degrado o vi siano motivi di pubblica incolumità;
- Promuovere, con enti locali e associazioni agrarie, la costituzione o la partecipazione a consorzi forestali o altre forme associative al fine di favorire lo sviluppo e una più razionale gestione sostenibile delle risorse forestali.

Infine la Legge costituzionale 21 ottobre 2001, n. 3 concernente la **modifica del titolo V della Costituzione** specifica, in modo tassativo, per quali materie la potestà legislativa rimane allo Stato e per quali tale potestà è attuata in modo concorrente. Per tutte le materie non assegnate allo Stato, e tra questa il settore “foreste”, la potestà legislativa è affidata alle Regioni.

## **2. MATERIALI E METODI**

### **2.1. Inquadramento nivo-climatico**

La montagna veneta, dal punto di vista climatico, si trova in una posizione climatologica di transizione fra l'effetto mitigatrice delle acque del Mediterraneo, l'effetto orografico delle Alpi e la continentalità dell'area centro-europea.

La distribuzione delle precipitazioni è in gran parte regolata dalla particolare configurazione orografica delle Prealpi e delle Dolomiti che influenzano il regime delle precipitazioni e anche la loro intensità. Lo sbarramento creato dalle Prealpi vicentine e bellunesi determina, nel caso di flussi meridionali, abbondanti precipitazioni che decrescono da Sud verso Nord cioè verso la cresta di confine con l'Austria mentre la quota dello zero termico e le "sacche" di aria fredda presenti nelle valli influenzano in modo significativo il limite della neve e i quantitativi di neve fresca (Valt, Zasso, 2008).

I flussi settentrionali determinano spesso poche precipitazioni nevose con quantitativi in diminuzione dalla cresta di confine verso le Prealpi, quando riescono a superare lo sbarramento delle Alpi. I flussi orientali invece determinano di solito minori precipitazioni ma più fredde e con quantitativi variabili fra le Prealpi bellunesi e quelle veronesi (Latini, 1986).

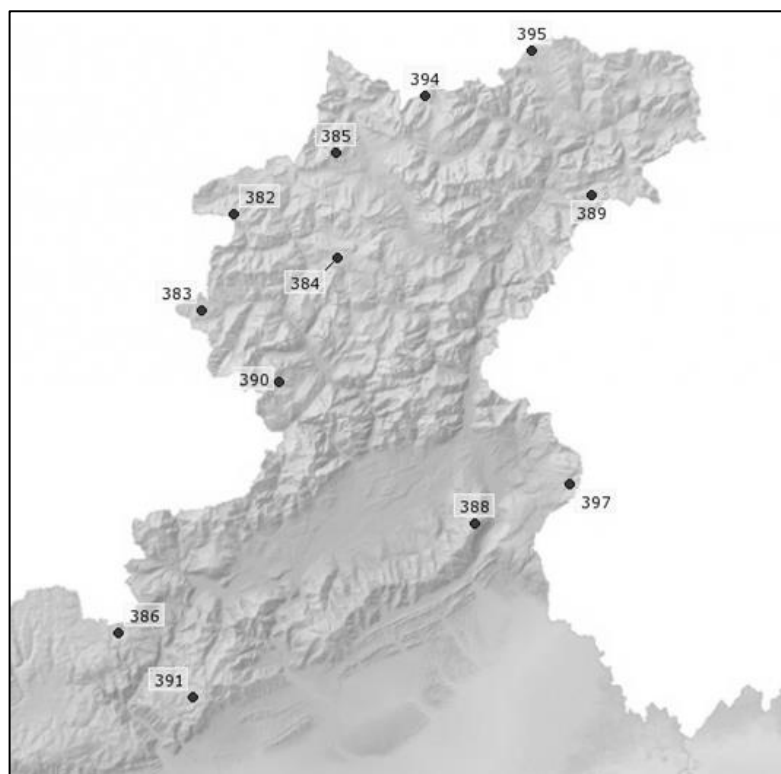
Per analizzare e valutare con più criterio e attenzione le dinamiche valanghive degli eventi considerati ai fini della presente tesi, è stata realizzata un'indagine sulle condizioni di innevamento al suolo relativo alle stagioni invernali degli ultimi 10 anni, più precisamente dalla stagione 2005-2006 alla stagione 2016-2017. I dati relativi ai valori di altezza di neve al suolo sono stati gentilmente forniti dal Centro Valanghe di Arabba nel giugno 2017 (ARPAV, 2017a). La stagione invernale 2016-2017 è stata solo parzialmente presa in considerazione in quanto, al momento del reperimento delle informazioni, i dati validati delle stazioni nivologiche erano disponibili solo fino al 31 dicembre 2016. Inoltre, ai fini del presente studio di tesi, le valanghe inserite nel Catasto fanno anch'esse riferimento al momento di reperimento dei dati limitato, appunto, fino alla stagione invernale 2015-2016 compresa.

Anche se successivamente vedremo che è stata condotta un'accurata analisi descrittiva sul Catasto Valanghe completo, in realtà gli eventi considerati ai fini della presente tesi, e dei rilievi di campo, sono relativi agli ultimi 10 anni, a ritroso dalla stagione invernale 2015-2016. Questo periodo è principalmente legato a caratteristiche del bosco che verranno approfondite in seguito. L'analisi sull'innnevamento stagionale sarà poi utile per indagare e mettere a confronto le possibili cause scatenanti che hanno portato il manto nevoso verso condizioni di instabilità. Sarà messa in

relazione l'altezza di neve al suolo sia all'andamento stagionale dei fenomeni valanghivi sia, quando possibile, agli eventi stessi.

Il territorio della Regione Veneto, area oggetto del presente studio di tesi, è coperta da una rete di stazioni di rilevamento di variabili ambientali. Alcune di queste centraline dispongono di un sensore di altezza di neve al suolo. Incrociando i dati relativi alle valanghe selezionate per i rilievi di campo con le stazioni nivologiche disponibili sono state estratte 8 stazioni ritenute rappresentative per descrivere i dati di innevamento per i siti valanghivi considerati. Le stazioni selezionate sono le seguenti (ARPAV, 2017b) (**Figura 2.1**):

- *Ra Valles* (385): 2615 m s.l.m. – Est – 33TTM75925914;
- *Casera Doana* (389): 1899 m s.l.m. – Nord-Ovest – 33TUM11385070;
- *Casera Coltrondo* (395): 1960 m s.l.m. – Sud-Est – 33TUM04507135;
- *Monte Piana* (394): 2265 m s.l.m. – Sud – 33TTM89506615;
- *Cima Pradazzo* (383): 2200 m s.l.m. – Sud-Est – 32TQS17013760;
- *Col dei Baldi* (384): 1900 m s.l.m. – Sud-Ovest – 33TTM75124450;
- *Malga Losch* (390): 1735 m s.l.m. – Sud-Est – 32TQS28112751;
- *Monti Altì Ornella* (382): 2250 m s.l.m. – Nord – 32TQS21655060.



**Figura 2.1** – Elenco delle stazioni nivologiche relative alla provincia di Belluno (fonte dati ARPAV, 2017b).



Le stazioni sono poi state associate in due gruppi di quattro, in modo da poterle definire “Dolomiti settentrionali” (stazioni 385, 389, 395 e 394) e “Dolomiti meridionali” (stazioni 383, 384, 390 e 382) (Valt, Zasso, 2008).

I dati di altezza di neve al suolo sono stati forniti in formato di foglio di calcolo elettronico e visualizzati ed elaborati mediante l’uso del software *Microsoft Excel 2016* (Microsoft Office Excel, 2016). I valori in tabella sono riportati a cadenza giornaliera. I dati delle stazioni sono stati raggruppati e mediati fra loro per gruppo di appartenenza, ottenendo così dei valori di innevamento medi giornalieri per le “Dolomiti settentrionali” e per le “Dolomiti meridionali”.

Le stagioni invernali considerate fanno riferimento al periodo che intercorre tra il 1 ottobre e il 30 settembre. In questo senso i dati sono stati elaborati in modo tale da ottenere quattro informazioni principali, per ciascuno dei due gruppi:

- *Valori medi totali*: vengono mediati i singoli valori giornalieri di ciascuna stagione invernale;
- *Valori medi mensili*: vengono mediati per ciascun mese tutti i valori di ciascuna stagione invernale;
- *Valori massimi mensili*: vengono mediati per ciascun mese i valori massimi mensili di ciascuna stagione invernale;
- *Valori medi stagionali*: prendendo in esame i mesi considerati a maggiore innevamento al suolo, ovvero dal 1 novembre al 31 maggio, viene calcolata la media annuale dei singoli valori giornalieri per ciascuna stagione invernale.

## **2.2. Il Catasto Regionale Valanghe**

Disporre di un efficace strumento di accesso alla documentazione sulle problematiche legate ai fenomeni valanghivi è di fondamentale importanza per gli organi tecnici delle amministrazioni regionali e degli enti locali impegnati nella pianificazione e nella gestione del territorio alpino (Barbolini, 2005).

La Regione Veneto, in quanto membro dell’A.I.Ne.Va., segue un metodo standardizzato per la documentazione degli eventi valanghivi. Una procedura nata nella seconda metà degli anni ’80, che permette di ottenere informazioni relative ai fenomeni valanghivi documentati verificatisi nel passato. Le informazioni ottenute vengono poi prese come riferimento in fase di pianificazione e gestione territoriale. Per eventi valanghivi documentati si intendono fenomeni censiti nel Catasto Valanghe oppure riportati nella Carta di Localizzazione Probabile delle

Valanghe (C.L.P.V.) con riferimento alle aree individuate a seguito di indagini sul campo (Barbolini, 2005).

Il Catasto Valanghe del Veneto è stato costituito a partite dagli anni '80 con lo scopo di documentare tutti gli eventi verificatisi successivamente alla data della sua costituzione. Il supporto utilizzato per questa finalità è il modello 7 A.I.Ne.Va.

### **2.2.1. Redazione del Sistema Informativo Valanghe del Veneto**

A seguito della convenzione quadro stipulata in data 09/11/2005 tra ARPAV e l'Autorità di Bacino dei Fiumi dell'Alto Adriatico per lo svolgimento di attività conoscitive riguardanti temi di interesse comune quali la difesa del suolo, il risanamento e l'uso razionale delle risorse idriche e la tutela degli aspetti ambientali, in data 22/12/2007 è stato sottoscritto fra le Parti medesime l'"Atto aggiuntivo" alla convenzione in argomento. L'Allegato 3 "Disciplinare tecnico" dell'"Atto aggiuntivo" affidava ad ARPAV la realizzazione di un Sistema Informativo Valanghe anche mediante l'informatizzazione delle Carte di Localizzazione Probabile delle Valanghe (C. L. P. V.) relative a 18 Comuni della zona nord-orientale della Provincia di Belluno.

In base a quanto sopra, il lavoro ha interessato le Carte di Localizzazione Probabile delle Valanghe (C. L. P. V.) dei Comuni del settore nord-orientale della Provincia di Belluno. Con Delibera del Direttore Generale di ARPAV n. 509 del 09/09/2008 è stato approvato e finanziato un secondo stralcio del lavoro di informatizzazione che ha riguardato 6 Comuni della zona nord-nord occidentale della Provincia di Belluno. Con Delibera del Direttore Generale di ARPAV n. 557 del 16/10/2009 è stato approvato e finanziato un terzo stralcio del lavoro di informatizzazione che ha riguardato 11 Comuni dell'Agordino (Provincia di Belluno).

A partire dal 2013 il Servizio Neve e Valanghe ha informatizzato, con risorse interne, tutte le C.L.P.V. della Provincia di Verona relative a 13 Comuni. Dal 2014 al 2016 sono stati inseriti i rimanenti Comuni della provincia di Belluno e la provincia di Vicenza (ARPAV, 2016b).

### **2.2.2. Informatizzazione della Carta di Localizzazione Probabile delle Valanghe (C.L.P.V.)**

La C.L.P.V. è una carta tematica di base che riporta i siti valanghivi individuati sia attraverso un'attività ricognitiva sul posto sulla base di testimonianze oculari e/o d'archivio, sia mediante l'analisi di parametri permanenti desunti attraverso l'analisi stereoscopica delle foto aeree che caratterizzano una zona soggetta a fenomeni valanghivi. Con questo lavoro di informatizzazione sono stati inseriti anche i nuovi siti valanghivi, con nuove valanghe verificatesi dopo l'anno di

realizzazione e stampa delle C.L.P.V., che hanno permesso l'aggiornamento della cartografia valanghe. Sono inoltre state riportate informazioni di contorno relative alle tematiche inerenti la protezione e la prevenzione dalle valanghe quali: opere di difesa, impianti di risalita e bacini idrici per l'innevamento artificiale.

La prima operazione svolta è stata la scansione, con scanner piano, delle C.L.P.V. in formato cartaceo. È seguita quindi la georeferenziazione delle immagini scansate utilizzando un minimo di cinque punti di coordinate note per 100 km<sup>2</sup> di superficie reale rappresentata.

Partendo dalle scansioni georiferite delle C.L.P.V. sono stati digitalizzati tutti i tematismi presenti nelle C.L.P.V. originali con adattamento di ogni singolo elemento grafico alla scala 1:5000 della Carta Tecnica Regionale Numerica (C.T.R.N.) con la conseguente necessaria definizione; ove non disponibile la base 1:5000, sono state utilizzate le sezioni alla scala 1:10.000. Per ogni tematismo della C.L.P.V. sono stati creati altrettanti "shapefile" per essere gestiti in ambiente GIS di *Esri ArcGis 10.2.2* (ESRI ArcGIS 10.2.2, 2014), il software a disposizione dell'Amministrazione per la gestione dei dati territoriali (ARPAV, 2016b).

La C.L.P.V. è un documento informativo di consultazione che consente un'acquisizione immediata e generalizzata della realtà valanghiva in un determinato contesto territoriale, ma, per i limiti intrinseci dovuti al criterio speditivo di indagine e alla mancanza di informazioni di tipo previsionale, non può essere considerata una carta di rischio.

### **2.2.3. Scheda di "inchiesta permanente sulle valanghe" (MOD7 A.I.Ne.Va.)**

La "scheda permanente sulle valanghe" (MOD7 A.I.Ne.Va.), definito dall'A.I.Ne.Va. nel 1985, è il documento che contiene una serie di informazioni relative ad uno specifico evento valanghivo. Alla scheda è associato un estratto cartografico riportante i confini della valanga documentata, spesso accompagnato da relativa documentazione fotografica.

Fine ultimo della redazione delle schede dei *modelli 7* è quello di disporre di una metodologia unificata di raccolta dati, a livello dell'arco alpino, per avere più completezza, uniformità e confrontabilità fra le informazioni ottenute.

Il Sistema Informativo Valanghe prevede l'informatizzazione di tutti i singoli eventi valanghivi (Modello 7 A.I.Ne.Va.). Allo scopo è stato creato un apposito strato (mod7).

#### 2.2.4. Database dei tematismi

Dopo la digitalizzazione delle varie aree valanghive, frecce (canaloni localizzati), impianti di risalita, opere di difesa, bacini idrici di innevamento e Modelli 7 A.I.Ne.Va., per ognuno dei temi è stato creato un database riportante le informazioni più importanti. I tematismi realizzati sono (ARPAV, 2016b) (**Figura 2.2**):

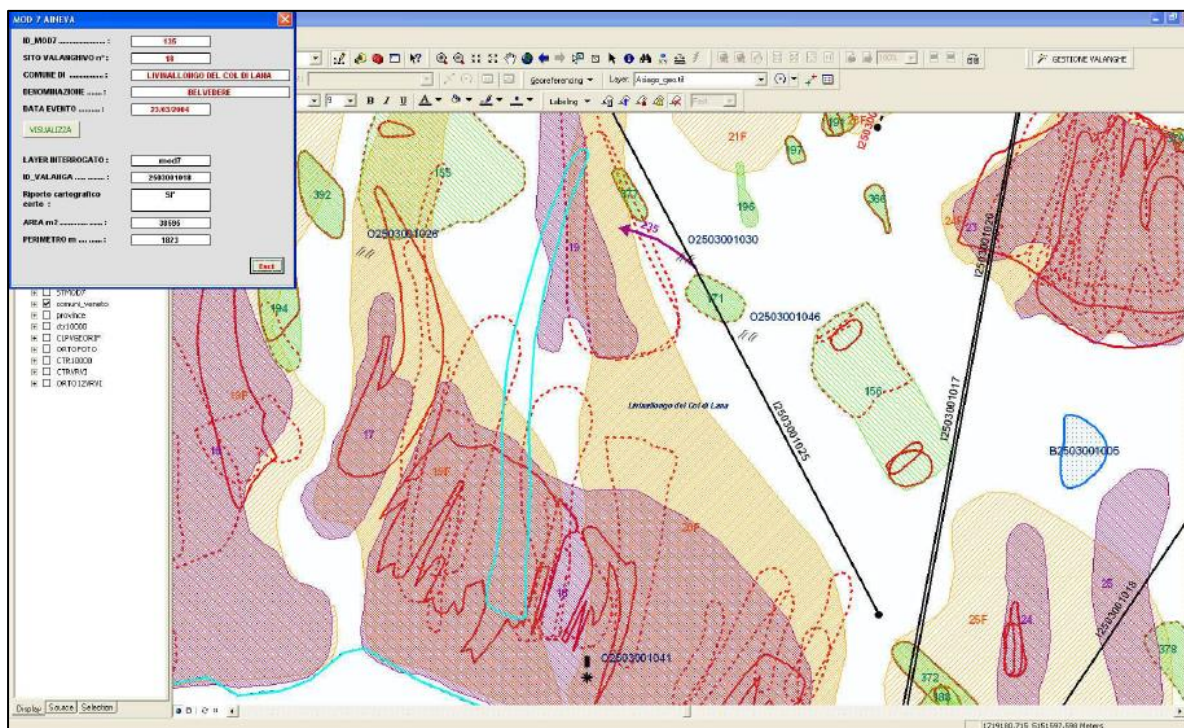
- Siti valanghivi da rilevamento: strato poligonale viola;
- Siti valanghivi da fotointerpretazione: strato poligonale arancio;
- Siti valanghivi nuovi: strato poligonale verde;
- Siti valanghivi in canaloni localizzati da rilevamento: strato lineare viola;
- Siti valanghivi in canaloni localizzati da fotointerpretazione: strato lineare arancio;
- Siti valanghivi in canaloni localizzati nuovi: strato lineare verde;
- Impianti di risalita: tematismo nero;
- Opere di difesa puntuali, lineari o areali: tematismo nero;
- Singoli eventi valanghivi (MOD7 A.I.Ne.Va.): strato poligonale rosso;
- Bacini idrici per l'innnevamento artificiale: strato poligonale azzurro.

In generale viene utilizzato il tematismo viola per eventi identificati attraverso un'attività ricognitiva sul posto, sulla base di testimonianze oculari e/o d'archivio; il tematismo arancio è utilizzato per eventi verificati mediante l'analisi di parametri permanenti desunti attraverso l'analisi stereoscopica delle foto aeree; il colore verde è utilizzato invece per tutti gli eventi verificatisi dopo l'anno di realizzazione della C.L.P.V. stessa.

Scopo finale del lavoro è dare origine ad un GIS sulle valanghe, che consenta di associare ad una base cartografica digitalizzata tutti i dati sui fenomeni valanghivi già in possesso, per renderli così immediatamente e facilmente consultabili. L'attività del Centro Valanghe di Arabba è distribuita durante tutto l'anno: mentre durante l'inverno vengono individuate, anche tramite accurate documentazioni fotografiche, le zone interessate dalle valanghe con la descrizione di zona di distacco, di scorrimento e danni arrecati, durante l'estate, le informazioni vengono confrontate con la morfologia territoriale e quindi definitivamente cartografate.

Presso il Centro è stato quindi redatto il Sistema Informativo Valanghe della Regione Veneto, con l'obiettivo di informatizzare tutti i dati disponibili (compresi quelli cartografici) relativi alla C.L.P.V. ed ai singoli fenomeni valanghivi (modelli 7 A.I.Ne.Va.). In particolare questo sistema, impostato sull'uso di un GIS (*Esri ArcGis 10.2.2*) ed un database (*Microsoft Acces 2016*) ad esso interconnesso, consente di aggiornare in maniera costante la cartografia, gestire i dati

cartografici e descrittivi in maniera integrata, rendendo più facile l'accesso alle informazioni territoriali incrementando la diffusione dei dati (**Figura 2.2**).



**Figura 2.2** – SIV Regione Veneto: estratto di C.L.P.V. in ambiente GIS, del Comune di Livinallongo del Col di Lana, nella quale è possibile osservare i diversi tematismi indicati (ARPAV, 2016b).

Avendo come presupposto un monitoraggio continuo del territorio, il Sistema Informativo Valanghe è uno strumento molto importante soprattutto per stimare la periodicità di un dato fenomeno (cosa non possibile con la C.L.P.V., che ha tempi di aggiornamento generalmente lunghi) pur presentando alcuni limiti fondamentali. Alcuni di essi risiedono nell'eterogeneità dei rilevatori che non sempre produce criteri di valutazione univoci e nell'evidente assenza di un'analisi morfologica del territorio che impedisce una valutazione sulle potenzialità valanghive delle diverse aree.

### 2.3. Analisi dei dati catastali

Nel mese di novembre 2016, su gentile concessione del Centro Valanghe di Arabba (ARPAV, 2016a), sono stati reperiti tutti i dati e le informazioni contenute nel Catasto Valanghe: shapefile sopra indicati, database in *Microsoft Access 2016* (Microsoft Office Access, 2016) e documentazione fotografica completa degli eventi valanghivi registrati.

A partire dai dati catastali forniti è stata condotta un'analisi descrittiva di carattere generale con l'obiettivo di inquadrare la situazione valanghiva in Regione Veneto, dal passato fino ai giorni nostri. Per questa analisi sono stati estratti i dati catastali da *Microsoft Access 2016*, e successivamente visualizzati ed elaborati utilizzando il software *Microsoft Excel 2016*.

La scelta delle schede catastali da utilizzare è da subito ricaduta sui modelli 7 A.I.Ne.Va., in quanto rappresentativi di singoli eventi valanghivi. Queste schede, oltre ad essere di più recente costituzione, contengono una qualità ed una mole di dati nettamente superiore alle informazioni relative alle C.L.P.V. viola, arancio e verdi, le quali sono invece riferite non a singoli eventi ma ai siti valanghivi (si ricorda che ciascun sito valanghivo può essere definito da più eventi valanghivi, *paragrafo 1.6.4., pag. 37*). Inoltre i modelli 7 costituiscono un supporto di raccolta dati unificato a livello di Arco alpino. Ciò permette una più facile fruibilità, condivisione e un più semplice confronto dei dati.

La presente Tesi di laurea si colloca nell'ambito della ricerca sulle relazioni neve e foresta. In questo senso si è da subito provveduto a suddividere la descrizione del Catasto tra le valanghe classificate come in "bosco" e in "non bosco". Le stesse analisi sono state condotte analogamente per i due gruppi considerati, cercando di indagare potenziali differenze significative tra essi. La ripartizione delle valanghe nei gruppi è stata fatta in funzione dei dati vegetazionali riportati sulle schede MOD7: sono state classificate come valanghe in "bosco" quelle appartenenti, per la zona di distacco, alle categorie *bosco conifere* e *bosco latifoglie*. Le valanghe appartenenti invece alle categorie *roccia*, *ghiaione*, *ghiacciaio*, *prato-pascolo* e *arbusteto-ontaneto-mugheta* sono state classificate come in "non bosco". Ovviamente la somma di queste due categorie darà il totale degli eventi valanghivi.

Le informazioni estrapolate dalle schede catastali sono: quota, esposizione, tipo di zona di distacco, tipo di distacco, tipo di valanga, tipo di moto, cause di distacco, larghezza di distacco, spessore di distacco, lunghezza di scorrimento, tipo di neve, coesione, danni, frequenza, orario, numero di eventi annui e zona di deposito.

È necessario fare una breve precisazione sulle quote in quanto sono stati riscontrati dati palesemente errati sulle schede dei MOD7 (ad esempio quote superiori ai 10.000 m s.l.m.). I valori sospetti sono stati analizzati, confrontati con le Carte Tecniche Regionali allegate alle schede e quindi corretti.

### 2.3.1. Analisi aggiuntive e di verifica al GIS sui dati al distacco

Come già specificato la compilazione dei modelli 7 in campo richiede la stima di parametri spesso caratterizzati da scelte soggettive, e per questo motivo risultano talvolta inesatti. Per questo motivo è stato scelto di eseguire delle ulteriori analisi nell'ottica di verificare i dati catastali e fornire nuove importanti informazioni, come ad esempio la pendenza, non riportata nelle schede. Per le successive analisi sul Catasto Valanghe, i parametri calcolati in ambiente GIS saranno preferiti a quelli riscontrabili sulle schede catastali, in quanto ritenuti più precisi.

Le analisi aggiuntive sono state condotte attraverso il software *QGIS 2.18.2* (QGIS Development Team, 2017), utilizzando come supporto di base il DTM fornito dalle tavolette reperibili sul Geoportale della Regione Veneto, con risoluzione a 5 m (Geoportale, 2016b). Sono state dapprima scaricate tutte le tavolette necessarie a coprire la totalità degli eventi valanghivi poi, attraverso la funzione *Unione Raster*, sono state unite a formare un unico DTM con celle a 5 m. Prima di passare alla descrizione delle zone di distacco sono stati calcolati due importanti parametri: *dimensioni* della valanga e *lunghezza di scorrimento* calcolata al GIS.

Per quanto riguarda la lunghezza di scorrimento è stata seguita una particolare procedura per estrapolare le *longest line* dai poligoni delle valanghe, ovvero le linee che congiungono i due punti estremi di ciascun poligono. Per fare questo è stato utilizzato il software *PostgreSQL* (PostgreSQL Global Development Group, 2017), inserendo come comando di estrazione "*ST\_LongestLine*". Data la presenza di alcune valanghe con larghezza prevalente rispetto alla lunghezza, le linee ottenute sono state poi aggiustate manualmente. Infine con il calcolatore di campi è stata calcolata la lunghezza di ciascuna linea, ottenendo così le distanze di scorrimento di ciascuna valanga.

Passando quindi alle zone di distacco è importante precisare le procedure di definizione delle stesse al GIS. Per analizzare le caratteristiche nella zona di distacco è necessario individuare un'area definita nell'intorno del punto di distacco. È necessario quindi, prima di tutto, individuare il punto dal quale è partita la valanga. A partire dalle *longest line* sono stati estrapolati i due punti estremi delle stesse. A questi punti, attraverso il comando *Raster value to points* di *SAGA GIS 2.1.2* (Conrad et al., 2015), sono stati associati i valori di quota dal DTM e sono stati selezionati ed esportati a nuovo *layer* i punti di ciascuna linea con quota maggiore. A questi nuovi punti, definiti come "punti di distacco", è stato applicato un buffer di 25 m, ritagliando poi i poligoni delle valanghe e ottenendo così le sole zone di distacco.

Nell'ottica di verificare i dati catastali sono state estratte le quote dal DTM e calcolate le carte di pendenza ed esposizione, attraverso i relativi strumenti di *analisi geomorfologica*.

Per associare questi ultimi dati alle relative valanghe è stato utilizzato il *tool* di *Statistica zonale*, che ha permesso di ottenere i dati minimi, medi e massimi per ciascuna delle variabili considerate. Nel caso della quota si è tenuto il valore massimo, nel caso dell'esposizione il valore medio e per la pendenza i valori medio e massimo.

Andando ulteriormente ad approfondire la descrizione del Catasto Valanghe si è deciso di calcolare tre ulteriori parametri, legati sostanzialmente all'esposizione ed ai valori di radiazione solare incidente al suolo.

- L'indice *North-Eastness* (Beers et al., 1966);
- *Heat Load Index* (Mc Cune, Keon, 2002);
- *Potential Incoming Solar Radiation* (algoritmo di *SAGA GIS 2.1.2*).

Questi parametri, visti nel senso di un inquadramento generale, hanno il solo scopo di fornire un valore indicativo relativo al grado di radiazione incidente al suolo. Verranno in seguito utilizzati più nel dettaglio cercando di indagare eventuali correlazioni con altri parametri legati alla dinamica delle valanghe.

- **North-Eastness**

L'esposizione è solitamente rappresentata da valori azimutali, in senso orario rispetto al nord. Spesso si nota però come la crescita di foreste sia maggiore su esposizioni nord-orientali, ne consegue che i valori di esposizione in questo senso dovrebbero avere peso maggiore (Beers et al., 1966).

Il *North-Eastness* è un indice che assume valori nel range (0, +2), assegnando valori prossimi allo zero per esposizioni sud-ovest e prossimi a 2 per esposizioni nord-est (Beers et al., 1966). È un indice che consente di linearizzare i dati relativi all'esposizione consentendo, in seguito, di potervi eseguire operazioni di tipo lineare. Così il dato "circolare" di esposizione (espresso in gradi rispetto al nord e che assume valori da 0 a 359°), si trasforma con l'obiettivo di trarne un indice adimensionale che si relazioni maggiormente ai fattori ecologici.

La formula per calcolare il *North-Eastness* è:

$$North\_Eastness = \sin(\vartheta + 0,785) + 1$$

Dove  $\vartheta$  rappresenta l'angolo relativo all'esposizione espresso in radianti, e 0,785 rappresenta il valore di 45° espresso anch'esso in radianti.

Nel presente elaborato questo indice avrà una notevole importanza nel ricercare ulteriori relazioni per quel che riguarda le interazioni fra la dinamica delle valanghe e i parametri ambientali, legati anche alle foreste.



- **Heat Load Index (Mc Cune, Keon, 2002)**

L'esposizione di un pendio viene spesso misurata durante i rilievi di campo. Essa influenza fortemente la radiazione solare diretta incidente al suolo e la temperatura. L'esposizione non trasformata rappresenta una variabile "povera" per un'analisi quantitativa: i valori di 0 e 360°, pur sensibilmente diversi, rispecchiano la medesima esposizione. L'esposizione può quindi essere trasformata in diversi modi, a seconda della precisione con cui è stata misurata e dei fattori ambientali che si intende rappresentare (Mc Cune, Keon, 2002).

Mentre la radiazione potenziale incidente risulta simmetrica rispetto all'asse nord-sud, le temperature non lo sono: versanti sottoposti a irraggiamento pomeridiano presentano temperature massime superiori rispetto ad analoghi versanti sottoposti a sole mattutino. Una ragionevole approssimazione al carico di calore risulta essere l'applicazione di una scala simmetrica rispetto all'asse nord-est/sud-ovest.

In base a quanto riportato negli studi di Mc Cune e Keon (2002), sono state sviluppate tre equazioni in grado di stimare, con buona approssimazione, la radiazione solare diretta incidente (Rad) ed il valore di *Heat Load Index*. Queste formule, utilizzabili su fogli di calcolo, database e supporti GIS, si basano sui valori di pendenza, esposizione e latitudine (**Figura 2.3, Figura 2.4**).

Variable	Symbol	Units	Range	Range, angles in degrees
Folded aspect	A	radians E of N	0 - $\pi$	0 - 180°
Slope	S	radians	0 - $\pi/2$	0 - 90°
Latitude	L	radians N	0 - $\pi/3$	0 - 60°
Potential direct incident radiation	Rad	MJ cm <sup>-2</sup> yr <sup>-1</sup>	0.03 - 1.11	

**Figura 2.3** – Definizione delle variabili (Mc Cune, Keon, 2002).

	Eq. 1	Eq. 2	Eq. 3
Number of parameters	4	4	3
Range in slope (degrees)	0-90	0-60	0-60
Range in latitude (degrees N)	0-90	0-90	30-60
Adjusted R <sup>2</sup>	0.958	0.978	0.983
Dependent variable	ln(Rad)	ln(Rad)	Rad
Coefficients for independent variables, angles in radians			
constant	-1.467	-1.236	0.339
cos(L) × cos(S)	1.582	1.350	0.808
cos(A) × sin(S) × sin(L)	-1.500	-1.376	-
sin(L) × sin(S)	-0.262	-0.331	-0.196
sin(A) × sin(S)	0.607	0.375	-
cos(A) × sin(S)	-	-	-0.482
Example values			
40°N, 30° slope, N aspect	-0.939	-0.889	0.571
40°N, 30° slope, S aspect	-0.020	-0.005	1.053
40°N, flat	-0.255	-0.202	0.958

**Figura 2.4** – Caratteristiche e coefficienti per i tre modelli di equazioni (Mc Cune, Keon, 2002).

Dato l'ampio range di pendenze per le zone di distacco delle valanghe analizzate, si è selezionata l'equazione N° 1. Nonostante questa formula presenti fra le tre il minore valore di  $R^2$ , risulta l'unica applicabile al contesto valanghivo in esame. Assumendo tutti i valori degli angoli in radianti, possiamo esprimere la formula nel seguente modo:

$$HLI = -1,467 + 1,582 * \cos L * \cos S - 1,500 * \cos A * \sin S * \sin L - 0,262 * \sin L * \sin S + 0,607 * \sin A * \sin S$$

L'equazione fornisce un valore di radiazione diretta incidente potenziale in  $\ln(\text{MJ} * \text{cm}^{-2} * \text{yr}^{-1})$ , ed assume i valori in un range (-2, 0).

Nell'approssimare il valore di *Heat Load Index* è importante considerare il valore dell'esposizione trasformato e traslato su un asse nord-est/sud-ovest, questo viene definito come *Folded Aspect*:

$$Folded\_Aspect = \left| \pi - \left| esposizione - 5 * \pi / 4 \right| \right|$$

L'esposizione va sempre riportata in radianti.

Per quanto riguarda il presente elaborato, la formula indicata per il calcolo dell'*Heat Load Index* è stata applicata, attraverso il *Raster Calculator* di *QGIS 2.18.2*, utilizzando i *raster* già ottenuti di esposizione e pendenza. Per il valore di latitudine si è invece definito un valore costante, fissato nel valore latitudinale del Comune di Belluno:  $46,1399645^\circ$  (Dossier.net, 2017), valore poi riportato in radianti.

- **Potential Incoming Solar Radiation (SAGA GIS 2.1.2)**

Il secondo metodo adottato per calcolare il valore di radiazione incidente al suolo, ha utilizzato un *tool* di *SAGA GIS 2.1.2* chiamato *Potential Incoming Solar Radiation*. Questo *tool*, utilizzando un *DTM* come base di partenza, calcola i valori di radiazione solare incidente diretta in base alla definizione di diversi parametri. In particolare sono stati definiti a tavolino i seguenti dati (Wordpress, 2014) (**Figura 2.5**):

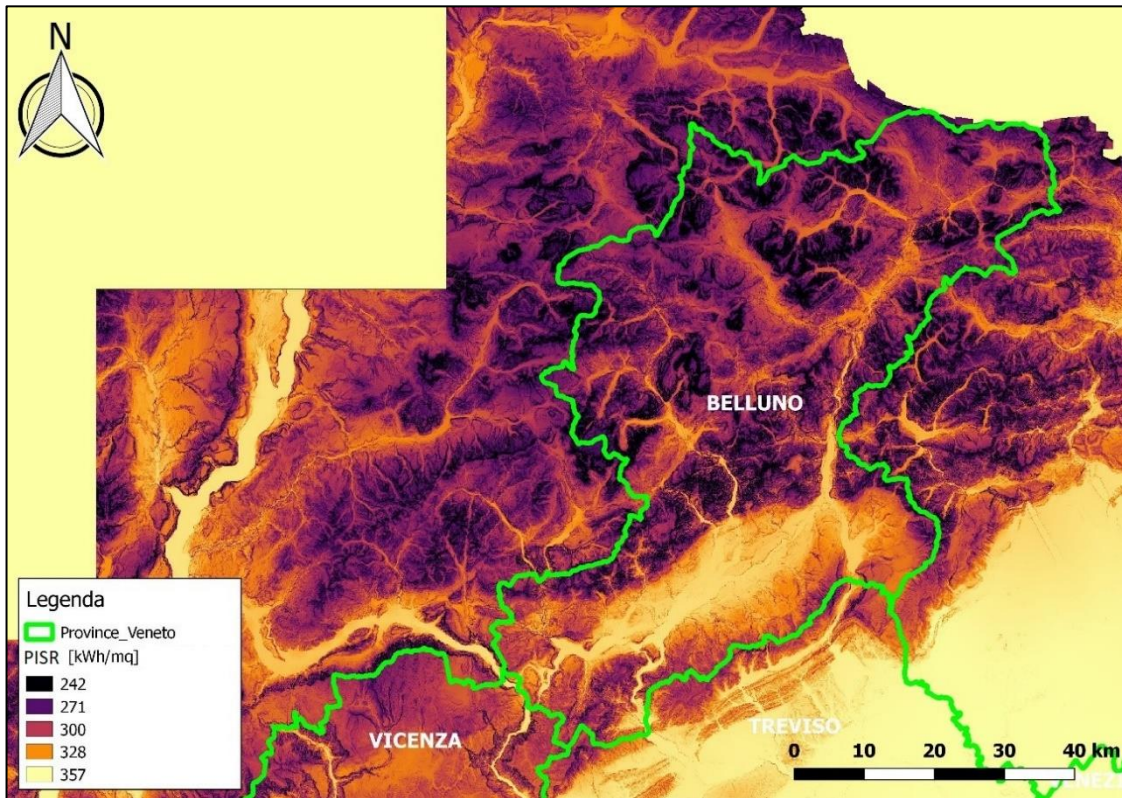
- *Constant latitude*: il valore costante di latitudine, come riportato al punto precedente, è stato definito come il valore latitudinale del Comune di Belluno:  $46,1399645^\circ$  (Dossier.net, 2017);
- *Range of days*: il calcolo è stato effettuato nel periodo corrispondente ad un anno solare, dal 1 gennaio al 31 dicembre;

- *Resolution (days)*: nell'arco temporale di un anno si è scelto di effettuare un calcolo ogni 30 giorni;
- *Time span (hours)*: nell'arco di ciascuna di queste giornate è stato scelto di effettuare il calcolo nelle 24 ore complessive della giornata;
- *Resolution (hours)*: all'interno di queste 24 ore è stato eseguito un calcolo ad intervalli di 2 ore.

Potential Incoming Solar Radiation	
Data Objects	
Grids	
Grid system	5; 30350x 26506y; 1635948.5x 5045758.5y
>> Elevation	01. dtm_5
> Sky View Factor	<not set>
<< Direct Insolation	02. Direct Insolation
<< Diffuse Insolation	03. Diffuse Insolation
< Total Insolation	<not set>
< Direct to Diffuse Ratio	<not set>
Options	
Solar Constant [W / m <sup>2</sup> ]	1367
Local Sky View Factor	<input checked="" type="checkbox"/>
Units	kWh / m <sup>2</sup>
Shadow	fat
Location	
Latitude	
Degree	46; 8; 24
Minute	46
Second	8
Time Period	range of days
Day	
Last Day	01/01/2016
Resolution [d]	31/12/2016
Time Span [h]	30
Resolution [h]	0; 24
Atmospheric Effects	
Lumped Atmospheric Transmittance [Percent]	70
Update	Lumped Atmospheric Transmittance
	do not update

**Figura 2.5** – Parametri utilizzati nel calcolo del Potential Incoming Solar Radiation in SAGA GIS 2.1.2.

L'elaborazione è stata condotta utilizzando un DTM a 10 m messo a disposizione dall'INGV (Tarquini et al., 2007, 2012). Pur utilizzando un *raster* di dimensioni contenute, con i supporti informatici a disposizione il calcolo del *Potential Incoming Solar Radiation* ha impiegato circa 100 h. L'algoritmo di *SAGA GIS 2.1.2* restituirà poi una mappa *raster* dei valori di *Potential Incoming Solar Radiation* in kWh/m<sup>2</sup> (**Figura 2.6**).



**Figura 2.6** – Estratto in ambiente GIS della mappa di Potential Incoming Solar Radiation ottenuta con SAGA GIS 2.1.2.

Per l'estrapolazione dei dati relativi alle zone di distacco, per quanto riguarda gli indici di *Heat Load Index* e *Potential Incoming Solar Radiation*, è stato utilizzato il tool di *Statistica zonale*, che ha permesso di ottenere i dati minimi, medi e massimi per ciascuno di due indici.

### 2.3.2. Categorie forestali coinvolte

Relativamente alle valanghe classificate in “bosco”, si è scelto di analizzare le categorie forestali interessate dai fenomeni valanghivi. A tal proposito è stata scaricata dal Geoportale della Regione Veneto la carta dei tipi forestali (Geoportale, 2016a). L'interesse ricade verso le categorie forestali relative alle zone di distacco delle valanghe. In questo senso, attraverso la funzione di *intersezione*, sono stati estrapolati i dati relativi alle coperture forestali relative alle zone di distacco.

A seguito di una successiva elaborazione in *Microsoft Excel 2016* sono stati ricavati i dati relativi al numero di eventi verificatisi per ciascuna categoria forestale.

### 2.3.3. Formazioni maggiormente rappresentate

Analizzando le categorie forestali coinvolte si può notare come le formazioni ad alto fusto maggiormente colpite da eventi valanghivi risultano essere: *Peccete, Lariceti e Larici-Cembreti e Faggete*. In questo senso è stata realizzata un'ulteriore analisi descrittiva volta ad evidenziare similitudini e differenze nella dinamica delle valanghe per ciascuna categoria indicata. Le analisi condotte andranno ad analizzare i parametri più significativi: quota, esposizione, pendenza, larghezza di distacco, spessore di distacco, lunghezza di scorrimento e frequenza.

## 2.4. Scelta delle valanghe significative

Una volta eseguita la descrizione del Catasto Valanghe, a partire dai modelli 7 analizzati, si è condotta una progressiva selezione sugli eventi valanghivi volta ad individuare i siti potenzialmente idonei all'esecuzione dei rilievi di campo per poter valutare l'influenza della copertura forestale sul distacco di valanghe. L'obiettivo finale consiste in una selezione di circa 10-15 eventi valanghivi per categoria forestale considerata sui quali poi eseguire i rilievi forestali. Prima di tutto, trattandosi di uno studio delle interazioni tra bosco e stabilità del manto nevoso, la prima operazione ha visto la selezione dal Catasto delle sole valanghe in bosco. Relativamente alle zone di distacco, nella prima selezione delle valanghe "in bosco" sono stati adottati due principali criteri:

- *Catasto Valanghe*: la prima selezione è stata fatta in base ai parametri vegetazionali delle zone di distacco riportati nel Catasto Valanghe (vedi *paragrafo 2.3., pag. 63*). A queste valanghe verrà poi data una priorità di selezione rispetto al criterio successivo;
- *Carta dei tipi forestali*: per evitare di incorrere in errori relativi alla classificazione del Catasto Valanghe viene considerata anche la carta dei tipi forestali del Veneto. Alcune valanghe non classificate come "in bosco", secondo il Catasto Regionale, rientrano invece come tale nella carta delle tipologie forestali: questi eventi, seppur con priorità secondaria, vengono considerate ai fini della selezione. La carta dei tipi forestali viene inoltre utilizzata per attribuire alle valanghe tutte le informazioni relative alle coperture forestali, quali tipologia forestale e valori di copertura.

Attribuendo alla totalità delle valanghe in bosco i dati di tipologia e copertura forestale, riportato nella carta dei tipi forestali del Veneto, si introduce un ulteriore criterio:

- *Copertura > 30%*: vengono considerate, per il presente studio, solo le formazioni che presentano un grado di copertura superiore al 30%. La carta dei tipi forestali del veneto indica due classi di copertura: la prima dal 30% al 70%, la seconda dal 70% in su

(Savio, 2006). Considerando che la sola ultima classe sarebbe una scelta limitata nella selezione dei siti valanghivi (vedi *paragrafo 1.7., pag. 43*), soprattutto per il larice che generalmente presenta densità inferiori all'abete rosso, vengono prese in considerazione entrambe classi. Questo perché generalmente boschi con coperture > 50% sono in grado di impedire il distacco di valanghe, dipendentemente dalle situazioni.

Analizzate le categorie forestali interessate dai distacchi valanghivi viene introdotto un altro criterio:

- *Tipologie forestali coinvolte*: vengono selezionate solamente le categorie forestali più rappresentate. Le tre categorie selezionate sono *Peccete, Lariceti e Larici-Cembreti e Faggete*. Le faggete in realtà vengono poi escluse in quanto la numerosità degli eventi non raggiunge una sufficiente soglia di rappresentatività.

Un'altra selezione è stata invece fatta sulla base dell'anno di accadimento degli eventi valanghivi:

- *Distacchi recenti*: in vista delle operazioni di caratterizzazione dei popolamenti forestali presenti nella zona di distacco, è stato necessario scartare gli eventi valanghivi verificatisi in bosco da più di dieci anni, sebbene questi siano stati considerati nell'analisi catastale. Oltre i 10 anni si può considerare che il bosco, al momento dei rilievi di campo, non sia più nelle stesse condizioni di quando è avvenuto il distacco, non esisterebbe più una corrispondenza tra condizioni attuali del bosco e condizioni al tempo dell'evento.

In base ai criteri sopra descritti è stata quindi eseguita una prima consistente selezione: dalle iniziali 2380 valanghe del Catasto Regionale sono state estratte 152 valanghe, in un periodo compreso tra il 2006 e il 2016. Di queste, 60 sono classificate come "in bosco" in base alle informazioni riportate sul Catasto Valanghe, 92 definite invece tali grazie alla carta dei tipi forestali del Veneto.

Su queste valanghe è stato necessario ridurre ancora la numerosità, nell'ottica di arrivare ad ottenere quei 10-15 siti per categoria forestale. In questo senso, grazie al supporto del personale del Centro Valanghe di Arabba che meglio conosce le condizioni locali dei siti, sono stati applicati i seguenti criteri:

- *Esclusione dei salti rocciosi*: sono state escluse dalla selezione tutte quelle valanghe originatesi in bosco, ma in corrispondenza di salti di roccia. L'effetto del bosco in questo caso può considerarsi trascurabile;
- *Accessibilità*: le esigenze di accessibilità sono considerate sia in termini di tempo di raggiungimento dei siti valanghivi, sia in termini di sicurezza del rilevatore. Talvolta per raggiungere i siti valanghivi è stata comunque necessaria più di un'ora di cammino. Per quanto riguarda la sicurezza si è scelto invece di escludere i distacchi a maggiori pendenze

e/o localizzati in zone esposte, ad esempio, alla caduta massi o in prossimità di salti di roccia. Le esigenze di sicurezza saranno poi valutate anche in campo. Alcuni siti saranno infatti scartati in corso di rilievo;

- *Distribuzione omogenea dei rilievi*: per quanto possibile si è cercato di distribuire i siti, selezionati per i rilievi, il più omogeneamente possibile sul territorio e disgiunti fra loro, mirando alla massima dispersione delle aree di rilievo. Per quanto riguarda i pendii valanghivi caratterizzati da un'alta numerosità di eventi, è stato spesso necessario escludere delle valanghe in quanto troppo vicine fra loro. La troppa vicinanza tra i siti valanghivi avrebbe impedito la localizzazione delle aree di saggio di controllo a fianco delle valanghe, in quanto queste sarebbero andate a sovrapporsi;
- *Evitare sistemazioni con opere*: naturalmente, dovendo valutare il solo effetto della copertura forestale sulla stabilità del manto nevoso, si è reso necessario escludere i siti valanghivi nei quali sono state poste, in passato o di recente, delle opere di difesa attiva o passiva. La presenza di opere può condizionare, oltre che la stabilità del manto nevoso, anche le dinamiche di crescita e sviluppo del soprassuolo boscato, andando a vanificare gli eventuali rilievi.

In base a tutti i criteri visti è stata creata una scala di preferenze dei siti valanghivi, con valori assunti da 0 a 9: il valore 0 corrisponde al sito di minore interesse, 9 a quello di maggiore interesse. A ciascun evento è stato assegnato un valore qualitativo della scala. Infine sono stati scelti gli eventi con valori maggiori o uguali a 7, ovvero 60 eventi. Le valanghe con valori minori sono state invece tenute come eventuali riserve in caso di necessità.

Sui 60 eventi è stato poi effettuato, nel mese di giugno 2017, un sopralluogo in campo con un tecnico del Centro Valanghe di Arabba, per verificare visivamente e oggettivamente le condizioni di ciascun sito.

In questo senso è stato poi applicato un ultimo criterio:

- *Interferenze tra eventi*: nel caso in cui si verificano più di un evento per sito valanghivo, può capitare che questi interferiscano tra loro. Nel caso di due eventi, se il secondo distacco si verifica a monte del primo, la valanga andrebbe a colpire la zona di distacco di quest'ultimo modificando le condizioni del bosco. In questo caso la valanga a valle andrebbe scartata. Nel caso contrario in cui la valanga a valle si verifichi a seguito di quella a monte possono essere tenuti entrambi gli eventi, purché il distacco a valle sia classificabile come "in bosco".

A seguito del sopralluogo in campo sono quindi stati selezionati un totale di 30 eventi valanghivi, sui quali poi nei mesi di luglio e agosto 2017 sono stati condotti i rilievi di campo. Degli eventi selezionati ne ritroviamo 12 per la formazione *Peccete*, e 18 per la formazione *Lariceti e Larici-Cembreti* (**Figura 2.7**).

ID_mod7	Anno	Classe	Specie	Luogo	Rilevate	NOTE
1044	2006	9	Peccete	aurone (Livinallongo)	SI	-
2795	2015	7	Lariceti e Larici-Cembreti	aurone (Livinallongo)	SI	-
2592	2014	7	Peccete	aurone (Livinallongo)	SI	-
1828	2010	7	Peccete	aurone (Livinallongo)	SI	-
2593	2014	7	Peccete	aurone (Livinallongo)	NO	zona impraticabile per forte pendenza
1042	2006	7	Lariceti e Larici-Cembreti	aurone (Livinallongo)	NO	distacco non individuabile
2320	2013	9	Lariceti e Larici-Cembreti	aurone (Livinallongo)	SI	-
1051	2006	7	Peccete	aurone (Livinallongo)	SI	-
2319	2013	7	Peccete	aurone (Livinallongo)	SI	-
2318	2013	4	Lariceti e Larici-Cembreti	aurone (Livinallongo)	NO	zona impraticabile per forte pendenza (>70°)
2594	2014	7	Lariceti e Larici-Cembreti	aurone (Livinallongo)	NO	area di controllo non posizionabile
2793	2015	7	Lariceti e Larici-Cembreti	aurone (Livinallongo)	SI	-
1018	2006	8	Peccete	caracoi (Rocca Pietore)	SI	-
1002	2006	7	Lariceti e Larici-Cembreti	col cervera (Vigo di Cadore)	NO	partita fuori bosco
1759	2010	7	Lariceti e Larici-Cembreti	col cervera (Vigo di Cadore)	SI	-
2720	2014	4	Lariceti e Larici-Cembreti	col rosolo (Vigo di Cadore)	SI	-
2777	2015	7	Peccete	costacia (Livinallongo)	SI	-
2519	2014	7	Peccete	costacia (Livinallongo)	SI	-
2520	2014	7	Peccete	costacia (Livinallongo)	NO	partita fuori bosco
2389	2013	9	Lariceti e Larici-Cembreti	le piazze (Falcade)	SI	-
1999	2011	9	Lariceti e Larici-Cembreti	le piazze (Falcade)	SI	-
2605	2014	4	Lariceti e Larici-Cembreti	livinei (Livinallongo)	SI	-
2729	2014	9	Peccete	sasso bianco (Rocca Pietore)	SI	-
1037	2006	9	Lariceti e Larici-Cembreti	soura cengle (Arabba)	SI	-
1555	2009	7	Lariceti e Larici-Cembreti	SS48 (Misurina)	SI	-
1765	2010	7	Lariceti e Larici-Cembreti	SS619 (Vigo di Cadore)	NO	presenza di opere di protezione
999	2006	7	Lariceti e Larici-Cembreti	SS619 (Vigo di Cadore)	NO	valanga a monte scesa dopo + opere di protezione
1003	2006	7	Lariceti e Larici-Cembreti	SS619 (Vigo di Cadore)	SI	-
1000	2006	7	Lariceti e Larici-Cembreti	SS619 (Vigo di Cadore)	SI	-
1013	2006	3	Peccete	vizza di calalzo (Calalzo)	NO	forte pendenza + distacco non individuabile

**Figura 2.7** – Lista dei 30 siti valanghivi selezionati e, in parte, rilevati.

Si è scelto inizialmente di abbondare nella selezione degli eventi valanghivi, così da poter avere delle riserve nel caso fosse stato necessario scartare dei siti. Infatti alcuni criteri selettivi sono spesso stati applicati in campo, come ad esempio le esigenze di accessibilità in termini di sicurezza per le pendenze più elevate, la mancata identificazione delle zone di distacco oppure l'impossibilità di posizionare un'area di saggio di controllo. Gli eventi rilevati sono infine stati 21: 9 su *Peccete* e 12 su *Lariceti e Larici-Cembreti* (**Figura 2.7**).

A supporto dei rilievi di campo, per ciascun evento valanghivo selezionato sono state stampate due mappe di inquadramento (un'ortofoto e una CTR) a scala 1:5000, e due mappe di dettaglio a scala 1:2000, riportanti le perimetrazioni degli eventi e delle relative zone di distacco (**Figura 2.8**). Ciò ha permesso di agevolare le operazioni di individuazione in campo delle zone di distacco.





soprattutto su pendii caratterizzati da un elevato numero di eventi, è stato utile raggiungere le zone di distacco a partire dai punti di intersezione tra il canalone da valanga e la rete viaria presente, punti di indubbia evidenza. In questi casi è bastato seguire il canalone fino all'estremità sommitale. L'osservazione delle evidenze di campo ha permesso, durante i rilievi, di individuare l'erronea collocazione di uno dei siti valanghivi oggetto di studio: l'evento era stato cartografato in un diverso canalone rispetto alla realtà. Lo stesso canalone però non presentava segni evidenti del passaggio della valanga.

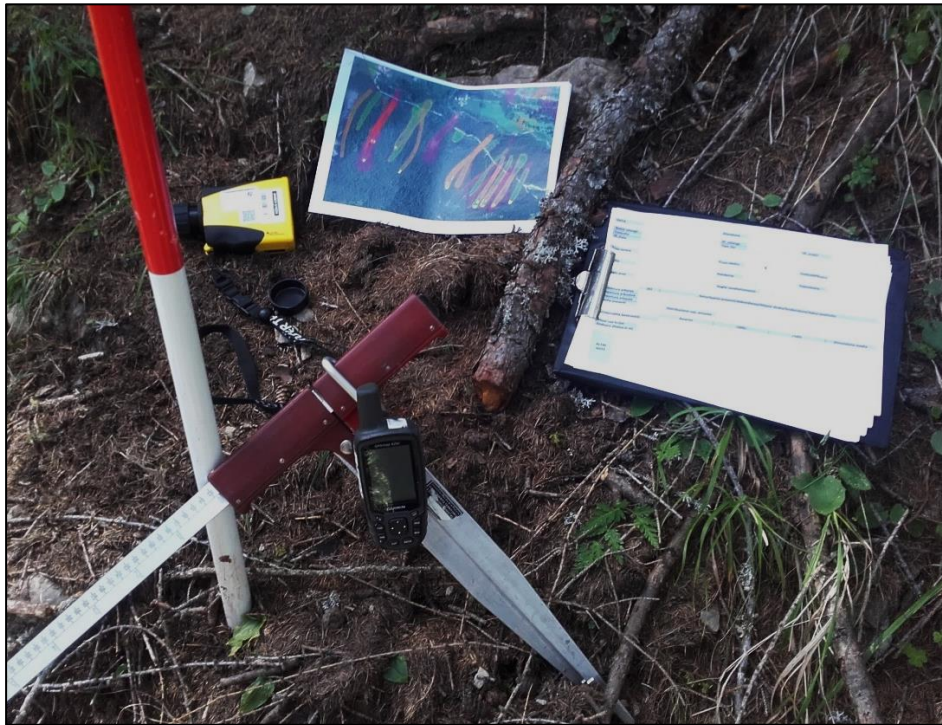
La seconda area di saggio è invece caratterizzata da esposizione, quota e pendenza approssimativamente simili all'area di saggio interna alla zona di distacco. L'area di controllo viene posizionata ad una distanza tale da non creare alcun tipo di sovrapposizione con l'area interna alla valanga, neanche relativamente alle chiome degli individui.

Entrambe le aree sono di forma circolare con raggio pari a 13 m.

In accordo con altri studi in materia (Letey et al., 2008; Viglietti et al., 2010), si è optato per non fissare una rigida soglia di cavallettamento, in quanto anche piante con diametro inferiore a 7,5 cm possono esercitare influenza sul manto nevoso: il fattore limitante stabilito è stata invece l'altezza. Vengono infatti considerate tutte le piante con altezza superiore a 2 m. Altezze inferiori potrebbero infatti essere superate dall'altezza del manto nevoso. È stato dimostrato come il 90% delle valanghe si stacchi con altezze dello strato arboreo inferiori a 2 m (Meyer-Grass, 1987).

Durante i rilievi in bosco sono stati utilizzati i seguenti strumenti (**Figura 1.1**):

- Palina bianco-rossa dell'altezza di 2 m utilizzata per evidenziare il centro scelto per l'area di saggio;
- GPS Garmin (GPSMAP® 62sc), utilizzato per la localizzazione di siti valanghivi e per marcare i centri delle aree di saggio;
- Altimetro e bussola Suunto;
- *TruPulse 360° B* (telemetro laser per la misura dei parametri di popolamento);
- Cavalletto dendrometrico da 80 cm;
- Cordella metrica da 50 m;
- Macchina fotografica;
- Cartografia relativa agli eventi valanghivi (CTR e ortofoto);
- Schede di rilevamento dati.



**Figura 2.9** – Principale strumentazione utilizzata durante i rilievi in campo (foto Zanrosso, 2017).

La procedura di raccolta dati può essere suddivisa in tre parti principali, tutte applicate per ciascuna area di saggio: una prima fase relativa all'*inquadramento dell'area*, una seconda legata alla *raccolta dei parametri dendrometrici* ed una terza legata allo studio della *rinnovazione*. Per ciascuna delle tre fasi di rilievo viene compilata un'apposita scheda descrittiva (vedi *capitolo 7. ALLEGATI, pag. 223*).

- **Inquadramento dell'area**

Giunti sul campo e individuata correttamente la zona di distacco viene applicata la seguente procedura:

- Fissaggio della palina nel punto scelto come centro dell'area di saggio;
- Marcatura del punto centrale mediante GPS in dotazione, utilizzando la funzione "media di posizione" per una maggiore accuratezza;
- Acquisizione di 4 elementi fotografici relativi all'area: a monte, a valle, a destra e a sinistra rispetto al centro;
- Registrazione dei dati di: quota, pendenza ed esposizione. Gli ultimi due parametri sono misurati con il *TruPulse*, previa taratura del sensore bussola;
- Indicazione della tipologia forestale presente;
- Stima dei dati di copertura arborea, arbustiva ed erbacea, relativamente a tutta la vegetazione con altezza inferiore ai 2 m. Assieme ai dati di copertura vengono riportate

eventuali note come, ad esempio, le specie presenti o l'altezza dello strato. Per la copertura arborea è indicato anche il dato di distribuzione: omogenea, disomogenea o "altro";

- Indicazione dell'indice di pietrosità (o accidentalità), secondo i valori: assente, < 50% o > 50%, indicando eventualmente la dimensione media dei massi presenti;
- Indicazione sull'eventuale presenza di buche e loro dimensione;
- Indicazione di altri elementi di particolare interesse relativi all'area di saggio.

- **Raccolta dei parametri dendrometrici**

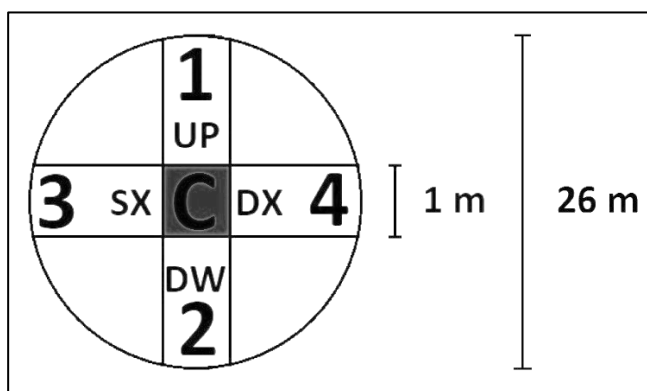
Questa seconda fase rappresenta in sé il vero e proprio rilievo forestale. La procedura viene eseguita misurando i parametri forestali relativi a ciascun individuo ricadente all'interno dell'area di saggio. A partire da un individuo casuale, gli alberi sono misurati poi con ordine procedendo in senso orario. La delimitazione dell'area viene eseguita con il *TruPulse*: per ciascun individuo viene misurata la relativa distanza orizzontale (utilizzando la funzione *Shot HD Mode* dello strumento) e, se inferiore o uguale ai 13 m si procede alle successive misure, indicando:

- Specie rilevata;
- Diametro a petto d'uomo (DBH, ovvero 1,30 m), con il cavalletto dendrometrico;
- Misurazione dell'altezza utilizzando la funzione *Measure Tree Height* del *TruPulse*;
- Misurazione dell'altezza di intersezione della chioma, con la stessa procedura del punto precedente;
- Misurazione delle proiezioni della chioma lungo i quattro punti cardinali: nord, sud, est e ovest. La misura è eseguita utilizzando la funzione *Measure Missing Line* del *TruPulse*;
- Misurazione di azimuth e distanza dell'individuo rispettivamente al centro dell'area;
- Annotazione dello stato di vigoria delle piante secondo tre classi qualitative: *buona*, *media* e *pessima*. Viene riportato a parte se l'individuo risulta morto. Per classe *buona* si intende un individuo sano, in buono stato vegetativo, con buon portamento e senza particolari ed evidenti danni. Per classe *media* si intende un individuo sano che tuttavia può riportare diversi danni, oppure può presentarsi con fusto e chioma irregolari. Per classe *pessima* si intende invece un individuo morto, deperente o in pessimo stato vegetativo, con fusto e chioma irregolari o che riporta evidenti danni di modesta entità. La *classe pessima* rappresenta spesso individui destinati al deperimento;
- Annotazione di eventuali danni riportati dall'individuo (schianti, sciabolature, apice sostituito, etc.), riportando i dettagli in una apposita casella.

- **Rinnovazione**

Nell'intento di capire e indagare le dinamiche di popolamento post evento, sono stati reperiti i dati relativi alla rinnovazione sull'area di saggio. Il rilievo ha seguito uno schema a croce (**Figura 2.10**): internamente all'area di saggio sono stati tracciati due transetti della larghezza di 1 m, su tutta la lunghezza del diametro, per un totale di 26 m ciascuno. Il primo è disposto lungo la linea di massima pendenza, il secondo ortogonale ad essa. Questa accortezza permette di evitare errori di valutazione dovuti alla potenziale eterogeneità della distribuzione. Su ciascun transetto viene rilevata rinnovazione e vegetazione inferiori ai 2 m di altezza. È importante avere l'accortezza di non conteggiare due volte i dati relativi al metro quadro nel quale le due fasce si incontrano. In questo senso è stato scelto di mantenere una divisione in 5 settori: 1 (up), 2 (down), 3 (left), 4 (right) e C (center). Oltre ad evitare eventuali repliche, questa suddivisione fornisce anche un'ulteriore possibilità di studio sulla distribuzione ed evoluzione della rinnovazione post evento. I dati di rinnovazione sono raccolti separatamente per ciascun quadrante, e sono:

- Specie rilevata;
- Abbondanza, intesa come numero di individui;
- Distribuzione;
- Eventuali note relative, ad esempio, alla presenza di nuclei di rinnovazione oppure allo stato di affermazione.



**Figura 2.10** – Schema a quadranti per la registrazione dei dati di rinnovazione.

Come già specificato, tutti i parametri registrati nelle tre fasi operative vengono registrati su apposite schede di campagna, e costituiranno oggetto di successive elaborazioni (vedi capitolo 7. ALLEGATI, pag. 223). Ciascun sito valanghivo analizzato sarà infine descritto da 3 schede per l'area di distacco e 3 per l'area di controllo.

## 2.6. Stand Visualization System (SVS)

Le misurazioni condotte in bosco hanno permesso di modellizzare il popolamento forestale mediante il software SVS 3.36 (Stand Visualization System; Mc Gaughey, 2002). Tale software permette di raffigurare la reale disposizione degli alberi rilevati consentendo di calcolare rapidamente il grado di copertura (parametro di fondamentale importanza per il presente elaborato). Il software, tuttavia, non è in grado di fornire una rappresentazione della pendenza. Un ulteriore limite del software SVS consiste nella sovrastima dei valori del grado di copertura: in fase di calcolo, infatti, tale programma considera le chiome degli individui arborei come fossero delle superfici piene, in questo modo può fornire valori anche distanti dalla realtà. Un particolare problema è costituito dalle specie caducifoglie come il larice, per le quali il grado di copertura nel periodo invernale decresce notevolmente, e non è stato possibile rinvenire dati bibliografici capaci di descrivere tale riduzione. Si può però affermare che, all'interno di un popolamento di conifere sempreverdi, l'irraggiamento è ridotto fino al 90%, mentre in una foresta di caducifoglie la riduzione è del 30% (Berretti et al., 2006).

In questo senso sono stati definiti due valori di copertura: *Totale* e *Invernale*. La copertura *Totale* fa riferimento ad un dato di copertura estiva, nel quale ciascun individuo contribuisce con la propria chioma. La copertura *Invernale* viene invece considerata al netto delle specie caducifoglie (come *Larix decidua*, *Fagus sylvatica*, *Sorbus aucuparia*, etc.) il cui contributo al valore di copertura, durante la stagione invernale, viene considerato trascurabile. In questo senso, per la stima del dato di copertura *Invernale*, vengono considerate le sole specie a foglia persistente come *Picea abies* e *Pinus cembra*.

Per la stima del dato di copertura con SVS viene utilizzato il metodo grafico basato sulla vista verticale delle chiome, utilizzando come area campione un *subplot* di superficie pari a 0,5 volte l'area di saggio. Questo per evitare di incorrere in errori estimativi dovuti alle chiome delle piante di margine, le quali fuoriescono in parte dall'area di saggio.

## 2.7. Elaborazione dei dati di campo

I dati raccolti in campo sono poi stati archiviati e riorganizzati su foglio di calcolo in *Excel 2016*, e costituiscono oggetto di successive elaborazioni. In particolare, per ogni area di saggio, sono stati definiti i dati di: composizione specifica, densità (fusti/ha), area basimetrica, diametro medio, distribuzione diametrica, distribuzione delle altezze, rinnovazione totale (piante/ha) e copertura (*Totale* e *Invernale*).

La densità, parametro fondamentale nel determinare la stabilità del manto nevoso in bosco, viene calcolata in fusti totali ad ettaro, considerando quindi singolarmente ogni singolo fusto, anche della componente ceduo, che presenti altezze maggiori di 2 m (Berretti et al., 2006).

Nella determinazione della distribuzione dei diametri, i dati vengono aggregati per classi diametriche di ampiezza 5 cm, a partire dalla classe del 5 (2,5-7,5 cm). Le altezze vengono invece prima approssimate all'unità, poi aggregate in classi di ampiezza 2 m (ad esempio la classe del 3 aggrega individui con altezze pari a 2 e 3 m, quella del 5 altezze di 4 e 5 m, etc.).

Oltre ai parametri forestali indicati sopra vengono calcolati, in ambiente GIS e per ciascuna area di saggio, altri parametri allo scopo di verificare i dati di campo raccolti e fornire ulteriori informazioni aggiuntive riguardanti i valori di irraggiamento al suolo. In particolare sono stati ottenuti i valori di: quota, pendenza media e massima, esposizione media, *North-Eastness*, *Heat Load Index* e *Potential Incoming Solar Radiation*. I valori di *North-Eastness* vengono calcolati sia in base ai dati di esposizione rilevati in campo, sia in base ai valori di esposizione media estrapolati in ambiente GIS, e verranno poi utilizzati nelle successive analisi statistiche (l'esposizione, come variabile circolare, non può essere utilizzata nei test statistici, se non dopo essere trasformata in una variabile lineare). I dati di *Heat Load Index* e *Potential Incoming Solar Radiation* sono intesi come valori medi areali per ciascuna area di saggio.

Infine, come ultimo dato associato alle aree di saggio, viene riportato anche il valore di altezza di neve al suolo al momento dell'evento. In questo senso è importante fare alcune precisazioni sul metodo di definizione del dato. Per uniformare i dati ed ottenere dei valori univoci validi per ciascuna area di saggio, vengono mediati i valori di altezza di neve al suolo di tutte le 8 stazioni di cui al *paragrafo 2.1. pag. 57*. Inoltre, dato che non in tutti i casi è riportato il giorno esatto dell'evento (spesso sono indicati solo anno e mese), viene utilizzato come valore di riferimento l'altezza di neve a suolo media del mese nel quale l'evento stesso si è verificato.

È importante ricordare che i dati di altezza di neve al suolo sono rilevati, dalle centraline meteo, fuori copertura forestale, questo per evitare che il bosco vada ad influenzare in modo significativo i rilievi. In questo senso i dati di neve al suolo associati a ciascun evento non sono da ritenersi rappresentativi delle condizioni locali di distacco in bosco, piuttosto vanno considerati come valori puramente indicativi relativi ad una condizione media di innevamento al momento del distacco. Infatti, a causa delle condizioni stazionali spesso molto variabili (pendenza, esposizione, caratteristiche di popolamento, etc.), gli spessori di neve al suolo nelle zone di distacco possono risultare nella realtà ampiamente differenti rispetto al dato indicato.



## 2.8. Analisi statistiche sui dati di campo

Una volta organizzati i dati di campo, gli eventi valanghivi analizzati vengono suddivisi nelle due categorie forestali di riferimento: *Peccete* e *Lariceti e Larici-Cembreti*. Per ottenere una suddivisione omogenea delle aree, evitando la definizione di formazioni miste, si è scelto di assegnare le superfici all'una o all'altra categoria, in funzione della prevalenza di area basimetrica rispettivamente di *Picea abies* e *Larix decidua*. Il riferimento all'area basimetrica, come discriminante nella definizione delle categorie, è dovuto al fatto che essa è direttamente legata al dato di copertura delle chiome, valore che assieme alla densità di popolamento è di fondamentale importanza nel determinare la stabilità del manto nevoso in bosco. Secondo la classificazione di Braun-Blanquet, è proprio la copertura il parametro discriminante nella definizione delle categorie forestali (Del Favero, 2015). Questo parametro risulta tuttavia essere oggetto di misura in campo poco preciso e legato alle problematiche di elaborazione dei dati di chioma del software SVS. Per questo motivo si è deciso di utilizzare come parametro discriminante l'area basimetrica, legata a misure di diametro più affidabili e precise.

Data la quasi totale assenza di individui di *Pinus cembra*, limitati a sole 4 aree di saggio (delle quali due di controllo) e con presenze percentuali quasi trascurabili, le formazioni forestali oggetto di successive analisi statistiche prendono il nome di *Peccete* e *Lariceti*.

Area di distacco e relativa area di controllo possono essere classificate come diverse categorie forestali, e queste verranno mantenute tali nelle descrizioni generali delle diverse zone. La suddivisione ai fini delle analisi statistiche fa però riferimento all'evento valanghivo, e quindi alle sole aree di distacco.

Per tutte le analisi statistiche è stato poi utilizzato il software *PAST 3.15* (Hammer et al., 2001). Le indagini statistiche sono state condotte a diversi livelli, nell'ottica di testare l'eventuale significatività, nelle relazioni tra i parametri rilevati in campo, in diverse condizioni. Più nello specifico le analisi sono state condotte per evidenziare differenze significative nei parametri tra:

- Aree di distacco e aree di controllo, considerate senza distinzione di categorie;
- Aree di distacco e aree di controllo, per la sola categoria *Peccete*;
- Aree di distacco e aree di controllo, per la sola categoria *Lariceti*;
- *Peccete* e *Lariceti*, relativamente alle sole aree di distacco.

Nello specifico, per ciascuno dei gruppi di interesse appena elencati, verrà applicato il test parametrico "test t di Student", mettendo a confronto le medie di:

- Quota, verificando anche i dati estrapolati in ambiente GIS;
- Pendenza, verificando anche i valori medi e massimi estrapolati in ambiente GIS;



- Densità di popolamento, verificando anche i valori di densità specifica relativi alle 3 specie maggiormente rappresentate (*Picea abies*, *Larix decidua* e *Sorbus aucuparia*);
- Area basimetrica, verificando anche i valori specifici relativi alle 3 specie maggiormente rappresentate (*Picea abies*, *Larix decidua* e *Sorbus aucuparia*);
- Diametro medio;
- Copertura *Totale* e *Invernale*;
- Rinnovazione totale;
- Parametri relativi ad esposizione e grado di radiazione incidente al suolo (*North-Eastness*, *Heat Load Index* e *Potential Incoming Solar Radiation*);

Il “test t” viene utilizzato nella sua forma appaiata (*Two-sample paired test*) per quanto riguarda le prime tre classi, nelle quali si mettono a confronto aree di distacco con relativo controllo. Per quanto riguarda invece il confronto tra aree di distacco di *Peccete* e *Lariceti*, verrà applicato il test non appaiato (*Two-sample test*).

Un’ulteriore analisi è stata condotta sui valori di copertura, oggetti di stima di campo, relativi alla vegetazione inferiore ai 2 m. In particolare sono state analizzate le coperture di: suolo nudo, componente arborea, componente arbustiva e componente erbacea. In questo senso è stato dapprima applicato il test del “chi-quadro”, con l’intento di verificare la diversa distribuzione delle coperture tra aree di distacco e di controllo, o tra le categorie *Peccete* e *Lariceti*. In seguito verrà invece applicato, per ciascuna categoria di copertura considerata, il “test t di Student”.

Infine, applicando il metodo della regressione lineare, verranno analizzate le diverse interrelazioni tra i principali parametri topografici e forestali oggetto di studio, ovvero: copertura *Totale*, copertura *Invernale*, pendenza, densità e area basimetrica. In questo modo si cercherà di esprimere delle semplici tendenze lineari combinando tra loro i parametri in modo adeguato evidenziando, grazie al rispettivo test statistico, il grado di significatività della relazione analizzata.

## 2.9. Limiti del metodo

Nonostante sia stato applicato efficacemente anche su altri studi in materia (Letey et al., 2008; Viglietti et al., 2010), il metodo di raccolta dati utilizzato presenta comunque una serie di limiti. Questi limiti sono determinati in parte dalle informazioni contenute nel Catasto Valanghe e in parte a problemi di accessibilità ed individuazione delle aree oggetto di rilievi in campo.

- L'attività di censimento, per le valanghe del Catasto, fa capo al servizio valanghe del Centro Valanghe di Arabba. Ne consegue che la densità di rilievi sugli eventi valanghivi, decresce allontanandosi dal centro stesso. Questo accade in quanto le zone limitrofe al centro sono più facilmente accessibili, nonché maggiormente conosciute dai tecnici rilevatori. Ciò si riflette in una copertura scarsamente omogenea dei siti rilevati per il territorio della Regione Veneto. I rilievi catastali, infatti, sono maggiormente concentrati nel Comune di Livinallongo del Col di Lana;
- Le schede di rilievo relative ai MOD7 A.I.Ne.Va. riportano al loro interno alcuni parametri oggetto di stima da parte degli operatori durante i sopralluoghi di verifica. Per ovvi motivi di sicurezza infatti, gli operatori generalmente non salgono fino alla zona di distacco a seguito di un evento per eseguire i rilievi di dettaglio. Molti dei dati oggetto di rilievo, come ad esempio la tipologia di soprassuolo, la quota o l'esposizione, rappresentano quindi dei valori stimati e, come tali, possono portare in essi errori di valutazione da parte degli operatori. I dati raccolti in campo sono poi riportati a mano su database in *Microsoft Access 2016*, con conseguenti ulteriori potenziali errori di trascrizione e/o battitura. Un esempio sono alcuni dati, relativi a quote di distacco, registrati come superiori ai 10.000 m s.l.m., oppure valanghe cartografate in coordinate errate (*paragrafo 2.5., pag. 75*);
- Le valanghe più frequentemente censite nel Catasto sono quelle che solitamente interferiscono con le attività umane, specialmente se legate alla viabilità, questo sia per motivi di rilevante interesse pubblico, sia per motivi di facile accessibilità ai siti anche in ambiente invernale. Ne consegue che spesso le valanghe "invisibili" all'uomo non vengano nemmeno censite;
- Le valanghe in bosco, eventi di rilevante interesse ai fini del presente studio, sono generalmente poche a causa della presenza di una copertura forestale che potenzialmente ne limita il distacco. In aggiunta si può dire che la presenza del bosco "maschera" le valanghe stesse rendendole meno visibili all'uomo, a meno che queste non interessino vie di comunicazione o altre attività umane. Ne consegue una parziale scarsità

- di dati relativi a questo particolare tipo di valanghe. Le valanghe in faggeta, infatti, non sono state considerate in quanto insufficienti come numerosità (19 eventi negli ultimi 10 anni, dei quali almeno 15 non utilizzabili ai fini dei rilievi forestali);
- Nei dati contenuti nel database Access mancavano spesso dati relativi a determinati parametri, soprattutto per le valanghe meno recenti. In particolare, per 61 eventi valanghivi, non è stato possibile determinare la tipologia di soprassuolo relativa alla zona di distacco. Questo perché probabilmente al momento del rilievo il dato non era determinabile;
  - Nell'analisi dei dati catastali, la scelta dell'utilizzo dei parametri calcolati in ambiente GIS fornisce sicuramente risultati più accurati, tuttavia non tutte le valanghe del Catasto sono state già cartografate al GIS. In questo senso la numerosità degli eventi analizzati sarà più bassa, ma anche più accurata;
  - La scelta dei siti di rilievo, seppur impostata su parametri anche oggettivi, è stata per lo più portata avanti in base ad attente scelte soggettive;
  - Talvolta in campo è stata verificata la non aderenza fra i dati riportati nella carta dei tipi forestali e l'effettivo soprassuolo presente. Questo problema ha evidenziato due aspetti principali: valanghe classificate in *Peccete* risultavano invece in *Lariceti e Larici-Cembreti* o viceversa, e valanghe classificate come distacchi in bosco risultavano nella realtà su pendio aperto;
  - Talvolta, soprattutto per le valanghe rilevate meno recenti, il bosco alla data del rilievo può potenzialmente non essere rappresentativo delle condizioni al momento del distacco, pur considerando un arco di tempo limitato di soli 10 anni;
  - Spesso le aree di distacco censite erano localizzate all'interno di piccoli canali o in zone a maggiore pendenza rispetto alle aree limitrofe di controllo. Queste superfici, spesso anche soggette a più di un distacco nel corso del tempo, di fatto maggiormente si prestano ad essere soggette a fenomeni valanghivi. La diversa conformazione del terreno di fatto contrasta con l'intento di questo studio di posizionare le aree di controllo in condizioni stazionali quanto più simili alle zone di distacco. Nonostante questo limite sarà comunque possibile trarre delle importanti considerazioni, ad esempio in merito al parametro pendenza.
  - Durante i rilievi in campo non sempre l'effettiva zona di distacco è stata facilmente determinabile, in alcuni casi non è proprio stata individuata e la valanga è stata esclusa dai siti campione;

- Talvolta la morfologia del territorio non ha consentito di raggiungere alcune delle 30 zone di distacco individuate per eseguire i rilievi. Questo principalmente a causa di eccessive pendenze che non garantivano l'accesso in sicurezza all'area;
- Nell'intento di ottenere una suddivisione omogenea dei siti campione tra le due categorie forestali di interesse (*Peccete* e *Lariceti*), evitando la definizione di formazioni miste, la classificazione degli eventi come l'una o l'altra categoria è stata condotta in funzione della prevalenza di area basimetrica (vedi *paragrafo 2.8. pag. 82*). Questa suddivisione risulta però essere piuttosto grossolana in quanto, in alcuni casi, la percentuale in area basimetrica di una specie supera di pochi punti percentuali l'altra, andando in realtà a costituire una formazione mista.

Nonostante i limiti sopra indicati è stato possibile, per le due categorie forestali indicate (*Peccete e Lariceti e Larici-Cembreti*), ottenere un sufficiente numero di aree di saggio sulle quali eseguire i rilievi di campo e, sui rispettivi dati, le analisi statistiche.

### 3. RISULTATI E DISCUSSIONE

#### 3.1. Inquadramento nivo-climatico

Analizzati i dati di altezza di neve al suolo, gentilmente forniti dal Centro Valanghe di Arabba nel giugno 2017, si riportano a seguito i risultati ottenuti. Questa analisi è stata condotta nell’ottica di valutare con più criterio e attenzione le dinamiche valanghive degli eventi considerati ai fini della presente tesi (*paragrafo 2.1. pag. 57*). L’analisi, condotta per stagioni invernali, ha approfondito le condizioni di innevamento al suolo nelle Alpi venete degli ultimi 10 anni: dal 2005-2006 al 2016-2017. I risultati sono suddivisi per “Dolomiti settentrionali” e “Dolomiti meridionali”. Le stazioni di riferimento sono le seguenti.

Per le Dolomiti settentrionali:

- *Ra Valles* (385): 2615 m s.l.m. – Est – 33TTM75925914;
- *Casera Doana* (389): 1899 m s.l.m. – Nord-Ovest – 33TUM11385070;
- *Casera Coltrondo* (395): 1960 m s.l.m. – Sud-Est – 33TUM04507135;
- *Monte Piana* (394): 2265 m s.l.m. – Sud – 33TTM89506615.

Per le Dolomiti meridionali:

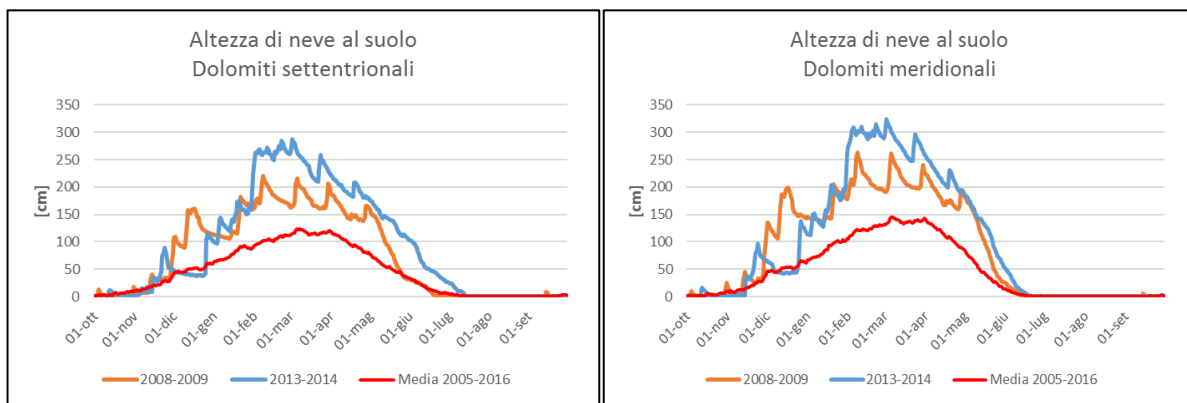
- *Cima Pradazzo* (383): 2200 m s.l.m. – Sud-Est – 32TQS17013760;
- *Col dei Baldi* (384): 1900 m s.l.m. – Sud-Ovest – 33TTM75124450;
- *Malga Losch* (390): 1735 m s.l.m. – Sud-Est – 32TQS28112751;
- *Monti Alti Ornella* (382): 2250 m s.l.m. – Nord – 32TQS21655060.

I risultati delle analisi vengono riportati a seguito e fanno riferimento a: *valori medi totali, valori medi mensili, valori massimi mensili e valori medi stagionali*.

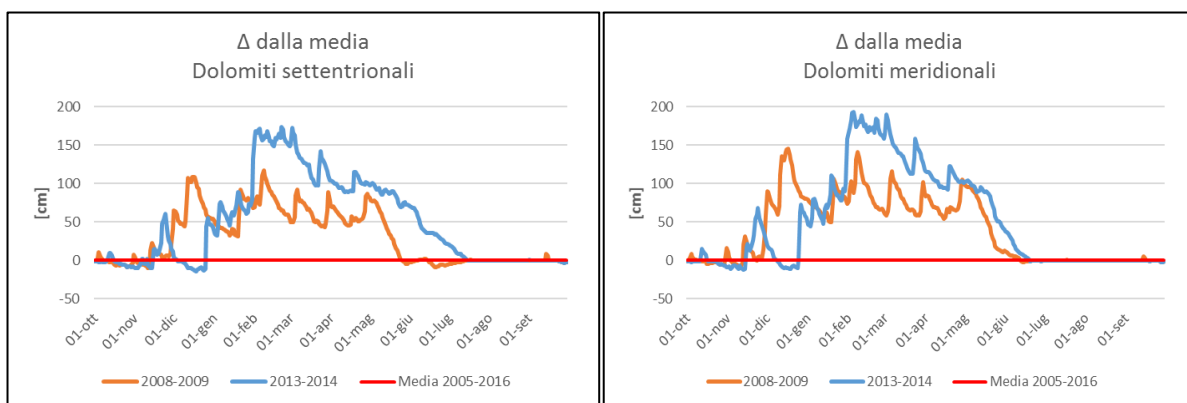
- **Valori medi totali**

In questo senso vengono mediati i singoli valori giornalieri di ciascuna stagione invernale. Vengono messi in particolare evidenza le due stagioni invernali caratterizzate da un rilevante innevamento.

Si può subito notare come, rispetto alla media, le due stagioni invernali evidenziate presentino un notevole innevamento. Vedremo in seguito, nel presentare i dati dell’analisi catastale, come questi due inverni siano caratterizzati da un maggiore numero di eventi valanghivi, specialmente in bosco (**Figura 3.1, Figura 3.2**).



**Figura 3.1** – Dati medi di altezza di neve al suolo per il periodo 2005-2016. Si nota come si discostano dalla media le curve delle stagioni invernali 2008-2009 e 2013-2014 (fonte dati ARPAV, 2017a).

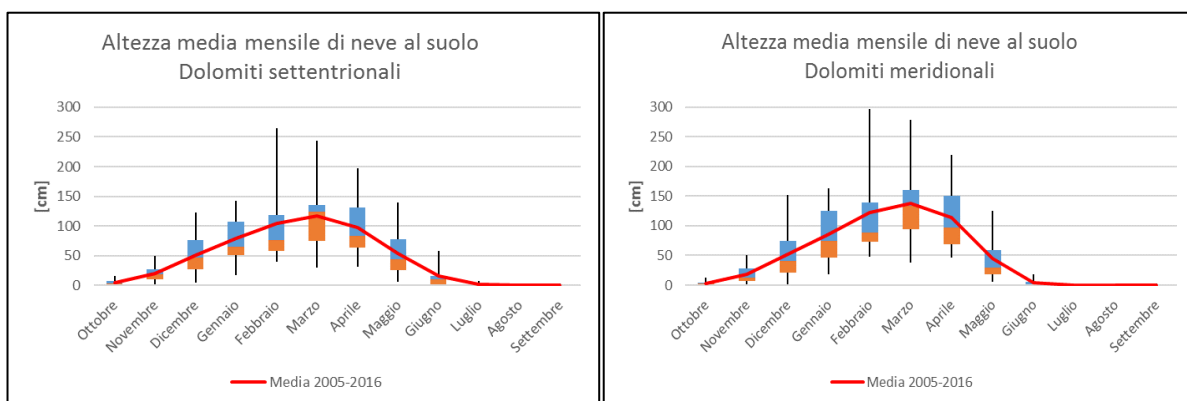


**Figura 3.2** – Dati relativi a quanto i valori di innevamento delle stagioni 2008-2009 e 2013-2014 si discostano dalla media del periodo considerato (fonte dati ARPAV, 2017a).

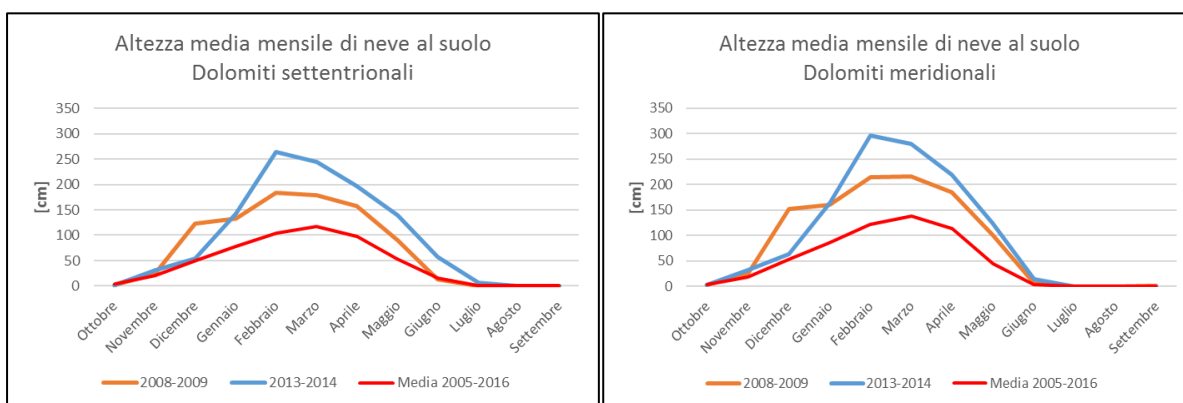
- **Valori medi mensili**

In questo senso vengono mediati, per ciascun mese, tutti i valori di ogni stagione invernale. Viene considerata la media dei giorni per ciascun mese, non la media delle medie. Vengono messi in particolare evidenza le due stagioni invernali caratterizzate da un rilevante innevamento.

Anche qua, come sopra, si può notare l'andamento rispetto alla media relativo alle due stagioni invernali 2008-2009 e 2013-2014 (**Figura 3.3**, **Figura 3.4**).



**Figura 3.3** – Valori medi mensili di altezza di neve al suolo per il periodo 2005-2016 (fonte dati ARPAV, 2017a).

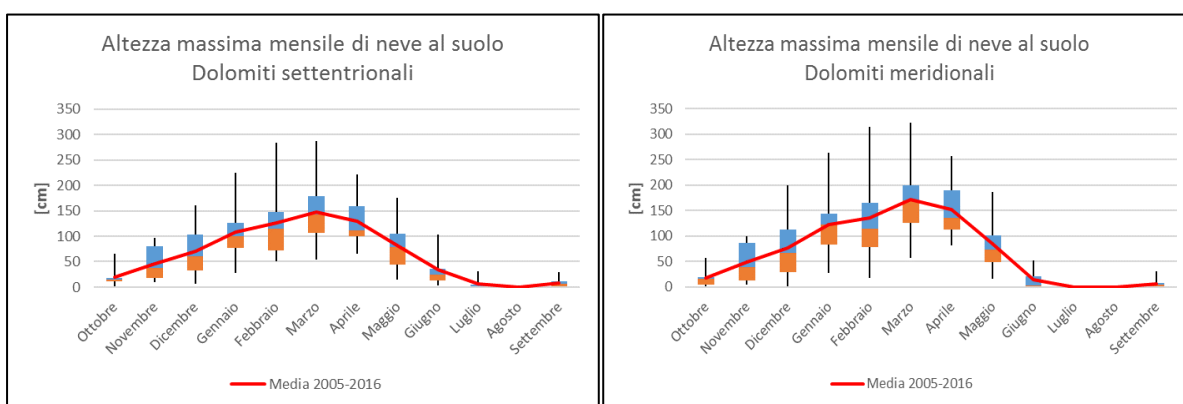


**Figura 3.4** – Valori medi mensili di altezza di neve al suolo per il periodo 2005-2016. Si nota come si discostano dalla media le curve delle stagioni invernali 2008-2009 e 2013-2014 (fonte dati ARPAV, 2017a).

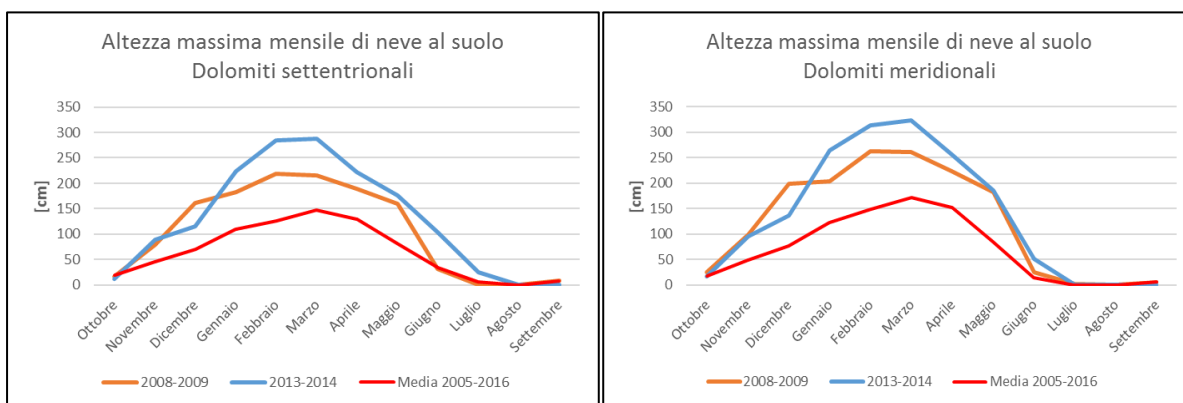
- **Valori massimi mensili**

In questo senso vengono mediati, per ciascun mese, i valori massimi mensili di ogni stagione invernale. Vengono messi in particolare evidenza le due stagioni invernali caratterizzate da un rilevante innevamento.

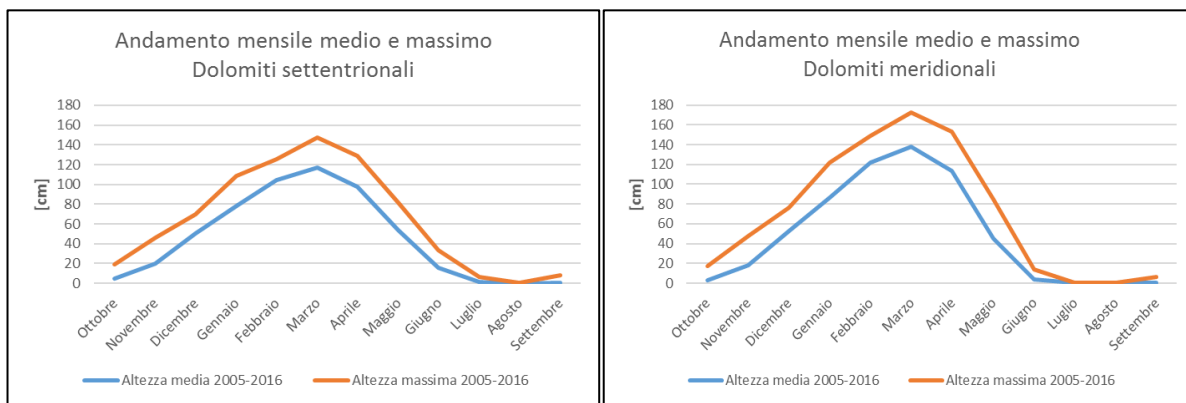
Anche qua, come sopra, si può notare l'andamento rispetto alla media relativo alle due stagioni invernali 2008-2009 e 2013-2014 (**Figura 3.5**, **Figura 3.6**, **Figura 3.7**).



**Figura 3.5** – Valori massimi mensili di altezza di neve al suolo per il periodo 2005-2016 (fonte dati ARPAV, 2017a).



**Figura 3.6** – Valori medi mensili di altezza di neve al suolo per il periodo 2005-2016. Si nota come si discostano dalla media le curve delle stagioni invernali 2008-2009 e 2013-2014 (fonte dati ARPAV, 2017a).

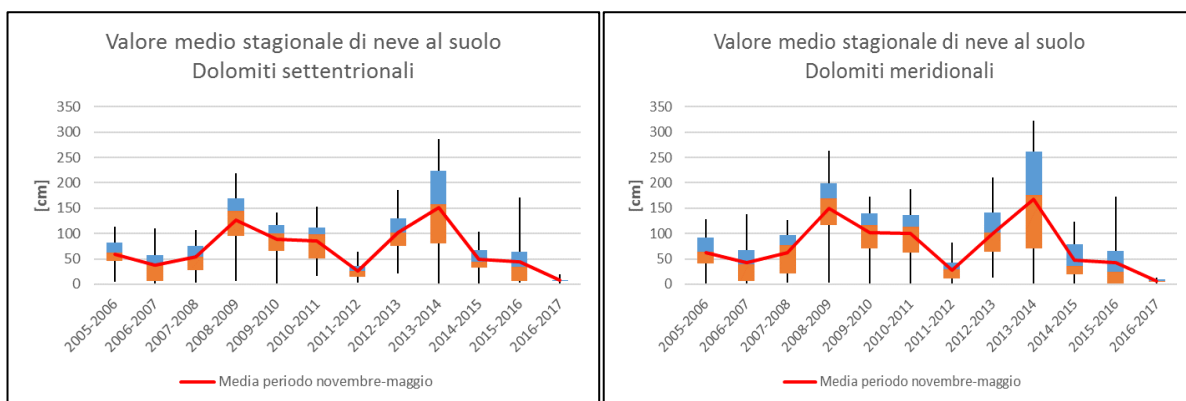


**Figura 3.7** – Andamenti mensili medio e massimo di neve al suolo per il periodo 2005-2016 (fonte dati ARPAV, 2017a).

- **Valori medi stagionali**

Prendendo in esame i mesi considerati a maggiore innevamento al suolo, ovvero dal 1 novembre al 31 maggio, viene calcolata la media stagionale dei singoli valori giornalieri per ciascuna stagione invernale.

Si può notare come le stagioni invernali 2008-2009 e 2013-2014 presentino altezze di neve al suolo sostanzialmente maggiori rispetto alle altre (**Figura 3.8**).



**Figura 3.8** – Valori medi stagionali di altezza di neve al suolo riferiti al periodo novembre-maggio (fonte dati ARPAV, 2017a).

Da una prima considerazione complessiva sui dati presentati possiamo notare come, generalmente, le Dolomiti meridionali presentano altezze di neve al suolo mediamente più alte. Questa differenza risulta pressoché ininfluyente, e non comporta alcuna problematica relativamente al presente studio.

L’attenzione volta alle due stagioni caratterizzate da un innevamento al suolo rilevante, ha permesso di fare delle considerazioni aggiuntive per quanto riguarda le dinamiche di interazione tra valanghe e ruolo protettivo della foresta. Analizzando il grado di rugosità del terreno, dal



punto di vista della vegetazione, si può considerare che altezze dello strato superiori ai 2 m, influiscano positivamente sulla riduzione della frequenza di distacco delle valanghe (Mc Clung, 2001). Altri studi affermano invece come il ruolo protettivo della foresta sia assolto per altezze superiori a 3 m e 250 piante/ha (Meyer-Grass, 1987).

In questo senso, analizzando i dati di altezza di neve al suolo per la stagione invernale 2013-2014, si può notare come nel periodo febbraio-aprile, l'altezza di neve al suolo supera mediamente il valore di 2 m, raggiungendo valori massimi di oltre 3 m nelle Dolomiti meridionali. La stagione invernale 2008-2009 si può considerare analoga alla precedente, anche se risultano leggermente ridotti i valori di altezza di neve al suolo e/o i tempi di permanenza di tale innevamento critico.

Questi valori sono considerati sfavorevoli in quanto possono potenzialmente sperare le soglie di altezza critica della vegetazione per le quali si ha un efficace effetto di trattenuta del manto nevoso, portando ad una riduzione dell'effetto protettivo da parte delle foreste.

Non a caso è risultato, dalle analisi catastali, che queste particolari stagioni invernali sono state caratterizzate da una maggiore frequenza di eventi valanghivi soprattutto in bosco, con evidenze maggiormente significative per l'inverno 2013-2014 (*paragrafo 3.2. pag. 91*).

### **3.2. Analisi dei dati catastali**

Lo studio sul Catasto Valanghe ha visto l'analisi sugli eventi relativi ai MOD7, in un periodo che va dal 1794 ad oggi. Naturalmente le valanghe più vecchie sono spesso eventi testimoniati o rilevati da evidenze di campo, e riportati sul Catasto e cartografati solo in un secondo momento. Questi eventi sono caratterizzati da una notevole scarsità di dati, e riportano solo i parametri più evidenti, talvolta anche in modo poco preciso. Solo a partire dagli anni '80 si avrà a disposizione un maggiore numero di valanghe censite e di dati più dettagliati e consistenti. I dati del Catasto arrivano solamente fino a novembre 2016, data di acquisizione delle informazioni presso il Centro Valanghe di Arabba. In questo senso, per le successive analisi (ad esempio in numero di valanghe per anno), il 2016 risulterà un anno incompleto. Questo fatto non crea però significative problematiche in quanto i dati di altezza di neve al suolo indicano spessori del manto nevoso insufficienti a creare delle condizioni favorevoli per il distacco di valanghe. Analizzando i valori medi e massimi di altezza di neve al suolo per le Dolomiti settentrionali e le Dolomiti meridionale, per il periodo novembre-dicembre 2016, ne risulta quanto segue:

- Dolomiti settentrionali:            valore medio = 8 cm;            valore massimo = 19 cm;
- Dolomiti meridionali:            valore medio = 7 cm;            valore massimo = 13 cm.

Questi valori risultano di fatto potenzialmente insufficienti a generare significativi distacchi di valanghe, tantomeno in bosco. Perciò si può considerare che, ai fini delle analisi catastali, nel periodo novembre-dicembre non si siano verificati eventi valanghivi.

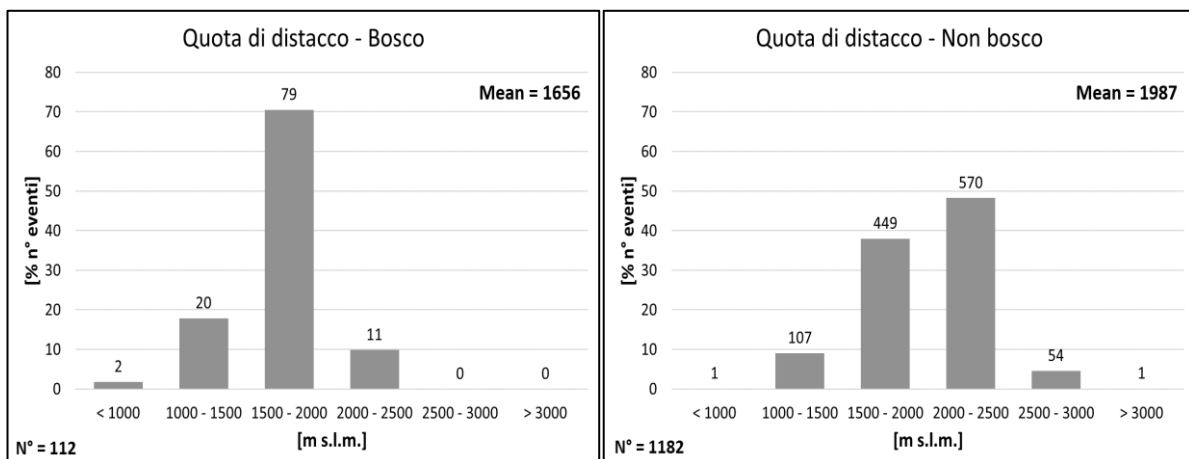
Dal 1794 ad oggi sono stati catalogati un totale di 2380 eventi, relativi alle schede MOD7. Di questi, in base alla classificazione *bosco-non bosco* (paragrafo 2.3. pag. 63), ne sono stati classificati 183 come “in bosco” e 2136 in “non bosco”. Le valanghe originatesi all’interno di popolamenti forestali rappresentano quindi il 7,7% degli eventi totali censiti. Anche altri studi, condotti in Valle d’Aosta, riportano valori percentuali simili, pari al 5,5% (Letey et al., 2008; Viglietti et al., 2010). Come si può notare la somma degli eventi “bosco” e “non bosco” non è pari al totale. Questo accade perché, per 61 eventi, manca totalmente ogni riferimento alla tipologia di soprassuolo, che non risulta quindi classificabile.

Per quanto riguarda invece i parametri calcolati sulle valanghe in ambiente GIS, gli eventi fanno riferimento al periodo dal 1977 ad oggi. In questo arco temporale trovano spazio un totale di 1294 eventi dei quali: 112 classificati come “in bosco”, e 1182 in “non bosco”.

Le analisi che seguiranno faranno riferimento alle seguenti categorie: *bosco* e *non bosco*.

- **Quota**

Nella rappresentazione delle frequenze degli eventi valanghivi in base alla quota, sono stati utilizzati i valori estrapolati in ambiente GIS dal DTM 5 m (Geoportale, 2016b). Le quote rappresentano il valore massimo per ciascuna area di distacco. Sono state individuate 6 classi di ampiezza 500 m:



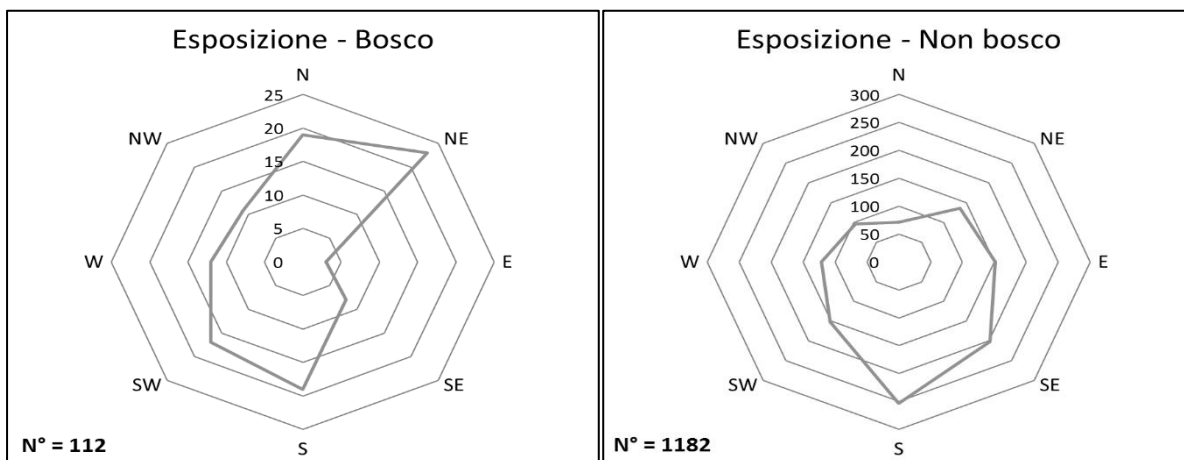
**Figura 3.9** – Valori percentuali relativi alle quote di distacco. Riportati in istogramma i valori relativi alla numerosità delle valanghe per classe (fonte dati elaborazioni GIS).

Si può notare come, per entrambe le categorie, il numero di valanghe per classe di quota segua un andamento a gaussiana. Le quote di distacco sono generalmente inferiori per le valanghe “in bosco”, questo anche perché, generalmente, la crescita del bosco oltre i 2000 m s.l.m. è fortemente limitata da fattori stagionali. Le valanghe in “non bosco” sembrano inoltre distribuirsi più omogeneamente sulle classi rappresentate, a differenza delle valanghe “in bosco” che concentrano il 70% circa degli eventi sulla classe 1500-2000 m s.l.m.

I valori medi di quota riportati sono: 1656 m s.l.m. per il “bosco” e 1987 m s.l.m. per il “non bosco”.

- **Esposizione**

Nella rappresentazione delle frequenze degli eventi valanghivi in base all’esposizione, sono state individuate 8 classi di ampiezza 45°, centrate sulle seguenti direzioni cardinali: N, NE, E, SE, S, SW, W, NW. I valori di esposizione fanno riferimento ai dati estrapolati in ambiente GIS. In particolare i valori riportati in grafico sono relativi all’esposizione media, ricavata dalla carta delle esposizioni, per le zone di distacco.

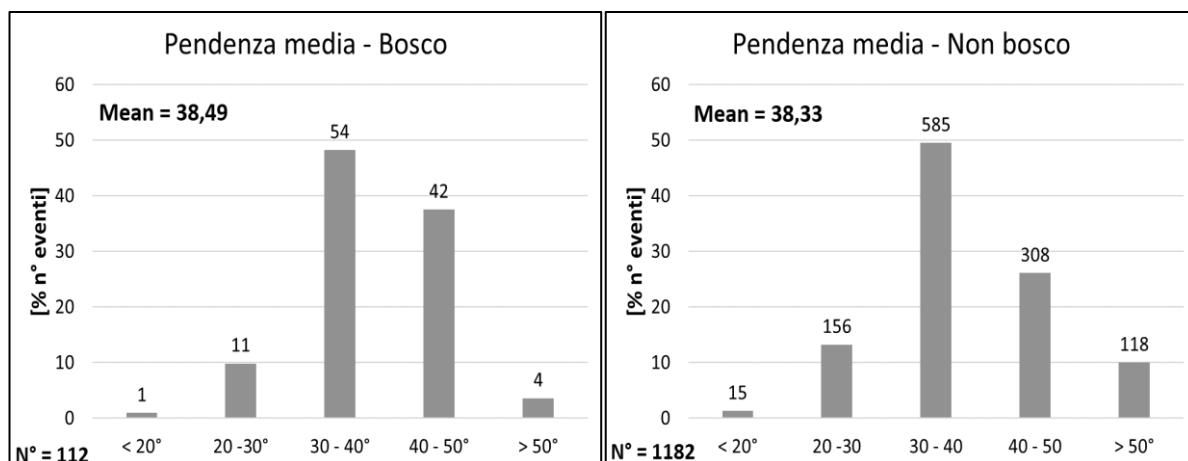


**Figura 3.10** – Valori di esposizione delle zone di distacco delle valanghe (fonte dati elaborazioni GIS).

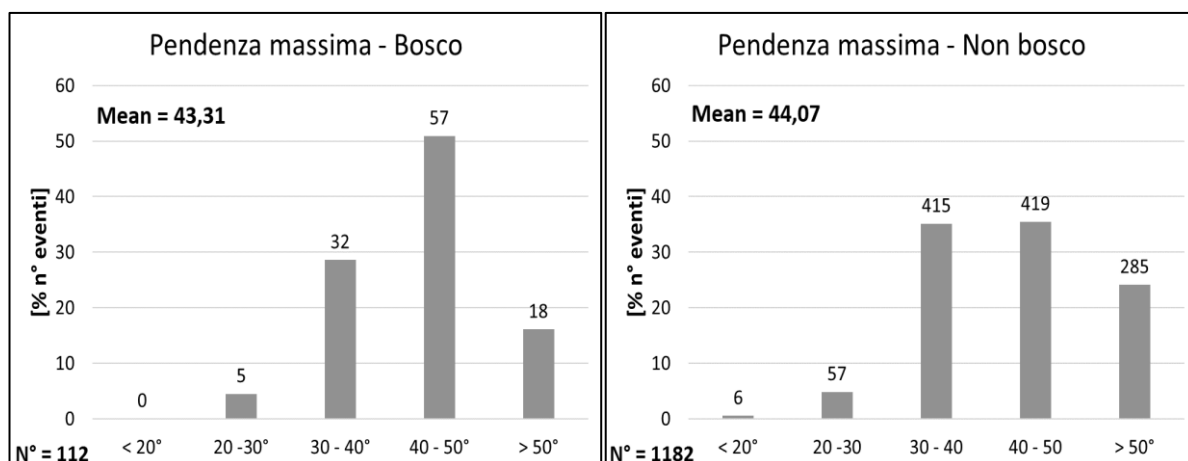
Si può notare come per le zone di distacco delle valanghe in “non bosco” si evidenzia un’esposizione prevalente a sud/sud-est. Per le valanghe “in bosco”, invece, sembrano delinearsi prevalentemente due esposizioni: nord/nord-est e sud/sud-ovest.

- **Pendenza media e massima di distacco**

Nella rappresentazione delle frequenze degli eventi valanghivi in base alla pendenza, sono stati utilizzati i valori estrapolati in ambiente GIS dal DTM 5 m (Geoportale, 2016b). Sono state individuate 5 classi di ampiezza 10°, distinguendo i valori di *pendenza media* e *pendenza massima*.



**Figura 3.11** – Valori di pendenza media delle zone di distacco delle valanghe (fonte dati elaborazioni GIS).



**Figura 3.12** – Valori di pendenza massima delle zone di distacco delle valanghe (fonte dati elaborazioni GIS).

In linea di massima non sembrano esserci significative differenze tra le valanghe “in bosco” e in “non bosco”, sia per le pendenze medie che per le massime.

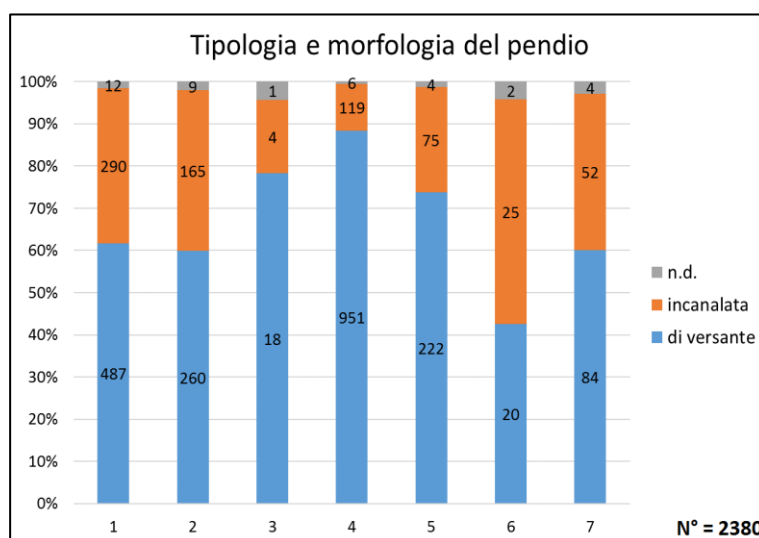
- **Tipologia zona di distacco**

Basandosi la distinzione in categorie (*bosco* e *non bosco*) sull’analisi delle tipologie di soprassuolo delle zone di distacco, in questo caso si andrà a valutare la totalità delle valanghe contenute nel Catasto. Le informazioni relative a “bosco” e “non bosco”, sono infatti estrapolate dai dati sulle tipologie di soprassuolo. In **Figura 3.13** e **Figura 3.14** si evidenziano le categorie di soprassuolo

definite dal Catasto Valanghe. Un'ulteriore distinzione è stata fatta per la morfologia del versante: valanghe *incanalate* e valanghe *di versante*. È importante ricordare che, in base alle schede MOD7, è possibile categorizzare una valanga con più di una tipologia.

MORFOLOGIA	TIPOLOGIA	CODICE	N° VALANGHE
A	Roccia	1	487
	Ghiaione	2	260
	Ghiacciaio	3	18
	Prato/pascolo	4	951
	Arbusteto/ontaneto/mugheto	5	222
	Bosco latifoglie	6	20
	Bosco conifere	7	84
B	Roccia	1	290
	Ghiaione	2	165
	Ghiacciaio	3	4
	Prato/pascolo	4	119
	Arbusteto/ontaneto/mugheto	5	75
	Bosco latifoglie	6	25
	Bosco conifere	7	52
C	Roccia	1	12
	Ghiaione	2	9
	Ghiacciaio	3	1
	Prato/pascolo	4	6
	Arbusteto/ontaneto/mugheto	5	4
	Bosco latifoglie	6	2
	Bosco conifere	7	4
A	di versante		
B	incanalata		
C	n.d.		

**Figura 3.13** – Categorie di soprassuolo riferite alle zone di distacco. Un'ulteriore distinzione è stata fatta in funzione della morfologia del versante (fonte dati ARPAV, 2016a).



**Figura 3.14** – Rappresentazione grafica delle tipologie di soprassuolo con suddivisione in base alla morfologia del pendio. Le categorie sono riportate in classi come da **Figura 3.13**. Riportati in istogramma i valori relativi alla numerosità delle valanghe per classe (fonte dati ARPAV, 2016a).

È interessante notare come i boschi di conifere siano più soggetti a distacchi di valanghe, nonostante svolgano un ruolo protettivo sensibilmente maggiore rispetto ai boschi di latifoglie.

Questo probabilmente è dovuto al fatto che le fasce altitudinali nelle quali si registrano il maggiore numero di valanghe, sono spesso coperti da boschi di conifere.

Per i boschi di conifere si nota un maggiore numero di eventi per valanghe di versante, contrariamente ai boschi di latifoglie. Anche in questo caso la causa si può probabilmente attribuire alle maggiori quote alle quali si verificano le valanghe per i boschi di conifere, quote che rappresentano in sé condizioni stazionali più critiche, che rendono più facile anche il distacco su versante.

- **Tipologie di distacco e di valanga**

Nel definire le tipologie di distacco, di valanga e di moto degli eventi valanghivi, si fa riferimento ai dati catastali. In questo senso vengono presentati i risultati per *tipo di distacco* (Figura 3.15), *tipo di valanga* (Figura 3.16) e *tipo di moto* (Figura 3.17).

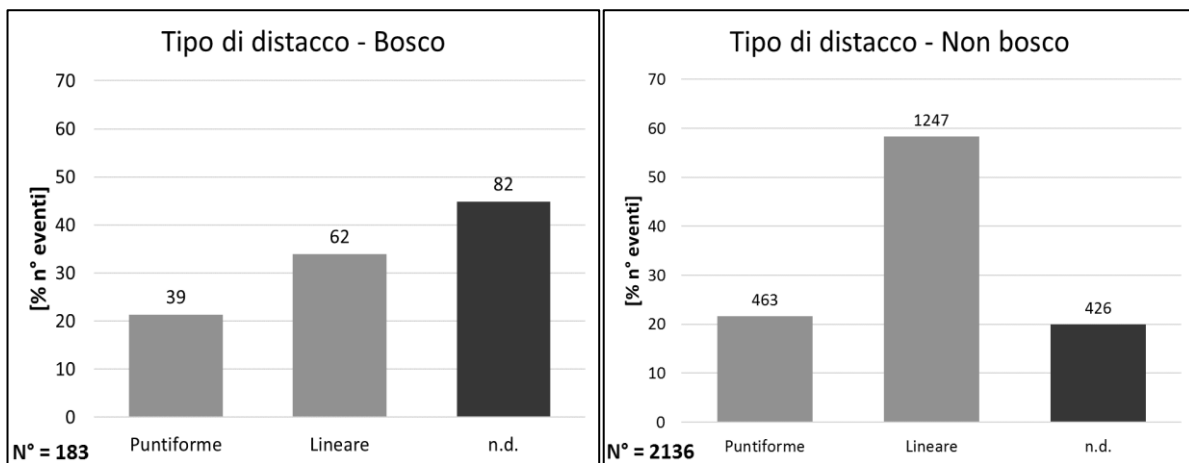


Figura 3.15 – Tipologia di distacco. Riportati in istogramma i valori relativi alla numerosità delle valanghe per classe (fonte dati ARPAV, 2016a).

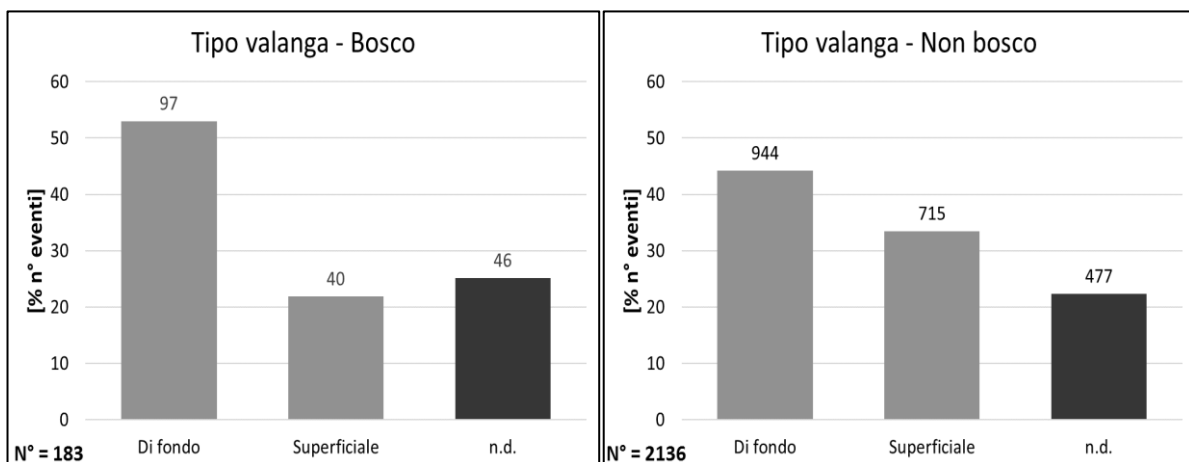
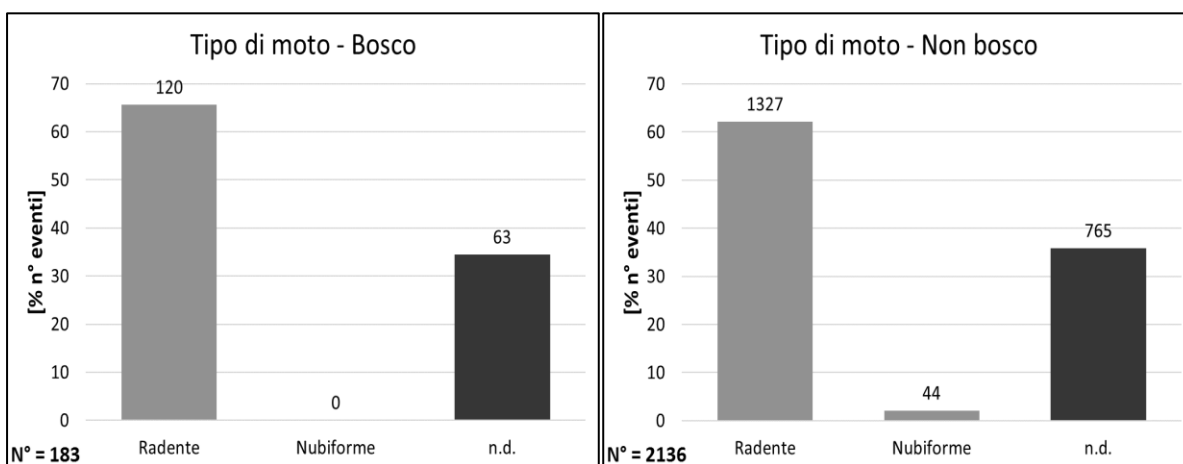


Figura 3.16 – Tipologia di valanga. Riportati in istogramma i valori relativi alla numerosità delle valanghe per classe (fonte dati ARPAV, 2016a).



**Figura 3.17** – Tipologia di moto. Riportati in istogramma i valori relativi alla numerosità delle valanghe per classe (fonte dati ARPAV, 2016a).

In linea di massima sembrano non esserci significative differenze tra le valanghe “in bosco” e in “non bosco”, se non per la tipologia di distacco, che sembra essere prevalentemente lineare per gli eventi in “non bosco”. Le valanghe nubiformi risultano in entrambi i casi quasi assenti.

- **Cause di distacco**

Le classi più rappresentate sono: *notevole rialzo termico, carico di neve fresca e appesantimento da pioggia*.

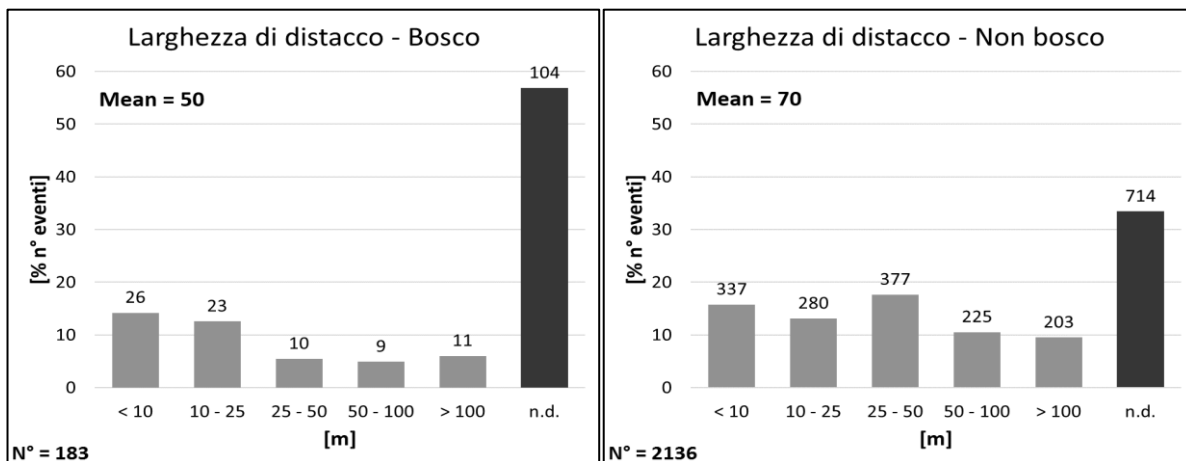
Cause	N° valanghe		%	
	Bosco	Non bosco	Bosco	Non bosco
Sconosciute	3	30	1,1	1,1
Carico da neve fresca	81	905	28,8	34,3
Appesantimento da pioggia	25	205	8,9	7,8
Rialzo termico notevole	97	962	34,5	36,5
Carico da neve ventata	7	197	2,5	7,5
Caduta di cornicioni o massi	1	58	0,4	2,2
Transito di persone	4	127	1,4	4,8
Distacco artificiale	0	9	0,0	0,3
altre	4	53	1,4	2,0
n.d.	59	89	21,0	3,4

**Figura 3.18** – Cause di distacco delle valanghe (fonte dati ARPAV, 2016a).

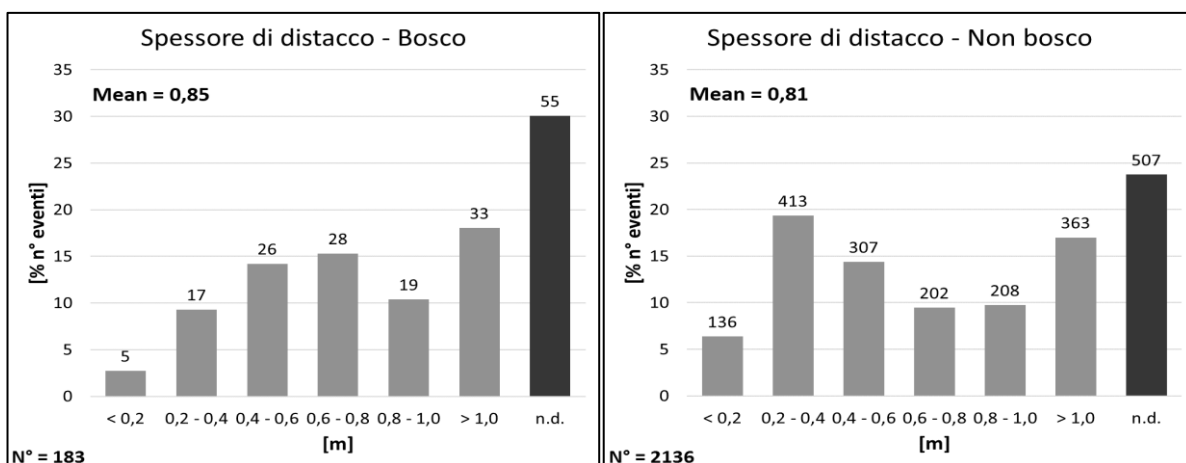
Le tre categorie evidenziate rappresentano da sole il 72,2% delle cause di distacco per le valanghe “in bosco” e il 78,6% per quelle in “non bosco”.

- **Larghezza e spessore di distacco**

Larghezza e spessore di distacco sono dati estrapolati dal database del Catasto Valanghe. I valori di riferimento sono riportati a seguito.



**Figura 3.19** – Tipologia di moto. Riportati in istogramma i valori relativi alla numerosità delle valanghe per classe (fonte dati ARPAV, 2016a).



**Figura 3.20** – Spessori di distacco. Riportati in istogramma i valori relativi alla numerosità delle valanghe per classe (fonte dati ARPAV, 2016a).

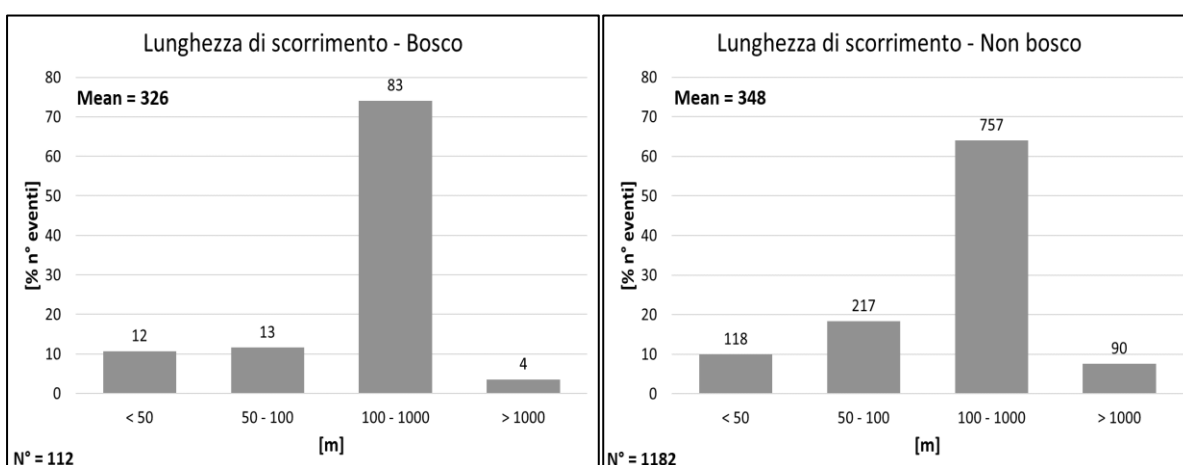
Dai precedenti grafici non si evidenziano particolari differenze tra le valanghe “in bosco” e in “non bosco”. Sembra comunque esserci, per entrambe le categorie, un leggero trend decrescente per quanto riguarda la larghezza di distacco.



- **Lunghezza di scorrimento**

La lunghezza di scorrimento è stata estrapolata dai dati GIS. Sono state individuate 4 classi di ampiezza crescente, in modo tale da definire le dimensioni della valanga, secondo la classificazione proposta da Berretti et al., (2006):

- < 50 m                      scivolamento o scaricamento;
- 50-100 m                    valanga piccola;
- 100-1000 m                valanga media;
- > 1000 m                    valanga grande.

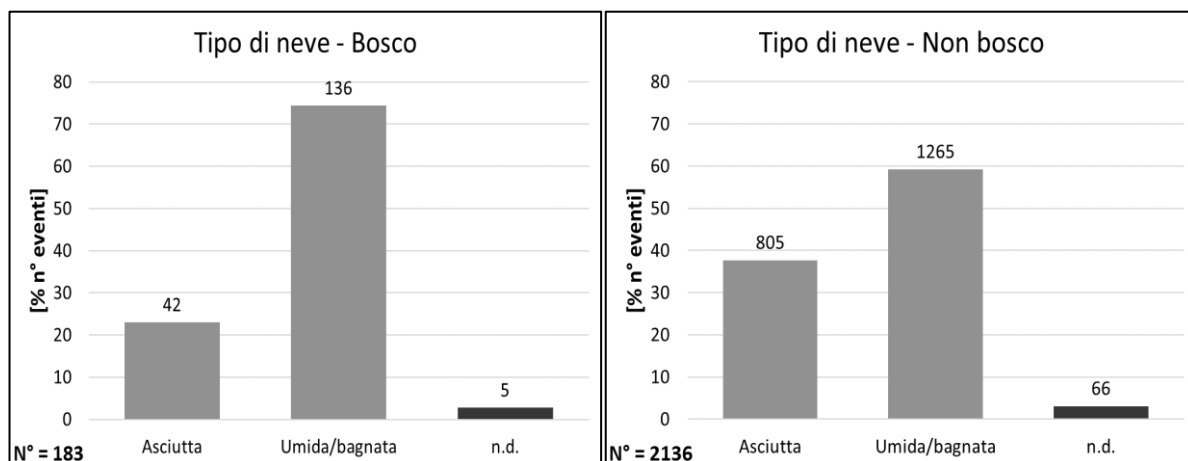


**Figura 3.21** – Lunghezze di scorrimento. Riportati in istogramma i valori relativi alla numerosità delle valanghe per classe (fonte dati elaborazioni GIS).

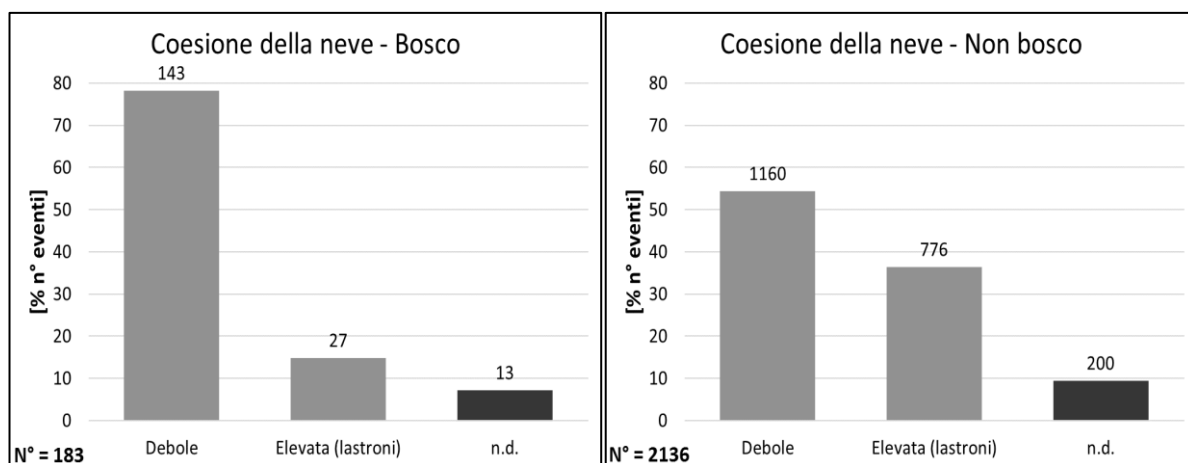
Tendenzialmente la lunghezza di scorrimento non presenta sostanziali differenze tra “bosco” e “non bosco”. Una volta che la massa nevosa è messa in moto la presenza o meno del bosco si dimostra piuttosto irrilevante. Si nota che entrambe le categorie tendono a presentare valanghe di medie dimensioni.

- **Tipologie di neve**

L'analisi sulla tipologia di neve nella zona di distacco ha preso in esame i dati catastali, analizzando: *tipologia di neve e coesione*.



**Figura 3.22** – Tipologia di neve. Riportati in istogramma i valori relativi alla numerosità delle valanghe per classe (fonte dati ARPAV, 2016a).

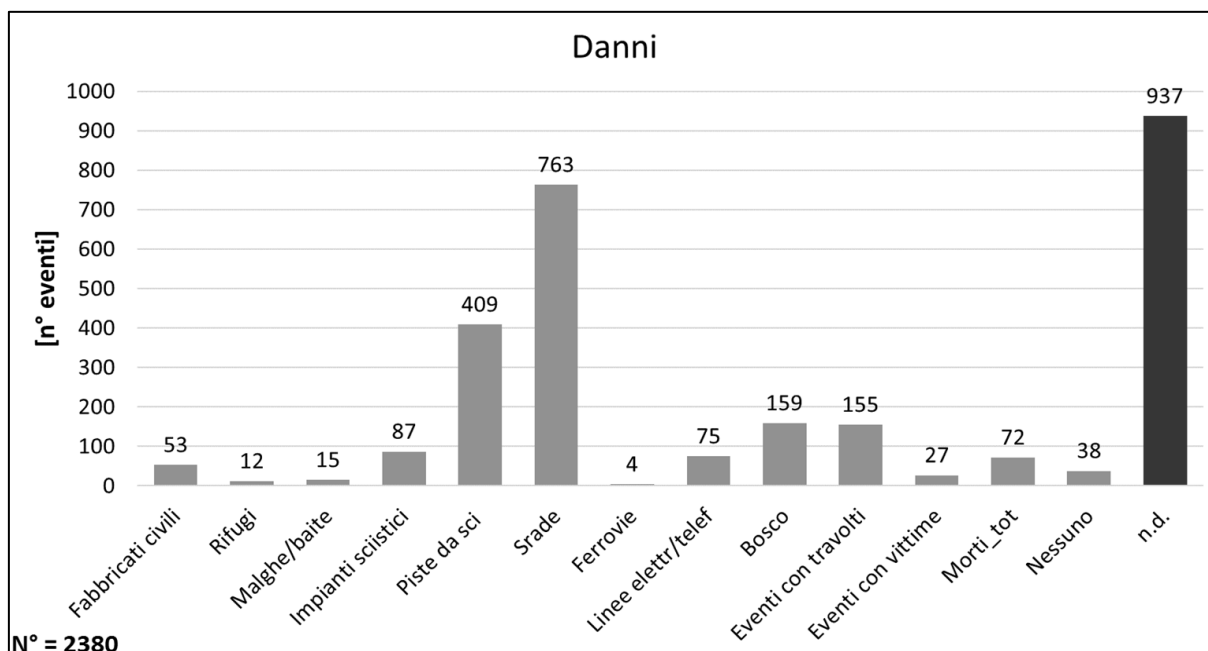


**Figura 3.23** – Coesione della neve. Riportati in istogramma i valori relativi alla numerosità delle valanghe per classe (fonte dati ARPAV, 2016a).

Le valanghe “in bosco”, quando la neve si trova in condizioni critiche, tendono quindi a staccarsi con più facilità rispetto al “non bosco”. Infatti, rispetto a queste ultime, le valanghe “in bosco” si staccano più frequentemente in presenza di neve umida o a scarsa coesione.

- **Danni**

L'analisi dei danni dovuti alle valanghe prende in considerazione la totalità delle valanghe del Catasto, accorpando quindi le categorie "bosco" e "non bosco". È importante ricordare che, in base alle schede MOD7, è possibile categorizzare una valanga con più di una tipologia di danno.



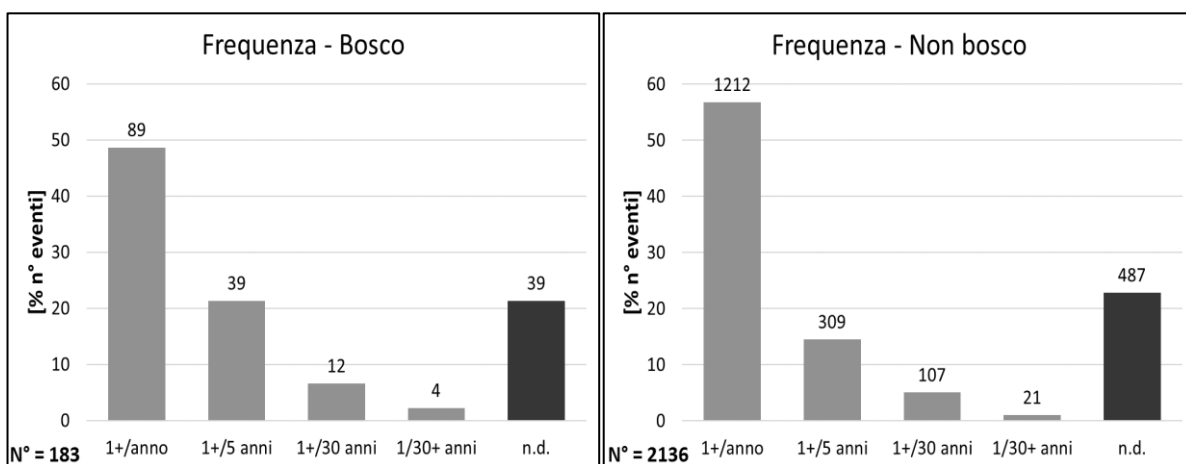
**Figura 3.24** – Danni provocati. Riportati in istogramma i valori relativi alla numerosità delle valanghe per classe (fonte dati ARPAV, 2016a).

I danni maggiori vengono riscontrati alla rete viaria e agli impianti di risalita con relative piste. I danni al bosco risultano invece piuttosto contenuti (5,7%), anche se di fatto risultano la terza tipologia di danno in ordine di importanza.

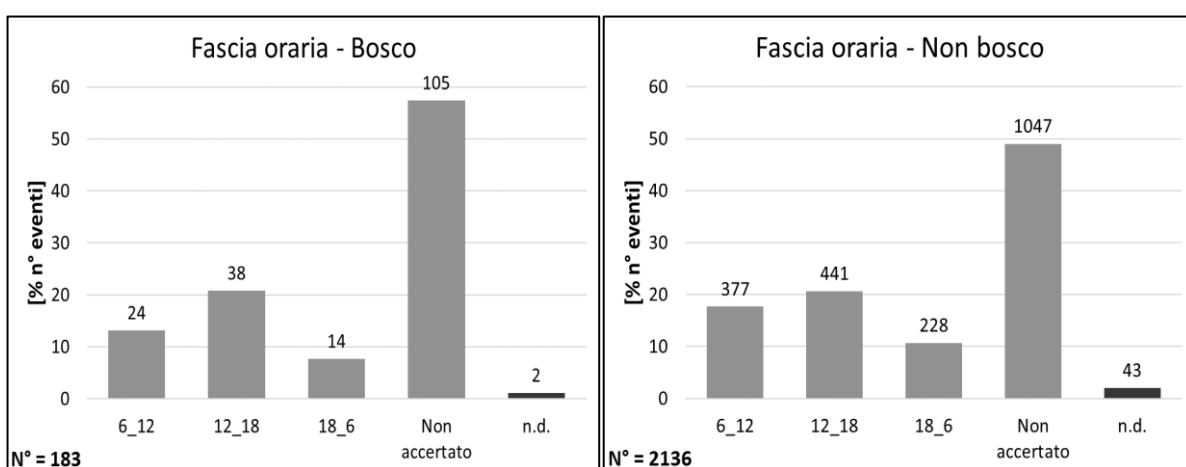
- **Frequenza e orari di distacco**

Nell'analisi delle frequenze e delle fasce orarie di distacco, sono stati presi in esame i dati catastali. La frequenza di distacco esprime il numero di eventi, che si verificano in un determinato periodo di tempo, all'interno dello stesso sito valanghivo di riferimento. Sappiamo infatti che un sito valanghivo viene descritto dai diversi eventi che si verificano in esso nel tempo (*paragrafo 1.6.4. pag. 37*). La frequenza di accadimento viene indicata in funzione di quattro classi:

- *1+/anno*: si verifica almeno un evento all'anno;
- *1+/5 anni*: si verifica almeno un evento ogni 5 anni;
- *1+/30 anni*: si verifica almeno un evento ogni 30 anni;
- *1/30+ anni*: oltre i 30 anni.



**Figura 3.25** – Frequenza eventi valanghivi. Riportati in istogramma i valori relativi alla numerosità delle valanghe per classe (fonte dati ARPAV, 2016a).



**Figura 3.26** – Fasce orarie di distacco. Riportati in istogramma i valori relativi alla numerosità delle valanghe per classe (fonte dati ARPAV, 2016a).

Per quanto riguarda frequenza e fasce orarie di distacco non si riscontrano sostanziali differenze tra “bosco” e “non bosco”. La fascia oraria di maggiore accadimento risulta essere tra le ore 12 e le 18, per entrambe le categorie di soprassuolo.

- **Numeri di eventi annui**

Come già specificato, nell’ottica di analizzare con più dettaglio le dinamiche degli eventi valanghivi in relazione coi rilievi di campo, sono stati riportati i valori relativi al numero di valanghe annue sugli ultimi 10 anni.

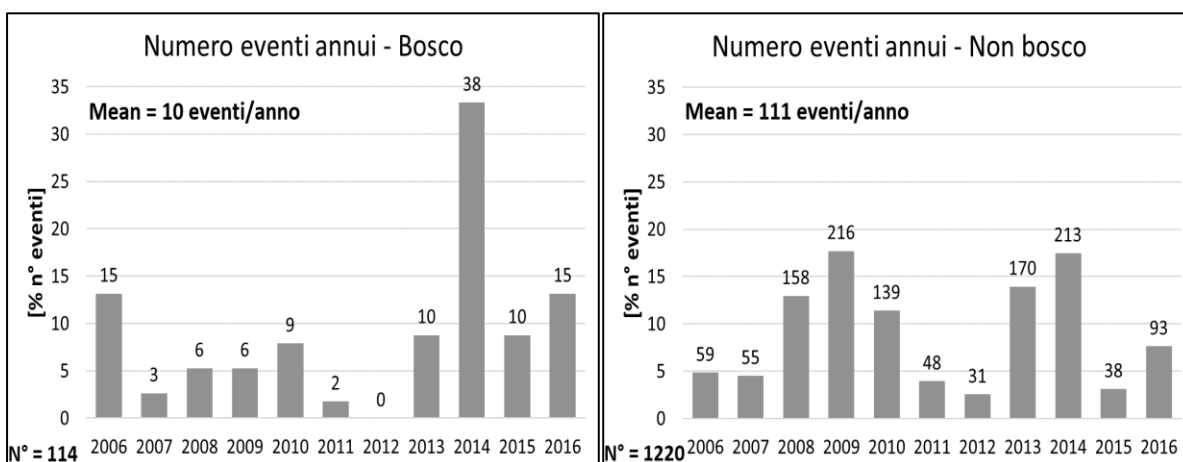


Figura 3.27 – Numero di eventi annui degli ultimi 10 anni. Riportati in istogramma i valori relativi alla numerosità delle valanghe per classe (fonte dati ARPAV, 2016a).

Come già riportato al *paragrafo 3.1. pag. 87*, si evidenzia come gli inverni caratterizzati da una maggiore altezza di neve al suolo presentano anche un maggiore numero di eventi valanghivi. In particolare spicca il dato relativo al numero di valanghe nel 2014 “in bosco”. Questo ad evidenziare come inverni particolarmente nevosi, influiscano sull’aumento della frequenza dei distacchi specialmente in bosco.

- **Caratteristiche zona di deposito**

Per la descrizione delle caratteristiche della zona di deposito vengono prese in considerazione la totalità delle valanghe del Catasto. I dati in merito sono riportati a seguito. È importante ricordare che, in base alle schede MOD7, è possibile categorizzare una valanga con più di una tipologia di zona di accumulo.

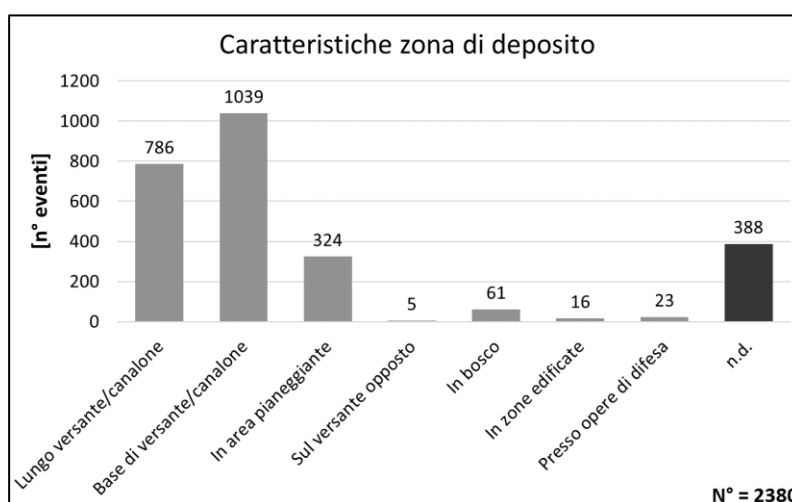
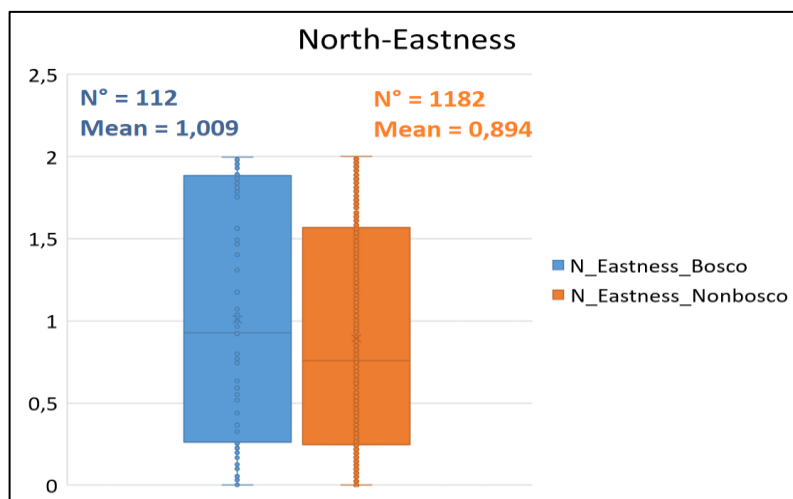


Figura 3.28 – Caratteristiche della zona di deposito. Riportati in istogramma i valori relativi alla numerosità delle valanghe per classe (fonte dati ARPAV, 2016a).

È interessante notare la scarsità di valanghe fermatesi in bosco. Questo a dimostrazione che, una volta innescato il fenomeno gravitativo, il ruolo del bosco nell'opporvi ad esso risulta piuttosto limitato. Inoltre, con buona probabilità, le valanghe fermatesi in bosco corrispondono anche ad eventi caratterizzati da zone di accumulo multiple, come bosco e area pianeggiante, quindi zone già di per sé predisposte all'arresto.

- **North-Eastness**

A partire dai dati di esposizione media per le aree di distacco, ottenuta al GIS grazie alla carta dell'esposizione, è stata applicata la formula indicata al *paragrafo 2.3.1. pag. 65* e calcolato il valore di *North-Eastness*.

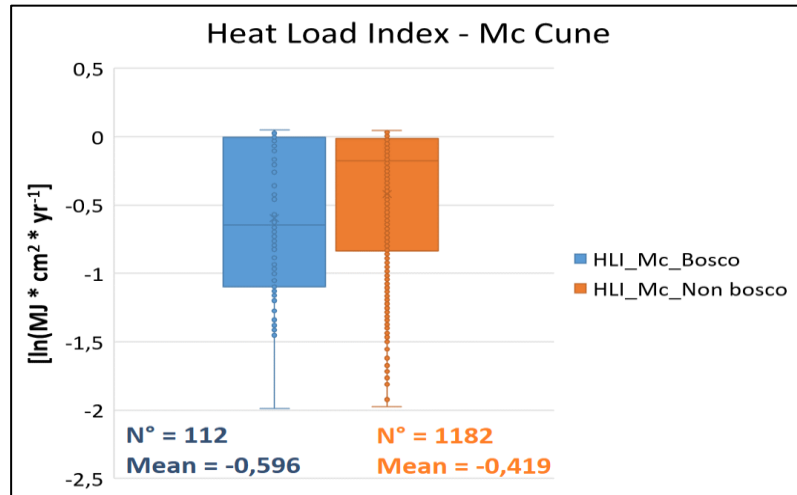


**Figura 3.29** – Valori di North-Eastness Index (fonte dati elaborazioni GIS).

Nonostante l'elevata variabilità dei dati possiamo comunque notare come in media le valanghe "in bosco" si stacchino con esposizioni più prossime al nord-est rispetto alle valanghe in "non bosco". Questi dati, presi in una visione così generale, sono da considerarsi puramente indicativi.

- **Heat Load Index**

Vengono presentati i dati di *Heat Load Index* relativi alle zone di distacco, espressi come valori medi areali.

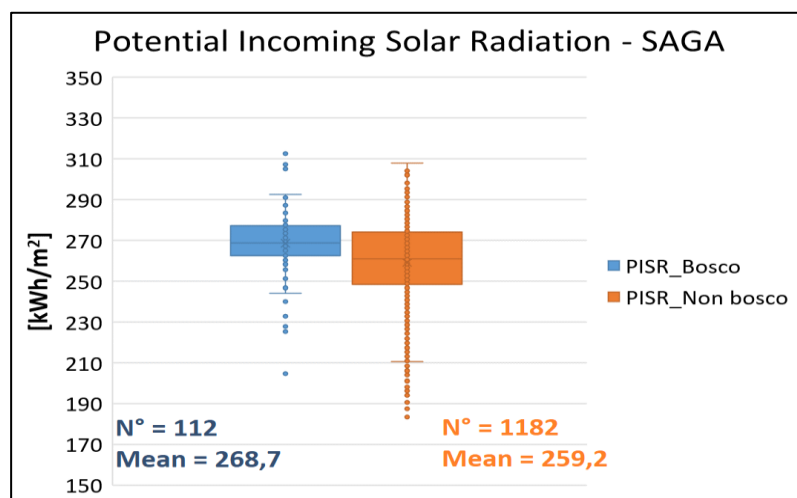


**Figura 3.30** – Valori di Heat Load Index (fonte dati elaborazioni GIS).

Nonostante l'elevata variabilità dei dati, possiamo notare una certa tendenza delle valanghe "in bosco" a staccarsi con valori di insolazione più elevati. Valori più negativi rappresentano infatti maggiore radiazione incidente al suolo. Questi dati, presi in una visione così generale, sono da considerarsi puramente indicativi.

- **Potential Incoming Solar Radiation**

Vengono presentati i dati di *PISR* relativi alle zone di distacco, espressi come valori medi areali.

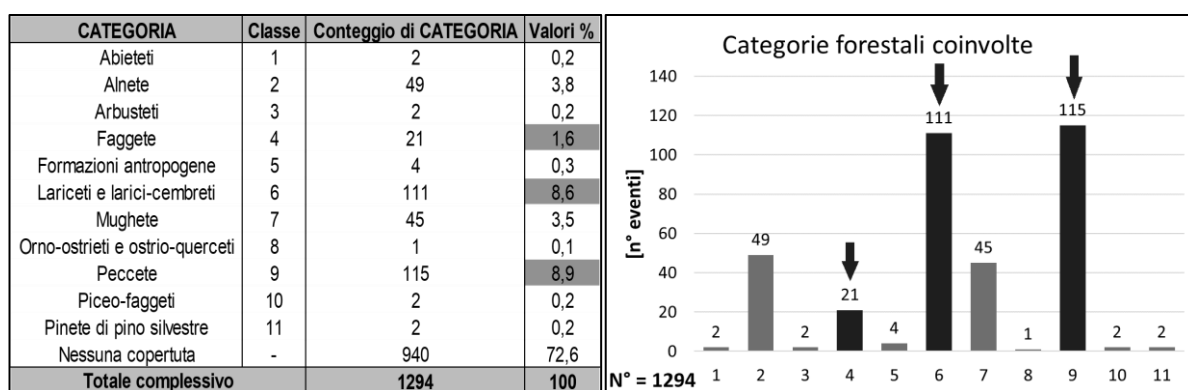


**Figura 3.31** – Valori di Potential Incoming Solar Radiation (fonte dati elaborazioni GIS).

I valori di *PISR* sembrano avvalorare l'ipotesi relative all'*Heat Load Index*, secondo la quale le valanghe in bosco tendono a staccarsi con maggiori valori di irraggiamento al suolo. In questo senso la presenza del bosco probabilmente innalza i valori soglia di irraggiamento per i quali si avrebbe distacco di valanghe fuori copertura.

### 3.2.1. Categorie forestali coinvolte

Vengono ora riportati i dati relativi alle tipologie forestali coinvolte dagli eventi "in bosco".



**Figura 3.32** – Categorie forestali coinvolte. Le categorie sono riportate in classi come da tabella. Riportati in istogramma i valori relativi alla numerosità delle valanghe per classe. Evidenziate con freccia le categorie ad alto fusto maggiormente rappresentate (fonte dati elaborazioni GIS).

Come si può notare, le categorie ad alto fusto maggiormente interessate da eventi valanghivi sono, in ordine di importanza: *Peccete*, *Lariceti e Larici-Cembreti* e *Faggete*. Le faggete in realtà vengono poi escluse da analisi e rilievi di campo in quanto non raggiungono una sufficiente numerosità.

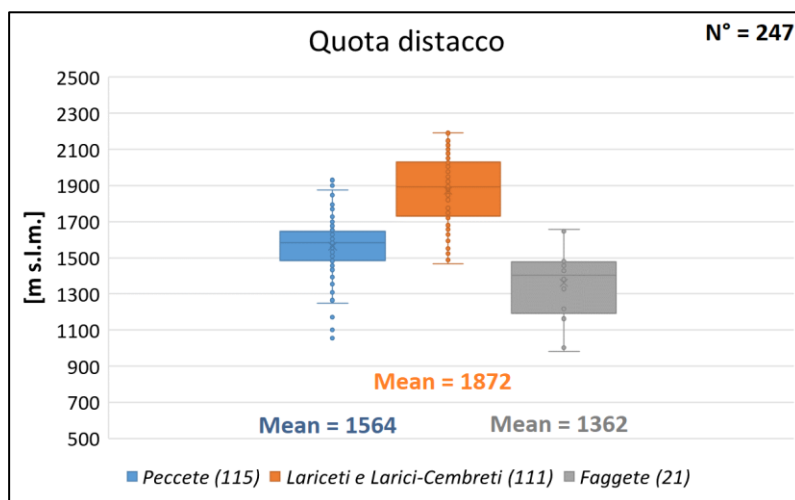
### 3.2.2. Analisi sulle categorie maggiormente rappresentate

Seguendo lo schema di analisi delle valanghe catastali, è stata condotta una simile analisi nell'ottica di indagare eventuali similitudini e differenze nei parametri delle tre categorie ad alto fusto maggiormente rappresentate. Per quanto riguarda i parametri di: tipo di distacco, tipo di valanga, tipo di moto, tipo di neve, coesione, orario, *North-Eastness*, *Heat Load Index* e *Potential Incoming Solar Radiation* non sono state riscontrate sostanziali differenze tra le tre categorie forestali. Per gli altri parametri, i risultati sono riportati a seguito.

In particolare sono stati analizzati 115 eventi per la *Pecceta*, 111 per *Lariceti e Larici-Cembreti* e 21 per la *Faggeta*, per un totale di 247 eventi.



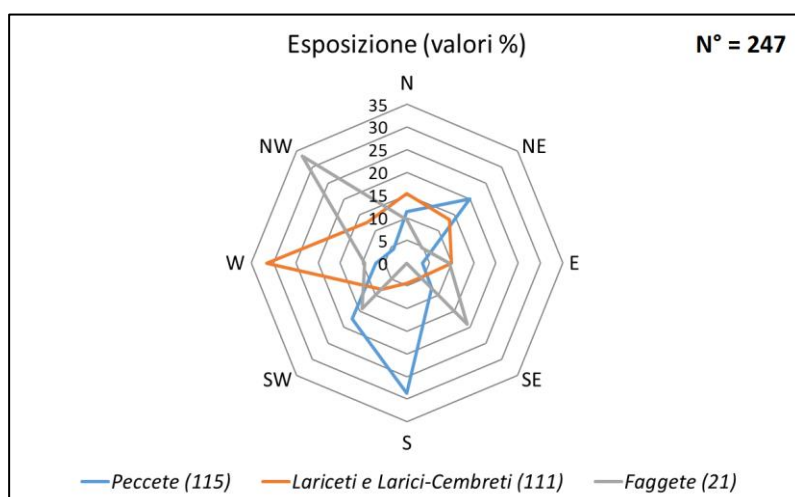
- **Quota**



**Figura 3.33** – Valori delle quote di distacco relative alle tre categorie forestali ad alto fusto maggiormente interessate da eventi valanghivi (fonte dati elaborazioni GIS).

Le quote analizzate rappresentano il valore massimo per ciascuna area di distacco. Possiamo notare come le valanghe si distribuiscano per fasce altitudinali crescenti rispettivamente per *Faggete*, *Peccete* e *Lariceti e Larici-Cembreti*. Questo è semplicemente dovuto alla naturale distribuzione delle categorie forestali per fasce altitudinali.

- **Esposizione**



**Figura 3.34** – Valori percentuali de esposizione di distacco relative alle tre categorie forestali ad alto fusto maggiormente interessate da eventi valanghivi (fonte dati elaborazioni GIS).

L'esposizione rappresenta il valore medio per ciascuna area di distacco. Per permettere una più facile visualizzazione ed un confronto più diretto, sono stati riportati i valori di esposizione in percentuale rispetto alle classi: N, NE, E, SE, S, SW, W, NW.

Si può notare come le valanghe in *Peccete* si distacchino prevalentemente a sud e poco a nord-est, in *Lariceti e Larici-Cembreti* a ovest e su *Faggete* ad esposizioni nord-ovest e poco a sud-est. Probabilmente per le peccete, caratterizzate da una copertura stabile anche in inverno, si necessita di una maggiore radiazione incidente al suolo per il distacco, radiazione che trovano nei versanti esposti a sud.

- **Pendenza media e massima di distacco**

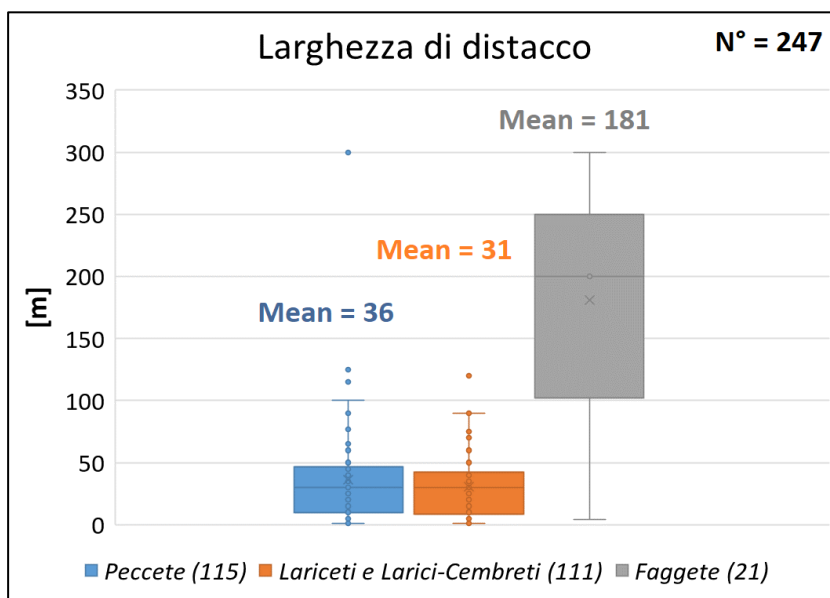
I valori medi e massimi di pendenza vengono rappresentati in forma tabellare.

CATEGORIE	Valori medi	Valori massimi
<i>Peccete</i>	38,22°	41,61°
<i>Lariceti e Larici-Cembreti</i>	38,26°	42,15°
<i>Faggete</i>	42,76°	48,27°

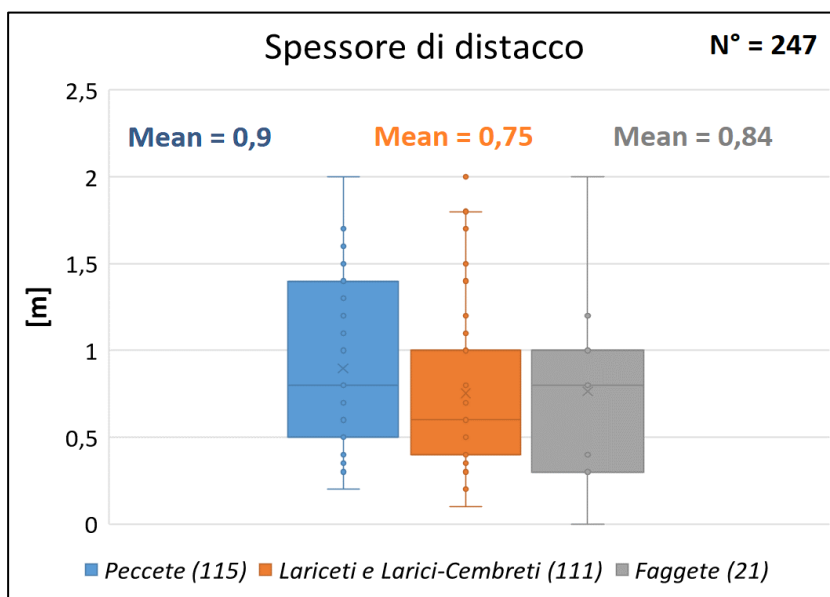
**Figura 3.35** – Pendenze medie e massime relative alla zona di distacco relative alle tre categorie forestali ad alto fusto maggiormente interessate da eventi valanghivi. N° = 247 (fonte dati elaborazioni GIS).

Si può notare come le *Faggete* presentino valori medi e massimi superiori alle altre due categorie, le quali risultano sostanzialmente uguali. Probabilmente le *Faggete*, sviluppandosi a quote più basse con minori altezze di neve al suolo, necessitano di pendenze più elevate per originare un distacco.

- **Larghezza e spessore di distacco**



**Figura 3.36** – Valori di larghezza al distacco relativi alle tre categorie forestali ad alto fusto maggiormente interessate da eventi valanghivi (fonte dati ARPAV, 2016a).



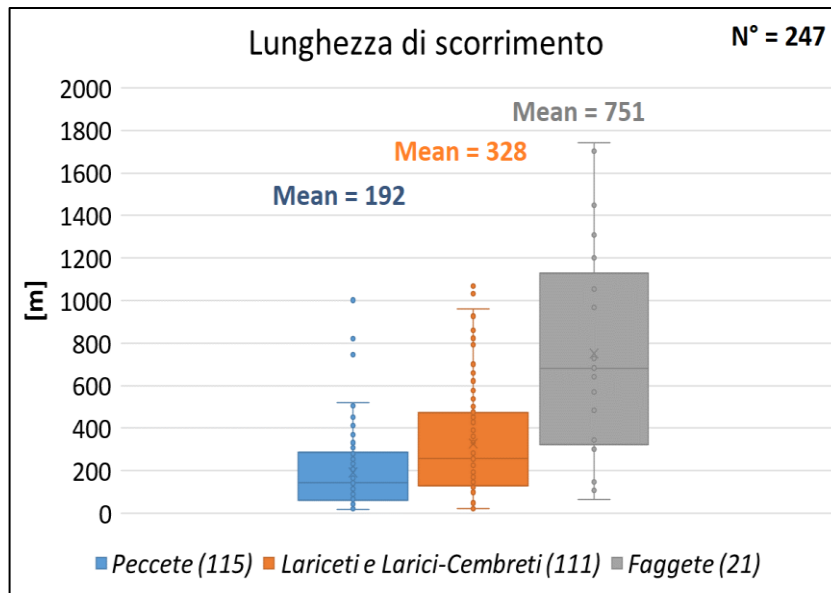
**Figura 3.37** – Valori di spessore al distacco relativi alle tre categorie forestali ad alto fusto maggiormente interessate da eventi valanghivi (fonte dati ARPAV, 2016a).

Larghezza e spessore di distacco fanno riferimento ai dati catastali.

I valori di larghezza al distacco risultano pressoché uguali per *Peccete* e *Lariceti e Larici-Cembreti*, mentre si evidenziano valori sensibilmente maggiori per le *Faggete*. Questo potrebbe essere dovuto alla mancanza di copertura nel periodo invernale e alla presenza di un substrato di scorrimento liscio dovuto alla presenza di lettiera di faggio.

Per quanto riguarda invece lo spessore al distacco non si riscontrano sostanziali differenze, anche se le *Faggete* tendono ad avere valori più bassi, probabilmente a causa di un minore innevamento invernale.

- **Lunghezza di scorrimento**



**Figura 3.38** – Lunghezze di scorrimento relative alle tre categorie forestali ad alto fusto maggiormente interessate da eventi valanghivi (fonte dati elaborazioni GIS).

Si può notare come le distanze di scorrimento per la categoria *Peccete* presentino i valori più bassi. I *Lariceti e Larici-Cembreti* e soprattutto le *Faggete*, riportano invece i valori più alti.

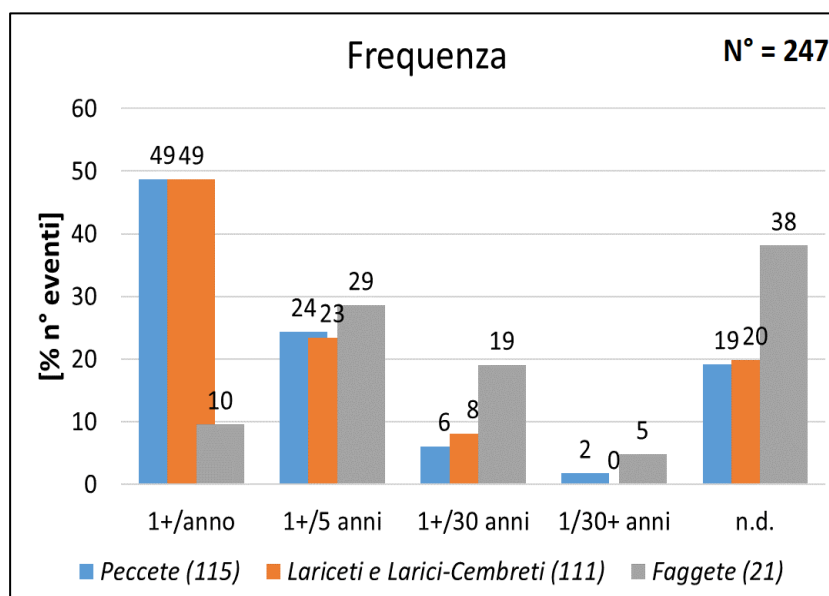
Generando, a seguito della caduta fogliare, un substrato tendenzialmente liscio, i pendii caratterizzati dalla presenza di faggio tendono a dare lunghezze di scorrimento maggiori, favorite anche dalla mancanza di copertura durante il periodo invernale che limita la stabilità del manto nevoso. Anche per i lariceti, la mancanza di copertura nel periodo invernale tende a far venire meno le condizioni di stabilità che si avrebbero sotto copertura, causando distanze di scorrimento potenzialmente maggiori.

- **Frequenza**

Nell'analisi delle frequenze e delle fasce orarie di distacco, sono stati presi in esame i dati catastali. La frequenza di accadimento indica il numero di eventi che si verificano in un certo periodo di tempo all'interno di uno stesso sito valanghivo.

Questa frequenza espressa in funzione di quattro classi:

- *1+/anno*: si verifica almeno un evento all'anno;
- *1+/5 anni*: si verifica almeno un evento ogni 5 anni;
- *1+/30 anni*: si verifica almeno un evento ogni 30 anni;
- *1/30+ anni*: oltre i 30 anni.

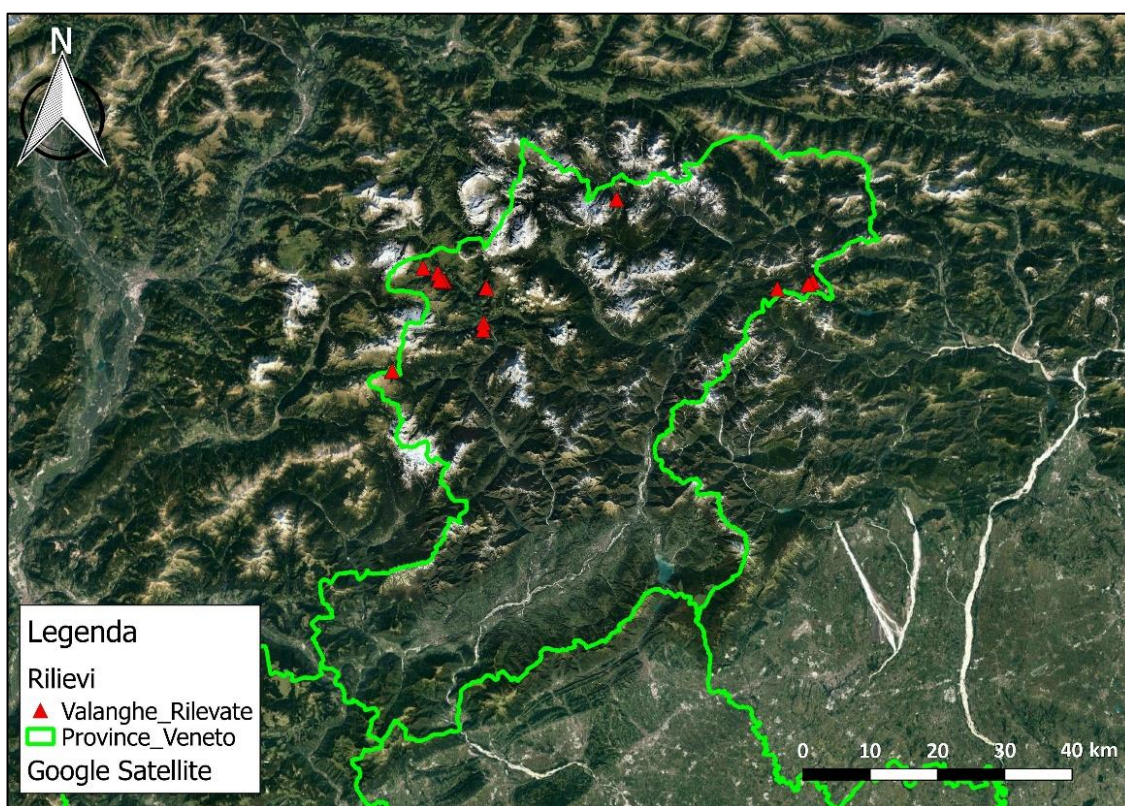


**Figura 3.39** – Dati di frequenza percentuale di distacco relativi alle tre categorie forestali ad alto fusto maggiormente interessate da eventi valanghivi. Riportati in istogramma i valori relativi alla numerosità delle valanghe per classe (fonte dati ARPAV, 2016a).

È interessante notare come *Peccete* e *Lariceti e Larici-Cembreti* seguano un andamento decrescente dalla prima all'ultima classe di frequenza. Le *Faggete* invece sembrano mostrare un andamento più simile ad una gaussiana, registrando un maggiore numero di eventi per la classe di frequenza *1+/5 anni*. Il faggio in genere si sviluppa su fasce altitudinali che possono, in determinati inverni, essere caratterizzate da scarsa o nulla presenza di neve al suolo, e questo fa sì che la frequenza delle valanghe cali anche sensibilmente. Anche la durata di permanenza al suolo del manto nevoso risulta essere più breve a quote più basse. Valanghe a queste quote, relativamente basse, tendono a generarsi solo in concomitanza di inverni particolarmente nevosi che creano, anche alle basse quote, le condizioni favorevoli al distacco. Queste affermazioni potrebbero, almeno in parte, spiegare la distribuzione anomala degli eventi sulle classi di frequenza analizzate.

### 3.3. Valanghe significative

Le attività di campo, svolte tra il 27 luglio e il 10 agosto, hanno portato al rilievo di 21 eventi valanghivi su 30 inizialmente considerati. I 9 eventi mancanti sono stati scartati in campo per motivi o limiti di diversa natura (vedi *paragrafo 2.4. pag. 71*). Dato che per ciascun evento valanghivo sono stati eseguiti i rilievi su un'area di distacco e una di controllo, ne risulta un totale di 42 aree di saggio rilevate in campo. Le 21 valanghe rilevate ricadono complessivamente all'interno di 5 diversi comuni della Provincia di Belluno: Auronzo di Cadore, Falcade, Livinallongo del Col di Lana, Rocca Pietore e Vigo di Cadore (**Figura 3.40**).



**Figura 3.40** – Valanghe rilevate e rispettiva dislocazione geografica (fonte dati elaborazioni GIS).

A seguito delle successive rielaborazioni dei dati di campo, in merito alla classificazione delle aree in funzione delle categorie forestali (*paragrafo 2.8. pag. 82*), vengono individuati:

- 10 eventi per la categoria *Peccete*;
- 11 eventi per la categoria *Lariceti*.

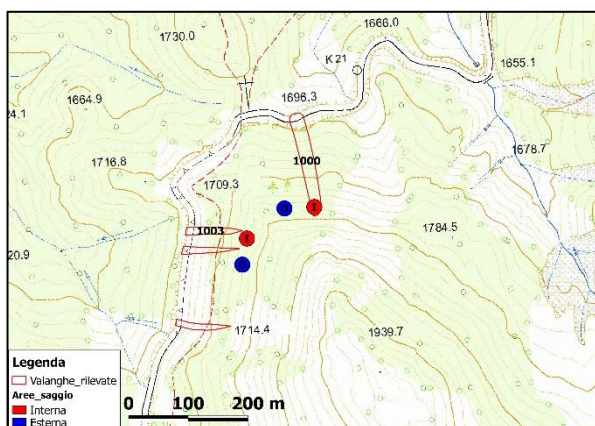
Nelle pagine che seguono sono riportate, area per area, le schede riassuntive per ciascuna valanga significativa e relativo controllo, con l'obiettivo di presentare in modo semplice e schematico i dati rilevati. Per ciascuna scheda vengono riportati i principali dati descrittivi dell'area e i parametri forestali derivati dai dati di campo.

In particolare i dati riportati nelle schede sono:

- Denominazione della valanga;
- Numero identificativo della relativa scheda MOD 7;
- Tipologia di area considerata (distacco/controllo);
- Cartografia di base (CTR) riportante la perimetrazione dell'evento valanghivo e le aree di saggio relative distacco (area rossa) e controllo (area blu). Il supporto cartografico utilizzato è una CTR a colori in scala 1:5000, ottenuta come servizio WMS dal Geoportale della Regione Veneto (Geoportale, 2016c);
- Documentazione fotografica (foto di Carlo Zanrosso);
- Quota rilevata in campo con GPS;
- Pendenza rilevata in campo con TruPulse;
- Esposizione rilevata in campo con TruPulse;
- Anno nel quale si è verificato il distacco (uguale tra distacco e controllo);
- Altezza di neve al suolo al momento del distacco (uguale tra distacco e controllo). Vedi *paragrafo 2.7. pag. 80*;
- Tipologia forestale, in base a quanto riportato al *paragrafo 2.8. pag. 82*;
- Superficie dell'area di saggio;
- Accidentalità;
- Copertura *Totale e Invernale* (*paragrafo 2.6. pag. 80*);
- Composizione specifica con principali dati dendrometrici;
- Elaborazione del popolamento con software SVS (Immagine relativa al prospetto verticale dell'area di saggio dove risultano visibili le chiome, la loro proiezione e la loro occupazione dello spazio);
- Grafico di distribuzione diametrica;
- Grafico di distribuzione delle altezze;
- Area basimetrica;
- Diametro medio;
- Rinnovazione totale;
- Eventuali note di particolare interesse in riferimento all'area di saggio.

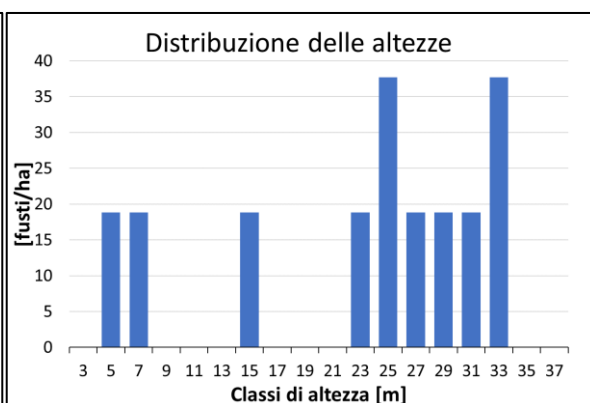
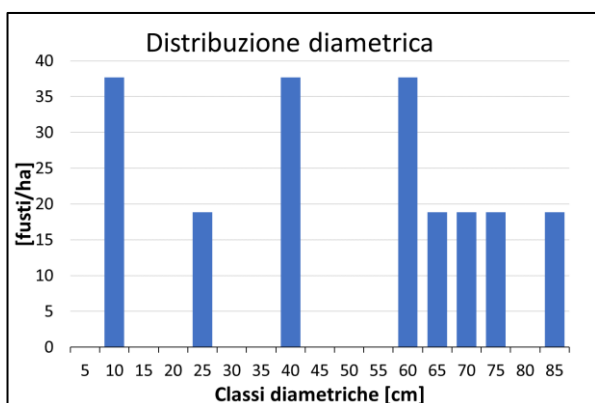
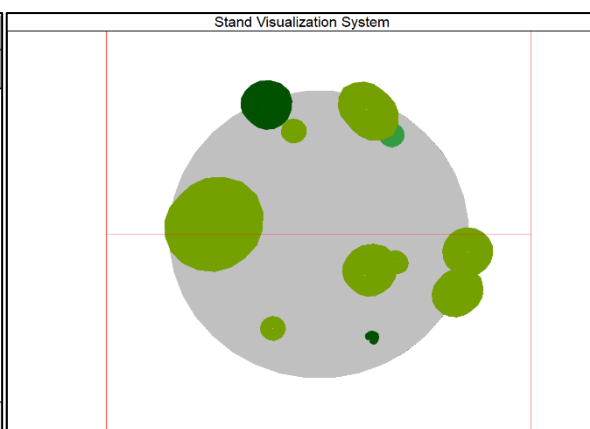


<b>NOME:</b>	SS. 619 km 21,8	<b>ID MOD7:</b>	1000	<b>AREA:</b>	DISTACCO
--------------	-----------------	-----------------	------	--------------	----------



<b>QUOTA:</b>	1782 m s.l.m.	<b>PENDENZA:</b>	37,0°	<b>ESPOSIZIONE:</b>	2,8 °N
<b>ANNO:</b>	2006	<b>H<sub>NEVE</sub>:</b>	82 cm	<b>TIPO<sub>FOR</sub> (PREV):</b>	lariceto
<b>SUPERFICIE:</b>	530,9 m <sup>2</sup>	<b>ACCIDENTALITÀ:</b>	assente	<b>COPERTURA<sub>TOT</sub>:</b>	26%
				<b>COPERTURA<sub>INV</sub>:</b>	0%

COMPOSIZIONE SPECIFICA				
Specie	Presenza %	Fusti/ha	G %	G [m <sup>2</sup> /ha]
<i>Larix decidua</i>	73	151	82,0	41,22
<i>Picea abies</i>	18	38	17,7	8,92
<i>Sorbus aucuparia</i>	9	19	0,2	0,12
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
<b>Totale</b>	<b>100</b>	<b>207</b>	<b>100</b>	<b>50,25</b>

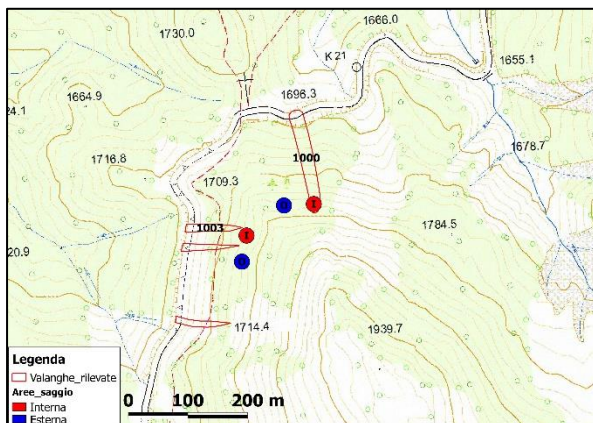


<b>AREA BASIMETRICA:</b>	50,25 m <sup>2</sup> /ha	<b>DIAMETRO<sub>MEDIO</sub>:</b>	49,6 cm	<b>RINN<sub>TOT</sub>:</b>	4314 piante/ha
--------------------------	--------------------------	----------------------------------	---------	----------------------------	----------------

**NOTE:** Abbondante presenza di strato erbaceo liscio.

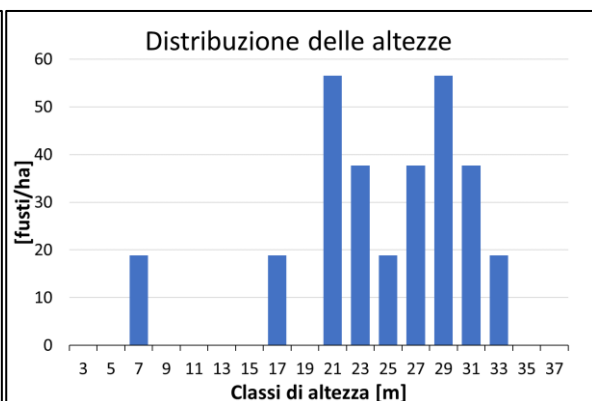
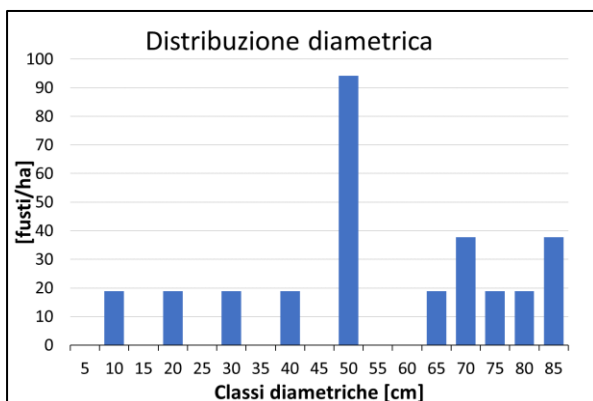
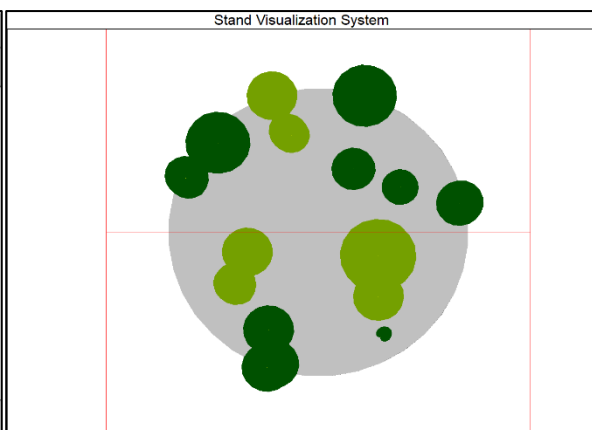


<b>NOME:</b>	SS. 619 km 21,8	<b>ID MOD7:</b>	1000	<b>AREA:</b>	CONTROLLO
--------------	-----------------	-----------------	------	--------------	-----------



<b>QUOTA:</b>	1779 m s.l.m.	<b>PENDENZA:</b>	34,0°	<b>ESPOSIZIONE:</b>	351,0 °N
<b>ANNO:</b>	2006	<b>H<sub>NEVE</sub>:</b>	82 cm	<b>TIPO<sub>FOR</sub> (PREV):</b>	pecceta
<b>SUPERFICIE:</b>	530,9 m <sup>2</sup>	<b>ACCIDENTALITÀ:</b>	assente	<b>COPERTURA<sub>TOT</sub></b>	34%
				<b>COPERTURA<sub>INV</sub></b>	9%

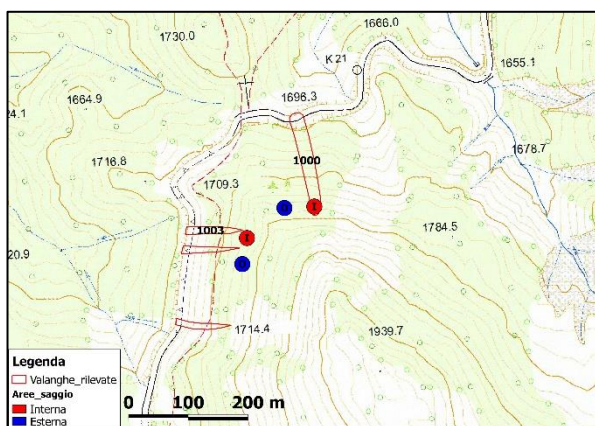
COMPOSIZIONE SPECIFICA				
Specie	Presenza %	Fusti/ha	G %	G [m <sup>2</sup> /ha]
<i>Picea abies</i>	63	188	70,1	58,26
<i>Larix decidua</i>	38	113	29,9	24,87
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
<b>Totale</b>	<b>100</b>	<b>301</b>	<b>100</b>	<b>83,13</b>



<b>AREA BASIMETRICA:</b>	83,13 m <sup>2</sup> /ha	<b>DIAMETRO<sub>MEDIO</sub>:</b>	55,3 cm	<b>RINN<sub>TOT</sub>:</b>	3922 piante/ha
--------------------------	--------------------------	----------------------------------	---------	----------------------------	----------------

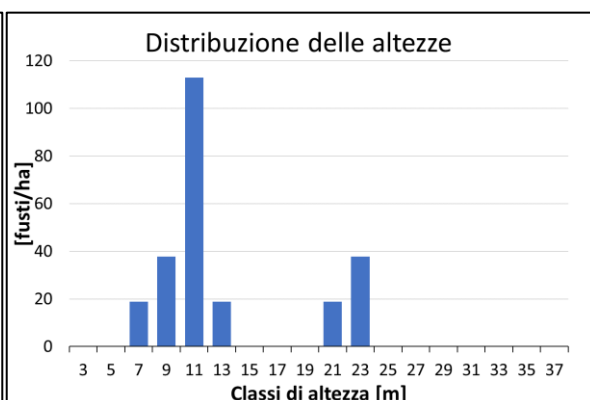
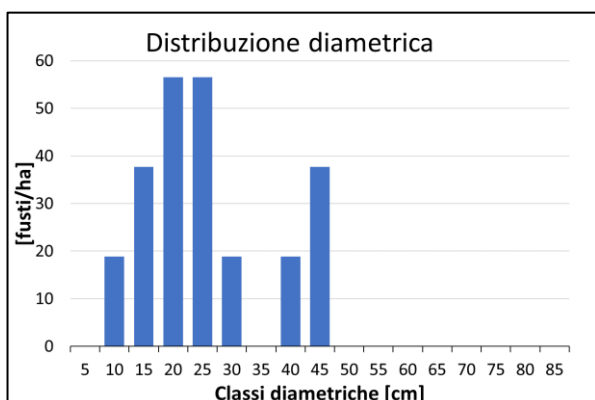
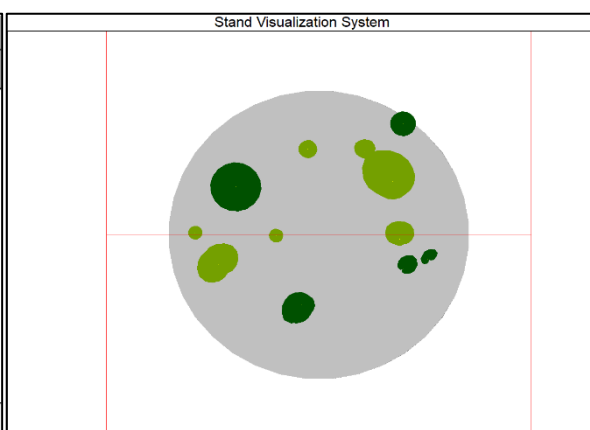
**NOTE:** Abbondante presenza di strato erbaceo liscio. Rinnovazione a gruppi.

<b>NOME:</b>	SS. 619 km 21,1	<b>ID MOD7:</b>	1003	<b>AREA:</b>	DISTACCO
--------------	-----------------	-----------------	------	--------------	----------



<b>QUOTA:</b>	1768 m s.l.m.	<b>PENDENZA:</b>	37,0°	<b>ESPOSIZIONE:</b>	280,0 °N
<b>ANNO:</b>	2006	<b>H<sub>NEVE</sub>:</b>	100 cm	<b>TIPO<sub>FOR</sub> (PREV):</b>	lariceto
<b>SUPERFICIE:</b>	530,9 m <sup>2</sup>	<b>ACCIDENTALITÀ:</b>	assente	<b>COPERTURA<sub>TOT</sub>:</b>	21%
				<b>COPERTURA<sub>INV</sub>:</b>	9%

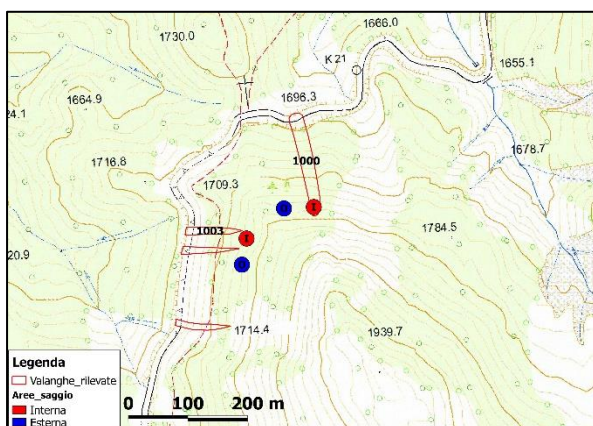
COMPOSIZIONE SPECIFICA				
Specie	Presenza %	Fusti/ha	G %	G [m <sup>2</sup> /ha]
<i>Picea abies</i>	63	188	40,7	5,81
<i>Larix decidua</i>	38	113	59,3	8,45
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
<b>Totale</b>	<b>100</b>	<b>301</b>	<b>100</b>	<b>14,26</b>



<b>AREA BASIMETRICA:</b>	14,26 m <sup>2</sup> /ha	<b>DIAMETRO<sub>MEDIO</sub>:</b>	25,0 cm	<b>RINN<sub>TOT</sub>:</b>	3725 piante/ha
--------------------------	--------------------------	----------------------------------	---------	----------------------------	----------------

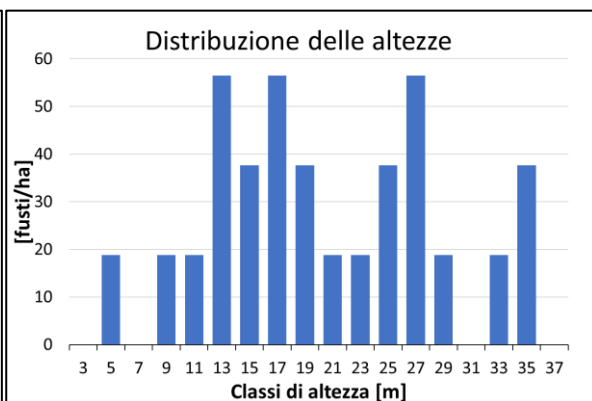
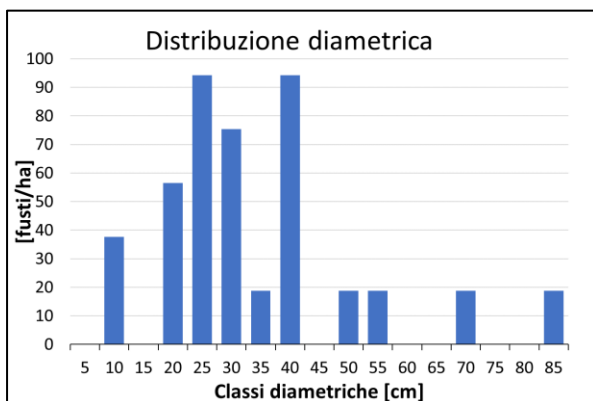
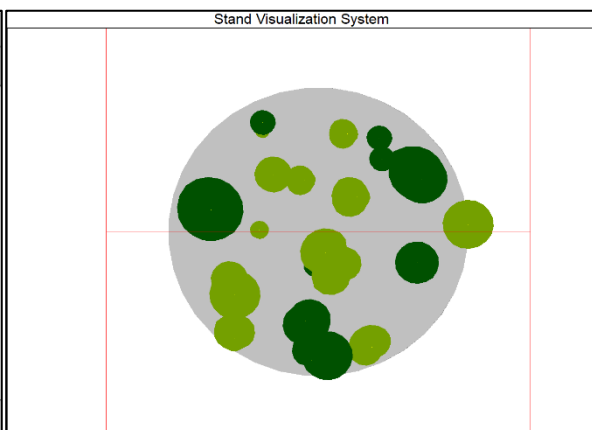
**NOTE:** Abbondante presenza di strato erbaceo liscio.

<b>NOME:</b>	SS. 619 km 21,1	<b>ID MOD7:</b>	1003	<b>AREA:</b>	CONTROLLO
--------------	-----------------	-----------------	------	--------------	-----------



<b>QUOTA:</b>	1780 m s.l.m.	<b>PENDENZA:</b>	35,0°	<b>ESPOSIZIONE:</b>	272,0 °N
<b>ANNO:</b>	2006	<b>H<sub>NEVE</sub>:</b>	100 cm	<b>TIPO<sub>FOR</sub> (PREV):</b>	pecceta
<b>SUPERFICIE:</b>	530,9 m <sup>2</sup>	<b>ACCIDENTALITÀ:</b>	assente	<b>COPERTURA<sub>TOT</sub>:</b>	32%
				<b>COPERTURA<sub>INV</sub>:</b>	14%

COMPOSIZIONE SPECIFICA				
Specie	Presenza %	Fusti/ha	G %	G [m <sup>2</sup> /ha]
<i>Larix decidua</i>	54	245	38,3	19,76
<i>Picea abies</i>	46	207	61,7	31,90
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
<b>Totale</b>	<b>100</b>	<b>452</b>	<b>100</b>	<b>51,66</b>

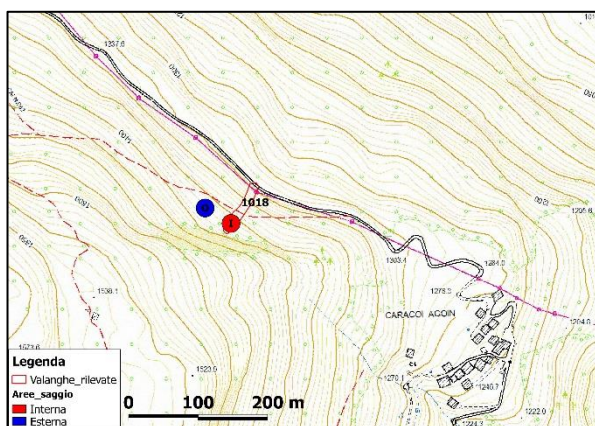


<b>AREA BASIMETRICA:</b>	51,66 m <sup>2</sup> /ha	<b>DIAMETRO<sub>MEDIO</sub>:</b>	34,4 cm	<b>RINN<sub>TOT</sub>:</b>	2745 piante/ha
--------------------------	--------------------------	----------------------------------	---------	----------------------------	----------------

**NOTE:** Abbondante presenza di strato erbaceo liscio.

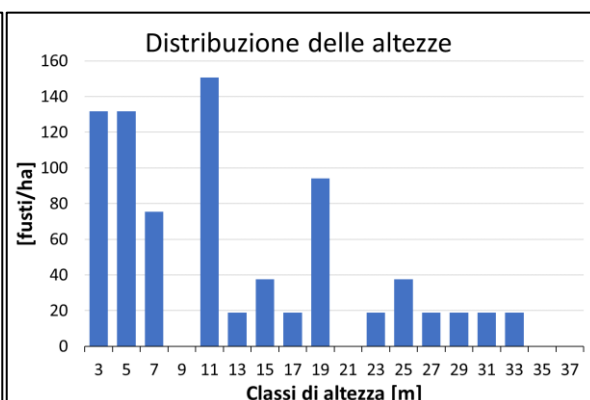
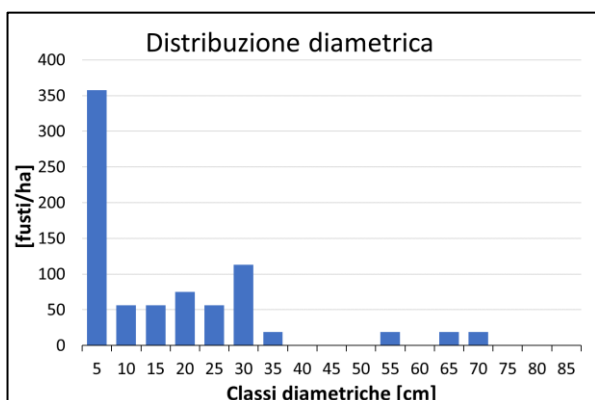
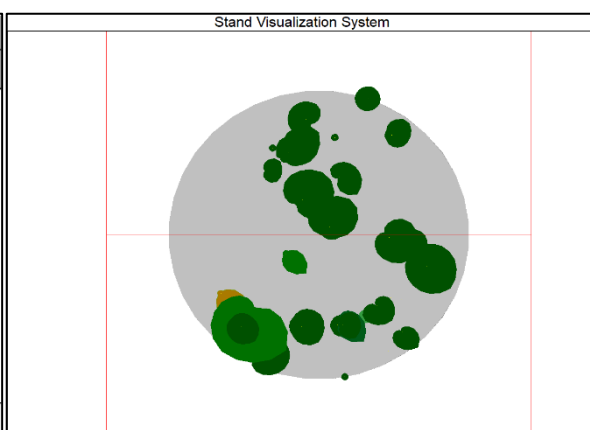


<b>NOME:</b>	Caracoi Agoin	<b>ID MOD7:</b>	1018	<b>AREA:</b>	DISTACCO
--------------	---------------	-----------------	------	--------------	----------



<b>QUOTA:</b>	1366 m s.l.m.	<b>PENDENZA:</b>	39,0°	<b>ESPOSIZIONE:</b>	46,0 °N
<b>ANNO:</b>	2006	<b>H<sub>NEVE</sub>:</b>	100 cm	<b>TIPO<sub>FOR</sub> (PREV):</b>	pecceta
<b>SUPERFICIE:</b>	530,9 m <sup>2</sup>	<b>ACCIDENTALITÀ:</b>	> 50%	<b>COPERTURA<sub>TOT</sub>:</b>	45%
				<b>COPERTURA<sub>INV</sub>:</b>	44%

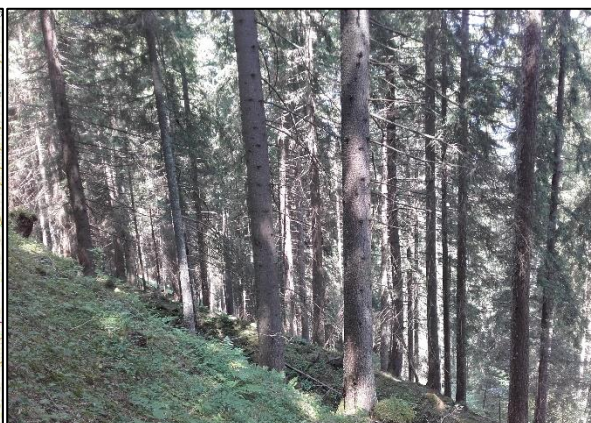
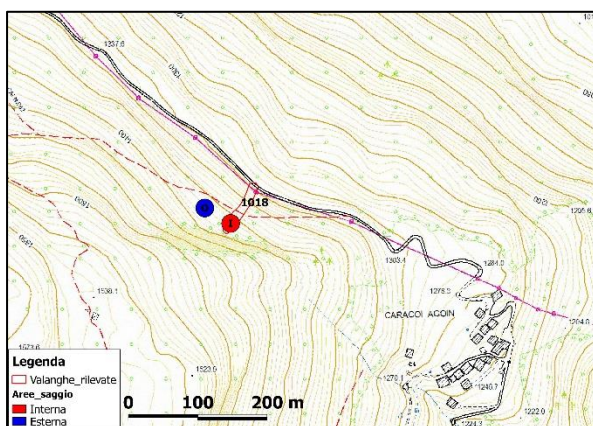
COMPOSIZIONE SPECIFICA				
Specie	Presenza %	Fusti/ha	G %	G [m <sup>2</sup> /ha]
<i>Picea abies</i>	76	603	97,5	34,66
<i>Corylus avellana</i>	10	75	0,4	0,15
<i>Fagus sylvatica</i>	10	75	1,8	0,64
<i>Salix caprea</i>	2	19	0,2	0,07
<i>Sorbus aucuparia</i>	2	19	0,1	0,04
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
<b>Totale</b>	<b>100</b>	<b>791</b>	<b>100</b>	<b>35,56</b>



<b>AREA BASIMETRICA:</b>	35,56 m <sup>2</sup> /ha	<b>DIAMETRO<sub>MEDIO</sub>:</b>	17,6 cm	<b>RINN<sub>TOT</sub>:</b>	5686 piante/ha
--------------------------	--------------------------	----------------------------------	---------	----------------------------	----------------

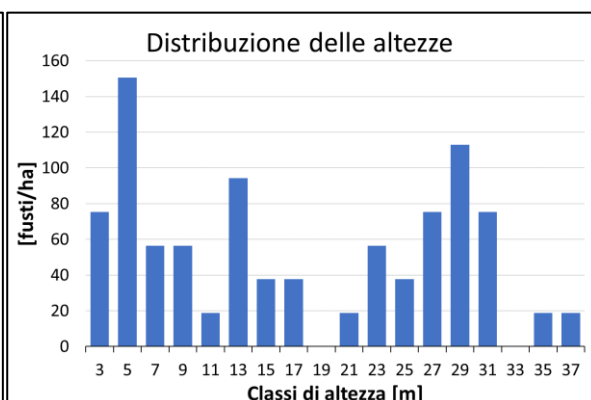
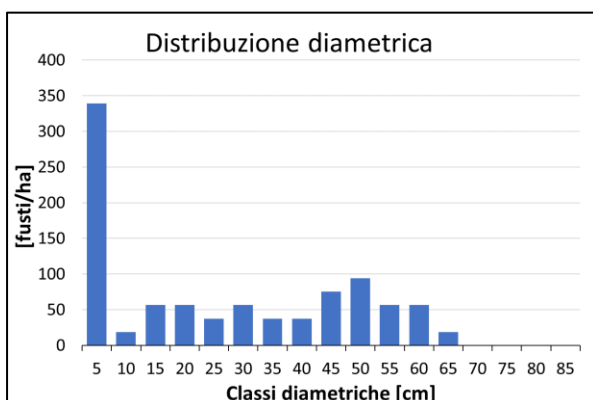
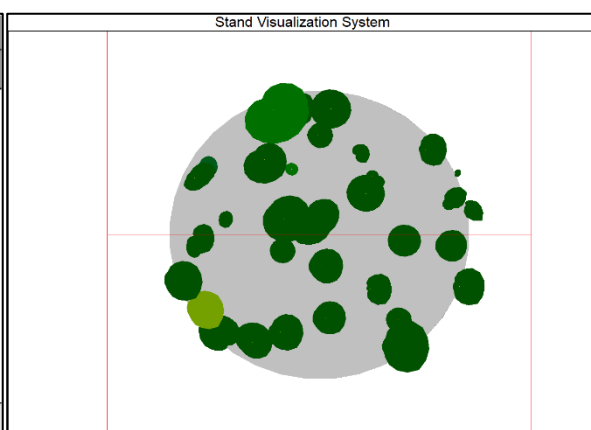
**NOTE:** Presenza di substrato abbondantemente pietroso coperto da folto strato erbaceo. Salto di roccia a monte della zona di distacco. Diffuse galle da *Sacchiphantes viridis* su *Picea abies*.

<b>NOME:</b>	Caracoi Agoin	<b>ID MOD7:</b>	1018	<b>AREA:</b>	CONTROLLO
--------------	---------------	-----------------	------	--------------	-----------



<b>QUOTA:</b>	1387 m s.l.m.	<b>PENDENZA:</b>	37,0°	<b>ESPOSIZIONE:</b>	45,0 °N
<b>ANNO:</b>	2006	<b>H<sub>NEVE</sub>:</b>	100 cm	<b>TIPO<sub>FOR</sub> (PREV):</b>	pecceta
<b>SUPERFICIE:</b>	530,9 m <sup>2</sup>	<b>ACCIDENTALITÀ:</b>	< 50%	<b>COPERTURA<sub>TOT</sub>:</b>	40%
				<b>COPERTURA<sub>INV</sub>:</b>	39%

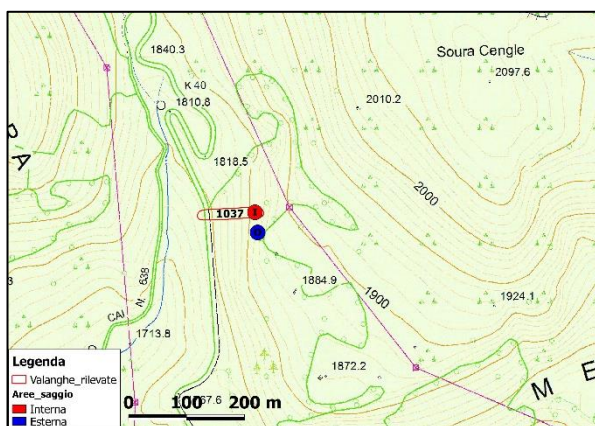
COMPOSIZIONE SPECIFICA				
Specie	Presenza %	Fusti/ha	G %	G [m <sup>2</sup> /ha]
<i>Picea abies</i>	82	772	94,2	78,37
<i>Corylus avellana</i>	10	94	0,2	0,21
<i>Fagus sylvatica</i>	4	38	1,7	1,45
<i>Larix decidua</i>	2	19	3,8	3,13
<i>Sorbus aucuparia</i>	2	19	0,1	0,07
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
<b>Totale</b>	<b>100</b>	<b>942</b>	<b>100</b>	<b>83,22</b>



<b>AREA BASIMETRICA:</b>	83,22 m <sup>2</sup> /ha	<b>DIAMETRO<sub>MEDIO</sub>:</b>	26,7 cm	<b>RINN<sub>TOT</sub>:</b>	41.961 piante/ha
--------------------------	--------------------------	----------------------------------	---------	----------------------------	------------------

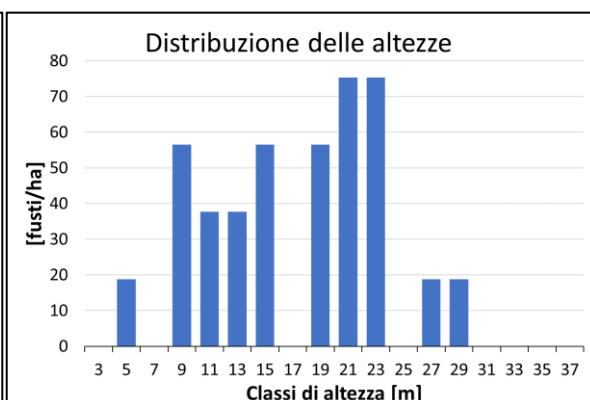
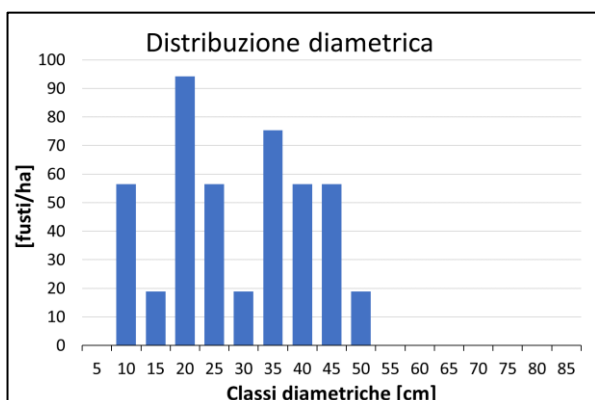
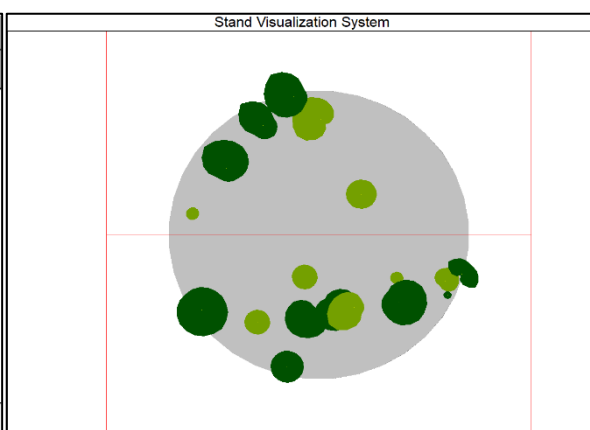
**NOTE:** Evidenti tagli particellari non recenti (15/20 anni). Salto di roccia a monte dell'area di saggio. Diffuse galle da *Sacchiphantes viridis* su *Picea abies*.

<b>NOME:</b>	Soura Cengle 3	<b>ID MOD7:</b>	1037	<b>AREA:</b>	DISTACCO
--------------	----------------	-----------------	------	--------------	----------



<b>QUOTA:</b>	1869 m s.l.m.	<b>PENDENZA:</b>	35,0°	<b>ESPOSIZIONE:</b>	260,0 °N
<b>ANNO:</b>	2006	<b>H<sub>NEVE</sub>:</b>	100 cm	<b>TIPO<sub>FOR</sub> (PREV):</b>	pecceta
<b>SUPERFICIE:</b>	530,9 m <sup>2</sup>	<b>ACCIDENTALITÀ:</b>	assente	<b>COPERTURA<sub>TOT</sub>:</b>	16%
				<b>COPERTURA<sub>INV</sub>:</b>	12%

COMPOSIZIONE SPECIFICA				
Specie	Presenza %	Fusti/ha	G %	G [m <sup>2</sup> /ha]
<i>Picea abies</i>	67	301	78,4	26,42
<i>Larix decidua</i>	33	151	21,6	7,28
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
<b>Totale</b>	<b>100</b>	<b>452</b>	<b>100</b>	<b>33,70</b>

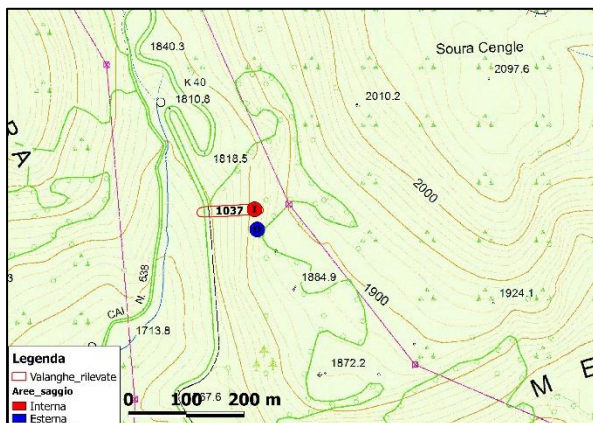


<b>AREA BASIMETRICA:</b>	33,70 m <sup>2</sup> /ha	<b>DIAMETRO<sub>MEDIO</sub>:</b>	28,5 cm	<b>RINN<sub>TOT</sub>:</b>	20.980 piante/ha
--------------------------	--------------------------	----------------------------------	---------	----------------------------	------------------

**NOTE:** Forte strato arbustivo a *Rubus idaeus*. Fitta copertura erbacea.

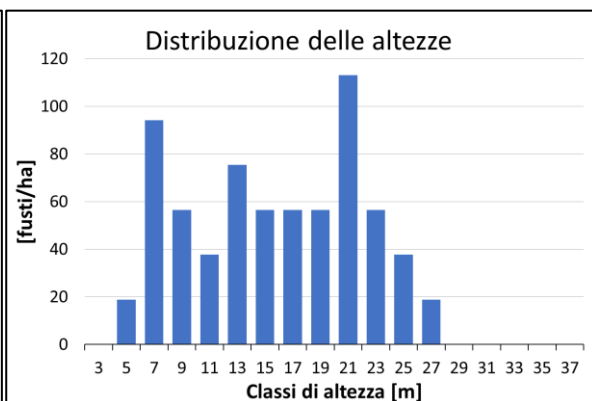
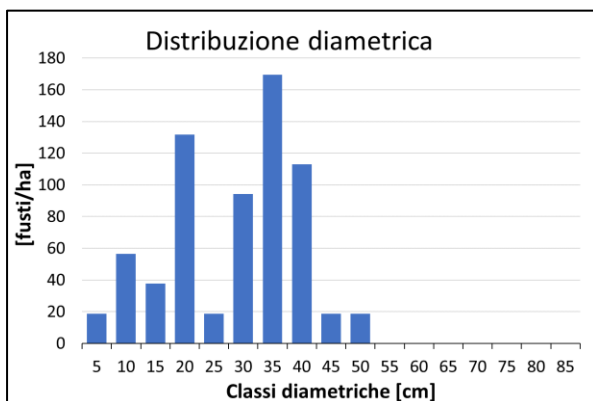
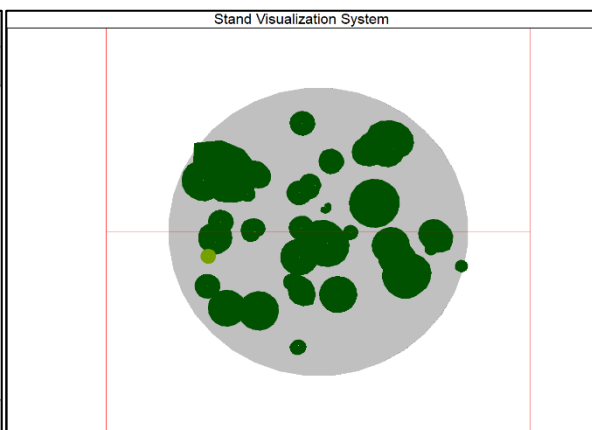


<b>NOME:</b>	Soura Cengle 3	<b>ID MOD7:</b>	1037	<b>AREA:</b>	CONTROLLO
--------------	----------------	-----------------	------	--------------	-----------



<b>QUOTA:</b>	1868 m s.l.m.	<b>PENDENZA:</b>	34,0°	<b>ESPOSIZIONE:</b>	285,0 °N
<b>ANNO:</b>	2006	<b>H<sub>NEVE</sub>:</b>	100 cm	<b>TIPO<sub>FOR</sub> (PREV):</b>	pecceta
<b>SUPERFICIE:</b>	530,9 m <sup>2</sup>	<b>ACCIDENTALITÀ:</b>	< 50%	<b>COPERTURA<sub>TOT</sub>:</b>	40%
				<b>COPERTURA<sub>INV</sub>:</b>	40%

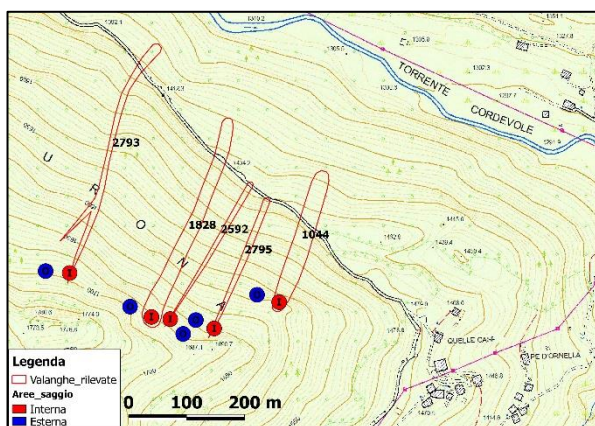
COMPOSIZIONE SPECIFICA				
Specie	Presenza %	Fusti/ha	G %	G [m <sup>2</sup> /ha]
<i>Picea abies</i>	94	640	95,9	48,23
<i>Larix decidua</i>	6	38	4,1	2,05
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
<b>Totale</b>	<b>100</b>	<b>678</b>	<b>100</b>	<b>50,28</b>



<b>AREA BASIMETRICA:</b>	50,28 m <sup>2</sup> /ha	<b>DIAMETRO<sub>MEDIO</sub>:</b>	28,8 cm	<b>RINN<sub>TOT</sub>:</b>	66.471 piante/ha
--------------------------	--------------------------	----------------------------------	---------	----------------------------	------------------

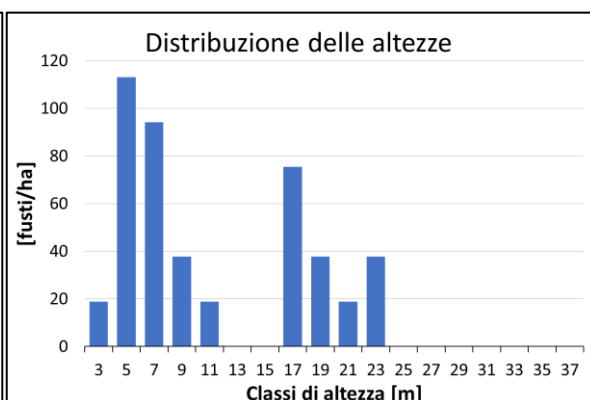
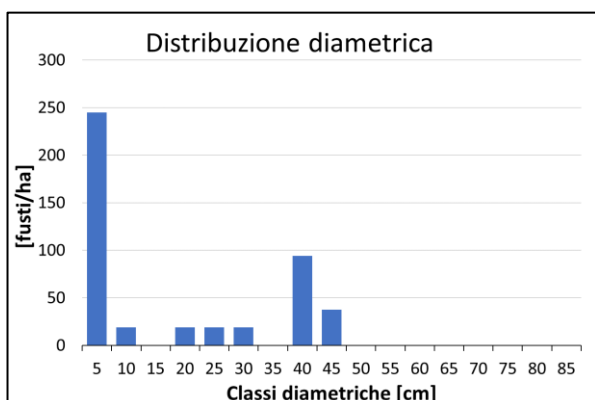
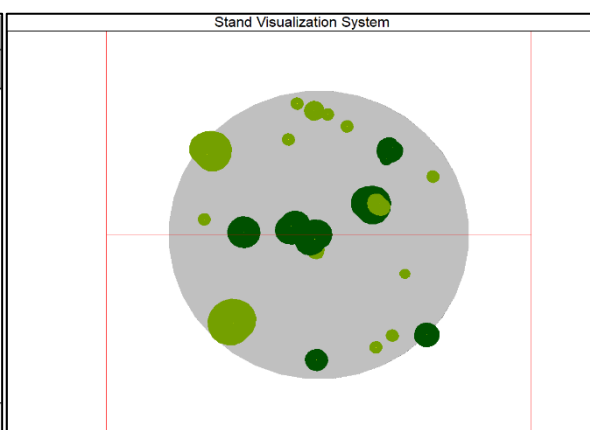
**NOTE:** Bosco fitto con buona copertura.

<b>NOME:</b>	Bosco d'Aurona 9	<b>ID MOD7:</b>	1044	<b>AREA:</b>	DISTACCO
--------------	------------------	-----------------	------	--------------	----------



<b>QUOTA:</b>	1622 m s.l.m.	<b>PENDENZA:</b>	48,0°	<b>ESPOSIZIONE:</b>	358,0 °N
<b>ANNO:</b>	2006	<b>H<sub>NEVE</sub>:</b>	100 cm	<b>TIPO<sub>FOR</sub> (PREV):</b>	pecceta
<b>SUPERFICIE:</b>	530,9 m <sup>2</sup>	<b>ACCIDENTALITÀ:</b>	assente	<b>COPERTURA<sub>TOT</sub>:</b>	16%
				<b>COPERTURA<sub>INV</sub>:</b>	15%

COMPOSIZIONE SPECIFICA				
Specie	Presenza %	Fusti/ha	G %	G [m <sup>2</sup> /ha]
<i>Larix decidua</i>	58	264	37,0	7,48
<i>Picea abies</i>	42	188	63,0	12,73
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
<b>Totale</b>	<b>100</b>	<b>452</b>	<b>100</b>	<b>20,22</b>

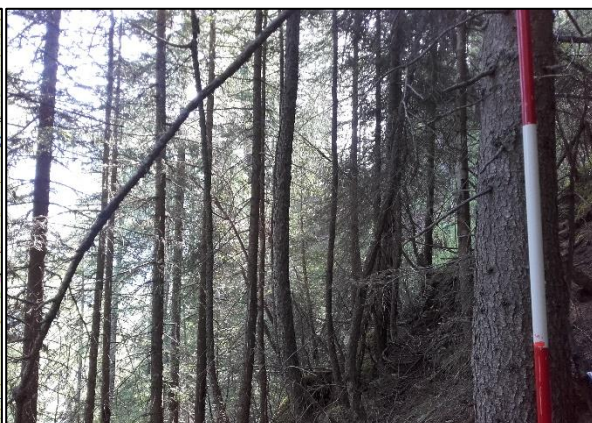
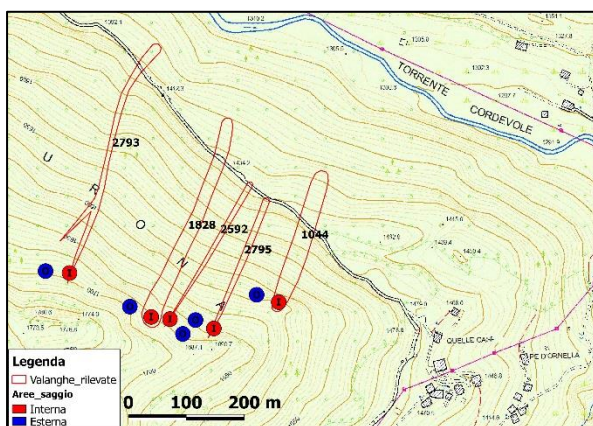


<b>AREA BASIMETRICA:</b>	20,22 m <sup>2</sup> /ha	<b>DIAMETRO<sub>MEDIO</sub>:</b>	18,0 cm	<b>RINN<sub>TOT</sub>:</b>	13.333 piante/ha
--------------------------	--------------------------	----------------------------------	---------	----------------------------	------------------

**NOTE:** Salto di roccia a monte della zona di distacco.

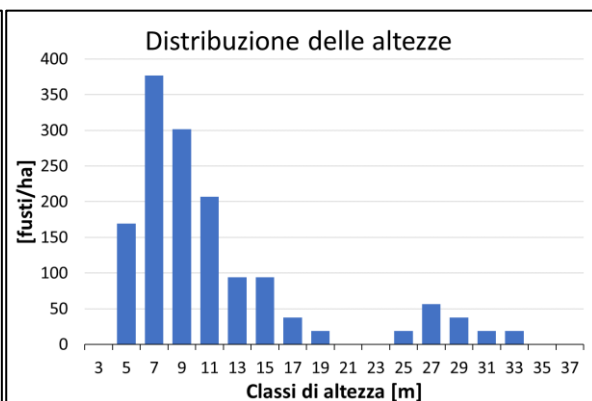
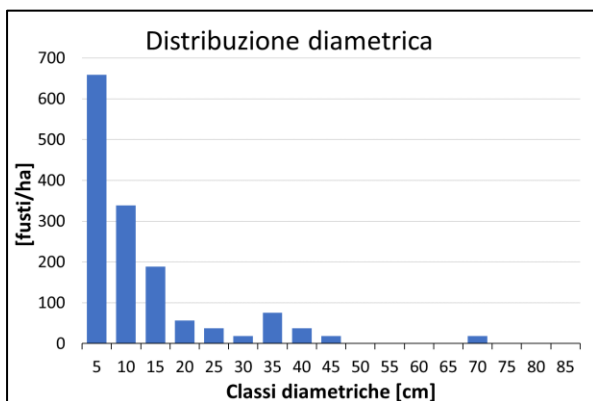
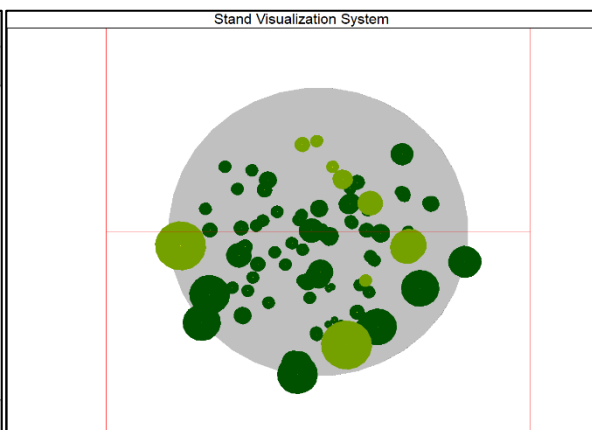


<b>NOME:</b>	Bosco d'Aurona 9	<b>ID MOD7:</b>	1044	<b>AREA:</b>	CONTROLLO
--------------	------------------	-----------------	------	--------------	-----------



<b>QUOTA:</b>	1621 m s.l.m.	<b>PENDENZA:</b>	41,0°	<b>ESPOSIZIONE:</b>	4,8 °N
<b>ANNO:</b>	2006	<b>H<sub>NEVE</sub>:</b>	100 cm	<b>TIPO<sub>FOR</sub> (PREV):</b>	pecceta
<b>SUPERFICIE:</b>	530,9 m <sup>2</sup>	<b>ACCIDENTALITÀ:</b>	< 50%	<b>COPERTURA<sub>TOT</sub>:</b>	31%
				<b>COPERTURA<sub>INV</sub>:</b>	25%

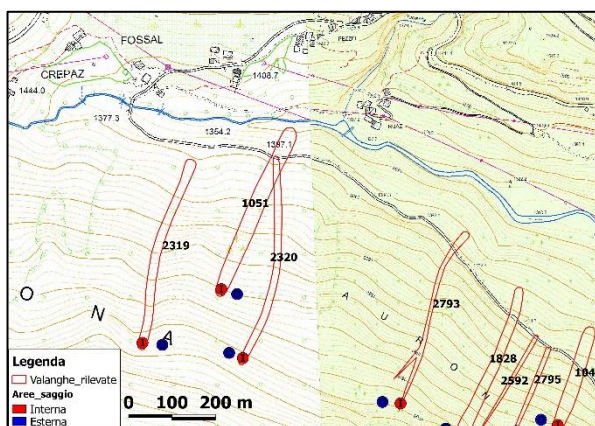
COMPOSIZIONE SPECIFICA				
Specie	Presenza %	Fusti/ha	G %	G [m <sup>2</sup> /ha]
<i>Picea abies</i>	88	1281	61,1	21,15
<i>Larix decidua</i>	12	170	38,9	13,44
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
<b>Totale</b>	<b>100</b>	<b>1450</b>	<b>100</b>	<b>34,59</b>



<b>AREA BASIMETRICA:</b>	34,59 m <sup>2</sup> /ha	<b>DIAMETRO<sub>MEDIO</sub>:</b>	13,0 cm	<b>RINN<sub>TOT</sub>:</b>	6275 piante/ha
--------------------------	--------------------------	----------------------------------	---------	----------------------------	----------------

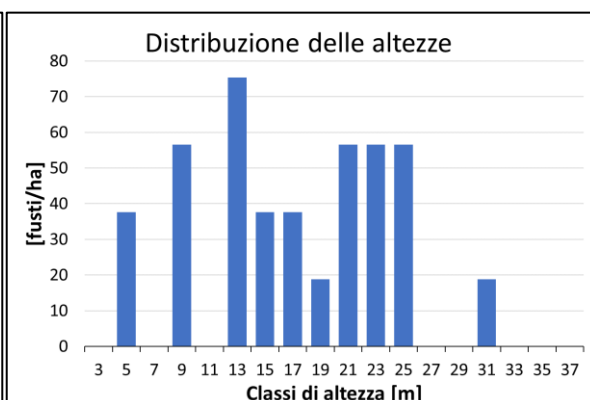
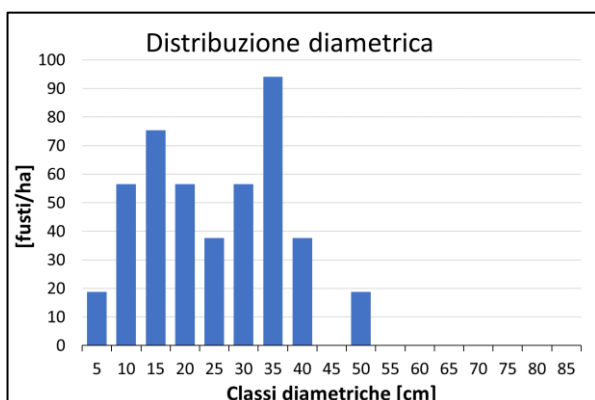
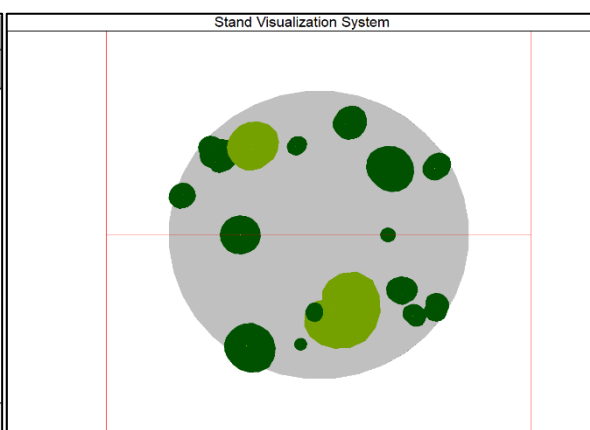
**NOTE:** Fitto bosco di abeti rossi di piccolo diametro.

<b>NOME:</b>	Bosco d'Aurona 2	<b>ID MOD7:</b>	1051	<b>AREA:</b>	DISTACCO
--------------	------------------	-----------------	------	--------------	----------



<b>QUOTA:</b>	1643 m s.l.m.	<b>PENDENZA:</b>	43,0°	<b>ESPOSIZIONE:</b>	26,0 °N
<b>ANNO:</b>	2006	<b>H<sub>NEVE</sub>:</b>	100 cm	<b>TIPO<sub>FOR</sub> (PREV):</b>	pecceta
<b>SUPERFICIE:</b>	530,9 m <sup>2</sup>	<b>ACCIDENTALITÀ:</b>	< 50%	<b>COPERTURA<sub>TOT</sub>:</b>	34%
				<b>COPERTURA<sub>INV</sub>:</b>	17%

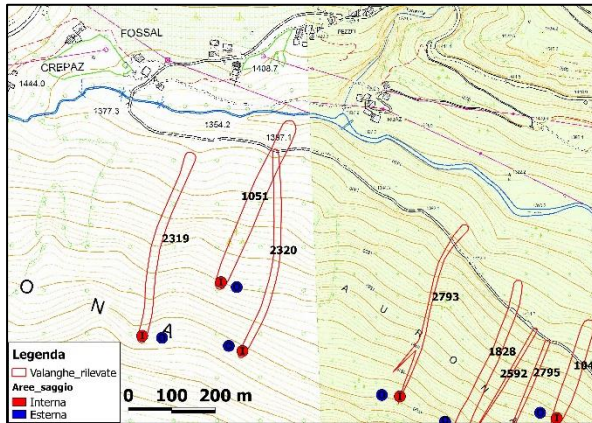
COMPOSIZIONE SPECIFICA				
Specie	Presenza %	Fusti/ha	G %	G [m <sup>2</sup> /ha]
<i>Picea abies</i>	88	396	83,5	22,60
<i>Larix decidua</i>	13	57	16,5	4,48
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
<b>Totale</b>	<b>100</b>	<b>452</b>	<b>100</b>	<b>27,07</b>



<b>AREA BASIMETRICA:</b>	27,07 m <sup>2</sup> /ha	<b>DIAMETRO<sub>MEDIO</sub>:</b>	25,2 cm	<b>RINN<sub>TOT</sub>:</b>	3333 piante/ha
--------------------------	--------------------------	----------------------------------	---------	----------------------------	----------------

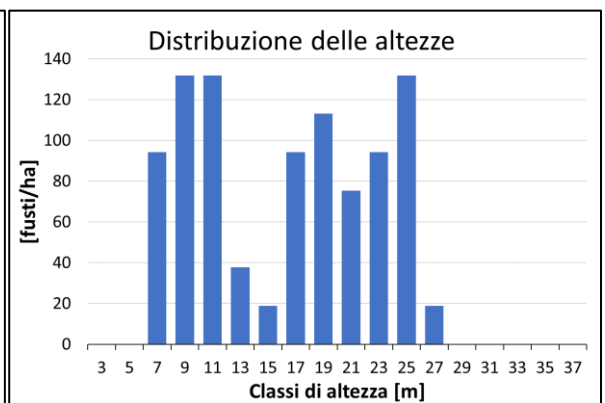
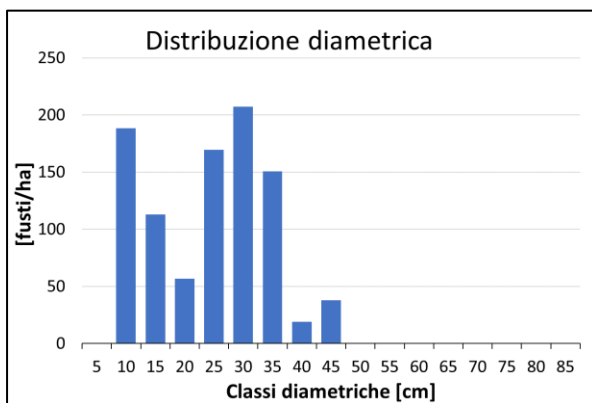
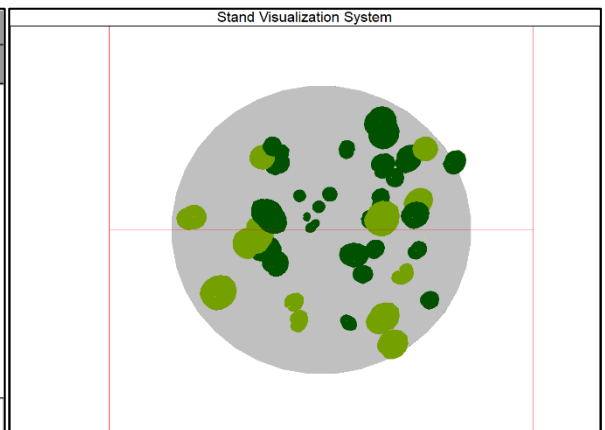
**NOTE:** Nei pressi dell'area presenza di individui schiantati e colpiti da bostrico.

<b>NOME:</b>	Bosco d'Aurona 2	<b>ID MOD7:</b>	1051	<b>AREA:</b>	CONTROLLO
--------------	------------------	-----------------	------	--------------	-----------



<b>QUOTA:</b>	1643 m s.l.m.	<b>PENDENZA:</b>	39,0°	<b>ESPOSIZIONE:</b>	11,0 °N
<b>ANNO:</b>	2006	<b>H<sub>NEVE</sub>:</b>	100 cm	<b>TIPO<sub>FOR</sub> (PREV):</b>	pecceta
<b>SUPERFICIE:</b>	530,9 m <sup>2</sup>	<b>ACCIDENTALITÀ:</b>	< 50%	<b>COPERTURA<sub>TOT</sub>:</b>	47%
				<b>COPERTURA<sub>INV</sub>:</b>	32%

COMPOSIZIONE SPECIFICA				
Specie	Presenza %	Fusti/ha	G %	G [m <sup>2</sup> /ha]
<i>Picea abies</i>	72	678	60,0	30,82
<i>Larix decidua</i>	28	264	40,0	20,55
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
<b>Totale</b>	<b>100</b>	<b>942</b>	<b>100</b>	<b>51,37</b>

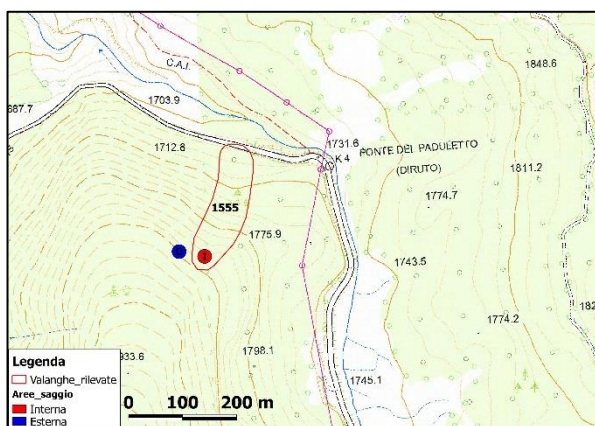


<b>AREA BASIMETRICA:</b>	51,37 m <sup>2</sup> /ha	<b>DIAMETRO<sub>MEDIO</sub>:</b>	24,4 cm	<b>RINN<sub>TOT</sub>:</b>	8627 piante/ha
--------------------------	--------------------------	----------------------------------	---------	----------------------------	----------------

**NOTE:** Bosco soggetto ad attacco di bostrico.

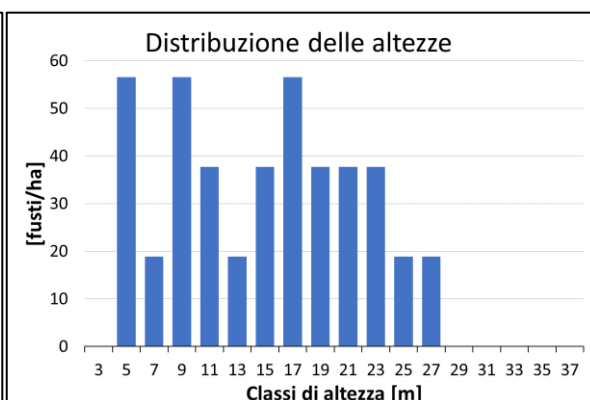
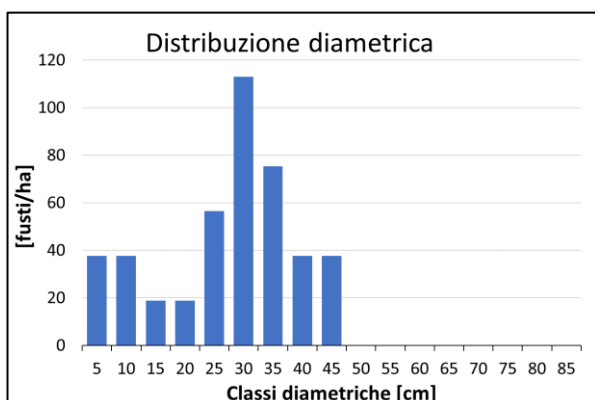
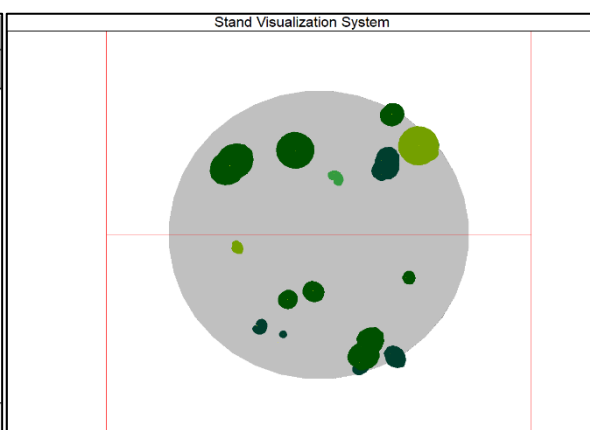


<b>NOME:</b>	SS. 48b	<b>ID MOD7:</b>	1555	<b>AREA:</b>	DISTACCO
--------------	---------	-----------------	------	--------------	----------



<b>QUOTA:</b>	1843 m s.l.m.	<b>PENDENZA:</b>	43,0°	<b>ESPOSIZIONE:</b>	39,0° N
<b>ANNO:</b>	2009	<b>H<sub>NEVE</sub>:</b>	147 cm	<b>TIPO<sub>FOR</sub> (PREV):</b>	pecceta
<b>SUPERFICIE:</b>	530,9 m <sup>2</sup>	<b>ACCIDENTALITÀ:</b>	< 50%	<b>COPERTURA<sub>TOT</sub>:</b>	14%
				<b>COPERTURA<sub>INV</sub>:</b>	13%

COMPOSIZIONE SPECIFICA				
Specie	Presenza %	Fusti/ha	G %	G [m <sup>2</sup> /ha]
<i>Picea abies</i>	48	207	55,1	16,66
<i>Pinus cembra</i>	30	132	24,1	7,30
<i>Larix decidua</i>	17	75	20,6	6,23
<i>Sorbus aucuparia</i>	4	19	0,2	0,07
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
<b>Totale</b>	<b>100</b>	<b>433</b>	<b>100</b>	<b>30,25</b>

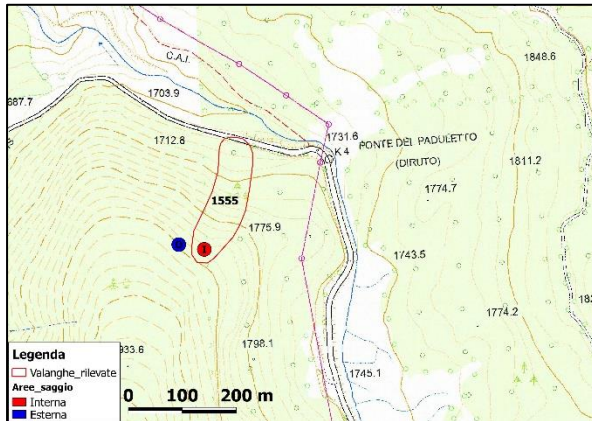


<b>AREA BASIMETRICA:</b>	30,25 m <sup>2</sup> /ha	<b>DIAMETRO<sub>MEDIO</sub>:</b>	27,7 cm	<b>RINN<sub>TOT</sub>:</b>	6275 piante/ha
--------------------------	--------------------------	----------------------------------	---------	----------------------------	----------------

**NOTE:**

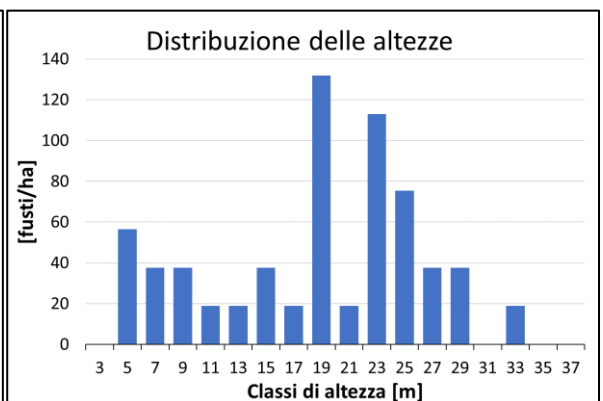
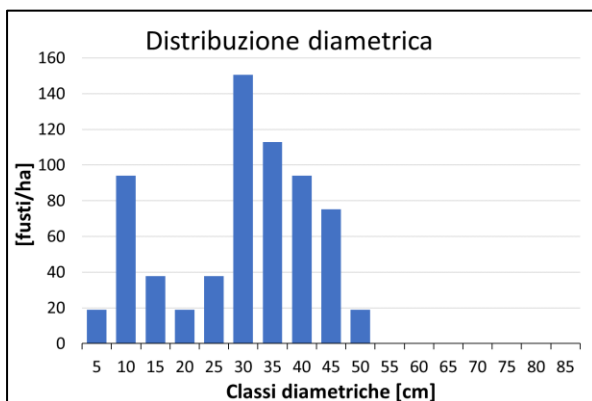
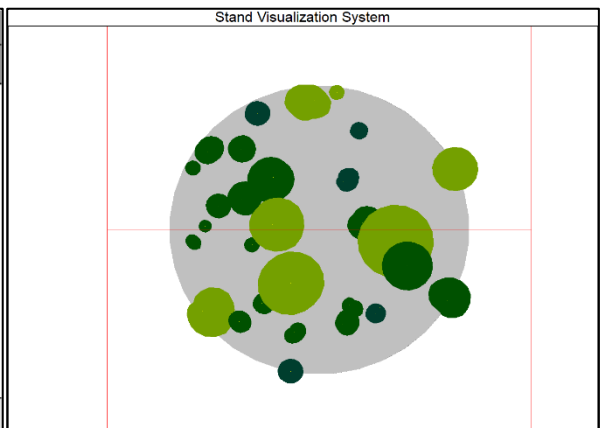
Presenza di vecchie opere a monte della zona di distacco, sicuramente già in forte degrado al momento dell'evento.

<b>NOME:</b>	SS. 48b	<b>ID MOD7:</b>	1555	<b>AREA:</b>	CONTROLLO
--------------	---------	-----------------	------	--------------	-----------



<b>QUOTA:</b>	1840 m s.l.m.	<b>PENDENZA:</b>	32,0°	<b>ESPOSIZIONE:</b>	27,0 °N
<b>ANNO:</b>	2009	<b>H<sub>NEVE</sub>:</b>	147 cm	<b>TIPO<sub>FOR</sub> (PREV):</b>	pecceta
<b>SUPERFICIE:</b>	530,9 m <sup>2</sup>	<b>ACCIDENTALITÀ:</b>	< 50%	<b>COPERTURA<sub>TOT</sub>:</b>	48%
				<b>COPERTURA<sub>INV</sub>:</b>	24%

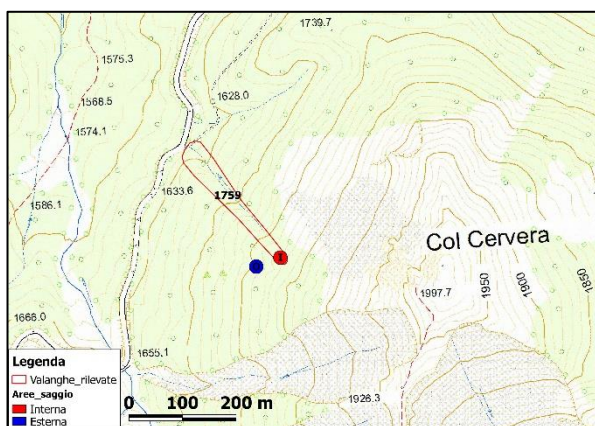
COMPOSIZIONE SPECIFICA				
Specie	Presenza %	Fusti/ha	G %	G [m <sup>2</sup> /ha]
<i>Picea abies</i>	60	396	49,6	25,92
<i>Larix decidua</i>	23	151	29,1	15,21
<i>Pinus cembra</i>	17	113	21,4	11,17
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
<b>Totale</b>	<b>100</b>	<b>659</b>	<b>100</b>	<b>52,29</b>



<b>AREA BASIMETRICA:</b>	52,29 m <sup>2</sup> /ha	<b>DIAMETRO<sub>MEDIO</sub>:</b>	29,4 cm	<b>RINN<sub>TOT</sub>:</b>	5686 piante/ha
--------------------------	--------------------------	----------------------------------	---------	----------------------------	----------------

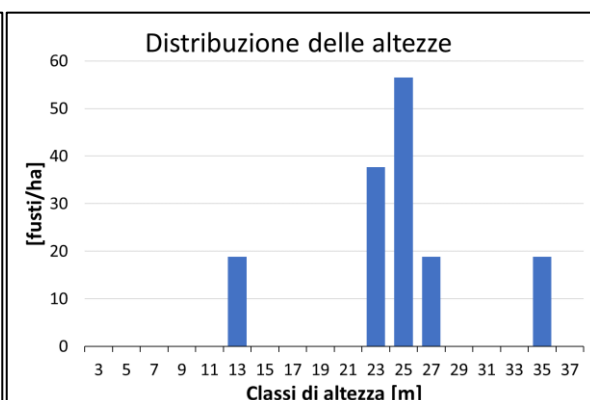
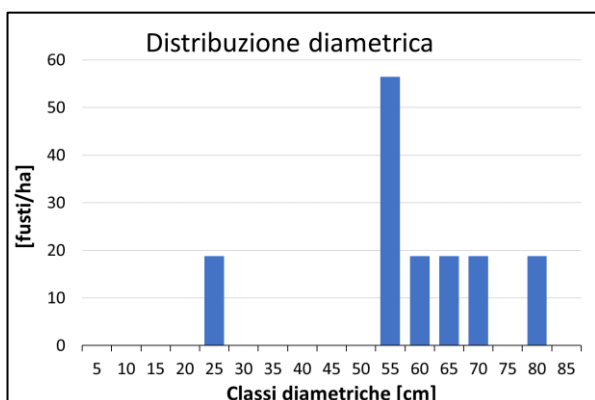
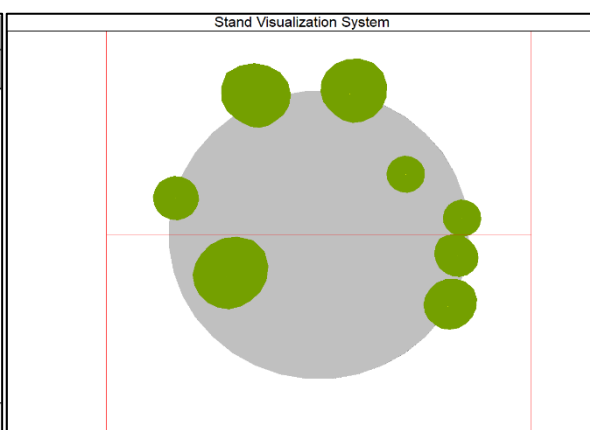
**NOTE:** -

<b>NOME:</b>	Col Cervera	<b>ID MOD7:</b>	1759	<b>AREA:</b>	DISTACCO
--------------	-------------	-----------------	------	--------------	----------



<b>QUOTA:</b>	1752 m s.l.m.	<b>PENDENZA:</b>	33,0°	<b>ESPOSIZIONE:</b>	326,0 °N
<b>ANNO:</b>	2010	<b>H<sub>NEVE</sub>:</b>	139 cm	<b>TIPO<sub>FOR</sub> (PREV):</b>	lariceto
<b>SUPERFICIE:</b>	530,9 m <sup>2</sup>	<b>ACCIDENTALITÀ:</b>	< 50%	<b>COPERTURA<sub>TOT</sub>:</b>	12%
				<b>COPERTURA<sub>INV</sub>:</b>	0%

COMPOSIZIONE SPECIFICA				
Specie	Presenza %	Fusti/ha	G %	G [m <sup>2</sup> /ha]
<i>Larix decidua</i>	100	151	100,0	41,71
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
<b>Totale</b>	<b>100</b>	<b>151</b>	<b>100</b>	<b>41,71</b>

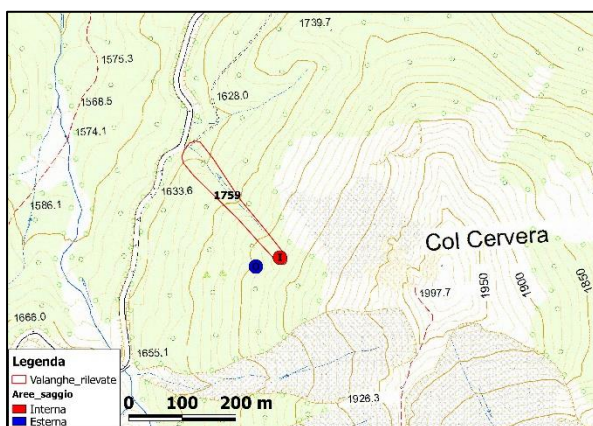


<b>AREA BASIMETRICA:</b>	41,71 m <sup>2</sup> /ha	<b>DIAMETRO<sub>MEDIO</sub>:</b>	57,4 cm	<b>RINN<sub>TOT</sub>:</b>	1765 piante/ha
--------------------------	--------------------------	----------------------------------	---------	----------------------------	----------------

**NOTE:** Forte presenza di strato arbustivo ad *Alnus viridis* (h<2m).

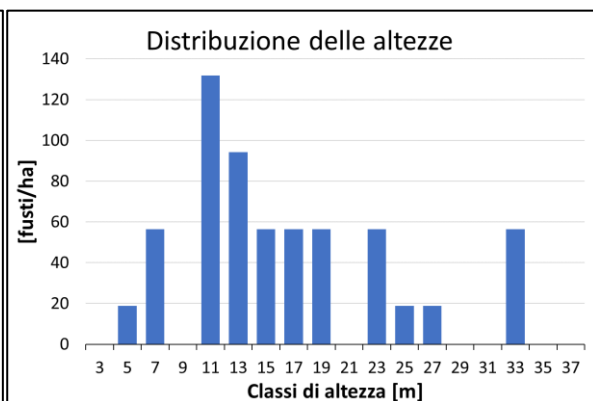
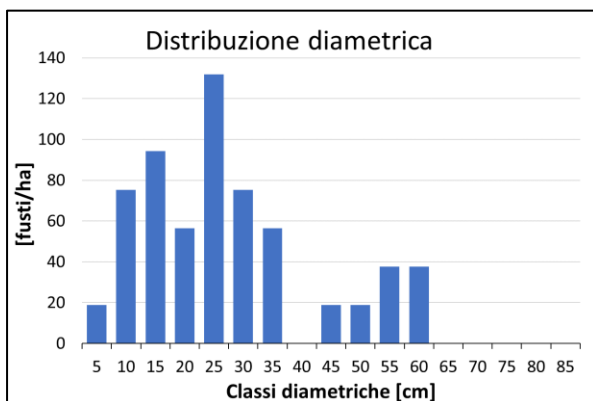
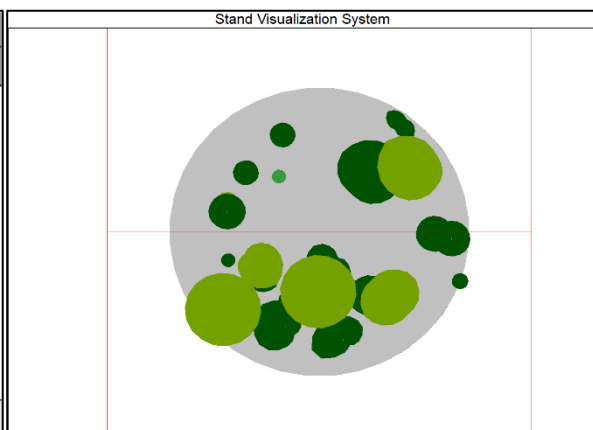


<b>NOME:</b>	Col Cervera	<b>ID MOD7:</b>	1759	<b>AREA:</b>	CONTROLLO
--------------	-------------	-----------------	------	--------------	-----------



<b>QUOTA:</b>	1753 m s.l.m.	<b>PENDENZA:</b>	33,0°	<b>ESPOSIZIONE:</b>	285,0 °N
<b>ANNO:</b>	2010	<b>H<sub>NEVE</sub>:</b>	139 cm	<b>TIPO<sub>FOR</sub> (PREV):</b>	lariceto
<b>SUPERFICIE:</b>	530,9 m <sup>2</sup>	<b>ACCIDENTALITÀ:</b>	assente	<b>COPERTURA<sub>TOT</sub>:</b>	49%
				<b>COPERTURA<sub>INV</sub>:</b>	35%

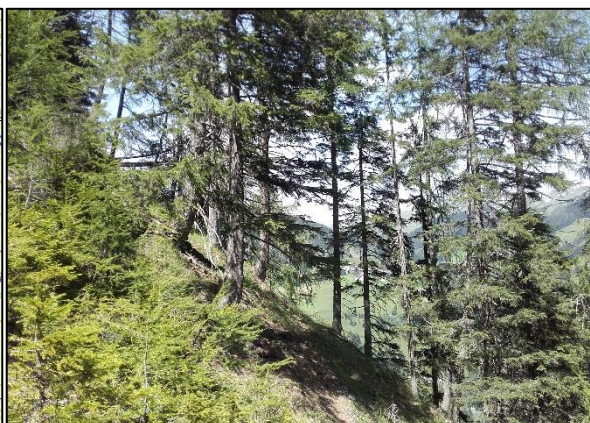
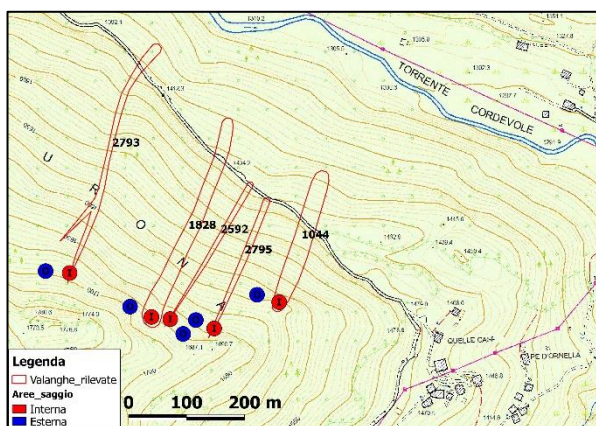
COMPOSIZIONE SPECIFICA				
Specie	Presenza %	Fusti/ha	G %	G [m <sup>2</sup> /ha]
<i>Picea abies</i>	73	452	49,5	23,98
<i>Larix decidua</i>	24	151	50,3	24,39
<i>Sorbus aucuparia</i>	3	19	0,2	0,09
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
<b>Totale</b>	<b>100</b>	<b>622</b>	<b>100</b>	<b>48,47</b>



<b>AREA BASIMETRICA:</b>	48,47 m <sup>2</sup> /ha	<b>DIAMETRO<sub>MEDIO</sub>:</b>	27,7 cm	<b>RINN<sub>TOT</sub>:</b>	2457 piante/ha
--------------------------	--------------------------	----------------------------------	---------	----------------------------	----------------

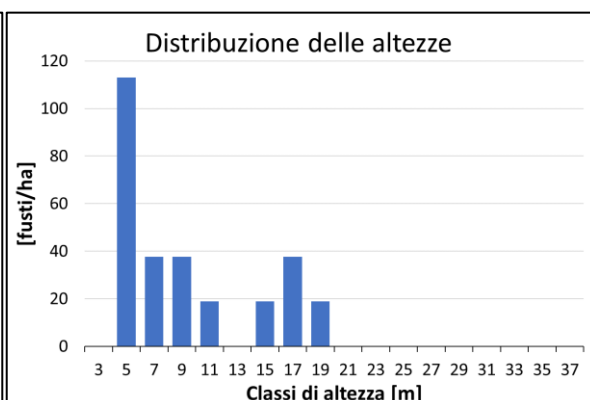
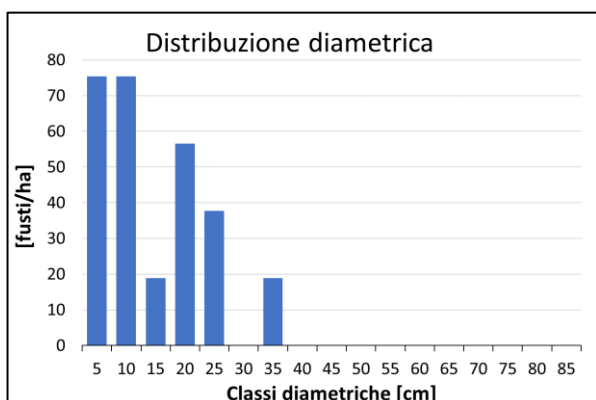
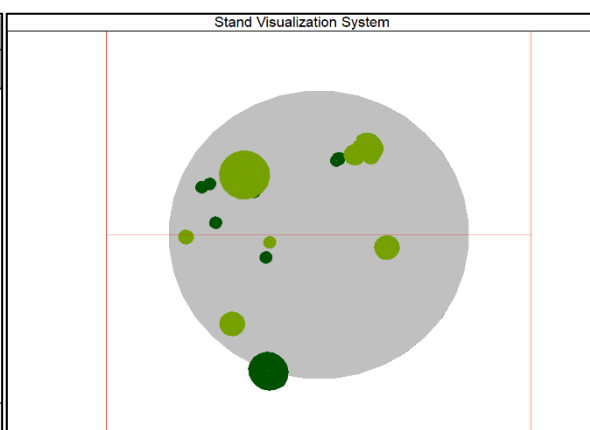
**NOTE:** -

<b>NOME:</b>	Bosco d'Aurona 6	<b>ID MOD7:</b>	1828	<b>AREA:</b>	DISTACCO
--------------	------------------	-----------------	------	--------------	----------



<b>QUOTA:</b>	1683 m s.l.m.	<b>PENDENZA:</b>	47,0°	<b>ESPOSIZIONE:</b>	56,0° N
<b>ANNO:</b>	2010	<b>H<sub>NEVE</sub>:</b>	139 cm	<b>TIPO<sub>FOR</sub> (PREV):</b>	lariceto
<b>SUPERFICIE:</b>	530,9 m <sup>2</sup>	<b>ACCIDENTALITÀ:</b>	< 50%	<b>COPERTURA<sub>TOT</sub>:</b>	10%
				<b>COPERTURA<sub>INV</sub>:</b>	2%

COMPOSIZIONE SPECIFICA				
Specie	Presenza %	Fusti/ha	G %	G [m <sup>2</sup> /ha]
<i>Larix decidua</i>	53	151	64,0	3,92
<i>Picea abies</i>	47	132	36,0	2,21
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
<b>Totale</b>	<b>100</b>	<b>283</b>	<b>100</b>	<b>6,12</b>

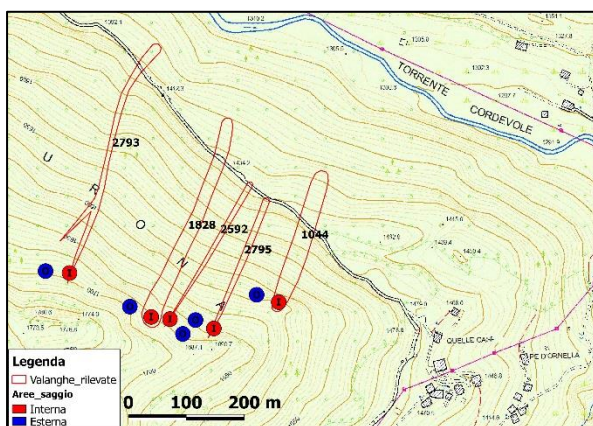


<b>AREA BASIMETRICA:</b>	6,12 m <sup>2</sup> /ha	<b>DIAMETRO<sub>MEDIO</sub>:</b>	14,0 cm	<b>RINN<sub>TOT</sub>:</b>	31.765 piante/ha
--------------------------	-------------------------	----------------------------------	---------	----------------------------	------------------

**NOTE:** Forte strato di rinnovazione affermata di *Picea abies* e *Larix decidua* (h=0,7m).

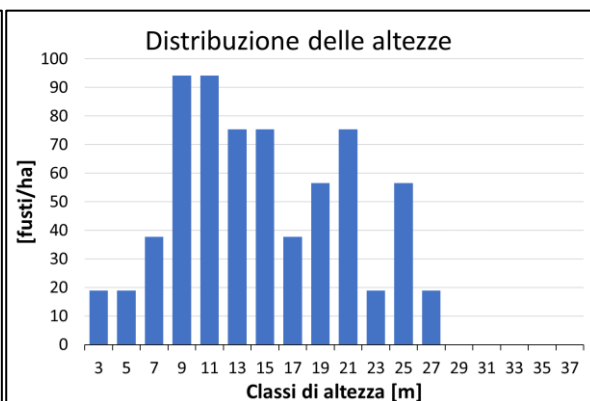
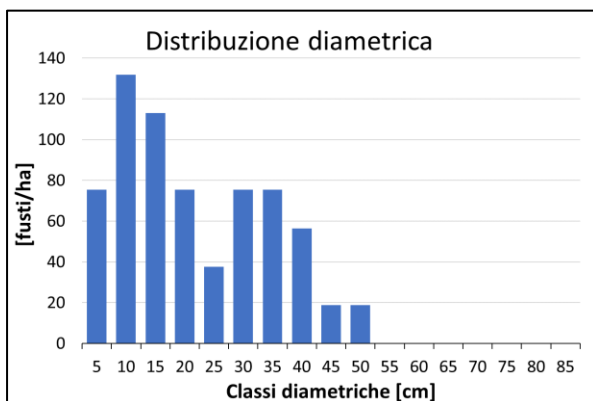
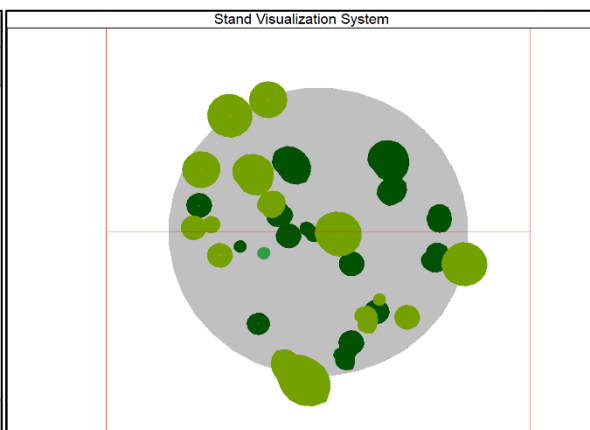


<b>NOME:</b>	Bosco d'Aurona 6	<b>ID MOD7:</b>	1828	<b>AREA:</b>	CONTROLLO
--------------	------------------	-----------------	------	--------------	-----------



<b>QUOTA:</b>	1692 m s.l.m.	<b>PENDENZA:</b>	47,0°	<b>ESPOSIZIONE:</b>	57,0 °N
<b>ANNO:</b>	2010	<b>H<sub>NEVE</sub>:</b>	139 cm	<b>TIPO<sub>FOR</sub> (PREV):</b>	pecceta
<b>SUPERFICIE:</b>	530,9 m <sup>2</sup>	<b>ACCIDENTALITÀ:</b>	< 50%	<b>COPERTURA<sub>TOT</sub>:</b>	34%
				<b>COPERTURA<sub>INV</sub>:</b>	17%

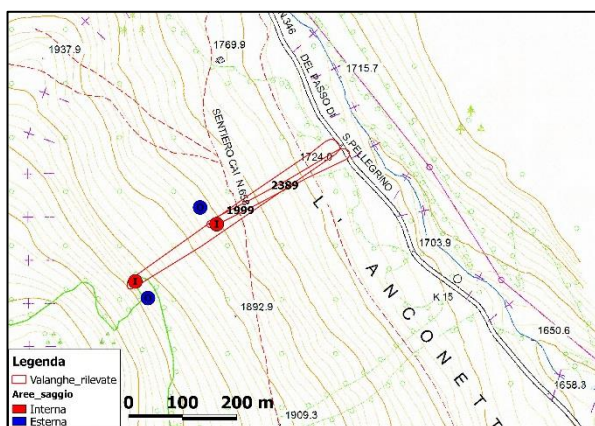
COMPOSIZIONE SPECIFICA				
Specie	Presenza %	Fusti/ha	G %	G [m <sup>2</sup> /ha]
<i>Picea abies</i>	53	358	54,9	18,61
<i>Larix decidua</i>	44	301	45,0	15,28
<i>Sorbus aucuparia</i>	3	19	0,1	0,04
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
<b>Totale</b>	<b>100</b>	<b>678</b>	<b>100</b>	<b>33,92</b>



<b>AREA BASIMETRICA:</b>	33,92 m <sup>2</sup> /ha	<b>DIAMETRO<sub>MEDIO</sub>:</b>	21,9 cm	<b>RINN<sub>TOT</sub>:</b>	6863 piante/ha
--------------------------	--------------------------	----------------------------------	---------	----------------------------	----------------

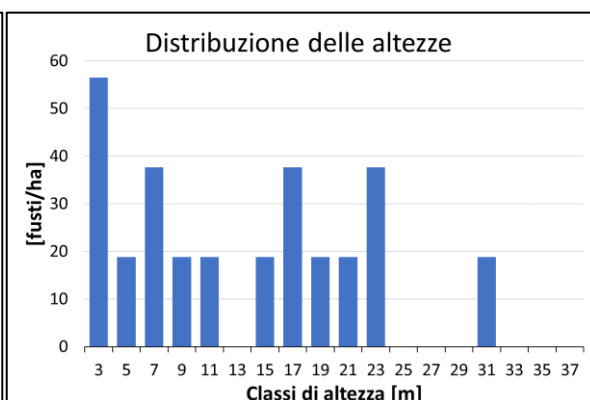
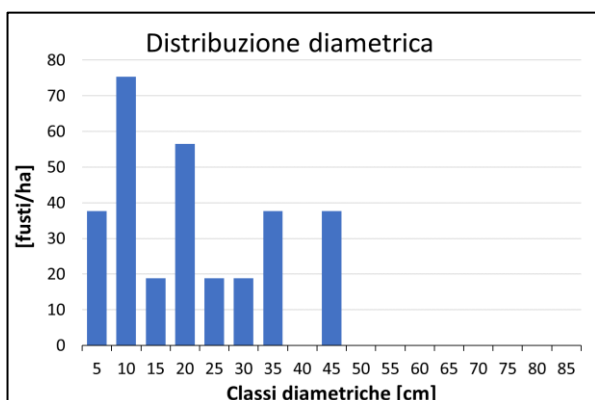
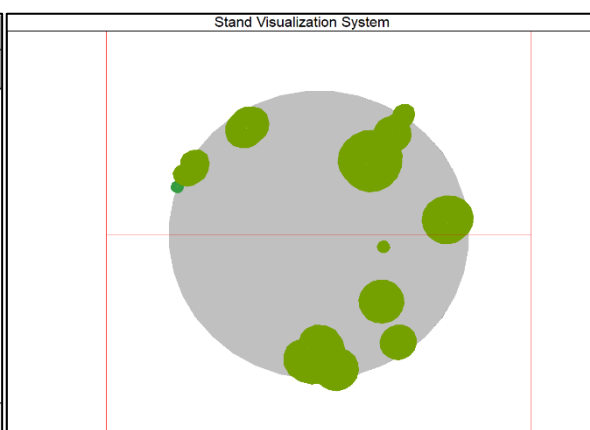
**NOTE:** -

<b>NOME:</b>	Le Piazze	<b>ID MOD7:</b>	1999	<b>AREA:</b>	DISTACCO
--------------	-----------	-----------------	------	--------------	----------



<b>QUOTA:</b>	1963 m s.l.m.	<b>PENDENZA:</b>	37,0°	<b>ESPOSIZIONE:</b>	50,0 °N
<b>ANNO:</b>	2011	<b>H<sub>NEVE</sub>:</b>	143 cm	<b>TIPO<sub>FOR</sub> (PREV):</b>	lariceto
<b>SUPERFICIE:</b>	530,9 m <sup>2</sup>	<b>ACCIDENTALITÀ:</b>	< 50%	<b>COPERTURA<sub>TOT</sub>:</b>	17%
				<b>COPERTURA<sub>INV</sub>:</b>	0%

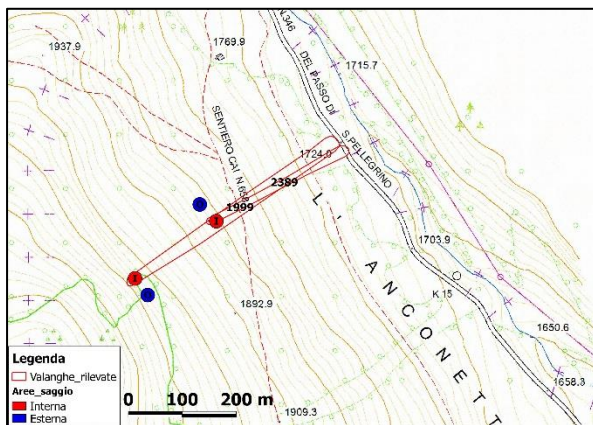
COMPOSIZIONE SPECIFICA				
Specie	Presenza %	Fusti/ha	G %	G [m <sup>2</sup> /ha]
<i>Larix decidua</i>	94	283	99,5	14,92
<i>Sorbus aucuparia</i>	6	19	0,5	0,07
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
<b>Totale</b>	<b>100</b>	<b>301</b>	<b>100</b>	<b>14,99</b>



<b>AREA BASIMETRICA:</b>	14,99 m <sup>2</sup> /ha	<b>DIAMETRO<sub>MEDIO</sub>:</b>	21,5 cm	<b>RINN<sub>TOT</sub>:</b>	1765 piante/ha
--------------------------	--------------------------	----------------------------------	---------	----------------------------	----------------

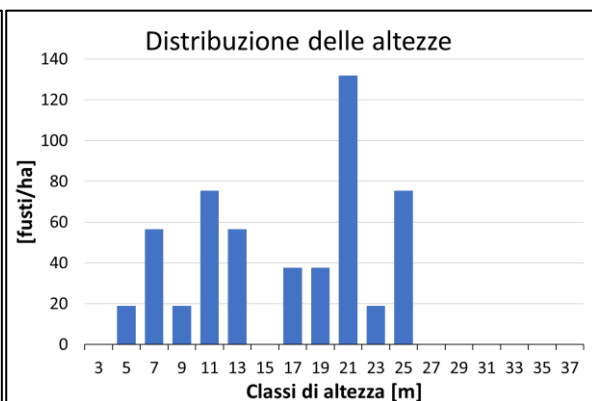
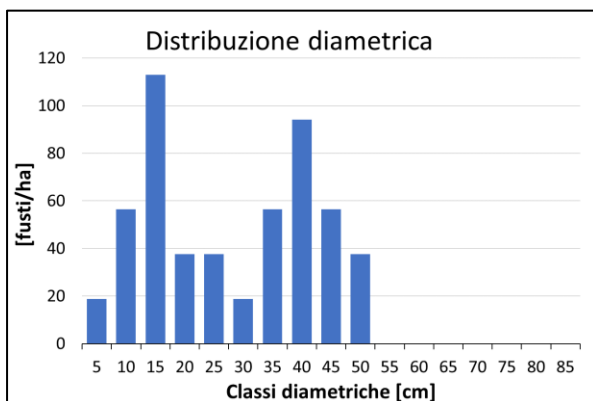
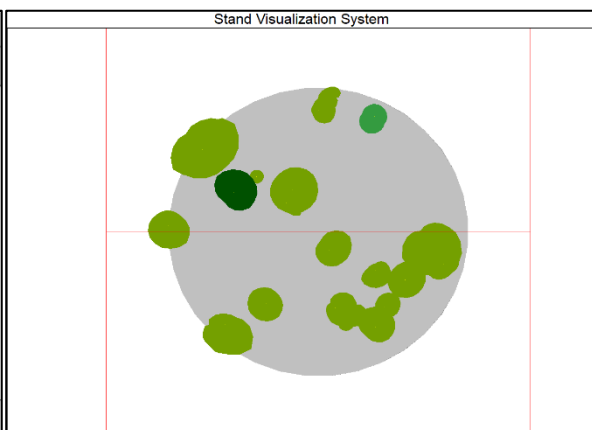
**NOTE:** Suolo irregolare ricco in strato arbustivo (*Rhododendron ferrugineum*, *Rubus idaeus* e *Vaccinium myrtillus*, in pari %). A valle 4 individui maturi di larice, sciabolati, che han retto al passaggio della valanga. Bosco di particolare interesse di studio sui cambiamenti climatici.

<b>NOME:</b>	Le Piazze	<b>ID MOD7:</b>	1999	<b>AREA:</b>	CONTROLLO
--------------	-----------	-----------------	------	--------------	-----------



<b>QUOTA:</b>	1956 m s.l.m.	<b>PENDENZA:</b>	30,0°	<b>ESPOSIZIONE:</b>	50,0 °N
<b>ANNO:</b>	2011	<b>H<sub>NEVE</sub>:</b>	143 cm	<b>TIPO<sub>FOR</sub> (PREV):</b>	lariceto
<b>SUPERFICIE:</b>	530,9 m <sup>2</sup>	<b>ACCIDENTALITÀ:</b>	< 50%	<b>COPERTURA<sub>TOT</sub>:</b>	31%
				<b>COPERTURA<sub>INV</sub>:</b>	4%

COMPOSIZIONE SPECIFICA				
Specie	Presenza %	Fusti/ha	G %	G [m <sup>2</sup> /ha]
<i>Larix decidua</i>	89	471	96,1	37,25
<i>Sorbus aucuparia</i>	7	38	1,0	0,37
<i>Picea abies</i>	4	19	3,0	1,16
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
<b>Totale</b>	<b>100</b>	<b>527</b>	<b>100</b>	<b>38,78</b>

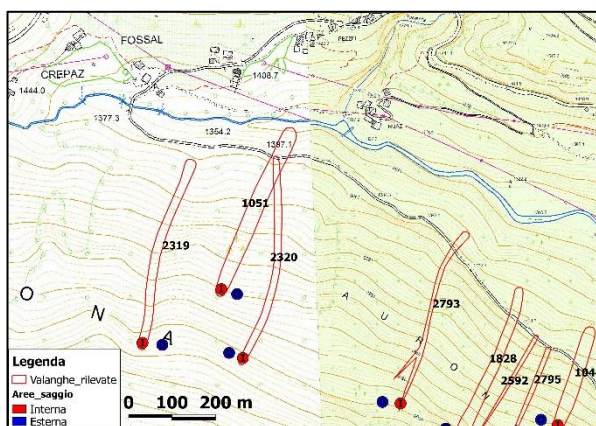


<b>AREA BASIMETRICA:</b>	38,78 m <sup>2</sup> /ha	<b>DIAMETRO<sub>MEDIO</sub>:</b>	27,5 cm	<b>RINN<sub>TOT</sub>:</b>	1961 piante/ha
--------------------------	--------------------------	----------------------------------	---------	----------------------------	----------------

**NOTE:** Suolo irregolare ricco in strato arbustivo (*Rhododendron ferrugineum*, *Rubus idaeus* e *Vaccinium myrtillus*, in pari %). Bosco di particolare interesse di studio sui cambiamenti climatici.

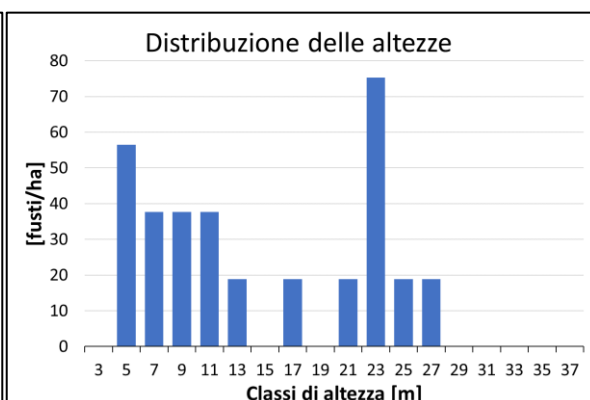
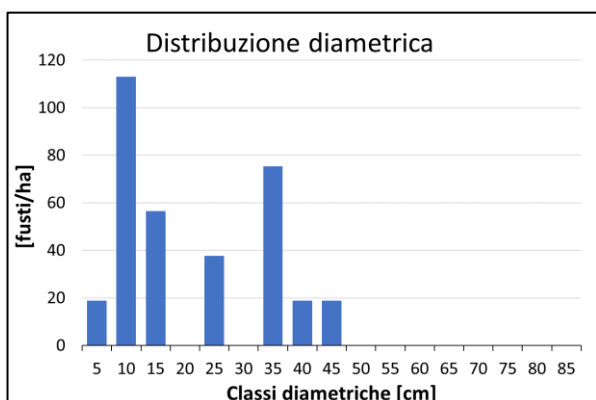
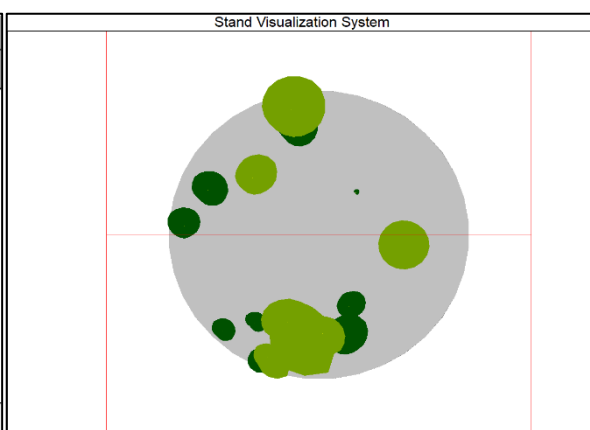


<b>NOME:</b>	Fossal 2 (Aurone – La Boa)	<b>ID MOD7:</b>	2319	<b>AREA:</b>	DISTACCO
--------------	----------------------------	-----------------	------	--------------	----------



<b>QUOTA:</b>	1710 m s.l.m.	<b>PENDENZA:</b>	39,0°	<b>ESPOSIZIONE:</b>	16,0 °N
<b>ANNO:</b>	2013	<b>H<sub>NEVE</sub>:</b>	152 cm	<b>TIPO<sub>FOR</sub> (PREV):</b>	lariceto
<b>SUPERFICIE:</b>	530,9 m <sup>2</sup>	<b>ACCIDENTALITÀ:</b>	assente	<b>COPERTURA<sub>TOT</sub>:</b>	24%
				<b>COPERTURA<sub>INV</sub>:</b>	8%

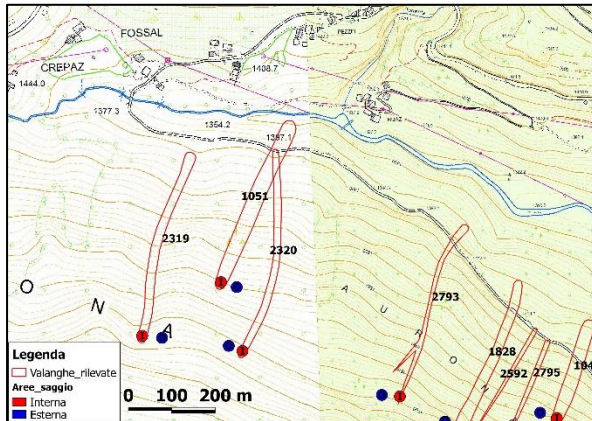
COMPOSIZIONE SPECIFICA				
Specie	Presenza %	Fusti/ha	G %	G [m <sup>2</sup> /ha]
<i>Picea abies</i>	61	207	16,7	2,68
<i>Larix decidua</i>	39	132	83,3	13,36
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
<b>Totale</b>	<b>100</b>	<b>339</b>	<b>100</b>	<b>16,04</b>



<b>AREA BASIMETRICA:</b>	16,04 m <sup>2</sup> /ha	<b>DIAMETRO<sub>MEDIO</sub>:</b>	21,1 cm	<b>RINN<sub>TOT</sub>:</b>	5490 piante/ha
--------------------------	--------------------------	----------------------------------	---------	----------------------------	----------------

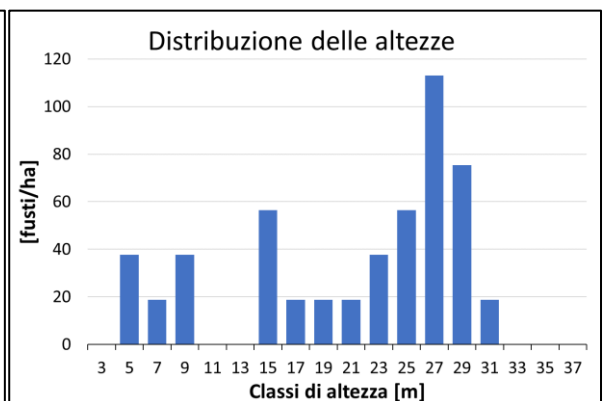
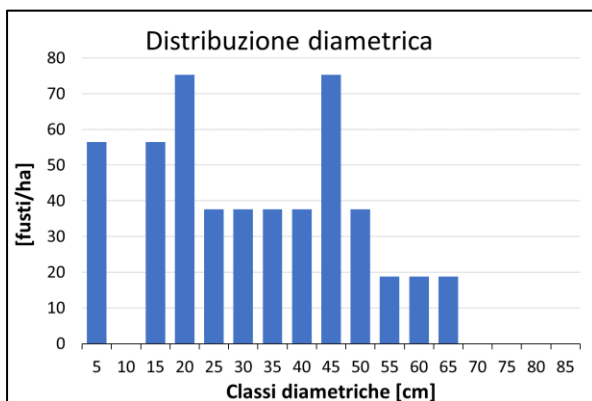
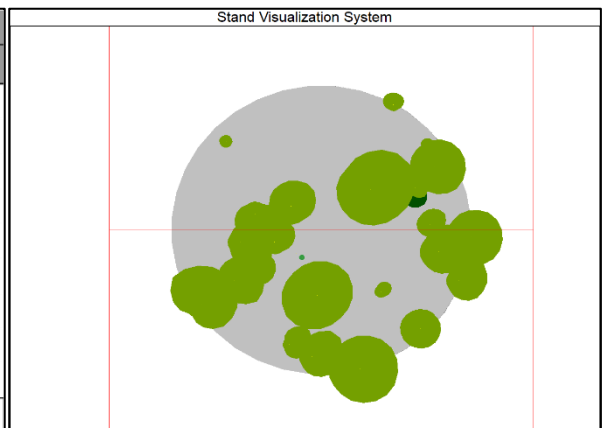
**NOTE:** Abbondante presenza di strato erbaceo liscio.

<b>NOME:</b>	Fossal 2 (Aurone – La Boa)	<b>ID MOD7:</b>	2319	<b>AREA:</b>	CONTROLLO
--------------	----------------------------	-----------------	------	--------------	-----------



<b>QUOTA:</b>	1724 m s.l.m.	<b>PENDENZA:</b>	33,0°	<b>ESPOSIZIONE:</b>	344,0 °N
<b>ANNO:</b>	2013	<b>H<sub>NEVE</sub>:</b>	152 cm	<b>TIPO<sub>FOR</sub> (PREV):</b>	lariceto
<b>SUPERFICIE:</b>	530,9 m <sup>2</sup>	<b>ACCIDENTALITÀ:</b>	> 50%	<b>COPERTURA<sub>TOT</sub>:</b>	60%
				<b>COPERTURA<sub>INV</sub>:</b>	1%

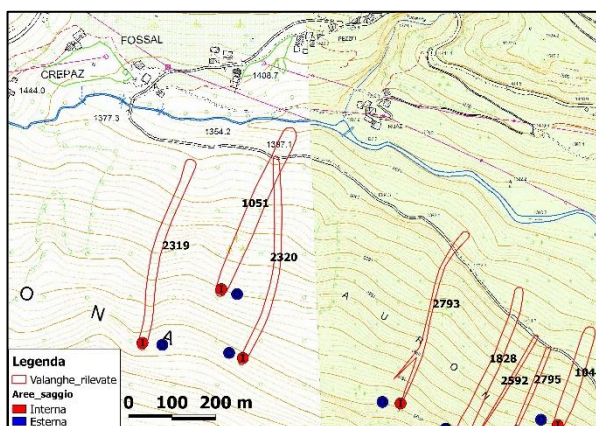
COMPOSIZIONE SPECIFICA				
Specie	Presenza %	Fusti/ha	G %	G [m <sup>2</sup> /ha]
<i>Larix decidua</i>	89	452	98,9	52,92
<i>Picea abies</i>	7	38	1,0	0,52
<i>Sorbus aucuparia</i>	4	19	0,1	0,05
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
<b>Totale</b>	<b>100</b>	<b>509</b>	<b>100</b>	<b>53,49</b>



<b>AREA BASIMETRICA:</b>	53,49 m <sup>2</sup> /ha	<b>DIAMETRO<sub>MEDIO</sub>:</b>	32,5 cm	<b>RINN<sub>TOT</sub>:</b>	9804 piante/ha
--------------------------	--------------------------	----------------------------------	---------	----------------------------	----------------

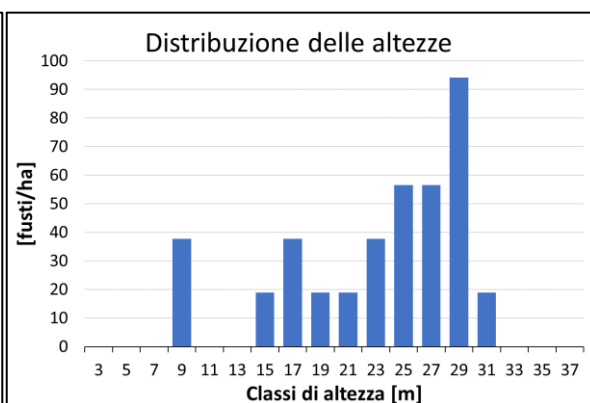
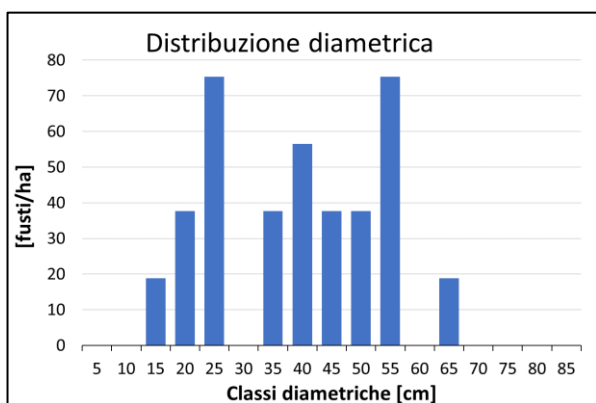
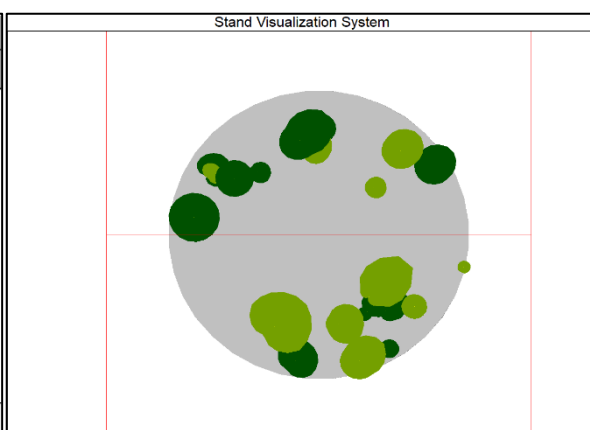
**NOTE:** Bassa pendenza. Elevata accidentalità composta da elementi di forma regolare (grossi massi già parzialmente ricoperti da suolo e strato erbaceo non fitto).

<b>NOME:</b>	Bosco d'Aurona 3	<b>ID MOD7:</b>	2320	<b>AREA:</b>	DISTACCO
--------------	------------------	-----------------	------	--------------	----------



<b>QUOTA:</b>	1723 m s.l.m.	<b>PENDENZA:</b>	37,0°	<b>ESPOSIZIONE:</b>	19,0 °N
<b>ANNO:</b>	2013	<b>H<sub>NEVE</sub>:</b>	152 cm	<b>TIPO<sub>FOR</sub> (PREV):</b>	pecceta
<b>SUPERFICIE:</b>	530,9 m <sup>2</sup>	<b>ACCIDENTALITÀ:</b>	assente	<b>COPERTURA<sub>TOT</sub>:</b>	40%
				<b>COPERTURA<sub>INV</sub>:</b>	19%

COMPOSIZIONE SPECIFICA				
Specie	Presenza %	Fusti/ha	G %	G [m <sup>2</sup> /ha]
<i>Picea abies</i>	52	207	50,1	25,99
<i>Larix decidua</i>	48	188	49,9	25,86
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
<b>Totale</b>	<b>100</b>	<b>396</b>	<b>100</b>	<b>51,85</b>

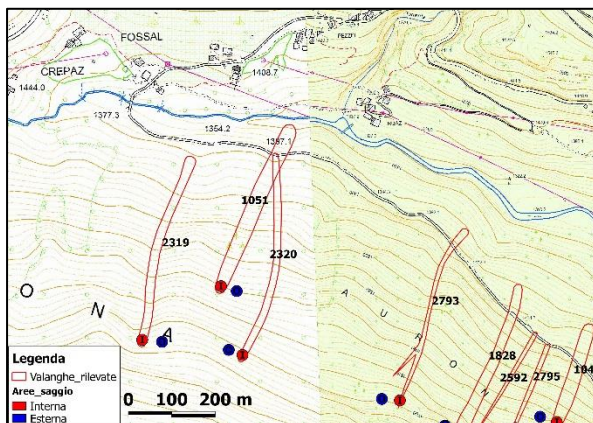


<b>AREA BASIMETRICA:</b>	51,85 m <sup>2</sup> /ha	<b>DIAMETRO<sub>MEDIO</sub>:</b>	38,6 cm	<b>RINN<sub>TOT</sub>:</b>	11.569 piante/ha
--------------------------	--------------------------	----------------------------------	---------	----------------------------	------------------

**NOTE:**

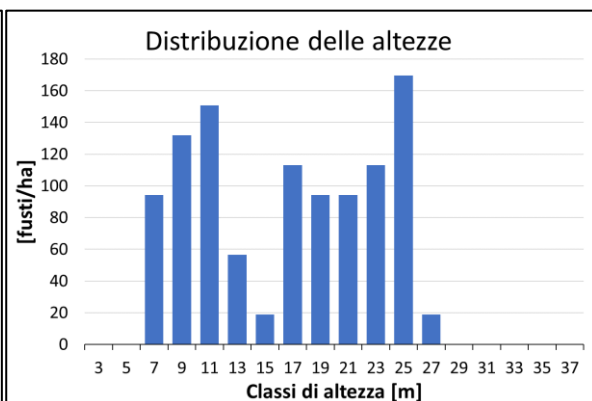
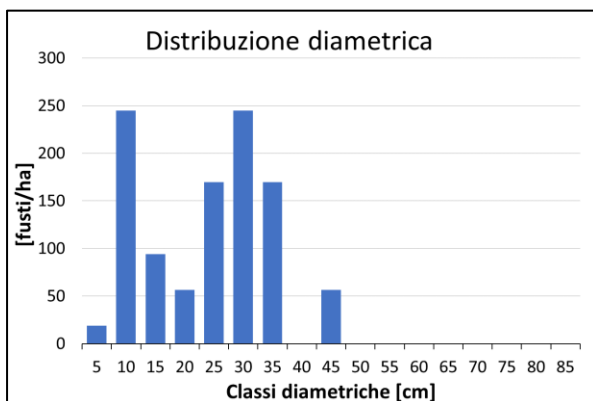
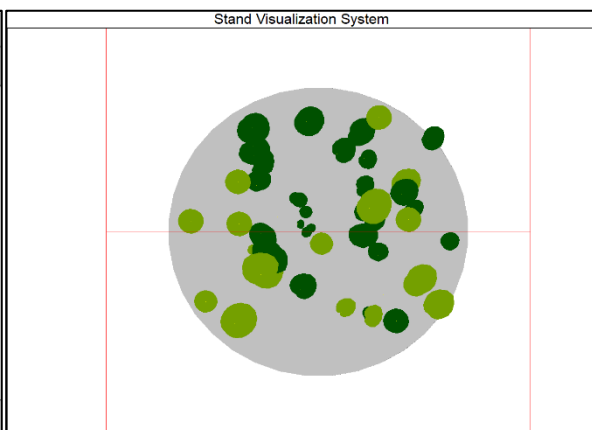


<b>NOME:</b>	Bosco d'Aurona 3	<b>ID MOD7:</b>	2320	<b>AREA:</b>	CONTROLLO
--------------	------------------	-----------------	------	--------------	-----------



<b>QUOTA:</b>	1733 m s.l.m.	<b>PENDENZA:</b>	41,0°	<b>ESPOSIZIONE:</b>	32,0 °N
<b>ANNO:</b>	2013	<b>H<sub>NEVE</sub>:</b>	152 cm	<b>TIPO<sub>FOR</sub> (PREV):</b>	pecceta
<b>SUPERFICIE:</b>	530,9 m <sup>2</sup>	<b>ACCIDENTALITÀ:</b>	< 50%	<b>COPERTURA<sub>TOT</sub>:</b>	50%
				<b>COPERTURA<sub>INV</sub>:</b>	35%

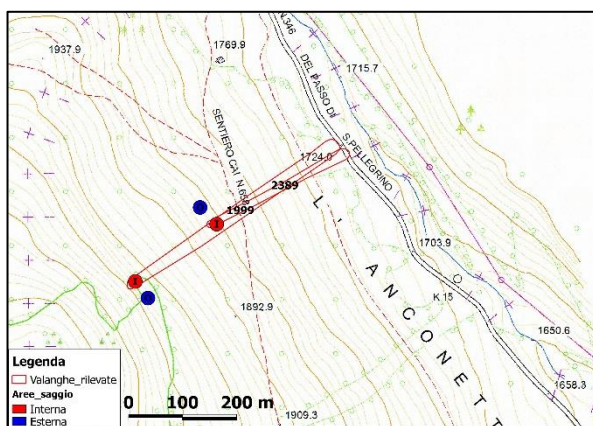
COMPOSIZIONE SPECIFICA				
Specie	Presenza %	Fusti/ha	G %	G [m <sup>2</sup> /ha]
<i>Picea abies</i>	70	735	57,2	31,86
<i>Larix decidua</i>	30	320	42,8	23,81
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
<b>Totale</b>	<b>100</b>	<b>1055</b>	<b>100</b>	<b>55,67</b>



<b>AREA BASIMETRICA:</b>	55,67 m <sup>2</sup> /ha	<b>DIAMETRO<sub>MEDIO</sub>:</b>	23,9 cm	<b>RINN<sub>TOT</sub>:</b>	12.549 piante/ha
--------------------------	--------------------------	----------------------------------	---------	----------------------------	------------------

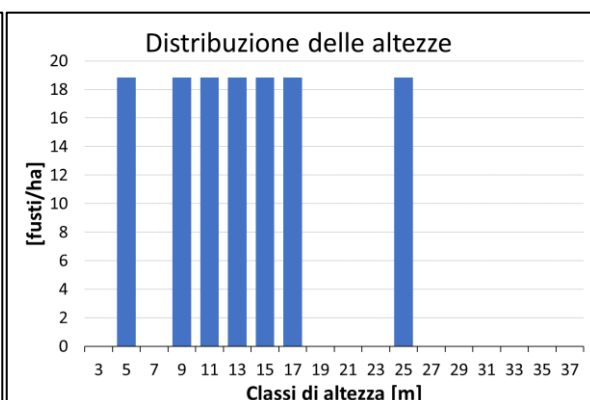
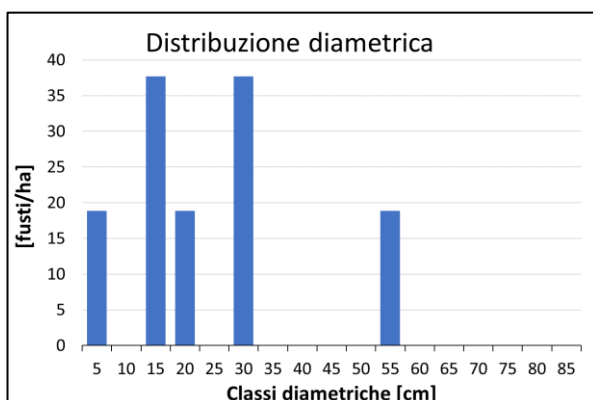
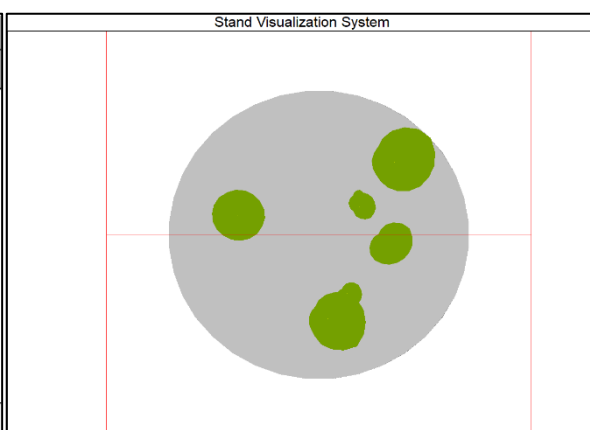
**NOTE:** -

<b>NOME:</b>	Le Piazze	<b>ID MOD7:</b>	2389	<b>AREA:</b>	DISTACCO
--------------	-----------	-----------------	------	--------------	----------



<b>QUOTA:</b>	1872 m s.l.m.	<b>PENDENZA:</b>	36,0°	<b>ESPOSIZIONE:</b>	60,0 °N
<b>ANNO:</b>	2013	<b>H<sub>NEVE</sub>:</b>	94 cm	<b>TIPO<sub>FOR</sub> (PREV):</b>	lariceto
<b>SUPERFICIE:</b>	530,9 m <sup>2</sup>	<b>ACCIDENTALITÀ:</b>	< 50%	<b>COPERTURA<sub>TOT</sub>:</b>	32%
				<b>COPERTURA<sub>INV</sub>:</b>	0%

COMPOSIZIONE SPECIFICA				
Specie	Presenza %	Fusti/ha	G %	G [m <sup>2</sup> /ha]
<i>Larix decidua</i>	100	132	100,0	8,79
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
<b>Totale</b>	<b>100</b>	<b>132</b>	<b>100</b>	<b>8,79</b>

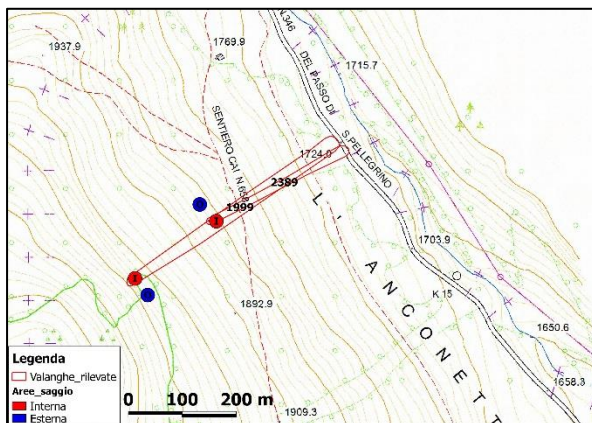


<b>AREA BASIMETRICA:</b>	8,79 m <sup>2</sup> /ha	<b>DIAMETRO<sub>MEDIO</sub>:</b>	24,7 cm	<b>RINN<sub>TOT</sub>:</b>	4118 piante/ha
--------------------------	-------------------------	----------------------------------	---------	----------------------------	----------------

**NOTE:** Suolo irregolare ricco in strato arbustivo (*Rhododendron ferrugineum*, *Rubus idaeus*, *Vaccinium myrtillus* e *Alnus viridis*, in pari %). Canalone aperto 2 anni prima da valanga a monte (visibili larici schiantati in area). Bosco di particolare interesse di studio sui cambiamenti climatici.

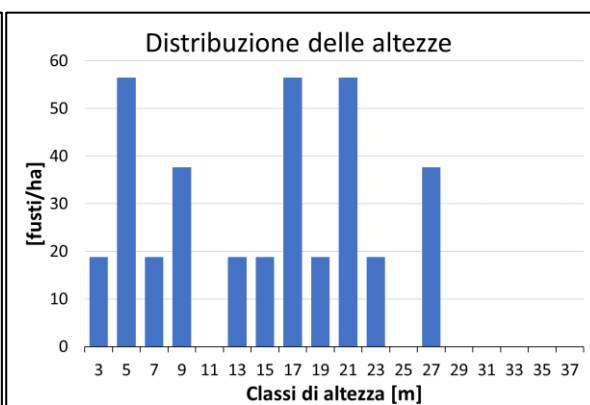
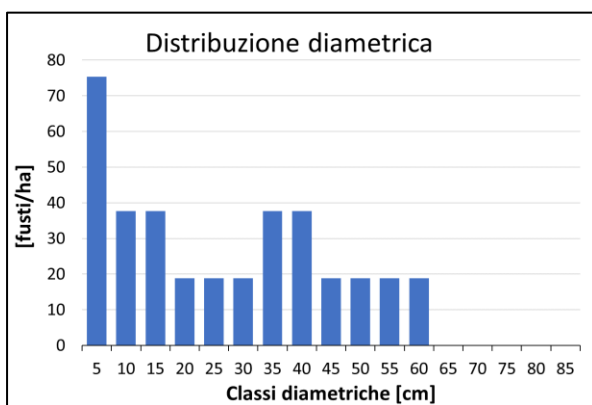
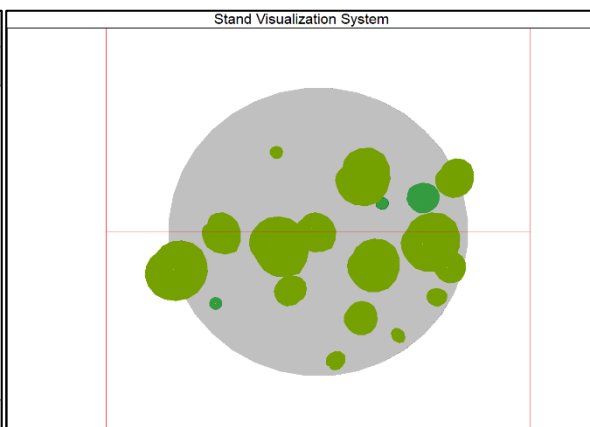


<b>NOME:</b>	Le Piazze	<b>ID MOD7:</b>	2389	<b>AREA:</b>	CONTROLLO
--------------	-----------	-----------------	------	--------------	-----------



<b>QUOTA:</b>	1864 m s.l.m.	<b>PENDENZA:</b>	30,0°	<b>ESPOSIZIONE:</b>	70,0 °N
<b>ANNO:</b>	2013	<b>H<sub>NEVE</sub>:</b>	94 cm	<b>TIPO<sub>FOR</sub> (PREV):</b>	lariceto
<b>SUPERFICIE:</b>	530,9 m <sup>2</sup>	<b>ACCIDENTALITÀ:</b>	< 50%	<b>COPERTURA<sub>TOT</sub>:</b>	54%
				<b>COPERTURA<sub>INV</sub>:</b>	0%

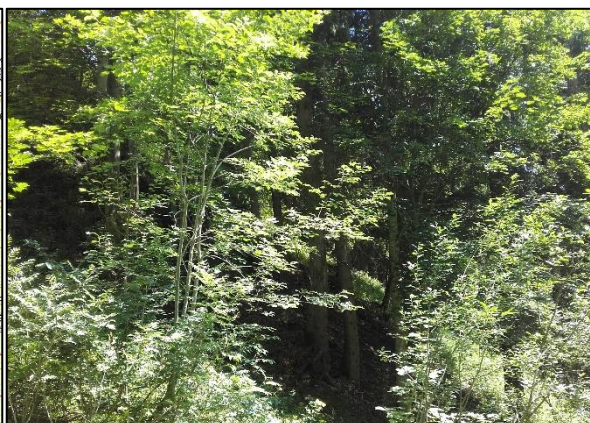
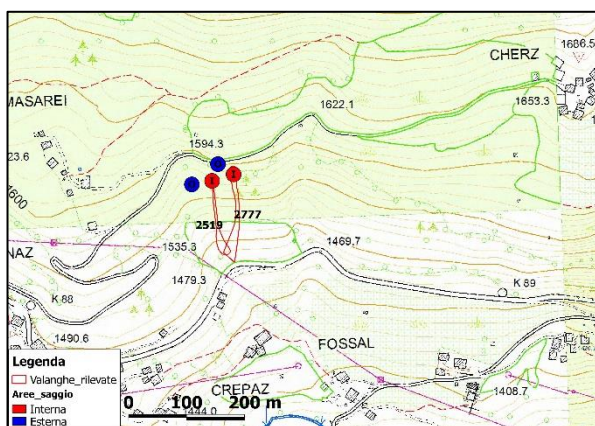
COMPOSIZIONE SPECIFICA				
Specie	Presenza %	Fusti/ha	G %	G [m <sup>2</sup> /ha]
<i>Larix decidua</i>	79	283	98,1	27,90
<i>Sorbus aucuparia</i>	16	57	1,6	0,47
<i>Alnus viridis</i>	5	19	0,3	0,07
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
<b>Totale</b>	<b>100</b>	<b>358</b>	<b>100</b>	<b>28,43</b>



<b>AREA BASIMETRICA:</b>	28,43 m <sup>2</sup> /ha	<b>DIAMETRO<sub>MEDIO</sub>:</b>	26,3 cm	<b>RINN<sub>TOT</sub>:</b>	4510 piante/ha
--------------------------	--------------------------	----------------------------------	---------	----------------------------	----------------

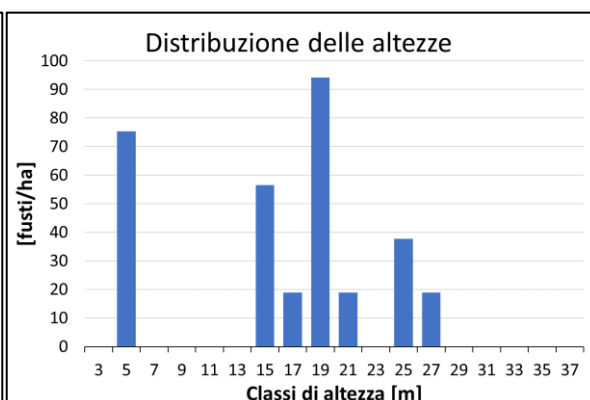
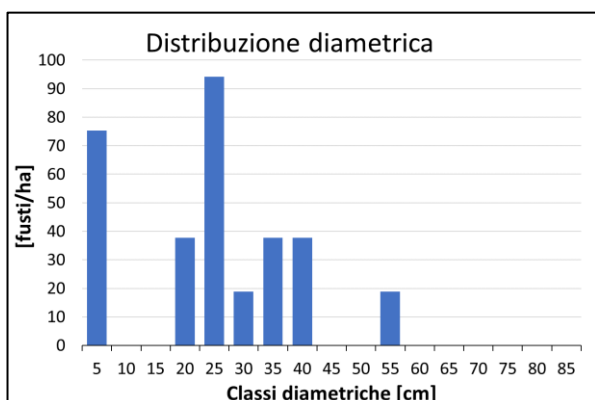
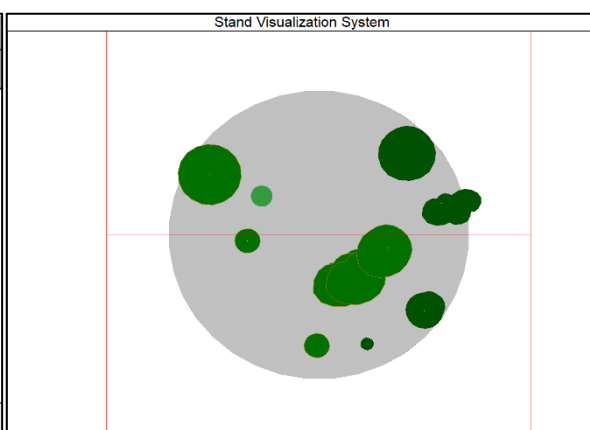
**NOTE:** Suolo poco irregolare con presenza sporadica di strato arbustivo (*Rhododendron ferrugineum*, *Rubus idaeus*, *Vaccinium myrtillus* e *Alnus viridis*, in pari %). Bosco di particolare interesse di studio sui cambiamenti climatici.

<b>NOME:</b>	Costacia	<b>ID MOD7:</b>	2519	<b>AREA:</b>	DISTACCO
--------------	----------	-----------------	------	--------------	----------



<b>QUOTA:</b>	1577 m s.l.m.	<b>PENDENZA:</b>	37,0°	<b>ESPOSIZIONE:</b>	154,0 °N
<b>ANNO:</b>	2014	<b>H<sub>NEVE</sub>:</b>	154 cm	<b>TIPO<sub>FOR</sub> (PREV):</b>	pecceta
<b>SUPERFICIE:</b>	530,9 m <sup>2</sup>	<b>ACCIDENTALITÀ:</b>	< 50%	<b>COPERTURA<sub>TOT</sub>:</b>	16%
				<b>COPERTURA<sub>INV</sub>:</b>	0%

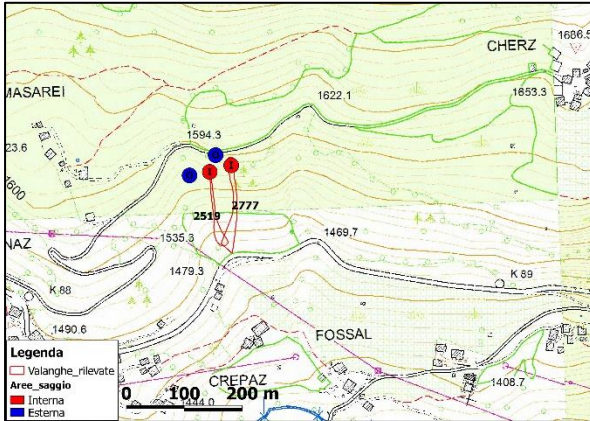
COMPOSIZIONE SPECIFICA				
Specie	Presenza %	Fusti/ha	G %	G [m <sup>2</sup> /ha]
<i>Acer pseudoplatanus</i>	53	170	31,0	6,42
<i>Picea abies</i>	41	132	68,7	14,21
<i>Sorbus aucuparia</i>	6	19	0,3	0,05
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
<b>Totale</b>	<b>100</b>	<b>320</b>	<b>100</b>	<b>20,68</b>



<b>AREA BASIMETRICA:</b>	20,68 m <sup>2</sup> /ha	<b>DIAMETRO<sub>MEDIO</sub>:</b>	25,2 cm	<b>RINN<sub>TOT</sub>:</b>	10.000 piante/ha
--------------------------	--------------------------	----------------------------------	---------	----------------------------	------------------

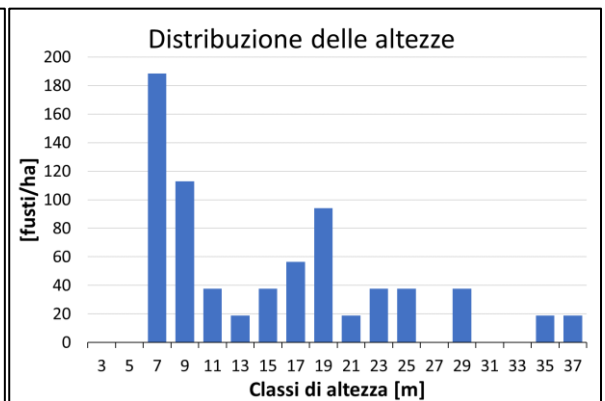
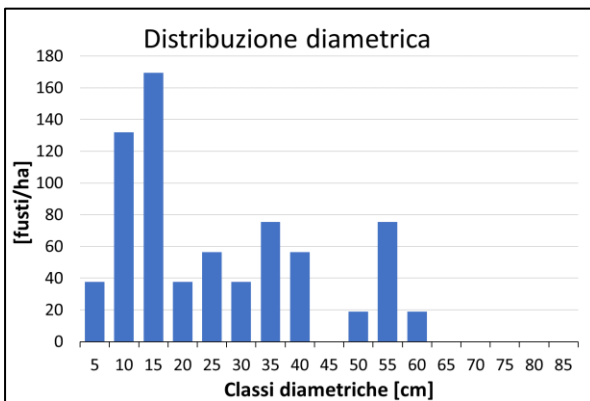
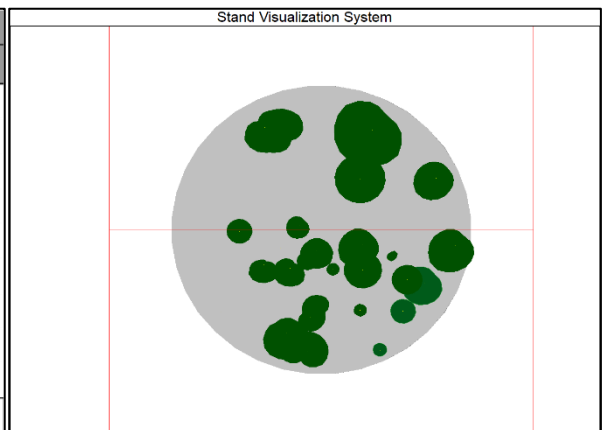
**NOTE:** Strato erbaceo-arbustivo diffuso (*Urtica dioica*, *Rubus idaeus* e *Ribes alpinum*).

<b>NOME:</b>	Costacia	<b>ID MOD7:</b>	2519	<b>AREA:</b>	CONTROLLO
--------------	----------	-----------------	------	--------------	-----------



<b>QUOTA:</b>	1584 m s.l.m.	<b>PENDENZA:</b>	34,0°	<b>ESPOSIZIONE:</b>	123,0 °N
<b>ANNO:</b>	2014	<b>H<sub>NEVE</sub>:</b>	154 cm	<b>TIPO<sub>FOR</sub> (PREV):</b>	pecceta
<b>SUPERFICIE:</b>	530,9 m <sup>2</sup>	<b>ACCIDENTALITÀ:</b>	< 50%	<b>COPERTURA<sub>TOT</sub>:</b>	24%
				<b>COPERTURA<sub>INV</sub>:</b>	24%

COMPOSIZIONE SPECIFICA				
Specie	Presenza %	Fusti/ha	G %	G [m <sup>2</sup> /ha]
<i>Picea abies</i>	71	509	95,0	49,35
<i>Fraxinus excelsior</i>	29	207	5,0	2,58
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
<b>Totale</b>	<b>100</b>	<b>716</b>	<b>100</b>	<b>51,92</b>

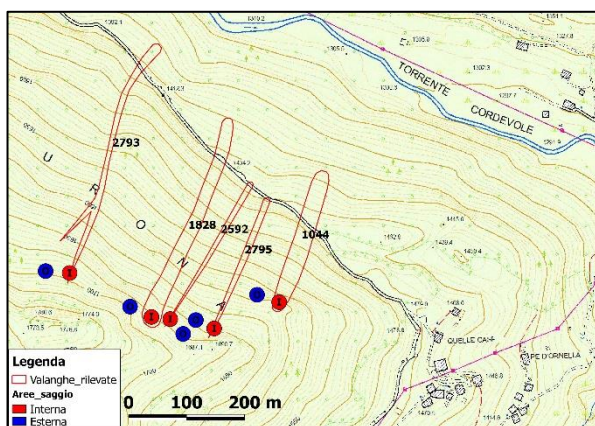


<b>AREA BASIMETRICA:</b>	51,92 m <sup>2</sup> /ha	<b>DIAMETRO<sub>MEDIO</sub>:</b>	25,8 cm	<b>RINN<sub>TOT</sub>:</b>	26.471 piante/ha
--------------------------	--------------------------	----------------------------------	---------	----------------------------	------------------

**NOTE:** Strato erbaceo ricco in leguminose.

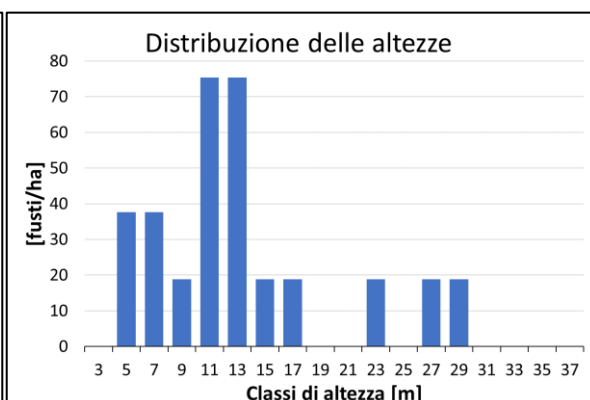
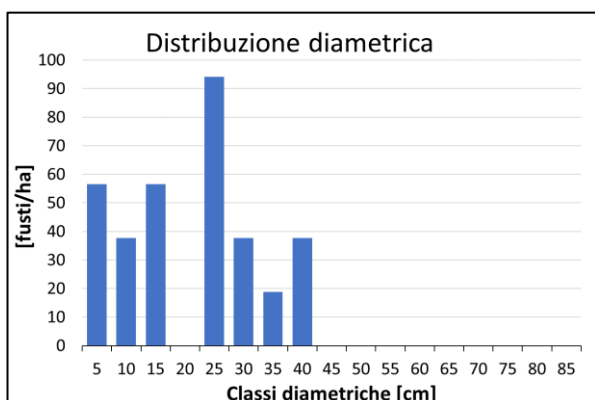
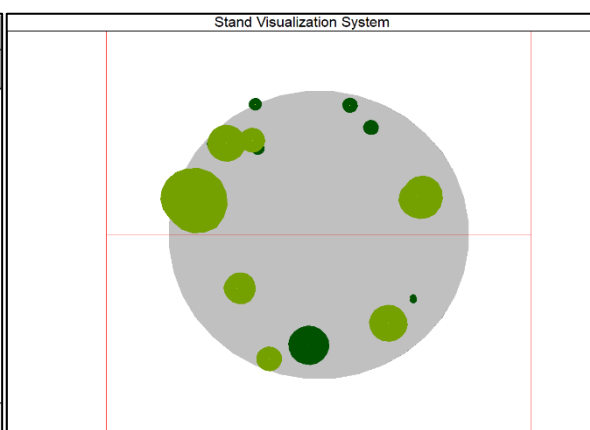


<b>NOME:</b>	Bosco d'Aurona 7	<b>ID MOD7:</b>	2592	<b>AREA:</b>	DISTACCO
--------------	------------------	-----------------	------	--------------	----------



<b>QUOTA:</b>	1692 m s.l.m.	<b>PENDENZA:</b>	40,0°	<b>ESPOSIZIONE:</b>	40,0 °N
<b>ANNO:</b>	2014	<b>H<sub>NEVE</sub>:</b>	281 cm	<b>TIPO<sub>FOR</sub> (PREV):</b>	lariceto
<b>SUPERFICIE:</b>	530,9 m <sup>2</sup>	<b>ACCIDENTALITÀ:</b>	< 50%	<b>COPERTURA<sub>TOT</sub>:</b>	7%
				<b>COPERTURA<sub>INV</sub>:</b>	1%

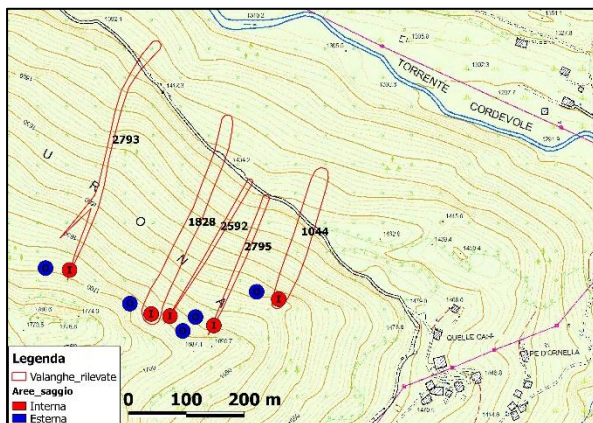
COMPOSIZIONE SPECIFICA				
Specie	Presenza %	Fusti/ha	G %	G [m <sup>2</sup> /ha]
<i>Picea abies</i>	61	207	38,5	5,63
<i>Larix decidua</i>	39	132	61,5	8,98
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
<b>Totale</b>	<b>100</b>	<b>339</b>	<b>100</b>	<b>14,61</b>



<b>AREA BASIMETRICA:</b>	14,61 m <sup>2</sup> /ha	<b>DIAMETRO<sub>MEDIO</sub>:</b>	20,8 cm	<b>RINN<sub>TOT</sub>:</b>	38.627 piante/ha
--------------------------	--------------------------	----------------------------------	---------	----------------------------	------------------

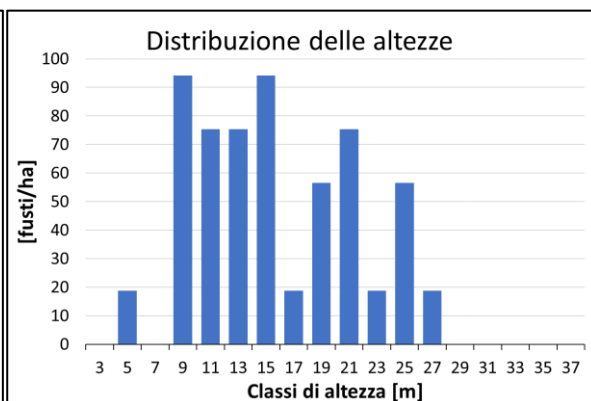
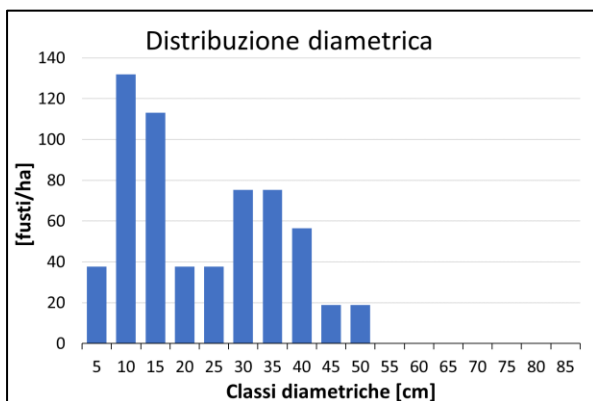
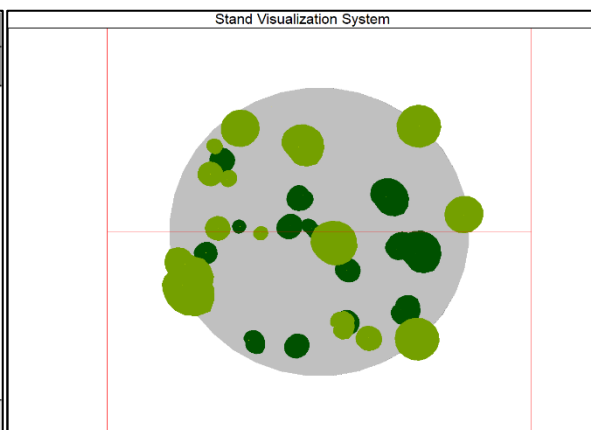
**NOTE:**

<b>NOME:</b>	Bosco d'Aurona 7	<b>ID MOD7:</b>	2592	<b>AREA:</b>	CONTROLLO
--------------	------------------	-----------------	------	--------------	-----------



<b>QUOTA:</b>	1707 m s.l.m.	<b>PENDENZA:</b>	45,0°	<b>ESPOSIZIONE:</b>	56,0 °N
<b>ANNO:</b>	2014	<b>H<sub>NEVE</sub>:</b>	281 cm	<b>TIPO<sub>FOR</sub> (PREV):</b>	pecceta
<b>SUPERFICIE:</b>	530,9 m <sup>2</sup>	<b>ACCIDENTALITÀ:</b>	< 50%	<b>COPERTURA<sub>TOT</sub>:</b>	29%
				<b>COPERTURA<sub>INV</sub>:</b>	15%

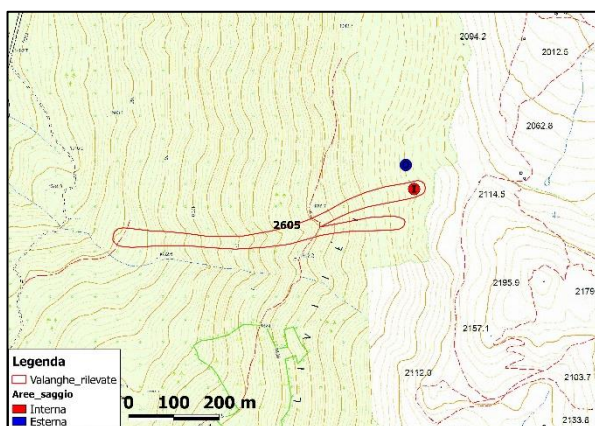
COMPOSIZIONE SPECIFICA				
Specie	Presenza %	Fusti/ha	G %	G [m <sup>2</sup> /ha]
<i>Larix decidua</i>	50	301	45,7	14,95
<i>Picea abies</i>	50	301	54,3	17,76
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
<b>Totale</b>	<b>100</b>	<b>603</b>	<b>100</b>	<b>32,71</b>



<b>AREA BASIMETRICA:</b>	32,71 m <sup>2</sup> /ha	<b>DIAMETRO<sub>MEDIO</sub>:</b>	23,1 cm	<b>RINN<sub>TOT</sub>:</b>	12.353 piante/ha
--------------------------	--------------------------	----------------------------------	---------	----------------------------	------------------

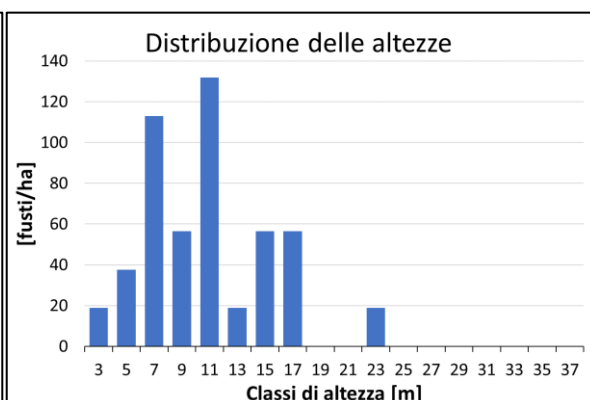
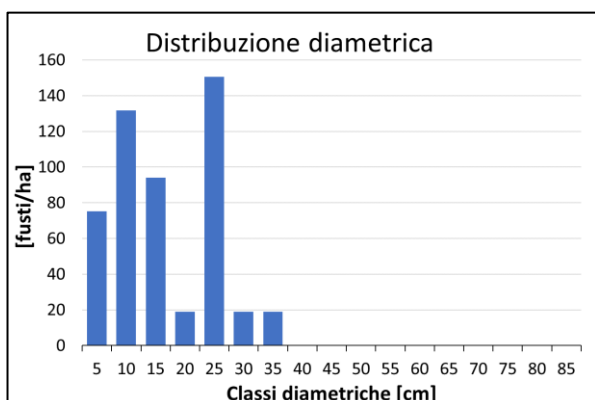
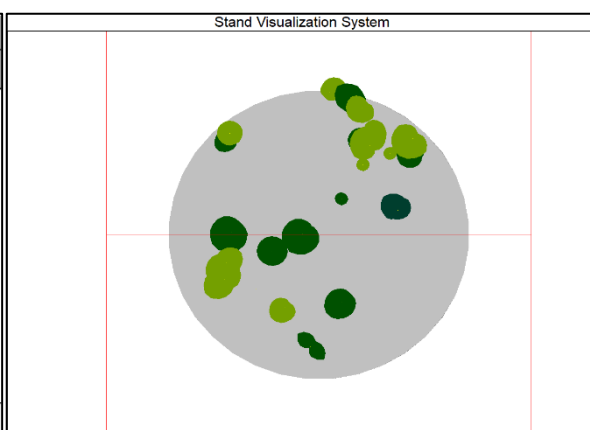
**NOTE:** -

<b>NOME:</b>	Prè dei Livinei	<b>ID MOD7:</b>	2605	<b>AREA:</b>	DISTACCO
--------------	-----------------	-----------------	------	--------------	----------



<b>QUOTA:</b>	2006 m s.l.m.	<b>PENDENZA:</b>	47,5°	<b>ESPOSIZIONE:</b>	242,0 °N
<b>ANNO:</b>	2014	<b>H<sub>NEVE</sub>:</b>	281 cm	<b>TIPO<sub>FOR</sub> (PREV):</b>	pecceta
<b>SUPERFICIE:</b>	530,9 m <sup>2</sup>	<b>ACCIDENTALITÀ:</b>	assente	<b>COPERTURA<sub>TOT</sub>:</b>	13%
				<b>COPERTURA<sub>INV</sub>:</b>	9%

COMPOSIZIONE SPECIFICA				
Specie	Presenza %	Fusti/ha	G %	G [m <sup>2</sup> /ha]
<i>Picea abies</i>	48	245	54,1	7,92
<i>Larix decidua</i>	44	226	42,9	6,29
<i>Pinus cembra</i>	7	38	2,9	0,43
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
<b>Totale</b>	<b>100</b>	<b>509</b>	<b>100</b>	<b>14,63</b>

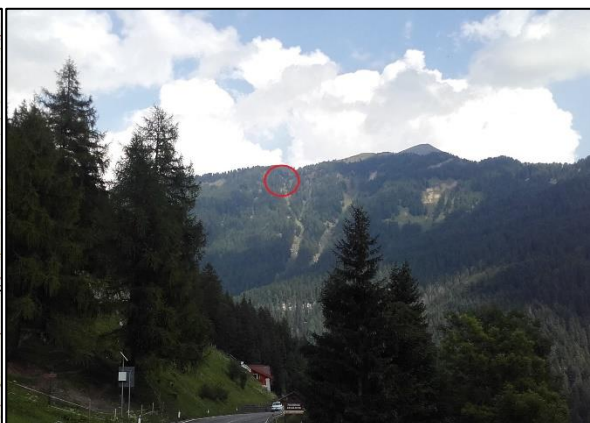
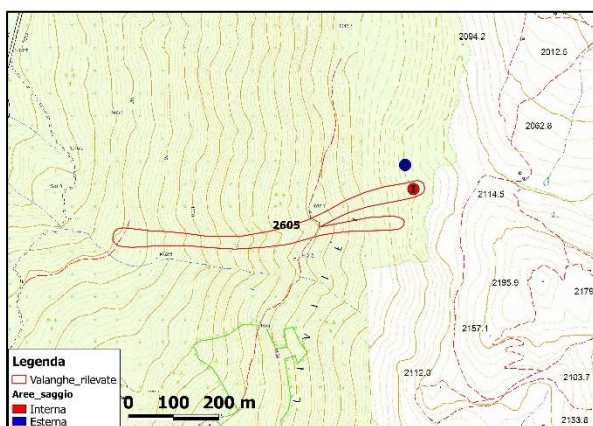


<b>AREA BASIMETRICA:</b>	14,63 m <sup>2</sup> /ha	<b>DIAMETRO<sub>MEDIO</sub>:</b>	16,9 cm	<b>RINN<sub>TOT</sub>:</b>	3529 piante/ha
--------------------------	--------------------------	----------------------------------	---------	----------------------------	----------------

**NOTE:** Abbondante presenza di strato erbaceo liscio, combinato ad un'elevata pendenza.

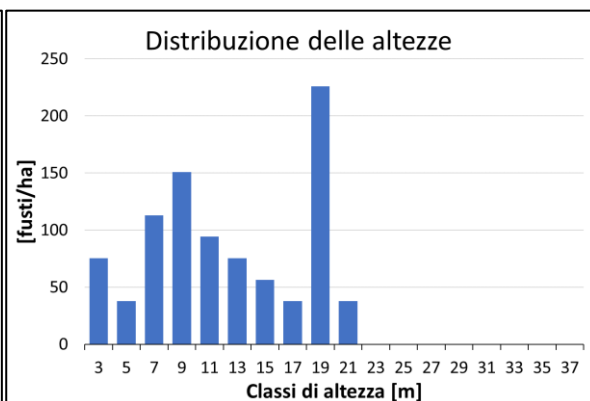
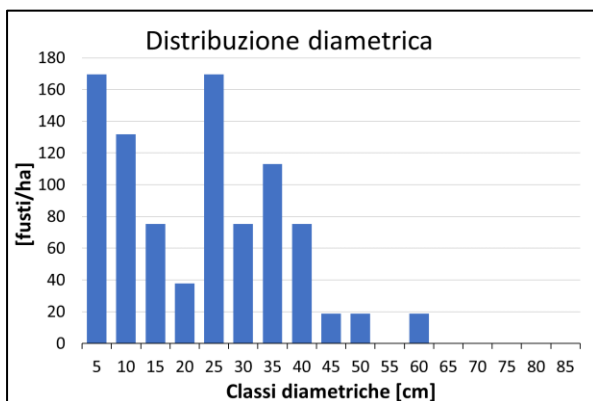
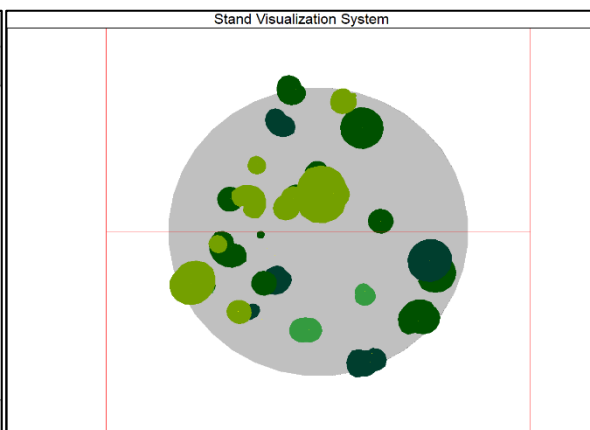


<b>NOME:</b>	Prè dei Livinei	<b>ID MOD7:</b>	2605	<b>AREA:</b>	CONTROLLO
--------------	-----------------	-----------------	------	--------------	-----------



<b>QUOTA:</b>	2013 m s.l.m.	<b>PENDENZA:</b>	43,0°	<b>ESPOSIZIONE:</b>	256,0 °N
<b>ANNO:</b>	2014	<b>H<sub>NEVE</sub>:</b>	281 cm	<b>TIPO<sub>FOR</sub> (PREV):</b>	lariceto
<b>SUPERFICIE:</b>	530,9 m <sup>2</sup>	<b>ACCIDENTALITÀ:</b>	assente	<b>COPERTURA<sub>TOT</sub>:</b>	18%
				<b>COPERTURA<sub>INV</sub>:</b>	9%

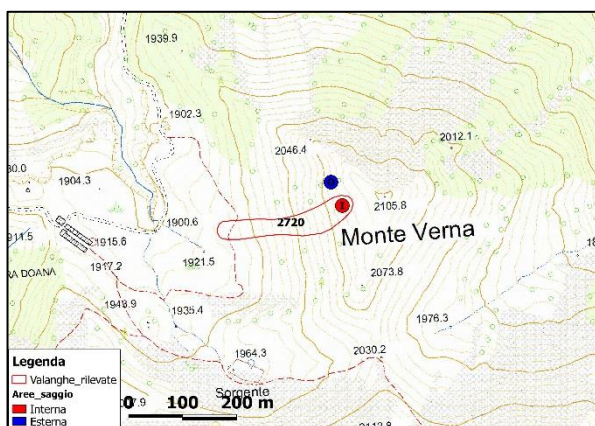
COMPOSIZIONE SPECIFICA				
Specie	Presenza %	Fusti/ha	G %	G [m <sup>2</sup> /ha]
<i>Larix decidua</i>	35	320	44,0	21,95
<i>Picea abies</i>	35	320	33,1	16,51
<i>Pinus cembra</i>	15	132	21,7	10,82
<i>Sorbus aucuparia</i>	15	132	1,1	0,55
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
<b>Totale</b>	<b>100</b>	<b>904</b>	<b>100</b>	<b>49,83</b>



<b>AREA BASIMETRICA:</b>	49,83 m <sup>2</sup> /ha	<b>DIAMETRO<sub>MEDIO</sub>:</b>	22,7 cm	<b>RINN<sub>TOT</sub>:</b>	8824 piante/ha
--------------------------	--------------------------	----------------------------------	---------	----------------------------	----------------

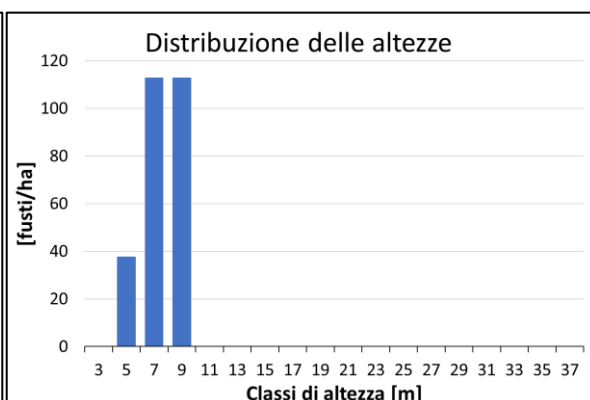
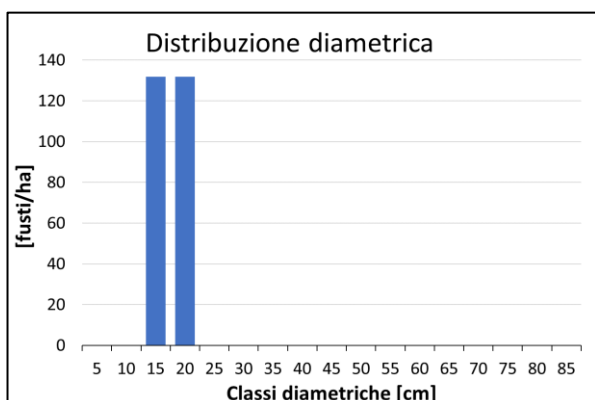
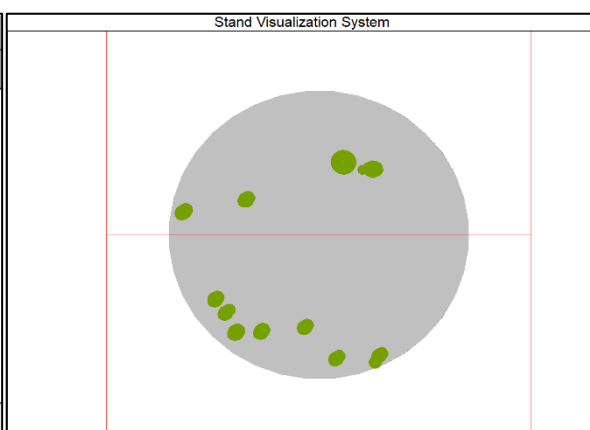
**NOTE:** -

<b>NOME:</b>	Monte Col Rosolo 3	<b>ID MOD7:</b>	2720	<b>AREA:</b>	DISTACCO
--------------	--------------------	-----------------	------	--------------	----------



<b>QUOTA:</b>	2070 m s.l.m.	<b>PENDENZA:</b>	35,0°	<b>ESPOSIZIONE:</b>	243,0 °N
<b>ANNO:</b>	2014	<b>H<sub>NEVE</sub>:</b>	281 cm	<b>TIPO<sub>FOR</sub> (PREV):</b>	lariceto
<b>SUPERFICIE:</b>	530,9 m <sup>2</sup>	<b>ACCIDENTALITÀ:</b>	assente	<b>COPERTURA<sub>TOT</sub>:</b>	4%
				<b>COPERTURA<sub>INV</sub>:</b>	0%

COMPOSIZIONE SPECIFICA				
Specie	Presenza %	Fusti/ha	G %	G [m <sup>2</sup> /ha]
<i>Larix decidua</i>	100	264	100,0	6,68
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
<b>Totale</b>	<b>100</b>	<b>264</b>	<b>100</b>	<b>6,68</b>

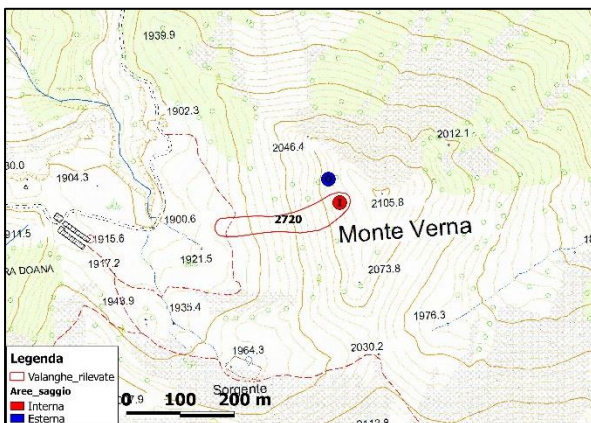


<b>AREA BASIMETRICA:</b>	6,68 m <sup>2</sup> /ha	<b>DIAMETRO<sub>MEDIO</sub>:</b>	17,8 cm	<b>RINN<sub>TOT</sub>:</b>	392 piante/ha
--------------------------	-------------------------	----------------------------------	---------	----------------------------	---------------

**NOTE:** Abbondante presenza di strato erbaceo liscio.

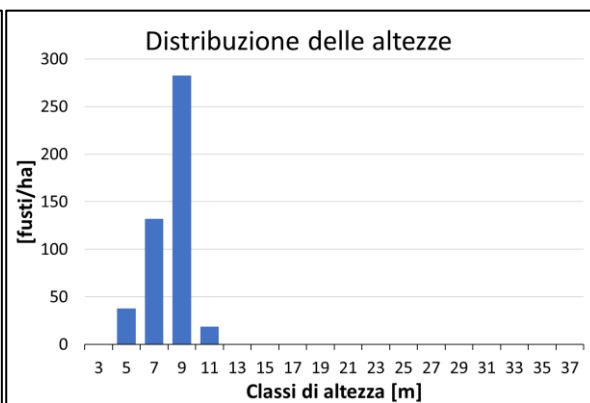
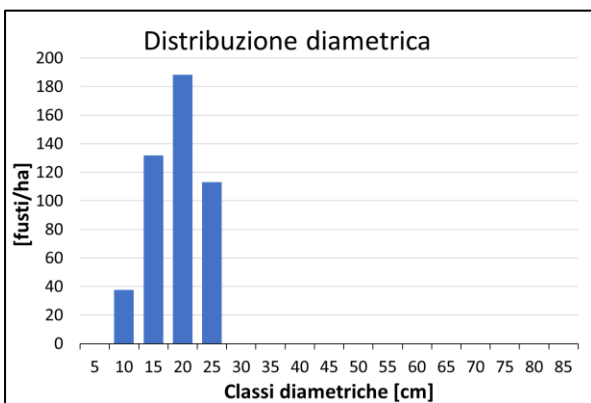
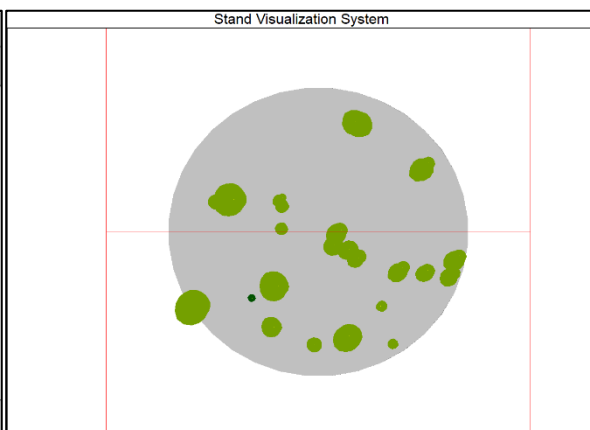


<b>NOME:</b>	Monte Col Rosolo 3	<b>ID MOD7:</b>	2720	<b>AREA:</b>	CONTROLLO
--------------	--------------------	-----------------	------	--------------	-----------



<b>QUOTA:</b>	2078 m s.l.m.	<b>PENDENZA:</b>	35,0°	<b>ESPOSIZIONE:</b>	267,0 °N
<b>ANNO:</b>	2014	<b>H<sub>NEVE</sub>:</b>	281 cm	<b>TIPO<sub>FOR</sub> (PREV):</b>	lariceto
<b>SUPERFICIE:</b>	530,9 m <sup>2</sup>	<b>ACCIDENTALITÀ:</b>	assente	<b>COPERTURA<sub>TOT</sub>:</b>	7%
				<b>COPERTURA<sub>INV</sub>:</b>	0%

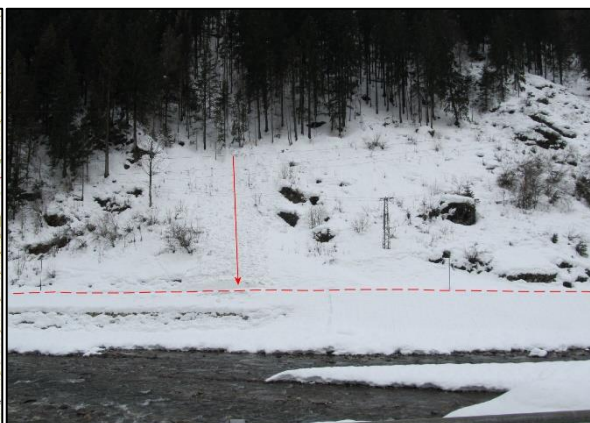
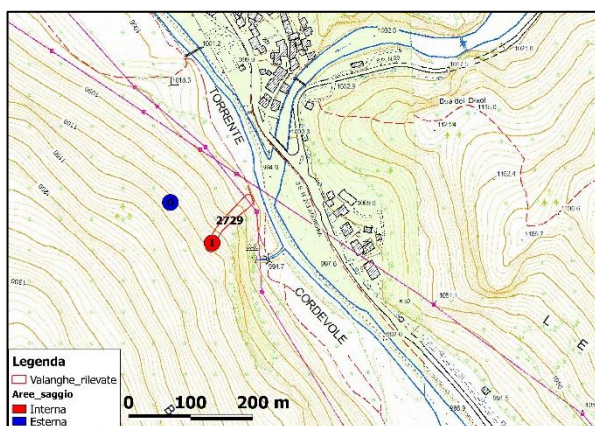
COMPOSIZIONE SPECIFICA				
Specie	Presenza %	Fusti/ha	G %	G [m <sup>2</sup> /ha]
<i>Larix decidua</i>	96	452	98,9	13,90
<i>Picea abies</i>	4	19	1,1	0,15
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
<b>Totale</b>	<b>100</b>	<b>471</b>	<b>100</b>	<b>14,04</b>



<b>AREA BASIMETRICA:</b>	14,04 m <sup>2</sup> /ha	<b>DIAMETRO<sub>MEDIO</sub>:</b>	19,0 cm	<b>RINN<sub>TOT</sub>:</b>	1961 piante/ha
--------------------------	--------------------------	----------------------------------	---------	----------------------------	----------------

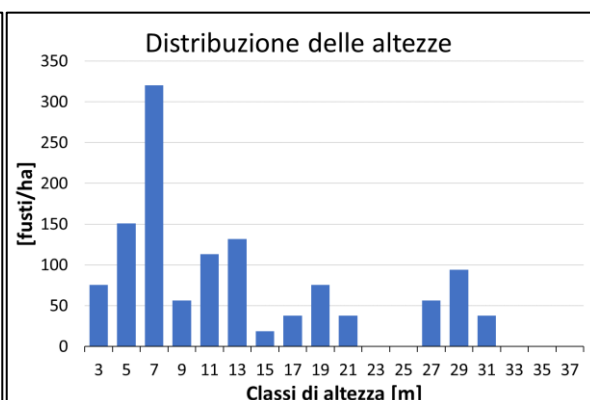
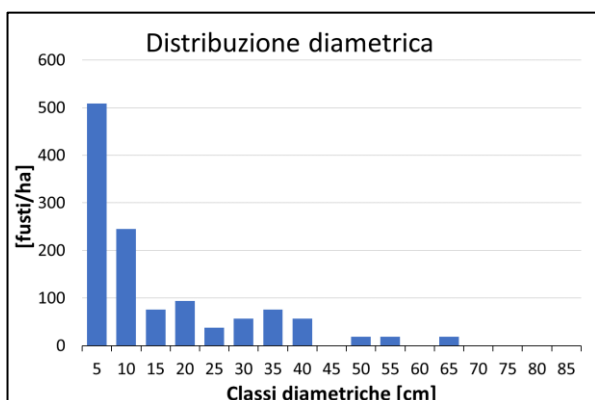
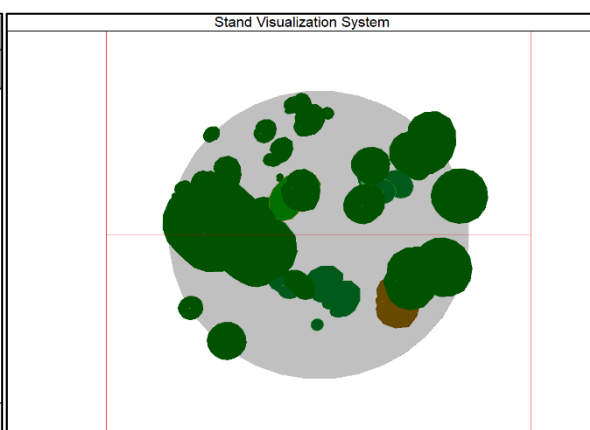
**NOTE:** Abbondante presenza di strato erbaceo liscio.

<b>NOME:</b>	Pista da fondo "Sasso Bianco"	<b>ID MOD7:</b>	2729	<b>AREA:</b>	DISTACCO
--------------	-------------------------------	-----------------	------	--------------	----------



<b>QUOTA:</b>	1106 m s.l.m.	<b>PENDENZA:</b>	46,5°	<b>ESPOSIZIONE:</b>	21,0°N
<b>ANNO:</b>	2014	<b>H<sub>NEVE</sub>:</b>	281 cm	<b>TIPO<sub>FOR</sub> (PREV):</b>	pecceta
<b>SUPERFICIE:</b>	530,9 m <sup>2</sup>	<b>ACCIDENTALITÀ:</b>	< 50%	<b>COPERTURA<sub>TOT</sub>:</b>	79%
				<b>COPERTURA<sub>INV</sub>:</b>	62%

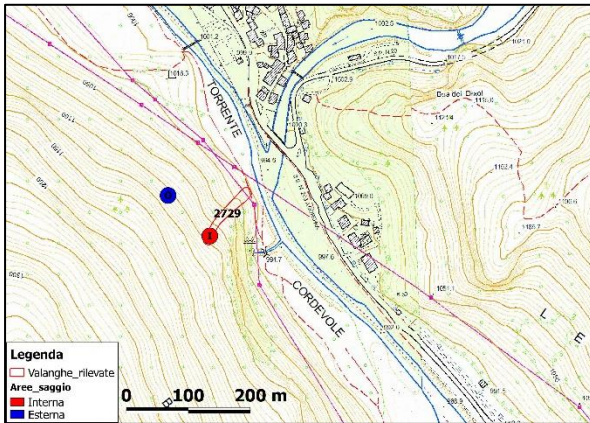
COMPOSIZIONE SPECIFICA				
Specie	Presenza %	Fusti/ha	G %	G [m <sup>2</sup> /ha]
<i>Picea abies</i>	47	565	90,3	37,74
<i>Corylus avellana</i>	41	490	2,1	0,90
<i>Fraxinus excelsior</i>	6	75	1,6	0,67
<i>Acer pseudoplatanus</i>	2	19	1,7	0,72
<i>Larix decidua</i>	2	19	2,8	1,16
<i>Sorbus aucuparia</i>	2	19	0,1	0,04
<i>Ulmus glabra</i>	2	19	1,4	0,59
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
<b>Totale</b>	<b>100</b>	<b>1205</b>	<b>100</b>	<b>41,80</b>



<b>AREA BASIMETRICA:</b>	41,80 m <sup>2</sup> /ha	<b>DIAMETRO<sub>MEDIO</sub>:</b>	15,5 cm	<b>RINN<sub>TOT</sub>:</b>	16.078 piante/ha
--------------------------	--------------------------	----------------------------------	---------	----------------------------	------------------

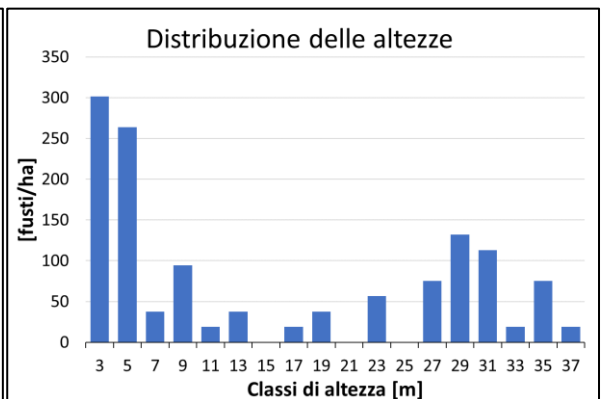
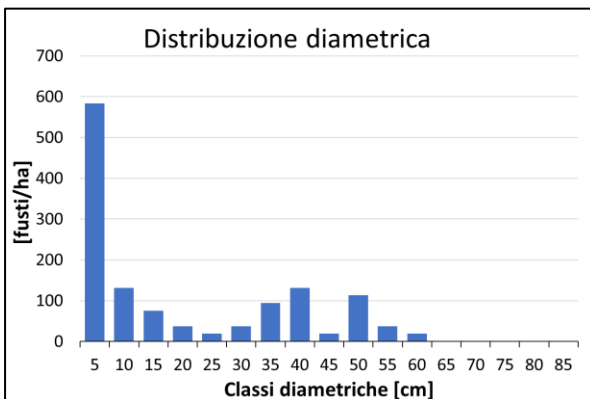
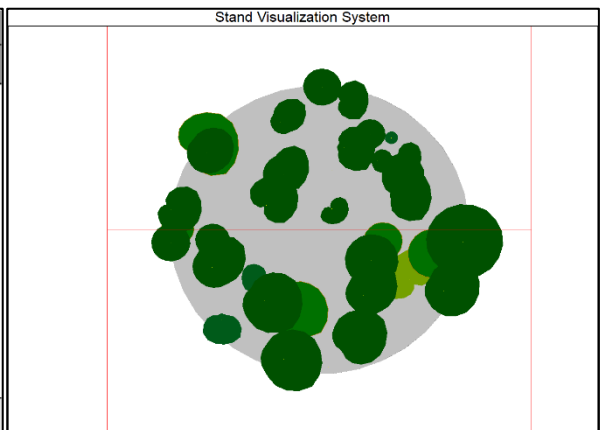
**NOTE:** Presente salto di roccia a monte della zona di distacco. Presenti alcune piante colpite da bostrico e con *Fomes sp.p.* Presenti 4 individui di *Picea abies* schiantati non recentemente (8-10 anni prima dell'evento).

<b>NOME:</b>	Pista da fondo "Sasso Bianco"	<b>ID MOD7:</b>	2729	<b>AREA:</b>	CONTROLLO
--------------	-------------------------------	-----------------	------	--------------	-----------



<b>QUOTA:</b>	1095 m s.l.m.	<b>PENDENZA:</b>	40,5°	<b>ESPOSIZIONE:</b>	62,0 °N
<b>ANNO:</b>	2014	<b>H<sub>NEVE</sub>:</b>	281 cm	<b>TIPO<sub>FOR</sub> (PREV):</b>	pecceta
<b>SUPERFICIE:</b>	530,9 m <sup>2</sup>	<b>ACCIDENTALITÀ:</b>	< 50%	<b>COPERTURA<sub>TOT</sub>:</b>	74%
				<b>COPERTURA<sub>INV</sub>:</b>	67%

COMPOSIZIONE SPECIFICA				
Specie	Presenza %	Fusti/ha	G %	G [m <sup>2</sup> /ha]
<i>Corylus avellana</i>	43	565	1,4	1,03
<i>Picea abies</i>	43	565	96,8	71,55
<i>Acer pseudoplatanus</i>	9	113	1,3	0,97
<i>Tilia cordata</i>	3	38	0,3	0,21
<i>Fraxinus excelsior</i>	1	19	0,2	0,12
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
<b>Totale</b>	<b>100</b>	<b>1300</b>	<b>100</b>	<b>73,88</b>

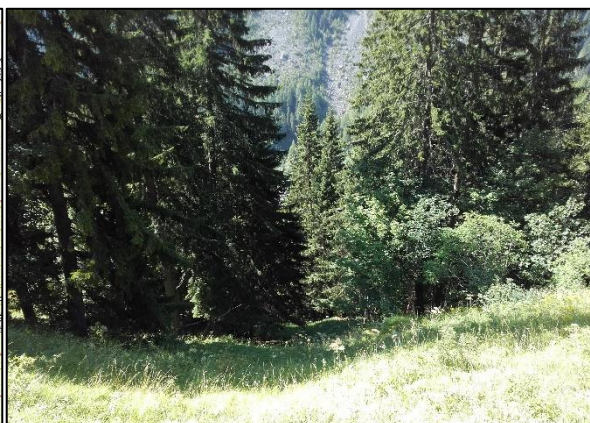
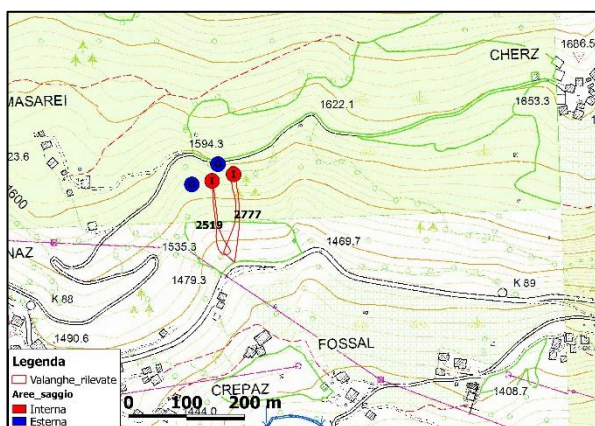


<b>AREA BASIMETRICA:</b>	73,88 m <sup>2</sup> /ha	<b>DIAMETRO<sub>MEDIO</sub>:</b>	20,0 cm	<b>RINN<sub>TOT</sub>:</b>	21.373 piante/ha
--------------------------	--------------------------	----------------------------------	---------	----------------------------	------------------

**NOTE:** Presenti numerosi schianti non recenti (di 8-10 anni prima). Salto di roccia a monte dell'area di saggio. Notata sporadica presenza di individui colpiti da carie cubica.

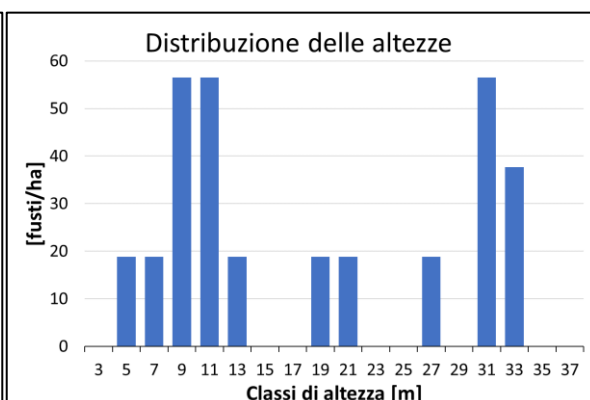
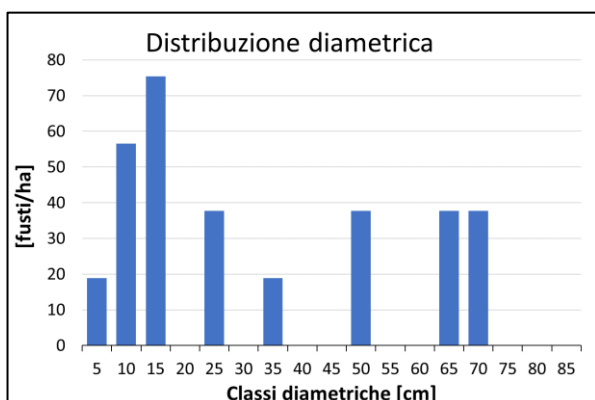
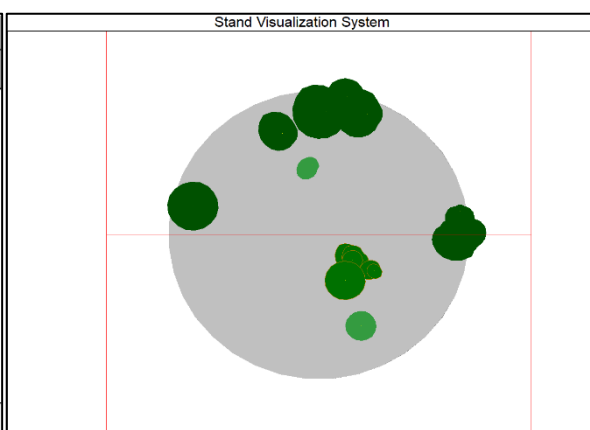


<b>NOME:</b>	Costacia	<b>ID MOD7:</b>	2777	<b>AREA:</b>	DISTACCO
--------------	----------	-----------------	------	--------------	----------



<b>QUOTA:</b>	1582 m s.l.m.	<b>PENDENZA:</b>	39,0°	<b>ESPOSIZIONE:</b>	174,0 °N
<b>ANNO:</b>	2015	<b>H<sub>NEVE</sub>:</b>	75 cm	<b>TIPO<sub>FOR</sub> (PREV):</b>	pecceta
<b>SUPERFICIE:</b>	530,9 m <sup>2</sup>	<b>ACCIDENTALITÀ:</b>	< 50%	<b>COPERTURA<sub>TOT</sub>:</b>	8%
				<b>COPERTURA<sub>INV</sub>:</b>	1%

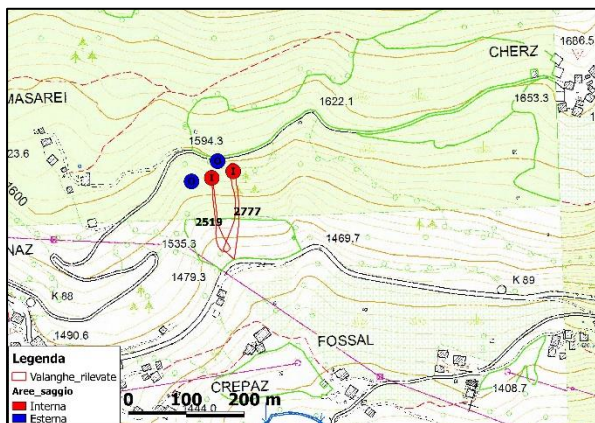
COMPOSIZIONE SPECIFICA				
Specie	Presenza %	Fusti/ha	G %	G [m <sup>2</sup> /ha]
<i>Picea abies</i>	53	170	93,9	37,95
<i>Acer pseudoplatanus</i>	35	113	5,1	2,08
<i>Sorbus aucuparia</i>	12	38	1,0	0,39
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
<b>Totale</b>	<b>100</b>	<b>320</b>	<b>100</b>	<b>40,42</b>



<b>AREA BASIMETRICA:</b>	40,42 m <sup>2</sup> /ha	<b>DIAMETRO<sub>MEDIO</sub>:</b>	32,7 cm	<b>RINN<sub>TOT</sub>:</b>	11.569 piante/ha
--------------------------	--------------------------	----------------------------------	---------	----------------------------	------------------

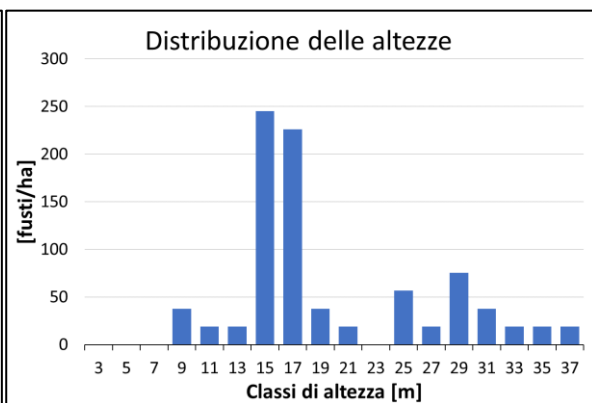
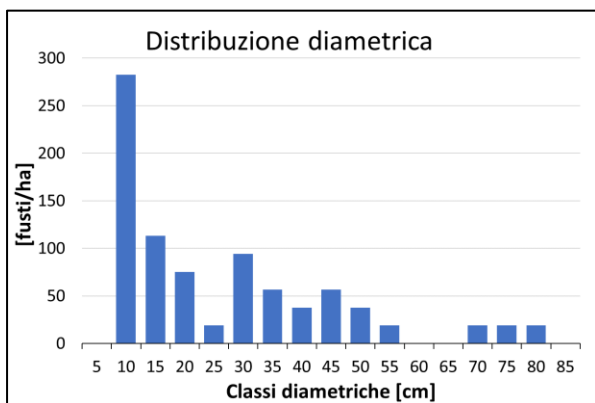
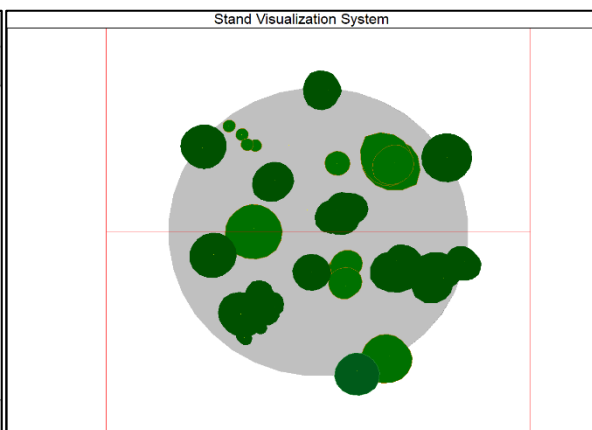
**NOTE:** Strato arbustivo a *Rubus idaeus* con copertura al 30%.

<b>NOME:</b>	Costacia	<b>ID MOD7:</b>	2777	<b>AREA:</b>	CONTROLLO
--------------	----------	-----------------	------	--------------	-----------



<b>QUOTA:</b>	1568 m s.l.m.	<b>PENDENZA:</b>	35,0°	<b>ESPOSIZIONE:</b>	188,0 °N
<b>ANNO:</b>	2015	<b>H<sub>NEVE</sub>:</b>	75 cm	<b>TIPO<sub>FOR</sub> (PREV):</b>	pecceta
<b>SUPERFICIE:</b>	530,9 m <sup>2</sup>	<b>ACCIDENTALITÀ:</b>	< 50%	<b>COPERTURA<sub>TOT</sub>:</b>	34%
				<b>COPERTURA<sub>INV</sub>:</b>	20%

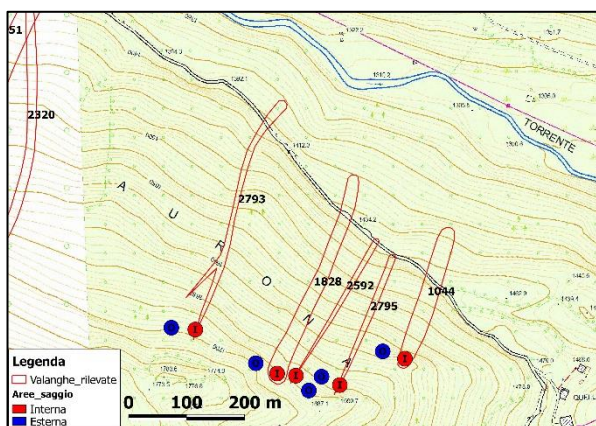
COMPOSIZIONE SPECIFICA				
Specie	Presenza %	Fusti/ha	G %	G [m <sup>2</sup> /ha]
<i>Acer pseudoplatanus</i>	51	433	16,5	11,55
<i>Picea abies</i>	38	320	82,9	58,19
<i>Fraxinus excelsior</i>	11	94	0,7	0,47
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
<b>Totale</b>	<b>100</b>	<b>848</b>	<b>100</b>	<b>70,21</b>



<b>AREA BASIMETRICA:</b>	70,21 m <sup>2</sup> /ha	<b>DIAMETRO<sub>MEDIO</sub>:</b>	26,4 cm	<b>RINN<sub>TOT</sub>:</b>	40.980 piante/ha
--------------------------	--------------------------	----------------------------------	---------	----------------------------	------------------

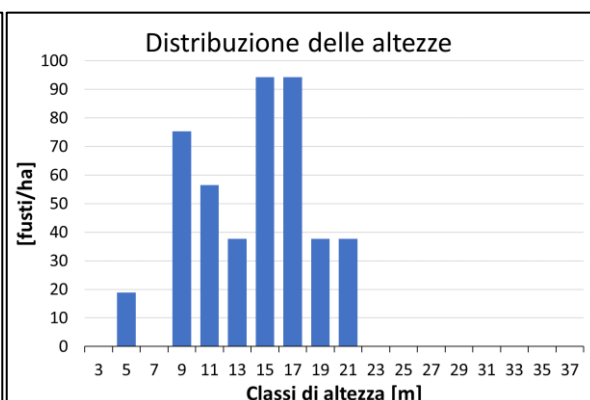
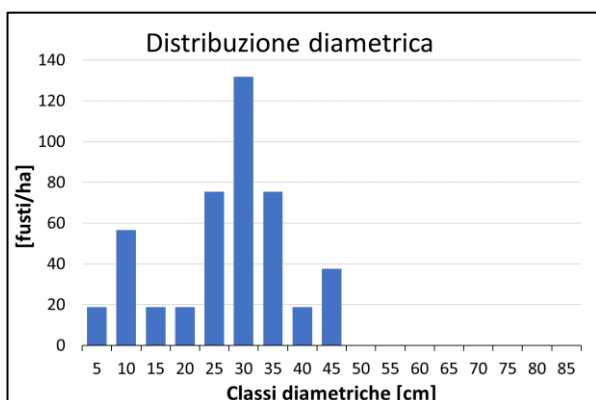
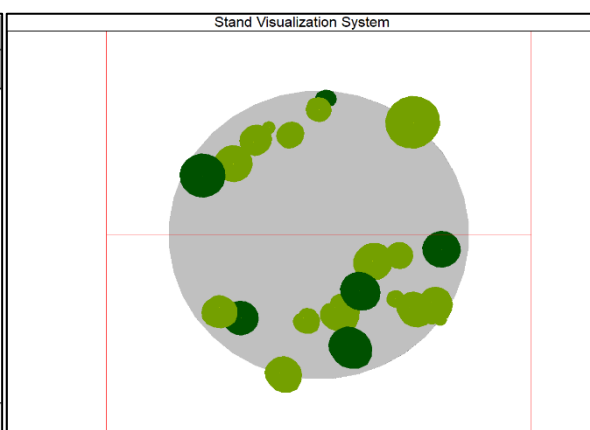
**NOTE:** -

<b>NOME:</b>	Bosco d'Aurona 4	<b>ID MOD7:</b>	2793	<b>AREA:</b>	DISTACCO
--------------	------------------	-----------------	------	--------------	----------



<b>QUOTA:</b>	1725 m s.l.m.	<b>PENDENZA:</b>	42,0°	<b>ESPOSIZIONE:</b>	26,5 °N
<b>ANNO:</b>	2015	<b>H<sub>NEVE</sub>:</b>	85 cm	<b>TIPO<sub>FOR</sub> (PREV):</b>	lariceto
<b>SUPERFICIE:</b>	530,9 m <sup>2</sup>	<b>ACCIDENTALITÀ:</b>	< 50%	<b>COPERTURA<sub>TOT</sub>:</b>	16%
				<b>COPERTURA<sub>INV</sub>:</b>	4%

COMPOSIZIONE SPECIFICA				
Specie	Presenza %	Fusti/ha	G %	G [m <sup>2</sup> /ha]
<i>Larix decidua</i>	75	339	66,9	19,76
<i>Picea abies</i>	25	113	33,1	9,76
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
<b>Totale</b>	<b>100</b>	<b>452</b>	<b>100</b>	<b>29,52</b>



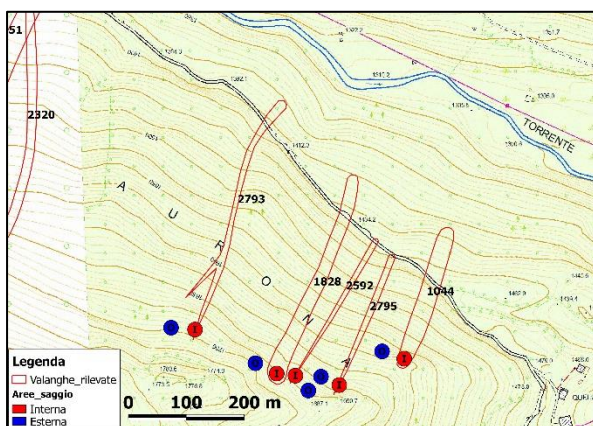
<b>AREA BASIMETRICA:</b>	29,52 m <sup>2</sup> /ha	<b>DIAMETRO<sub>MEDIO</sub>:</b>	27,1 cm	<b>RINN<sub>TOT</sub>:</b>	11.373 piante/ha
--------------------------	--------------------------	----------------------------------	---------	----------------------------	------------------

**NOTE:**

Salto di roccia a monte della zona di distacco.

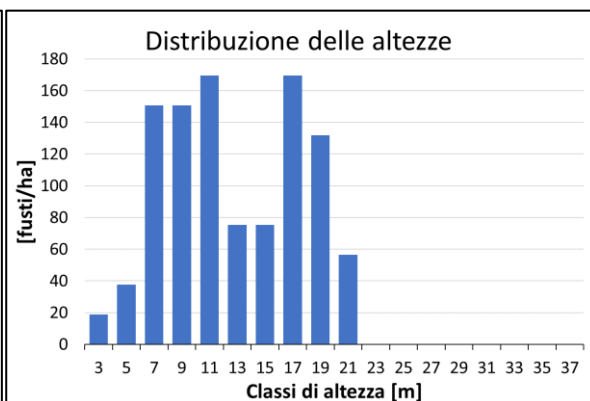
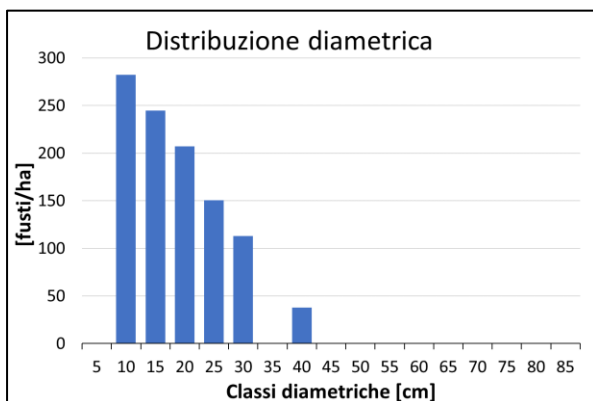
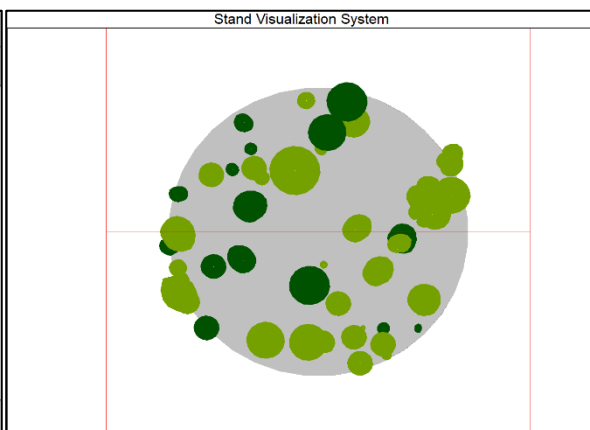


<b>NOME:</b>	Bosco d'Aurona 4	<b>ID MOD7:</b>	2793	<b>AREA:</b>	CONTROLLO
--------------	------------------	-----------------	------	--------------	-----------



<b>QUOTA:</b>	1722 m s.l.m.	<b>PENDENZA:</b>	35,0°	<b>ESPOSIZIONE:</b>	358,0 °N
<b>ANNO:</b>	2015	<b>H<sub>NEVE</sub>:</b>	85 cm	<b>TIPO<sub>FOR</sub> (PREV):</b>	lariceto
<b>SUPERFICIE:</b>	530,9 m <sup>2</sup>	<b>ACCIDENTALITÀ:</b>	> 50%	<b>COPERTURA<sub>TOT</sub>:</b>	37%
				<b>COPERTURA<sub>INV</sub>:</b>	19%

COMPOSIZIONE SPECIFICA				
Specie	Presenza %	Fusti/ha	G %	G [m <sup>2</sup> /ha]
<i>Larix decidua</i>	60	622	59,1	19,66
<i>Picea abies</i>	40	414	40,9	13,61
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
<b>Totale</b>	<b>100</b>	<b>1036</b>	<b>100</b>	<b>33,27</b>

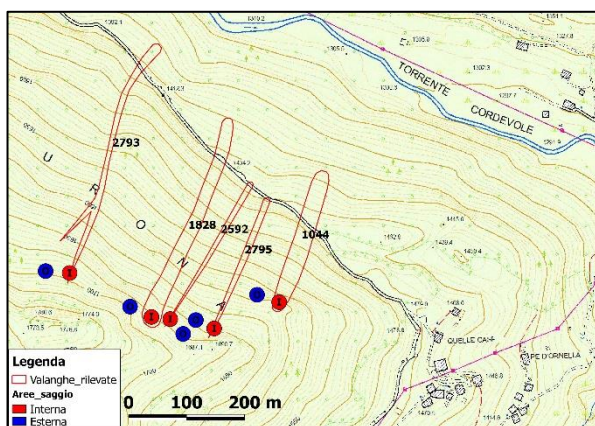


<b>AREA BASIMETRICA:</b>	33,27 m <sup>2</sup> /ha	<b>DIAMETRO<sub>MEDIO</sub>:</b>	18,7 cm	<b>RINN<sub>TOT</sub>:</b>	6863 piante/ha
--------------------------	--------------------------	----------------------------------	---------	----------------------------	----------------

**NOTE:** Forte scabrezza dovuta all'elevato numero elementi (massi) a forma irregolare, alcuni ben ricoperti da terreno e strato erbaceo, altri esposti.

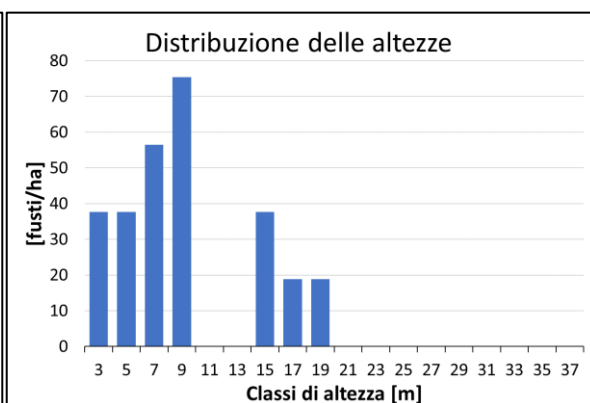
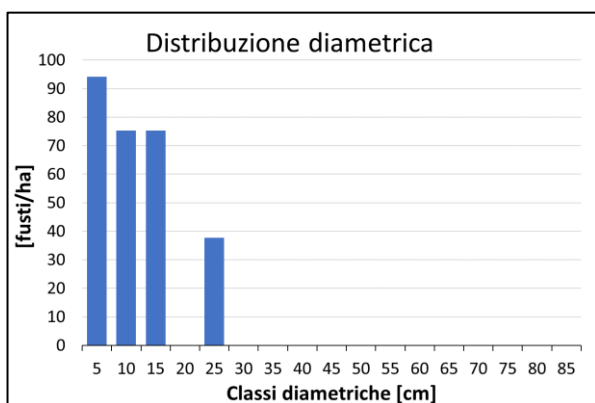
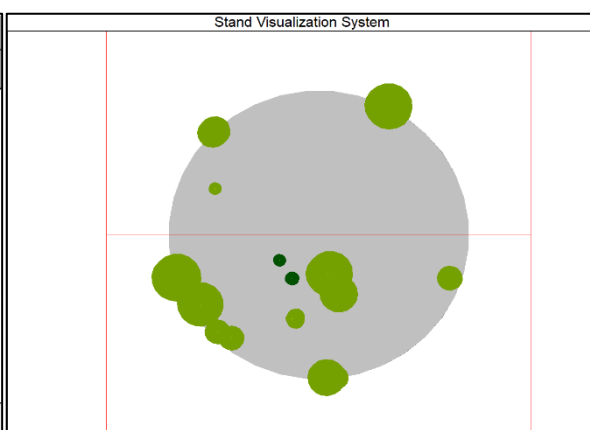


<b>NOME:</b>	Bosco d'Aurona 8	<b>ID MOD7:</b>	2795	<b>AREA:</b>	DISTACCO
--------------	------------------	-----------------	------	--------------	----------



<b>QUOTA:</b>	1652 m s.l.m.	<b>PENDENZA:</b>	46,0°	<b>ESPOSIZIONE:</b>	8,7 °N
<b>ANNO:</b>	2015	<b>H<sub>NEVE</sub>:</b>	85 cm	<b>TIPO<sub>FOR</sub> (PREV):</b>	lariceto
<b>SUPERFICIE:</b>	530,9 m <sup>2</sup>	<b>ACCIDENTALITÀ:</b>	< 50%	<b>COPERTURA<sub>TOT</sub>:</b>	10%
				<b>COPERTURA<sub>INV</sub>:</b>	1%

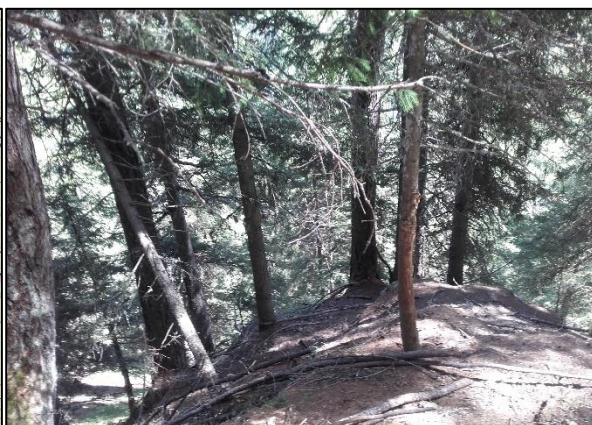
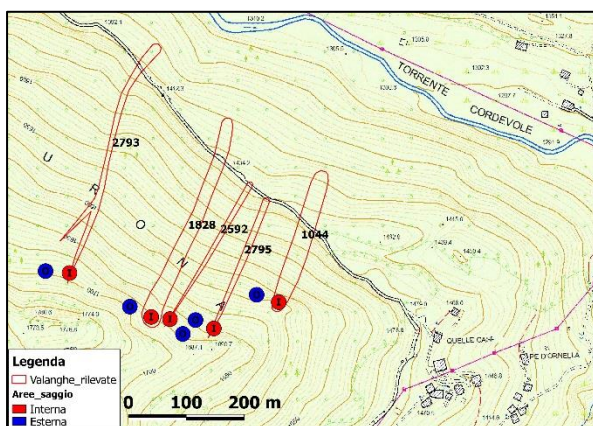
COMPOSIZIONE SPECIFICA				
Specie	Presenza %	Fusti/ha	G %	G [m <sup>2</sup> /ha]
<i>Larix decidua</i>	87	245	98,6	4,21
<i>Picea abies</i>	13	38	1,4	0,06
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
<b>Totale</b>	<b>100</b>	<b>283</b>	<b>100</b>	<b>4,27</b>



<b>AREA BASIMETRICA:</b>	4,27 m <sup>2</sup> /ha	<b>DIAMETRO<sub>MEDIO</sub>:</b>	12,0 cm	<b>RINN<sub>TOT</sub>:</b>	20.980 piante/ha
--------------------------	-------------------------	----------------------------------	---------	----------------------------	------------------

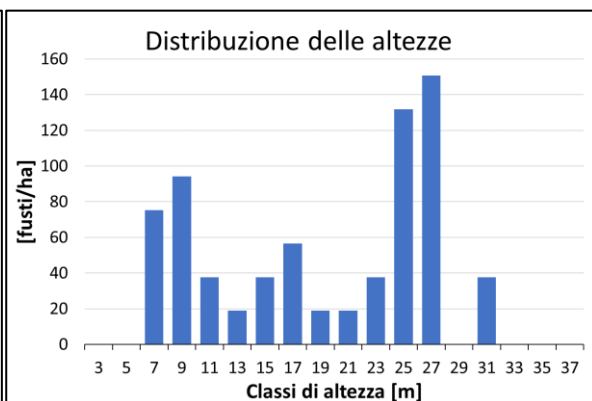
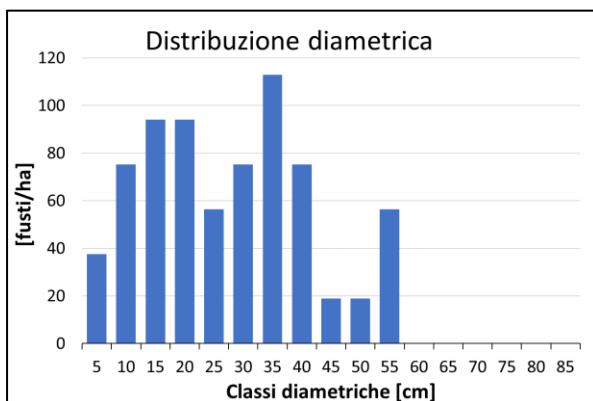
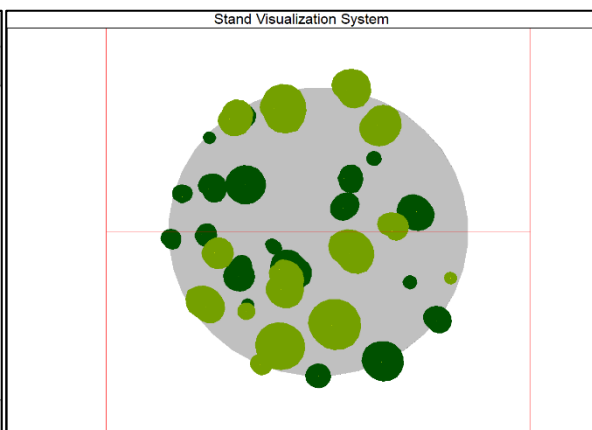
**NOTE:**

<b>NOME:</b>	Bosco d'Aurona 8	<b>ID MOD7:</b>	2795	<b>AREA:</b>	CONTROLLO
--------------	------------------	-----------------	------	--------------	-----------



<b>QUOTA:</b>	1657 m s.l.m.	<b>PENDENZA:</b>	40,0°	<b>ESPOSIZIONE:</b>	34,0 °N
<b>ANNO:</b>	2015	<b>H<sub>NEVE</sub>:</b>	85 cm	<b>TIPO<sub>FOR</sub> (PREV):</b>	lariceto
<b>SUPERFICIE:</b>	530,9 m <sup>2</sup>	<b>ACCIDENTALITÀ:</b>	< 50%	<b>COPERTURA<sub>TOT</sub>:</b>	37%
				<b>COPERTURA<sub>INV</sub>:</b>	17%

COMPOSIZIONE SPECIFICA				
Specie	Presenza %	Fusti/ha	G %	G [m <sup>2</sup> /ha]
<i>Picea abies</i>	58	414	37,1	19,88
<i>Larix decidua</i>	42	301	62,9	33,67
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
<b>Totale</b>	<b>100</b>	<b>716</b>	<b>100</b>	<b>53,55</b>



<b>AREA BASIMETRICA:</b>	53,55 m <sup>2</sup> /ha	<b>DIAMETRO<sub>MEDIO</sub>:</b>	27,4 cm	<b>RINN<sub>TOT</sub>:</b>	10.588 piante/ha
--------------------------	--------------------------	----------------------------------	---------	----------------------------	------------------

**NOTE:** -

### 3.4. Risultati delle analisi statistiche

#### 3.4.1. Aree di distacco e controllo – Totali

In questo paragrafo vengono presentati i risultati, legati ai diversi parametri analizzati, evidenziando potenziali differenze significative tra aree di distacco e aree di controllo, considerando la totalità delle valanghe rilevate, senza distinzione di categoria. Vengono quindi analizzati un totale di 21 eventi valanghivi.

- Quota

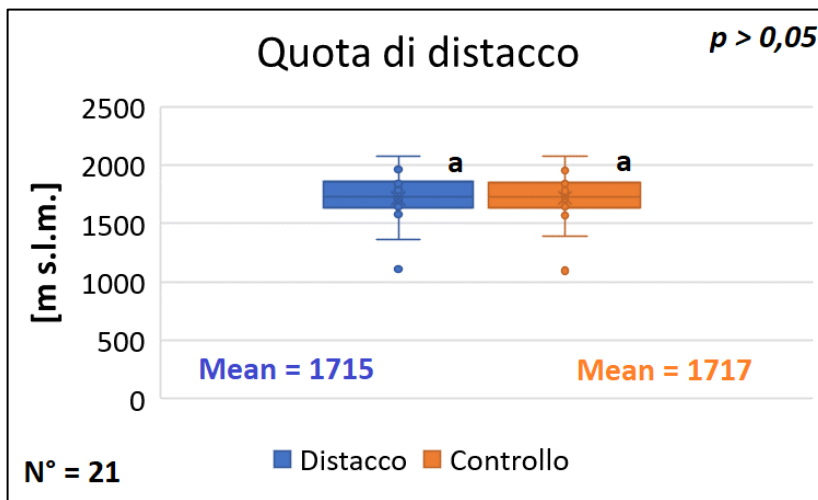


Figura 3.41 – Quota area di distacco rilevata in campo. Confronto tra aree di distacco e controllo totali. Le lettere a-a indicano che le medie sono considerate statisticamente uguali ( $p > 0,05$ ).

L’analisi delle quote tra aree di distacco e controllo indica una differenza tra le medie **non significativa** ( $p > 0,05$ ). Questo risultato conferma l’intento di questo studio di posizionare le aree di controllo in condizioni stazionali quanto più simili alle zone di distacco.

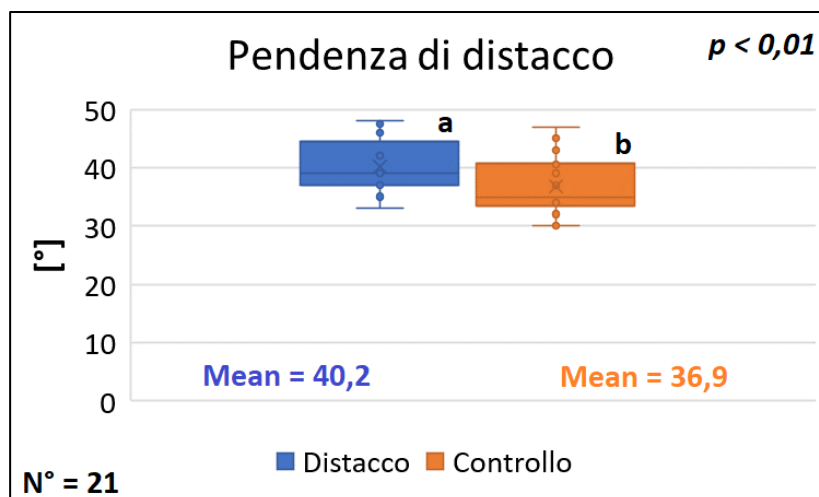
L’analisi dei dati di quota rilevati in ambiente GIS indicano invece una differenza **significativa** ( $p < 0,05$ ) tra distacco e controllo (**Figura 3.42**). Probabilmente l’analisi della quota massima di ciascuna area di saggio, che ha visto l’utilizzo di un DTM con celle di lato 5 m, ha portato a dei risultati non sufficientemente precisi.

Quota [m s.l.m.] *		
Distacco	1717 (a)	$p < 0,05$
Controllo	1715 (b)	

Figura 3.42 – Quote medie per aree di distacco e controllo. Valori riferiti alla media dei valori massimi per ciascuna area di saggio. Dati ricavati in ambiente GIS. Le lettere a-b e l’asterisco indicano una differenza significativa tra le medie.

Per quanto riguarda le quote di distacco, si può comunque considerare che non ci sia differenza tra aree di distacco e controllo, trascurando i risultati dell'analisi dei valori GIS, risultando le medie comunque molto simili.

- **Pendenza**



**Figura 3.43** – Pendenza area di distacco rilevata in campo. Confronto tra aree di distacco e controllo totali. Le lettere a-b indicano una differenza significativa tra le medie ( $p < 0,01$ ).

L'analisi delle pendenze tra aree di distacco e controllo indica una differenza tra le medie **altamente significativa** ( $p < 0,01$ ). Questo risultato contrasta con l'intento di questo studio di posizionare le aree di controllo in condizioni stazionali quanto più simili alle zone di distacco. Tuttavia spesso si nota come le aree di distacco siano localizzate all'interno di canali di piccole dimensioni o in zone a maggiore pendenza rispetto alle aree limitrofe; ne consegue che i valori analizzati risultino significativamente differenti. I dati di pendenza media e massima, rilevati in ambiente GIS, sembrano invece non confermare questa significatività (**Figura 3.44**).

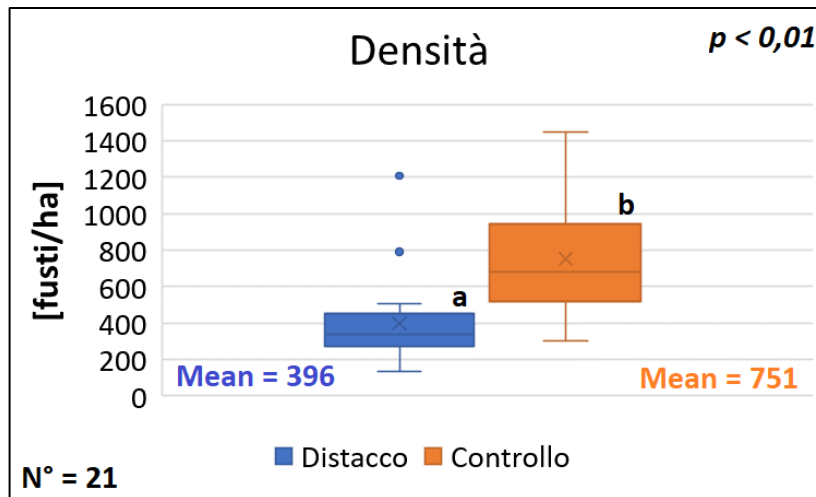
Pendenza [°]			
Media	Distacco	37,6 (a)	$p > 0,05$
	Controllo	37,3 (a)	
Massima	Distacco	43,8 (a)	$p > 0,05$
	Controllo	42,5 (a)	

**Figura 3.44** – Pendenze medie e massime per aree di distacco e controllo totali. Dati ricavati in ambiente GIS. Le lettere a-a indicano una differenza non significativa tra le medie ( $p > 0,05$ ).

Probabilmente la risoluzione della carta delle pendenze utilizzata (5 m), non è in grado di apprezzare l'effettiva conformazione del suolo per un'area di saggio circolare di raggio 13 m. Di

conseguenza alcuni valori possono risultare anche distanti dalla realtà. In questo caso possiamo dire che l'analisi dei parametri ricavati in ambiente GIS non risulta appropriata nel descrivere le dinamiche degli eventi valanghivi.

- **Densità di popolamento**



**Figura 3.45** – Densità di popolamento. Confronto tra aree di distacco e controllo totali. Le lettere a-b indicano una differenza significativa tra le medie ( $p < 0,01$ ).

L'analisi della densità di popolamento tra aree di distacco e controllo indica una differenza tra le medie **altamente significativa** ( $p < 0,01$ ). Questo dato molto importante indica come il bosco e, più in particolare la quantità di fusti ad ettaro, influisca positivamente e significativamente sulla stabilità del manto nevoso. In particolare si nota come le zone di distacco di valanghe siano caratterizzate da densità notevolmente inferiori rispetto alle zone limitrofe di controllo.

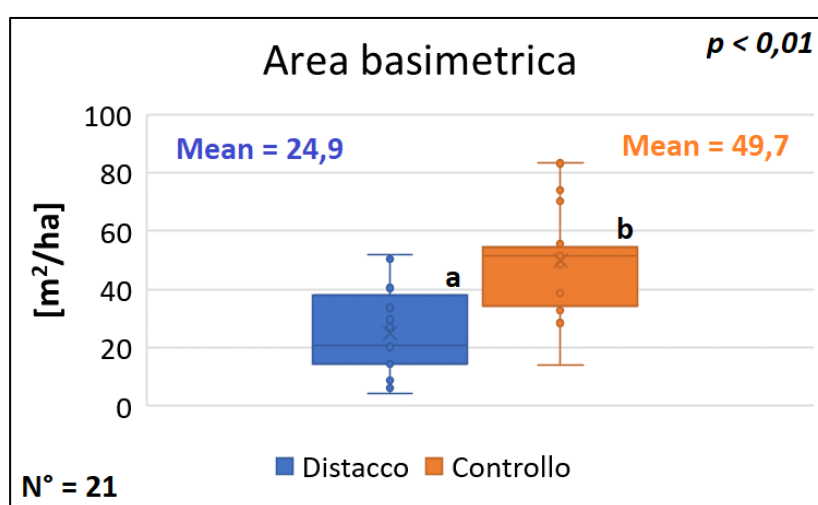
Analizzando più nel dettaglio la composizione specifica vengono indagate anche le potenziali differenze nella numerosità, tra distacco e controllo, delle tre specie maggiormente rappresentate: *Picea abies*, *Larix decidua* e *Sorbus aucuparia* (**Figura 3.46**).

Come si può notare in **Figura 3.46**, per abete rosso e larice esiste una differenza **altamente significativa** ( $p < 0,01$ ) di fusti ad ettaro tra le zone di distacco e controllo, a conferma dei risultati riferiti alla densità di popolamento. Per quanto riguarda il sorbo degli uccellatori non esiste differenza significativa ( $p > 0,05$ ), in quanto a densità, tra distacco e controllo. Questo indica che l'abbondanza di individui di sorbo non condiziona in sé il distacco di valanghe, ma contribuisce attivamente, assieme alle altre specie presenti, alla stabilizzazione del manto nevoso.

Densità [fusti/ha]			
<i>P. abies</i> **	Distacco	187 (a)	p < 0,01
	Controllo	411 (b)	
<i>L. decidua</i> **	Distacco	146 (a)	p < 0,01
	Controllo	237 (b)	
<i>S. aucuparia</i>	Distacco	7 (a)	p > 0,05
	Controllo	14 (a)	

**Figura 3.46** – Densità di popolamento specifica. Confronto tra aree di distacco e controllo totali. Le lettere a-b, assieme ai due asterischi, indicano una differenza altamente significativa tra le medie ( $p < 0,01$ ), le lettere a-a indicano una differenza non significativa ( $p > 0,05$ ).

- Area basimetrica



**Figura 3.47** – Area basimetrica. Confronto tra aree di distacco e controllo totali. Le lettere a-b indicano una differenza altamente significativa tra le medie ( $p < 0,01$ ).

L'analisi del dato di area basimetrica tra aree di distacco e controllo indica una differenza tra le medie **altamente significativa** ( $p < 0,01$ ). Questo dato molto importante indica come il bosco e, più in particolare l'area basimetrica, influisca positivamente e significativamente sulla stabilità del manto nevoso. In particolare si nota come le zone di distacco di valanghe siano caratterizzate da valori di area basimetrica notevolmente inferiori rispetto alle zone limitrofe di controllo. Analizzando più nel dettaglio la composizione specifica vengono indagate anche le potenziali differenze di valori, tra distacco e controllo, delle tre specie maggiormente rappresentate: *Picea abies*, *Larix decidua* e *Sorbus aucuparia* (**Figura 3.48**).

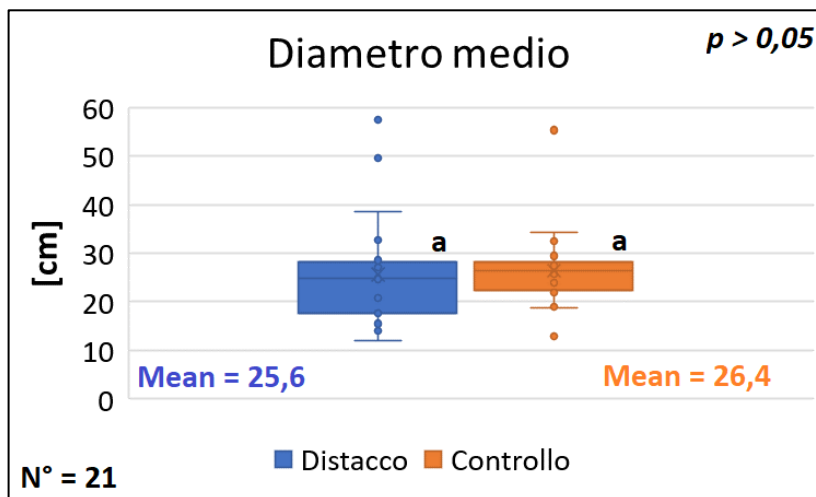


Area basimetrica [m <sup>2</sup> /ha]			
<b><i>P. abies</i> **</b>	Distacco	13,0 (a)	p < 0,01
	Controllo	29,4 (b)	
<b><i>L. decidua</i> *</b>	Distacco	11,0 (a)	p < 0,05
	Controllo	18,3 (b)	
<b><i>S. aucuparia</i></b>	Distacco	0,03 (a)	p > 0,05
	Controllo	0,08 (a)	

**Figura 3.48** – Area basimetrica specifica. Confronto tra aree di distacco e controllo totali. Le lettere a-b, assieme ai due asterischi, indicano una differenza altamente significativa tra le medie ( $p < 0,01$ ), un asterisco indica una differenza significativa tra le medie ( $p < 0,05$ ), le lettere a-a indicano una differenza non significativa ( $p > 0,05$ ).

Come si può notare in **Figura 3.48**, per abete rosso e larice esiste rispettivamente una differenza **altamente significativa** ( $p < 0,01$ ) e **significativa** ( $p < 0,05$ ) di fusti ad ettaro tra le zone di distacco e controllo, a conferma dei risultati riferiti ai valori di area basimetrica totale. Per quanto riguarda il sorbo degli uccellatori non esiste differenza significativa ( $p > 0,05$ ), in quanto ad area basimetrica, tra distacco e controllo. Questo indica che il sorbo, in quanto ad area basimetrica, non condiziona in sé il distacco di valanghe, ma contribuisce attivamente, assieme alle altre specie presenti, alla stabilizzazione del manto nevoso, analogamente alla densità di individui.

- **Diametro medio**

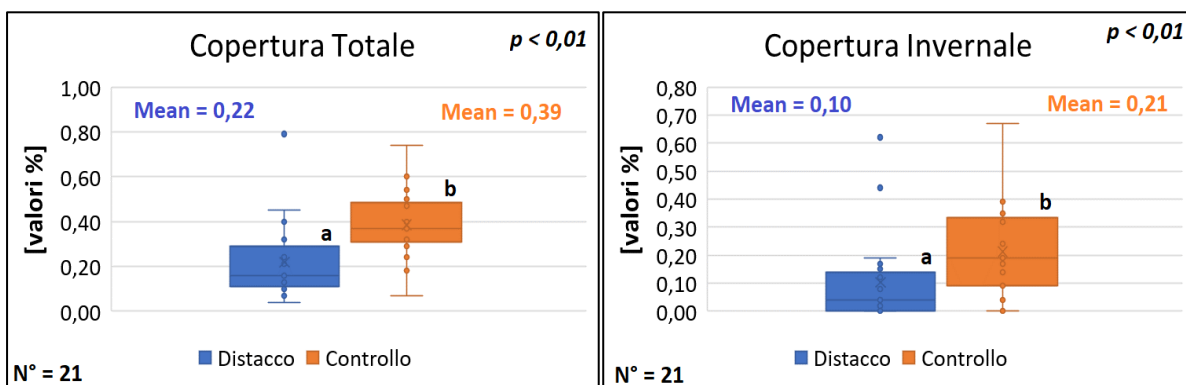


**Figura 3.49** – Diametro medio. Confronto tra aree di distacco e controllo totali. Le lettere a-a indicano una differenza non significativa tra le medie ( $p > 0,05$ ).

L'analisi del dato di diametro medio tra aree di distacco e controllo indica una differenza tra le medie **non significativa** ( $p > 0,05$ ). La stabilità del manto nevoso non risulta quindi essere condizionata dal diametro medio del popolamento.



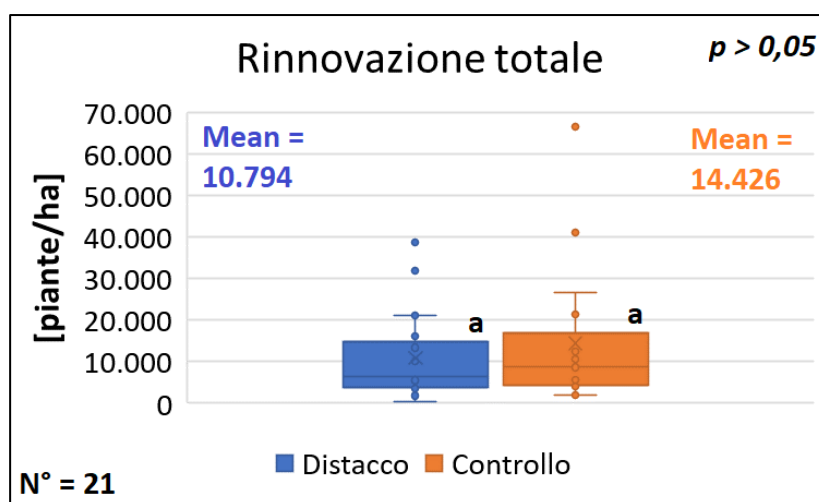
- **Copertura Totale e Invernale**



**Figura 3.50** – Copertura Totale e Invernale. Confronto tra aree di distacco e controllo totali. Le lettere a-b indicano una differenza significativa tra le medie ( $p < 0,01$ ).

L'analisi della copertura tra aree di distacco e controllo indica una differenza tra le medie **altamente significativa** ( $p < 0,01$ ), sia per la copertura *Totale*, sia per quella *Invernale*. Questo dato molto importante indica come il bosco, e più in particolare la copertura, influisca positivamente e significativamente sulla stabilità del manto nevoso. In particolare si nota come le zone di distacco di valanghe siano caratterizzate da coperture notevolmente inferiori rispetto alle zone limitrofe di controllo. Questo accade sia in condizioni di copertura *Totale* che *Invernale* (quella per noi di maggiore interesse).

- **Rinnovazione totale**



**Figura 3.51** – Rinnovazione Totale. Confronto tra aree di distacco e controllo totali. Le lettere a-a indicano una differenza non significativa tra le medie ( $p > 0,05$ ).

L'analisi dell'abbondanza di rinnovazione tra aree di distacco e controllo indica una differenza tra le medie **non significativa** ( $p > 0,05$ ). La stabilità del manto nevoso non risulta quindi essere condizionata dall'abbondanza di rinnovazione, né tantomeno il distacco di valanghe ne condiziona le dinamiche.

- **Esposizione e irraggiamento**

Esposizione e irraggiamento			
<b>North-Eastness</b>	Distacco	1,41 (a)	$p > 0,05$
	Controllo	1,39 (a)	
<b>Heat Load Index [MJ*cm-2*yr-1]</b>	Distacco	-0,86 (a)	$p > 0,05$
	Controllo	-0,80 (a)	
<b>Potential Incoming Solar Radiation [kWh/m2]</b>	Distacco	268 (a)	$p > 0,05$
	Controllo	269 (a)	

**Figura 3.52** – Valori di North-Eastness, Heat Load Index e Potential Incoming Solar Radiation. Confronto tra aree di distacco e controllo totali. Le lettere a-a indicano una differenza non significativa tra le medie ( $p > 0,05$ ).

L'analisi dei dati di esposizione e irraggiamento tra aree di distacco e controllo indica una differenza tra le medie **non significativa** ( $p > 0,05$ ), per tutti i parametri analizzati. Questo da un lato conferma l'intento di questo studio di posizionare le aree di controllo in condizioni stazionali quanto più simili alle zone di distacco, dall'altro indica che la stabilità del manto nevoso, sotto copertura forestale, non risulta essere influenzata dalla quantità di radiazione incidente al suolo.

- **Copertura vegetazione inferiore ai 2 m di altezza**

Copertura vegetazione < 2 m [%] *		
<b>Suolo nudo</b>	0,08	0,23
<b>Cop. arborea</b>	0,13	0,10
<b>Cop. arbustiva</b>	0,11	0,06
<b>Cop. erbacea</b>	0,72	0,63
<b>Area</b>	Distacco	Controllo

**Figura 3.53** – Valori medi di copertura stimati in campo per la vegetazione inferiore ai 2 m di altezza. Confronto tra aree di distacco e controllo totali. L'asterisco indica la significatività del test (chi quadro,  $p < 0,05$ ).

Il test del "chi-quadro" applicato ai valori di copertura indicati in **Figura 3.53**, ha evidenziato una differenza **significativa** ( $p < 0,05$ ) nella distribuzione della copertura nelle classi indicate.

Nell'intento di indagare quale componente di copertura presenti delle differenze significative tra distacco e controllo, per ciascuna classe viene applicato il "test t" (Figura 3.54).

Copertura vegetazione < 2 m [%]			
Suolo nudo **	Distacco	0,08 (a)	p < 0,01
	Controllo	0,23 (b)	
Cop. arborea	Distacco	0,13 (a)	p > 0,05
	Controllo	0,10 (a)	
Cop. arbustiva	Distacco	0,11 (a)	p > 0,05
	Controllo	0,06 (a)	
Cop. erbacea	Distacco	0,72 (a)	p > 0,05
	Controllo	0,63 (a)	

Figura 3.54 – Valori di copertura stimati in campo per la vegetazione inferiore ai 2 m di altezza. Confronto tra aree di distacco e controllo totali. Le lettere a-b, assieme ai due asterischi, indicano una differenza altamente significativa tra le medie ( $p < 0,01$ ), le lettere a-a indicano una differenza non significativa ( $p > 0,05$ ).

L'analisi dei dati di copertura evidenziano una differenza **altamente significativa** ( $p < 0,01$ ) solamente per quanto riguarda la copertura a suolo nudo. La presenza di suolo nudo, per la maggior parte costituito da rocce affioranti, pare contribuire sensibilmente alla stabilizzazione del manto nevoso. Le aree di distacco, caratterizzate da una minore copertura a suolo nudo, presentano per contro una maggiore copertura a vegetazione, spesso costituita da strato erbaceo e/o arbustivo, che crea uno strato cuscinetto che può costituire una superficie di scorrimento nell'interfaccia neve-suolo, favorendo così il distacco di valanghe.

- Regressione lineare Pendenza – Copertura Invernale

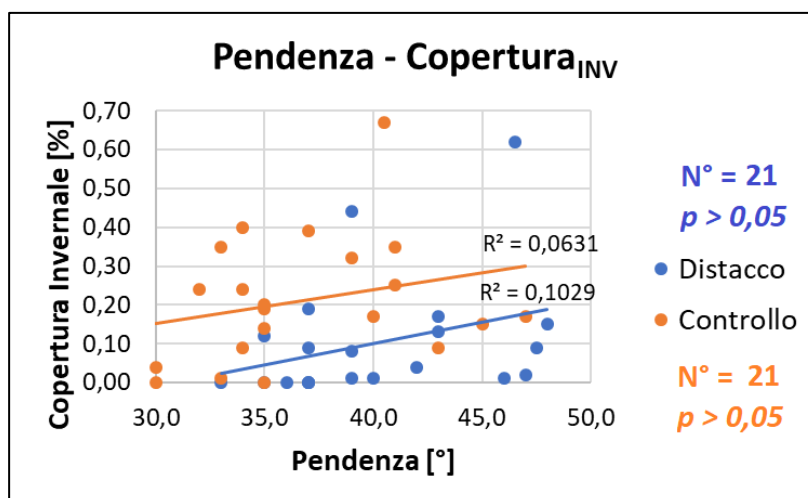
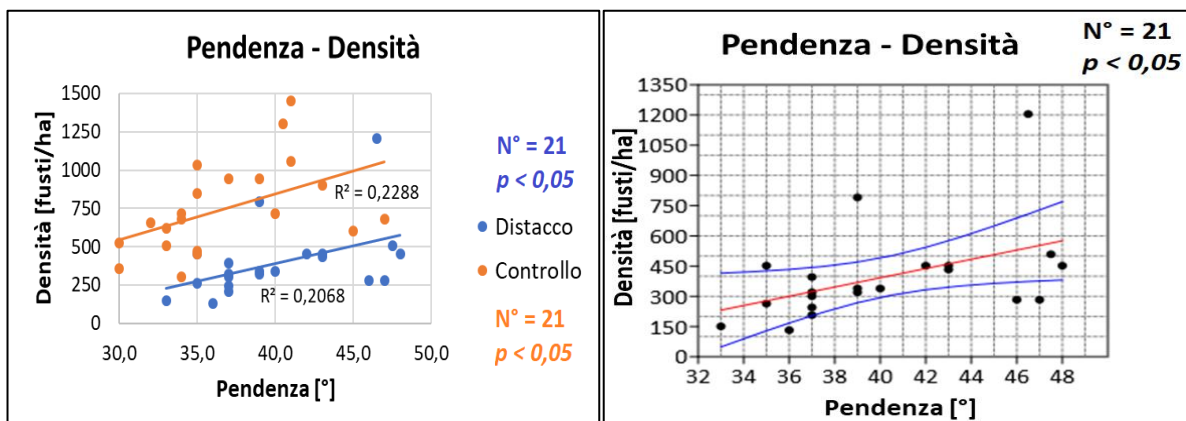


Figura 3.55 – Relazione lineare tra pendenza e copertura Invernale per aree di distacco e controllo totali.

Il test di regressione lineare applicato alle variabili pendenza e copertura *Invernale* è risultato **non significativo** ( $p > 0,05$ ), ciò significa che non esiste una relazione statisticamente rilevante che lega le due variabili. Tuttavia, sia per le aree di distacco che per quelle di controllo, pare delinearsi una simile tendenza positiva: tanto più la pendenza aumenta, tanto più i distacchi si verificano con valori di coperture più elevati. Naturalmente, per pari valori di pendenza, le valanghe si staccano con valori di copertura più bassi (vedi *pag. 161*). Questo a conferma dell'efficace ruolo della copertura nel limitare il distacco di valanghe.

La non significatività del test è fortemente condizionata dai dati di un evento valanghivo che riporta valori di copertura piuttosto elevati (i due valori più elevati in **Figura 3.55**). L'evento si è verificato nel 2014, anno caratterizzato da eccezionali precipitazioni nevose, importanti altezze di neve al suolo ed elevato numero di valanghe da slittamento. Presupposte le condizioni appena descritte si può capire come un evento valanghivo si sia potuto verificare con così alti valori di copertura, considerando comunque l'elevata pendenza.

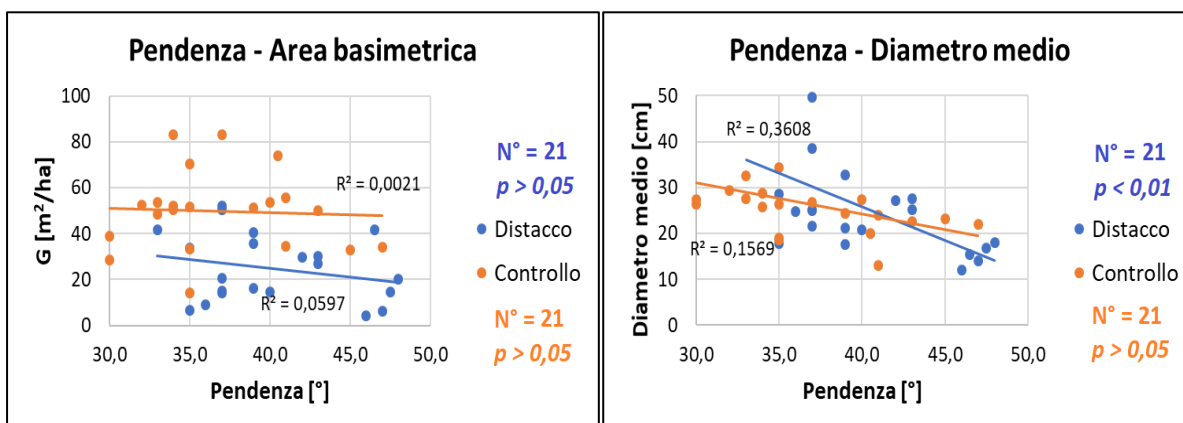
- **Regressione lineare Pendenza – Densità**



**Figura 3.56** – Relazione lineare tra pendenza e densità di popolamento per aree di distacco e controllo totali. L'immagine di destra rappresenta le sole aree di distacco, evidenziando in blu l'intervallo di confidenza del 95%.

Il test di regressione lineare applicato alle variabili pendenza e densità è risultato **significativo** ( $p < 0,05$ ), ciò significa che esiste una relazione statisticamente rilevante che lega le due variabili. Sia per le aree di distacco che per quelle di controllo si delinea una tendenza positiva: tanto più la pendenza aumenta, tanto più i distacchi si verificano con valori di densità più elevati. Naturalmente, per pari valori di pendenza, le valanghe si staccano con valori di densità più bassi (vedi *pag. 158*). Questo a conferma dell'efficace ruolo della densità nel limitare il distacco di valanghe.

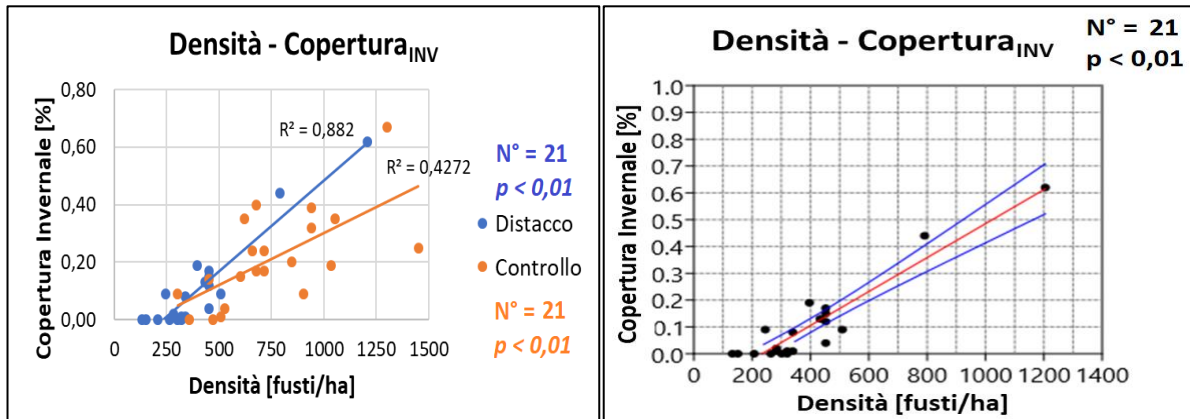
- **Regressione lineare Pendenza – Area basimetrica**



**Figura 3.57** – Relazione lineare tra pendenza e area basimetrica per aree di distacco e controllo totali (a sinistra). Relazione lineare tra pendenza e diametro medio per aree di distacco e controllo totali (a destra).

I test di regressione lineare applicati alle variabili pendenza-area basimetrica e pendenza-diametro sono risultati **non significativi** ( $p > 0,05$ ), salvo che per la relazione pendenza-diametro medio relativa alle aree di distacco, che è risultato **altamente significativo** ( $p < 0,01$ ). Per le aree di distacco sembra delinearsi una tendenza per la quale al crescere della pendenza le valanghe si verificano con valori di area basimetrica più bassi. Analizzando **Figura 3.56** e **Figura 3.57** possiamo infatti notare come all'aumentare della pendenza i popolamenti forestali analizzati tendono a presentare valori di densità più elevati, diametro medio inferiore e, di conseguenza, area basimetrica inferiore. I popolamenti forestali a minori pendenze si presentano invece con densità minori ma mediamente con diametri più elevati. Naturalmente, per pari valori di pendenza, le valanghe si staccano con valori di area basimetrica più bassi (vedi *pag. 159*). Questo a conferma dell'efficace ruolo dell'area basimetrica nel limitare il distacco di valanghe.

- Regressione lineare Densità – Copertura *Invernale*



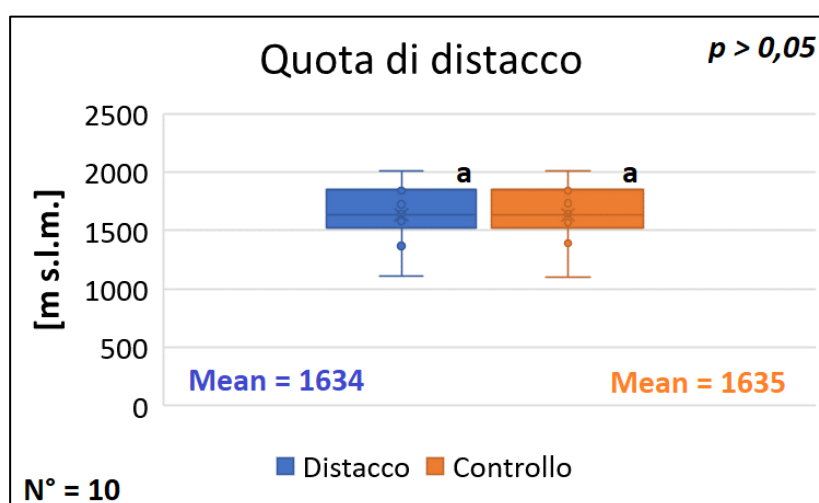
**Figura 3.58** – Relazione lineare tra densità e copertura *Invernale* per aree di distacco e controllo totali. L'immagine di destra rappresenta le sole aree di distacco, evidenziando in blu l'intervallo di confidenza del 95%.

Il test di regressione lineare applicato alle variabili densità e copertura *Invernale* è risultato **altamente significativo** ( $p < 0,01$ ), ciò significa che esiste una relazione statisticamente rilevante che lega le due variabili. Sia per le aree di distacco che per quelle di controllo si delinea una tendenza positiva: tanto più la densità aumenta, tanto più i distacchi si verificano con valori di copertura più elevati. Le variabili densità e copertura non sempre sono strettamente legate. Nel caso di popolamenti con presenza di larice, la copertura *Invernale* tende a ridursi notevolmente, e può variare anche sensibilmente tra estate e inverno. Questo comunque dimostra come entrambe le variabili concorrono alla stabilizzazione del manto nevoso. La relazione lineare risulta comunque più forte per le aree di distacco. Per pari valori di densità, le valanghe si staccano con valori di copertura *Invernale* più alti, i quali corrispondono anche a pendenze più elevate.

### 3.4.2. Aree di distacco e controllo – *Peccete*

In questo paragrafo vengono presentati i risultati, legati ai diversi parametri analizzati, evidenziando potenziali differenze significative tra aree di distacco e aree di controllo, considerando la categoria forestale *Peccete*. Vengono quindi analizzati un totale di 10 eventi valanghivi.

- Quota



**Figura 3.59** – Quota area di distacco rilevata in campo. Confronto tra aree di distacco e controllo per la categoria *Peccete*. Le lettere a-a indicano che le medie sono considerate statisticamente uguali ( $p > 0,05$ ).

L’analisi delle quote tra aree di distacco e controllo indica una differenza tra le medie **non significativa** ( $p > 0,05$ ). Questo risultato conferma l’intento di questo studio di posizionare le aree di controllo in condizioni stagionali quanto più simili alle zone di distacco.

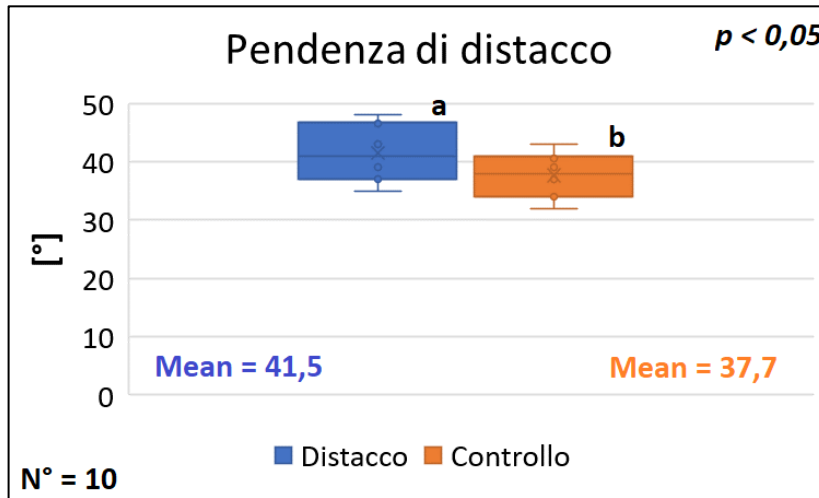
L’analisi dei dati di quota rilevati in ambiente GIS confermano quanto indicato sopra, ovvero una differenza **non significativa** ( $p > 0,05$ ) tra quote di distacco e controllo (**Figura 3.60**).

Quota [m s.l.m.]		
Distacco	1639 (a)	$p > 0,05$
Controllo	1637 (a)	

**Figura 3.60** – Quote medie per aree di distacco e controllo. Valori riferiti alla media dei valori massimi per ciascuna area di saggio della categoria *Peccete*. Dati ricavati in ambiente GIS. Le lettere a-a indicano una differenza non significativa tra le medie.



- **Pendenza**



**Figura 3.61** – Pendenza area di distacco rilevata in campo. Confronto tra aree di distacco e controllo per la categoria Peccete. Le lettere a-b indicano una differenza significativa tra le medie ( $p < 0,05$ ).

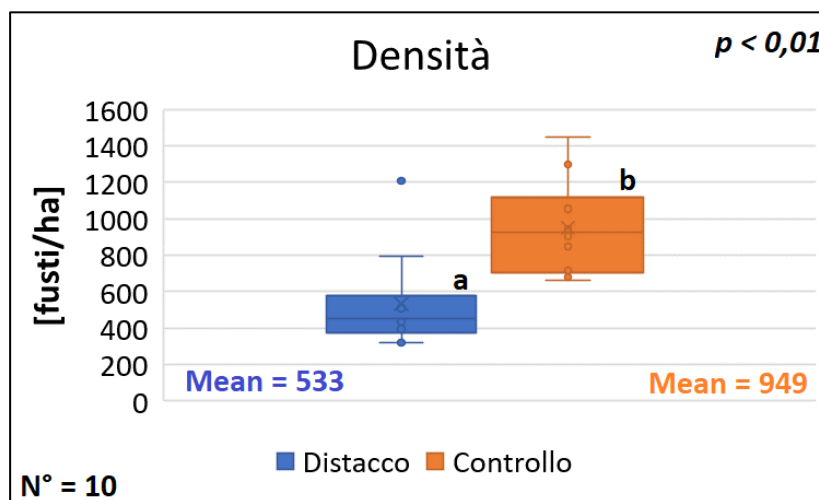
L'analisi delle pendenze tra aree di distacco e controllo indica una differenza tra le medie **significativa** ( $p < 0,05$ ). Questo risultato contrasta con l'intento di questo studio di posizionare le aree di controllo in condizioni stazionali quanto più simili alle zone di distacco. Tuttavia spesso si nota come le aree di distacco siano localizzate all'interno di canali di piccole dimensioni o in zone a maggiore pendenza rispetto alle aree limitrofe; ne consegue che i valori analizzati risultino significativamente differenti. I dati di pendenza media e massima, rilevati in ambiente GIS, sembrano invece non confermare questa significatività (**Figura 3.62**).

Pendenza [°]			
Media	Distacco	38,5 (a)	$p > 0,05$
	Controllo	38,7 (a)	
Massima	Distacco	43,8 (a)	$p > 0,05$
	Controllo	43,1 (a)	

**Figura 3.62** – Pendenze medie e massime per aree di distacco e controllo per la categoria Peccete. Dati ricavati in ambiente GIS. Le lettere a-a indicano una differenza non significativa tra le medie ( $p > 0,05$ ).

Probabilmente la risoluzione della carta delle pendenze utilizzata (5 m), non è in grado di apprezzare l'effettiva conformazione del suolo per un'area di saggio circolare di raggio 13 m. Di conseguenza alcuni valori possono risultare anche distanti dalla realtà. In questo caso possiamo dire che l'analisi dei parametri ricavati in ambiente GIS non risulta appropriata nel descrivere le dinamiche degli eventi valanghivi.

- Densità di popolamento



**Figura 3.63** – Densità di popolamento. Confronto tra aree di distacco e controllo per la categoria Peccete. Le lettere a-b indicano una differenza significativa tra le medie ( $p < 0,01$ ).

L'analisi della densità di popolamento tra aree di distacco e controllo indica una differenza tra le medie **altamente significativa** ( $p < 0,01$ ). Questo dato molto importante indica come il bosco e, più in particolare la quantità di fusti ad ettaro, influisca positivamente e significativamente sulla stabilità del manto nevoso. In particolare si nota come le zone di distacco di valanghe siano caratterizzate da densità notevolmente inferiori rispetto alle zone limitrofe di controllo.

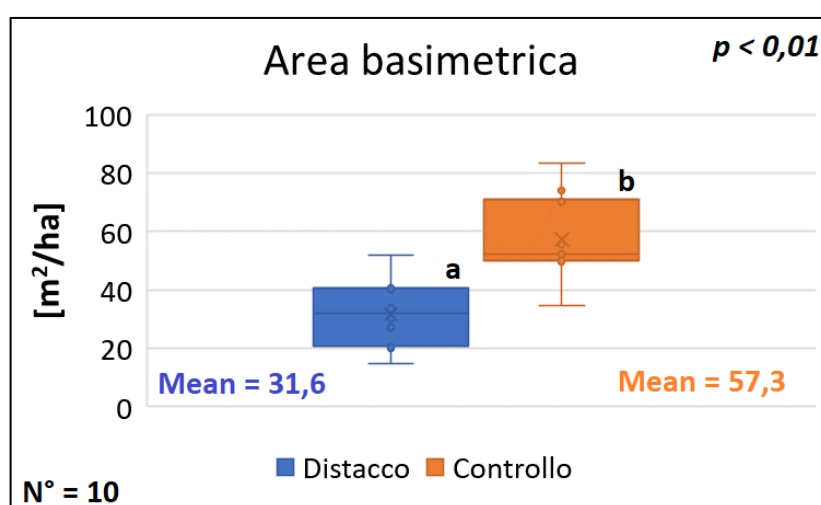
Analizzando più nel dettaglio la composizione specifica vengono indagate anche le potenziali differenze nella numerosità, tra distacco e controllo, delle tre specie maggiormente rappresentate: *Picea abies*, *Larix decidua* e *Sorbus aucuparia* (**Figura 3.64**).

Come si può notare in **Figura 3.64**, solo per l'abete rosso esiste una differenza **significativa** ( $p < 0,05$ ) di fusti ad ettaro tra le zone di distacco e controllo, a conferma dei risultati riferiti alla densità di popolamento. Per quanto riguarda larice e sorbo degli uccellatori non esiste differenza significativa ( $p > 0,05$ ), in quanto a densità, tra distacco e controllo. Questo indica che l'abbondanza di individui di larice o sorbo non condiziona in sé il distacco di valanghe all'interno della categoria forestale *Peccete*, ma contribuisce attivamente, assieme alle altre specie presenti, alla stabilizzazione del manto nevoso.

Densità [fusti/ha]			
<i>P. abies</i> **	Distacco	301 (a)	p < 0,05
	Controllo	622 (b)	
<i>L. decidua</i>	Distacco	98 (a)	p > 0,05
	Controllo	128 (a)	
<i>S. aucuparia</i>	Distacco	11 (a)	p > 0,05
	Controllo	15 (a)	

**Figura 3.64** – Densità di popolamento specifica. Confronto tra aree di distacco e controllo per la categoria Peccete. Le lettere a-b, assieme ai due asterischi, indicano una differenza altamente significativa tra le medie ( $p < 0,01$ ), le lettere a-a indicano una differenza non significativa ( $p > 0,05$ ).

- Area basimetrica



**Figura 3.65** – Area basimetrica. Confronto tra aree di distacco e controllo per la categoria Peccete. Le lettere a-b indicano una differenza altamente significativa tra le medie ( $p < 0,01$ ).

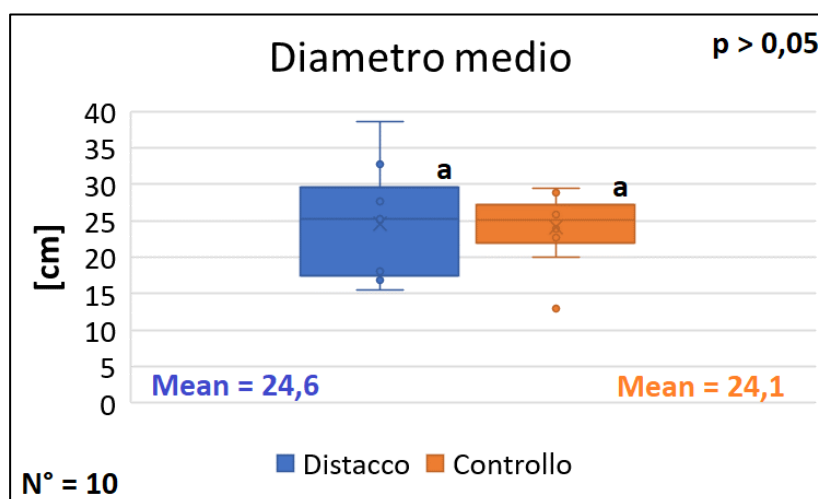
L'analisi del dato di area basimetrica tra aree di distacco e controllo indica una differenza tra le medie **altamente significativa** ( $p < 0,01$ ). Questo dato molto importante indica come il bosco e, più in particolare l'area basimetrica, influisca positivamente e significativamente sulla stabilità del manto nevoso. In particolare si nota come le zone di distacco di valanghe siano caratterizzate da valori di area basimetrica notevolmente inferiori rispetto alle zone limitrofe di controllo. Analizzando più nel dettaglio la composizione specifica vengono indagate anche le potenziali differenze di valori, tra distacco e controllo, delle tre specie maggiormente rappresentate: *Picea abies*, *Larix decidua* e *Sorbus aucuparia* (**Figura 3.66**).

Area basimetrica [m <sup>2</sup> /ha]			
<i>P. abies</i> **	Distacco	23,7 (a)	p < 0,01
	Controllo	43,2 (b)	
<i>L. decidua</i>	Distacco	5,9 (a)	p > 0,05
	Controllo	10,0 (a)	
<i>S. aucuparia</i>	Distacco	0,06 (a)	p > 0,05
	Controllo	0,06 (a)	

**Figura 3.66** – Area basimetrica specifica. Confronto tra aree di distacco e controllo per la categoria Peccete. Le lettere a-b, assieme ai due asterischi, indicano una differenza altamente significativa tra le medie ( $p < 0,01$ ), le lettere a-a indicano una differenza non significativa ( $p > 0,05$ ).

Come si può notare in **Figura 3.66**, solo per l’abete rosso esiste una differenza **altamente significativa** ( $p < 0,01$ ) di fusti ad ettaro tra le zone di distacco e controllo, a conferma dei risultati riferiti ai valori di area basimetrica totale. Per quanto riguarda larice e sorbo degli uccellatori non esiste differenza significativa ( $p > 0,05$ ), in quanto ad area basimetrica, tra distacco e controllo. Questo indica che queste due specie, in quanto ad area basimetrica, non condizionano in sé il distacco di valanghe all’interno della categoria forestale *Peccete*, ma contribuiscono attivamente, assieme alle altre specie presenti, alla stabilizzazione del manto nevoso, analogamente alla densità di individui.

- Diametro medio



**Figura 3.67** – Diametro medio. Confronto tra aree di distacco e controllo per la categoria Peccete. Le lettere a-a indicano una differenza non significativa tra le medie ( $p > 0,05$ ).

L’analisi del dato di diametro medio tra aree di distacco e controllo indica una differenza tra le medie **non significativa** ( $p > 0,05$ ). La stabilità del manto nevoso non risulta quindi essere condizionata dal diametro medio del popolamento.

- Copertura Totale e Invernale

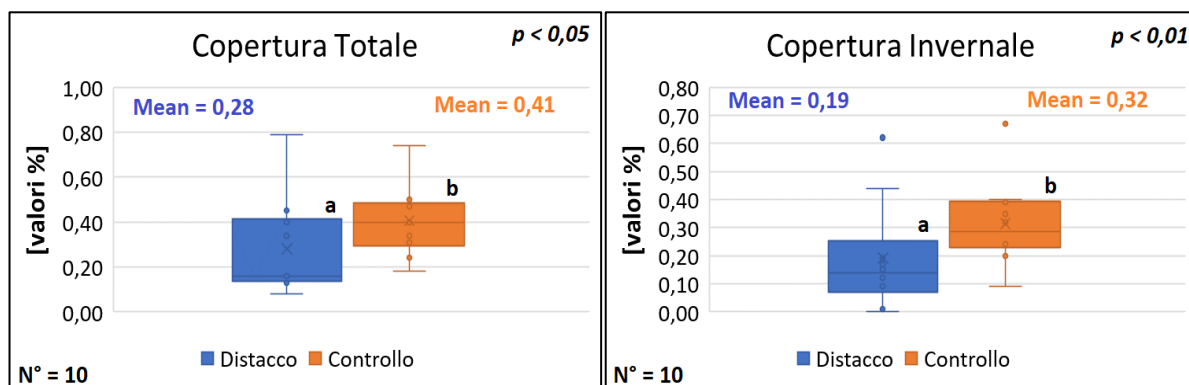


Figura 3.68 – Copertura Totale e Invernale. Confronto tra aree di distacco e controllo per la categoria Peccete. Le lettere a-b indicano una differenza significativa tra le medie.

L'analisi della copertura tra aree di distacco e controllo indica una differenza tra le medie **significativa** ( $p < 0,05$ ) per la copertura *Totale*, e **altamente significativa** ( $p < 0,01$ ) per quella *Invernale*. Questo dato molto importante indica come il bosco, e più in particolare la copertura, influisca positivamente e significativamente sulla stabilità del manto nevoso. In particolare si nota come le zone di distacco di valanghe siano caratterizzate da coperture notevolmente inferiori rispetto alle zone limitrofe di controllo. Questo accade sia in condizioni di copertura *Totale* che *Invernale* (quella per noi di maggiore interesse).

- Rinnovazione totale

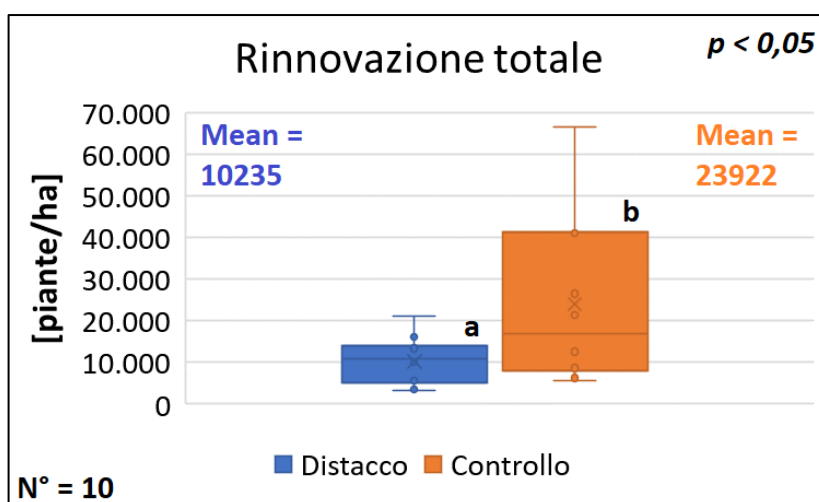


Figura 3.69 – Rinnovazione Totale. Confronto tra aree di distacco e controllo per la categoria Peccete. Le lettere a-b indicano una differenza significativa tra le medie ( $p < 0,05$ ).

L'analisi dell'abbondanza di rinnovazione tra aree di distacco e controllo indica una differenza tra le medie **significativa** ( $p < 0,05$ ). In questo caso probabilmente l'elevata frequenza degli eventi valanghivi limita sensibilmente l'attecchimento della rinnovazione al suolo, favorendo a sua volta la formazione di un substrato liscio, spesso a copertura erbacea, che incrementa ulteriormente il rischio di distacco.

- **Esposizione e irraggiamento**

Esposizione e irraggiamento			
<b>North-Eastness</b>	Distacco	1,27 (a)	$p > 0,05$
	Controllo	1,35 (a)	
<b>Heat Load Index [MJ*cm-2*yr-1]</b>	Distacco	-0,72 (a)	$p > 0,05$
	Controllo	-0,71 (a)	
<b>Potential Incoming Solar Radiation [kWh/m2]</b>	Distacco	270 (a)	$p > 0,05$
	Controllo	269 (a)	

**Figura 3.70** – Valori di North-Eastness, Heat Load Index e Potential Incoming Solar Radiation. Confronto tra aree di distacco e controllo per la categoria Peccete. Le lettere a-a indicano una differenza non significativa tra le medie ( $p > 0,05$ ).

L'analisi dei dati di esposizione e irraggiamento tra aree di distacco e controllo indica una differenza tra le medie **non significativa** ( $p > 0,05$ ), per tutti i parametri analizzati. Questo da un lato conferma l'intento di questo studio di posizionare le aree di controllo in condizioni stazionali quanto più simili alle zone di distacco, dall'altro indica che la stabilità del manto nevoso, sotto copertura forestale, non risulta essere influenzata dalla quantità di radiazione incidente al suolo.

- **Copertura vegetazione inferiore ai 2 m di altezza**

Copertura vegetazione < 2 m [%] **		
<b>Suolo nudo</b>	0,12	0,34
<b>Cop. arborea</b>	0,08	0,08
<b>Cop. arbustiva</b>	0,07	0,05
<b>Cop. erbacea</b>	0,82	0,56
<b>Area</b>	Distacco	Controllo

**Figura 3.71** – Valori medi di copertura stimati in campo per la vegetazione inferiore ai 2 m di altezza. Confronto tra aree di distacco e controllo per la categoria Peccete. I due asterischi indicano l'elevata significatività del test (chi quadro,  $p < 0,01$ ).

Il test del "chi-quadro" applicato ai valori di copertura indicati in **Figura 3.71**, ha evidenziato una differenza **altamente significativa** ( $p < 0,01$ ) nella distribuzione della copertura nelle classi

indicate. Nell'intento di indagare quale componente di copertura presenti delle differenze significative tra distacco e controllo, per ciascuna classe viene applicato il "test t" (Figura 3.72).

Copertura vegetazione < 2 m [%]			
Suolo nudo *	Distacco	0,12 (a)	p < 0,05
	Controllo	0,34 (b)	
Cop. arborea	Distacco	0,08 (a)	p > 0,05
	Controllo	0,08 (a)	
Cop. arbustiva	Distacco	0,07 (a)	p > 0,05
	Controllo	0,05 (a)	
Cop. erbacea *	Distacco	0,82 (a)	p < 0,05
	Controllo	0,56 (b)	

Figura 3.72 – Valori di copertura stimati in campo per la vegetazione inferiore ai 2 m di altezza. Confronto tra aree di distacco e controllo per la categoria Peccete. Le lettere a-b, assieme all'asterisco, indicano una differenza significativa tra le medie ( $p < 0,05$ ), le lettere a-a indicano una differenza non significativa ( $p > 0,05$ ).

L'analisi dei dati di copertura evidenziano una differenza **significativa** ( $p < 0,05$ ) riguardo la copertura a suolo nudo ed erbacea. La presenza di suolo nudo, per la maggior parte costituito da rocce affioranti, pare contribuire sensibilmente alla stabilizzazione del manto nevoso. Le aree di distacco, caratterizzate da una minore copertura a suolo nudo, presentano per contro una maggiore copertura erbacea, che spesso crea uno strato cuscinetto che può costituire una superficie di scorrimento nell'interfaccia neve-suolo, favorendo così il distacco di valanghe.

- **Regressione lineare Pendenza – Copertura Invernale**

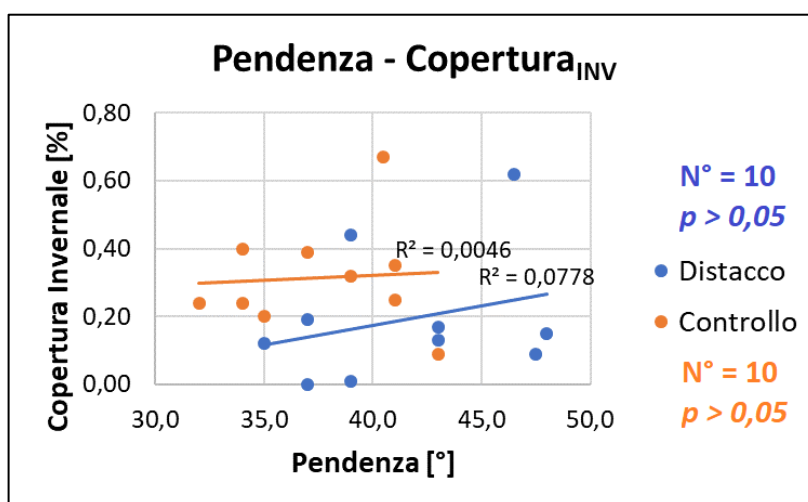


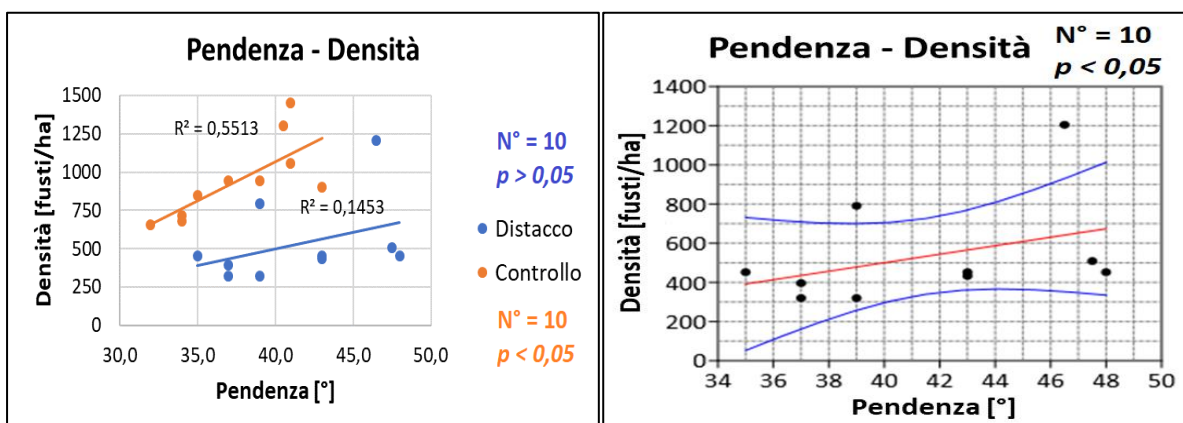
Figura 3.73 – Relazione lineare tra pendenza e copertura Invernale per aree di distacco e controllo per la categoria Peccete.



Il test di regressione lineare applicato alle variabili pendenza e copertura *Invernale* è risultato **non significativo** ( $p > 0,05$ ), ciò significa che non esiste una relazione statisticamente rilevante che lega le due variabili. Tuttavia, soprattutto per le aree di distacco, pare delinearsi una tendenza positiva: tanto più la pendenza aumenta, tanto più i distacchi si verificano con valori di coperture più elevati. Naturalmente, per pari valori di pendenza, le valanghe si staccano con valori di copertura più bassi (vedi *pag. 161*). Questo a conferma dell'efficace ruolo della copertura nel limitare il distacco di valanghe.

La non significatività del test è fortemente condizionata dai dati di un evento valanghivo che riporta valori di copertura piuttosto elevati (i due valori più elevati in **Figura 3.73**). L'evento si è verificato nel 2014, anno caratterizzato da eccezionali precipitazioni nevose, importanti altezze di neve al suolo ed elevato numero di valanghe da slittamento. Presupposte le condizioni appena descritte si può capire come un evento valanghivo si sia potuto verificare con così alti valori di copertura, considerando comunque l'elevata pendenza.

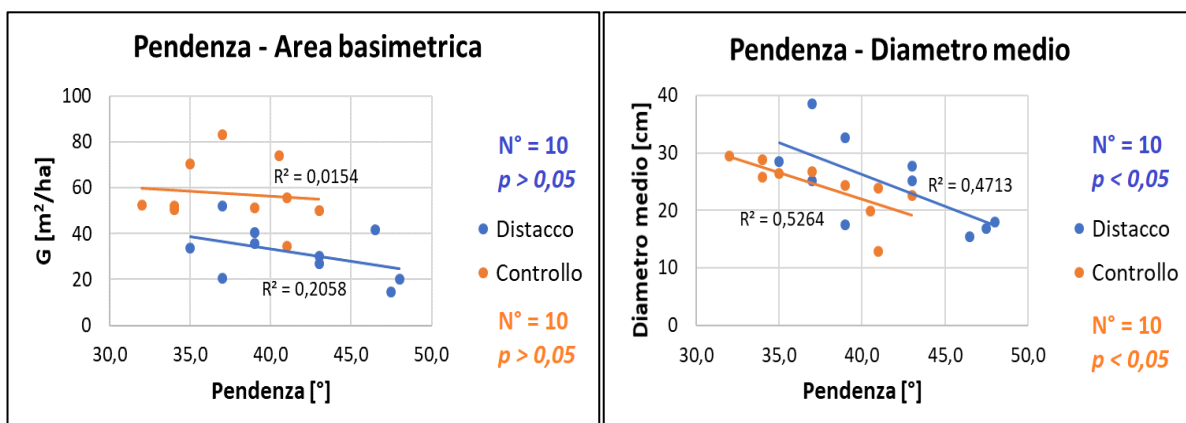
- **Regressione lineare Pendenza – Densità**



**Figura 3.74** – Relazione lineare tra pendenza e densità di popolamento per aree di distacco e controllo per la categoria Peccete. L'immagine di destra rappresenta le sole aree di distacco, evidenziando in blu l'intervallo di confidenza del 95%.

Il test di regressione lineare applicato alle variabili pendenza e densità è risultato **significativo** ( $p < 0,05$ ) solamente per le aree di controllo. Sia per le aree di distacco che per quelle di controllo si può però delineare una tendenza positiva: tanto più la pendenza aumenta, tanto più i distacchi si verificano con valori di densità più elevati. Naturalmente, per pari valori di pendenza, le valanghe si staccano con valori di densità più bassi (vedi *pag. 158*). Questo a conferma dell'efficace ruolo della densità nel limitare il distacco di valanghe.

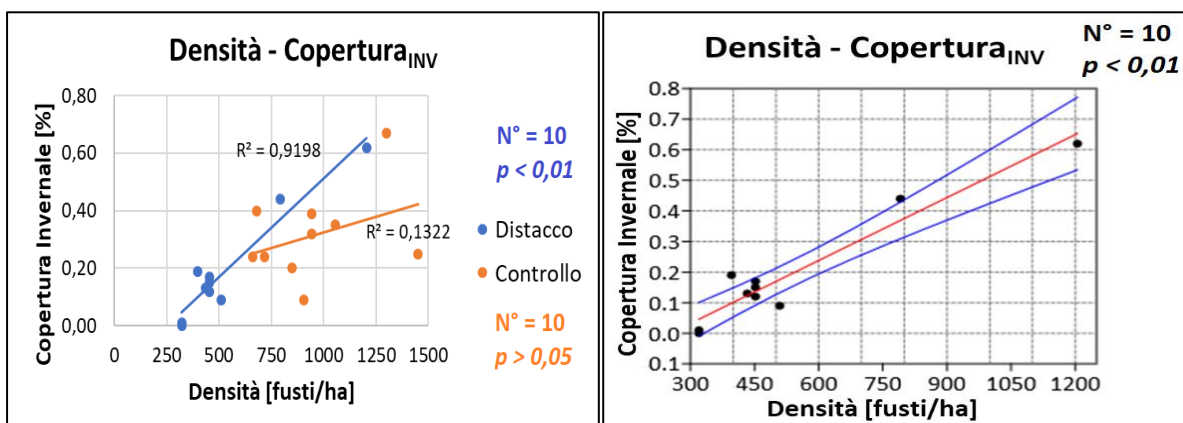
- Regressione lineare Pendenza – Area basimetrica



**Figura 3.75** – Relazione lineare tra pendenza e area basimetrica per aree di distacco e controllo per la categoria Peccete (a sinistra). Relazione lineare tra pendenza e diametro medio per aree di distacco e controllo per la categoria Peccete (a destra).

Il test di regressione lineare applicato alle variabili pendenza-area basimetrica e pendenza-diametro medio è risultato **non significativo** ( $p > 0,05$ ) per la prima coppia, e **significativo** ( $p < 0,05$ ) per la seconda. Per le aree di distacco sembra delinearsi una tendenza per la quale al crescere della pendenza le valanghe si verificano con valori di area basimetrica più bassi. Analizzando **Figura 3.74** e **Figura 3.75** possiamo infatti notare come all'aumentare della pendenza i popolamenti forestali analizzati tendono a presentare valori di densità più elevati, diametro medio inferiore e, di conseguenza, area basimetrica inferiore. I popolamenti forestali a minori pendenze si presentano invece con densità minori ma mediamente con diametri più elevati. Naturalmente, per pari valori di pendenza, le valanghe si staccano con valori di area basimetrica più bassi (vedi *pag. 159*). Questo a conferma dell'efficace ruolo dell'area basimetrica nel limitare il distacco di valanghe.

- **Regressione lineare Densità – Copertura *Invernale***



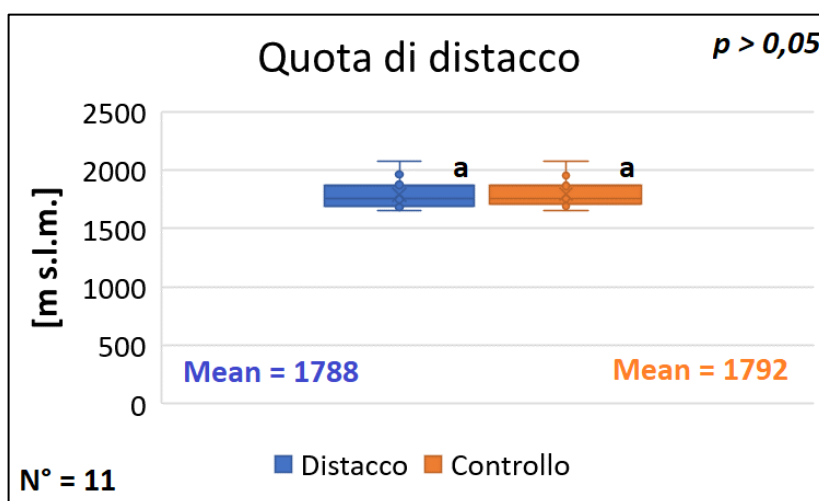
**Figura 3.76** – Relazione lineare tra densità e copertura *Invernale* per aree di distacco e controllo per la categoria *Peccete*. L'immagine di destra rappresenta le sole aree di distacco, evidenziando in blu l'intervallo di confidenza del 95%.

Il test di regressione lineare applicato alle variabili densità e copertura *Invernale* è risultato **altamente significativo** ( $p < 0,01$ ) solo per le aree di distacco. Sia per le aree di distacco che per quelle di controllo si delinea però una tendenza positiva: tanto più la densità aumenta, tanto più i distacchi si verificano con valori di copertura più elevati. Le variabili densità e copertura non sempre sono strettamente legate. Seppur all'interno della categoria *Peccete*, la componente di larice presente può condizionare notevolmente il grado di copertura, parametro che può variare anche sensibilmente tra estate e inverno. Questo comunque dimostra come entrambe le variabili concorrono alla stabilizzazione del manto nevoso. La relazione lineare risulta comunque più forte per le aree di distacco. Per pari valori di densità, le valanghe si staccano con valori di copertura *Invernale* più alti, i quali corrispondono anche a pendenze più elevate.

### 3.4.3. Aree di distacco e controllo – *Lariceti*

In questo paragrafo vengono presentati i risultati, legati ai diversi parametri analizzati, evidenziando potenziali differenze significative tra aree di distacco e aree di controllo, considerando la categoria forestale *Lariceti*. Vengono quindi analizzati un totale di 11 eventi valanghivi.

- Quota



**Figura 3.77** – Quota area di distacco rilevata in campo. Confronto tra aree di distacco e controllo per la categoria *Lariceti*. Le lettere a-a indicano che le medie sono considerate statisticamente uguali ( $p > 0,05$ ).

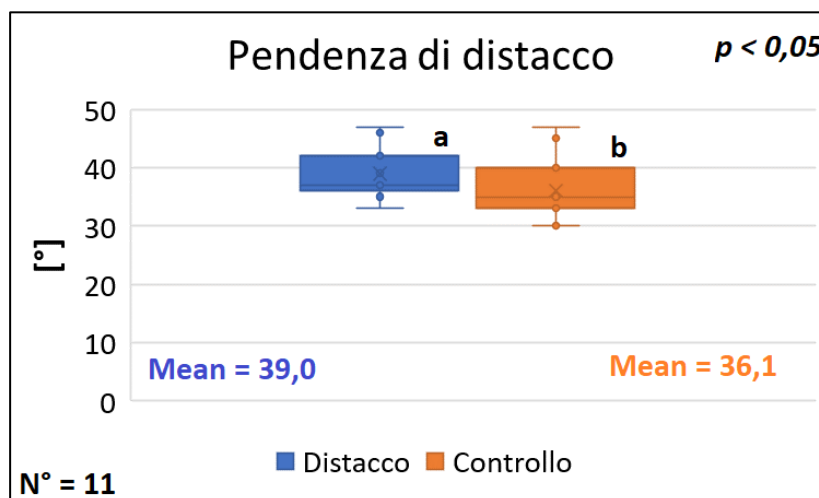
L'analisi delle quote tra aree di distacco e controllo indica una differenza tra le medie **non significativa** ( $p > 0,05$ ). Questo risultato conferma l'intento di questo studio di posizionare le aree di controllo in condizioni stazionali quanto più simili alle zone di distacco.

L'analisi dei dati di quota rilevati in ambiente GIS confermano quanto indicato sopra, ovvero una differenza **non significativa** ( $p > 0,05$ ) tra quote di distacco e controllo (**Figura 3.78**).

Quota [m s.l.m.]		
Distacco	1789 (a)	$p > 0,05$
Controllo	1786 (a)	

**Figura 3.78** – Quote medie per aree di distacco e controllo. Valori riferiti alla media dei valori massimi per ciascuna area di saggio della categoria *Lariceti*. Dati ricavati in ambiente GIS. Le lettere a-a indicano una differenza non significativa tra le medie.

- Pendenza



**Figura 3.79** – Pendenza area di distacco rilevata in campo. Confronto tra aree di distacco e controllo per la categoria Lariceti. Le lettere a-b indicano una differenza significativa tra le medie ( $p < 0,05$ ).

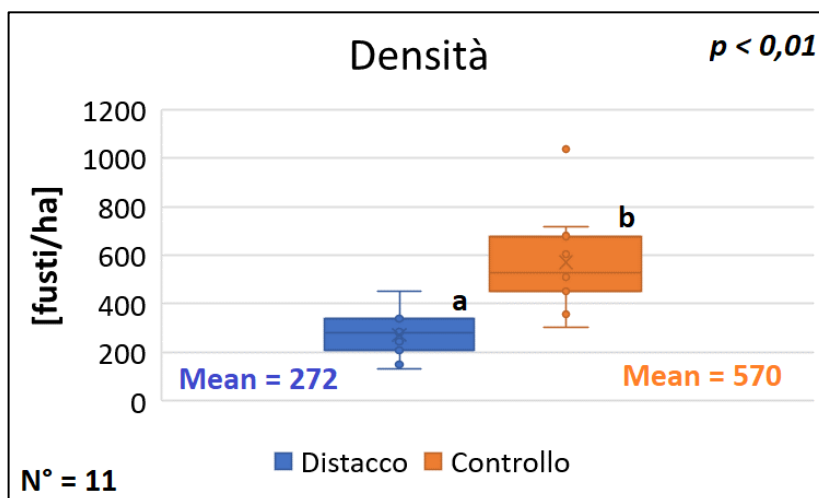
L’analisi delle pendenze tra aree di distacco e controllo indica una differenza tra le medie **significativa** ( $p < 0,05$ ). Questo risultato contrasta con l’intento di questo studio di posizionare le aree di controllo in condizioni stazionali quanto più simili alle zone di distacco. Tuttavia spesso si nota come le aree di distacco siano localizzate all’interno di canali di piccole dimensioni o in zone a maggiore pendenza rispetto alle aree limitrofe, ne consegue che i valori analizzati risultino significativamente differenti. I dati di pendenza media e massima, rilevati in ambiente GIS, sembrano invece non confermare questa significatività (**Figura 3.80**).

Pendenza [°]			
Media	Distacco	36,8 (a)	$p > 0,05$
	Controllo	36,2 (a)	
Massima	Distacco	43,8 (a)	$p > 0,05$
	Controllo	42,0 (a)	

**Figura 3.80** – Pendenze medie e massime per aree di distacco e controllo per la categoria Lariceti. Dati ricavati in ambiente GIS. Le lettere a-a indicano una differenza non significativa tra le medie ( $p > 0,05$ ).

Probabilmente la risoluzione della carta delle pendenze utilizzata (5 m), non è in grado di apprezzare l’effettiva conformazione del suolo per un’area di saggio circolare di raggio 13 m. Di conseguenza alcuni valori possono risultare anche distanti dalla realtà. In questo caso possiamo dire che l’analisi dei parametri ricavati in ambiente GIS non risulta appropriata nel descrivere le dinamiche degli eventi valanghivi.

- Densità di popolamento



**Figura 3.81** – Densità di popolamento. Confronto tra aree di distacco e controllo per la categoria Lariceti. Le lettere a-b indicano una differenza significativa tra le medie ( $p < 0,01$ ).

L'analisi della densità di popolamento tra aree di distacco e controllo indica una differenza tra le medie **altamente significativa** ( $p < 0,01$ ). Questo dato molto importante indica come il bosco e, più in particolare la quantità di fusti ad ettaro, influisca positivamente e significativamente sulla stabilità del manto nevoso. In particolare si nota come le zone di distacco di valanghe siano caratterizzate da densità notevolmente inferiori rispetto alle zone limitrofe di controllo.

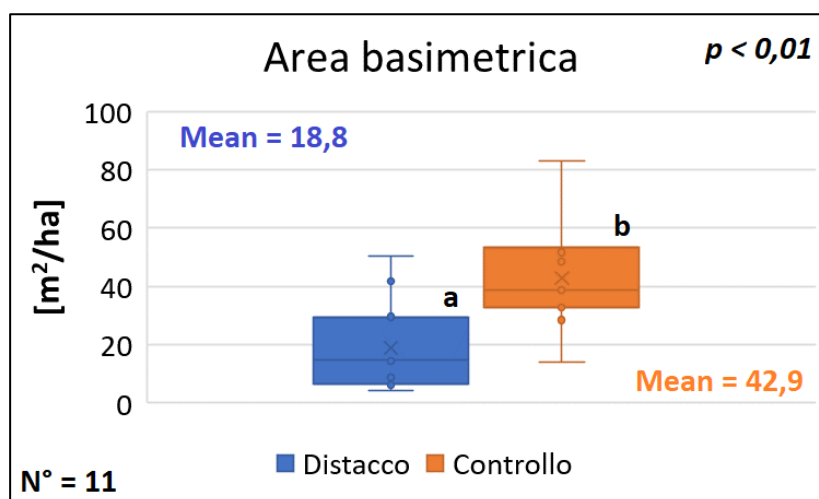
Analizzando più nel dettaglio la composizione specifica vengono indagate anche le potenziali differenze nella numerosità, tra distacco e controllo, delle tre specie maggiormente rappresentate: *Picea abies*, *Larix decidua* e *Sorbus aucuparia* (**Figura 3.82**).

Come si può notare in **Figura 3.82**, per l'abete rosso esiste una differenza **significativa** ( $p < 0,05$ ) di fusti ad ettaro tra le zone di distacco e controllo, mentre per il larice esiste una differenza **altamente significativa** ( $p < 0,01$ ), a conferma dei risultati riferiti alla densità di popolamento. Per quanto riguarda il sorbo degli uccellatori non esiste differenza significativa ( $p > 0,05$ ), in quanto a densità, tra distacco e controllo. Questo indica che l'abbondanza di individui di sorbo non condiziona in sé il distacco di valanghe all'interno della categoria forestale *Lariceti*, ma contribuisce attivamente, assieme alle altre specie presenti, alla stabilizzazione del manto nevoso.

Densità [fusti/ha]			
<i>P. abies</i> *	Distacco	84 (a)	p < 0,05
	Controllo	219 (b)	
<i>L. decidua</i> **	Distacco	190 (a)	p < 0,01
	Controllo	336 (b)	
<i>S. aucuparia</i>	Distacco	3 (a)	p > 0,05
	Controllo	14 (a)	

**Figura 3.82** – Densità di popolamento specifica. Confronto tra aree di distacco e controllo per la categoria Lariceti. Le lettere a-b, con un asterisco indicano una differenza significativa tra le medie ( $p < 0,01$ ), assieme ai due asterischi indicano invece una differenza altamente significativa tra le medie ( $p < 0,01$ ). Le lettere a-a indicano una differenza non significativa ( $p > 0,05$ ).

- Area basimetrica



**Figura 3.83** – Area basimetrica. Confronto tra aree di distacco e controllo per la categoria Lariceti. Le lettere a-b indicano una differenza altamente significativa tra le medie ( $p < 0,01$ ).

L'analisi del dato di area basimetrica tra aree di distacco e controllo indica una differenza tra le medie **altamente significativa** ( $p < 0,01$ ). Questo dato molto importante indica come il bosco e, più in particolare l'area basimetrica, influisca positivamente e significativamente sulla stabilità del manto nevoso. In particolare si nota come le zone di distacco di valanghe siano caratterizzate da valori di area basimetrica notevolmente inferiori rispetto alle zone limitrofe di controllo. Analizzando più nel dettaglio la composizione specifica vengono indagate anche le potenziali differenze di valori, tra distacco e controllo, delle tre specie maggiormente rappresentate: *Picea abies*, *Larix decidua* e *Sorbus aucuparia* (**Figura 3.84**).

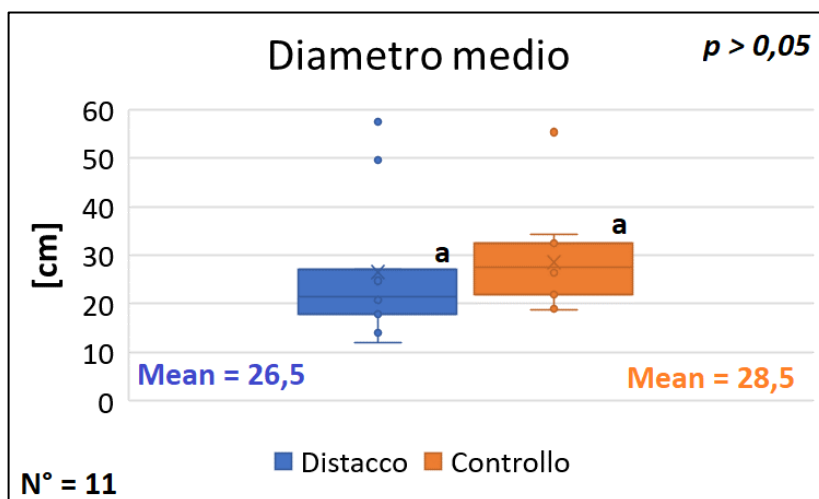


Area basimetrica [m <sup>2</sup> /ha]			
<i>P. abies</i> *	Distacco	3,2 (a)	p < 0,05
	Controllo	16,9 (b)	
<i>L. decidua</i>	Distacco	15,6 (a)	p > 0,05
	Controllo	25,9 (a)	
<i>S. aucuparia</i>	Distacco	0,02 (a)	p > 0,05
	Controllo	0,09 (a)	

**Figura 3.84** – Area basimetrica specifica. Confronto tra aree di distacco e controllo per la categoria Lariceti. Le lettere a-b, assieme all'asterisco, indicano una differenza significativa tra le medie ( $p < 0,05$ ), le lettere a-a indicano una differenza non significativa ( $p > 0,05$ ).

Come si può notare in **Figura 3.84**, solo per l'abete rosso esiste una differenza **significativa** ( $p < 0,05$ ) di fusti ad ettaro tra le zone di distacco e controllo, a conferma dei risultati riferiti ai valori di area basimetrica totale. Per quanto riguarda larice e sorbo degli uccellatori non esiste differenza significativa ( $p > 0,05$ ), in quanto ad area basimetrica, tra distacco e controllo. Questo indica che queste due specie, in quanto ad area basimetrica, non condizionano in sé il distacco di valanghe all'interno della categoria forestale *Lariceti*, ma contribuiscono attivamente, assieme alle altre specie presenti, alla stabilizzazione del manto nevoso, analogamente alla densità di individui.

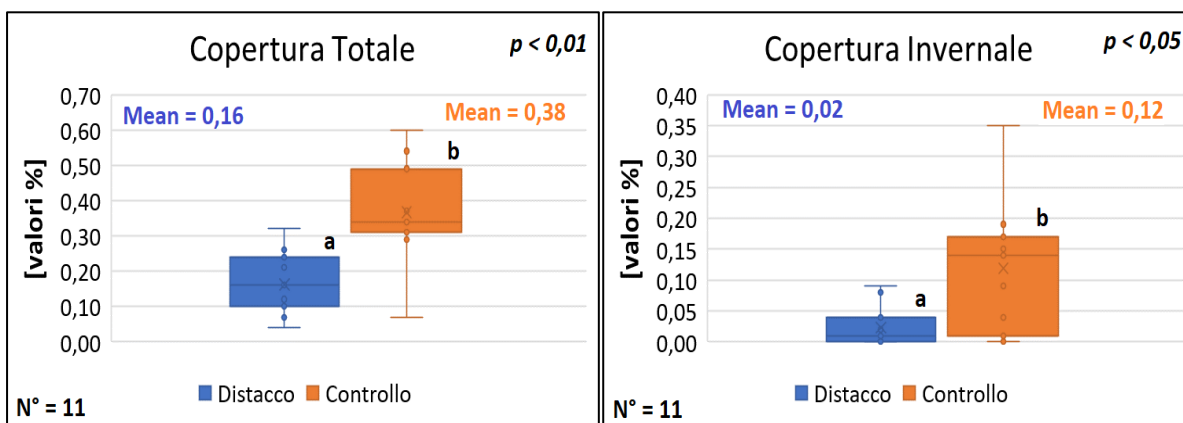
- **Diametro medio**



**Figura 3.85** – Diametro medio. Confronto tra aree di distacco e controllo per la categoria Lariceti. Le lettere a-a indicano una differenza non significativa tra le medie ( $p > 0,05$ ).

L'analisi del dato di diametro medio tra aree di distacco e controllo indica una differenza tra le medie **non significativa** ( $p > 0,05$ ). La stabilità del manto nevoso non risulta quindi essere condizionata dal diametro medio del popolamento.

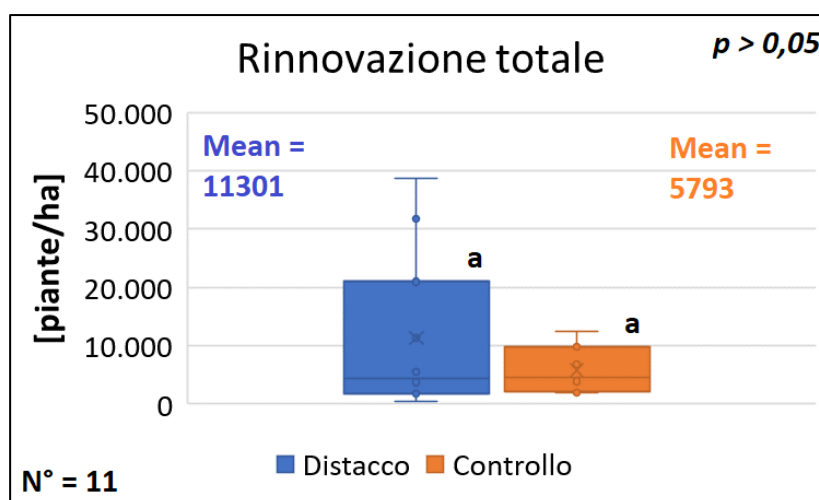
- Copertura Totale e Invernale



**Figura 3.86** – Copertura Totale e Invernale. Confronto tra aree di distacco e controllo per la categoria Lariceti. Le lettere a-b indicano una differenza significativa tra le medie.

L'analisi della copertura tra aree di distacco e controllo indica una differenza tra le medie **altamente significativa** ( $p < 0,01$ ) per la copertura *Totale*, e **significativa** ( $p < 0,05$ ) per quella *Invernale*. Questo dato molto importante indica come il bosco, e più in particolare la copertura, influisca positivamente e significativamente sulla stabilità del manto nevoso. In particolare si nota come le zone di distacco di valanghe siano caratterizzate da coperture notevolmente inferiori rispetto alle zone limitrofe di controllo. Questo accade sia in condizioni di copertura *Totale* che *Invernale* (quella per noi di maggiore interesse).

- Rinnovazione totale



**Figura 3.87** – Rinnovazione Totale. Confronto tra aree di distacco e controllo per la categoria Lariceti. Le lettere a-a indicano una differenza significativa tra le medie ( $p > 0,05$ ).

L'analisi dell'abbondanza di rinnovazione tra aree di distacco e controllo indica una differenza tra le medie **non significativa** ( $p > 0,05$ ). La stabilità del manto nevoso non risulta quindi essere condizionata dall'abbondanza di rinnovazione, né tantomeno il distacco di valanghe ne condiziona le dinamiche.

- **Esposizione e irraggiamento**

Esposizione e irraggiamento			
<b>North-Eastness</b>	Distacco	1,54 (a)	$p > 0,05$
	Controllo	1,42 (a)	
<b>Heat Load Index [MJ*cm-2*yr-1]</b>	Distacco	-1,00 (a)	$p > 0,05$
	Controllo	-0,88 (a)	
<b>Potential Incoming Solar Radiation [kWh/m2]</b>	Distacco	267 (a)	$p > 0,05$
	Controllo	268 (a)	

**Figura 3.88** – Valori di North-Eastness, Heat Load Index e Potential Incoming Solar Radiation. Confronto tra aree di distacco e controllo per la categoria Lariceti. Le lettere a-a indicano una differenza non significativa tra le medie ( $p > 0,05$ ).

L'analisi dei dati di esposizione e irraggiamento tra aree di distacco e controllo indica una differenza tra le medie **non significativa** ( $p > 0,05$ ), per tutti i parametri analizzati. Questo da un lato conferma l'intento di questo studio di posizionare le aree di controllo in condizioni stazionali quanto più simili alle zone di distacco, dall'altro indica che la stabilità del manto nevoso, sotto copertura forestale, non risulta essere influenzata dalla quantità di radiazione incidente al suolo.

- **Copertura vegetazione inferiore ai 2 m di altezza**

Copertura vegetazione < 2 m [%] *		
<b>Suolo nudo</b>	0,05	0,13
<b>Cop. arborea</b>	0,19	0,12
<b>Cop. arbustiva</b>	0,16	0,07
<b>Cop. erbacea</b>	0,64	0,70
<b>Area</b>	Distacco	Controllo

**Figura 3.89** – Valori medi di copertura stimati in campo per la vegetazione inferiore ai 2 m di altezza. Confronto tra aree di distacco e controllo per la categoria Lariceti. L'asterisco indica la significatività del test (chi quadro,  $p < 0,05$ ).

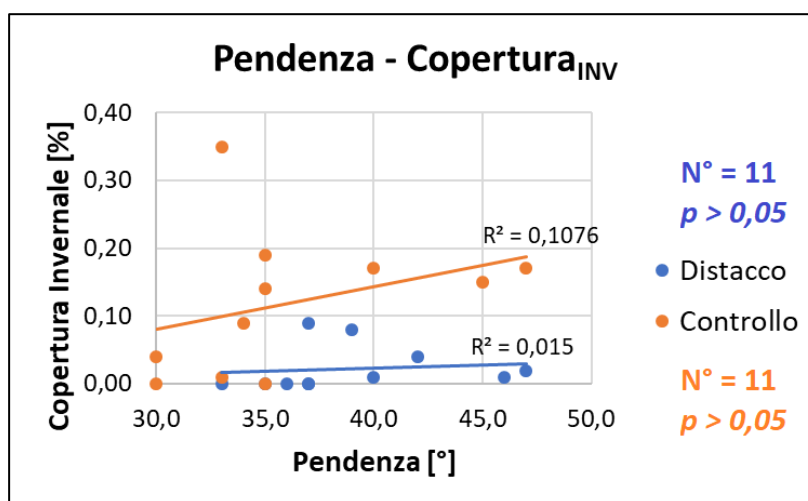
Il test del "chi-quadro" applicato ai valori di copertura indicati in **Figura 3.89**, ha evidenziato una differenza **significativa** ( $p < 0,05$ ) nella distribuzione della copertura nelle classi indicate. Nell'intento di indagare quale componente di copertura presenti delle differenze significative tra distacco e controllo, per ciascuna classe viene applicato il "test t" (**Figura 3.90**).

Copertura vegetazione < 2 m [%]			
Suolo nudo *	Distacco	0,05 (a)	p < 0,05
	Controllo	0,13 (b)	
Cop. arborea	Distacco	0,19 (a)	p > 0,05
	Controllo	0,12 (a)	
Cop. arbustiva	Distacco	0,16 (a)	p > 0,05
	Controllo	0,07 (a)	
Cop. erbacea	Distacco	0,64 (a)	p > 0,05
	Controllo	0,70 (a)	

**Figura 3.90** – Valori di copertura stimati in campo per la vegetazione inferiore ai 2 m di altezza. Confronto tra aree di distacco e controllo per la categoria Lariceti. Le lettere a-b, assieme all'asterisco, indicano una differenza significativa tra le medie ( $p < 0,05$ ), le lettere a-a indicano una differenza non significativa ( $p > 0,05$ ).

L'analisi dei dati di copertura evidenziano una differenza **significativa** ( $p < 0,05$ ) riguardo la copertura a suolo nudo. La presenza di suolo nudo, per la maggior parte costituito da rocce affioranti, pare contribuire sensibilmente alla stabilizzazione del manto nevoso. Le aree di distacco, caratterizzate da una minore copertura a suolo nudo, presentano per contro una maggiore copertura erbacea, che spesso crea uno strato cuscinetto che può costituire una superficie di scorrimento nell'interfaccia neve-suolo, favorendo così il distacco di valanghe.

- Regressione lineare Pendenza – Copertura Invernale

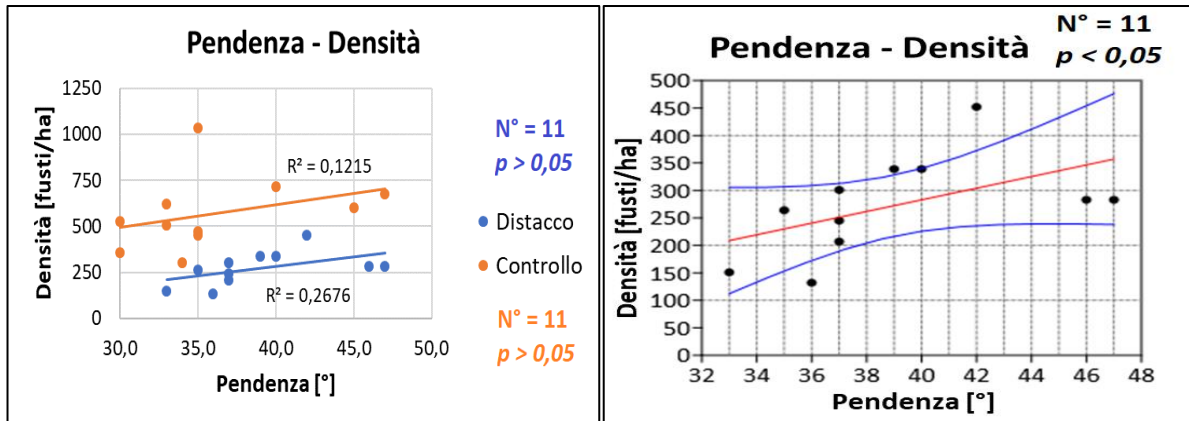


**Figura 3.91** – Relazione lineare tra pendenza e copertura Invernale per aree di distacco e controllo per la categoria Lariceti.

Il test di regressione lineare applicato alle variabili pendenza e copertura *Invernale* è risultato **non significativo** ( $p > 0,05$ ), ciò significa che non esiste una relazione statisticamente rilevante che lega le due variabili. I distacchi sembrano verificarsi sempre con simili valori di copertura, indipendentemente dai valori di pendenza. Naturalmente, per pari valori di pendenza, le

valanghe si staccano con valori di copertura più bassi rispetto alle aree di controllo (vedi pag. 161). Questo a conferma dell'efficace ruolo della copertura nel limitare il distacco di valanghe.

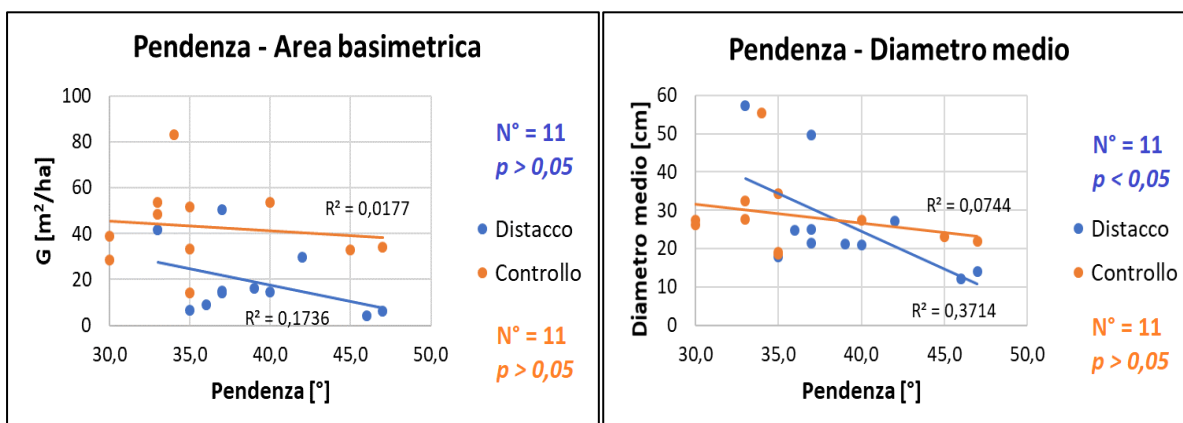
- **Regressione lineare Pendenza – Densità**



**Figura 3.92** – Relazione lineare tra pendenza e densità di popolamento per aree di distacco e controllo per la categoria Lariceti. L'immagine di destra rappresenta le sole aree di distacco, evidenziando in blu l'intervallo di confidenza del 95%.

Il test di regressione lineare applicato alle variabili pendenza e densità è risultato **non significativo** ( $p > 0,05$ ). Sia per le aree di distacco che per quelle di controllo si può però delineare una tendenza positiva: tanto più la pendenza aumenta, tanto più i distacchi si verificano con valori di densità più elevati. Questo a conferma dell'efficace ruolo della densità nel limitare il distacco di valanghe. Naturalmente, per pari valori di pendenza, le valanghe si staccano con valori di densità più bassi (vedi pag. 158). Questo a conferma dell'efficace ruolo della densità nel limitare il distacco di valanghe.

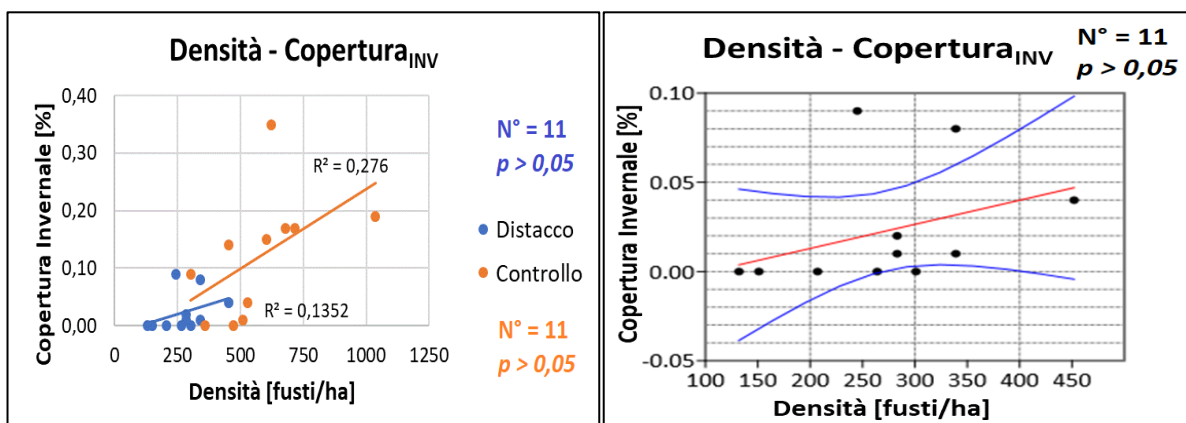
- **Regressione lineare Pendenza – Area basimetrica**



**Figura 3.93** – Relazione lineare tra pendenza e area basimetrica per aree di distacco e controllo per la categoria Lariceti (a sinistra). Relazione lineare tra pendenza e diametro medio per aree di distacco e controllo per la categoria Lariceti (a destra).

Il test di regressione lineare applicato alle variabili pendenza-area basimetrica e pendenza-diametro medio è risultato **non significativo** ( $p > 0,05$ ) per la prima coppia, e **significativo** ( $p < 0,05$ ) per le sole aree di distacco della seconda. Per le aree di distacco sembra delinearsi una tendenza per la quale al crescere della pendenza le valanghe si verificano con valori di area basimetrica più bassi. Analizzando **Figura 3.92** e **Figura 3.93** possiamo infatti notare come all'aumentare della pendenza i popolamenti forestali analizzati tendono a presentare valori di densità più elevati, diametro medio inferiore e, di conseguenza, area basimetrica inferiore. I popolamenti forestali a minori pendenze si presentano invece con densità minori ma mediamente con diametri più elevati. Naturalmente, per pari valori di pendenza, le valanghe si staccano con valori di area basimetrica più bassi (vedi pag. 159). Questo a conferma dell'efficace ruolo dell'area basimetrica nel limitare il distacco di valanghe.

- Regressione lineare Densità – Copertura *Invernale*



**Figura 3.94** – Relazione lineare tra densità e copertura *Invernale* per aree di distacco e controllo per la categoria *Lariceti*. L'immagine di destra rappresenta le sole aree di distacco, evidenziando in blu l'intervallo di confidenza del 95%.

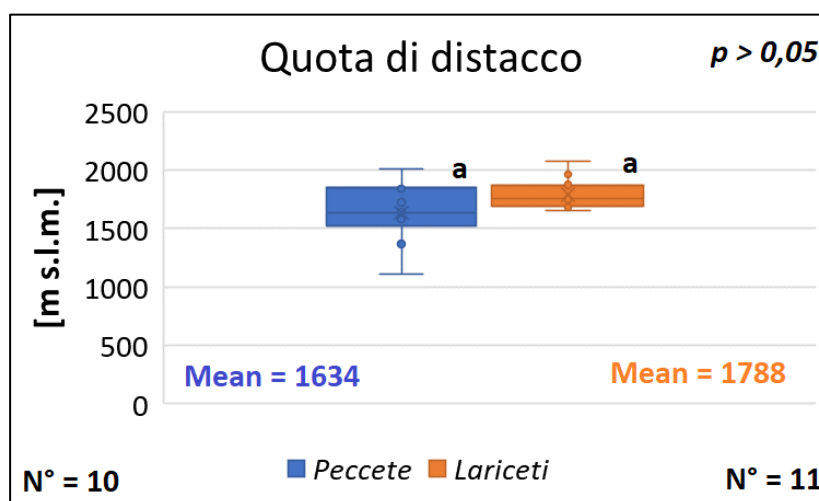
Il test di regressione lineare applicato alle variabili densità e copertura *Invernale* è risultato **non significativo** ( $p > 0,05$ ). Sia per le aree di distacco che per quelle di controllo si delinea però una tendenza positiva: tanto più la densità aumenta, tanto più i distacchi si verificano con valori di copertura più elevati. Le variabili densità e copertura non sempre sono strettamente legate. La componente di larice, predominante nella categoria forestale in esame, può condizionare notevolmente il grado di copertura, parametro che può variare anche sensibilmente tra estate e inverno. Questo comunque dimostra come entrambe le variabili concorrono alla stabilizzazione del manto nevoso. Per pari valori di densità, le valanghe si staccano con valori di copertura *Invernale* più alti, i quali corrispondono anche a pendenze più elevate.



### 3.4.4. Aree di distacco – *Peccete* vs. *Lariceti*

In questo paragrafo vengono presentati i risultati, legati ai diversi parametri analizzati, evidenziando potenziali differenze significative tra le aree di distacco delle categorie *Peccete* e *Lariceti*. Vengono quindi analizzate un totale di 10 aree di distacco per la categoria *Peccete* e 11 per la categoria *Lariceti*.

- Quota



**Figura 3.95** – Quota area di distacco rilevata in campo. Confronto tra le aree di distacco in *Peccete* e *Lariceti*. Le lettere a-a indicano che le medie sono considerate statisticamente uguali ( $p > 0,05$ ).

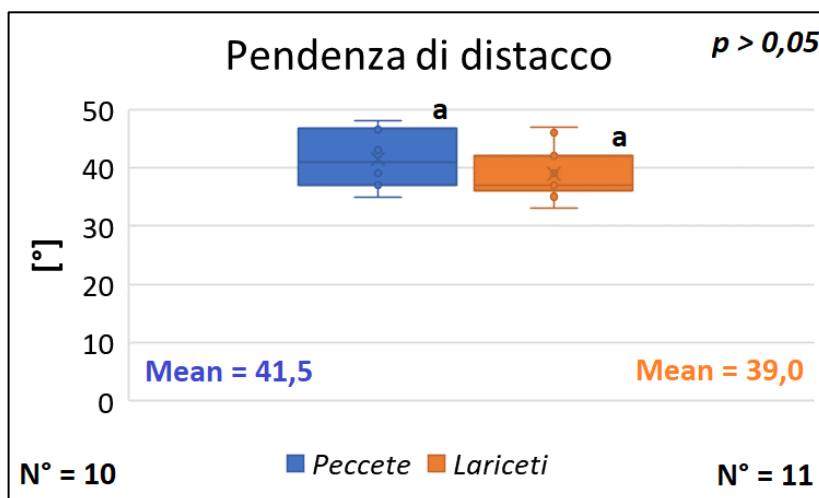
L'analisi delle quote tra aree di distacco tra *Peccete* e *Lariceti* indica una differenza tra le medie **non significativa** ( $p > 0,05$ ). Naturalmente il valore medio di distacco per i *Lariceti* risulta essere più elevato a causa delle maggiori quote alle quali si estende l'areale di queste formazioni.

L'analisi dei dati di quota rilevati in ambiente GIS confermano quanto indicato sopra, ovvero una differenza **non significativa** ( $p > 0,05$ ) tra quote di distacco e controllo (**Figura 3.96**).

Quota [m s.l.m.]		
<i>Peccete</i>	1639 (a)	$p > 0,05$
<i>Lariceti</i>	1789 (a)	

**Figura 3.96** – Quote medie per aree di distacco di *Peccete* e *Lariceti*. Valori riferiti alla media dei valori massimi per ciascuna area di saggio. Dati ricavati in ambiente GIS. Le lettere a-a indicano una differenza non significativa tra le medie.

- Pendenza



**Figura 3.97** – Pendenza area di distacco rilevata in campo. Confronto tra le aree di distacco in Peccete e Lariceti. Le lettere a-a indicano una differenza non significativa tra le medie ( $p > 0,05$ ).

L'analisi delle pendenze tra aree di distacco tra Peccete e Lariceti indica una differenza tra le medie **non significativa** ( $p > 0,05$ ). Si può comunque notare una tendenza al distacco per pendenze minori per la categoria Lariceti. Probabilmente le valanghe per quest'ultima categoria si verificano anche in condizioni di pendenza meno sostenute rispetto alle Peccete.

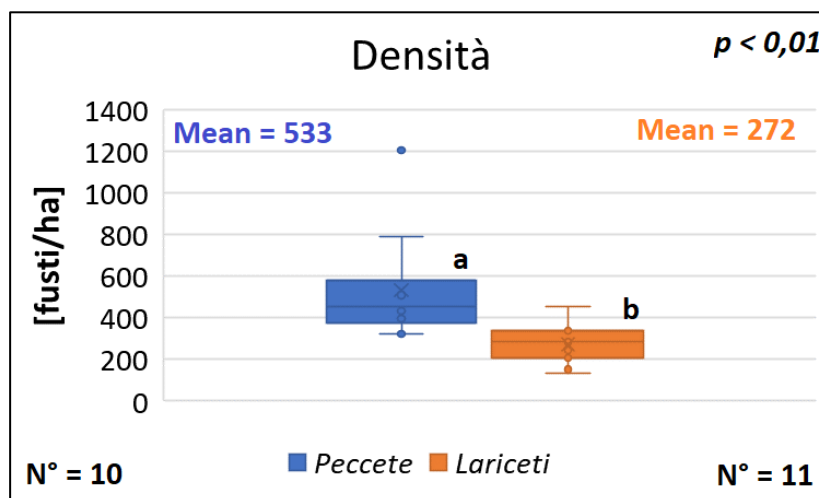
I dati di pendenza media e massima, rilevati in ambiente GIS, sembrano confermare quanto riportato sopra (**Figura 3.98**).

Pendenza [°]			
Media	Peccete	38,5 (a)	$p > 0,05$
	Lariceti	36,8 (a)	
Massima	Peccete	43,8 (a)	$p > 0,05$
	Lariceti	43,8 (a)	

**Figura 3.98** – Pendenze medie e massime per aree di distacco di Peccete e Lariceti. Dati ricavati in ambiente GIS. Le lettere a-a indicano una differenza non significativa tra le medie ( $p > 0,05$ ).

I Lariceti sembrano comunque dimostrare una minore capacità di trattenuta del manto nevoso rispetto alle Peccete. Questi infatti, mediamente, tendono a generare distacchi anche per pendenze inferiori.

- Densità di popolamento



**Figura 3.99** – Densità di popolamento. Confronto tra le aree di distacco in Peccete e Lariceti. Le lettere a-b indicano una differenza significativa tra le medie ( $p < 0,01$ ).

L'analisi della densità di popolamento tra aree di distacco tra *Peccete* e *Lariceti* indica una differenza tra le medie **altamente significativa** ( $p < 0,01$ ). In particolare si nota come le zone di distacco per la categoria *Lariceti* siano caratterizzate da densità notevolmente inferiori rispetto alla categoria *Peccete*.

A primo avviso sembra che per la categoria *Lariceti* siano necessari valori di densità inferiori alle *Peccete* per causare un distacco, come se la formazione fosse in grado di limitare il verificarsi dei fenomeni valanghivi meglio delle *Peccete*. In questo senso bisogna però considerare anche le pendenze in gioco: infatti, come si può notare in **Figura 3.97**, le pendenze di distacco sono minori nei *Lariceti*, il che significa che per avere distacchi con pendenze inferiori, anche la densità deve calare. La densità in questo senso si dimostra un parametro chiave nel determinare la stabilità del manto nevoso. Infatti, per una differenza di pendenza non significativa, la densità al distacco varia in modo altamente significativo, pur considerando che stiamo trattando due formazioni forestali ecologicamente molto diverse tra loro.

Analizzando più nel dettaglio la composizione specifica vengono indagate anche le potenziali differenze nella numerosità, tra distacco e controllo, delle tre specie maggiormente rappresentate: *Picea abies*, *Larix decidua* e *Sorbus aucuparia* (**Figura 3.100**).

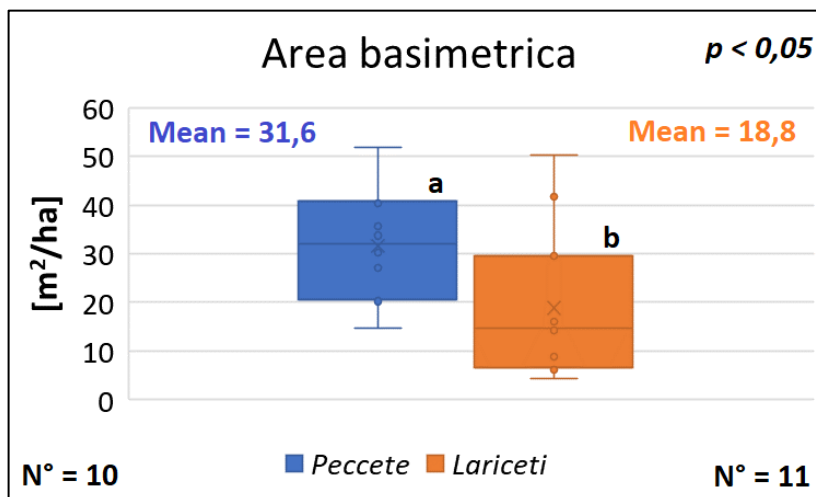
Come si può notare in **Figura 3.100**, per abete rosso e larice esiste una differenza rispettivamente **altamente significativa** ( $p < 0,01$ ) e **significativa** ( $p < 0,05$ ) di fusti ad ettaro tra le due formazioni: questo conferma i risultati riferiti alla densità di popolamento, conclusione logica dato che stiamo confrontando le rispettive formazioni. Per quanto riguarda il sorbo degli uccellatori non esiste

differenza significativa ( $p > 0,05$ ), in quanto a densità, tra le due formazioni. Questo indica che l'abbondanza di individui di sorbo non condiziona in sé il distacco di valanghe, ma contribuisce attivamente, assieme alle altre specie presenti, alla stabilizzazione del manto nevoso.

Densità [fusti/ha]			
<b><i>P. abies</i> **</b>	<i>Peccete</i>	301 (a)	$p < 0,01$
	<i>Lariceti</i>	84 (b)	
<b><i>L. decidua</i> *</b>	<i>Peccete</i>	98 (a)	$p < 0,05$
	<i>Lariceti</i>	190 (b)	
<b><i>S. aucuparia</i></b>	<i>Peccete</i>	11 (a)	$p > 0,05$
	<i>Lariceti</i>	3 (a)	

**Figura 3.100** – Densità di popolamento specifica. Confronto tra le aree di distacco in *Peccete* e *Lariceti*. Le lettere a-b, assieme ai due asterischi, indicano una differenza altamente significativa tra le medie ( $p < 0,01$ ), un asterisco indica una differenza significativa tra le medie ( $p < 0,05$ ), le lettere a-a indicano una differenza non significativa ( $p > 0,05$ ).

- **Area basimetrica**



**Figura 3.101** – Area basimetrica. Confronto tra le aree di distacco in *Peccete* e *Lariceti*. Le lettere a-b indicano una differenza significativa tra le medie ( $p < 0,05$ ).

L'analisi del dato di area basimetrica tra aree di distacco tra *Peccete* e *Lariceti* indica una differenza tra le medie **significativa** ( $p < 0,05$ ). In particolare si nota come le zone di distacco per la categoria *Lariceti* siano caratterizzate da area basimetrica inferiori rispetto alla categoria *Peccete*.

Ancora sembra che per la categoria *Lariceti* siano necessari valori di area basimetrica inferiori alle *Peccete* per causare un distacco, come se la formazione fosse maggiormente in grado di limitare il verificarsi dei fenomeni valanghivi. Bisogna però considerare anche le pendenze in

gioco: infatti, come si può notare in **Figura 3.97**, le pendenze sono minori nei *Lariceti*, il che significa che per avere distacchi con pendenze inferiori anche l'area basimetrica deve calare.

Analizzando più nel dettaglio la composizione specifica vengono indagate anche le potenziali differenze di valori, tra distacco e controllo, delle tre specie maggiormente rappresentate: *Picea abies*, *Larix decidua* e *Sorbus aucuparia* (**Figura 3.102**).

Area basimetrica [m <sup>2</sup> /ha]			
<b><i>P. abies</i> **</b>	<i>Peccete</i>	23,7 (a)	p < 0,01
	<i>Lariceti</i>	3,19 (b)	
<b><i>L. decidua</i></b>	<i>Peccete</i>	5,9 (a)	p > 0,05
	<i>Lariceti</i>	15,6 (a)	
<b><i>S. aucuparia</i></b>	<i>Peccete</i>	0,06 (a)	p > 0,05
	<i>Lariceti</i>	0,02 (a)	

**Figura 3.102** – Area basimetrica specifica. Confronto tra le aree di distacco in *Peccete* e *Lariceti*. Le lettere a-b, assieme ai due asterischi, indicano una differenza altamente significativa tra le medie ( $p < 0,01$ ), le lettere a-a indicano una differenza non significativa ( $p > 0,05$ ).

Come si può notare in **Figura 3.102**, solo per l'abete rosso esiste una differenza **altamente significativa** ( $p < 0,01$ ) di fusti ad ettaro tra le due formazioni, a conferma dei risultati riferiti all'area basimetrica, il che è logico dato che stiamo confrontando due diverse formazioni. Per quanto riguarda però larice e sorbo degli uccellatori non esiste differenza significativa ( $p > 0,05$ ), in quanto ad area basimetrica, tra le due formazioni. Questo indica che queste due specie, in quanto ad area basimetrica, non condizionano in sé il distacco di valanghe ma contribuiscono attivamente, assieme alle altre specie presenti, alla stabilizzazione del manto nevoso, analogamente alla densità di individui.

- Diametro medio

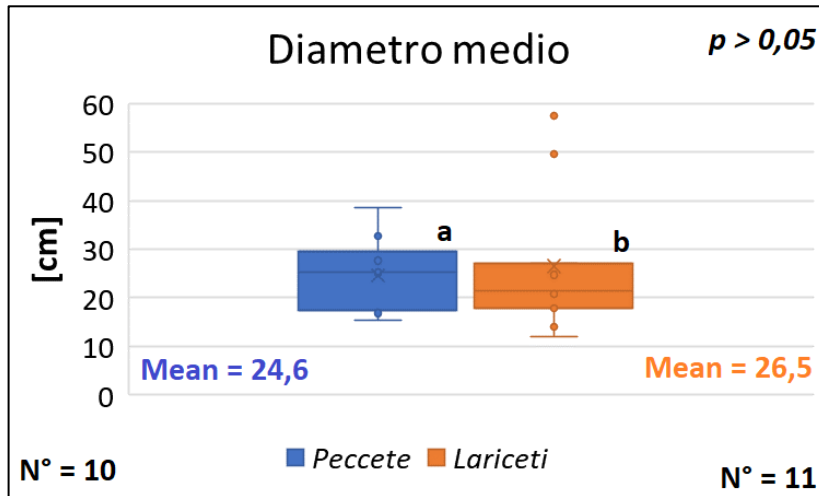


Figura 3.103 – Diametro medio. Confronto tra le aree di distacco in Peccete e Lariceti. Le lettere a-a indicano una differenza non significativa tra le medie ( $p > 0,05$ ).

L'analisi del dato di diametro medio tra aree di distacco tra *Peccete* e *Lariceti* indica una differenza tra le medie **non significativa** ( $p > 0,05$ ). La stabilità del manto nevoso, tra le due formazioni, non risulta quindi essere condizionata dal diametro medio.

- Copertura Totale e Invernale

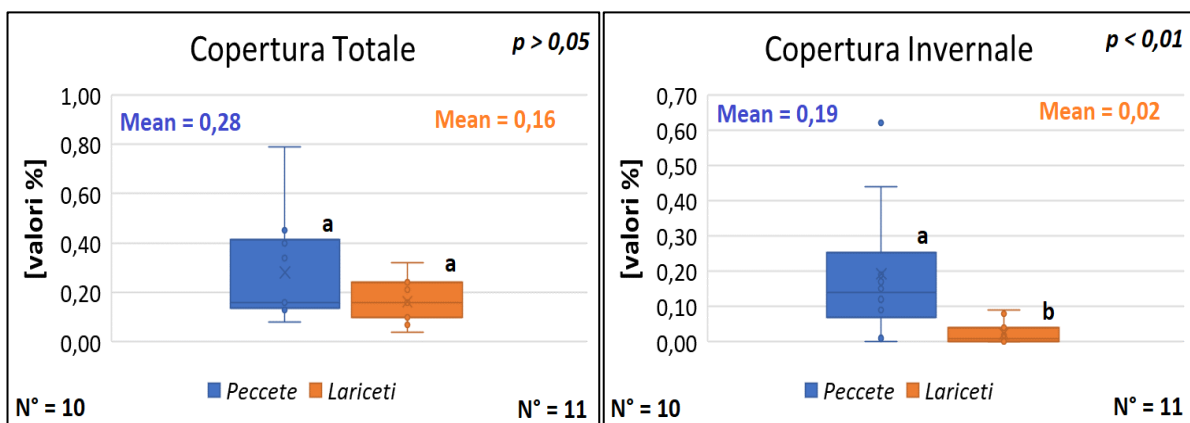
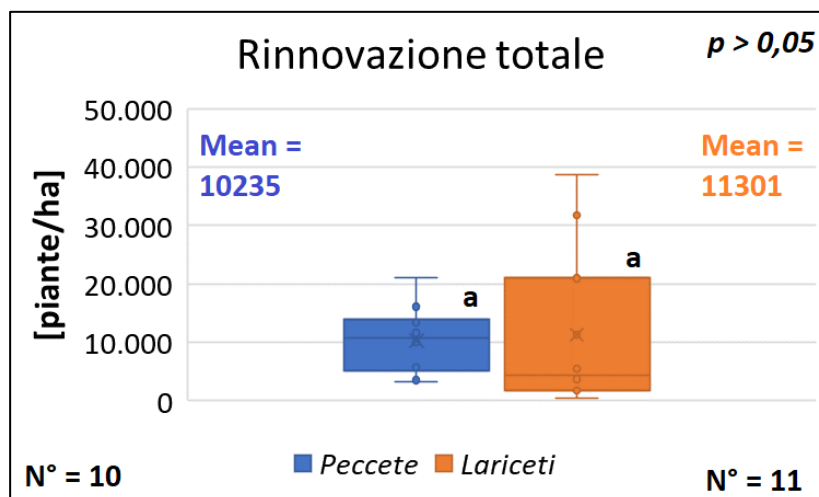


Figura 3.104 – Copertura Totale e Invernale. Confronto tra le aree di distacco in Peccete e Lariceti. Le lettere a-b indicano una differenza significativa tra le medie, le lettere a-a una differenza non significativa.

L'analisi della copertura tra aree di distacco tra *Peccete* e *Lariceti* indica una differenza tra le medie **non significativa** ( $p > 0,05$ ) per la copertura *Totale*, e **altamente significativa** ( $p < 0,01$ ) per quella *Invernale*. Durante il periodo invernale le formazioni a prevalenza di abete rosso mantengono ovviamente una copertura nettamente superiore ai *Lariceti*. Con buona probabilità,

gli eventi su *Peccete* si verificano anche con coperture più elevate perché i distacchi, su queste formazioni, sono caratterizzati anche da pendenze più elevate rispetto ai *Lariceti* (**Figura 3.97**).

- **Rinnovazione totale**



**Figura 3.105** – Rinnovazione Totale. Confronto tra le aree di distacco in *Peccete* e *Lariceti*. Le lettere a-a indicano una differenza non significativa tra le medie ( $p > 0,05$ ).

L'analisi dell'abbondanza di rinnovazione tra aree di distacco tra *Peccete* e *Lariceti* indica una differenza tra le medie **non significativa** ( $p > 0,05$ ). La stabilità del manto nevoso, tra le due formazioni, non risulta quindi essere condizionata dall'abbondanza di rinnovazione, né tantomeno il distacco di valanghe ne condiziona le dinamiche.

- **Esposizione e irraggiamento**

Esposizione e irraggiamento			
<b>North-Eastness</b>	<i>Peccete</i>	1,27 (a)	$p > 0,05$
	<i>Lariceti</i>	1,54 (a)	
<b>Heat Load Index [MJ*cm-2*yr-1]</b>	<i>Peccete</i>	-0,72 (a)	$p > 0,05$
	<i>Lariceti</i>	-1,00 (a)	
<b>Potential Incoming Solar Radiation</b>	<i>Peccete</i>	270 (a)	$p > 0,05$
	<i>Lariceti</i>	267 (a)	

**Figura 3.106** – Valori di North-Eastness, Heat Load Index e Potential Incoming Solar Radiation. Confronto tra le aree di distacco in *Peccete* e *Lariceti*. Le lettere a-a indicano una differenza non significativa tra le medie ( $p > 0,05$ ).



L'analisi dei dati di esposizione e irraggiamento tra aree di distacco tra *Peccete* e *Lariceti* indica una differenza tra le medie **non significativa** ( $p > 0,05$ ), per tutti i parametri analizzati. Questo indica che la stabilità del manto nevoso, tra le due formazioni considerate, non risulta essere influenzata dalla quantità di radiazione incidente al suolo.

- **Copertura vegetazione inferiore ai 2 m di altezza**

Copertura vegetazione < 2 m [%] **		
Suolo nudo	0,12	0,05
Cop. arborea	0,08	0,19
Cop. arbustiva	0,07	0,16
Cop. erbacea	0,82	0,64
Area	<i>Peccete</i>	<i>Lariceti</i>

**Figura 3.107** – Valori medi di copertura stimati in campo per la vegetazione inferiore ai 2 m di altezza. Confronto tra le aree di distacco in *Peccete* e *Lariceti*. I due asterischi indicano l'elevata significatività del test (chi quadro,  $p < 0,01$ ).

Il test del “chi-quadro” applicato ai valori di copertura indicati in **Figura 3.107**, ha evidenziato una differenza **altamente significativa** ( $p < 0,05$ ) nella distribuzione della copertura nelle classi. Nell'intento di indagare quale componente di copertura presenti delle differenze significative tra le due formazioni considerate, per ciascuna classe viene applicato il “test t” (**Figura 3.108**).

Copertura vegetazione < 2 m [%]			
Suolo nudo *	<i>Peccete</i>	0,12 (a)	$p < 0,05$
	<i>Lariceti</i>	0,05 (b)	
Cop. arborea	<i>Peccete</i>	0,08 (a)	$p > 0,05$
	<i>Lariceti</i>	0,19 (a)	
Cop. arbustiva	<i>Peccete</i>	0,07 (a)	$p > 0,05$
	<i>Lariceti</i>	0,16 (a)	
Cop. erbacea	<i>Peccete</i>	0,82 (a)	$p > 0,05$
	<i>Lariceti</i>	0,64 (a)	

**Figura 3.108** – Valori di copertura stimati in campo per la vegetazione inferiore ai 2 m di altezza. Confronto tra le aree di distacco in *Peccete* e *Lariceti*. Le lettere a-b, assieme all'asterisco, indicano una differenza significativa tra le medie ( $p < 0,05$ ), le lettere a-a indicano una differenza non significativa ( $p > 0,05$ ).

L'analisi dei dati di copertura evidenziano una differenza **significativa** ( $p < 0,05$ ) riguardo la copertura a suolo nudo. Le aree di distacco su *Peccete* sono caratterizzate da una maggiore copertura a suolo nudo che, essendo costituita per la maggior parte da rocce affioranti, dovrebbe contribuire ad un aumento della scabrezza e alla stabilizzazione del manto nevoso. Tuttavia la

percentuale di copertura risulta però piuttosto limitata, al contrario della copertura erbacea che risulta prevalente.

In generale, se pur evidenziando una differenza significativa per la copertura a suolo nudo, possiamo affermare che, per entrambe le categorie forestali, si nota una notevole predominanza della copertura erbacea. Quest'ultima spesso crea uno strato cuscinetto che può costituire una superficie di scorrimento nell'interfaccia neve-suolo, favorendo così il distacco di valanghe. Il valore di copertura erbacea risulta essere maggiore per le *Peccete*, determinandone potenzialmente una maggiore suscettibilità agli eventi valanghivi.

- Regressione lineare Pendenza – Copertura *Invernale*

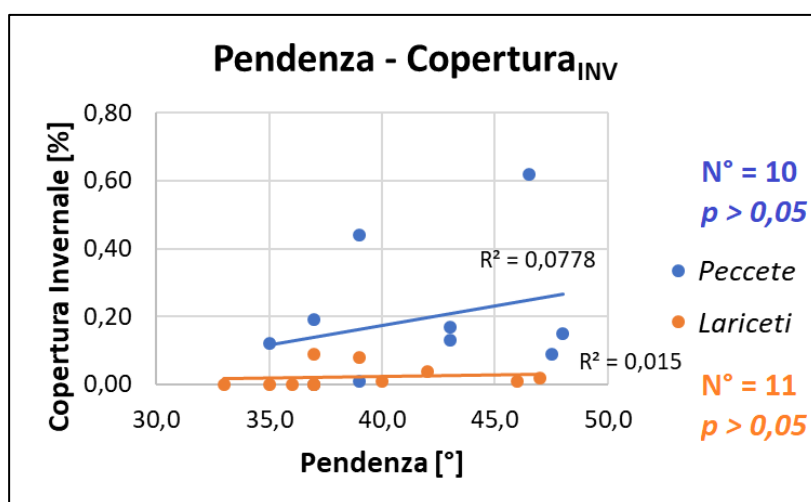


Figura 3.109 – Relazione lineare tra pendenza e copertura Invernale per aree di distacco tra *Peccete* e *Lariceti*.

Il test di regressione lineare applicato alle variabili pendenza e copertura *Invernale* è risultato **non significativo** ( $p > 0,05$ ), ciò significa che non esiste una relazione statisticamente rilevante che lega le due variabili. Tuttavia, soprattutto per le *Peccete*, pare delinearsi una tendenza positiva: tanto più la pendenza aumenta, tanto più i distacchi si verificano con valori di coperture più elevati. Questo a conferma dell'efficace ruolo della copertura nel limitare il distacco di valanghe. La relazione risulta essere piuttosto debole per i *Lariceti* infatti i distacchi si verificano per pari valori di copertura, indipendentemente dalla pendenza. Per pari valori di pendenza le valanghe tendono a staccarsi sulle *Peccete* con valori maggiori di copertura *Invernale*. Questo farebbe pensare che le *Peccete* siano poco efficaci nella protezione da valanghe. Tuttavia sono da considerare diversi altri fattori, come ad esempio la maggiore copertura erbacea che, rispetto ai *Lariceti*, favorisce maggiormente il distacco di valanghe.

- Regressione lineare Pendenza – Densità

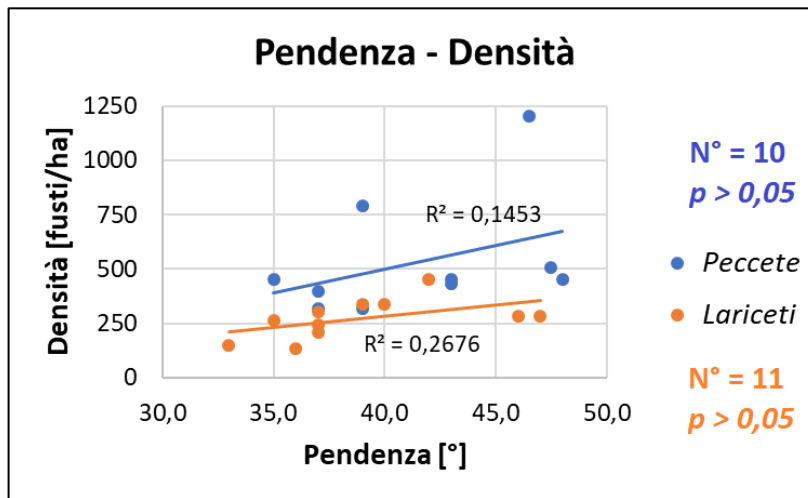


Figura 3.110 – Relazione lineare tra pendenza e densità di popolamento per aree di distacco tra Peccete e Lariceti.

Il test di regressione lineare applicato alle variabili pendenza e densità è risultato **non significativo** ( $p > 0,05$ ). Per entrambe le formazioni si può però delineare una tendenza positiva: tanto più la pendenza aumenta, tanto più i distacchi si verificano con valori di densità più elevati. Questo a conferma dell'efficace ruolo della densità nel limitare il distacco di valanghe. Per pari valori di pendenza le valanghe tendono a staccarsi sulle *Peccete* con valori maggiori di densità. Questo farebbe pensare che le *Peccete* siano poco efficaci nella protezione da valanghe. Tuttavia sono da considerare diversi altri fattori, come ad esempio la maggiore copertura erbacea che, rispetto ai *Lariceti*, favorisce maggiormente il distacco di valanghe.

- Regressione lineare Pendenza – Area basimetrica

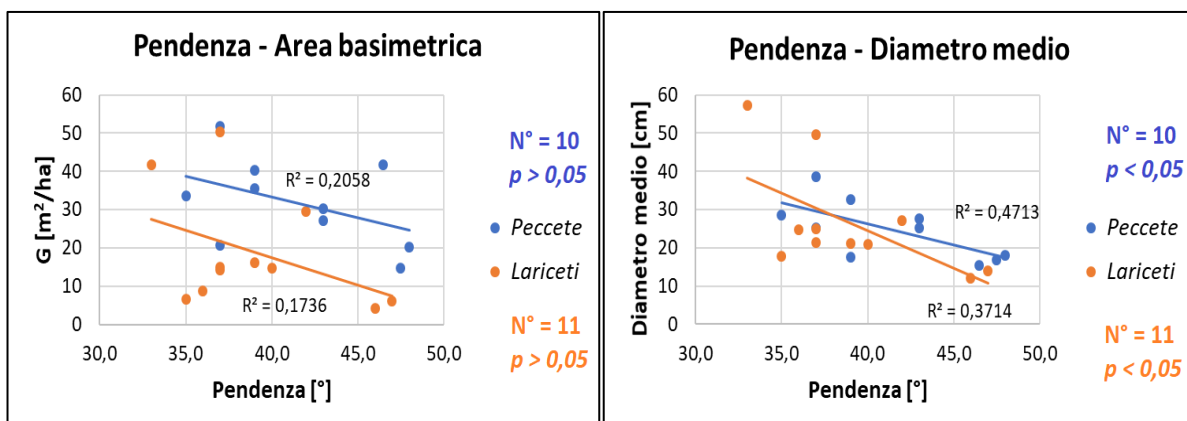
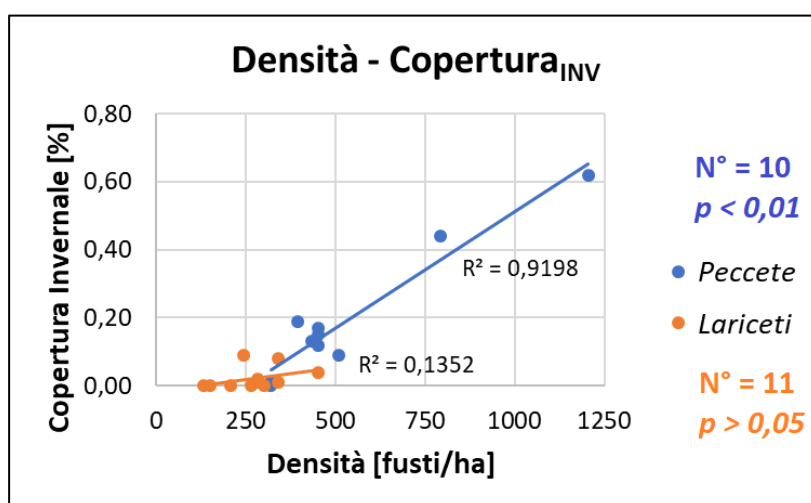


Figura 3.111 – Relazione lineare tra pendenza e area basimetrica per aree di distacco tra Peccete e Lariceti (a sinistra).  
Relazione lineare tra pendenza e diametro medio per aree di distacco tra Peccete e Lariceti (a destra).

Il test di regressione lineare applicato alle variabili pendenza-area basimetrica e pendenza-diametro medio è risultato **non significativo** ( $p > 0,05$ ) per la prima coppia, e **significativo** ( $p < 0,05$ ) per la seconda. Per entrambe le categorie sembra delinearci una tendenza per la quale al crescere della pendenza le valanghe si verificano con valori di area basimetrica più bassi. Analizzando **Figura 3.110** e **Figura 3.111** possiamo infatti notare come all'aumentare della pendenza i popolamenti forestali analizzati tendono a presentare valori di densità più elevati, diametro medio inferiore e, di conseguenza, area basimetrica inferiore. I popolamenti forestali a minori pendenze si presentano invece con densità minori ma con diametri più elevati. Per pari valori di pendenza le valanghe tendono a staccarsi sulle *Peccete* con valori maggiori di area basimetrica. Questo farebbe pensare che le *Peccete* siano poco efficaci nella protezione da valanghe. Tuttavia sono da considerare diversi altri fattori, come ad esempio la maggiore copertura erbacea che, rispetto ai *Lariceti*, favorisce maggiormente il distacco di valanghe.

- **Regressione lineare Densità – Copertura *Invernale***



**Figura 3.112** – Relazione lineare tra densità e copertura *Invernale* per aree di distacco tra *Peccete* e *Lariceti*.

Il test di regressione lineare applicato alle variabili densità e copertura *Invernale* è risultato **altamente significativo** ( $p < 0,01$ ) solo per le aree di distacco. Sia per le aree di distacco che per quelle di controllo si delinea però una tendenza positiva: tanto più la densità aumenta, tanto più i distacchi si verificano con valori di copertura più elevati. Le variabili densità e copertura non sempre sono strettamente legate. Nel caso di popolamenti con presenza di larice, la copertura *Invernale* tende a ridursi notevolmente, e può variare anche sensibilmente tra estate e inverno. Questo comunque dimostra come entrambe le variabili concorrono alla stabilizzazione del manto nevoso. La relazione lineare risulta comunque più forte per le *Peccete*. Per pari valori di densità,

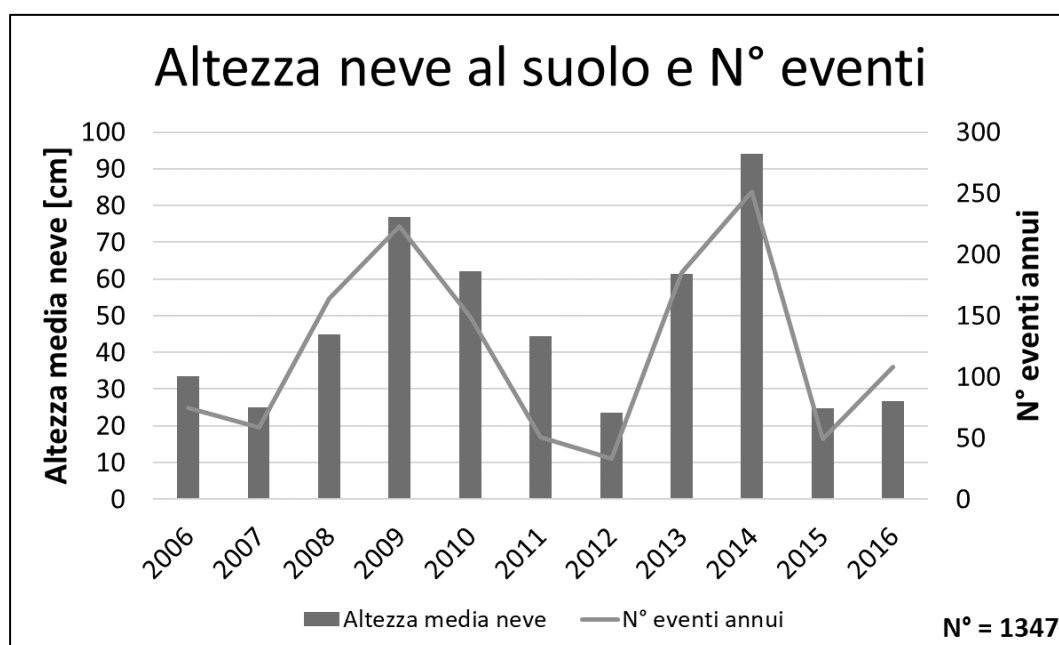
le valanghe si staccano con valori di copertura *Invernale* più alti sulle *Peccete*. Questo farebbe pensare che le *Peccete* siano poco efficaci nella protezione da valanghe. Tuttavia sono da considerare diversi altri fattori, come ad esempio la maggiore copertura erbacea e la maggiore pendenza che si presentano sulle relative aree di distacco. La seconda immagine in **Figura 3.76**, relativa alle sole zone di distacco, evidenzia in blu l'intervallo di confidenza del 95%.

## 4. CONCLUSIONI

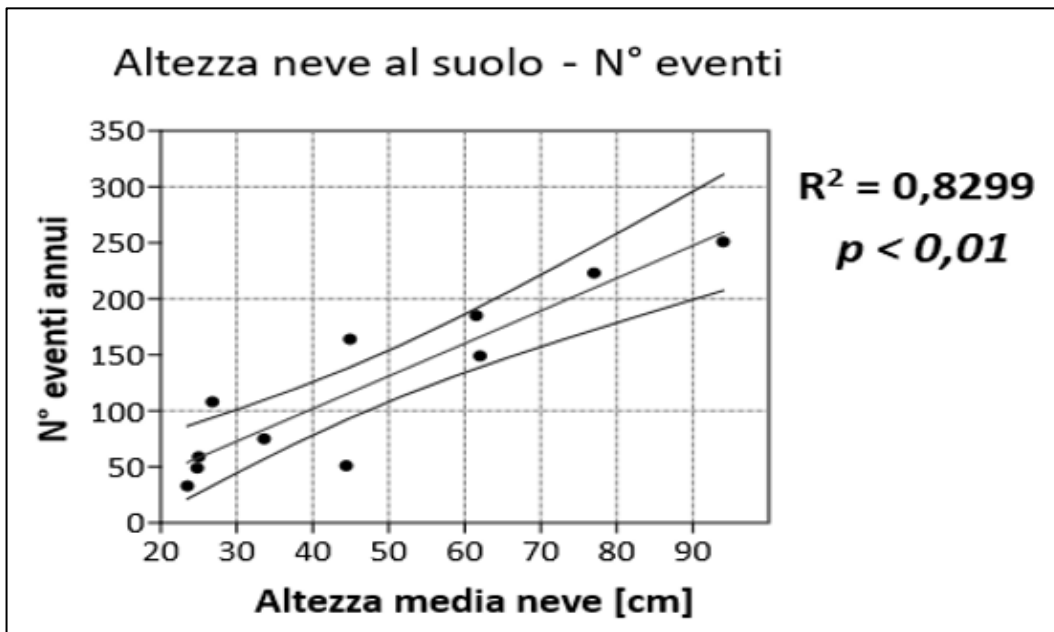
È documentato il fatto che le foreste limitino fortemente le probabilità di distacco di valanghe assumendo un ruolo strategico di protezione, soprattutto se si tratta di popolamenti ben strutturati, densi e privi di aperture. Tuttavia anche i popolamenti subalpini, che per condizionamenti di carattere ecologico spesso non possono rispondere a tali requisiti mantengono un ruolo importante, soprattutto se alternati ad aree dalla morfologia non uniforme. Le foreste hanno pertanto un ruolo determinante nel limitare o impedire il distacco di valanghe. A seguito verranno riassunti e discussi i principali risultati relativi alle diverse tematiche trattate nel presente studio.

- **Inquadramento nivo-climatico**

L'analisi dei dati di altezza di neve al suolo, relativi alle Alpi venete, ha permesso un migliore inquadramento delle condizioni di innevamento delle ultime 10 stagioni invernali. In particolare viene evidenziato come le condizioni di innevamento influiscano direttamente sulle dinamiche valanghive del territorio veneto. Infatti si nota come a stagioni caratterizzate da maggiori spessori di neve al suolo (ad esempio le stagioni invernali 2008-2009 e 2013-2014) corrispondano anche un maggiore numero di eventi valanghivi registrati (**Figura 4.1** e **Figura 4.2**).



**Figura 4.1** – Confronto dei dati di altezza media annua di neve al suolo e N° eventi totali annui verificatisi. I dati di altezza di neve al suolo fanno riferimento alla media annuale delle 8 stazioni indicate al paragrafo 2.1. Periodo di riferimento 2006-2016.



**Figura 4.2** – Relazione lineare tra altezza media annuale di neve al suolo, riferita alla media delle 8 stazioni indicate al paragrafo 2.1, e numero di eventi annui. Evidenziato con le curve esterne l’intervallo di confidenza del 95%. Periodo di riferimento 2006-2016.

Il test di regressione lineare, applicato in **Figura 4.2**, indica in modo altamente significativo ( $p < 0,01$ ) che 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 particolare sono stati notati nel periodo 2005-2016, valori massimi mensili di neve al suolo superiori a 2,5 m anche per 4 mesi consecutivi, e valori massimi mensili superiori a 3 m per due mesi. In riferimento all’altezza efficace degli alberi risulta evidente come tanto più aumenta l’altezza di neve al suolo, tanto più la soglia di altezza efficace, necessaria a garantire un’efficace stabilizzazione del pendio, dovrebbe aumentare. In questo caso la stabilità del manto nevoso sarebbe normalmente garantita da un’altezza media degli alberi pari a 1,5-2 volte l’altezza del manto nevoso (Saeki, Matsuoka, 1996), quindi per valori di 5-6 m. Questi ultimi risultano di fatto sensibilmente maggiori ai 2 m e 3 m fissati rispettivamente da Mc Clung (2001) e Meyer Grass (1987) per i quali, con le condizioni di innevamento sopra indicate, verrebbe meno l’efficacia del bosco nel limitare distacchi spontanei. Queste problematiche tendono ad assumere un’importanza più rilevante per quanto riguarda le Dolomiti meridionali, che mostrano mediamente altezze di neve al suolo maggiori rispetto alle Dolomiti settentrionali.



- **Analisi dei dati catastali**

L'analisi sul Catasto Valanghe della Regione Veneto ha fornito importanti informazioni di contorno che hanno permesso di inquadrare, con discreto livello di dettaglio, la situazione storica delle valanghe sul territorio, analizzando i dati delle schede di "inchiesta permanente sulle valanghe" (MOD7). Analizzando un totale di 2380 eventi è stato possibile suddividere le valanghe verificatesi dentro e fuori copertura forestale traendo da queste alcune semplici considerazioni. Le valanghe in bosco si staccano mediamente a quote più basse (1656 m s.l.m.) di quelle fuori copertura (1987 m s.l.m.). Spesso infatti, a quote più elevate, la crescita del bosco è fortemente limitata da fattori stagionali. La quasi totale assenza di bosco, oltre una certa quota, fa sì che i distacchi avvengano prevalentemente su pendii non boscati.

Pendenze medie e massime risultano essere pressoché uguali tra dentro e fuori copertura, anche se le valanghe in bosco tendono a presentare valori minimi più elevati, concentrando i distacchi su pendenze maggiori. In generale le valanghe in bosco presentano valori di pendenza media pari a 38,49° e massima di 43,31°.

Per quanto riguarda invece l'esposizione, gli eventi in bosco si concentrano prevalentemente su esposizioni nord/nord-est e sud/sud-ovest, mentre le valanghe fuori copertura su esposizioni sud/sud-est.

Non sono state invece riscontrate differenze per quanto riguarda i parametri relativi ad esposizione e irraggiamento (*North-Eastness, Heat Load Index e Potential Incoming Solar Radiation*).

Analizzando invece, più nel dettaglio, le caratteristiche degli eventi valanghivi per le 3 categorie forestali maggiormente rappresentate (*Peccete, Lariceti e Larici-Cembreti e Faggete*), si è potuto notare come le *Faggete* si distinguano nettamente dalle prime due. Per le *Faggete* infatti i distacchi si presentano prevalentemente su pendenze più elevate (mediamente di 5°), con larghezze e spessori di distacco maggiori e con più elevate lunghezze di scorrimento. Probabilmente le maggiori pendenze sono giustificate dalle diverse condizioni stagionali di popolamento. I distacchi nelle *Faggete*, come dimostrano i dati, si verificano a quote sensibilmente inferiori rispetto alle altre due categorie. Generalmente a queste quote abbiamo anche minori nevicate e spessori di neve al suolo. Minori spessori del manto nevoso necessitano quindi pendenze maggiori per generare un distacco spontaneo.

È infine importante precisare che le valanghe in bosco, in base a quanto riportano i dati catastali, rappresentano il 7,7% del totale degli eventi censiti. In Valle d'Aosta questa percentuale è pari al 5,4% (Letey et al., 2008; Viglietti et al., 2010).

- **Conclusioni generali**

Il lavoro di campo è stato condotto su un totale di 21 siti valanghivi, ciascuno descritto da due aree di saggio circolari, una interna alla valanga e una esterna di controllo, per un totale di 42 aree di saggio rilevate. Di queste aree 10 fanno riferimento alla categoria forestale *Peccete*, e 11 alla categoria *Lariceti*.

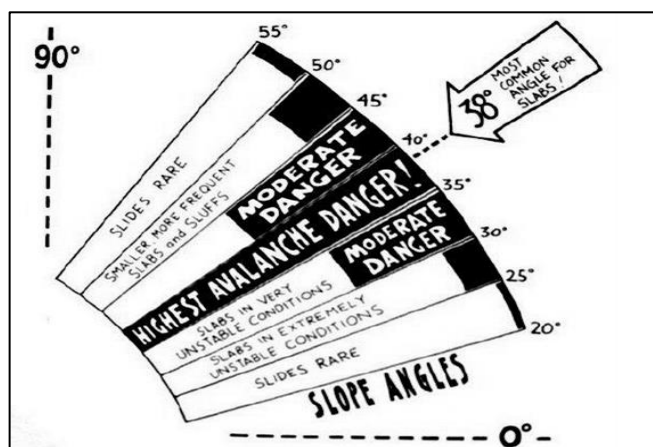
In generale, dai primi confronti dei dati inseriti nelle schede valanghe, possiamo subito notare come le aree di distacco presentino in genere valori di densità, area basimetrica e copertura, sensibilmente inferiori rispetto alle relative aree di controllo. Questo di fatto conferma l'efficace ruolo del bosco nel limitare il distacco di valanghe.

Gli eventi valanghivi analizzati fanno tutti riferimento al periodo tardo-invernale/primaverile, quando la temperatura media dell'aria aumenta provocando anche un aumento nel contenuto in acqua del manto nevoso (potenziale causa di instabilità).

Scendendo nel particolare dell'elaborazione dei dati di campo, è stato analizzato il comportamento di diversi parametri tra aree di distacco e di controllo, sia per il totale delle aree rilevate, sia per le singole categorie *Peccete* e *Lariceti*. Sono state infine confrontate le diverse caratteristiche riscontrabili tra le zone di distacco delle due categorie, con l'obiettivo di descrivere con maggiore precisione le dinamiche delle valanghe in bosco.

In questo senso è ora possibile confrontare i dati ottenuti con quelli riscontrabili in bibliografia, con riferimento ai principali parametri di riferimento che regolano le dinamiche valanghive.

- La pendenza media relativa agli eventi in bosco è pari a  $40,2^\circ$  per le aree di distacco e  $36,9^\circ$  per le aree di controllo. Nello specifico la pendenza di distacco per la categoria *Peccete* risulta pari a  $41,5^\circ$  e per i *Lariceti* di  $39,0^\circ$ . I dati riscontrati in bibliografia riportano valori medi, riferiti alle valanghe a lastroni (non solo quelle in bosco), pari a  $38,0^\circ$  (O'Bannon, Clelland, 2012).



**Figura 4.3** – Valori comuni di angoli di distacco per le valanghe a lastroni (O'Bannon, Clelland, 2012).

Si possono comunque approssimare gli eventi rilevati come valanghe a lastroni, considerata in bosco la tipologia prevalente di valanghe (Berretti et al., 2006).

In questo senso il bosco dimostra un positivo effetto di stabilizzazione del manto nevoso, in quanto tende ad innalzare i valori medi di pendenza per i quali, più comunemente, si verificano distacchi;

- Parlando di densità, vengono messi a confronto i dati ottenuti con i parametri relativi alle esigenze minime di stabilità che ritroviamo nel manuale di “Selvicoltura nelle foreste di protezione” (Berretti et al., 2006). I dati fanno tutti riferimento a diametri maggiori di 8 cm (**Figura 4.4** e **Figura 4.5**).

Pendenza	Distacco		Controllo	
	Densità [piante/ha]	Copertura [%]	Densità [piante/ha]	Copertura [%]
30-40°	283	22	605	38
> 40°	364	22	732	39

**Figura 4.4** – Valori medi di densità e copertura riferiti al totale degli eventi rilevati. Dati di densità riferiti ad individui con diametro > 8 cm.

Zone	Parametri		Esigenze minime	Esigenze ideali
Zone di distacco	Densità	N° piante/ha	indifferente purché sia rispettata la % di copertura	Ø > 8 cm - pendenza tra 30° (58%) e 40° (84%): almeno 500 piante/ha * - pendenze > 40° (84%): almeno 1.000 piante/ha * - rispettando il parametro % di copertura
		% di copertura		
Note: * definite al fine di assicurare una struttura paragonabile a quella di un paravalanghe.				

**Figura 4.5** – Valanghe in bosco: esigenze minime di stabilità (Berretti et al., 2006).

I valori riscontrati nel presente studio risultano essere in linea con le esigenze minime di stabilità per quanto riguarda la densità (Berretti et al., 2006). Per pendenze di 30-40° il valore di densità per le aree di controllo supera ampiamente il valore soglia di 500 piante/ha, mentre per pendenze superiori ai 40° il valore soglia di 1000 piante/ha non viene eguagliato. Il bosco per pendenze più elevate si dimostra quindi maggiormente efficace nella trattenuta del manto nevoso rispetto a quanto riportato in bibliografia, in quanto garantisce stabilità anche per densità minori.

Per quanto riguarda il dato di copertura, per nessuna delle due classi di pendenza viene superata la soglia del 50%, che assume valori di circa il 40%, ovvero 10 punti percentuali inferiore al valore limite. Per quanto riguarda invece le zone di distacco, i dati rientrano a pieno sotto i valori soglia di stabilità.

Analizziamo ora gli stessi parametri relativi alle due categorie forestali *Peccete* e *Lariceti*. In **Figura 4.6 (a)** sono riportati i valori relativi alle zone di distacco, in **Figura 4.6 (b)** i valori relativi alle aree di controllo.

Pendenza distacco	Peccete		Lariceti	
	Densità [piante/ha]	Copertura [%]	Densità [piante/ha]	Copertura [%]
30-40°	365	25	223	19
> 40°	433	31	278	11

**a**

Pendenza controllo	Peccete		Lariceti	
	Densità [piante/ha]	Copertura [%]	Densità [piante/ha]	Copertura [%]
30-40°	728	39	513	38
> 40°	819	43	615	33

**b**

**Figura 4.6** – Dati medi di densità e copertura Totale per le categorie *Peccete* e *Lariceti*. Aree di distacco (a), aree di controllo (b). Dati di densità riferiti ad individui con diametro > 8 cm.

Si può notare, come sopra, che per quanto riguarda le zone di distacco, i dati si tengono al di sotto dei valori soglia di stabilità. Per quanto riguarda invece le zone di controllo i valori di densità rientrano a pieno nelle esigenze di stabilità per entrambe le categorie sotto i 40°. Per pendenze più elevate, il bosco si dimostra maggiormente efficace nella trattenuta del manto nevoso rispetto a quanto riportato in bibliografia, in quanto garantisce stabilità anche per densità minori (Berretti et al., 2006). In ogni caso i valori di copertura non sono rispettati per nessuna categoria forestale.

La densità sembra dimostrarsi il parametro di maggiore interesse nel determinare la stabilità del manto nevoso. In base ai dati in nostro possesso possiamo affermare come, pur non essendo mai rispettato il valore di copertura (> 50%), la densità sia comunque in grado di soddisfare le esigenze di stabilità, trattenendo efficacemente il manto nevoso;

- Per quanto riguarda i valori di area basimetrica vengono riportati in **Figura 4.7** i valori medi per aree di distacco e controllo per le tre categorie considerate: totale delle valanghe e categorie forestali *Peccete* e *Lariceti*.

Area Basimetrica [m <sup>2</sup> /ha]		
Categorie	Distacco	Controllo
Totale **	24,9	49,7
Peccete **	31,6	57,3
Lariceti **	18,8	42,9

**Figura 4.7** – Valori medi di area basimetrica. I due asterischi indicano l'elevata significatività della differenza tra le medie ( $p < 0,01$ ).

Come possiamo notare dalla **Figura 4.7**, mediamente le valanghe si distaccano per valori di area basimetrica di 24,9 m<sup>2</sup>/ha. Questo valore tende ad aumentare per le *Peccete* e diminuire per i *Lariceti*. Facendo una approssimazione possiamo comunque affermare che popolamenti forestali con valori di area basimetrica maggiori di circa 40 m<sup>2</sup>/ha sono potenzialmente in grado di prevenire distacchi in bosco, popolamenti con valori inferiori a circa 30 m<sup>2</sup>/ha no. Tuttavia, per definire dei valori soglia certi e universalmente validi, non sono sufficienti i dati a nostra disposizione, e sarebbero necessari ulteriori studi più approfonditi legati anche alla distribuzione nello spazio dell'area basimetrica;

- Lo strato arbustivo sembra non influenzare significativamente il distacco di valanghe in bosco, contrariamente a quanto accade per la copertura erbacea e a suolo nudo. La prima, significativamente maggiore per le zone di distacco, tende infatti a favorire la formazione di piani di scivolamento o di strati instabili tra il manto nevoso e il terreno. La seconda, tendenzialmente maggiore per le zone di controllo e costituita per lo più da rocce affioranti, contribuisce ad un aumento di scabrezza e alla stabilizzazione del manto nevoso;
- I parametri relativi ad esposizione e irraggiamento (*North-Eastness*, *Heat Load Index* e *Potential Incoming Solar Radiation*) sembrano non influenzare significativamente il distacco di valanghe in bosco.

Considerando tutto possiamo affermare come il bosco, in quanto a componente arborea, eserciti un ruolo positivo sulla stabilizzazione 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. Sui versanti più ripidi i distacchi in bosco si verificano per valori di densità e copertura più elevati. Allo stesso modo il bosco è in grado di trattenere efficacemente il manto nevoso solo se, con la pendenza, aumentano anche i valori di copertura e densità.

Osservando invece il confronto tra le formazioni analizzate (*Peccete* e *Lariceti*), risulta evidente come la pendenza giochi anche qui un ruolo fondamentale. Infatti i distacchi, per le *Peccete*, avvengono mediamente su pendenze maggiori che per i *Lariceti*. Le prime formazioni tendono quindi a mostrare una maggiore capacità di trattenuta del manto nevoso, limitando in modo più efficace il distacco di valanghe. È infatti noto come formazioni che presentano una maggiore percentuale di specie sempreverdi, come l'abete rosso, abbiano anche un maggiore effetto di

protezione, particolarmente in presenza di abbondanti nevicate (Berretti et al., 2006; Provincia Autonoma di Bolzano-Alto Adige, 2010). Tuttavia, in base a quanto emerso dalle successive analisi, sembrano essere i *Lariceti* le formazioni maggiormente efficaci nella protezione dal distacco di valanghe. Questi infatti, sia per le aree di distacco che per quelle di controllo, riportano valori significativamente inferiori di densità, area basimetrica e copertura (*Totale e Invernale*). Soprattutto per quanto riguarda la densità, ma anche per la copertura, le *Peccete* mediamente presentano valori al distacco simili a quelli che i *Lariceti* hanno al controllo (**Figura 4.6**). In pratica, per simili valori di densità e copertura, le *Peccete* sembrano essere soggette a fenomeni valanghivi mentre i *Lariceti* no. Di fatto questo risulta essere un controsenso: parametri che normalmente sono strettamente e direttamente legati alla stabilità del manto nevoso, sembrano in questo caso favorirne il distacco. Valori maggiori di densità o copertura dovrebbero generalmente garantire una maggiore protezione dal distacco di valanghe (Berretti et al., 2006).

Nonostante quanto detto non è comunque possibile affermare che i *Lariceti* siano più efficaci delle *Peccete* nel limitare le valanghe in bosco. Le dinamiche che regolano i distacchi in bosco sono infatti molteplici e complesse, e non dipendono mai da un singolo parametro ma sono l'espressione della combinazione di diversi fattori che agiscono a livello di popolamento, morfologia e clima. Primo tra questi fattori è l'inclinazione del pendio: è già stato indicato come le pendenze rilevate per le *Peccete* siano maggiori rispetto ai *Lariceti*. In particolare per i *Lariceti* si registrano pendenze di distacco simili a quelle che si verificano fuori copertura, dimostrando come l'effetto di trattenuta del manto nevoso risulti piuttosto scarso rispetto alle *Peccete*, per le quali la soglia di pendenza al distacco risulta di circa 4° superiore rispetto ai valori medi generali evidenziati in letteratura (O'Bannon, Clelland, 2012).

A seguito vengono elencati altri fattori che possono aver contribuito, in maniera più o meno importante, a rendere le *Peccete* apparentemente meno efficaci nel loro ruolo di protezione:

- Di fatto, il più elevato valore medio di copertura erbacea per le *Peccete*, favorisce maggiormente il distacco di valanghe, costituendo un ottimo piano di scorrimento;
- Gli eventi sulle *Peccete* possono potenzialmente essersi verificati in presenza di maggiori spessori di neve al suolo. I valori medi indicano spessori di 149 cm, rispetto ai 143 cm dei *Lariceti*. Questi valori possono però risultare notevolmente diversi dalla realtà, in quanto espressione di una condizione media mensile riferita ad una media di 8 stazioni localizzate in zone potenzialmente molto differenti dai siti valanghivi analizzati;

- L'abete rosso, presente ai margini di un canale da valanga, potrebbe favorire eventuali distacchi a causa della caduta differita della neve al suolo, soprattutto nel caso in cui gli spessori del manto nevoso sono già elevati (Berretti et al., 2006);
- Le *Peccete* tendono a svilupparsi su quote e versanti più caldi rispetto ai *Lariceti* (Del Favero, 2015). Durante il periodo primaverile (nel quale si verificano la maggior parte delle valanghe studiate), temperature più elevate favoriscono condizioni di instabilità del manto nevoso;
- L'apparato radicale superficiale dell'abete rosso, può talvolta limitare la capacità di trattenuta del manto nevoso.

In conclusione, resta evidente come i dati a disposizione non siano in grado di dare una descrizione piena del fenomeno e, tantomeno, ci permettono di mettere a confronto l'efficienza di protezione dalle valanghe delle due categorie forestali studiate. In questo senso, solo accurati e più approfonditi studi potrebbero confermare quanto indicato in bibliografia in merito alla maggiore efficienza di protezione garantita da popolamenti costituiti da specie a foglia persistente come le peccete.

Rimane comunque evidente come un singolo fattore (composizione specifica, grado di copertura o densità) non sia in grado di descrivere da solo il ruolo protettivo di una foresta. Anche se possiamo aspettarci un ulteriore aumento della copertura forestale nelle Alpi, questo non implica necessariamente un aumento delle funzioni protettive nei confronti delle valanghe, specialmente per foreste su pendii molto ripidi (Bebi et al., 2009).

Il fattore maggiormente discriminante sembra comunque essere la densità di popolamento: nella totalità dei casi esaminati tale valore risulta sensibilmente inferiore per le aree di distacco rispetto a quelle di controllo, e sembra garantire stabilità anche per valori di copertura inferiori a quelli riportati in bibliografia (Berretti et al., 2006). Generalmente i parametri studiati concorrono comunque assieme nel determinare o meno la stabilità del manto nevoso, e quindi la probabilità di distacco di eventi valanghivi. In questo senso, per determinare in modo chiaro e inequivocabile quali parametri risultino maggiormente influenti nel determinare la stabilità del manto nevoso, sarebbe necessaria un'approfondita analisi multi-criteriale.

È importante considerare poi che il verificarsi di eventi valanghivi sembra comunque non essere legato solo a parametri selvicolturali, ma anche alle caratteristiche nivo-meteorologiche, morfologiche, ed alla presenza o meno di copertura erbaceo-arbustiva (Maggioni et al., 2007). Ne deriva un'estrema difficoltà di individuazione di valori soglia universalmente applicabili in qualunque contesto territoriale. In questo senso solo un costante lavoro di arricchimento della banca dati attualmente disponibile potrebbe incrementare le conoscenze sul grado di riduzione



delle condizioni di instabilità del manto nevoso da parte del bosco, con l'obiettivo di preferire, ove possibile, un'adeguata gestione del bosco rispetto al solo impiego di opere permanenti di difesa attiva.

Si evidenzia in tal senso la necessità di una pianificazione territoriale che tenga conto delle problematiche valanghive passate ed in atto, unitamente ad interventi gestionali in grado di limitare il distacco di nuove valanghe ed accelerare i processi di rigenerazione e ottimale sviluppo dei soprassuoli danneggiati o distrutti. Vanno quindi di assicurate strutture ottimali delle foreste in grado di garantire buoni parametri di resistenza e resilienza, compatibilmente con le caratteristiche ecologiche locali. Talora per perseguire tali obiettivi è necessario associare alla rigenerazione dei soprassuoli la realizzazione di strutture temporanee quali treppiedi o rastrelliere, utili alla stabilizzazione del manto nevoso e la protezione della rinnovazione, che nel corso degli anni vedranno la loro funzione sostituita dallo sviluppo della componente vegetale. Nei popolamenti adulti potenzialmente interessati dal transito di valanghe è invece necessario garantire la presenza di foreste dense, con presenza anche di alberi di grande diametro e ben strutturate.

È infine necessario tenere conto che i tempi dell'evoluzione delle foreste, della gestione forestale e della selvicoltura non sempre sono compatibili con le esigenze di protezione immediata di infrastrutture ed attività antropiche. Tuttavia nel lungo periodo le foreste sono in grado di rispondere a molteplici requisiti che si associano al loro ruolo protettivo, quali la produzione di legname, il paesaggio, la fruizione del territorio. In questo senso lo scarso bagaglio di conoscenze relative ai fenomeni valanghivi in bosco, o in zone potenzialmente boscate, ha portato in passato e porta tuttora ad intervenire con opere strutturali spesso poco attente agli impatti sull'ambiente ed il paesaggio.

- **Valanghe e cambiamenti climatici**

È infine interessante fare alcune considerazioni in merito ai cambiamenti climatici.

Dalle ricerche emerge che negli ultimi 30 anni i boschi di montagna si sono notevolmente estesi e infittiti, soprattutto sui versanti ripidi (Bebi et al., 2016). Inoltre, si osserva un cambiamento nella composizione di specie: Alcune varietà come l'abete rosso e il larice hanno rafforzato la loro presenza alle altitudini più elevate, mentre alle quote più basse la concorrenza di specie più termofile come l'abete bianco e il faggio aumenta. I ricercatori suppongono che il mutamento climatico sia corresponsabile di queste trasformazioni: temperature più elevate accelerano la crescita delle piante. Producono inoltre anche effetti indiretti sugli alberi, perché riducono lo spessore del manto nevoso e la durata della copertura nevosa. I cambiamenti attuali dei boschi,

non sono unicamente attribuibili al clima, ma anche all'utilizzo da parte dell'uomo e a diversi fattori locali. È quindi molto difficile stabilire univocamente il contributo diretto del clima.

A prima vista l'espansione dei boschi e la crescita accelerata degli alberi a quote più elevate costituisce un vantaggio, perché così aumenta la superficie di bosco protettivo. Nei boschi più fitti si staccano meno valanghe che nelle zone più rade. L'effetto protettivo di molti boschi è di fatto migliorato ad altitudini elevate, anche se non sempre in corrispondenza di obiettivi sensibili. I boschi più fitti sono però sottoposti anche a maggiori rischi: sono infatti più esposti al rischio di incendio, agli attacchi da bostrico e alla rottura causata da tempeste e nevicate (Bebi et al., 2016). In conclusione, i cambiamenti climatici possono portare potenzialmente ad un'estensione delle foreste di protezione da valanghe. Tuttavia queste dovranno poi essere sottoposte ad un'attenta gestione selvicolturale, ai fini di ridurre il rischio di potenziali disturbi al bosco. Se da un lato alle quote più elevate aumenta la superficie forestale in grado di fornire protezione dalle valanghe, dall'altro i popolamenti alle quote inferiori risulteranno più suscettibili a possibili disturbi di natura biotica e abiotica, con conseguente perdita delle funzioni protettive.

I cambiamenti climatici possono condizionare anche la tipologia di valanghe. Si è visto come negli ultimi anni stia aumentando il numero di valanghe da slittamento (Cagnati, 2017a), legate ad inverni caldi ed elevati spessori di neve al suolo. In questo senso, almeno per i popolamenti alle quote minori, aumentano suscettibilità e danni potenziali al bosco e, per continuare a garantire la funzione protettiva, probabilmente le esigenze minime di stabilità indicate in letteratura non saranno più sufficienti.



## 5. RINGRAZIAMENTI

Ed eccoci di nuovo qua, a distanza di appena due anni da quel primo traguardo dal quale sembra passata una vita, che ancora una volta mi sento di dover ringraziare tutti coloro che hanno saputo starmi accanto in questi anni.

Il grazie più grande va alla mia famiglia: mammi, papi e la mia cara sorellina. Nonostante il mio carattere e la mia testa dura hanno sempre dimostrato di essere per me il punto di riferimento più importante. Mi sento di ringraziare anche Zia Anna, Phuntsok e Alessandro, che negli ultimi tempi son stati, e rimarranno, parte di questa splendida famiglia.

Ai miei cari nonnini: Piero, Nina e Renato, che nonostante le loro difficoltà si ricordano sempre del loro nipotino e pregano per me, entusiasmandosi per ogni mio traguardo. Sempre il mio ricordo va a voi e sempre vi porto nel cuore e nelle preghiere. Vi voglio bene.

A Pietro, per essere un amico presente e sincero, e per aver condiviso con me l'insana avventura di CamperHeinz in tutti questi anni di università. Non sarebbe stato lo stesso senza di te.

Al mitico Spono che tra GIS, statistica e tecnicismi vari si è fatto in quattro per darmi una mano, e a Paola per il suo sempre disponibile supporto. Ringrazio anche il mio relatore, Prof. Lingua, che in questi lunghi mesi mi ha seguito con curiosità e pazienza.

Un grazie particolare va agli amici del Centro Valanghe di Arabba: Anselmo, Mauro, Bepi e Alvisè per essere sempre stati disponibili per me e per i preziosi dati forniti. In particolare ringrazio Germano per tutto il supporto ricevuto e per la sua generosa disponibilità.

Agli amici Fede, per la compagnia e l'aiuto durante i rilievi in campo, e Luca per il suo supporto e per essere un buon amico.

Al CamperHeinz che, ancora per questi due anni, è stato un degno tetto sopra la testa dove rincasare dopo le faticose giornate in università, e che ancora una volta, l'ultima volta da universitario, mi ha accompagnato per mie amate montagne durante i rilievi per questa tesi.

Doveroso ringraziare anche il buon meteo, che mi ha concesso di concludere i rilievi senza prendere, quasi, neanche una goccia d'acqua, e alla fedele bianco-rossa palina, senza il quale supporto sarei probabilmente finito giù per qualche canalone da valanga.

Ringrazio infine Francesca, inaspettata sorpresa, e tutti i cari amici, compagni di corso, gruppo testimoni e amici ritrovati, per rendermi la vita e le giornate all'università un po' più gioiose e colorite. Penso che circondarsi di persone che ti vogliono bene, e a cui vuoi bene, sia il primo elemento indispensabile per godere di una vita felice.

A tutti voi il mio più sincero grazie

Legnaro, 13 dicembre 2017



## 6. BIBLIOGRAFIA

A.I.NE.VA., (2017) – La classificazione delle valanghe. Zone di distacco scorrimento e arresto – Pubblicazioni on-line – <http://www.aineva.it/pubblica/valanghe/capitolo4.html>.

ARPAV, (2016a) – Dati del Catasto Valanghe della Regione Veneto – Su gentile concessione del Centro Valanghe di Arabba.

ARPAV, (2016b) – SISTEMA INFORMATIVO DELLE VALANGHE DEL VENETO (SIV), RELAZIONE E MANUALE D'USO – Revisione 7.4, settembre 2016 – Dipartimento Regionale per la Sicurezza del Territorio – Servizio Neve e Valanghe di Arabba.

ARPAV, (2017a) – Dati delle stazioni nivo-meteorologiche della Regione Veneto – Su gentile concessione del Centro Valanghe di Arabba.

ARPAV, (2017b) – Elenco stazioni, dislocazione geografica e dati storici relativi alle stazioni nivologiche – <http://www.arpa.veneto.it/arpavinforma/bollettini/dati-storici>.

BARBOLINI M., (2005) – Linee guida metodologiche per la perimetrazione delle aree esposte al pericolo valanghe – Neve e Valanghe n° 53 – A.I.Ne.Va.

BEERS T. W., DRESS P. E., WENSEL L. C., (1966) – Aspect transformation in site productivity research – J. For. 64 (10): 691-692.

BENINI G., (1990) – Sistemazioni idraulico-forestali – UTET – pp. 153-161.

BEBI P., (2011) – Snow movements in forest – Mountain Ecosystem – Workshop Aosta – WSL Institute for Snow and Avalanche Research SLF, Davos.

BEBI P., BUGMANN H., LÜSCHER P., LANGE B., BRANG P., (2016) – Auswirkungen des Klimawandels auf Schutzwald und Naturgefahren – In A. R. Pluess, S. Augustin, P. Brang, Bundesamt für Umwelt BAFU, Bern, & Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL, Birmensdorf (Eds.), Wald im Klimawandel – Grundlagen für Adaptationsstrategien (pp. 269-285) – Bern, Stuttgart, Wien: Haupt.

BEBI P., KULAKOWSKI D., RIXEN C., (2009) – Snow avalanche disturbances in forest ecosystems – State of research and implications for management – Forest Ecology and Management 257: 1883–1892.

BERRETTI R., CAFFO L., CAMERANO P., DE FERRARI F., DOMAINE A., DOTTA A., GOTTERO F., HAUDEMANT J. C., LETEY C., MELONI F., MOTTA R., TERZUOLO P., (2006) – Selvicoltura nelle foreste di protezione – Esperienze e indirizzi gestionali in Piemonte e Valle d’Aosta – Compagnia delle foreste – Arezzo.

BRANG P., (2001) – Resistance and elasticity: promising concept for the management of protection forests in the European Alps – *Forest Ecology and Management* 145: 107-119.

BRANG P., SCHÖNENBERGER W., FREHNER M., SCHWITTER R., THORMANN J. J., WASSE B., (2006) – Management of protection forests in the European Alps. *Forest – Snow and Landscape Research* 80, 23-44.

BRANG P., SCHÖNENBERGER W., OTT E., GARDNER B., (2001) – Forests as protection from natural hazards – *The Forests Handbook*, vol. 2. Blackwell Science, Oxford – pp. 53-81.

BRUNDL M., SCHWEIZERISCHES LANDERFORESTINVENTAR, (1999) – Ergebnisse der Zweitaufnahme – pp. 442.

CAGNATI A., (2017a) – Cambiamenti climatici e valanghe, effetti sul territorio montano del Veneto – Lezioni del corso Protezione da rischio Idrogeologico tenute dal Prof. Vincenzo D’Agostino – Università degli studi di Padova.

CAGNATI A., (2017b) – Identificazione del terreno valanghivo e elementi di cartografia valanghe – Lezioni del corso Protezione da rischio Idrogeologico tenute dal Prof. Vincenzo D’Agostino – Università degli studi di Padova.

CONRAD O., BECHTEL B., BOCK M., DIETRICH H., FISCHER E., GERLITZ L., WEHBERG J., WICHMANN V., BOEHNER J., (2015) – System for Automated Geoscientific Analyses (SAGA) v. 2.3.2 – *Geosci. Model Dev.*, 8, 1991-2007, doi: 10.5194/gmd-8-1991-2015 – <http://www.saga-gis.org>.

D’AGOSTINO V., (2017) – VALANGHE. Concetti generali e dinamica – Lezioni del corso Protezione da rischio Idrogeologico – Università degli studi di Padova.

DEL FAVERO R., (2015) – I boschi delle regioni alpine italiane. Tipologia, funzionamento, selvicoltura – Ristampa: gennaio 2015 – Coop. Libreria Editrice Università di Padova – pp. 599.

DORREN L. K. A., (2002) – Mountain Geocosystem. GIS modelling of rockfall and protection forest structure – University of Amsterdam – Amsterdam.

DOSSIER.NET, (2017) – <http://www.dossier.net/utilities/coordinate-geografiche/provincia-belluno.htm>.

EASYGPS 5.79, (2016) – EasyGPS 5.79 – TopoGrafix Edition – Copyright 2016 TopoGrafix – <http://www.easygps.com>.

ESRI ARCGIS 10.2.2, (2014) – ESRI ArcGIS 10.2.2 for Desktop – Advanced type licence – Copyright 1999-2014 Esri Inc. All Rights Reserved – <http://www.esri.com>.

FRASER C., (1970) – L'enigma delle valanghe – Zanichelli (BO).

FREPPAZ M., MARCHELLI M., VIGLIETTI D., BRUNO E., ZANINI E., (2006) – Suoli più freddi in un mondo più caldo? – Rivista Neve e Valanghe n. 58 – pp. 74-81.

FREPPAZ M., MARCHELLI M., CELI L., ZANINI E., (2008) – Snow removal and its influence on temperature and N dynamics in alpine soils (Vallée d'Aoste-NW Italy) – Journal of Plants Nutrition and Soil Science 171: 1-9.

GEOPORTALE REGIONE VENETO, (2016a) – 01-Dati Territoriali della Regione Veneto – Infrastruttura dei Dati Territoriali del Veneto - Catalogo dei Dati – <http://idt.regione.veneto.it/app/metacatalog>.

GEOPORTALE REGIONE VENETO, (2016b) – 02-Prodotti cartografici – Infrastruttura dei Dati Territoriali del Veneto - Catalogo dei Dati – <http://idt.regione.veneto.it/app/metacatalog>.

GEOPORTALE REGIONE VENETO, (2016c) – Servizi WMS – Basi disponibili come servizio WMS – Basi cartografiche – Infrastruttura dei Dati Territoriali del Veneto - Catalogo dei Dati – <http://idt.regione.veneto.it/erdas-iws/ogc/wms/Basi?request=getcapabilities>.

HAMMER O., HARPER D. A. T., RYAN P. D., (2001) – PAST: Paleontological Statistics software package for education and data analysis. Release 3.15 – Paleontologia Electronica, 4(1): pp. 9 – Copyright Hammer O., 1999-2017 – <http://folk.uio.no/ohammer/past>.

HÖLLER P., (2001) – Snow gliding and avalanches in a south-facing larch stand.

HÖLLER P., FROMM R., LEITINGER G., (2009) – Snow forces on forest plants due to creep and glide – Forest Ecology and Management 257, 546-552.



IMBECK H., (1987) – Schneeprofile im Wald – Schnee und Lawinen in den Schweizer Alpen Winter 1985/86 – Winterbericht des Eidg – Institut für Schnee und Lawinen-Forschung Weissfluhjoch – Davos 50: 177–183.

IN DER GAND H., (1978) – Verteilung und Struktur der Schneedecke unter Waldbaumen und im Hochwald – International Seminar on Mountain Forest and Avalanches – Working Party on Snow and Avalanches – Swiss Federal Institute for Snow and Avalanche Research – pp. 98-119.

JOHNSON E. A., (1987) – The relative importance of snow avalanche disturbance and thinning on canopy plant population – Ecology 68: 43-53.

KRÄUCHI N., BRANG P., SCÖNENBERG W., (2000) – Forests of mountainous region: gap in knowledge and research needs – Forest Ecology and Management 132: 73-82.

LATINI A., (1986) – Distribuzione delle nevicate sulle Alpi Italiane e tipi di tempo – Neve e Valanghe, 3 – pp. 8-27.

LETEY S., VIGLIETTI D., FREPPAZ M., MOTTA R., ZISCHG A., (2008) – Le valanghe in foresta: i casi studio della Regione Autonoma Valle d’Aosta e della Provincia Autonoma di Bolzano. Neve, valanghe: una realtà tutta da scoprire: l’influenza del bosco sulla dinamica del manto nevoso e la sua stabilità – Rivista Neve e Valanghe n. 64 – pp. 26-35.

LINGUA E., MARZANO R., BERGER F., (2017) – Protection forests and their management: an overview – Department TESAF, University of Padova (Lingua E.); Department DISAFA, University of Torino (Marzano R.); EMGR – IRSTEA (Berger F.) – In: Mountain Watersheds and Ecosystem Services: Balancing multiple demands of forest management in head-watersheds. pp. 115-122 – Tognetti R., Scarascia Mugnozza G. and Hofer T. (editors) – EFI Technical Report 101, 2017 – European Forest Institute.

MAGGIONI M., FREPPAZ M., BERGERO M., BERTRANDA L., (2007) – Identificazione di potenziali aree di distacco di valanghe – Neve e Valanghe 61: 62-69.

MARGRETH S., (2004) – Die Wirkung des Waldes bei Lawinen – forum für Wissen – 21-26.

MC CLUNG D., (2001) – Characteristics of terrain, snow supply and forest cover for avalanche initiation caused by logging – Annals of Glaciology 32: 223-229.

MC CLUNG D., SCHAERER P., (1996) – Manuale delle valanghe; formazione, dinamica ed effetti, prevenzione e sicurezza, soccorso – Edizione italiana a cura di Giovanni Pretti – Zanichelli; Bologna – pp. 248.

MC CLUNG D., SCHAERER P., (2006) – The avalanche handbook – 3<sup>RD</sup> Edition – The mountaineers books – Seattle – pp. 288.

MC CUNE B., KEON D., (2002) – Equation for potential annual direct incident radiation and heat load – IAVS; Opulus Press Uppsala. Printed in Sweden – Journal of Vegetation Science 13: 603-606.

MC GAUGHEY R. J., (2002) – Stand Visualization System 3.36 – Build date: 16 september 2002 – USDA Forest Service Pacific Northwest Research Station – Research Forester (206): 543-4713 – <http://forsys.cfr.washington.edu>.

MELONI F., LINGUA E., MOTTA R., (2006) – Analisi della funzione protettiva delle foreste: l'esempio della "Carta delle foreste di protezione diretta della Valle d'Aosta" – Forest@ 3 (3): 420-425.

MEYER-GRASS M., (1987) – Waldlawinen: Gefährdete Bestände, Maassnahmen, Pflege des Geirgswaldes – In Bischoff N. (ed.) Pflege des Geirgswaldes: Leitfaden für die Bedrängung und forstliche Nutzung von Gebirgswäldern – Berna, Svizzera – EDMZ pp. 379.

MEYER-GRASS M., SCHNEEBELI M., (1992) – Die Abhängigkeit der Waldlawinen von Standorts, Bestandes, und Schneeverhältnissen – In: Internationales Symposium Interpraevent – Bern.

MICROSOFT OFFICE ACCESS, (2016) – Microsoft Office Access 2016. Versione 16.0.8326.2076 – Microsoft Corporation – <http://www.Office365.com>.

MICROSOFT OFFICE EXCEL, (2016) – Microsoft Office Excel 2016. Versione 16.0.8326.2076 – Microsoft Corporation – <http://www.Office365.com>.

MOLOTCH N. P., BLANKEN P. D., WILLIAMS M. W., TURNIPSEED A. A., MONSON R. K., MARGUILIS S. A., (2007) – Estimating sublimation of intercepted and sub-canopy snow using eddy covariance systems – Hydrol. Processes 21: 1567–1575.

MORI P., (2002) – Cure minime per i boschi di protezione – Sherwood 78: 17-24.

MOTTA R., (1995) – I lariceti delle Alpi occidentali: un problema ecologico selvicolturale – *SILVAE pedemontis* 1: 7-16.

MOTTA R., HAUDEMANT J.C., (1999) – Selvicolture nelle foreste di protezione diretta delle Alpi. Il bosco “Ban de Ville” di Courmayeur (AO) – *Monti e boschi* 50: 5-14.

MOTTA R., HAUDEMANT J.C., (2000) – Selvicultural planning in protective forests in the European Alps: an example of planning in the Aosta Valley – *Mountain Research and Development* 20: 74-81.

MUNTER W., (1992) – Il rischio di valanghe; Nuova guida pratica – Traduzione Renato Cresta – Servizio Valanghe Italiano – C.A.I.-C.A.S. – pp. 200.

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, 61-67.

O'BANNON A., CLELLAND M., (2012) – Allen & Mike's Avalanche Book: A Guide To Staying Safe In Avalanche Terrain – Rowman & Littlefield Editor – Allen & Mike's Series – pp. 99.

PERZL F., (2007) – Beurteilung der Lawinen – Schutzwirkung des Waldes. BFW – Praxisinformation 8: 27-31.

PIUSSI P., SCHNEIDER A., (1985) – Die obere Wald und Baumgrenze im Pfitschtal (Südtirol) – *Centralblatt für das gesamte Forstwesen* 102: 234-246.

POMEROY J. W., BRUNE., (2001) – Physical properties of snow – In: *Snow Ecology* – Cambridge University Press – pp. 378.

POSTGRESQL GLOBAL DEVELOPMENT GROUP, (2017) – PostgreSQL. Release 9.6.4 – <https://www.postgresql.org>.

PRAOLINI A., TOGNONI G., TURRONI E., VALT M., (2012) – Le valanghe; prima edizione – *Neve e Valanghe* – Pubblicazioni A.I.Ne.Va.

PROVINCIA AUTONOMA DI BOLZANO-ALTO ADIGE, (2010) – Tipologie forestali dell'Alto Adige. VOLUME 2: categorie forestali, comprensori naturali, glossario – Provincia Autonoma di Bolzano-Alto Adige – Ripartizione per le foreste – Ufficio Pianificazione forestale – Nell'ambito del progetto europeo Interreg IIB NAB – Layout e stampa: Lanarepro, Lana.

QGIS DEVELOPMENT TEAM, (2017) – QGIS Geographic Information System – Open Source Geospatial Foundation Project – GNU GENERAL PUBLIC LICENSE. Version 2, June 1991 – Copyright 1989-1991 Free Software Foundation, Inc., 51 Franklin Street, Fifth Floor, Boston, MA 02110-1301 USA – <http://qgis.osgeo.org>.

RAPIN F., (2002) – A new scale for avalanche intensity – International Snow Science Workshop Penticton – British Columbia.

SAEKI M., MATSUOKA H., (1996) – Snowburied young forest trees growing on steep slopes – *Seppyo: Journal of the Japanese Society of Snow and Ice* 31: 19-23.

SAVIO D., (2006) – Note esplicative per l'utilizzo della Carta Forestale Regionale – Regione del Veneto. Direzione Foreste ed Economia Montana, Servizio Pianificazione e Ricerca Forestale – pp. 6.

SCHNEEBELI M., BEBI P., (2004) – Snow and avalanche control – In: Burley J., Evans J., Youngquist J. A. (Eds.) – *Encyclopedia of forest sciences* – Elsevier – pp. 397-402.

SCHONENBERGER W., NOACK A., THEE P., (2005) – Effect of timber removal from windthrow slopes on the risk of snow avalanches and rockfall – *Forest Ecology and management* 213: 197-208.

TARQUINI S., ISOLA I., FAVALLI M., MAZZARINI F., BISSON M., PARESCHI M.T., BOSCHI E. (2007) – TINITALY/01: a new Triangular Irregular Network of Italy – *Annals of Geophysics*, 50: 407-425.

TARQUINI S., VINCI S., FAVALLI M., DOUMAZ F., FORNACIAI A., NANNIPIERI L., (2012) – Release of a 10-m-resolution DEM for the Italian territory: Comparison with global-coverage DEMs and anaglyph-mode exploration via the web – *Computers & Geosciences*, 38: 168-170 – doi: doi: 10.1016/j.cageo.2011.04.018.

TRAYNARD C., TRAYNARD P., (2005) – *Sci Alpinismo – I manuali del Club Alpino Italiano*, n° 13 – Commissione Nazionale Scuole di Alpinismo e Sci Alpinismo – Seconda edizione novembre 2005 – Spreling & Kupfer Editori – pp. 468.

UNESCO, (1981) – *Avalanche Atlas – Illustrated International Avalanche Classification* – ICSI, IAHS, UNESCO – Paris.

VALT M., ZASSO R., (2008) – Densità del manto nevoso. Valori medi al suolo per la montagna veneta – Neve e Valanghe, 64 – pp. 6-13.

VIGLIETTI D., LETEY S., MOTTA R., MAGGIONI M., FREPPAZ M., (2010) – Snow avalanches release in forest ecosystems: A case study in the Aosta Valley Region (NW-Italy) – Cold Regions Science and Technology, 64 (2010) – pp. 167–173.

VOELLMY A., (1955) – Über die Zerstörungskraft von Lawinen – Schweizerische Bauzeitung, Jahrg – 73, Ht, 12, pp. 159-62 – Ht. 15, pp. 212-17 – Ht. 17, pp. 246-49 – Ht. 19, pp. 280-85.

WARDLE P., (1974) – Alpine timberlines – In: pp. 371-402 – J. D. Ives and R.G. Barry (eds.) – Artic and alpine environments – Methuen, London.

WASSER B., FREHNER M., FREY H. U., OTT E., (1996) – Cure minime per boschi con funzione protettiva – Ufficio federale dell'ambiente, delle foreste e del paesaggio – Berna.

WORDPRESS, (2014) – Darren's Side Projects. Potential Incoming Solar Radiation – Solar Radiation: free method – <https://darrenwiens.wordpress.com/tag/solar-radiation>.

## 7. ALLEGATI

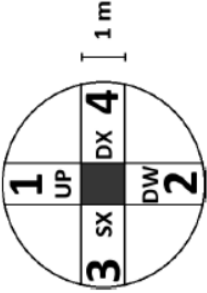
DATA		Rilevatore	
Nome valanga		ID_valanga	ID_mod7
Controllo	SI	NO	Tipo_for
ID_Foto	Da:	a:	pecceta lariceto altro:
Da eseguirsi a N-S-E-O rispetto al centro area, e dall'esterno verso il centro			
X <sub>CORD</sub> centro	Y <sub>CORD</sub> centro	CodiceGPS <sub>PUNTO</sub>	
Quota		Pendenza	
Raggio area		Esposizione	
13m	Soglia cavallettamento	DBH = 7.5 cm	
		h = 2 m	
Copertura arborea		Note/Specie presenti/Abbondanza/Altezza strato/Sciabolature/Apice sostituito	
Copertura arbustiva		[%]	
Copertura erbacea			
Buche presenti	SI	NO	Distribuzione cop. arborea
		Omogenea	Disomogenea
		Altro:	
Accidentalità (pietrosità)		Assente	
		<50%	
		>50%	
Massi con h>2m (indicare altezza in m)		Dimensione media	
ALTRE NOTE			

Figura 7.1 – Scheda di rilievo di campo per l'inquadramento dell'area.



**RINNOVAZIONE**

Due transetti da eseguirsi lungo il diametro dell'area (26m) larghi 1m, uno lungo la linea di massima pendenza (UP-DOWN), l'altro ortogonale ad esso (SX-DX), avendo cura di non contare due volte il quadrato centrale. Area campionata = 51 m<sup>2</sup>.  
 Mantenere divisi i quadranti per avere un'idea sulla distribuzione della rinnovazione (vedi immagine).



Quadrante	Specie	Abbondanza (N° elem.)	Distribuzione	Note
1				
2				
3				
4				
CENTRO				

Figura 7.3 – Scheda di rilievo di campo per la componente di rinnovazione.



