



Rinnovazione e metodi di esbosco.

Analisi di breve periodo in peccete della Valle d'Aosta

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA

DIPARTIMENTO DEL TERRITORIO E SISTEMI AGRO-FORESTALI

CORSO DI LAUREA IN SCIENZE FORESTALI E AMBIENTALI

Relatore:

Prof. Emanuele Lingua

Correlatore:

Prof. Giorgio Vacchiano

Tesi magistrale:

Alessandroedoardo Bresciani

Matricola n. 2058132

ANNO ACCADEMICO

2022-2023

INDICE

INTRODUZIONE	1
La selvicoltura.....	1
La selvicoltura naturalistica	3
La scelta del tipo di taglio da applicare	4
Metodi di esbosco	6
Metodi di esbosco presi in considerazione nella tesi	8
Gru a cavo	8
Trattore e verricello	10
Scelta del tipo di taglio ed esbosco	11
Obiettivo	12
MATERIALI E METODI	13
Clima della Valle d’Aosta.....	13
Foreste della Valle d’Aosta.....	14
Aree di studio.....	16
Esbosco con trattore e verricello.....	17
Rilievi di campo.....	23
Procedimento	23
Strumenti.....	26
Analisi dati	28
RISULTATI.....	32
DISCUSSIONE	44
CONCLUSIONI	48
BIBLIOGRAFIA	50
SITOGRAFIA.....	52

INTRODUZIONE

Da quando l'uomo è presente sulla Terra, ha sempre tratto vantaggio dai beni e dai servizi offerti dalla foresta, utilizzando bacche e funghi come fonti alimentari, nonché il legno per la costruzione di oggetti e per il riscaldamento. Tuttavia, solo nel XIX secolo ha iniziato a emergere la concezione di massimizzare i benefici economici derivanti dai boschi. Nel corso del tempo, si è giunti alla comprensione che i vantaggi non derivano solamente dalla risorsa legnosa, ma che la foresta offre molteplici altri benefici, tra cui la protezione da valanghe, caduta di massi e frane, per citarne solo alcuni tra i più evidenti. Di conseguenza, si è sviluppata una gestione più consapevole e pianificata delle foreste, dando origine ad una nuova materia: la selvicoltura.

La selvicoltura

La selvicoltura è, in realtà, un punto di incontro di diverse discipline e interessi. Perciò, nel 1973 viene definita come "l'insieme delle attività di coltivazione svolte nei boschi con scopi diversi in risposta alle esigenze dei singoli e della comunità, che si vengono a determinare in un particolare momento storico ed in un determinato contesto sociale, preservando nel tempo la qualità e la quantità del patrimonio forestale" [Bernetti et al., 1980], implicando nel tempo stesso l'importanza di preservare la risorsa forestale. Preservare la risorsa forestale è un concetto fondamentale già espresso nella prima metà del XVIII secolo nella selvicoltura centroeuropea [Von Carlowitz, 1713], originariamente considerato per la sola componente legnosa, attualmente allargata all'insieme dei beni e servizi forniti dalla foresta [Piussi et al., 2015]. Nel XIX secolo in Francia si svilupparono idee all'avanguardia di Lorentz e Parade, ai quali si può attribuire una visione ecologica della gestione forestale, in contrapposizione alle pratiche selvicolturali fino ad allora adottate, ovvero la selvicoltura tedesca coetanea, monoplana di Hartig e Cotta. Parade afferma che la selvicoltura deve "imitare la natura ed accelerare la sua opera" [Bourgenout, 1977]. In ogni caso, sia nella selvicoltura tedesca che francese, si afferma sempre di più l'idea di adoperare la rinnovazione naturale. In questo contesto si è sviluppata la cosiddetta selvicoltura naturalistica che si fonda su un principio di base semplice ed intuitivo, ma non sempre di facile realizzazione, ovvero la simulazione delle dinamiche ecologiche che si verificano naturalmente

nella foresta, compresa la rinnovazione naturale. Il tutto ebbe inizio nel XIX in Francia, dove si è cominciato a studiare il bosco disetaneiforme [Bernetti, 1977], ovvero una foresta dentro la quale sono presenti alberi con "età" differenti, o per meglio dire, con altezza delle chiome che occupano livelli differenti dello strato forestale [Piussi et al., 2015]. Gli studi, alla fine del secolo, proseguirono in Svizzera ad opera di Biolley, partendo dal presupposto di ottenere strutture stratificate da rinnovazione naturale in formazioni miste. Ma fu solamente nella seconda metà del secolo scorso, a seguito di una maggiore consapevolezza degli aspetti ecologici, che si è verificata una più rapida diffusione degli approcci naturalistici, complici anche gli alti costi della rinnovazione artificiale e un'opinione pubblica contraria agli impatti paesaggistici del taglio a raso [Piussi et al., 2015].

La selvicoltura naturalistica

La selvicoltura naturalistica, che si sta affermando, e che pone le sue radici nell'ecologia forestale, cerca di tenere conto delle complesse dinamiche di interazione tra le piante, la luce e il suolo. Queste interazioni sono in continuo e lento mutamento e paiono quasi in un equilibrio statico, finché non arriva un evento repentino, detto disturbo, che va a modificare gli equilibri creatisi nel tempo. I disturbi possono essere di vario genere: biotici, ad esempio l'attacco di insetti come il bostrico (*Ips typographus*), oppure abiotici, come può essere il vento particolarmente intenso che genera schianti. Tutti questi disturbi, o almeno la



Figura 1 Rinnovazione che si sta affermando in una buca creata artificialmente

maggior parte, anche se paiono molto distinti, hanno in comune il fatto che liberano risorse, soprattutto luce. Sarà proprio lì, sul suolo dove cadono i raggi del sole, che si svilupperà una nuova piantina perché ha a disposizione radiazione luminosa e calore che in precedenza era intercettato da piante più grandi di lei.

L'uomo cerca di effettuare tagli per l'approvvigionamento legnoso imitando le dinamiche naturali, in modo da stimolare la rinnovazione forestale e mantenere un bosco il più possibile nelle condizioni migliori, di maggiore stabilità e più favorevole a svolgere i vari servizi ecosistemici che un bosco è in grado di generare. Il taglio principe della selvicoltura naturalistica è detto "taglio a buche," il quale consiste nell'effettuare un taglio a raso, ovvero l'eliminazione dell'intera copertura forestale, su piccole superfici (380-1500 m²; Figura 1) [Piussi et al., 2015]. L'attuazione di tagli a buche rispetto ad altri sistemi selvicolturali presenta una serie di vantaggi sia ecologici che economici. Dato che all'interno della buca si creano diverse situazioni luminose, ciò permette di far rinnovare specie differenti, favorendo una maggior biodiversità del nuovo popolamento, senza che vi sia richiesto un ulteriore intervento dell'uomo. Inoltre, creando queste chiarie si favorisce un habitat, se pur temporaneo, per specie animali che necessitano di radure per il loro sostentamento. L'ultimo, non meno importante, è l'aspetto economico, sia nel presente, in quanto essendo il materiale da utilizzare concentrato in poche aree e non sparso per l'intera superficie, rende le operazioni di taglio ed esbosco più semplici ed economiche [Spinelli et al., 2007]. Nel futuro, aumentando la diversità varietale del popolamento, esso sarà più stabile ad eventi esterni, quindi meno soggetto a disturbi, e anche alla possibilità di ottenere assortimenti legnosi con specie accessorie, le quali possono avere anche un valore economico differente, riducendo i rischi derivanti dal mercato nel lungo periodo [Spinelli et al., 2007].

La scelta del tipo di taglio da applicare

La scelta di un determinato taglio per far rinnovare il bosco può avere delle ricadute notevoli, sia di natura ecologica sia di natura economica. Ci sono, però, altri aspetti che possono determinare le caratteristiche del popolamento che si rinnoverà e che non sono determinati da aspetti gestionali umani, ma sono condizionati dalla natura geografica del territorio, i quali possono anche condizionare le scelte che verranno prese in fase di gestione forestale. Primo tra tutti è la quota; infatti al variare della quota, normalmente, cambiano anche le condizioni climatiche, soprattutto la temperatura. All'aumentare della quota, la temperatura diminuisce di circa 0,6°C ogni 100 m di dislivello [Schneider-Carius et al., 1950]. Un altro fattore che influisce sugli aspetti termici è l'esposizione; i versanti esposti a nord saranno più freddi e meno irradiati rispetto ai versanti sud. Le esposizioni est e ovest ricevono un irraggiamento parziale solo durante determinati periodi della giornata, creando

condizioni climatiche intermedie rispetto al sud (con pieno irraggiamento diretto) e al nord (dove manca l'irraggiamento diretto del sole). Le condizioni termiche sono un grande aspetto discriminante per il tipo di popolamento forestale che si svilupperà; infatti, esistono specie microterme, che hanno un minor fabbisogno termico, come ad esempio il larice (*Larix decidua* Mill.) o l'abete rosso (peccio) (*Picea abies* L.), e altre denominate macroterme, che hanno un fabbisogno termico decisamente maggiore, come il pino domestico (*Pinus pinea* L.) o il leccio (*Quercus ilex* L.) [Bernetti et al., 1980]. Un aspetto spesso sottovalutato è la quantità, la forma e la distribuzione delle precipitazioni che insistono su una determinata foresta. Le temperature e le precipitazioni sono condizionate anche dalla "continentalizzazione", ovvero quel fenomeno che, all'aumentare della distanza dai mari e dagli oceani, favorisce una maggiore escursione termica tra l'estate e l'inverno, in quanto la forza mitigatrice dell'acqua dei mari diminuisce, determinando anche il regime idrico. Questo fenomeno si può osservare anche quando ci si addentra sempre più nel cuore delle Alpi; in particolare, si possono classificare in regioni climatiche, dall'esterno all'interno, come esalpico, mesalpico ed endalpico [Del Favero 2004]. Infine, ci sono le caratteristiche del suolo, come la capacità di trattenere l'acqua e soprattutto la reazione: acida, detti suoli silicatici, e basica, detti suoli carbonatici, in virtù della composizione delle rocce che generalmente lo compongono [Zuquim et al., 2020].

Metodi di esbosco

Un paio di paragrafi precedenti si è iniziato a parlare di esbosco, l'esbosco è quella fase nelle operazioni forestali che consiste nel portare al di fuori della foresta il materiale precedentemente abbattuto. I metodi di esbosco possono essere molteplici: dai più rudimentali ed antichi mediante l'utilizzo di animali da soma o per gravità con "scivoli" apposti, oppure con sistemi all'avanguardia, come possono essere gli elicotteri o i *Forwarder*, dei rimorchi da carico semoventi con caratteristiche peculiari necessarie al lavoro forestale. Nel caso che tratterà questa tesi ci concentreremo maggiormente su due tecniche molto diffuse: il verricello con trattore forestale e la gru a cavo, sistemi che verranno descritti in maniera più approfondita in successivi capitoli dedicati. La scelta della tecnica di esbosco è



Figura 2 Strada forestale adoperata durante le operazioni di trasporto a valle del materiale esboscato

condizionata da diversi aspetti, tecnici ed economici; infatti, tendenzialmente è più economico l'esbosco con verricello e trattore rispetto all'elicottero, ma non entreremo nel merito degli aspetti economici, ma ci concentreremo maggiormente su quelli tecnici. L'aspetto più rilevante che determina la scelta di uno o l'altro metodo è indubbiamente la pendenza dell'appezzamento forestale; infatti, l'esbosco con mezzi terrestri, che non sfruttano punti di ancoraggio fissi, possono operare in sicurezza fino ad una pendenza non superiore a 35% [Ezzati et al., 2015]. Un secondo aspetto non trascurabile è la così detta "rugosità", ovvero la presenza di ostacoli sul suolo che ne possono determinare o meno la facilità di passaggio con mezzi terrestri. Se dovessimo adoperare dei metodi che non richiedono il passaggio sul suolo con mezzi terrestri, questo aspetto è di poco conto. Il mezzo più comune tra le tecniche di esbosco per via aerea è indubbiamente la gru a cavo [Roberts et al., 2004], che verrà spiegata nei capitoli successivi. Per ultimo, ma tra i più limitanti, è indubbiamente la viabilità (Figura 2); se un'area presenta una viabilità fitta sarà maggiormente accessibile con i mezzi e quindi anche con il trattore con verricello. [Marra et al., 2022]

Metodi di esbosco presi in considerazione nella tesi

Lo studio si focalizza sull'analisi dei differenti effetti del taglio in funzione del metodo di esbosco utilizzato. Nella fattispecie, sono stati messi a confronto due metodi: gru a cavo e trattore con verricello. Il primo può essere annoverato tra i mezzi di esbosco aerei, mentre il secondo tra quelli terrestri.

Gru a cavo

La gru a cavo è attualmente uno dei sistemi di esbosco per via aerea più utilizzati (Figura 3). Per mezzi di esbosco per via aerea si intendono tutti quei metodi che non prevedono il transito di mezzi terrestri nell'area di utilizzazione. Il materiale viene quindi esboscato sospeso a mezz'aria o parzialmente sospeso. Ciò consente di recuperare il materiale legnoso anche in aree con accessibilità limitata, dovuta alla mancanza di viabilità o alla forte pendenza del terreno, o se l'area è molto accidentata. Un altro vantaggio significativo è la mancanza di compattamento del suolo dovuta al passaggio di mezzi motorizzati sulla superficie. Il sistema prevede una fune portante su cui scorre un carrello. Il carrello è mosso da una fune traente, la quale è azionata da un argano o tamburo. Nei modelli più semplici, quest'ultimo è posizionato solo a monte, mentre nei modelli più sofisticati può essere collocato



Figura 3 Gru a cavo

sia a monte che a valle [Mikulas et al., 1991]. Una caratteristica particolare della gru a cavo è la capacità di bloccare il carrello in qualsiasi punto della linea (la traiettoria percorsa dalla fune portante). Facendo poi calare la stessa fune traente a terra, dotata di un gancio, può prima trascinare i tronchi sotto la linea e poi issarli. Una volta issati, può trasportarli e depositarli in qualsiasi punto della fune portante. Gli svantaggi di questo sistema includono principalmente l'alto costo dell'installazione e dell'impianto stesso; un secondo svantaggio è la necessità di abbattere una striscia di alberi per consentire il passaggio della fune portante [Cavalli et al., 2011]. Questa striscia può avere un impatto visivo significativo e comportare il rischio di innesco di valanghe se non progettata adeguatamente [Jandl et al., 2018].

Trattore e verricello

Il trattore e verricello (Figura 4) è attualmente il sistema di esbosco terrestre più utilizzato in Italia [Spinelli et al., 2011], anche se sta affrontando la concorrenza di metodi innovativi. Poiché richiede spostamenti su terra, è adatto solo per aree boschive ben servite da strade forestali o foreste con pendenze inferiori a quanto gestibile dai trattori. Questo metodo è conveniente dal punto di vista economico ed è versatile, in quanto può gestire martellate meno concentrate, non essendo vincolato a una sola linea di esbosco. Questo sistema richiede solo due mezzi: il trattore forestale e il verricello. Il verricello è costituito da una fune avvolta su un tamburo azionato dalla presa di forza del trattore. La fune ha lo scopo di concentrare il materiale legnoso verso il trattore, mentre una lastra di metallo verticale serve a fermare il trattore durante il tiro della fune e a impedire che i tronchi colpiscano la cabina durante lo spostamento. La procedura di lavoro è semplice: inizialmente si concentra il materiale verso il trattore, che è posizionato su una pista o una strada forestale, e quindi, una volta concentrato il legname, si trasporta il trattore verso l'area di deposito. Lo svantaggio principale di questo metodo è il rischio di compattamento del suolo dovuto ai possibili passaggi ripetuti [Šušnjar et al., 2006] e il potenziale danneggiamento del materiale durante il traino [Tavankar et al., 2011].



Figura 4 Trattore con verricello

Scelta del tipo di taglio ed esbosco

Oggi, la scelta del tipo di taglio e della tecnica di esbosco non è determinata esclusivamente da considerazioni economiche o pratiche [Marra et al., 2022]. Durante la pianificazione di un intervento di taglio, vengono presi in considerazione anche altri aspetti, come l'impatto sul suolo, il rischio di danneggiare le piante rilasciate, la sicurezza degli operatori e, non da ultimo, l'aspetto paesaggistico. Quest'ultimo aspetto è particolarmente importante e influenza spesso l'opinione pubblica, poiché il design del cantiere e una tecnica di esbosco errata possono avere ripercussioni a lungo termine sul paesaggio. La compattazione del suolo è un altro parametro molto sensibile. Un'eccessiva compattazione o un lavoro eseguito via terra in un periodo inopportuno possono avere conseguenze a lungo termine sia sulla rinnovazione futura sia sulle piante rilasciate. È in questo contesto che si inserisce il progetto di tesi, poiché finora non sono state studiate le ripercussioni a breve termine sulla rinnovazione derivanti da un progetto di taglio sviluppato per uno o l'altro metodo di esbosco nelle foreste della Valle d'Aosta.

Obiettivo

Questa tesi si propone di analizzare e studiare l'impatto del metodo di esbosco sulla rinnovazione forestale nelle peccete della Valle d'Aosta. In particolare, si indagherà se ci sono differenze significative negli impatti sulla rinnovazione tra due metodi di esbosco ampiamente utilizzati nella regione: la gru a cavo e il trattore con verricello.

MATERIALI E METODI

Clima della Valle d'Aosta

Il clima nella regione Valle d'Aosta, nonostante la sua limitata superficie di 3261 km², è estremamente eterogeneo a causa delle considerevoli differenze altimetriche tra il fondo valle e le vette montuose (Figura 5). Nelle zone di alta quota prevale un clima alpino caratterizzato da estati brevi e inverni con temperature che possono scendere fino a -20°C o -30°C sopra i 2000 metri sul livello del mare. Nel fondovalle, invece, il clima è più continentale, con temperature estive che possono superare i 30°C durante il giorno e inverni con una temperatura media stagionale al di sotto dello zero. La piovosità è generalmente bassa, a causa delle principali correnti provenienti da ovest che scaricano l'umidità sul versante francese delle Alpi, causando un clima più arido nelle valli interne, nota come ombra pluviometrica. Sopra i 2500 metri di quota, le precipitazioni sono prevalentemente nevose durante tutto l'anno [Centrometeo.com]. In media, nella capitale valdostana, cadono 550 mm di pioggia all'anno.



Figura 5 Panoramica sulle foreste valdostane

Foreste della Valle d'Aosta

La superficie valdostana è coperta per il 27,4% (89539 ettari) da foreste. Sebbene inizialmente possa sembrare una percentuale modesta, va notato che circa il 21% della superficie regionale si trova al di sopra della soglia del limite del bosco, ovvero 2700 metri sul livello del mare. Inoltre, il territorio che si estende tra i 1500 e i 2700 metri sopra il livello del mare rappresenta il 59% del territorio, evidenziando le difficili condizioni orografiche, elevate pendenze e dislivelli accentuati.

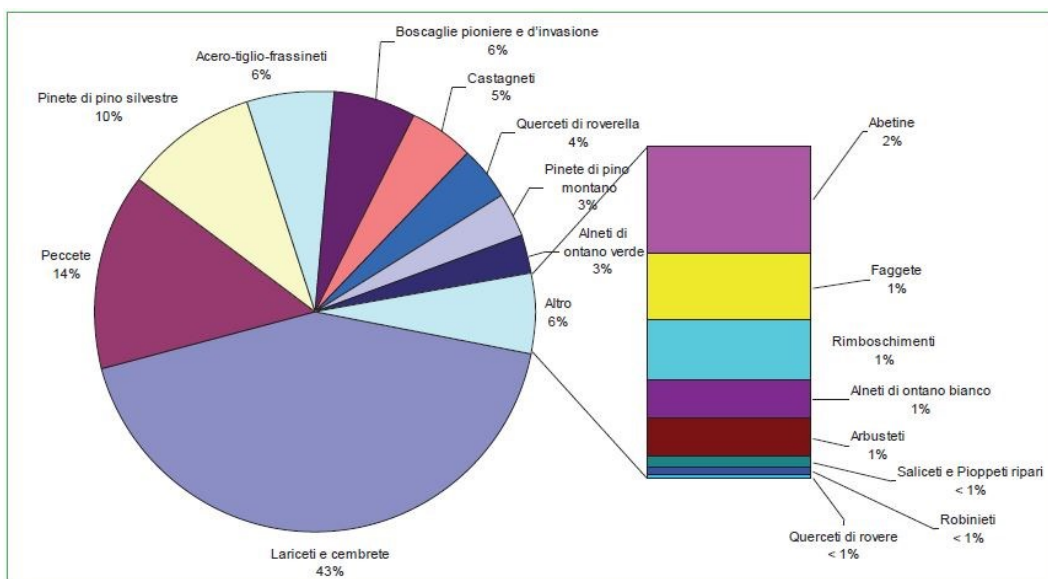


Figura 6 Distribuzione percentuale dei tipi forestali in Valle d'Aosta [Camerano et. al. 2007].

Dei quasi novantamila ettari di superficie forestale regionale, il 51% è appartenente a soggetti privati, mentre la restante parte è principalmente suddivisa tra due tipologie di soggetti pubblici: Comuni e Consorzierie, mentre le proprietà demaniali e regionali hanno un'incidenza insignificante. La categoria forestale più diffusa è quella delle "conifere miste," che copre circa un terzo della superficie. Seguono i lariceti, le latifoglie miste e le conifere e latifoglie consociate. Tra le conifere più comuni, in ordine decrescente, si trovano il *Larix decidua*, il *Picea abies*, il *Pinus silvestris*, il *Pinus cembra* e l'*Abies alba* Mill. La forma di governo predominante delle foreste valdostane è la fustaia, che rappresenta il 68% della superficie boschiva. La funzione principale delle foreste è quella protettiva (80%), specialmente contro cadute di massi, valanghe, colate detritiche ed erosione.

Focalizzandoci sulla specie di albero analizzata in questa tesi, l'abete rosso, essa costituisce il 32% della provvigione in Valle d'Aosta e predomina soprattutto nei piani montani e localmente subalpini. Spesso, le peccete originarie dei piani montani sono state sostituite da lariceti o pascoli. Questi tipi di foreste sono particolarmente diffusi nelle Valli di Cogne, Rhemes, Gran San Bernardo, Valdigne e nella zona di Verrayes. Le peccete in Valle d'Aosta sono uniche a causa delle specifiche condizioni di aridità e continentalità in cui crescono. La distribuzione regionale dell'abete rosso va da 1200 metri sopra il livello del mare fino a 1800 metri, con l'optimum tra i 1200 e i 1700 metri sopra il livello del mare. Le peccete spesso includono in media il 7% di larice e il 12% di abete bianco, mentre la presenza di altre specie come il Pino silvestre (1%), il Pino cembro (1%) e latifoglie (3%) è meno significativa. La produzione media di legname per ettaro è di 292 m³/ha, con un'area basimetrica media di 23 m²/ha, distribuita su poco più di 600 alberi per ettaro. L'altezza media degli alberi varia tra i 20 e i 25 metri, con un incremento medio annuo di legname da 2,8 a 4,1 m³/ha/anno [Camerano *et al.*, 2007].

Aree di studio

Per il progetto di tesi, sono state selezionate sei aree di studio il più omogenee possibile. Delle sei aree individuate, tre sono soggette a esbosco con gru a cavo e altrettante con trattore e verricello. Le superfici coinvolte sono di proprietà pubblica e gestite dall'ente foreste regionale, ma i lavori di utilizzazione sono stati appaltati a imprese esterne. Tutte le aree, classificate come peccete, si collocano in una fascia altitudinale compresa tra 1270 e 1850 metri sul livello del mare, con la totalità situata nella fascia climatica subalpina, ad eccezione di una che si trova nella fascia mesalpica. Le particelle selezionate hanno un'esposizione est o ovest. Anche la quantità di materiale esboscato è del medesimo ordine di grandezza tra le diverse aree. È stato difficile individuare aree di studio con lavori di utilizzazione conclusi nello stesso anno, ma tutti i lavori si sono conclusi entro il 2017, con la maggior parte completata nel 2013. Le particelle prese in esame ricadono in cinque comuni: Aosta, Saint-Vincent, Châtillon, Issogne ed Étroubles.

Esbosco con trattore e verricello

Particella Aosta 4a

La particella (Figura 7) di 15 ettari è situata nel comune di Aosta, in località Arpeilles, a un'altitudine compresa tra 1650 e 1740 m s.l.m., presenta un'esposizione Est ed è classificata come pecceta endalpica. La foresta si sviluppa su una formazione di depositi glaciali classificata secondo il WRB2015 come Petric/Haplic Calcisol, e viene indicato un valore di 8,74 kg*C/m² [Geoportale Valle d'Aosta]. L'area è caratterizzata da una pendenza media del 61% ed è servita da una strada percorribile da camion. Un taglio di utilizzazione di 600 m³ è avvenuto dal 04/07/2012 al 15/10/2013.

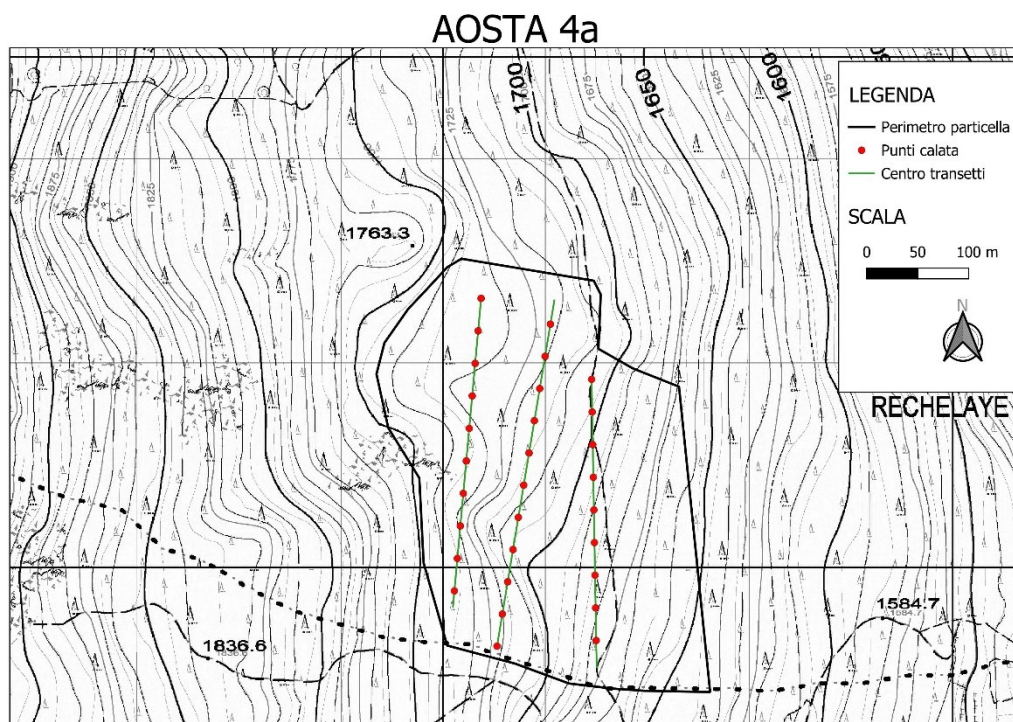


Figura 7 Mappa della particella di Aosta 4a con transetti e punti di calata

Particella Aosta 14

L'area interessata dal taglio (Figura 8) ha una superficie di 15 ettari ed è situata anch'essa nel comune di Aosta, in località Rechalayé, ad un'altitudine che varia da 1750 a 1850 m s.l.m. Gli aspetti di esposizione, viabilità e pedologici sono pressoché simili a quelli della particella precedente. Tuttavia, si differenzia per la pendenza media, che è del 47%, e per l'evento di utilizzazione, avvenuto tra il 19/08/2013 e il 18/09/2014.

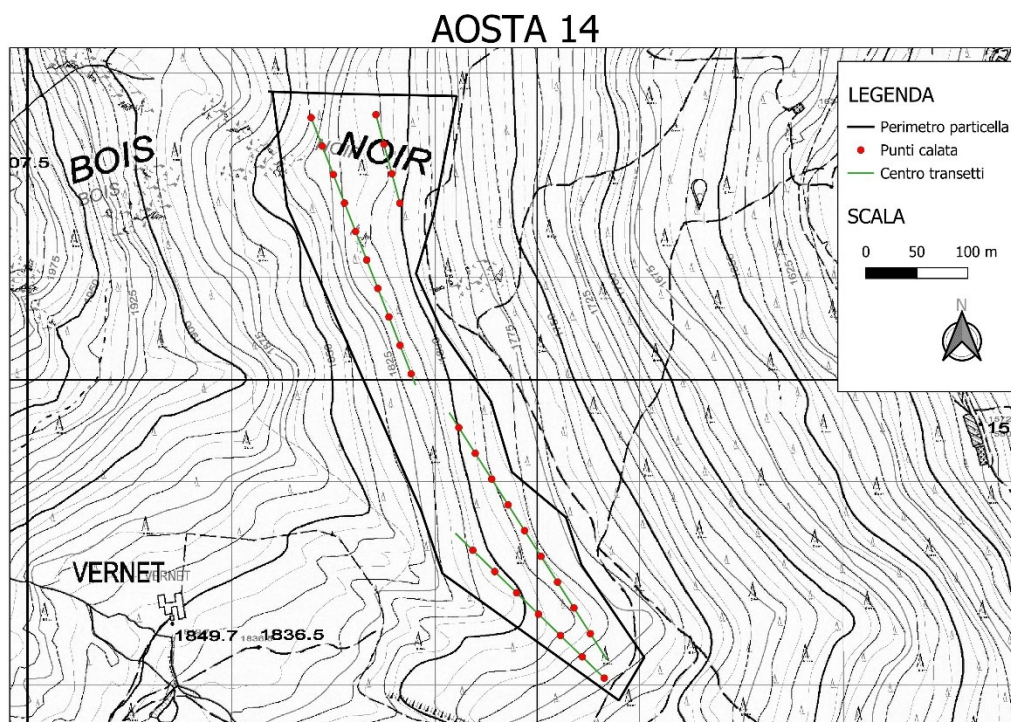


Figura 8 Mappa della particella di Aosta 14 con transetti e punti di calata

Particella Châtillon 6

La particella di 10 ettari (Figura 9) è situata nel comune di Chatillon, in località Grand Bois, a un'altitudine compresa tra 1430 e 1600 m s.l.m. Presenta un'esposizione Ovest ed è classificata come pecceta montana endalpica. Rispetto alle precedenti, presenta una maggiore presenza di pino silvestre (*Pinus silvestris*). La foresta si sviluppa su una formazione di depositi glaciali classificata secondo il WRB2015 come Hyperskeletal/Skeletal Regosol, e viene indicato un valore di 3,13 kg*C/m² [Geoportale Valle d'Aosta]. L'area è caratterizzata da una pendenza media del 65% ed è servita da una strada percorribile con trattore e rimorchio. Un taglio di utilizzazione di 650 m³ è avvenuto dal 04/08/2014 al 31/07/2015. Si segnala che marginalmente l'area è stata interessata da un incendio radente negli anni Novanta e che originariamente era un'area destinata al pascolo, solo successivamente si è sviluppata la foresta.

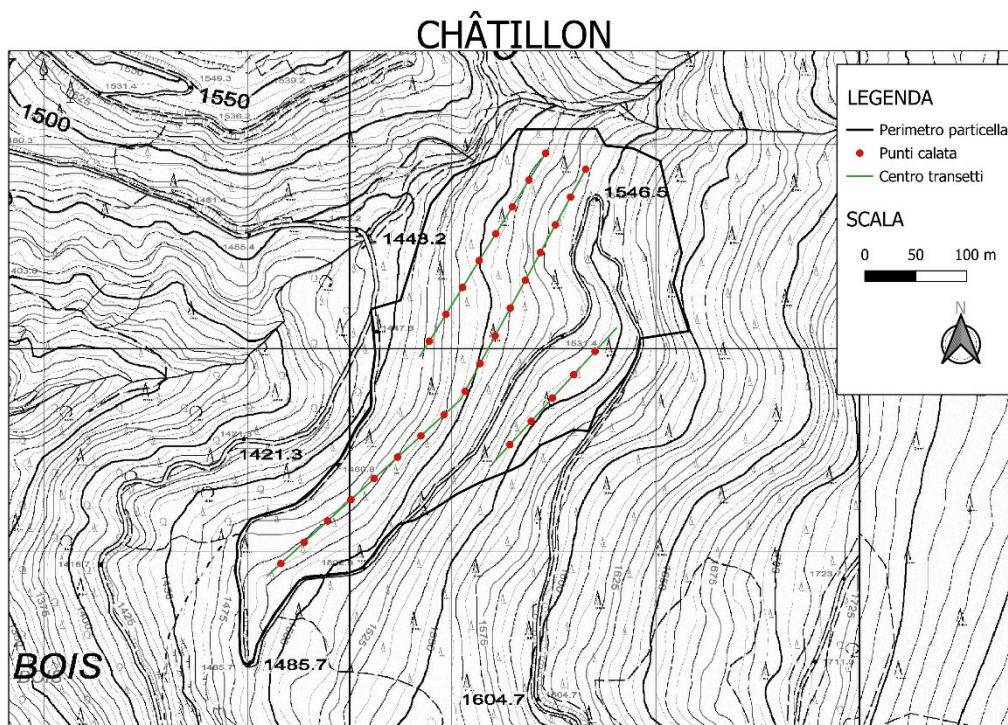


Figura 9 Mappa della particella di Chatillon con transetti e punti di calata

Esbosco con gru a cavo

Particella Saint-Vincent 10

L'area di campionamento di Saint-Vincent (Figura 10) è situata in località Montagnette ad un'altitudine compresa tra 1500 e 1630 metri con esposizione Ovest. La foresta, classificata come pecceta montana endalpica, copre una superficie di 10 ettari ed è stata oggetto di un'operazione di utilizzazione che ha comportato l'abbattimento di 540 metri cubi di materiale. Questo materiale è stato esboscato in direzione valle-monte mediante l'uso di una gru a cavo e successivamente trasportato su una strada percorribile con trattore e rimorchio. Il cantiere è stato attivo dal 07/07/2017 al 13/09/2017. La particella, con una pendenza media del 51%, poggia su un suolo composto da pietre verdi e classificato secondo WRB 2015 come Dystric Cambisol, con un contenuto di $6,11 \text{ kg} \cdot \text{C}/\text{m}^2$ [Geoportale Valle d'Aosta].

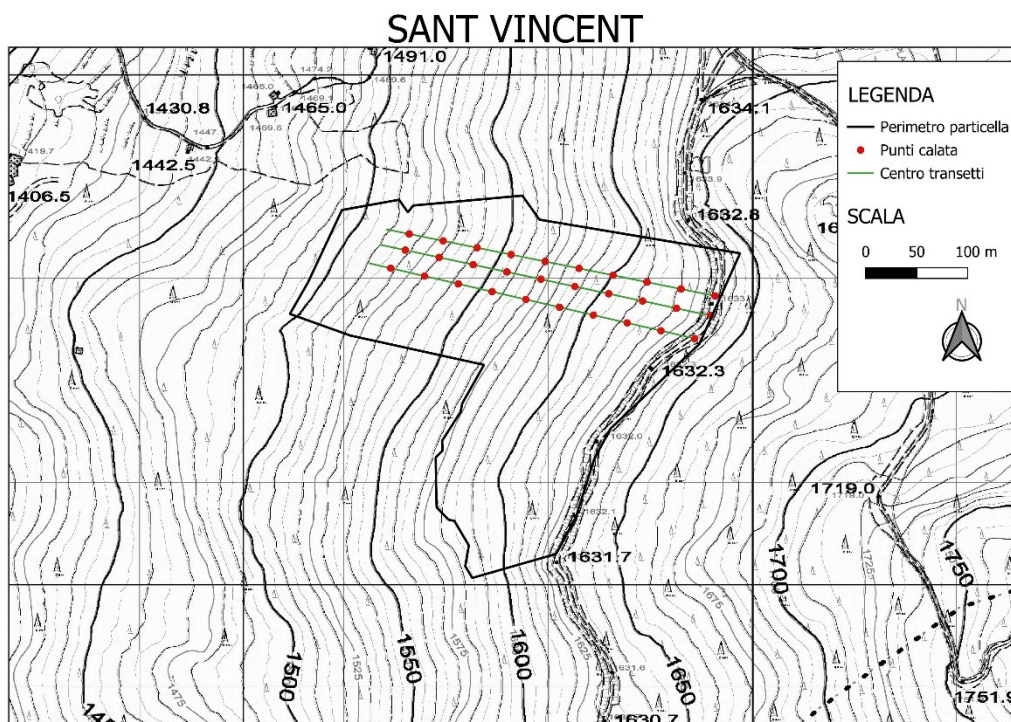


Figura 10 Mappa della particella di Sant Vincent con transetti e punti di calata

Particella Étroubles

La particella di 10 ettari (Figura 11) è situata nel comune di Étroubles, in località Grand Volpellière, ad un'altitudine compresa tra 1270 e 1600 metri s.l.m., con esposizione Nord Est. Questa foresta è classificata come pecceta montana endalpica. La foresta si sviluppa su una formazione di depositi glaciali classificata secondo il WRB2015 come Eutric Cambisol, con un valore indicato di 6,20 kg*C/m² [Geoportale Valle d'Aosta]. L'area presenta una pendenza media del 72% ed è stata oggetto di un taglio di utilizzazione di 450 metri cubi, avvenuto dal 09/07/2012 al 26/07/2013. L'esbosco del materiale è stato effettuato da monte verso valle, con l'utilizzo di due linee di gru a cavo, una in direzione Est e una seconda in direzione Sud-Est. Inoltre, si segnala che sull'area è stata presentata una richiesta di risarcimento danni da parte della proprietà nei confronti dell'impresa che ha effettuato l'utilizzazione, in quanto quest'ultima ha causato danni significativi a numerose piante.

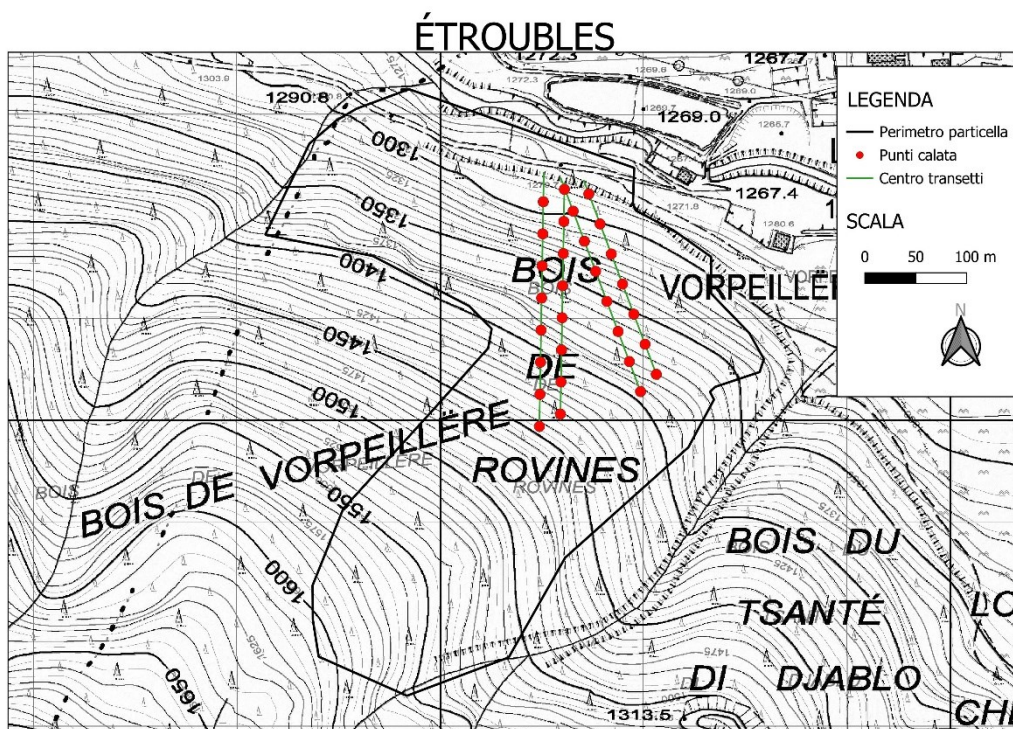


Figura 11 Mappa della particella di Entroubles con transetti e punti di calata

Particella Issogne

Situata nella parte più meridionale della regione, questa è l'unica particella (Figura 12) classificata come pecceta montana mesalpica. Si trova nel comune di Issogne, nella località di Berma di Rion, ad un'altitudine compresa tra 1300 e 1670 metri s.l.m., con esposizione Est e Nord-Ovest. La particella copre un'area di 8 ettari, su cui sono stati abbattuti 940 metri cubi di materiale, utilizzando una gru a cavo che ha esboscato da monte verso valle. Poiché la particella non è direttamente accessibile da una strada, la linea di gru a cavo è stata particolarmente lunga (>1000 metri). Il cantiere è stato attivo dal 04/07/2012 al 14/06/2013. Gli 8 ettari utilizzati si trovano su un terreno con una pendenza media del 78%, caratterizzato dalla presenza di 6,11 kg*C/m², su substrato granitico. Questo suolo è classificato secondo il WRB2015 come Dystric Cambisol [Geoportale Valle d'Aosta]. Si segnala che adiacentemente all'area è stata effettuata una seconda utilizzazione in seguito, dalla stessa azienda boschiva ma su suolo di loro proprietà, utilizzando lo stesso aggancio di valle per la gru a cavo.

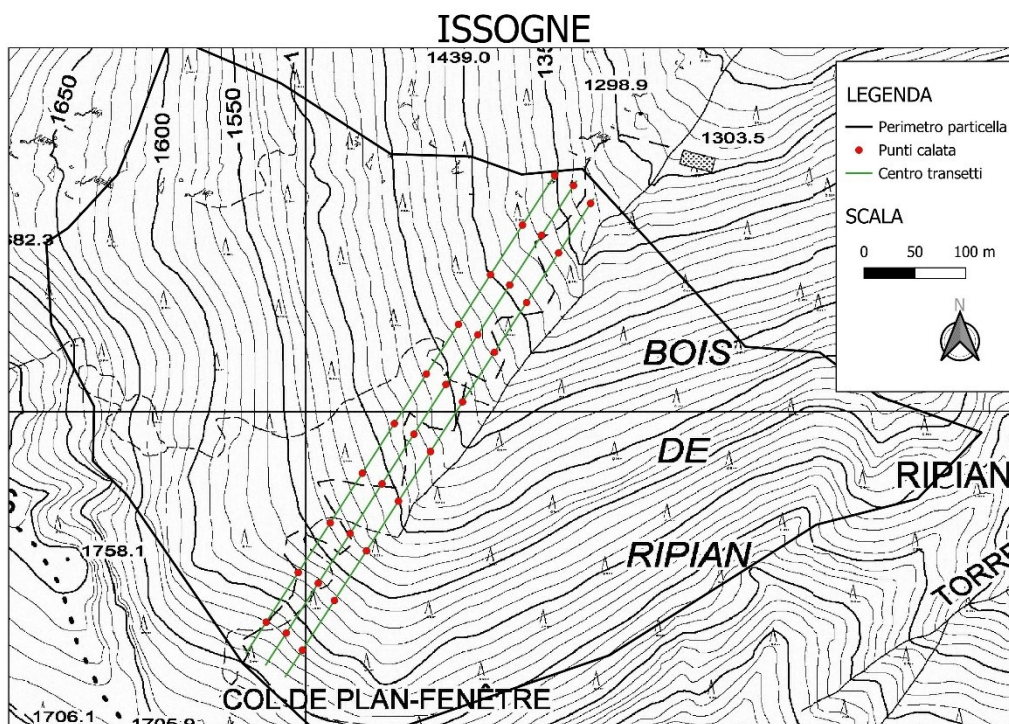


Figura 12 Mappa della particella di Issogne con transetti e punti di calata

Rilievi di campo

Procedimento

I rilievi di campo sono stati condotti in due fasi: la prima fase ha coinvolto il rilievo delle tre aree in cui si è concluso il cantiere di utilizzazione nel 2013, mentre la seconda fase ha riguardato le restanti tre aree. Le date delle operazioni sono state rispettivamente dal 27/08/2022 al 05/09/2022 e dal 04/05/2023 al 09/05/2023.

Dopo aver individuato le aree idonee, si è proceduto al tracciamento di transetti sulla mappa. Lungo i transetti sono stati posizionati 30 punti di calata per area, con una distanza minima di 30 metri tra loro sullo stesso transetto.

Transetti

Il tracciamento dei transetti è stato effettuato in modo diverso a seconda che si trattasse di un'area esboscata con gru a cavo o con trattore. Nel primo caso, è stata identificata la linea di esbosco e successivamente tracciato un transetto corrispondente. In seguito, sono stati tracciati due transetti paralleli, uno a destra e uno a sinistra, a una distanza variabile tra i 20 e i 30 metri. Questo approccio è stato adottato per intercettare sia le aree interessate dal taglio che quelle non interessate, che fungevano da controllo. Nel caso di più linee di esbosco, è stato tracciato un transetto per ogni linea (Figura 13) e un solo transetto parallelo per ciascuna linea di esbosco. Per quanto riguarda le particelle utilizzate con il verricello, i transetti sono stati tracciati all'interno dell'intera area lungo le curve di livello, cercando di intercettare aree interessate dal taglio e aree di controllo.

Punti di calata

Per ciascun punto di calata è stata delimitata un'area di rilievo di 20 m², all'interno della quale sono stati eseguiti due rilievi: l'individuazione delle piante rinnovate e la valutazione della copertura del suolo. Per quanto riguarda la rinnovazione, è stata misurata e suddivisa per specie e classi dimensionali, con l'indicazione della frequenza. Le classi dimensionali sono: 5-20cm (classe d'altezza 5), 20-40cm (classe d'altezza 20), 40-130cm (classe d'altezza 40) e DBH (diametro a petto d'uomo) se >130cm. Le piante con altezza inferiore a 5 cm non sono state considerate, poiché sarebbe stata troppo aleatoria, dato che eventi climatici avversi o il calpestamento dell'area potrebbero eliminarne una quantità considerevole. Inoltre, è stata posta la soglia a 5 cm, in quanto, un'abbondante presenza di piante di piante così piccole, e quindi giovani, può derivare da un evento di pasconia, e



Figura 13 Linea di esbosco in cui corrisponde anche la presenza di un transetto e i rispettivi punti di calata

quindi legate alla disponibilità di seme, piuttosto che uno sviluppo favorito dai reali cambiamenti delle condizioni termiche e luminose del micro-sito. Per cui si è preferito tenere in considerazione la rinnovazione che ha completato almeno una stagione vegetativa, per valutare le reali condizioni stazionarie. Per comodità durante le fasi di rilievo si è stabilito che la rinnovazione con almeno un anno di età avesse superato i 5 cm di altezza dal suolo. Per quanto riguarda la copertura del suolo è stata valutata visivamente, attribuendo una percentuale di copertura per ciascuna delle seguenti classi: erba, improduttivo (substrato non idoneo alla germinazione), suolo nudo, arbusti e necromassa.

Per ciascun punto di calata sono state effettuate ulteriori misurazioni. In particolare, è stata misurata la distanza reale delle 8 piante corrispondenti ai punti cardinali principali (N, N-E, E, S-E, S, S-W, W, N-W), identificando la specie di ciascuna. Inoltre, per ciascuna pianta è stata misurata l'altezza e il diametro a petto d'uomo (DBH), con precisione centimetrica. Per effettuare queste misurazioni, è stato utilizzato il *Vertex IV* per le misure di distanza ed altezza, mentre un cavalletto forestale è stato utilizzato per misurare il DBH. Nel caso in cui non fosse presente una pianta per un punto cardinale nel raggio di 40 metri, la presenza di piante è stata considerata nulla.

Inoltre, ogni tre punti di calata veniva eseguito un prelievo di lettiera. Per ogni punto campionato sono stati effettuati tre prelievi di area 400 cm² (20x20 cm). Come lettiera è stata considerata la sola componente non decomposta presente sul suolo.

La pendenza e l'esposizione di ciascun punto sono state ottenute dalla rielaborazione cartografica del Modello Digitale del Terreno (DTM) con risoluzione 20x20 m, fornito dal "Geoportale della Valle d'Aosta".

Strumenti

Durante le fasi dei rilievi di campo, sono state utilizzate diverse strumentazioni. Per quanto riguarda la misurazione delle altezze e delle distanze, è stato impiegato il *Vertex IV*. Per misurare il diametro a petto d'uomo (DBH) (Figura 14), è stato utilizzato un cavalletto forestale con una misurazione centimetrica. Sono state effettuate due misurazioni perpendicolari l'una rispetto all'altra su ciascun tronco, e successivamente è stata calcolata la media, arrotondata al centimetro più vicino. Per seguire il transetto e rilevare i punti di calata prestabiliti, è stata utilizzata l'applicazione *QField*. Quest'ultima applicazione permette di visionare sullo smartphone le mappe generate con *QGIS*, e conoscere la posizione in tempo reale



Figura 14 Rilievo del DBH con cavalletto forestale

mediante l'uso del *GPS* integrato nel dispositivo mobile. In modo tale da poter delimitare l'area di campionamento, la superficie da cui prelevare la lettiera e classificare la rinnovazione presente, è stato impiegato un metro a stecche con una lunghezza massima di 2 metri. La lettiera raccolta, circondando l'area con il metro a stecche, è stata disposta in sacchetti di plastica con etichette identificative apposite. Successivamente, è stata posizionata nella stufa per 48 ore a 104°C per essere portata allo stato anidro e poi pesata approssimando al grammo più vicino. Terminata la fase di campo (Figura 15), i dati scritti su supporto cartaceo sono stati trascritti in un programma di calcolo, in particolare *Excel*. Utilizzando questo software, è stato possibile organizzare e analizzare i dati, integrando anche le informazioni sulla pendenza e sull'esposizione di ciascuna area di campionamento ottenute in precedenza tramite l'analisi del Modello Digitale del Terreno (DTM) mediante gli strumenti *Pendenza* ed *Esposizione*, presenti su *QGIS*.



Figura 15 Fase di trascrizione dei dati rilevati sul piedilista, nell'immagine sono presenti *Vertex IV* e ricevitore del medesimo

Analisi dati

Per valutare la competizione derivante dalle piante limitrofe all'area utilizzata, abbiamo scelto di utilizzare alcuni indici specifici, in particolare $RK1 [= \frac{d1}{d2} / l^2]^1$ [Rouvinen and Kuuluvainen, 1997] e $PK [= \arctan \frac{h1}{h2} / l]^2$ [Pukkala and Kolstroöm, 1987]. Questi indici sono stati selezionati in quanto adatti anche in presenza di rinnovazione al posto della pianta soggetto. Tuttavia, li abbiamo adattati alle nostre esigenze eliminando le variabili $d2$ e $h2$, che si riferiscono al soggetto che subisce la competizione. Di conseguenza, abbiamo ottenuto $RK1 [= d1/l^2]$ e $PK [= \arctan h1/l]$.

Al fine di valutare l'influenza delle piante di margine sulla specie di rinnovazione all'interno dell'area analizzata, abbiamo introdotto un indice denominato "indice di abbondanza di porta-seme". Questo indice consente di determinare quante piante della stessa specie della rinnovazione presa in considerazione siano state individuate ai margini della zona esaminata. Il calcolo di tale indice prevede l'assegnazione di un valore pari a 1 nel caso in cui tutte e 8 le piante misurate appartengano alla stessa specie della rinnovazione presa come obiettivo. Per ogni pianta di specie diversa, è stato sottratto un ottavo dal totale, generando così un indice che varia da 0 a 1 in relazione all'incremento dell'abbondanza della specie obiettivo. Questa procedura è stata eseguita per ciascuna area relativa alle tre specie obiettivo, assegnando un nome specifico all'indice per ciascuna specie: ML per il larice, MA per l'abete bianco e MP per il peccio (Figura 16-17). Questa procedura è stata ripetuta su ciascuna area per tutte e tre le specie obiettivo, assegnando all'indice dei nomi differenti per ciascuna specie: ML per il larice, MA per l'abete bianco e MP per il peccio. (Figura 16-17)

¹ $d1$ =DBH piante concorrenti $d2$ =DBH pianta obiettivo l =distanza media piante concorrenti

² $h1$ =altezza piante concorrenti $h2$ =altezza pianta obiettivo l =distanza media piante concorrenti

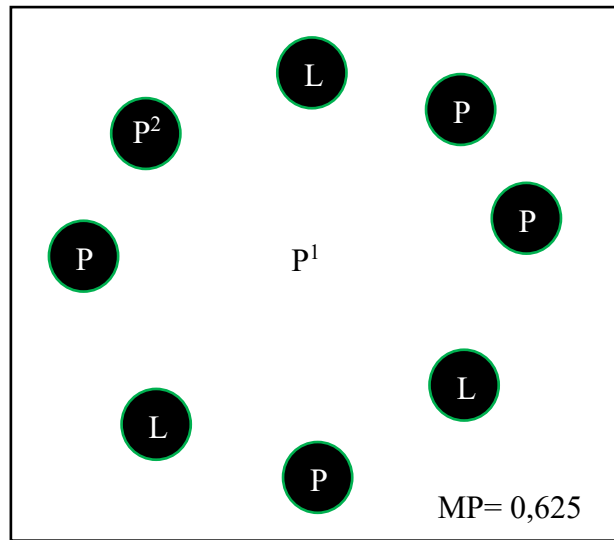


Figura 16 rappresentazione grafica dell' "indice di abbondanza di porta-seme", nella fattispecie riferito alla rinnovazione di larice. P=Abete rosso; L=Larice

¹Specie oggetto di valutazione della rinnovazione

²Specie delle piante di margine dell'area analizzata

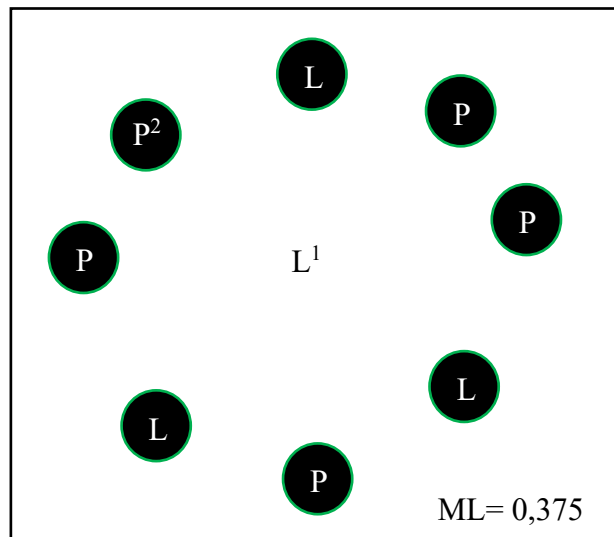


Figura 17 rappresentazione grafica dell' "indice di abbondanza di porta-seme", nella fattispecie riferito alla rinnovazione di larice. P=Abete rosso; L=Larice

¹Specie oggetto di valutazione della rinnovazione

²Specie delle piante di margine dell'area analizzata

Una volta completata questa fase in *Excel*, abbiamo esportato il documento in formato CSV per condurre un'analisi statistica dei dati utilizzando un altro programma, ovvero *R Studio*. Quest'ultimo programma ci ha permesso innanzitutto di normalizzare l'esposizione di ciascun punto utilizzando il coseno $[= \cos(\frac{esp}{180})]$, in seguito "northness". L'angolo è stato normalizzato ponendo come riferimento il nord. Successivamente, abbiamo applicato un modello lineare generalizzato (GLM) utilizzando la versione per *RStudio* di *SPSS*. Questo modello consente di relazionare una variabile dipendente a più variabili indipendenti, restituendo una correlazione positiva o negativa per ciascuna variabile indipendente rispetto alla variabile dipendente. Nel contesto di questa tesi, abbiamo considerato l'effetto del metodo di esbosco sull'abbondanza della rinnovazione (suddivisa per specie, totale o per classe di età) e sull'abbondanza di lettiera (SO). Altre variabili predittive prese in considerazione includono la competizione, l'esposizione, la pendenza, l'abbondanza relativa della specie analizzata nelle vicinanze del punto di rilevamento e la copertura al suolo di necromassa, suolo nudo ed erba, in varie combinazioni riportate nella seguente tabella (Tabella 1).

Combinazioni analizzate					
Variabile dipendente	Frequenza di rinnovazione ¹	Frequenza di rinnovazione	Frequenza di rinnovazione età ²	Per SO ³	Frequenza di rinnovazione
Variabile indipendente	Northness ⁴	Northness	Northness	Northness	Northness
	Pendenza ⁵	Pendenza	Pendenza	Pendenza	Pendenza
	Necromassa ⁶	Necromassa	Necromassa	Necromassa	Necromassa
	Utilizzazione ⁷	Utilizzazione	Utilizzazione	Erba ⁸	Utilizzazione
	RK1 ⁹	PK ¹⁰	RK1	Suolo ¹¹	RK1
				Necromassa	ML-MP- MA ¹²
				Utilizzazione	
				RK1	

Tabella 1 Combinazioni delle analisi effettuate

¹ Abbondanza suddivisa per specie e non per classe di altezza (la totalità di rinnovazione per ciascuna specie, non suddividendola per le varie classi di altezza)

² Abbondanza suddivisa per specie e per classe di altezza

³ Abbondanza di Sostanza Organica rilevata espressa in grammi

⁴ Indice di esposizione normalizzato per il Nord

⁵ Pendenza dell'area di rilievo

⁶ % del suolo coperto da necromassa

⁷ Tipo di utilizzazione, con riferimento positivo alla gru a cavo

⁸ % del suolo coperto da erba

⁹ Indice di competizione che utilizza come parametro principale il DBH

¹⁰ Indice di competizione che utilizza come parametro principale l'altezza

¹¹ % di solo nudo

¹² Indice di abbondanza dei porta-seme: ML larice, MA abete bianco, MP peccio

RISULTATI

Le piante soggette a misurazioni durante i rilievi sono: 64% abete rosso; 22% larice; 7% abete bianco, la restante parte, corrispondente al 7%, è rappresentata da specie rilevate in maniera sporadica come: sorbo montano (*Sorbus aria* L.), sorbo degli uccellatori (*Sorbus aucuparia* L.), betulla (*Betula pendula* Roth), pino silvestre (*Pinus sylvestris* L.) e pioppo tremulo (*Populus tremula* L.) (Grafico 1).

Mediamente le piante presentano un DBH di 36 cm, mentre l'altezza media è pari a 22 m. La distanza media che intercorre tra il punto di rilevamento e le piante analizzate è di 9 m.

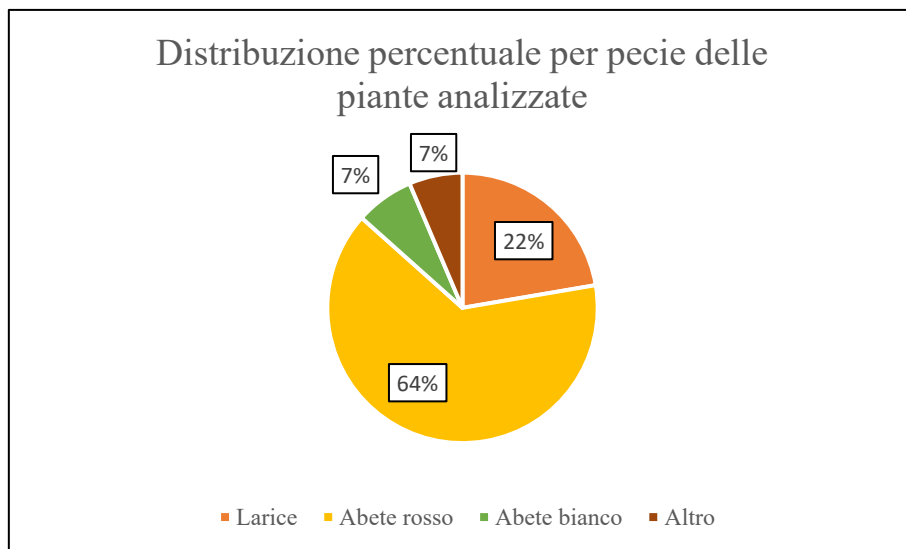


Grafico 1 distribuzione percentuale per specie delle piante analizzate

Mentre per quanto riguarda la componente di rinnovazione l'abete rosso rappresenta il 59% della rinnovazione totale, seguita dal larice con il 23%, abete bianco 7% e il rimanente 11% è composto da differenti specie minoritarie, come: sorbo montano, sorbo degli uccellatori, betulla e pioppo tremulo (Grafico 2).

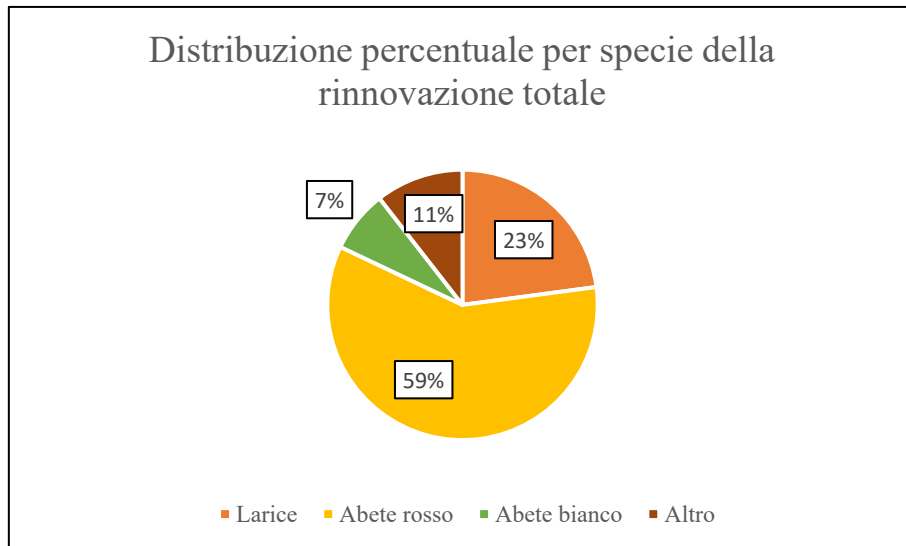


Grafico 2 Distribuzione percentuale per specie della rinnovazione totale

Considerando l'abbondanza di rinnovazione rapportata all'ettaro si ha complessivamente 2136 piantine di rinnovazione. Analizzando la distribuzione specifica si osservano 1264 piantine di abete rosso, 489 di larice, 158 di abete bianco e 225 di altre specie. L'abbondanza di rinnovazione per le singole classi di età è riportata in tabella 2, espressa prima in valore assoluto per ogni specie e classe, poi percentualmente sul totale della specie, ed in fine rapportato al totale complessivo.

Classificazione rinnovazione				
Specie	Classe ¹	Frequenza	Per specie	Sul totale
Larice	5-20	120	68%	16%
	20-40	54	31%	7%
	40-130	2	1%	0.3%
	tot	176	100%	23%
Abete rosso	5-20	350	77%	46%
	20-40	55	12%	7%
	40-130	50	11%	7%
	tot	455	100%	59%
Abete bianco	5-20	46	81%	6%
	20-40	11	19%	1%
	40-130	0	0%	0%
	tot	57	100%	7%
Altro	5-20	33	41%	4%
	20-40	29	36%	4%
	40-130	19	23%	2%
	tot	81	100%	11%
	TOT	769		100%

Tabella 2 classificazione con relativa abbondanza espressa anche percentualmente sulla rinnovazione totale della singola specie e sulla rinnovazione totale rilevata

¹ Classe di altezza a cui appartiene la rinnovazione analizzata

I risultati ottenuti attraverso la precedente rielaborazione sono riportati nelle seguenti tabelle. I dati sono presentati utilizzando l'IRR (Incidence Rate Ratio), un indice che facilita la comprensione del grado di influenza di un fattore sulla variabile dipendente. Un risultato positivo indica una relazione positiva, mentre un risultato negativo indica una relazione negativa. Una relazione nulla si verifica quando il valore è pari a 0. Nei grafici, il punto di riferimento neutro è rappresentato da 1; quindi, se il valore è inferiore a uno, la relazione è negativa (identificata da una linea rossa), mentre se è superiore a uno, la relazione è positiva (evidenziata da una linea blu). Inoltre, nei grafici viene visualizzato l'intervallo di confidenza tramite una linea, mentre il valore centrale è indicato da un punto.

Nelle tabelle “per specie” (tabelle 3-4) sono elencati i dati risultati ponendo come variabile dipendente l’abbondanza di rinnovazione totale suddivisa per specie, differenziano l’uno dall’altra dal diverso indice di competizione. Si può osservare come, sia per il larice sia per il peccio, vi è sempre relazione inversa con l’abbondanza di rinnovazione, mentre per l’abete bianco non è così, solo con l’indice PK si nota una netta relazione inversa, invece, con l’indice RK1 è presente una lieve relazione positiva, rispettivamente i valori sono: -4.567972502, 0.058107879.

Per specie			
	Larice	Peccio	Abete bianco
Northness ¹	1.387047	-0.13725	-0.307311094
Pendenza ²	-6.20736	0.126681	0.49715209
Necromassa ³	-14.7808	-2.44167	0.630978409
Utilizzazione ⁴	-3.22004	0.754639	0.09813005
RK1 ⁵	-2.45252	-1.61337	0.058107879

Tabella 3 Risultato analisi effetto utilizzazione con indice RK1

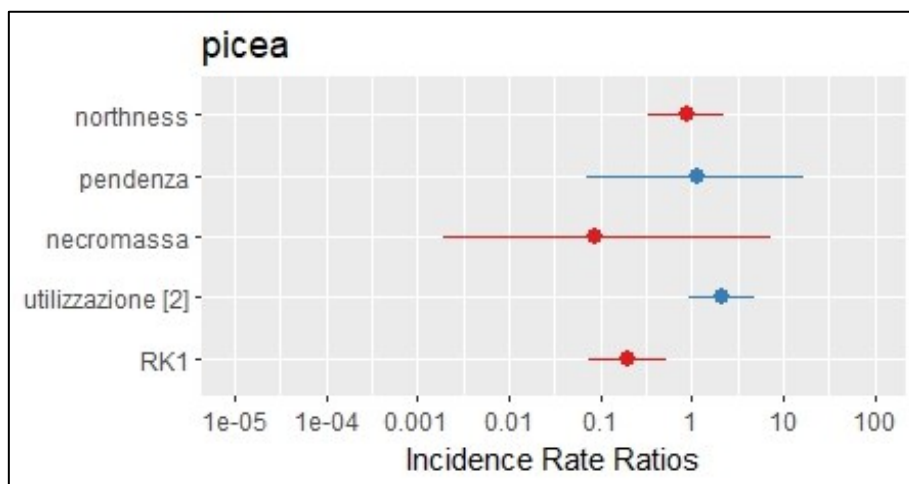


Grafico 3 Risultato analisi effetto utilizzazione con indice RK1, per l’abete rosso. In rosso se c’è relazione negativa, in blu se positiva.

¹ Indice di esposizione normalizzato per il Nord

² Pendenza dell’area di rilievo

³ % del suolo coperto da necromassa

⁴ Tipo di utilizzazione, con riferimento positivo alla gru a cavo

⁵ Indice di competizione che utilizza come parametro principale il DBH

Per specie			
	Larice	Peccio	Abete bianco
Northness ¹	1.265258	-0.21323	1.681629693
Pendenza ²	-5.60369	0.567919	6.11531017
Necromassa ³	-14.4986	-2.00435	-2.937792068
Utilizzazione ⁴	-2.89556	0.766931	2.62309465
PK ⁵	-5.25495	-3.5472	-4.567972502

Tabella 4 Risultato analisi effetto utilizzazione con indice PK

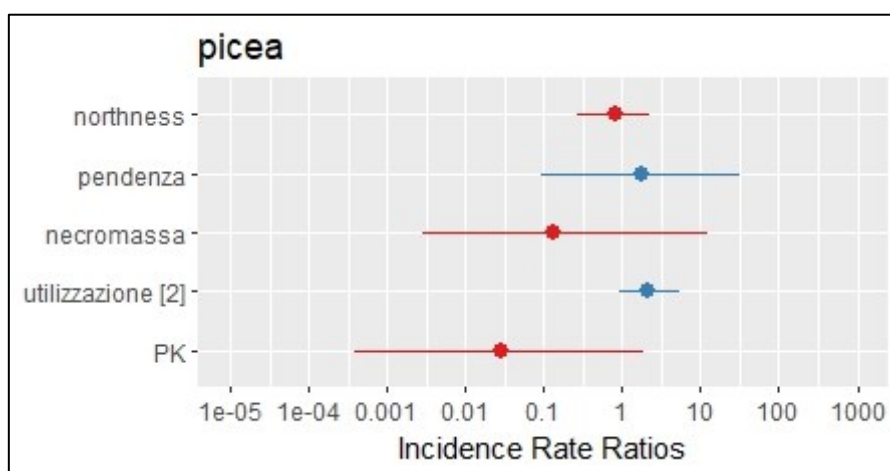


Grafico 4 Risultato analisi effetto utilizzazione con indice PK, per l'abete rosso. In rosso se c'è relazione negativa, in blu se positiva.

¹ Indice di esposizione normalizzato per il Nord

² Pendenza dell'area di rilievo

³ % del suolo coperto da necromassa

⁴ Tipo di utilizzazione, con riferimento positivo alla gru a cavo

⁵ Indice di competizione che utilizza come parametro principale l'altezza

Nella seguente tabella (Tabella 5) si può osservare la correlazione all'introduzione dell'indice di abbondanza delle piante adulte nei pressi, per ciascuna specie.

Per specie			
	Larice	Peccio	Abete bianco
Northness ¹	1.566158	-0.35371	0.402824
Pendenza ²	-6.62104	-0.27074	-0.69249
Necromassa ³	-13.6944	-2.36678	-1.76856
Utilizzazione ⁴	-3.05038	0.487851	-0.41768
RK1 ⁵	-2.21088	-1.73656	-1.87402
ML-MP-MA ⁶	1.671041	-2.49818	3.677051

Tabella 5 Risultato analisi effetto utilizzazione con indice ML-MP-MA

¹ Indice di esposizione normalizzato per il Nord

² Pendenza dell'area di rilievo

³ % del suolo coperto da necromassa

⁴ Tipo di utilizzazione, con riferimento positivo alla gru a cavo

⁵ Indice di competizione che utilizza come parametro principale il DBH

⁶ Indice di abbondanza dei porta-seme: ML larice, MA abete bianco, MP peccio

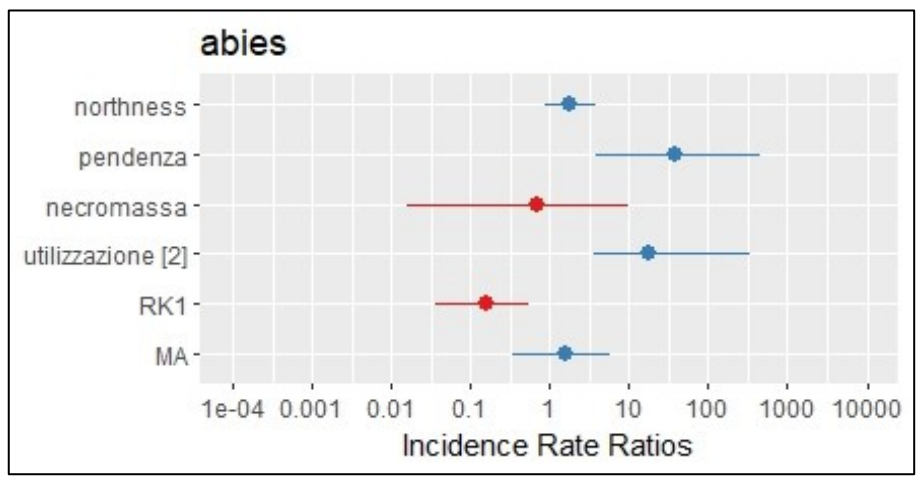
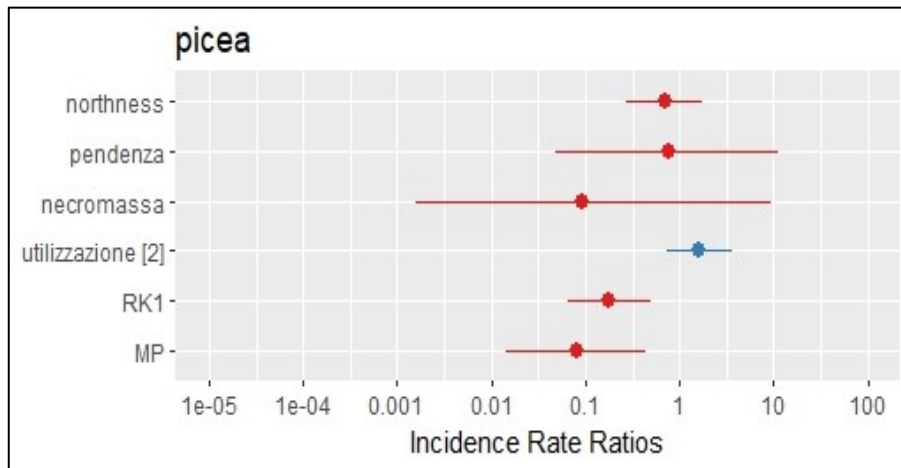
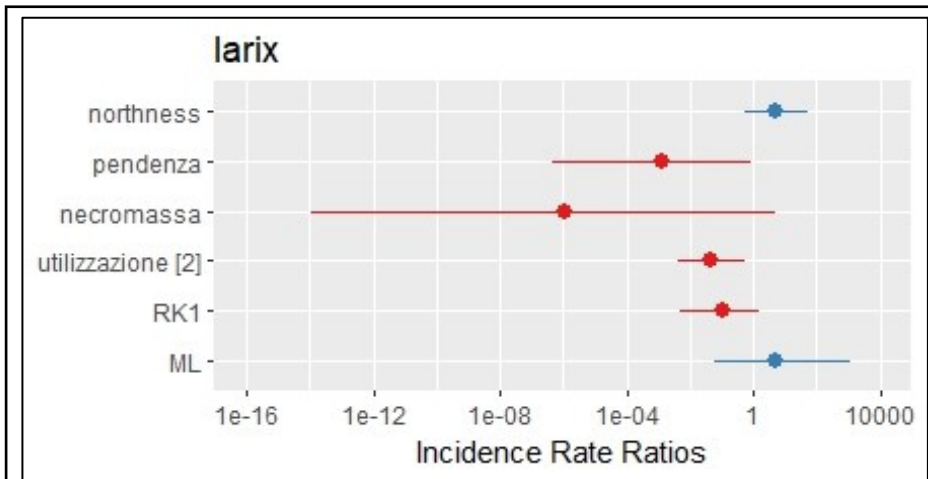


Grafico 5 Risultato analisi effetto utilizzazione con indice ML-MP-MA. per l'abete rosso. In rosso se c'è relazione negativa, in blu se positiva.

Di seguito, nelle tabelle 6-7-8 sono riportati i valori risultati dall'operazione di analisi ponendo come variabile dipendente le classi di rinnovazione suddivise per specie. Come si può osservare in tabelle 6-8, non ci sono informazioni riguardo l'abete bianco nella classe di rinnovazione 5 e 40, in quanto non c'erano abbastanza dati per effettuare un'analisi statistica robusta.

Classe d'altezza 5 ¹			
	Larice	Peccio	Abete bianco
Northness ²	1.936404	-0.44293	NO DATA
Pendenza ³	-4.51087	1.189794	NO DATA
Necromassa ⁴	-20.1511	-1.79758	NO DATA
Utilizzazione ⁵	-4.41663	0.995651	NO DATA
RK1 ⁶	-3.05005	-1.41519	NO DATA

Tabella 6 Risultato analisi effetto utilizzazione per classe d'altezza 5

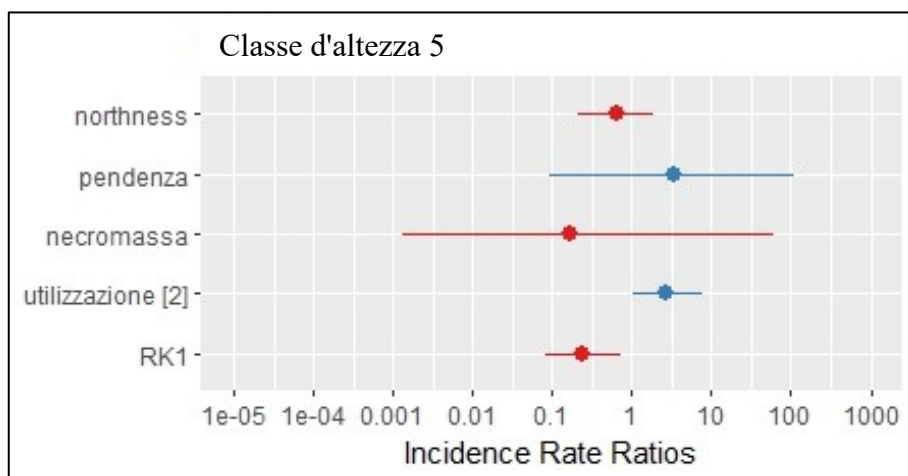


Grafico 6 Risultato analisi effetto utilizzazione per classe d'altezza 5, per l'abete rosso. In rosso se c'è relazione negativa, in blu se positiva.

¹ Rinnovazione con altezza da 5 a 20 cm

² Indice di esposizione normalizzato per il Nord

³ Pendenza dell'area di rilievo

⁴ % del suolo coperto da necromassa

⁵ Tipo di utilizzazione, con riferimento positivo alla gru a cavo

⁶ Indice di competizione che utilizza come parametro principale il DBH

Classe d'altezza 20 ¹			
	Larice	Peccio	Abete bianco
Northness ²	1.17308	0.324952	3.714548481
Pendenza ³	-7.11435	-3.76771	-5.36138294
Necromassa ⁴	-9.54752	-2.8174	-10.4406931
Utilizzazione ⁵	-2.40619	-0.42051	-1.02191782
RK1 ⁶	-1.01084	-6.07775	-17.8678157

Tabella 7 Risultato analisi effetto utilizzazione per classe di età 20

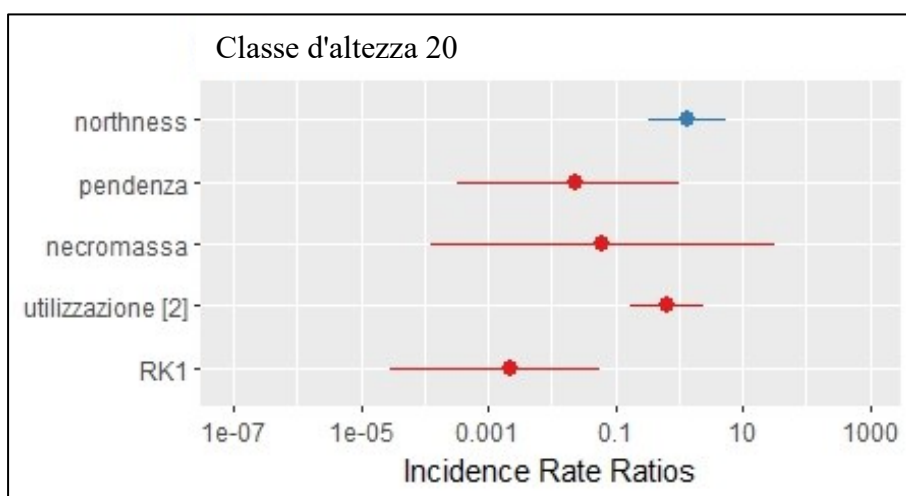


Grafico 7 Risultato analisi effetto utilizzazione per classe di età 20, per l'abete rosso. In rosso se c'è relazione negativa, in blu se positiva.

¹ Rinnovazione con altezza da 20 a 40 cm

² Indice di esposizione normalizzato per il Nord

³ Pendenza dell'area di rilievo

⁴ % del suolo coperto da necromassa

⁵ Tipo di utilizzazione, con riferimento positivo alla gru a cavo

⁶ Indice di competizione che utilizza come parametro principale il DBH

Classe d'altezza 40 ¹			
	Larice	Peccio	Abete bianco
Northness ²	11.75087	1.887661	NO DATA
Pendenza ³	-27.8954	-0.78252	NO DATA
Necromassa ⁴	-42.15	0.993134	NO DATA
Utilizzazione ⁵	-0.01637	-1.48015	NO DATA
RK1 ⁶	-8.48965	-4.77193	NO DATA

Tabella 8 Risultato analisi effetto utilizzazione per classe d'altezza 40

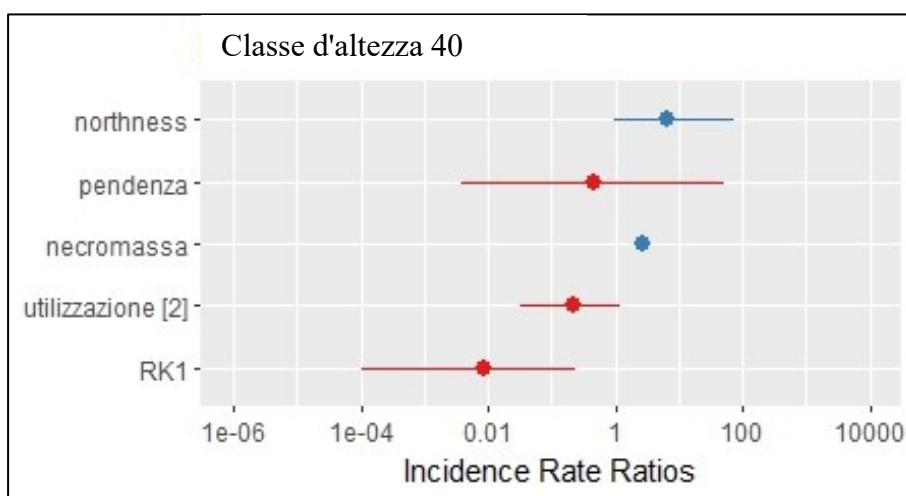


Grafico 8 Risultato analisi effetto utilizzazione per classe di età 40, per l'abete rosso. per l'abete rosso. In rosso se c'è relazione negativa, in blu se positiva.

¹ Rinnovazione con altezza da 40 a 130 cm

² Indice di esposizione normalizzato per il Nord

³ Pendenza dell'area di rilievo

⁴ % del suolo coperto da necromassa

⁵ Tipo di utilizzazione, con riferimento positivo alla gru a cavo

⁶ Indice di competizione che utilizza come parametro principale il DBH

Per ultimo vengono riportati i risultati per quanto riguarda la variabile abbondanza di lettiera (SO) (Tabella 9), dato che non dipende dalla specie i valori sono unici.

SO ¹	
Northness ²	-0.3054
Pendenza ³	0.34076
Erba ⁴	-0.6053
Suolo ⁵	-0.5482
Necromassa ⁶	0.34762
Utilizzazione ⁷	0.08535
RK1 ⁸	0.08887

Tabella 9 Risultato analisi effetto utilizzazione su SO

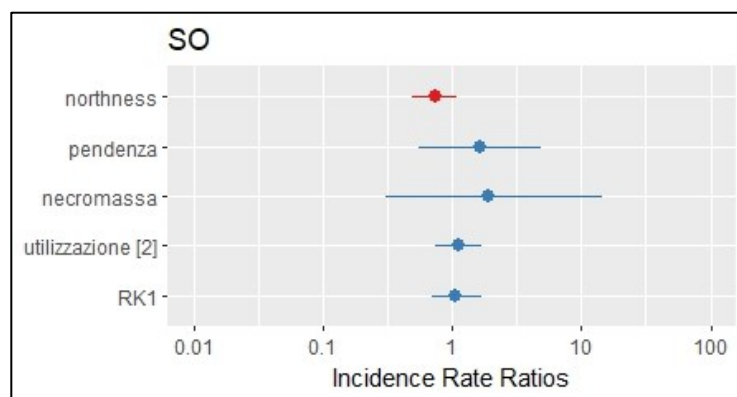


Grafico 9 Risultato analisi effetto utilizzazione su SO. per l'abete rosso. In rosso se c'è relazione negativa, in blu se positiva.

¹ Sostanza organica presente sul suolo espressa in grammi

² Indice di esposizione normalizzato per il Nord

³ Pendenza dell'area di rilievo

⁴ % del suolo coperto da erba

⁵ % di suolo nudo

⁶ % del suolo coperto da necromassa

⁷ Tipo di utilizzazione, con riferimento positivo alla gru a cavo

⁸ Indice di competizione che utilizza come parametro principale il DBH

DISCUSSIONE

Da un'analisi qualitativa della rinnovazione presenti all'interno dei popolamenti analizzati emerge una certa eterogeneità delle specie. Infatti, all'interno della rinnovazione si possono osservare oltre all'abete rosso anche altre specie minoritarie, per prima il larice che rappresenta il 23% delle osservazioni totali, seguito dall'abete bianco con il 7%. La presenza di altre specie più sporadiche rappresenta l'11%. Il risultato ottenuto con molta probabilità non è determinato dalla tecnica di esbosco, ma dal tipo di tecnica selvicolturale adottata. Nella fattispecie è stata adottata la tecnica del taglio a buche, la quale generando al suo interno condizioni luminose, termiche, e idriche differenti favorisce lo sviluppo di specie con molteplici necessità ecologiche. L'eterogeneità ottenuta nella rinnovazione è certamente favorita dalla presenza di porta seme della stessa specie all'interno dell'area utilizzata (Grafico 1). La rinnovazione con questo grado di variabilità vegetazionale non sarebbe stata ottenuta se si fosse proceduto con i cosiddetti tagli successivi; i quali prevedono di generare un taglio omogeneo per tutta la particella, dando luogo a condizioni luminose altrettanto omogenee. Quest'ultima tecnica è praticabile solo con l'esbosco con trattore e verricello, mentre è di difficile attuazione adoperando la gru a cavo, che per sua natura tecnica ha necessità di materiale da esboscare più concentrato.

Analizzando i risultati riportati nel capitolo precedente, si osserva che la variabile di competizione PK è stata presa in considerazione una sola volta, privilegiando la variabile RK1. Ciò è avvenuto perché quest'ultima variabile si presta maggiormente ad essere applicata in campo, dato che non tiene in considerazione l'altezza delle piante, bensì il Diametro a Petto d'Uomo (DBH), parametro molto più semplice da rilevare. Verificato il fatto che presentano relazioni con andamento simile, si è optato per proseguire l'analisi degli altri parametri usando solo l'indice di competizione RK1.

Nell'analisi dei risultati è da tenere in considerazione che i dati riguardanti la rinnovazione di abete bianco sono scarsi, a differenza di quelli di abete rosso e larice, in ordine di abbondanza. Questo fatto non sorprende, dato che i rilievi sono stati svolti in foreste classificate come peccete. Tuttavia, la scarsità di dati sull'abete bianco induce a considerare i risultati riferiti a questa specie come non particolarmente solidi.

Nelle tabelle numero 2 e 3, si evince come l'esbosco con gru a cavo abbia una relazione inversa sul larice, a differenza del peccio e dell'abete bianco che ne beneficiano, anche se in misura minore. Mentre una maggiore presenza di necromassa sfavorisce solo parzialmente il peccio. Il larice subisce molto di più negativamente la presenza di necromassa al suolo. Invece l'abete bianco gli è indifferente la presenza o meno di necromassa. Da questi risultati si comprende l'effetto pacciamante che può avere la necromassa sul suolo, ovvero l'inibizione della germinazione [Pupalienè et al., 2015] e quindi sulla rinnovazione. Perciò è consigliabile, a seguito delle operazioni di utilizzazione, rimuovere anche solo parzialmente rami e rametti che cadono al suolo durante le operazioni di abbattimento e sramatura. L'intervento di rimozione parziale di residui ha lo scopo di ridurre l'effetto pacciamante che avrebbe sul suolo. In ogni caso è da tenere in considerazione, anche, l'importanza di rilasciare comunque al suolo una componente di necromassa. Il rilascio di necromassa favorisce lo sviluppo di entomofauna e i processi ecologici che ne beneficiano dalla sua presenza, e il rilascio di sostanza organica nel suolo [Ni et al., 2020]. Quindi sarebbe buona pratica, ove possibile, non esboscare il materiale ma radunarlo in mucchi, al fine di lasciare più suolo pronto alla rinnovazione possibile.

Spostando l'attenzione sugli indici ML-MP-MA, si nota una relazione inversa tra l'abbondanza di piante adulte di peccio nelle vicinanze della buca e la rinnovazione dello stesso. È importante tenere presente che i campionamenti sono stati effettuati in una pecceta, dove il popolamento è composto per almeno il 50% da questa specie, quindi non c'è carenza di semi. Tuttavia, il valore di -2,49818 potrebbe dipendere dal fatto che sono stati principalmente prelevati abeti rossi, lasciando le altre specie per promuovere la diversificazione dello stato forestale. È importante notare che questo aspetto non è preso in considerazione dall'indice, che assume un'importanza decisamente maggiore nel giudicare la presenza o l'assenza di rinnovazione di larice o abete bianco, entrambe specie subordinate al popolamento principale. Infatti, in entrambi i casi, si osserva una relazione positiva, maggiore nell'abete bianco (3,677051) e minore nel caso del larice (1,67104). Questo ci fa capire come il rilascio di porta-seme di specie diverse dal popolamento principale sia di notevole aiuto per ridurre l'omogeneità delle specie presenti nella foresta, promuovendo una maggiore stabilità, resistenza e resilienza ai fattori di disturbo [Kenefic et al., 2021]. Di fatto, i disturbi tendono ad essere amplificati nelle foreste con un alto grado di

omogeneità, mentre le foreste che presentano maggiore diversità vegetale sono meno suscettibili a subire danni di grandi dimensioni [Griess et al., 2021]. La relazione positiva che si osserva per l'abete bianco e il larice, e negativa per l'abete rosso è anche spiegabile dal fatto che in popolamento forestale misto vi è un'alternanza di specie. Ovvero generalmente nei boschi misti c'è un'incapacità di una specie di rinnovarsi sotto sé stessa; considerando che alcune peccete analizzate in questa tesi presentano anche piante adulte di abete bianco, non stupisce quest'abbondanza di rinnovazione di abete bianco in presenza di peccio. Per quanto riguarda il larice, invece, giova di condizioni particolarmente assolate, con assenza di competizione [Del Favero, 2004] e un terreno poco fertile, a discapito del peccio che predilige condizioni più fertili.

Passando all'abbondanza di lettiera presente nel suolo, non è stata riscontrata alcuna correlazione significativa tra il tipo di utilizzo e l'indice di competizione RK1. Ciò suggerisce che, indipendentemente dal grado di apertura di una radura, la massa allo stato anidro della lettiera presente a terra è pressoché costante. Tuttavia, si osserva una leggera relazione negativa con l'esposizione a nord (-0,3054). Questo risultato contrasta con le indicazioni della letteratura [Egli et al., 2009], ma non può essere ulteriormente esplorato poiché i campionamenti non sono stati progettati per analizzare questo aspetto in dettaglio. La maggiore presenza di necromassa a terra spesso comporta un aumento della sostanza organica nel suolo, confermando una correlazione positiva tra la presenza di materiale ramoso a terra e una maggiore quantità di lettiera.

È interessante notare che, nella maggior parte delle analisi, l'andamento della correlazione tra il tipo di utilizzo e la pendenza del terreno segue una tendenza simile, con una correlazione positiva per l'utilizzo con gru a cavo seguita da una correlazione positiva all'aumentare della pendenza e viceversa. Questa relazione è probabilmente legata al fatto che la scelta della tecnica di esbosco è influenzata dalla viabilità, che a sua volta è influenzata dalla pendenza media dei lotti. Tuttavia, la diversità nella magnitudo tra il tipo di utilizzo e la pendenza indica che il tipo di utilizzazione ha un impatto significativo sulla futura rinnovazione. Ad esempio, nel caso del larice si nota che l'esbosco con gru a cavo ha un effetto minore subito dopo il taglio (Classe d'altezza 40), con un valore di -0,01637, rispetto a un periodo successivo (Classe d'altezza 5) in cui presenta un valore di -4,41663. Nel caso dell'abete rosso, la rinnovazione sviluppata subito dopo l'utilizzo (Classe d'altezza

40) è sfavorita dall'esbosco con gru a cavo (-1,48015), mentre per la rinnovazione più tardiva (Classe d'altezza 5) questa tecnica sembra favorirla (0,995651). In entrambi i casi, per il larice e l'abete rosso, i valori della classe d'altezza 20 sono intermedi, rispettivamente -2,40619 e -0,42051. Si considera, che all'aumentare dell'altezza della rinnovazione, aumenta anche l'età delle stesse. Quindi è possibile affermare che la rinnovazione di classe 40 si sia insediata prima di quella di classe 20, e la rinnovazione di classe 20 prima della rinnovazione appartenente alla classe 5. Per cui, se si sono insediate prima, vuol dire che si sono sviluppate più rapidamente a seguito del taglio di utilizzazione. La relazione diretta tra altezza ed età è una semplificazione, in quanto durante il ciclo di vita di una pianta entrano in gioco vari fattori che ne limitano o ne favoriscono lo sviluppo. Tra i fattori che favoriscono il rapido sviluppo di un individuo arboreo si possono individuare una maggiore fertilità, condizioni di radiazione luminosa e termica non limitanti e assenza di stress idrici. Invece tra i fattori limitanti si annoverano: condizioni limitanti di luce, calore e fertilità, stress idrici, la predazione da parte di erbivori e l'attacco da patogeni e il danneggiamento da parte di agenti biotici o abiotici [Hutchinson, 1918]. I fattori appena elencati possono far subire o un semplice rallentamento dello sviluppo arboreo, o un arresto. In casi i cui gli stress subiti dalla rinnovazione sono particolarmente severi o prolungati possono far sopraggiungere la morte dell'individuo stesso.

In generale, l'analisi mostra che l'esbosco con gru a cavo favorisce la rinnovazione del peccio (0,754639) e sfavorisce quella del larice (-3,050538). Questo risultato è spiegato dal fatto che il larice beneficia, specialmente nella fase iniziale, dei solchi generati dal materiale esboscato a strascico, un tratto distintivo dell'esbosco con trattore e verricello. In effetti, il larice ha una maggiore affinità per i suoli minerali ovvero privo di abbondante sostanza organica e competizione. Infatti, il larice necessita di assenza di competizione, sia che essa derivi da specie arboree che erbacee [Del Favero, 2004]. Anche l'abbondanza di sostanza organica nel suolo è influenzata dall'esbosco con trattore, che comporta un aumento della compattazione del terreno [Brais et al., 1998]. È stato osservato che in suoli compattati, la rinnovazione dell'abete rosso ha maggiore difficoltà a svilupparsi [Wästerlund et al., 1985].

CONCLUSIONI

Questo progetto di tesi permette di comprendere come il tipo di utilizzazione adottato non condizioni solamente l'organizzazione del cantiere, ma abbia anche un impatto sulla futura rinnovazione che si svilupperà a seguito del taglio. Infatti, non tutte le specie presentano le stesse caratteristiche ecologiche, di conseguenza ciascuna specie risponde in maniera diversa alla tecnica di esbosco utilizzata. Detto ciò, è stato possibile osservare che l'abete rosso risponde positivamente all'esbosco con gru a cavo, mentre il larice ha una risposta opposta ed è svantaggiato dall'esbosco con gru a cavo. Lo sviluppo della rinnovazione non varia solo in base alla tecnica di utilizzazione adottata, ma anche in base al tempo trascorso dall'evento di taglio, e ciò vale per ciascuna specie. Inoltre, i risultati ottenuti evidenziano le dinamiche di popolazione che si instaurano tra peccio e abete bianco. Ovvero in popolamenti misti si osserva rinnovazione di abete bianco sotto la pianta adulta di peccio, e viceversa. Si può, anche, osservare come i tagli effettuati favoriscono una eterogeneità della rinnovazione presente, e probabilmente del futuro popolamento che ne deriverà.

In un futuro potrebbe essere interessante integrare ed approfondire l'effetto della tecnica di utilizzazione sulla futura rinnovazione con altri studi. Ad esempio, si potrebbe procedere con rilievi *LIDAR*, per poter generare modelli digitali della buca generata durante il taglio di utilizzazione. Questa tecnica potrebbe permettere di identificare al meglio l'incidenza della radiazione luminosa sul suolo e stabilire con maggior precisione le varie dinamiche termiche che si generano all'interno dell'area di taglio. Inoltre, mediante l'uso di un *GPS* ad elevata precisione si potrebbe geolocalizzare dove sono presenti i nuclei di rinnovazione, classificandoli per specie ed altezza. Eventualmente creando il modello digitale della copertura forestale per l'intera particella analizzata, mentre i campionamenti sulla rinnovazione solamente in aree campione. Dei rilievi effettuati con questo grado di accuratezza, molto probabilmente, permetterebbero di identificare dinamiche di sviluppo che non sono rilevabili con il metodo di rilievo adottato in questa tesi. Avendo a disposizione molti più dati sui risultati nella copertura forestale per entrambe le tecniche di esbosco. Sarebbe anche interessante effettuare un rilievo appena prima dell'utilizzazione, un secondo rilievo dopo un breve periodo, un terzo nel medio periodo ed un eventuale quarto nel lungo periodo. Un'altra eventuale integrazione può essere effettuata sugli impatti diretti sul suolo, ad esempio

identificando subito dopo l'intervento di esbosco i danni generati dall'esbosco stesso. I danni sarebbero da classificare e georeferenziare. Per poi tornare nella medesima area dopo un periodo prestabilito, ad esempio dieci anni. Ciò permetterebbe di valutare se i danni generati durante l'utilizzazione hanno favorito, o sfavorito la rinnovazione. Eventualmente stabilendo quale specie ha subito maggiormente l'impatto e con quale magnitudo.

Questo progetto di tesi potrebbe essere utile per coloro che pianificano le attività di gestione e salvaguardia delle superfici forestali, in quanto fornisce spunti per effettuare scelte sempre più consapevoli e mirate rispetto agli obiettivi che ci si è prefissati nel breve e nel lungo termine. Certamente, cercare di conciliare gli interessi di tutti i soggetti che traggono beneficio dalla risorsa forestale è una sfida, che coinvolge direttamente aziende forestali, dottori forestali e comunità circostanti, così come i fruitori del bosco e del paesaggio da esso creato, senza dimenticare la fauna e la flora, che anch'esse beneficiano dei servizi ecosistemici forniti dal complesso forestale. Le difficoltà sono numerose, ma quanti più strumenti si hanno a disposizione, tanto migliore sarà il risultato.

BIBLIOGRAFIA

- Bernetti, G. "La selvicoltura naturalistica nella storia del pensiero forestale." *Annali Accademia Italiana di Scienze Forestali*, Firenze 26 (1977).
- Bernetti, G. "Management of the state forests in Tuscany." *Montanaro d'Italia-Monti e Boschi* 31.1 (1980).
- Bernetti, G. "Selvicoltura speciale." (1988).
- Bourgenot L., 1977 - Histoire des forets feuillues en France. *Revue Forestière Française* (num. Spec.).
- Brais, S., e C. Camire. "Soil compaction induced by careful logging in the claybelt region of northwestern Quebec (Canada)." *Canadian Journal of Soil Science* 78.1 (1998).
- Camerano, P., PG. Terzuolo, P. Varese. "I tipi forestali della Valle d'Aosta". *Compagnie delle foreste* (2007)
- Cavalli, R., G. Menegus, e F. Ientile. "Cable crane use under sustainable forest management in North-Eastern Italian Alps." Cable yarding suitable to sustainable forest management. Slovenian Forestry Institute, 2004.
- Del Favero, R. "I boschi delle regioni alpine italiane: tipologia, funzionamento, selvicoltura." (2004).
- Egli, M., Sartori, G., Mirabella, A., Favilli, F., Giaccai, D., & Delbos, E. "Effect of north e south exposure on organic matter in high Alpine soils." *Geoderma* 149.1-2 (2009).
- Ezzati, S., Najafi, A., Yaghini, M., Hashemi, A. A., & Bettinger, P. "An optimization model to solve skidding problem in steep slope terrain." *Journal of Forest Economics* 21.4 (2015).
- Griess, V. C., Acevedo, R., Härtl, F., Staupendahl, K., & Knoke, T. "Does mixing tree species enhance stand resistance against natural hazards? A case study for spruce." *Forest Ecology and Management* 267 (2012).
- Harvey, B., e Suzanne B. "Effects of mechanized careful logging on natural regeneration and vegetation competition in the southeastern Canadian boreal forest." *Canadian journal of forest research* 32.4 (2002).
- Hutchinson, A. H. "Limiting factors in relation to specific ranges of tolerance of forest trees." *Botanical Gazette* 66.6 (1918).

- Jandl, N., Robert J., e Andreas S. "Future management options for cembra pine forests close to the alpine timberline." *Annals of forest science* 75 (2018).
- Kenefic, L. S., Kenefic, L. S., Kabrick, J. M., Knapp, B. O., Raymond, P., Clark, K. L., D'Amato, A. W. e Rogers, N. S. "Mixedwood silviculture in North America: the science and art of managing for complex, multi-species temperate forests." *Canadian Journal of Forest Research* 51.7 (2021).
- Marra, E., Marra, E., Mastrolonardo, G., Laschi, A. e Neri, F. "Buone prassi per la riduzione degli impatti durante le operazioni di esbosco." (2022).
- Mikulas Jr, Martin M., e Li-Farn Yang. Conceptual design of a multiple cable crane for planetary surface operations. No. NAS 1.15: 104041. 1991.
- Ni, X., Liao, S., Tan, S., Peng, Y., Wang, D., Yue, K., ... & Yang "The vertical distribution and control of microbial necromass carbon in forest soils." *Global Ecology and Biogeography* 29.10 (2020).
- Piussi, P., e Giorgio A. *Selvicoltura generale. Boschi, società e tecniche colturali.* Compagnia delle Foreste Srl, 2015.
- Pupalienė, R., Sinkevičienė, A., Jodaugienė, D., & Bajorienė, K. "Weed control by organic mulch in organic farming system." *Weed biology and control* (2015).
- Schneider-Carius, K. "Lo strato base dell'atmosfera come determinante il clima delle Alpi." *Geofisica pura e applicata* 17 (1950).
- Spinelli, R., e Natascia M. "La produzione di biomassa legnosa nella selvicoltura alpina: quantità, sistemi di raccolta, costi." *L'Italia Forestale e Montana* 62.5-6 (2007).
- Spinelli, R., Natascia M., e Carla N. "Work quality and veneer value recovery of mechanised and manual log-making in Italian poplar plantations." *European Journal of Forest Research* 130.5 (2011).
- Šušnjar, M., Dubravko H., e Josip Š.j. "Soil compaction in timber skidding in winter conditions." *Croatian Journal of Forest Engineering: Journal for Theory and Application of Forestry Engineering* 27.1 (2006).
- Tavankar, F., Amir Eslam B., e Baris M. "Investigation of damages to stand caused by selection cutting using skidding system in the Asalem-Nav forest, Iran." (2011).
- Roberts, B., Brent W., e Terry R. "A comparison of landslide rates following helicopter and conventional cable-based clear-cut logging operations in the Southwest Coast Mountains of British Columbia." *Geomorphology* 61.3-4 (2004).

Von C., Hans C. Sylvicultura oeconomica, oder hauswirtschaftliche nachricht u. Naturmaszige Anweisung Zur Wilden Baum-zucht. J. Fr. Braun, 1713.

Wästerlund, I. "Compaction of till soils and growth tests with Norway spruce and Scots pine." *Forest Ecology and Management* 11.3 (1985).

Zuquim, G., Costa, F. R., Tuomisto, H., Moulatlet, G. M., & Figueiredo, F. O. "The importance of soils in predicting the future of plant habitat suitability in a tropical forest." *Plant and Soil* 450 (2020).

SITOGRAFIA

Il clima della regione Valle D'Aosta | Climatologia | Il Tempo in media e agli estremi (centrometeo.com): [Il clima della regione Valle D'Aosta | Climatologia | Il Tempo in media e agli estremi \(centrometeo.com\)](#), 18/08/2023

RAVdA - GeoNavigatore SCT (partout.it): [RAVdA - GeoNavigatore SCT \(regione.vda.it\)](#), 09/08/2023