



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI MILANO
FACOLTÀ DI SCIENZE AGRARIE E ALIMENTARI

CORSO DI LAUREA IN
VALORIZZAZIONE E TUTELA DELL'AMBIENTE
E DEL TERRITORIO MONTANO

RISPOSTA DELLA RINNOVAZIONE FORESTALE AGLI
INTERVENTI SELVICOLTURALI ESEGUITI NELLA FORESTA
REGIONALE VAL GEROLA

Relatore: Prof. Giorgio Vacchiano

Elaborato finale di:
Chiara Polla e Davide Rusconi

Matricola:
948291, 906450

Anno accademico 2021/2022

INDICE

1. RIASSUNTO.....	4
2. INTRODUZIONE	6
2.1 Importanza delle foreste.....	6
2.2 Importanza della rinnovazione.....	8
2.3 Fattori influenzanti la rinnovazione.....	9
2.3.1 Ruolo degli ungulati	12
2.3.2 L'uomo e lo sfruttamento delle foreste	13
2.4 Incidenza del cambiamento climatico sulle foreste.....	13
2.4.1 Aumento della temperatura media	15
3. OBIETTIVI.....	15
4. MATERIALI E METODI	17
4.1 Descrizione dell'area di studio – la Foresta Regionale Val Gerola	17
4.1.1 Caratteristiche climatiche	18
4.1.2 Caratteristiche geomorfologiche	20
4.1.3 Aspetti forestali e faunistici.....	22
4.2 Descrizione macroparticelle di taglio.....	25
4.2.1 Macroparticelle 31 VG e 36 VG	25
4.2.2 Macroparticella 33 VG.....	26
4.2.3 Macroparticella 34 VG.....	28
4.3 Esecuzione dei rilievi in campo.....	29
4.4 Elaborazione dei dati	31
5. RISULTATI	32
5.1 Dati alberi in piedi	32

5.1.1 Confronto tra dati relativi agli alberi in piedi nelle tagliate e nelle aree non tagliate	41
5.2 Dati rinnovazione	44
5.2.1 Confronto tra numero di semenzali e rinnovazione affermata nelle aree tagliate	51
5.3 Dati relativi alla copertura del suolo	53
5.4 Analisi dei modelli multivariati	56
6. DISCUSSIONE	60
6.1 Analisi della copertura del suolo	60
6.2 Interpretazione dei dati	61
6.3 Analisi della rinnovazione	64
6.4 Analisi degli interventi selvicolturali.....	67
7. CONCLUSIONI	69
8. BIBLIOGRAFIA	71
9. RINGRAZIAMENTI	77

1. RIASSUNTO

Le foreste costituiscono un'importante risorsa per la conservazione dell'ecosistema globale. L'aumento dei fenomeni climatici estremi connessi ai cambiamenti climatici, determina un maggiore impatto sugli ecosistemi forestali, la cui multifunzionalità ed integrità, può essere compromessa, sia da fattori biotici, sia da fattori abiotici. Per comprendere l'evoluzione e la composizione futura del bosco, è necessario conoscere lo sviluppo della rinnovazione forestale, caratterizzata dalle specie arboree, che maggiormente riusciranno ad adattarsi alle diverse condizioni ambientali e climatiche, relative a quel determinato ambiente. Il cambiamento climatico e gli interventi da parte dell'uomo, determinano una variazione relativa a queste condizioni, influenzando la struttura e la biodiversità degli ecosistemi forestali. Con questo studio, si è voluto analizzare quale sia la risposta della rinnovazione forestale e dei popolamenti forestali, alle diverse pratiche selvicolturali, eseguite, nel corso degli anni, dalle varie imprese boschive in collaborazione con l'Ente Regionale per i Servizi all'Agricoltura e alle Foreste (ERSAF) di Morbegno. L'area oggetto di studio, è collocata a livello della Foresta Demaniale dell'Alpe Culino, che rappresenta uno dei due complessi costituenti la Foresta Regionale Val Gerola. I tagli hanno determinato una modificazione relativa alle caratteristiche ambientali delle differenti aree boschive rispetto alla condizione di pre-intervento. L'effetto di questi cambiamenti, può essere valutato confrontando le aree tagliate con le aree boschive, collocate ai margini di esse e non interessate da interventi selvicolturali. A livello di queste aree, sono state ricavate aree di saggio di forma circolare, con diametro pari a 24 metri, all'interno delle quali si sono costituite delle aree di campionamento, dove sono stati rilevati diversi parametri relativi alla rinnovazione (conteggio semenzali e rinnovazione affermata), pendenza, diametro degli alberi vivi, % di copertura del suolo e delle chiome. I dati raccolti sono stati successivamente elaborati, in modo da determinare quali siano i fattori, che incidano maggiormente sulla rinnovazione delle diverse specie forestali e valutare come i diversi tagli portino ad una variazione della rinnovazione rispetto ad aree non interessate da interventi selvicolturali. Dai risultati ottenuti è stato possibile osservare come le diverse pratiche selvicolturali determinano una riduzione del numero di piante/ha, variabile dal -52,94% al -22,59% a seconda della tagliata considerata, portando ad una modificazione delle condizioni di illuminazione, che a loro volta influenzano lo sviluppo della rinnovazione delle diverse specie forestali, in particolare specie eliofile come sorbo, larice e betulla. L'abete bianco è la specie maggiormente

presente, in termini di rinnovazione, a livello, sia delle aree tagliate, che delle aree non interessate da interventi selvicolturali, con una percentuale pari rispettivamente al 57% e 51% sul totale, seguita dalla rinnovazione di sorbo, che nel bosco non tagliato raggiunge il 46% del totale. La presenza di larice e betulla risulta decisamente più elevata nelle aree tagliate, dove le condizioni di illuminazione favoriscono la rinnovazione di queste specie. Inoltre, anche la copertura del suolo, in particolare, erba, lettiera e legno morto, presenta delle relazioni con le diverse specie, condizionando il numero di semenzali, il quale risulta inferiore rispetto alla rinnovazione affermata, nella maggior parte delle specie, ad eccezione di specie come faggio e betulla. Questo, nel caso del faggio, è riconducibile all'abbondanza riguardante la produzione dei semi (annate di pasciona), mentre nel caso della betulla, è collegato al fatto che questa specie è eliofila e pioniera, in grado di svilupparsi subito dopo un disturbo. Analizzando i risultati ottenuti attraverso l'analisi multivariata, emerge come la rinnovazione, presenta delle relazioni negative con la copertura da parte della lettiera. Le diverse specie eliofile, mostrano delle relazioni positive con la copertura da parte dell'erba, mentre negative nei confronti di una copertura delle chiome e di legno morto, la quale influenza positivamente la rinnovazione delle specie maggiormente tolleranti l'ombra come abete rosso e abete bianco. I tagli effettuati, hanno rappresentato un disturbo per il bosco, ma hanno permesso di favorire lo sviluppo della rinnovazione relativa alle differenti specie forestali. Questo, è stato possibile grazie, sia alla scelta di lasciare piante portaseme a livello delle tagliate, sia alla creazione di aperture, le quali hanno determinato una modificazione delle condizioni di illuminazione, consentendo l'insediamento della rinnovazione, riguardante sia le specie maggiormente tolleranti l'ombra, sia le specie eliofile, le quali avrebbero avuto una probabilità molto bassa di svilupparsi nel bosco pre-intervento, a causa di una densità troppo elevata del popolamento. Inoltre, anche la scelta di non asportare la massa legnosa derivante dai diversi interventi selvicolturali, ha consentito alle diverse specie forestali, di trovare delle condizioni migliori per la loro crescita. Nel corso degli anni, sarà comunque opportuno eseguire dei sopralluoghi nell'area interessata da questi interventi, in modo da determinare la densità della rinnovazione, ricorrendo se necessario ad operazioni di diradamento, che consentirebbero di creare delle condizioni in termini di spazio, luce, disponibilità di acqua e nutrienti tali da consentire di ottenere dei popolamenti più sani e resistenti anche in un'ottica relativa ai cambiamenti climatici.

2. INTRODUZIONE

2.1 Importanza delle foreste

Le foreste montane rappresentano un'importante fonte di diversità biologica e risultano fondamentali per il mantenimento dell'ecosistema globale (Krauchi et al. 2000). Esse svolgono un ruolo multifunzionale, che riguarda la funzione produttiva, relativa alla produzione di biomassa legnosa, la quale viene impiegata come importante fonte di energia rinnovabile e biomassa non legnosa, rappresentata da funghi, frutti di bosco, etc. Svolgono inoltre un ruolo protettivo legato alla conservazione del suolo, molto importante specialmente nelle zone montane, grazie ad una mitigazione del rischio relativo all'erosione e al dilavamento. Consentono anche un controllo e una gestione delle acque, riducendo il rischio di frane e inondazioni (Marchetti et al. 2006). Le foreste, rappresentano una componente fondamentale nel ciclo del carbonio, agendo come luoghi in cui il carbonio viene stoccato ed immagazzinato come biomassa forestale, sottraendo in questo modo anidride carbonica dall'atmosfera. Esse consentono una conservazione della biodiversità, fondamentale per garantire un mantenimento delle diverse specie forestali e per aumentare la resistenza stessa delle foreste, consentendo così, un migliore adattamento agli effetti legati al cambiamento climatico quali tempeste, incendi boschivi e agenti patogeni. Un altro compito risulta essere la funzione sociale e ricreativa, la quale è connessa ad una attività didattica e turistica, su cui sempre più si basa l'economia specialmente delle zone montane (Bucella 2014, Bussotti et al. 2012).

Secondo i dati FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations) relativi al rapporto Forest Resource Assessment (FRA 2020), la Terra presenta una superficie forestale pari a 4,06 miliardi di ettari, che corrisponde a circa il 31% delle terre emerse. Il Continente europeo, presenta la maggior superficie forestale, corrispondente al 25% del patrimonio forestale mondiale, seguita da America meridionale (21%), America settentrionale e centrale (19%), Africa (16%), Asia (15%) e Oceania (5%) (Sarre e Food and Agriculture Organization 2020). Analizzando a livello globale le diverse funzioni svolte dalle foreste, più del 25% della superficie forestale mondiale, svolge un ruolo di conservazione della biodiversità, 348 milioni di ettari sono connessi alle foreste con ruolo protettivo, mentre per quanto riguarda la funzione sociale e ricreativa, il 2,4% della superficie forestale, viene destinata a questo scopo. Più elevata risulta essere la percentuale di foreste utilizzate con uno scopo produttivo; produzione di biomassa legnosa e non legnosa, pari al 34% del totale

(Marchetti et al. 2006). I cambiamenti climatici possono influire sull'integrità delle foreste, causando una loro perdita o un loro danneggiamento. Tra le cause di danno è possibile citare i fattori abiotici, tra cui fenomeni climatici estremi come siccità, vento, inondazioni e incendi, mentre tra i fattori biotici si fa riferimento agli agenti patogeni come insetti e funghi. Questo, conseguentemente, porta ad influenzare negativamente il ruolo multifunzionale connesso all'ambito forestale, con ripercussioni anche a livello ambientale. Infatti, viene ridotta la quantità di carbonio stoccata a livello delle foreste, con aumento di anidride carbonica in atmosfera (Marchetti et al. 2006). Da un punto di vista della rinnovazione forestale, più del 90% della superficie forestale globale, corrispondente a 3,75 miliardi di ettari, presenta una rinnovazione di tipo naturale, mentre il 7% del totale pari a 290 milioni di ettari, è caratterizzato da una rinnovazione di tipo artificiale. Per quanto riguarda la biodiversità, il 36% del patrimonio forestale mondiale è rappresentato da foreste primarie, le quali presentano un processo evolutivo naturale non influenzato da alcuna attività antropica (Sarre e Food and Agriculture Organization 2020, Marchetti et al. 2006). Queste foreste quindi, rappresentano un'importante fonte di biodiversità, relativa alle diverse specie arboree. A livello europeo, si è assistito ad un aumento della superficie boschiva. Questo, è reso possibile grazie a opere di rimboschimento, che permettono così una crescita della superficie forestale con relativo aumento dell'incremento legnoso e stoccaggio di carbonio (Marchetti et al. 2006, Bucella 2014). Un altro fattore chiave legato allo sviluppo delle foreste, è rappresentato dal rapporto tra utilizzazione ed accrescimento della massa legnosa. Si stima che annualmente, questo rapporto sia pari al 60-70%, questo dato però risulta essere in continuo aumento. Nel decennio 2010-2020, esso ha avuto una crescita del 30%, riconducibile principalmente alla sempre più crescente domanda di assortimenti legnosi, connessi allo sviluppo delle bioenergie. Anche se il legno risulta il materiale maggiormente ricavato dalle foreste, esse sono in grado di fornire altri prodotti non legnosi, come funghi, frutti di bosco e frutti a guscio (Bucella 2014). Sebbene negli anni, ci sia stato un aumento relativo alla richiesta di massa legnosa, processi di rinnovazione naturale e artificiale, ed una maggiore attenzione al ruolo multifunzionale svolto dalle foreste, ha permesso di aumentare la massa legnosa con un incremento pari a 340 milioni di metri cubi/anno a livello europeo (Marchetti et al. 2006). Lo sviluppo della superficie forestale, è connessa anche ad un abbandono di terreni, in particolare prati e pascoli collocati nelle zone montane, i quali hanno permesso l'affermarsi di nuove aree boschive (Krauchi et al. 2000). Anche in Italia si è assistito ad un aumento della superficie boschiva, ad oggi le foreste ricoprono il 38% del

territorio, comprendendo un'elevata diversità biologica. La superficie forestale destinata alla produzione di assortimenti legnosi, risulta pari a 146000 ettari, da cui si ricavano 9,6 milioni di mc/anno di cui il 60% impiegato per fini energetici. Per quanto riguarda l'accumulo di carbonio, le foreste italiane sono in grado di accumulare ed immagazzinare 783 milioni di tonnellate (Marchetti et al. 2006, Istituto nazionale di statistica 2020).

2.2 Importanza della rinnovazione

Un soprassuolo adulto risponde a diverse funzioni (protettiva, ricreativa, approvvigionamento, conservazione del suolo, controllo del regime delle acque, etc.), ma il compito della foresta potrebbe essere messo in pericolo a causa del rischio che si verifichino disturbi distruttivi che aumenta con il passare del tempo. Questo è un fatto importante, soprattutto se il ruolo di quest'ultima, è di proteggere degli insediamenti o delle attività umane, ma anche nel caso in cui abbia un ruolo ricreativo dal momento che alberi vecchi più soggetti a crolli e malattie, potrebbero rappresentare un pericolo per chi frequenta quell'ambiente. Pertanto, è importante che il bosco si rinnovi e che i semenzali trovino lo spazio e le risorse per affermarsi e crescere, così da garantire un ricambio generazionale (Beckage et al. 2005, Dyderski et al. 2018) necessario nei boschi a maggior ragione durante questa crisi climatica che fa aumentare la probabilità dei disturbi stessi. Tuttavia la rinnovazione giovane è molto vulnerabile a fattori abiotici quali siccità e gelo (Niinemets e Valladares 2006) e biotici come la presenza di erbivori, questi portano ad un basso tasso di sopravvivenza delle piantine. Inoltre c'è da considerare anche la competizione con specie erbacee, ma anche con la stessa rinnovazione di uguale specie o di specie diverse (Robakowski e Bielinis 2011). Studiare la presenza della rinnovazione è importante, sia per capire la composizione futura del bosco, sia per mettere in atto delle strategie di intervento nel caso in cui questa sia assente o non sufficientemente presente per garantire un futuro a quel soprassuolo. Un mezzo con cui l'uomo può garantire ad un bosco di rinnovarsi è attraverso il taglio delle piante adulte, così da creare degli spazi in cui i semi si possano insediare e crescere e grazie a questo, può anche ottenere legname sia per l'edilizia che come legna da ardere. Il taglio rappresenta un disturbo per il bosco, ma è di fondamentale importanza per permettere a questo di evolversi. In seguito a questo disturbo, la natura si rinnoverà e si instaureranno i semenzali delle specie in grado di resistere alle condizioni specifiche di quel sito. È probabile trovare specie che nel soprassuolo adulto stabile non erano presenti, ma che si instaurano subito dopo un disturbo, quali le specie pioniere poco

esigenti sia dal punto di vista nutritivo che idrico, come possono essere betulla (*Betula*) e pioppo (*Populus*) e che andranno a preparare il substrato e renderlo idoneo alla presenza e alla crescita delle specie proprie di quell'ambiente. Questo rappresenterà anche un contributo importante per l'aumento della biodiversità.

Soprattutto nel passato, la rinnovazione post taglio è stata manipolata dall'uomo, con l'intento di favorire quelle specie che hanno un accrescimento rapido e che, in un tempo relativamente breve, potessero garantirgli una elevata produzione di legname da utilizzare nell'ambito delle costruzioni e, in questo modo sono andati a costituirsi soprassuoli omogenei e uniformi. È il caso ad esempio dei boschi puri di abete rosso (*Picea abies*) che, sono andati a sostituirsi a quelli misti di abete rosso, abete bianco (*Abies alba*) e faggio (*Fagus sylvatica*) (Felton et al. 2010, Naudts et al. 2016). Questo è stato possibile grazie alle numerose piantumazioni di piantine di abete rosso con il costituirsi di tutti quegli effetti negativi che oggi si stanno manifestando, quali scarsa biodiversità, maggiore frequenza e intensità di infestazioni da scolitidi a causa del cambiamento climatico e della minore disponibilità di acqua (Seidl et al. 2011, Dyderski et al. 2018 b) e infestazioni del bostrico (*Ips typographus*) in seguito alla tempesta Vaia, scarsa resistenza alle tempeste di vento dei boschi, a causa dell'apparato radicale superficiale dell'abete rosso e per cui un maggiore rischio di non sopravvivenza delle foreste. La rinnovazione artificiale non è così efficace come lasciare agire la natura. Grazie alla rinnovazione naturale crescono e si affermano i semenzali delle specie che più riescono ad adattarsi a quel determinato ambiente e per cui saranno in grado di andare a formare un popolamento forte, stabile e duraturo nel tempo. Inoltre, questo garantirà la formazione di un popolamento misto, sia per quanto riguarda le specie, che le età presenti così da limitare le pullulazioni di insetti che soprattutto in boschi puri stanno causando numerosi danni e perdite, in maniera da garantire il mantenimento della funzione del bosco, da mantenere un paesaggio piacevole ed eterogeneo, ricco di specie diverse sia vegetali che animali.

2.3 Fattori influenzanti la rinnovazione

Il rimboschimento nelle regioni montane è più difficile rispetto a quello in pianura a causa dell'elevata altitudine, della pendenza e del clima difficile. Anche piccole irregolarità nel terreno, portano ad un'elevata variabilità di micrositi e per questo motivo spesso si trovano adiacenti punti più o meno favorevoli. Alle altitudini elevate, la stagione favorevole alla crescita è limitata e questo rappresenta un ostacolo notevole per la crescita e l'affermazione

dei semenzali (Ammer 1996). Il lungo periodo richiesto per lo sviluppo delle piantine, il clima arduo e la struttura dei soprassuoli spesso non favorevole, sono dei fattori fondamentali per la rinnovazione delle foreste montane. Diversi parametri climatici influenzano la presenza della vegetazione e la rinnovazione: temperatura, precipitazione (Kienast et al. 1996), vento e insolazione, questi fattori climatici cambiano rapidamente su brevi distanze. Altri fattori come topografia e disturbo umano modificano la potenziale distribuzione. Un ruolo importante è giocato anche da molti altri elementi quali luce, disponibilità di acqua e nutrienti (Finzi e Canham 2000), umidità, suolo e sua profondità, competizione, densità e composizione del soprassuolo, gelo e neve. È importante valutare tutti questi per capire le dinamiche della rinnovazione in montagna. La temperatura è un fattore da considerare, in quanto tutte le specie vegetali hanno dei propri range all'interno dei quali riescono a crescere e sopravvivere e oltre i quali subiscono diversi danni e possono andare incontro alla morte; ci sono specie come larice (*Larix decidua*), abete rosso (*Picea abies*), pino cembro (*Pinus cembra*) che si sono adattate a vivere a climi più freddi ed estremi, mentre ci sono altre specie che si trovano meglio in climi temperati come il faggio (*Fagus sylvatica*) o climi più caldi come le specie mediterranee. Queste preferenze di habitat sono da considerare nel momento in cui si pensa alla rinnovazione e alle specie che in un determinato ambiente possono riuscire ad affermarsi, crescere e diventare adulte. La disponibilità di luce è essenziale per la crescita dei semenzali (Dai 1996, Diaci 2002). La quantità di questa che raggiunge il suolo può essere regolata durante il taglio, andando a pianificare la grandezza e forma delle aperture e dipende anche dall'esposizione e topografia del sito; ad esempio la radiazione diretta che raggiunge il suolo è maggiore sulle pendenze che nelle depressioni. Il suolo è un altro fattore fondamentale per quanto riguarda la sua origine che ne determina il pH: ci sono specie che crescono dove il pH è acido e specie che crescono con pH basico. Il pH e la tipologia di suolo, influenzano poi i nutrienti che, vengono resi disponibili alle piante e la dinamica dell'acqua al suo interno e quindi se verrà trattenuta per più tempo o se verrà subito persa e quindi la sua utilizzabilità dalle piante. L'umidità è fondamentale in quanto alcune specie prediligono ambienti più umidi come il faggio (*Fagus sylvatica*) mentre altre come il pino silvestre (*Pinus sylvestris*) crescono bene in ambienti secchi. Inoltre, è importante anche tenere in considerazione il regime delle precipitazioni del luogo. La competizione è fondamentale soprattutto se si parla di semenzali, questi subiscono la concorrenza di altri semenzali della stessa specie e di specie diverse, dello strato erbaceo, dello strato arbustivo e anche delle piante adulte del soprassuolo. Questa competizione si ha

per la luce, i nutrienti, l'acqua, lo spazio e le altre risorse di cui le piantine hanno bisogno per crescere e quindi, tutte queste limitazioni rappresentano un fattore molto limitante per l'affermarsi e lo sviluppo dei piccoli semenzali. La densità del soprassuolo, influisce sulla disponibilità di luce e di risorse. In una comunità ad elevato numero di elementi, si sviluppano bene i semenzali delle specie sciafile, che hanno bisogno di meno luce mentre per permettere l'affermarsi dei semenzali delle specie eliofile è necessario attuare i tagli e aprire delle buche che permettano alla luce di raggiungere il suolo. La presenza di una copertura di neve, è importante in quanto i semenzali sono molto delicati e ne potrebbero essere danneggiati se questa è elevata e persiste per troppo tempo. Così anche la presenza di terreno gelato è un limite per la rinnovazione. Oltre a questi, anche la presenza di funghi (Schönenberger et al. 1990) ed insetti deve essere tenuta in considerazione, in quanto sono un fattore di mortalità nei semenzali e nelle piante adulte. Anche l'elevata densità di ungulati (trattata in seguito) che si nutrono delle piantine, preferendo quelle di abete bianco e latifoglie rappresentano un ostacolo per la rinnovazione. Un altro fattore da considerare è la presenza sul luogo di piante portaseme. Questo, gioca un ruolo importante nel caso di piante con seme pesante come possono essere l'abete rosso (*Picea abies*) e bianco (*Abies alba*) poiché, essendo portato negli strobili che hanno un certo peso, questo cadrà al di sotto della pianta per gravità e non avrà la possibilità di essere trasportato lontano. È un fattore di minore importanza invece per piante che hanno un seme leggero come quello del faggio (*Fagus sylvatica*), dell'acero (*Acer pseudoplatanus*) e dell'olmo (*Ulmus minor*) che può essere trasportato dal vento anche a distanze elevate e raggiungere siti lontani o per il sorbo (*Sorbus domestica*) che, nonostante abbia un seme pesante, questo viene mangiato dagli uccelli e poi trasportato lontano. Alcuni fattori influenzanti la rinnovazione sono determinati dalle scelte dell'uomo. Ad esempio in seguito ad un taglio, si può decidere di lasciare a terra i detriti legnosi grossolani, i cosiddetti CWD (coarse woody debris) che sarebbero particolarmente importanti per la rinnovazione naturale dell'abete rosso (Motta et al. 2006, Zielonka 2006) anche se questo effetto è molto dipendente dal livello di decomposizione del legno morto che sarebbe un buon sito dopo molti anni (Mori et al. 2004). La scelta di lasciare tronchi a terra è decisiva anche in quanto questi sono una fonte di protezione per le giovani piantine dal brucamento degli ungulati e dalla neve. Inoltre, un'altra scelta dell'uomo è l'ampiezza dei tagli nella foresta e questa, va a favorire specie bisognose di luce nel caso di tagli ampi e specie che crescono all'ombra nel caso di tagli minori. Inoltre, l'ampiezza dei tagli e l'accortezza con cui questi vengono condotti, influenzano la possibilità di avere erosione del

suolo che è un fattore molto limitante l'affermazione dei semenzali. In seguito al taglio o all'abbattimento/caduta di diverse piante dello stesso sito, c'è un cambiamento nelle condizioni di luce (Poulson e Platt, 1989) e del suolo e nella competizione e questo porta alla possibilità del bosco di rinnovarsi con lo sviluppo, sia di specie già esistenti prima del disturbo, che di specie pioniere, portando a una maggiore complessità strutturale del popolamento e a una maggiore biodiversità. Le aperture facilitano lo stabilirsi di nuovi individui e promuovono la crescita delle piantine già presenti prima del taglio (Fraver et al. 2008). La rinnovazione, è un fattore importante in quanto assicura la costante presenza dell'ecosistema foresta, per cui è di fondamentale importanza capire la sua dinamica e favorirla attraverso giuste decisioni.

2.3.1 Ruolo degli ungulati

La presenza di ungulati gioca un ruolo importante sulla struttura e sulla dinamica della rinnovazione in una foresta. La rinnovazione naturale, è principalmente determinata dalle condizioni di luce che derivano dai trattamenti selvicolturali messi in atto. Inoltre, sono fattori importanti anche la competizione, la disponibilità di nutrienti, il suolo, le condizioni climatiche. La presenza di ungulati porta però ad una modifica nella composizione di un popolamento attraverso il brucamento selettivo delle specie a loro più appetibili. Questo ha un impatto notevole soprattutto se si considera che le popolazioni sono aumentate molto di numero. Questi animali hanno un impatto a lungo termine sulla rinnovazione nelle foreste in quanto, sono in grado di modificare la sopravvivenza e la crescita delle piantine. Il brucamento è selettivo ed ha un'intensità maggiore per quanto riguarda specie come l'abete bianco (*Abies alba*) considerato più appetibile di quello rosso (*Picea abies*) (Heuzé et al., 2005a). Tuttavia durante la stagione invernale le popolazioni di ungulati includono nella loro dieta sia piantine di abete bianco che rosso in quanto, le specie di conifere sono una risorsa importante a fronte della scarsa disponibilità di cibo (Redjadj et al., 2014, Storms et al., 2008). La presenza di ungulati, porta ad una riduzione della diversità all'interno di una comunità di piante. In particolare, se si parla di una foresta mista, gli ungulati andranno a preferire sia i semenzali che le piantine di determinate specie rispetto ad altre, andando ad intaccare soprattutto la rinnovazione di abete bianco e questo porta a una sostituzione di specie in favore dell'abete rosso. Un possibile rimedio nei confronti di questi animali, è la costruzione di recinzioni in modo da proteggere i semenzali e le piccole piantine che stanno crescendo. Questa soluzione ha però un forte limite: l'elevato costo.

2.3.2 L'uomo e lo sfruttamento delle foreste

I boschi sono una risorsa rinnovabile, forniscono beni e servizi in maniera costante, purché il grado di utilizzazione non sia eccessivo. Le foreste sono fonte di frutti, selvaggina, funghi e legname. L'uomo ha da sempre sfruttato le foreste disboscando anche interi soprassuoli, per la necessità di avere nuovi terreni, per la costruzione di città e strade, da utilizzare in agricoltura e per ottenere pascoli per il bestiame, per il legname da destinare all'edilizia, alla produzione di mobili e carta, per ricavare legna da utilizzare come combustibile (dal sito schededigeografia.net). Sin dal XV secolo, l'utilizzo delle foreste, ha subito un aumento sempre più crescente, connesso sia ad un incremento demografico, sia ad un progresso tecnologico; il tasso di disboscamento e di prelievo del legname, è stato maggiore della capacità della foresta di rigenerarsi (Krauchi et al. 2000). Questo ha portato alla perdita di moltissimi ettari di bosco e alla compromissione delle loro numerose funzioni sociali. A partire dalla metà del XX secolo però, l'attenzione delle persone, si è spostata e la priorità è diventata preservare l'ambiente e mantenere le funzioni della foresta. A livello europeo, intorno agli anni '50, il tasso di utilizzazione delle superfici forestali ha subito una riduzione, consentendo così una loro espansione (Bucella 2014). Questo, è visibile in alcuni Paesi, come l'Italia, dove si registra un aumento spontaneo della superficie forestale, a causa soprattutto dell'abbandono delle aree agricole marginali collinari e montane. Tuttavia il problema della deforestazione colpisce ancora molte aree del Pianeta, ma in particolare quelle aree che forniscono legname pregiato e che sono anche le più ricche di biodiversità, come le foreste pluviali e tropicali. Nel degrado delle foreste, oltre all'eccessivo sfruttamento dell'uomo, concorrono anche l'inquinamento e le conseguenze di disastri naturali, o di origine antropica, originati da eventi climatici, incendi e da conflitti (dal sito wwf.it). Data l'importanza delle foreste per il Pianeta, la gestione sostenibile è essenziale per garantire che le richieste della società non compromettano la risorsa. È importante che l'uso delle foreste, venga condotto ad un ritmo tale, che queste possano mantenere la loro vitalità, biodiversità, produttività, capacità di rigenerazione e le loro funzioni ecologiche, economiche e sociali.

2.4 Incidenza del cambiamento climatico sulle foreste

Le specie vegetali si sono adattate all'ambiente in cui vivono e al suo clima e con esso sono variate. Nel caso in cui si tratti di cambiamenti lenti nel tempo, le specie riescono ad adattarsi in seguito a processi che durano molti anni, ma cosa succede se determinati cambiamenti avvengono molto velocemente nel tempo? Questo è ciò che sta avvenendo con il

cambiamento climatico. La temperatura sta aumentando e questo si può notare soprattutto in montagna, dove la vegetazione si sta alzando di altitudine proprio perché nel loro ambiente naturale le specie vegetali non trovano più le condizioni migliori per la loro crescita e riproduzione (Petriccione et al. 2009). Il cambiamento climatico ha portato ad un aumento nel numero e nell'intensità dei disturbi naturali quali, possono essere il vento, gli incendi, le pullulazioni di insetti (Paoletti 2007). Questi cambiamenti così veloci, non permettono alle piante di mettere in atto strategie per adattarsi. Oggi, il cambiamento climatico, rappresenta una problematica a livello mondiale e la responsabilità maggiore ricade sull'uomo. Le attività antropiche infatti, hanno determinato e tuttora stanno determinando un incremento relativo alle emissioni di inquinanti e gas serra in atmosfera. Fra questi gas, il più importante risulta essere il biossido di carbonio (CO_2), il quale è connesso ai processi di combustione riguardanti i combustibili fossili. Rilevante è anche il metano (CH_4), gli alocarburi tra cui i clorofluorocarburi (CFC) e composti azotati come il protossido di azoto (N_2O). Queste sostanze, rilasciate in atmosfera, possono reagire chimicamente tra loro, portando così alla formazione di altri inquinanti definiti inquinanti secondari. Un prodotto di queste reazioni chimiche è rappresentato dall'Ozono (O_3) (Paoletti 2007). La formazione di questo gas, è attribuita ad una serie di interazioni tra due principali tipologie di composti chimici, i quali sono rappresentati dai composti organici volatili (VOC) e ossidi di azoto. I VOC derivano per la maggior parte dalle attività antropiche, ma queste sostanze sono connesse anche alla vegetazione, la quale è responsabile di un rilascio di questi composti, in particolare terpeni e isoprene (Bussotti 2014). L'inquinamento ambientale e atmosferico da parte dell'uomo, ha conseguenze dirette sul cambiamento climatico e questo porta ad avere delle ripercussioni a livello dei diversi ecosistemi tra cui gli ecosistemi forestali. A partire dagli anni '80, l'Unione Europa ha attribuito sempre più importanza al tema ambientale e grazie a misure politiche e sociali, è stato possibile contenere gli effetti negativi delle attività umane sull'ambiente (Bussotti 2014). Ad oggi, l'integrità delle foreste, risulta minacciata da diversi fattori come: cambiamenti relativi ad un aumento delle temperature medie, riduzione delle precipitazioni con conseguente limitazione relativa alla risorsa idrica, aumento riguardante le deposizioni di azoto in corrispondenza del terreno e incremento dei livelli di ozono. Tutti questi fattori, si ripercuotono negativamente sulla struttura e sulla composizione delle superfici forestali, influenzando il ruolo multifunzionale svolto dalle foreste e la loro biodiversità (Paoletti 2007, Romano 1987).

2.4.1 Aumento della temperatura media

Una delle problematiche più importanti connessa al cambiamento climatico, è rappresentata da un aumento della temperatura media. Si stima che, nell'ultimo secolo, la temperatura abbia subito un innalzamento pari a 0,8°C e il suo valore nei prossimi cento anni si considera destinato ad aumentare, raggiungendo una crescita compresa tra 2 e 4°C (Pignatti 2011). Questo, ha delle ripercussioni a livello dei diversi ecosistemi, determinandone una loro modificazione e spostamento verso latitudini sempre più crescenti. Da un punto di vista degli ecosistemi forestali, un innalzamento della temperatura media, connessa ad un aumento della siccità, determina una modificazione delle condizioni ambientali a cui le diverse specie vegetali, si sono adattate nel corso del tempo e questo, può avere delle ripercussioni negative sulla loro capacità di sopravvivenza e adattamento alla nuova situazione ambientale. Il cambiamento climatico determina uno spostamento della vegetazione verso quote più elevate, con conseguente innalzamento del limite del bosco. Questo, determina una modificazione della biodiversità relativa all'ambiente forestale, in particolare viene compromessa la rinnovazione di quelle specie forestali mesofile e microterme adatte a climi freddi tipici delle zone montane e latitudini elevate. Un esempio di queste specie, è rappresentato da conifere come abete rosso (*Picea abies*), abete bianco (*Abies alba*), larice (*Larix decidua*) e alcune specie appartenenti al genere *Pinus* come pino cembro (*Pinus cembra*). L'aumento delle temperature, può favorire la rinnovazione e l'affermarsi, anche a quote più elevate, di specie vegetali tipiche delle zone temperate come pioppo (*Populus*), betulla (*Betula*) e olmo (*Ulmus minor*) (Reich et al. 2022, Petriccione et al. 2009).

3. OBIETTIVI

Come detto in precedenza, gli ecosistemi forestali rivestono un ruolo molto importante a livello globale, grazie alla loro multifunzionalità. I cambiamenti climatici a cui si sta assistendo, portano ad una modificazione delle condizioni ambientali, determinando così una variazione relativa alla biodiversità, legata alle diverse specie forestali e alla loro capacità di adattamento e resistenza, a fattori sia biotici che abiotici, connessi a loro volta agli effetti del cambiamento climatico (Paoletti 2007). Esso, determina una modificazione degli habitat, dove le diverse specie forestali, trovano le condizioni favorevoli per la loro sopravvivenza e rinnovazione. Questo comporta un innalzamento ed una variazione relativa alle diverse fasce fitoclimatiche. L'aumento delle temperature, determina una migrazione delle specie vegetali verso quote più elevate. In particolare la presenza di condizioni termiche favorevoli, può

facilitare l'affermarsi, a livello della fascia subalpina occupata prevalentemente da conifere microterme, di specie caducifoglie, come il faggio (*Fagus sylvatica*). A loro volta, le conifere microterme come abete rosso (*Picea abies*) e abete bianco (*Abies alba*), possono trovare condizioni favorevoli al loro sviluppo, a quote maggiori, sviluppandosi a livello della fascia alpina (Pignatti 2011). Inoltre, i fattori abiotici legati al cambiamento climatico, come aumento della siccità, intensi fenomeni temporaleschi e forti venti, possono creare condizioni di stress a livello dei popolamenti forestali. Come conseguenza si verifica un indebolimento delle aree boschive, rendendo così più vulnerabili le diverse specie forestali, all'attacco da parte di fattori biotici come insetti (Petriccione et al. 2009, Anfodillo 2007). Un esempio è rappresentato dal Bostrico dell'abete rosso (*Ips typographus*). Gli interventi selvicolturali da parte dell'uomo, possono svolgere una funzione di protezione, facilitando anche l'adattamento dei popolamenti forestali, nei confronti delle diverse conseguenze relative al cambiamento climatico.

Proprio per tale motivo, l'obiettivo di questo studio, risulta quello di valutare quale sia la risposta della rinnovazione forestale e dei popolamenti forestali, a pratiche selvicolturali, eseguite con diverse modalità di intervento. Queste operazioni selvicolturali, in particolare, sono state realizzate da diverse imprese boschive, in collaborazione con ERSAF e connessi al lavoro di "utilizzo pluriennale di lotti boschivi in piedi e promozione e valorizzazione della Foresta di Lombardia Val Gerola nei comuni di Rasura e Bema (SO) nel periodo 2012-2020". Gli interventi selvicolturali, sono stati effettuati con diverse tipologie di tagli forestali, in maniera da ridurre l'impatto dei fattori biotici e abiotici, legati al cambiamento climatico, sulle diverse aree boschive.

I dati raccolti in campo e i successivi risultati ottenuti con questo studio, potranno essere utili in una previsione futura, in quanto avranno l'opportunità di fornire delle informazioni riguardanti l'evoluzione, in funzione del cambiamento climatico, delle aree boschive, connessa ad una pratica di rinnovazione naturale, da parte delle diverse specie forestali, in modo da determinare la gestione forestale migliore, in maniera da adottare pratiche selvicolturali, che consentano di ottenere dei popolamenti forestali maggiormente resistenti.

4. MATERIALI E METODI

4.1 Descrizione dell'area di studio – la Foresta Regionale Val Gerola



La Foresta Regionale Val Gerola, insieme alla Foresta Val Masino e alla Foresta Val Lesina, rappresentano le tre Foreste di Lombardia che, si sviluppano sul territorio appartenente alla provincia di Sondrio e controllate dalla Comunità montana della Valtellina di Morbegno. L'area soggetta ai rilievi, è collocata all'interno della Foresta Regionale Val Gerola, appartenente alle Alpi Orobie e situata nel Parco Regionale delle Orobie Valtellinesi. Geograficamente essa, confina a ovest con la Valle di Albaredo, mentre ad est confina con la Val Lesina. L'unione di queste tre valli, porta alla formazione delle "Valli del Bitto", dove il latte prodotto nei diversi alpeggi dislocati in questo territorio, viene destinato alla produzione del formaggio Bitto DOP (Portovenere 2012). La Val Gerola, presenta una estensione pari a 580 ha ed essa, risulta essere costituita da due complessi principali, oltre che da diverse valli laterali come la Val Bomino, Valle della Pietra, Val Vedrano, Val del Pai e Valle di Pescegallo, dove è collocata la stazione sciistica della valle (Portovenere 2012, "16. Val Gerola": ERSAF). I due complessi principali della Val Gerola, sono rappresentati dal Complesso del Dosso Cavallo, situato a livello della Val Bomino, appartenente al territorio del comune di Bema, in provincia di Sondrio. La Foresta del Dosso Cavallo, presenta una estensione pari a 269 ha e si sviluppa fino ad un'altitudine di 2.064 m, quota relativa al Pizzo Dosso Cavallo. Il secondo complesso che costituisce la Val Gerola, è rappresentato dalla Foresta Demaniale dell'Alpe Culino, situata sul versante occidentale della Val Gerola. Essa comprende l'area dell'omonimo alpeggio, gestito da ERSAF e impiegato per la produzione di Bitto DOP. Questa Foresta, si estende nel territorio appartenente al comune di Rasura in provincia di Sondrio e si sviluppa su una superficie pari a 311 ha, raggiungendo la quota massima di 2.357 m relativi al Monte Rosetta. Proprio quest'area, è stata oggetto dei rilievi finalizzati alla raccolta di dati relativi alla rinnovazione delle diverse specie forestali, in seguito all'attuazione di diversi interventi selvicolturali eseguiti sul territorio (Corgatelli 2012). Quest'è area risulta raggiungibile dal comune di Morbegno, percorrendo la Strada Provinciale 7 della Val Gerola, fino al comune di Rasura, per poi proseguire lungo la pista agro-silvo-pastorale, arrivando così all'agriturismo "Bar Bianco" in località Alpe Culino.

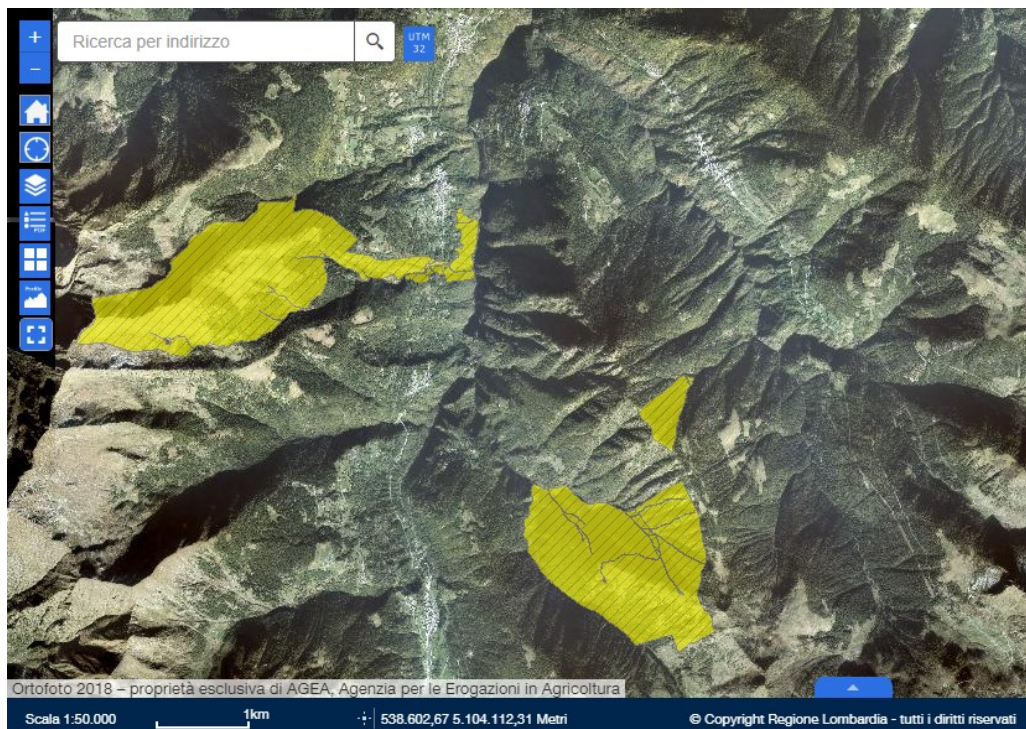


Figura 1 – Ortofoto area Foresta Regionale Val Gerola in scala 1:50.000. In alto la Foresta dell’Alpe Culino, in basso la Foresta di Dosso Cavallo – Geoportale Regione Lombardia: <https://www.cartografia.servizirl.it>

4.1.1 Caratteristiche climatiche

Da un punto di vista climatico, la Foresta Regionale Val Gerola, risulta essere caratterizzata da un clima di tipo continentale-umido, il quale presenta una stagione estiva, con una durata generalmente di quattro mesi, da giugno a settembre, in cui vengono raggiunti i valori più elevati sia in termini di temperatura, sia in termini di precipitazioni. Durante la stagione invernale, si raggiungono basse temperature, spesso inferiori a 0°C e si registrano anche minimi valori in termini di precipitazioni. La vicinanza al territorio lariano del Lago di Como e la variabilità in termini altitudinali e relativi all’esposizione di quest’area, influenzano i vari aspetti climatici riguardanti il territorio delle Alpi Orobie Valtellinesi (La Ragione et al. 2010). In particolare l’area oggetto di studio, è caratterizzata da una piovosità significativa nel corso dell’anno, i valori minimi di precipitazione, registrati durante il mese di febbraio, non scendono al di sotto dei 70 mm. Durante la stagione invernale spesso le precipitazioni risultano di carattere solido (neve), in funzione dell’altitudine, mentre la diversa esposizione dei versanti, può influenzare la persistenza del manto nevoso sulla superficie del terreno. Questo aspetto può avere delle ripercussioni sullo sviluppo della vegetazione. Durante il periodo estivo, i dati relativi alle precipitazioni, risultano maggiori rispetto alla stagione

invernale, con valori superiori ai 180 mm e il mese di giugno risulta essere il più piovoso, esso è caratterizzato da un picco di precipitazione pari a 209 mm.

Il valore relativo alla precipitazione media annua, risulta essere pari a 1849 mm. Da un punto di vista dell'andamento riguardante la temperatura, essa presenta una tendenza crescente, raggiungendo il valore massimo nel mese di luglio (19.5 °C). Questo mese, presenta anche la temperatura media più alta corrispondente a 15.3 °C. Durante i mesi invernali, da dicembre a febbraio, la temperatura media risulta essere al di sotto di 0°C. A gennaio si registra la temperatura media più bassa pari a -4.2 °C. La temperatura minima rilevata in questo mese risulta di -8.2°C. La temperatura media annua corrisponde a 5.8°C.

	Gennaio	Febbraio	Marzo	Aprile	Maggio	Giugno	Luglio	Agosto	Settembre	Ottobre	Novembre	Dicembre
Medie Temperatura (°C)	-4.2	-2.8	1.1	4.7	9.2	13.6	15.3	14.9	11.3	7.2	1.9	-2.5
Temperatura minima (°C)	-8.2	-6.9	-3	0.2	4.2	8.4	10.1	10.2	7	3.4	-1.5	-8.1
Temperatura massima (°C)	-0	1.2	4.9	8.5	13.4	17.9	19.5	19	15.3	11	5.2	1.1
Precipitazioni (mm)	72	70	93	164	197	209	191	206	188	189	187	83
Umidità(%)	69%	68%	69%	73%	74%	73%	73%	76%	77%	81%	77%	70%
Giorni di pioggia (g.)	6	6	7	12	14	13	13	13	10	9	9	6
Ore di sole (ore)	6.0	6.6	7.4	7.7	9.2	10.7	10.8	9.3	7.2	5.2	5.1	5.6

Figura 2 – Dati climatici Gerola Alta – Climate-Data.org: <https://it.climate-data.org/europa/italia/lombardia/gerola-alta>

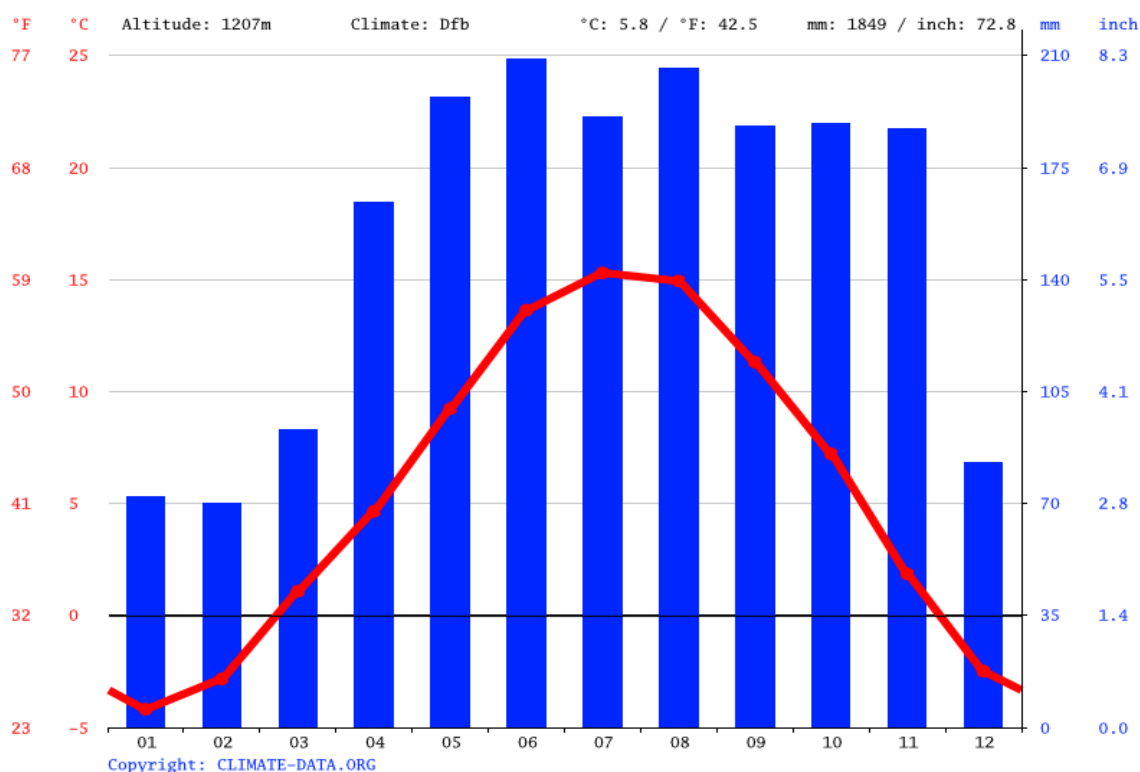


Figura 3 – Grafico clima Gerola Alta – Climate-Data.org: <https://it.climate-data.org/europa/italia/lombardia/gerola-alta>

4.1.2 Caratteristiche geomorfologiche

Da un punto di vista geomorfologico, la catena montuosa delle Alpi Orobie, presenta caratteristiche attribuibili principalmente all'azione modellante da parte delle formazioni glaciali e dall'azione di scavo svolta dall'acqua. Questo processo morfologico che, nel corso del tempo ha portato ad un modellamento del territorio, con formazione delle diverse valli, ha avuto inizio milioni di anni fa con il fenomeno dell'Orogenesi Alpina. Le caratteristiche geologiche delle Alpi Orobie Valtellinesi, di cui fa parte la Foresta Regionale Val Gerola, fanno riferimento alla presenza di formazioni rocciose di tipo metamorfico, le quali risultano presenti in forma di micascisti, filladi, quarziti e gneiss. In particolare, queste rocce costituiscono il basamento cristallino, il quale risulta essere tipico del territorio valtellinese. Inoltre, alle quote più elevate, si ha la presenza di materiale sedimentario in particolare rocce arenarie e conglomerati derivanti da depositi di tipo glaciale e fluviale (La Ragione et al. 2010, Corgatelli 2012). Nella figura 4, è rappresentata la carta geologica in cui, vengono riportate le caratteristiche geologiche dell'area di studio. In particolare quest'area, viene descritta geologicamente come "Ortogneiss" e "Gneiss chiari" che, fanno riferimento alla presenza di rocce metamorfiche, le quali derivano da rocce di tipo magmatico come i graniti. Da un punto di vista pedologico, il territorio della Foresta Regionale Val Gerola, presenta delle caratteristiche differenti a seconda dell'area considerata. Alle quote più elevate, oltre il limite della vegetazione, si hanno suoli che corrispondono ai Leptosols e Regosols. Si tratta di suoli con bassa profondità e maggiormente soggetti a fenomeni erosivi. Spostandosi verso le quote relative ai pascoli alpini, i suoli presentano una variazione riguardante il loro profilo, in particolare si ha la presenza di Podzols, i quali sono caratterizzati da una forte acidità e scarsa fertilità. In presenza di vegetazione, in particolare conifere, si hanno suoli di tipo Cambisols podzolici (Depoli 2012). Infatti, come mostrato nella figura 5, la carta pedologica indica come l'area oggetto di studio, appartenga a questa categoria di suoli. Essi presentano una buona profondità, una tessitura di tipo Franco-sabbiosa e granulometria Scheletrico-Franca. Il pH di questi suoli risulta essere acido con valori di pH intorno a 5.1. Questi suoli possono essere soggetti a fenomeni erosivi, specialmente dove le pendenze risultano più accentuate. Nei boschi di latifoglie, invece prevale la presenza di suoli di tipo Cambisols e Umbrisols. Questi suoli, presentano abbondante sostanza organica specialmente negli strati più superficiali, ed essi sono caratterizzati da un pH di tipo acido. Inoltre, mostrano una tessitura Franco sabbiosa e una granulometria Franca grossolana.

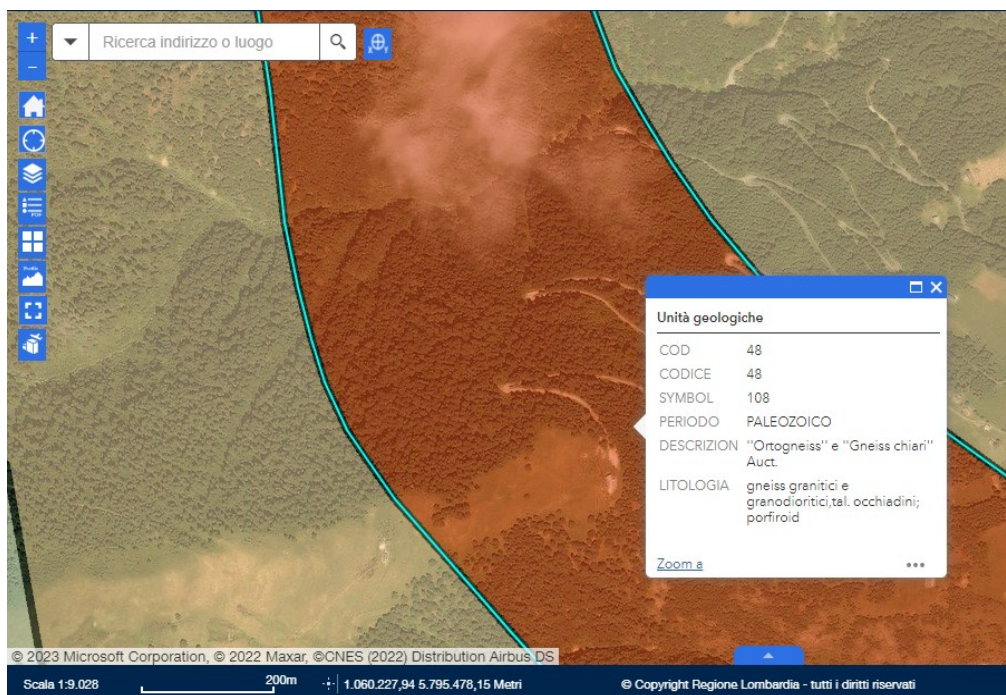


Figura 4 – Carta geologica in scala 1:9.028 – Geoportale Regione Lombardia:
<https://www.cartografia.servizirl.it/>

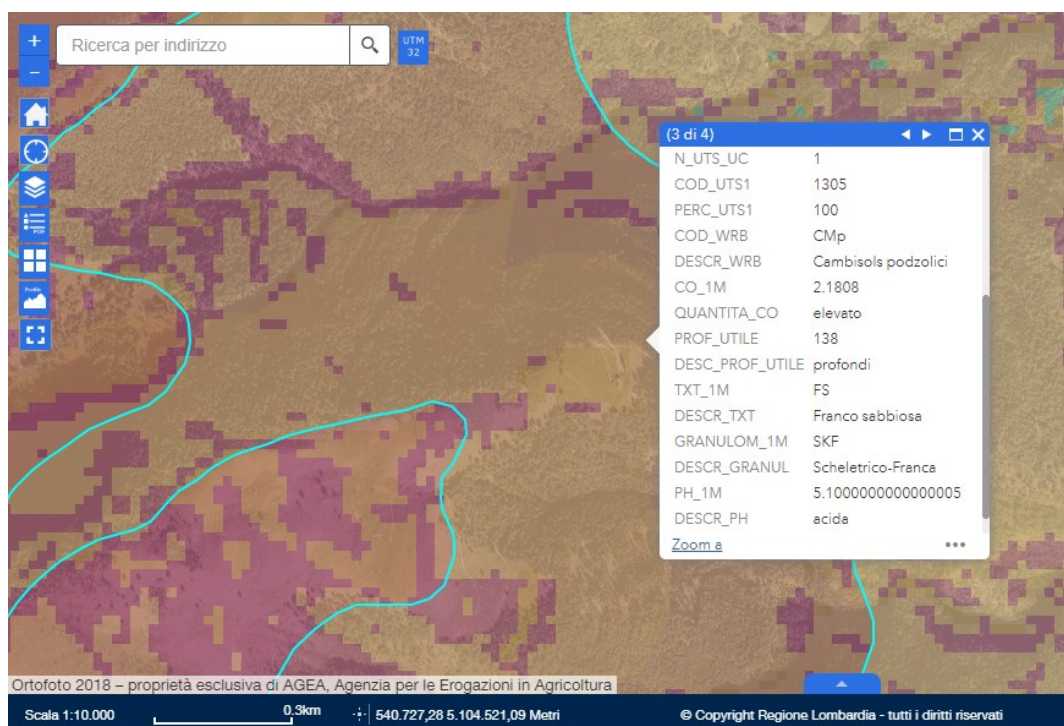


Figura 5 – Carta pedologica in Basi informative dei suoli in scala 1:10.000 – Geoportale Regione Lombardia: <https://www.cartografia.servizirl.it/>

4.1.3 Aspetti forestali e faunistici

Dal punto di vista della vegetazione forestale, la Foresta Regionale Val Gerola, presenta una differente copertura relativa alla vegetazione in funzione della fascia altimetrica, che viene presa in considerazione. In particolare, partendo da quote più basse, tipiche del fondovalle, si ha la presenza di diverse specie di latifoglie, come betulle (*Betula*), ma anche Aceri-frassineti e Aceri-tiglieti. Rilevante risulta essere anche la presenza di castagneti (*Castanea sativa*), utilizzati sin dal passato dall'uomo per ricavare diversi prodotti, in particolare i frutti ("16. Val Gerola: ERSAF"). Salendo verso quote più elevate, fino ai 1500 metri, la vegetazione risulta essere tipica della pecceta montana con presenza di diverse specie di conifere, come abete rosso (*Picea abies*) e abete bianco (*Abies alba*) e latifoglie, tra cui il faggio (*Fagus sylvatica*), frassino (*Fraxinus*) e sorbo degli uccellatori (*Sorbus aucuparia*). A quote maggiori, oltre i 1500 metri, si trova la pecceta subalpina, la quale risulta essere caratterizzata dalla presenza di conifere, come l'abete rosso. Questa specie, spostandosi ad altezze corrispondenti al limite del bosco, viene gradualmente sostituita da un'altra specie di conifere, rappresentata dal larice (*Larix decidua*), il quale porta alla formazione di lariceti che si estendono lungo il territorio dell'Alpe Culino, posizionato ad una quota superiore ai 2000 metri. A livello della pecceta subalpina, caratteristica del sottobosco, risulta essere la presenza di specie arbustive, come rododendro (*Rhododendron*) e mirtillo nero (*Vaccinium myrtillus*) (Corgatelli 2012, "Il territorio: Ecomuseovalgerola", Portovenere 2012). Come riportato nella figura 6 e nella figura 7, in cui viene rappresentata la carta forestale (perimetro del bosco), l'area di studio, si trova compresa nella classificazione relativa ad "abieteti dei substrati silicatici tipico e pecceta montana dei substrati silicatici dei suoli mesici". Inoltre, secondo la carta d'uso del suolo (DUSAF), figura 8, quest'area viene catalogata come "boschi di conifere a densità media e alta".

Per quanto riguarda la componente faunistica, all'interno della Foresta Regionale Val Gerola, i boschi di conifere e latifoglie ospitano diverse specie animali. In particolare, si ha la presenza di rapaci sia diurni, come la poiana comune (*Buteo buteo*), sia notturni, come il gufo reale (*Bubo bubo*) e diverse specie appartenenti alla famiglia degli Strigidi come la civetta nana (*Glaucidium passerinum*) e la civetta capogrosso (*Aegolius funereus*). Tra i volatili si considera anche la presenza di uccelli della famiglia dei Picidae, come il picchio rosso maggiore (*Picoides major*) e il picchio nero (*Dryocopus martius*) ("Il territorio: Ecomuseovalgerola"). Diverse specie di ungulati sono presenti in questo territorio tra cui il camoscio (*Rupicapra rupicapra*) e il capriolo (*Capreolus capreolus*). Tra i roditori si hanno

alcune specie appartenenti alla famiglia degli Sciuridi, tra cui lo scoiattolo rosso (*Sciurus vulgaris*) e grigio (*Sciurus carolinensis*). Tra i tetraonidi, si ha il gallo cedrone (*Tetrao urogallus*), il quale vive soprattutto nei boschi di conifere con abbondante presenza di arbusti, che costituiscono il sottobosco. Inoltre, la Foresta Regionale Val Gerola, fa parte della Rete Natura 2000, in quanto questo territorio rientra nelle Zone di Protezione Speciale (ZPS) e Siti di Interesse Comunitario (SIC), relativi alla tutela degli habitat e dell'avifauna (Corgatelli 2012, Portovenere 2012, “16. Val Gerola”: ERSAF). Per questo motivo, alcuni interventi selvicolturali eseguiti a livello della Foresta, come le pratiche di taglio eseguite a livello della macroparticella 33 VG, denominata “Bar Bianco”, sono stati attuati in modo da lasciare alcuni alberi in maniera tale da favorire la nidificazione di alcuni rapaci come la civetta.

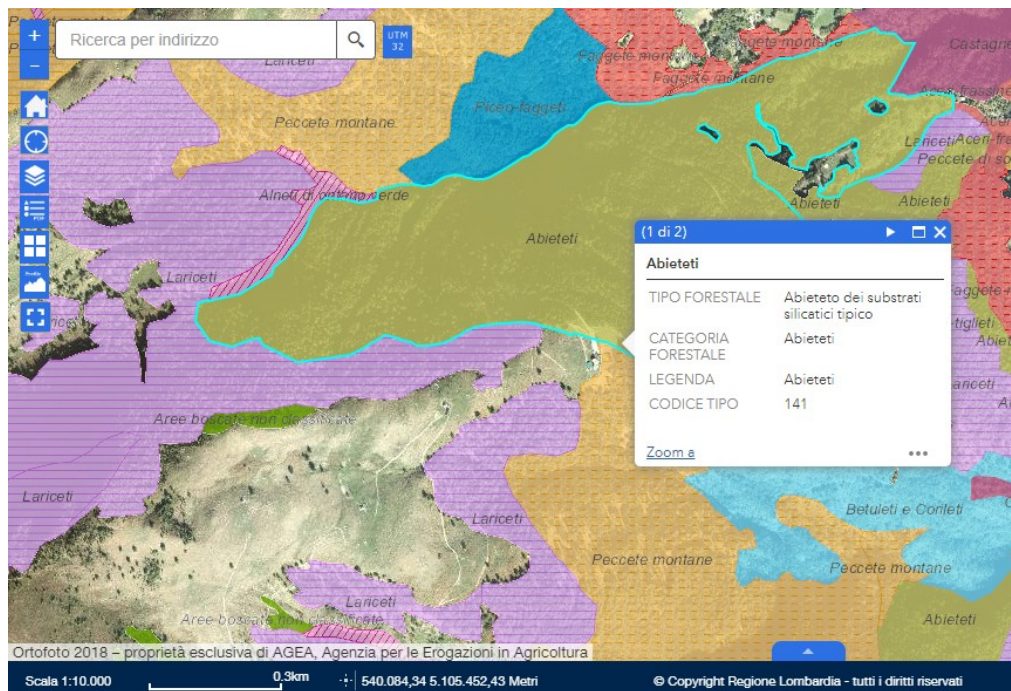


Figura 6 – Carta forestale (perimetro del bosco in scala 1:10.000 – Geoportale Regione Lombardia: <https://www.cartografia.servizirl.it/>

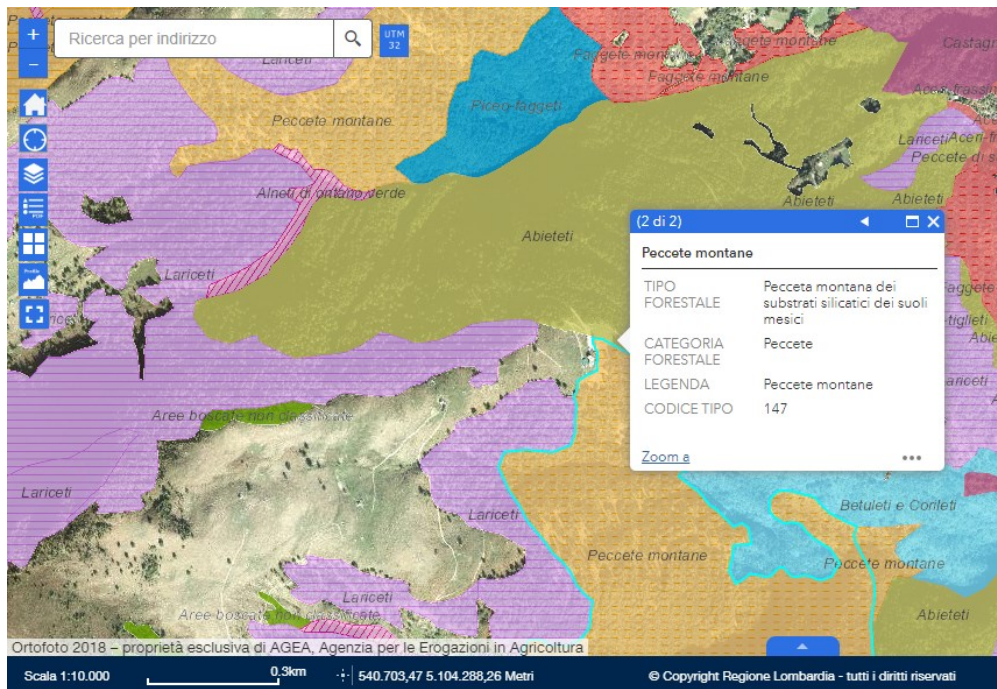


Figura 7 – Carta forestale (perimetro del bosco) in scala 1:10.000 – Geoportale Regione Lombardia: <https://www.cartografia.servizirl.it/>



Figura 8 – Carta d’uso del suolo (DUSAF) in scala 1:10.000 – Geoportale Regione Lombardia: <https://www.cartografia.servizirl.it/>

4.2 Descrizione macroparticelle di taglio

Lo studio è stato condotto in aree tagliate in diversi anni. Questo è stato fatto così da potere vedere come rispondeva la foresta al taglio con il passare degli anni. In particolare ci si aspetta che nei primi anni subito dopo il disturbo grazie alla liberazione dello spazio, della luce e con una maggiore disponibilità di nutrienti e acqua, ci sia un elevato numero di semenzali che possono crescere, mentre con il passare degli anni ci si aspetta che il numero dei semenzali sia minore perché molti moriranno per via della competizione con altri semenzali e con lo strato erbaceo e arbustivo che ricopre il suolo, mentre aumenterà sempre più il numero della rinnovazione affermata (prima minore), delle piantine che riescono a crescere in altezza poiché sono riuscite a vincere la competizione con gli altri componenti dell'ambiente.

Lo studio è stato svolto in collaborazione con ERSAF Lombardia (ente regionale per i servizi all'agricoltura e alle foreste). Il rilievo dei dati è stato condotto all'interno delle aree appartenenti ad ERSAF, con lo scopo di vedere se le modalità adottate durante e dopo i tagli fossero state favorevoli allo sviluppo delle nuove piantine, così da capire se il bosco è in grado di rinnovarsi. Prima di rilevare i dati è stata svolta una visita in campo con la dottoressa forestale Monica Guglini che ci ha condotto sul luogo dove sono avvenuti i tagli e ci ha descritto il bosco e le modalità con cui sono stati effettuati gli interventi selvicolturali. In questa prima visita sono stati definiti i primi dati da ricercare e gli obiettivi dello studio.

4.2.1 Macroparticelle 31 VG e 36 VG

L'area soggetta ai rilievi è situata in località Alpe Culino nella foresta regionale Val Gerola, collocata nel comune di Rasura in provincia di Sondrio. Essa è stata interessata da diversi tagli forestali, i quali sono stati eseguiti da diverse imprese boschive nel corso degli anni. In particolare questi tagli sono stati effettuati negli anni 2012-2013, 2016, 2018, 2020; portando così alla costituzione di diverse tagliate.

I lavori di taglio delle annate 2012-2013, eseguiti nel lotto "Cima Rosetta-Valgerola", sono stati affidati alla ditta "La Teleferica" di Cucchi Gianluca. Le piante sono state contrassegnate seguendo un criterio culturale di taglio selettivo, fitosanitario e di sgombero, avevano diametro a petto d'uomo maggiore di cm 17,5 e ricadevano nella particella n°31 VG e 36 VG. Le piante abbattute sono state 298 di cui 172 di abete rosso, 114 di larice e 13 di abete bianco. La massa tariffaria, secondo le tariffe del Piano di assestamento, ammontava a mc.433,04; il volume netto del legname sano e mercantile era di mc 319 circa. Le piante

sono state esboscate seguendo due linee di esbosco. Oltre a queste sono state tagliate anche piante ostacolanti il tracciato delle linee. Sono state per cui contrassegnate ulteriori 45 piante di cui 20 di abete rosso, 23 di abete bianco e 2 di larice per una massa tariffaria di 67,95 mc e un volume netto del legname sano e mercantile di circa 50 mc.

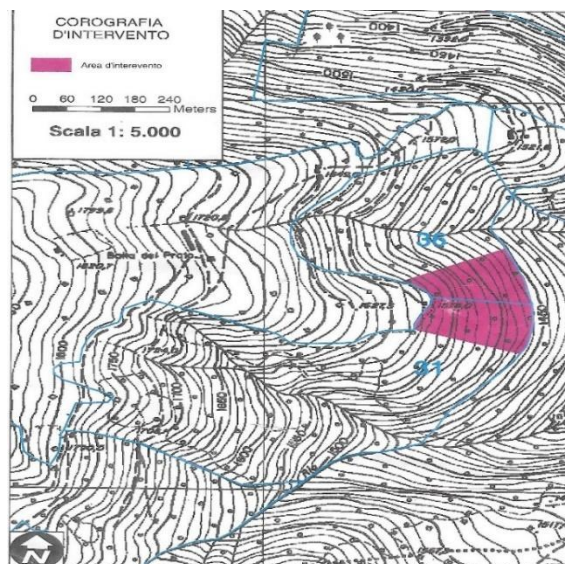


Figura 9 – Carta tecnica regionale area di taglio 2012-2013 in scala 1:5.000 – Fonte ERSAF

4.2.2 Macroparticella 33 VG

I lavori di taglio dell'annata 2016, condotti nel lotto "Bar Bianco", sono stati affidati alla ditta "Aigula srl" di Sansi Emanuele. La stazione era rappresentata da lariceto tipico, abieteti dei substrati silicatici tipici, abieteti dei substrati silicatici con faggio e con la presenza di qualche abete rosso. Le piante, radicate sulla particella 33 VG, sono state contrassegnate seguendo due linee di esbosco con criterio culturale di taglio selettivo, fitosanitario e di sgombero. Le piante abbattute avevano diametro a petto d'uomo maggiore di cm 17,5 e sono state 453 di cui 51 di abete rosso, 96 di larice e 306 di abete bianco. La massa tariffaria, secondo le tariffe del Piano di assestamento-Tariffe di cubatura della regione Trentino Alto Adige VI, è stata di mc. 802,64; il volume netto del legname sano e mercantile è stato di mc 597 circa. Oltre a queste sono state abbattute ulteriori piante ostacolanti il tracciato delle linee di esbosco pari a 86 di cui 11 di abete rosso, 26 di abete bianco e 49 di larice. La massa tariffaria ammontava a 123,57 mc e il volume netto del legname era di circa mc 90. In tutte le particelle il piano ha previsto un intervento basato sulla selvicoltura naturalistica perseguendo l'obiettivo di mantenere una buona mescolanza specifica ed una struttura

disetanea a gruppi o ove possibile per piede d'albero. La martellata è stata eseguita con metodi selvicolturali prudenziali seguendo i dettami della moderna selvicoltura naturalistica e le indicazioni contenute nei tipi forestali della regione Lombardia, cercando al contempo di non disperdere troppo il legname in maniera tale da minimizzare la rete delle linee di esbosco.

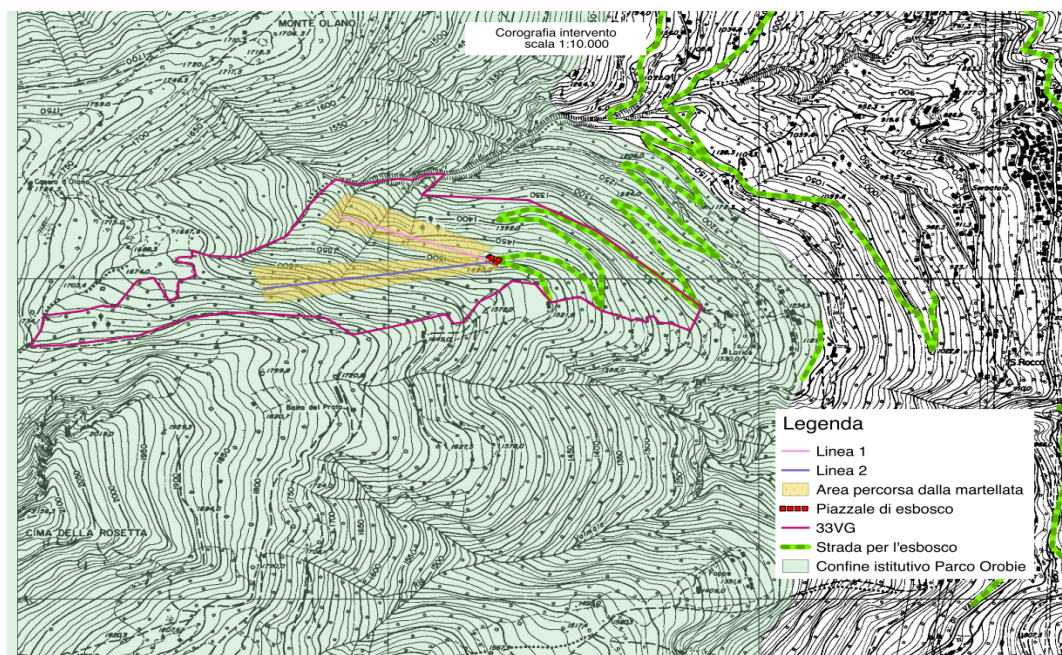


Figura 10 – Carta tecnica regionale area di taglio 2016 in scala 1:10.000 – Fonte ERSAF

I lavori di taglio dell'annata 2018, eseguiti nel secondo lotto "Bar Bianco" nella particella 33 VG, sono stati affidati alla ditta "Aigula srl" di Sansi Emanuele. Le tipologie della stazione erano rappresentate da pecceta altimontana e subalpina dei substrati silicatici dei suoli mesici alle quote superiori mentre pecceta montana dei substrati silicatici dei suoli mesici più a valle. Si è riscontrata in foresta la presenza di una componente a larice, soprattutto alle quote maggiori, ben rappresentata. Le piante sono state contrassegnate seguendo una linea di esbosco con criterio culturale di taglio saltuario a gruppi (di sgombero e marginale) e/o per pedali, taglio culturale a finalità faunistica, fitosanitario cui si aggiungerà un taglio culturale di diradamento. È stato necessario l'abbattimento di 50 mc lordi circa, al fine di creare i necessari varchi per il concentramento e l'esbosco tramite teleferica del legname contrassegnato. La martellata è stata eseguita con metodi selvicolturali prudenziali, cercando di non disperdere troppo il legname in maniera tale da minimizzare la rete delle linee di esbosco. Le piante abbattute avevano diametro a petto d'uomo maggiore di cm 17,5. Sono state contrassegnate 159 piante di cui 71 di abete rosso,

59 di abete bianco, 26 di larice e una di faggio. La massa tariffaria, secondo le tariffe del Piano di assestamento -Tariffe di cubatura della regione Trentino Alto Adige VI, ammonta a mc. lordi 240,86 più 0,21 mc lordi di legna di faggio per un totale di 241,07 mc lordi cui vanno aggiunti 75 mc lordi già contrassegnati in precedenza a cura di ERSAF; il volume netto del legname sano e mercantile è stimato in circa mc 167,21.

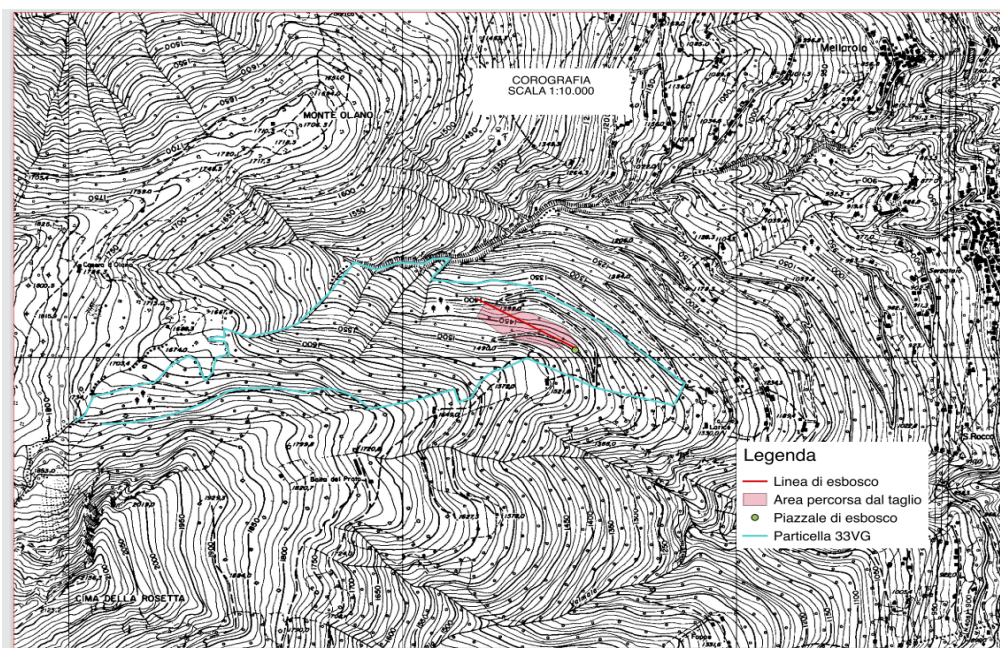


Figura 11 – Carta tecnica regionale area di taglio 2018 in scala 1:10.000 – Fonte ERSAF

4.2.3 Macroparticella 34 VG

I tagli dell'annata 2020 sono stati condotti nel lotto "Corte del papa, Bar bianco, Larice" ad opera della ditta "Lucio Bertolini" di Lucio Bertolini. Le piante sono state contrassegnate nei pressi di una linea di esbosco principale e su tre linee secondarie dette "spazzabosco" con criterio culturale di taglio a scelta, a buche selettivo e fitosanitario con criterio selvicolturale. Le piante abbattute, collocate sulla particella 34 VG, con diametro a petto d'uomo maggiore di cm 17,5 sono state 236 di cui 142 di abete rosso, 86 di abete bianco e 8 di larice. La massa tariffaria corrispondeva a mc. 304,96; il volume netto del legname sano e mercantile è stato di circa mc 251. Oltre a queste sono state abbattute altre 66 piante di cui 22 di abete rosso, 35 di abete bianco e 9 di larice. La massa tariffaria, secondo le tariffe del PAFS, ammontava a mc.87,61; il volume netto del legname sano e mercantile è stato di mc 65 circa.

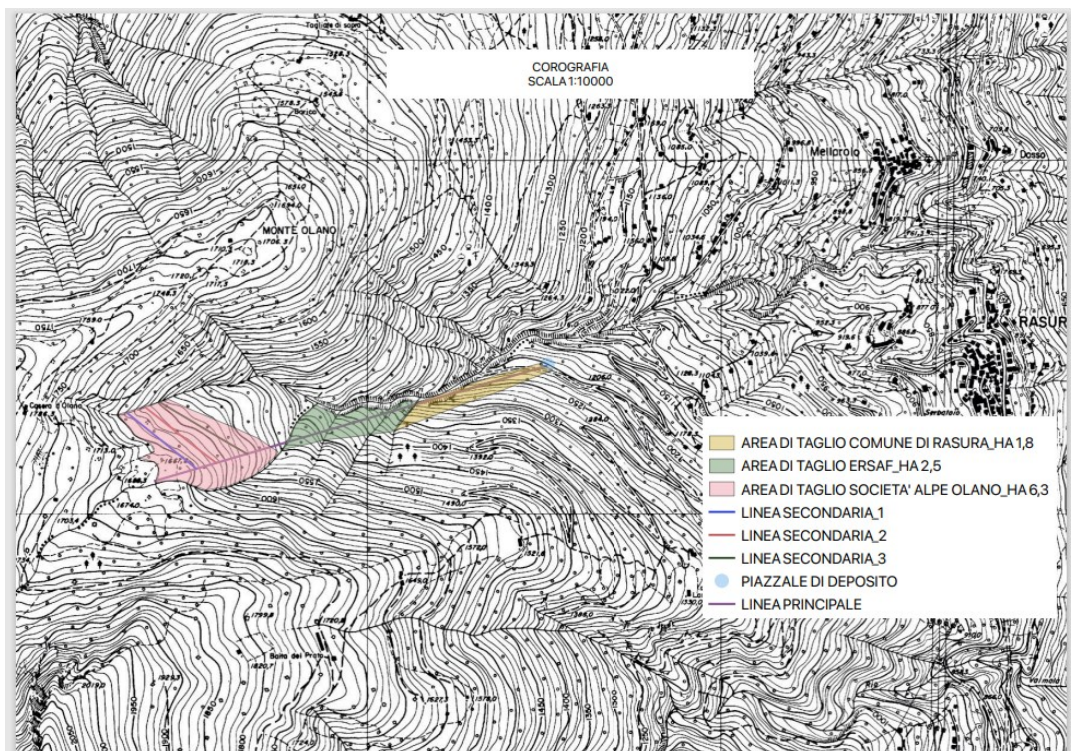


Figura 12 – Carta tecnica regionale area di taglio 2020 in scala 1:10.000 – Fonte ERSAF

4.3 Esecuzione dei rilievi in campo

I rilievi eseguiti in queste aree hanno avuto come obiettivo quello di stimare la rinnovazione sviluppatasi successivamente all'abbattimento degli alberi, così da avere informazioni riguardanti le potenzialità di crescita boschiva, sia in termini di numero di alberi, sia in termini di specie. I rilievi effettuati hanno seguito uno schema ben preciso, il quale è stato replicato per ogni singola tagliata. In particolare si è proceduto decidendo il numero di aree di saggio da effettuare all'interno di ciascuna tagliata; in particolare valutando la grandezza di queste ultime è stato scelto di fare 8 aree in cui effettuare il rilievo dei dati. Queste hanno una forma circolare con diametro pari a 24 metri (raggio 12 metri) ed esse sono state posizionate all'interno della tagliata seguendo un criterio geometrico, in maniera tale da creare un disegno geometrico ben preciso e per ricoprire in maniera più omogenea possibile l'intera tagliata. La determinazione dei centri e relative dimensioni di ciascuna area di saggio, è stata possibile attraverso l'utilizzo di apposita strumentazione: in particolare è stato utilizzato un distanziometro ad ultrasuoni (Vertex), il quale è stato impiegato anche per la verifica della distanza tra un centro e l'altro, pari a 25 metri. Per quanto riguarda la distribuzione delle aree di saggio nella tagliata, è stata utilizzata una bussola, la quale ha permesso di avere una direzione di riferimento nel posizionamento dei singoli centri relativi

a ciascuna area. Il centro di ciascuna area è stato contrassegnato attraverso l'utilizzo di spray e nastro bianco/rosso, in maniera tale da facilitare il suo riconoscimento. Una volta identificato il centro dell'area di saggio, si è proceduto a misurare la dimensione circolare (diametro 24 metri) attraverso l'utilizzo del distanziometro ad ultrasuoni e successivamente, sempre attraverso l'utilizzo di questo strumento, si è proceduto all'identificazione di quattro aree di campionamento, all'interno di ogni area di saggio, nelle quali è stato misurato il numero e specie di tutti i semenzali (altezza 0-20 cm), della rinnovazione affermata (altezza 20-130 cm) e della prerinnovazione (diametro a 130 cm compreso tra 0 e 5 cm). Inoltre, in queste aree è stato stimato visivamente il tipo di copertura del suolo, il quale è stato suddiviso, secondo termini percentuali, in suolo nudo, erbe, legno morto, lettiera (aghi o foglie), rocce, arbusti (es. rododendro o mirtillo) e muschio. Queste aree di campionamento per la rinnovazione hanno sezione circolare, con diametro pari a 6 metri (raggio 3 metri) e sono posizionate lungo le quattro direzioni ortogonali, (monte, valle, destra, sinistra), ed esse presentano una distanza pari a 5 metri dal centro dell'area di saggio. In corrispondenza del centro di ciascuna area di saggio, si è poi proceduto a rilevare la pendenza e le coordinate geografiche, entrambi questi parametri sono stati ottenuti attraverso l'utilizzo di specifiche applicazioni installate su smartphone. Sempre attraverso l'utilizzo di questo strumento, sono state scattate tre foto verso il cielo, una in corrispondenza del centro dell'area di saggio e due a tre metri di distanza verso monte e verso valle, rispetto al centro dell'area. Queste immagini sono state scattate con cellulare posizionato sul terreno e con lo zoom più basso possibile, esse vengono utilizzate per stimare il grado di copertura delle chiome. Per fare questo è stata attribuita una percentuale di copertura a ciascuna delle tre foto scattate per area di saggio in relazione allo schermo del cellulare che risultava coperto dalla chioma e in seguito è stata calcolata la media delle tre coperture. Infine, all'interno di ciascuna area di saggio, sono stati rilevati specie e diametro ad altezza petto d'uomo (130 cm da terra) di tutti gli alberi vivi, con diametro maggiore di 5 cm, questa operazione di misurazione dei diametri è stata eseguita attraverso l'utilizzo di un cavalletto dendrometrico (Figura 13). Inoltre, in alcune aree di saggio, sono state determinate anche le altezze di alcuni alberi in piedi; questo è stato possibile attraverso l'utilizzo del distanziometro ad ultrasuoni (Vertex) (Figura 13). I rilievi hanno interessato anche il bosco non tagliato posto in vicinanza di ciascuna tagliata, dove sono state rilevate quattro aree di saggio, le quali sono state poste ad una distanza di "sicurezza" dal margine della tagliata (20 metri). I rilievi effettuati in queste aree, hanno seguito il medesimo schema sopra spiegato.

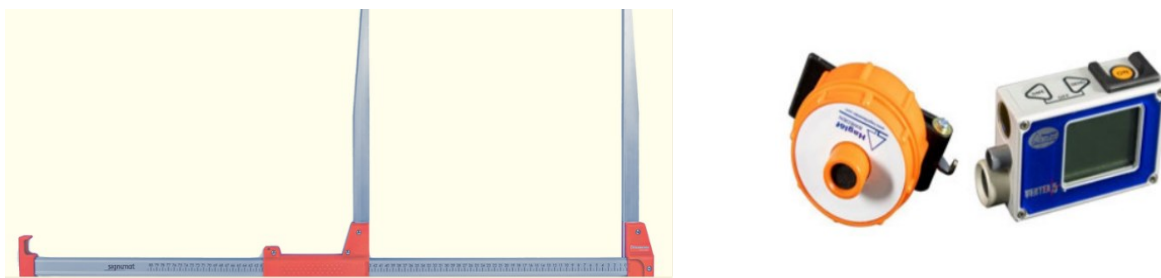


Figura 13 – Strumenti di misurazione. A sinistra il cavalletto dendrometrico, a destra il distanziometro ad ultrasuoni (Vertex)

4.4 Elaborazione dei dati

Una volta raccolti, i dati sono stati riordinati in una tabella utilizzando Microsoft Excel. Sono stati organizzati in 3 fogli di lavoro, nel primo foglio sono stati riportati i dati relativi alle aree di saggio (l'anno in cui sono stati effettuati i tagli, le coordinate dei centri, la pendenza e la copertura delle chiome), nel secondo foglio sono stati riportati i dati relativi alla rinnovazione (copertura del suolo, numero e specie dei semenzali, della rinnovazione affermata e della pre-rinnovazione) mentre il terzo foglio riporta i dati raccolti sugli alberi in piedi (specie e diametro). Questi sono stati poi elaborati. In particolare, sono stati messi in relazione i dati relativi ai semenzali delle diverse specie con le caratteristiche dell'area di saggio in cui gli stessi dati sono stati raccolti: con la percentuale di copertura del suolo, con la percentuale di copertura delle chiome, con la pendenza, con il tempo trascorso da quando sono stati effettuati i tagli e per ognuno di questi sono stati creati poi dei grafici a dispersione. Tutte queste relazioni sono state poi rifatte considerando il numero dei semenzali totale senza la suddivisione nelle diverse specie e facendo i relativi grafici. Sono stati poi considerati i dati relativi alla rinnovazione affermata prima suddividendola nelle diverse specie e poi considerando il numero totale e messa in relazione anche questa volta con la percentuale di copertura del suolo, la percentuale di copertura delle chiome, la pendenza e il tempo trascorso da quando sono stati fatti i diversi tagli. Sono stati poi messi in relazione i dati relativi al numero di semenzali e quelli della rinnovazione affermata suddivisi nelle diverse tagliate e per specie con la realizzazione di grafici ad istogramma. Questo è stato poi fatto anche per il bosco non tagliato. È stata poi fatta la relazione tra numero totale dei semenzali e della rinnovazione affermata suddivisi nelle diverse tagliate con i relativi grafici ad istogramma. È stata poi calcolata l'altezza media ponderata per le diverse specie nel tempo con la realizzazione di grafici ad istogramma. È stato trovato il numero di piante ad ettaro nei diversi anni di esecuzione dei tagli e poi realizzato un grafico per vedere l'andamento

delle piante ad ettaro nel tempo sia nelle tagliate che nel bosco non tagliato. È stata calcolata l'area basimetrica media nelle diverse annate e poi realizzato un grafico ad istogramma che mostra il suo andamento nel tempo sia nelle tagliate che nel bosco non tagliato. È stato determinato il diametro medio e visto il suo andamento nel tempo nelle tagliate e nel bosco non tagliato. È stato poi messo in relazione il numero di semenzali con le rispettive piante portaseme lasciate in piedi nelle diverse tagliate e realizzati grafici a dispersione. Tutte queste elaborazioni sono servite per vedere se esiste una relazione tra la presenza della rinnovazione e le diverse caratteristiche delle stazioni prese in esame, se ci sono caratteristiche che favoriscono la crescita e l'affermazione dei semenzali o elementi che le ostacolano così da potere capire quale sarà il futuro dei semenzali e della rinnovazione che si sta sviluppando.

5. RISULTATI

5.1 Dati alberi in piedi

Con i rilievi eseguiti in campo, si è proceduto a determinare il numero di alberi vivi, aventi un diametro ad altezza petto (130 cm da terra) maggiore di 5 cm, presenti a livello sia delle aree tagliate, sia delle aree boschive non interessate da interventi selvicolturali. In figura 14, viene riportato il numero totale di piante/ha, determinato sulla base del conteggio relativo al numero di alberi vivi, rilevati in corrispondenza delle aree di campionamento, presenti a livello delle cinque aree tagliate. In particolare, il numero maggiore di piante/ha è presente a livello della tagliata "2016 A", dove, si registra un numero di piante/ha pari a 4229,03, seguita dalla tagliata "2012", in cui si hanno 4062,19 piante/ha. In corrispondenza della tagliata "2018" e "2016 B", si ha un numero di piante/ha rispettivamente pari a 2957,62 e 2342,91. Più contenuta è la loro presenza nella tagliata "2020", in cui si hanno 1769,67 piante/ha.

Inoltre, i dati relativi al numero di piante/ha rilevati in corrispondenza delle differenti aree di campionamento, presenti a livello delle aree tagliate, sono stati rappresentati graficamente utilizzando Boxplot, i quali forniscono informazioni relative al tipo di distribuzione e inoltre, consentono di indentificare eventuali valori anomali e outliers. Analizzando i dati riportati in figura 15, è possibile osservare come essi presentino una certa variabilità. In particolare, da un punto di vista della distribuzione dei dati, essa risulta essere caratterizzata da una eterogeneità relativa al numero di piante/ha, registrate a livello delle diverse aree di

campionamento. Questo, si riscontra maggiormente nelle prime quattro tagliate, dove si ha un ampio intervallo di valori, più contenuta nella tagliata “2012”. A livello di questa tagliata sono presenti due valori outliers posizionati al di fuori della distribuzione. Inoltre, è possibile notare come ci sia una certa sovrapposibilità riguardante i diversi intervalli di valori, in particolare la maggior parte dei dati è posizionata in un intervallo ampio di valori compreso tra 25,05 e 634,46 piante/ha, ad eccezione della tagliata “2016 A”, dove si raggiungono i valori più elevati superiori alle 1000 piante/ha.

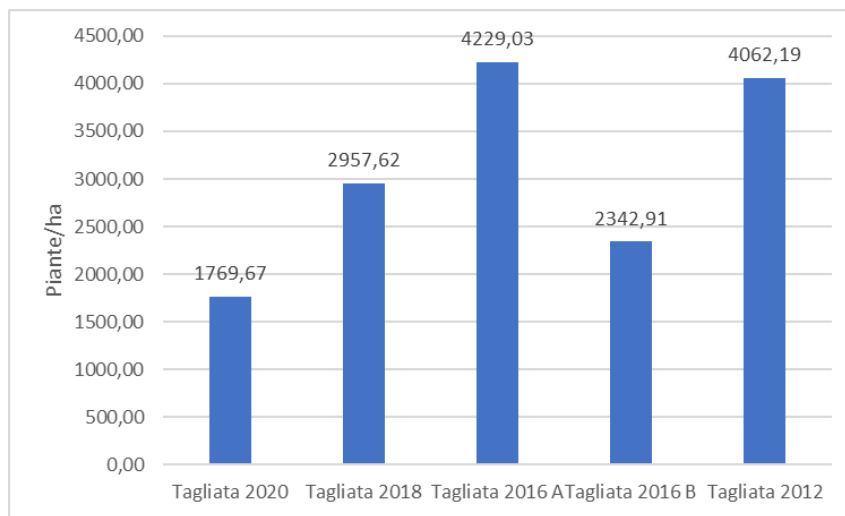


Figura 14 – Numero medio di piante/ha nelle aree tagliate

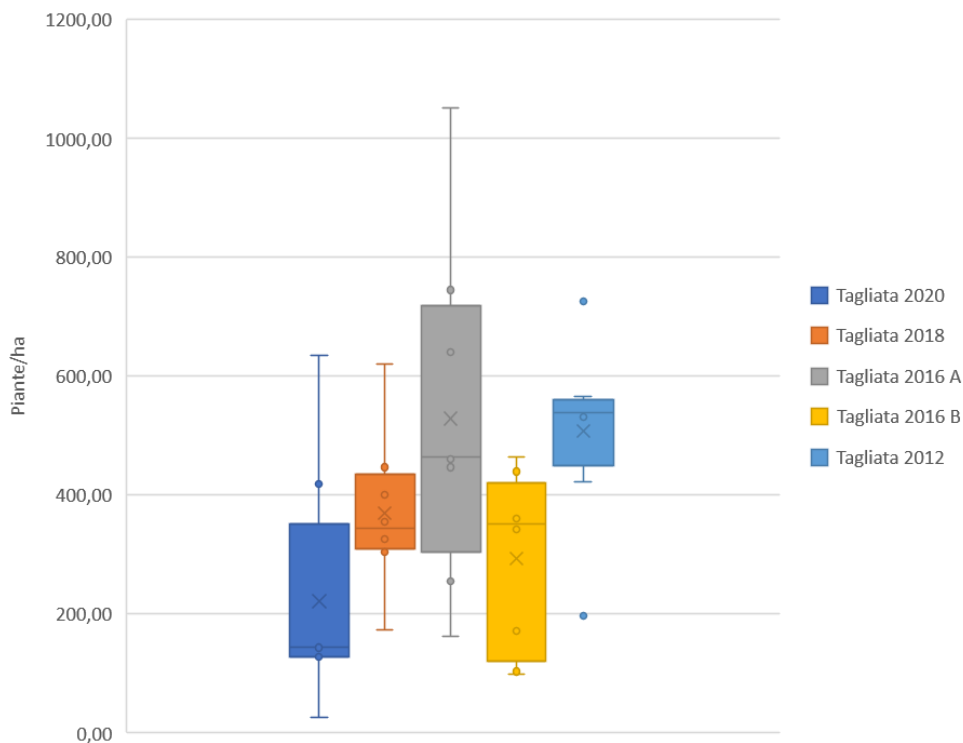


Figura 15 – Boxplot relativo al numero di piante/ha nelle aree tagliate

Per quanto riguarda la distribuzione totale delle piante/ha presenti a livello delle aree collocate ai margini delle differenti tagliate e non interessate da interventi selvicolturali, la figura 16, mostra come, il maggior numero di piante/ha sia presente in corrispondenza dell'area denominata "Bosco 2012" con 6874,30 piante/ha. Le aree "Bosco 2020", "Bosco 2018" e "Bosco 2016 A", hanno un andamento crescente relativo al numero di piante/ha, con valori rispettivamente pari a 3760,86, 4763,27 e 5463,25. Più contenuta risulta essere la presenza di piante/ha nel "Bosco 2016 B", dove si registra un numero di piante/ha pari a 3320,85.

Analizzando graficamente, mediante Boxplot, i dati relativi alle piante/ha rilevate in corrispondenza delle aree di campionamento presenti ai margini delle aree tagliate, in figura 17, è possibile osservare come essi presentino una certa variabilità in termini di intervallo di valori. In particolare, da un punto di vista della distribuzione dei dati, essa presenta una eterogeneità inferiore rispetto a quella registrata nelle cinque aree tagliate. Questo, è dovuto al fatto che il numero di piante/ha presenti nelle diverse aree di campionamento, risulta essere più o meno simile tra le varie aree considerate, come dimostrato dalla sovrapposizione riguardanti i diversi intervalli di valori. Questa somiglianza relativa alla distribuzione dei dati, è riscontrabile nel Bosco "2020", "2018" e "2016 B". Mentre una maggiore variabilità si registra nel Bosco "2016 A" e "2012", dove in quest'ultima area, a livello delle aree di campionamento, si raggiungono i valori più elevati in termini di numero di piante/ha superiori alle 2600.

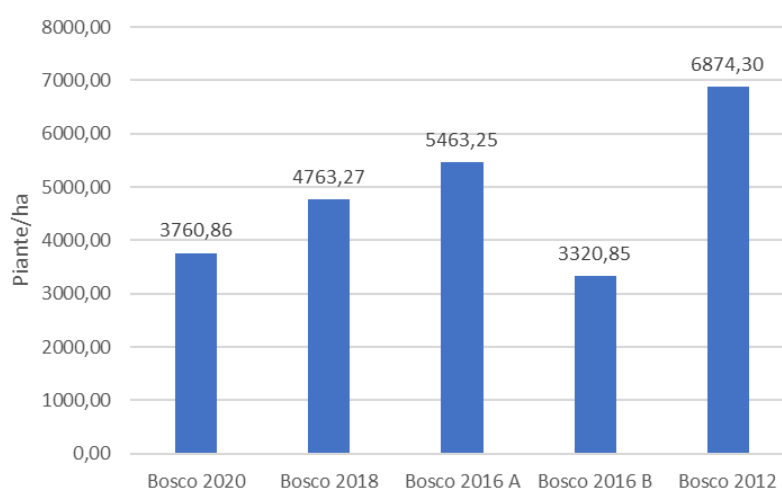


Figura 16 – Numero medio di piante/ha nelle aree non tagliate

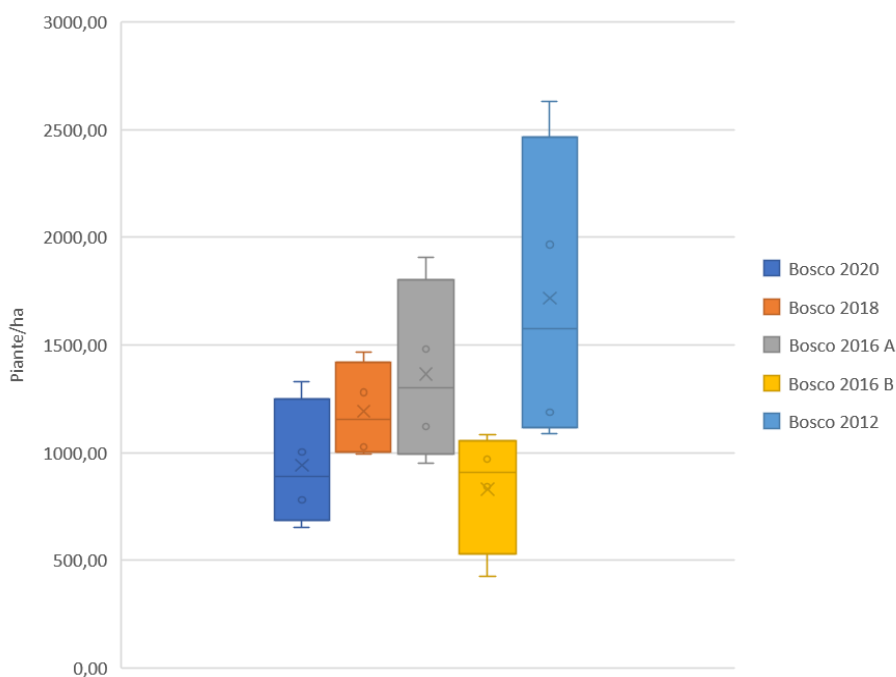


Figura 17 – Boxplot relativo al numero di piante/ha nelle aree non tagliate

Oltre a determinare il numero di piante/ha presenti sia in corrispondenza delle aree tagliate, sia a livello delle aree non interessate da interventi selvicolturali, si è proceduto a determinare il diametro ad altezza petto (130 cm da terra) di tutti gli alberi vivi con diametro maggiore di 5 cm. Questi dati, sono stati successivamente rielaborati attraverso il foglio di calcolo di Excel, il quale ha permesso di ricavare i valori relativi all'area basimetrica media espressa in m^2 , la quale risulta essere un indice di densità del popolamento arboreo. In particolare, analizzando i dati relativi ai valori medi collegati all'area basimetrica media, rilevata nelle differenti aree di campionamento presenti a livello delle cinque aree tagliate, la figura 18 mostra come la tagliata “2020” e la tagliata 2016 B”, presentano un'area basimetrica media pari a $0,08 m^2$. Il valore minore si registra in corrispondenza della tagliata “2016 A”, dove si ha un valore di $0,04 m^2$, seguito dalla tagliata “2012” con $0,05 m^2$ ed infine dalla tagliata “2018” con un'area basimetrica media pari a $0,06 m^2$.

Come nel caso del numero di piante/ha, anche i dati riguardanti l'area basimetrica media, sono stati rappresentati graficamente attraverso l'utilizzo di Boxplot, come riportato in figura 19. In particolare, è possibile notare come ci sia una maggiore variabilità in termini di distribuzione dei dati. Questa variabilità, risulta essere collegata ad una differenza relativa ai valori di area basimetrica media registrata in corrispondenza delle diverse aree di campionamento. In particolare, la tagliata “2020”, “2018” e “2016 B”, presentano una maggiore variabilità in termini di dati, essi si distribuiscono in un ampio range di valori

compreso tra $0,01 \text{ m}^2$ e $0,15 \text{ m}^2$, più contenuta invece nelle tagliate “2016 A” e “2012”, dove i valori di area basimetrica media si collocano tra $0,02 \text{ m}^2$ e $0,05 \text{ m}^2$. Inoltre, in queste due tagliate, si ha la presenza di valori outliers, i quali sono posizionati al di fuori della distribuzione. Inoltre, è possibile osservare una certa sovrapposibilità riguardante i diversi intervalli di valori.

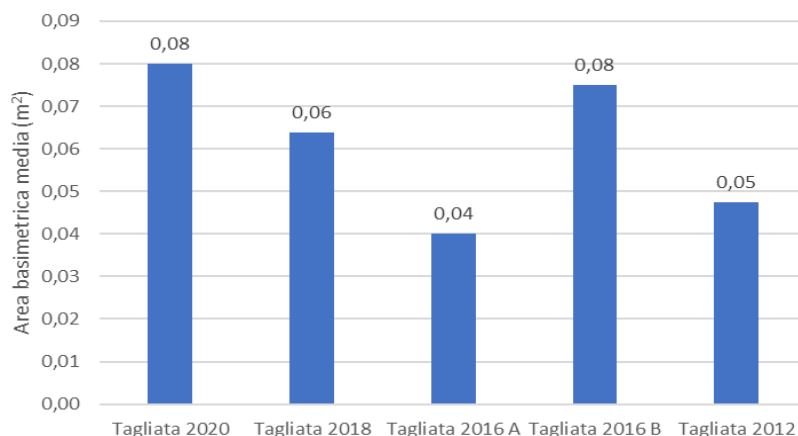


Figura 18 – Area basimetrica media nelle aree tagliate

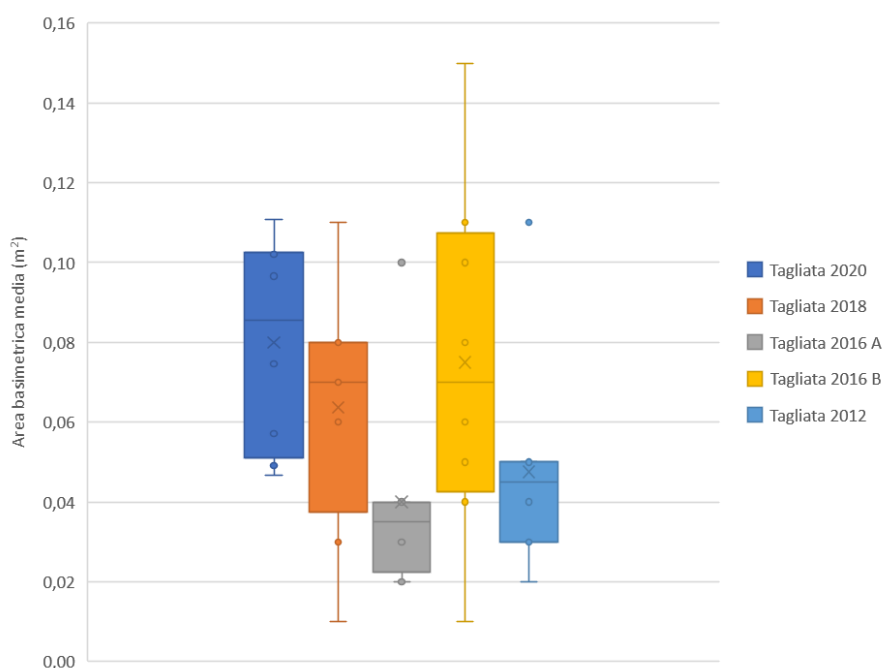


Figura 19 – Boxplot relativo all’area basimetrica media nelle aree tagliate

Per quanto riguarda l'area basimetrica media, collegata ai valori di area basimetrica relativi alle diverse aree di campionamento, in corrispondenza delle aree non interessate da interventi selvicolturali, si evidenzia come questi valori siano molto simili a quelli collegati all'area basimetrica media relativa alle aree tagliate. Questo indica una omogeneità delle aree boschive oggetto di studio. In particolare la figura 20, mostra come i valori maggiori riguardanti l'area basimetrica media, si hanno in corrispondenza del "Bosco 2020" e "Bosco 2016 B", con un valore pari a $0,07 \text{ m}^2$, seguito da un'area basimetrica pari a $0,05 \text{ m}^2$ presente a livello del "Bosco 2018" e "2016 A". Mentre nel "Bosco 2012", si ha il valore più basso uguale a $0,04 \text{ m}^2$.

In figura 21, vengono rappresentati i dati relativi all'area basimetrica collegata alle diverse aree di campionamento, collocate ai margini delle aree tagliate, mediante l'utilizzo di Boxplot. In particolare analizzando questi dati, è possibile osservare come le diverse aree, siano caratterizzate da una variabilità riguardante l'intervallo di valori relativi all'area basimetrica media, registrata in corrispondenza delle differenti aree di campionamento. Questo, si riscontra maggiormente nelle due aree riguardanti il "Bosco 2016", dove i dati si distribuiscono in un ampio range di valori. La variabilità dei dati, risulta essere più contenuta nelle altre tre aree, inoltre è possibile notare come ci sia una certa sovrapposibilità riguardante i diversi intervalli di valori, infatti la maggior parte dei dati relativi all'area basimetrica media sono posizionati in un intervallo compreso tra $0,02 \text{ m}^2$ e $0,10 \text{ m}^2$.

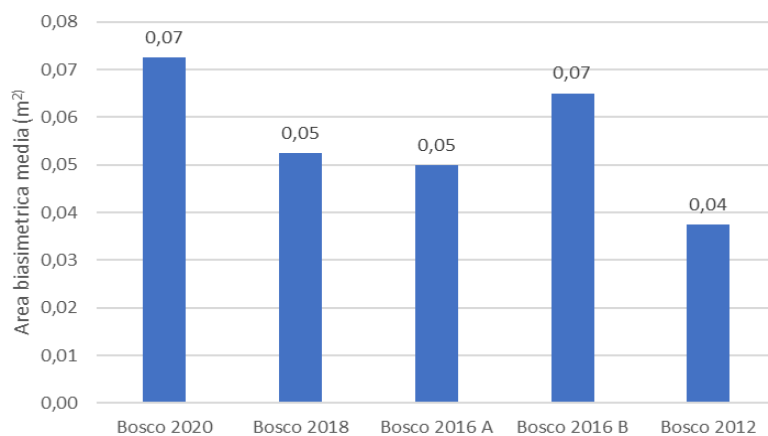


Figura 20 – Area basimetrica media nelle aree non tagliate

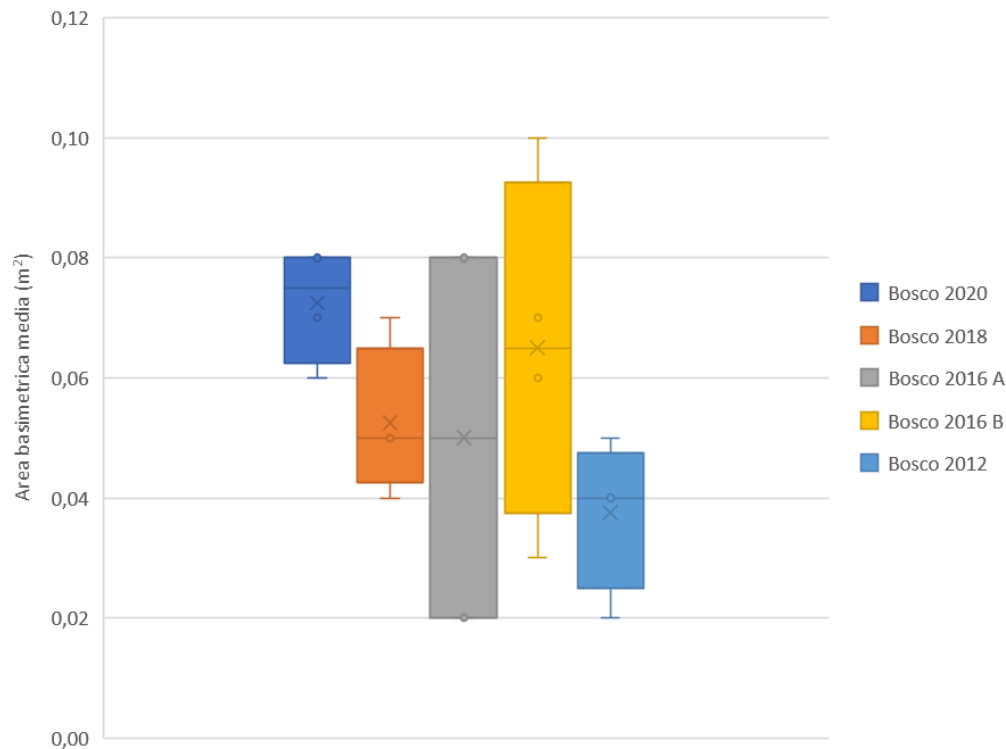


Figura 21– Boxplot relativo all’area basimetrica media nelle aree non tagliate

Dal punto di vista del diametro medio, la figura 22, mostra i valori medi riguardanti i differenti diametri, espressi in metri, determinati in corrispondenza delle aree di campionamento, presenti a livello delle cinque aree tagliate. In particolare, a livello della tagliata “2020”, si registra il diametro medio più alto pari a 0,32 metri, seguito dalla tagliata “2016 B” con 0,30 metri e tagliata “2018” con 0,28 metri. Più bassi risultano essere i valori relativi al diametro medio nelle altre due tagliate, nella tagliata “2012” si ha un diametro medio pari a 0,24 metri, mentre la tagliata “2016 A”, presenta un diametro medio di 0,21 metri.

In figura 23, vengono rappresentati i dati relativi al diametro medio collegati alle diverse aree di campionamento, collocate in corrispondenza delle cinque aree tagliate, mediante l’utilizzo di Boxplot. Analizzando questi dati, è possibile osservare come ci siano delle differenze, riguardanti gli intervalli di valori connessi al diametro medio rilevato a livello delle differenti aree di campionamento presenti nelle cinque tagliate. Questa maggiore variabilità, si riscontra maggiormente a livello della tagliata “2020”, “2018” e “2016 B”, dove si verifica una sovrapposibilità dei valori misurati, i quali sono racchiusi in un range compreso tra 0,12 metri e 0,43 metri. Più contenuta invece, è la variabilità dei dati nelle altre due tagliate (“2016 A” e “2012”), dove il diametro medio risulta essere compreso tra 0,16

metri e 0,26 metri. Inoltre, in queste sue aree si ha la presenza di valori outliers posizionati al di fuori della distribuzione.

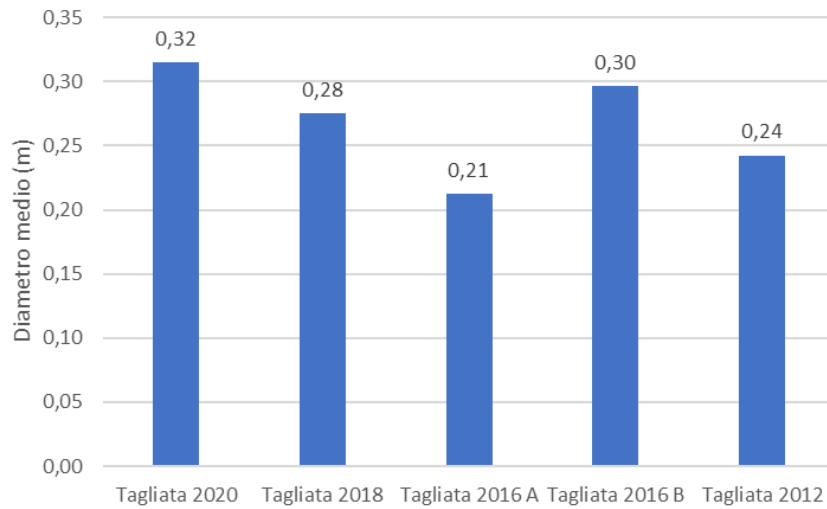


Figura 22 – Diametro medio nelle aree tagliate

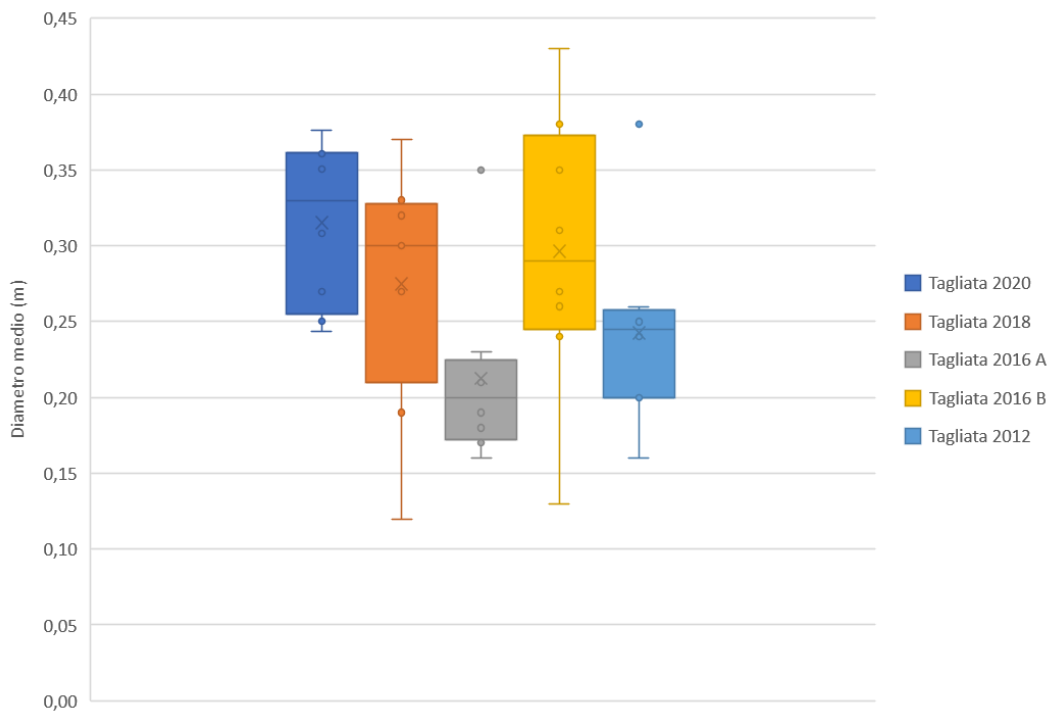


Figura 23 – Boxplot relativo al diametro medio nelle aree tagliate

Per quanto riguarda i diametri determinati a livello delle diverse aree di campionamento in corrispondenza delle aree non interessate da interventi selvicolturali, si evidenzia come questi valori siano molto simili a quelli collegati al diametro medio presente nelle aree tagliate. Questo, come detto in precedenza per l'area basimetrica, indica una omogeneità

delle aree boschive oggetto di studio. In particolare la figura 24, mostra come i valori maggiori riguardanti il diametro medio, si hanno in corrispondenza del “Bosco 2020” con un valore pari a 0,31 metri, seguito da un diametro medio di 0,29 metri presente a livello del “Bosco 2016 B”. Nel “Bosco 2018”, “2016 A” e “2012”, si hanno dei valori decrescenti relativi al diametro medio rispettivamente pari a 0,26, 0,24 e 0,22 metri. Analizzando graficamente, mediante Boxplot, i dati relativi al diametro medio rilevato in corrispondenza delle aree di campionamento presenti ai margini delle aree tagliate, la figura 25, mostra come la variabilità in termini di valori, riguardanti il diametro medio misurato a livello delle aree di campionamento, sia più contenuta rispetto a quella registrata in corrispondenza delle aree tagliate. Nelle aree non interessate da interventi selvicolturali, si nota come le due aree relative al “Bosco 2016”, presentano una dispersione dei dati simile tra loro con un ampio intervallo di valori. Somiglianze si hanno anche tra le due aree “Bosco 2018” e “Bosco 2012”. Mentre la minore dispersione si registra a livello del “Bosco 2020”, dove sono stati misurati i diametri maggiori superiori a 0,28 metri.

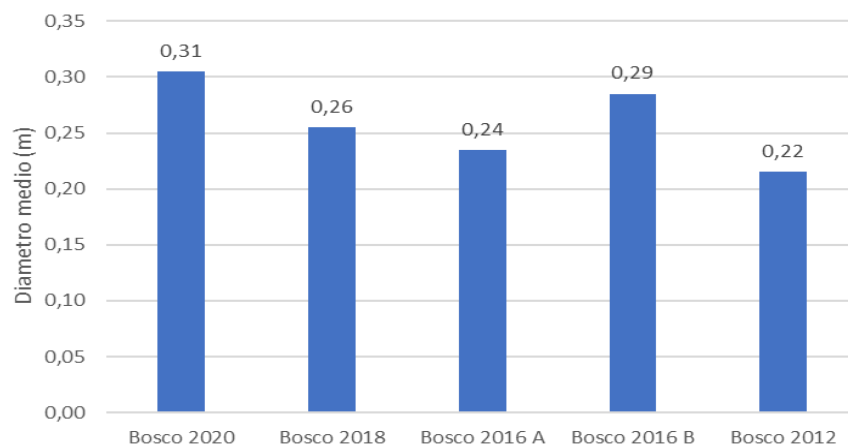


Figura 24 – Diametro medio nelle aree non tagliate

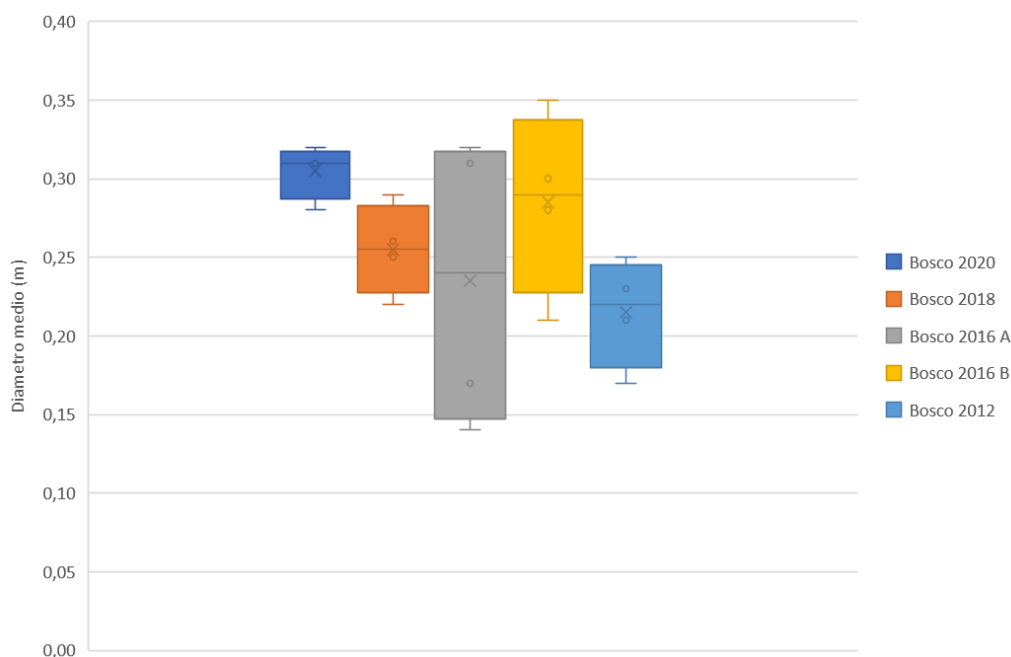


Figura 25 – Boxplot relativo al diametro medio nelle aree non tagliate

5.1.1 Confronto tra dati relativi agli alberi in piedi nelle tagliate e nelle aree non tagliate

Il confronto tra i dati riguardanti gli alberi vivi presenti, sia a livello delle aree tagliate, sia in corrispondenza delle aree non interessate da interventi selvicolturali, può fornire delle informazioni relative all'intensità del taglio effettuato a livello di ogni singola tagliata. In particolare, analizzando i dati connessi al numero di piante/ha presenti nelle cinque aree tagliate e nelle aree collocate ai margini di esse, si evidenzia come ci sia una differenza in termini percentuali. Questa differenza è dovuta al fatto che, i tagli hanno determinato una riduzione, più o meno accentuata, relativa al numero di piante/ha, causando un decremento percentuale riguardante il numero di piante presenti nelle tagliate, rispetto a quelle collocate nelle aree non interessate da interventi selvicolturali. Nella figura 26, viene mostrato come, la tagliata "2020" sia quella con una maggiore intensità del taglio, in particolare la riduzione del numero di piante/ha risulta essere pari al -52,94%. L'intensità del taglio presenta valori elevati anche in corrispondenza della tagliata "2012" e "2018", dove si ha un decremento percentuale rispettivamente pari al -40,91% e -37,91%. Più contenuta è l'intensità del taglio nelle due tagliate "2016 A" e "2016 B", dove nella prima si registra il decremento più basso corrispondente al -22,59%, mentre nella seconda, la riduzione è pari al -29,45%.

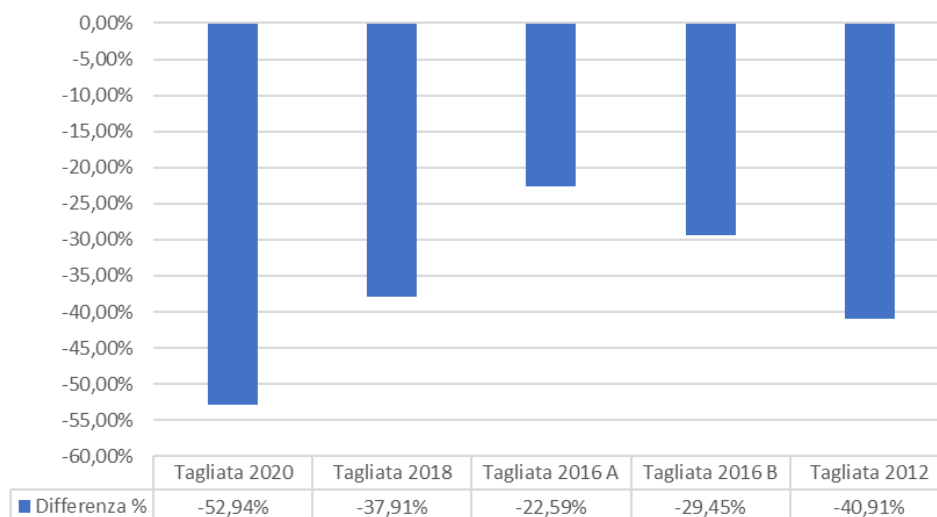


Figura 26 – Differenza % tra numero di piante/ha nelle aree tagliate e nelle aree non tagliate

Per quanto riguarda l'area basimetrica, essa risulta essere un indice, il quale fornisce informazioni relative alla densità del popolamento, ed è connesso alle dimensioni delle singole piante che costituiscono quel popolamento. In particolare, analizzando i dati riportati in figura 27, si evidenzia come l'area basimetrica media, presenti un incremento in termini percentuali nella maggior parte delle aree tagliate. Questo incremento, risulta essere connesso al fatto che, i valori medi relativi all'area basimetrica, siano maggiori nelle aree tagliate rispetto a quelle aree non interessate da interventi selvicolturali. La tagliata "2012", presenta il maggior incremento in termini percentuali, con un valore pari al 26,67%, seguito dalla tagliata "2018" con un aumento del 21,43%. Le tagliate "2020" e "2016 B", presentano degli incrementi percentuali più contenuti e rispettivamente pari al 10,28% e 15,38%. Mentre, in corrispondenza della tagliata "2016 A", si registra un decremento in termini percentuali del -20,00%.

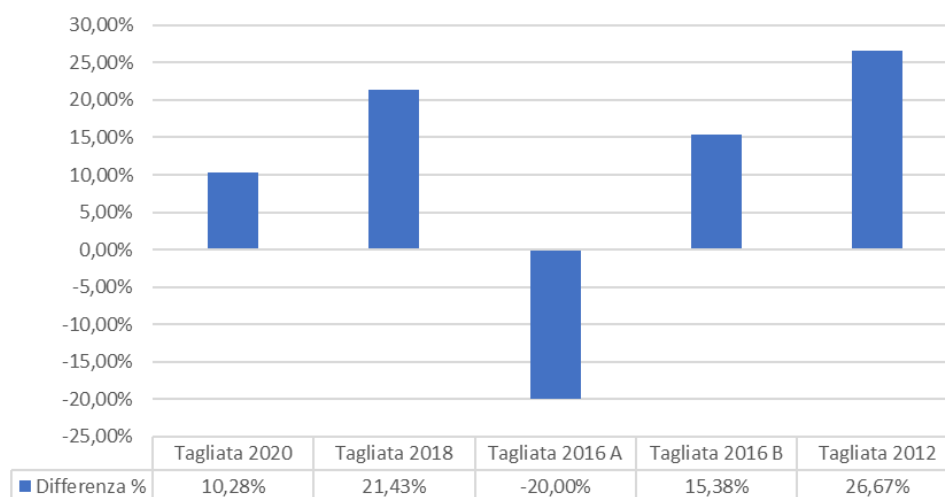


Figura 27 – Differenza % tra area basimetrica media nelle aree tagliate e nelle aree non tagliate

Da un punto di vista della differenza percentuale relativa al diametro medio, essa presenta un andamento molto simile a quello sopra rappresentato per l'area basimetrica media, infatti come detto in precedenza, il diametro relativo alle singole piante che costituiscono il popolamento arboreo, influenza i valori relativi all'area basimetrica del popolamento considerato. In particolare la figura 28, mostra come la maggior parte delle aree tagliate, sia caratterizzata da piante aventi un diametro medio maggiore rispetto a quello relativo, alle aree non tagliate. Le tagliate "2012" e "2018", presentano l'incremento percentuale maggiore con valori rispettivamente pari al 12,79% e 7,84%. Nella tagliata "2016 B", si registra un incremento del diametro medio del 3,95%, mentre la tagliata "2020" presenta il valore percentuale più basso pari al 3,31%. Infine, la tagliata "2016 A", risulta essere caratterizzata, così come per l'area basimetrica media, da un decremento in termini percentuali. Questo decremento risulta del -9,57%.

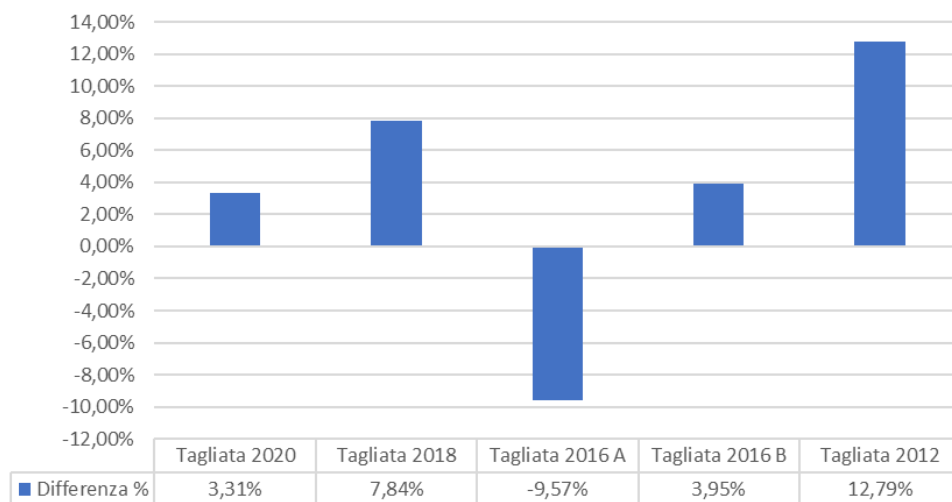


Figura 28 – Differenza % tra diametro medio nelle aree tagliate e nelle aree non tagliate

5.2 Dati rinnovazione

Con i rilievi eseguiti in campo, si è proceduto al conteggio relativo alla rinnovazione presente a livello delle aree di campionamento, individuate in corrispondenza sia delle diverse tagliate, oggetto di studio, sia all'interno del bosco non tagliato, presente nelle vicinanze del margine di ciascuna area interessata dai diversi interventi selvicolturali. In particolare, è stato determinato il numero di semenzali, aventi altezza compresa tra 0 e 20 cm. Come riportato in figura 29, i dati raccolti, hanno mostrato come il maggior numero di semenzali, corrispondenti al 68% del totale, appartenga a differenti specie di conifere, in particolare Abete bianco (*Abies alba*), Abete rosso (*Picea abies*) e Larice (*Larix decidua*). Più contenuta risulta essere la presenza di semenzali di latifoglie, le quali costituiscono il 32% del totale, ed esse, sono rappresentate da specie come il Sorbo degli uccellatori (*Sorbus aucuparia*) e Betulla (*Betula*).

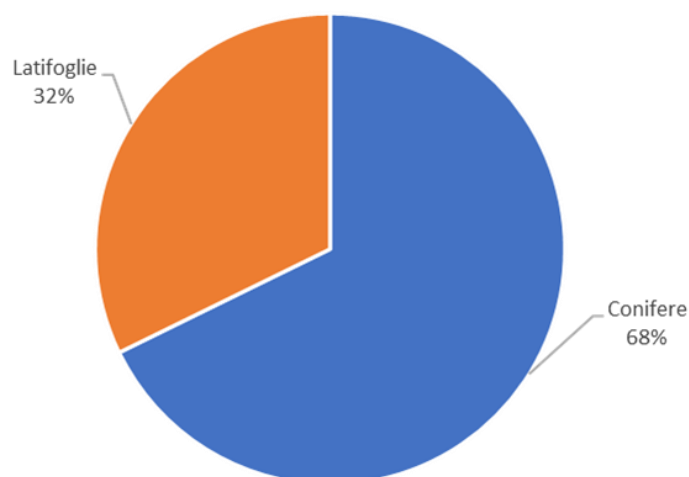


Figura 29 – % di semenzali totali

Da un punto di vista relativo ai semenzali, appartenenti alle differenti specie forestali presenti a livello dell'area di studio, i semenzali di Abete bianco risultano quelli maggiormente presenti (55% del totale), seguiti da semenzali relativi a latifoglie, come il Sorbo degli uccellatori, i quali costituiscono il 32% del totale. Minore risulta essere la presenza di semenzali appartenenti a differenti specie di conifere, in particolare Abete rosso (9%) e Larice (4%). Tra le latifoglie, la Betulla presenta una percentuale di semenzali sul totale inferiore all'1%.

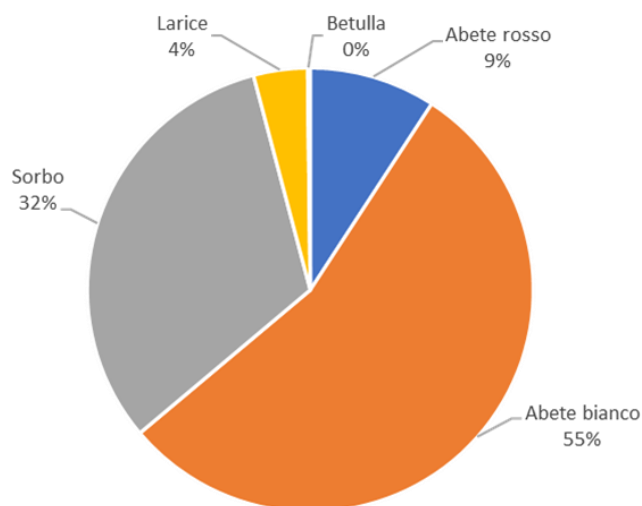


Figura 30 – % specie semenzali totali

La distribuzione dei semenzali riguardanti le varie specie forestali, risulta essere differente a seconda della tagliata presa in considerazione. In particolare, analizzando la totalità dei semenzali relativi alle differenti specie nelle cinque tagliate oggetto di studio, la figura 31, mostra come l'Abete bianco, risulta essere la specie maggiormente presente con una percentuale pari al 57 % del totale, seguita dal Sorbo (24%), dall'Abete rosso (13%), Larice (6%) ed infine dalla Betulla (<1%). Per quanto riguarda la distribuzione numerica dei semenzali nelle aree interessate da interventi selvicolturali, figura 32, i semenzali di Abete bianco risultano i più abbondanti in tre tagliate, in particolare la tagliata "2020", "2018" e la tagliata denominata "2016 A", dove è stato riscontrato un numero di semenzali di Abete bianco pari rispettivamente a 484, 640 e 749. I semenzali di Sorbo risultano essere i più abbondanti nelle tagliate "2016 B" e "2012", in cui sono presenti rispettivamente 596 e 139 semenzali. I semenzali di Abete rosso, raggiungono il valore massimo nella tagliata "2020" con 212 semenzali, mentre il numero massimo di semenzali di Larice si registra nella tagliata "2018" con 88 semenzali. Anche nelle aree di campionamento presenti ai margini delle differenti tagliate e non interessate da interventi selvicolturali, i dati raccolti e riportati in figura 33, mostrano come l'Abete bianco sia in grado di rinnovarsi nelle differenti condizioni di illuminazione. Questa specie, in tali aree, rappresenta poco più della metà dei semenzali totali, mostrando una percentuale pari al 51%. Tra le latifoglie, il Sorbo è la specie maggiormente presente (46% del totale), la maggior parte di questi semenzali, è stata riscontrata in aree di campionamento, posizionate nell'area boschiva situata ai margini della tagliata "2016 B", con 915 semenzali come mostrato in figura 34. Per altre specie di latifoglie come la Betulla, nelle varie aree di campionamento presenti a livello del bosco non tagliato, non è stata riscontrata la presenza di semenzali. Per quanto riguarda il Larice, la presenza di semenzali relativi a questa specie nelle aree non tagliate, è stata riscontrata in una sola area di campionamento denominata "Bosco 2020" con 4 semenzali, ed essa è presente con una percentuale inferiore all'1%. La percentuale di Abete rosso risulta essere minore nelle aree non soggette ad interventi selvicolturali, rispetto alle aree tagliate, i semenzali di questa specie rappresentano il 3% del totale. Inoltre, il numero maggiore di semenzali di Abete rosso, si registra nel "Bosco 2020" con un numero di semenzali pari a 29.

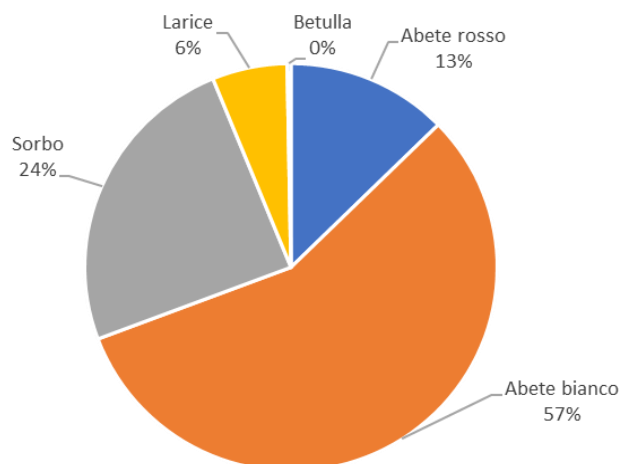


Figura 31 – % totale dei semenzali delle diverse specie nelle aree tagliate

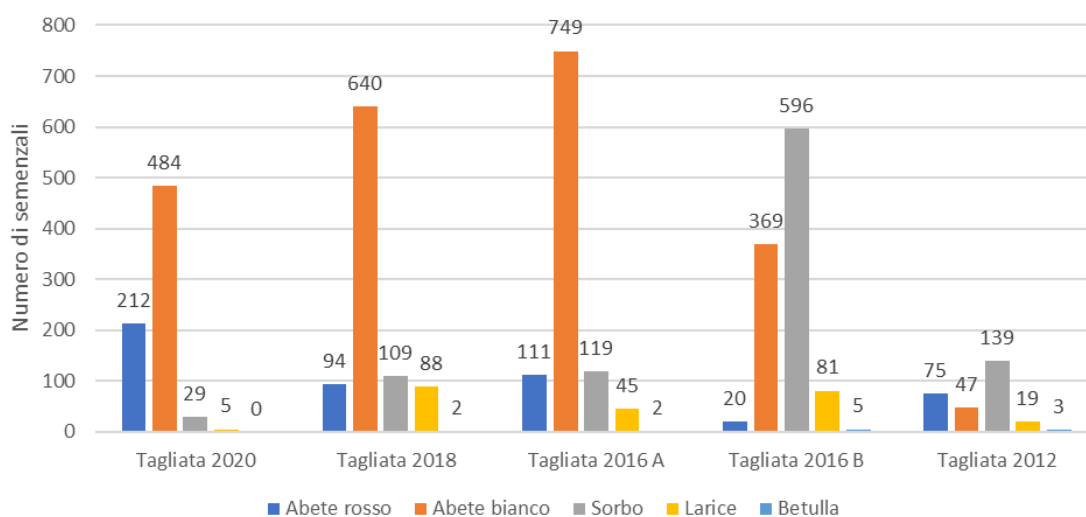


Figura 32 – Distribuzione del numero di semenzali delle diverse specie nelle aree tagliate

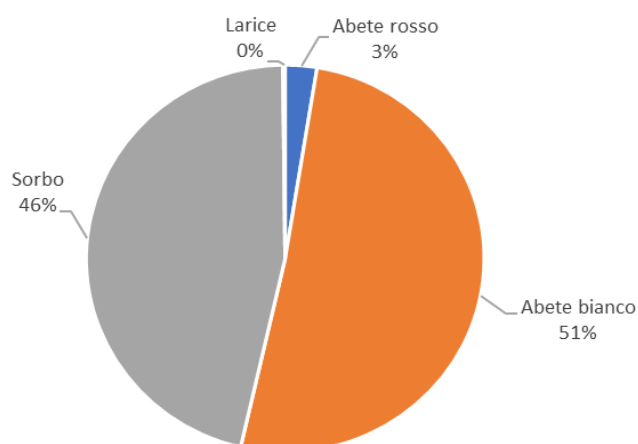


Figura 33 – % totale dei semenzali delle diverse specie nelle aree non tagliate

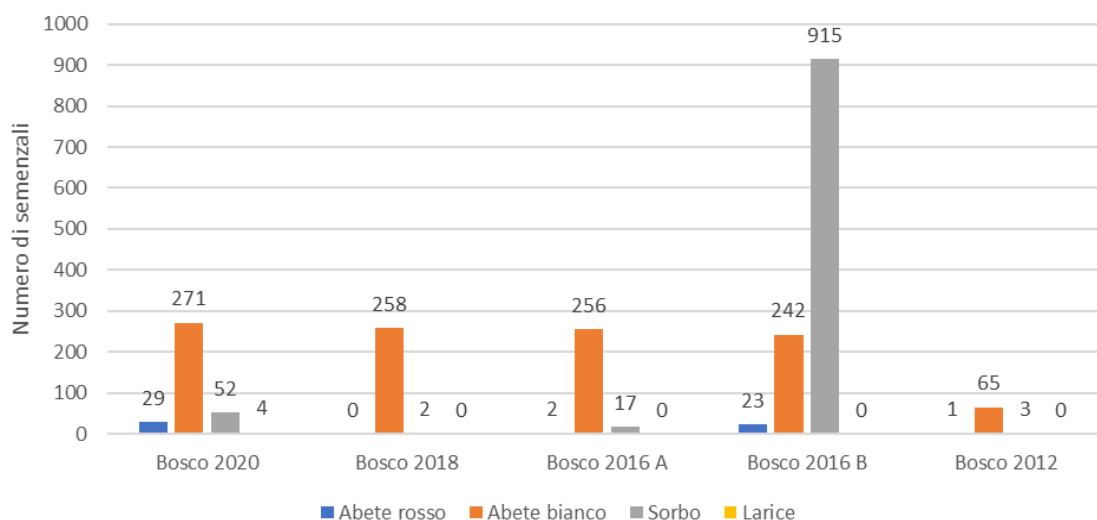


Figura 34 – Distribuzione del numero di semenzali delle diverse specie nelle aree non tagliate

Oltre al numero di semenzali relativi alle differenti specie forestali, nelle aree di campionamento, presenti a livello delle diverse aree interessate da interventi selvicolturali e nelle aree collocate ai margini delle tagliate, in cui non sono stati eseguiti i tagli, è stata determinata anche la rinnovazione affermata riguardante le diverse specie forestali. In particolare, si è proceduto al conteggio di quelle piantine aventi altezza compresa tra i 20 e i 130 cm. Come riportato in figura 35, i dati raccolti mostrano come il Sorbo, sia la specie che presenta il più alto numero di rinnovazione affermata, con una percentuale pari al 45% del totale. Tra le conifere, la maggior rinnovazione affermata riguarda l'Abete bianco (38% del totale). Minore è la rinnovazione affermata di Abete rosso (9%), seguita dal Larice e Faggio (3%) ed infine la Betulla con il 2% del totale.

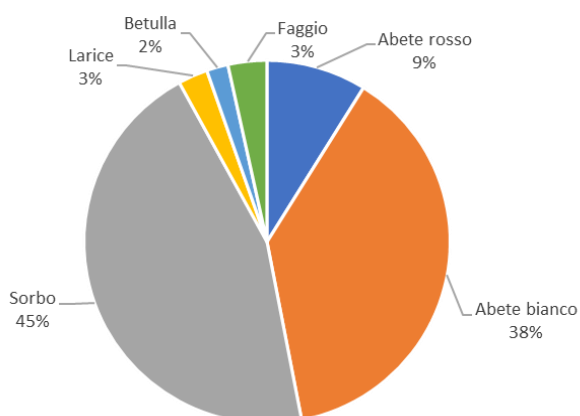


Figura 35 - % specie rinnovazione affermata totale

Per quanto riguarda la distribuzione della rinnovazione affermata, essa come anche la distribuzione dei semenzali, risulta essere differente nelle cinque tagliate oggetto di studio. Come riportato in figura 36, analizzando la totalità della rinnovazione affermata, relativa alle differenti specie forestali presente a livello delle aree tagliate, la rinnovazione di Sorbo e di Abete bianco risulta essere la più abbondante, ed essa costituisce nell'insieme l'80 % del totale della rinnovazione affermata, presente a livello delle tagliate (40% Abete bianco, 40% Sorbo). Più contenuta è la rinnovazione affermata di Abete rosso (10% del totale), seguita dal Larice (4%) ed infine Faggio e Betulla con una percentuale sul totale pari al 3%. Da un punto di vista della distribuzione numerica della rinnovazione affermata, riguardanti le diverse specie forestali nelle aree interessate da interventi selvicolturali, la tagliata denominata "2016 B", presenta il maggior numero di rinnovazione affermata. In particolare in quest'area, si registra il più alto numero relativo alla rinnovazione di Sorbo, con un totale rilevato nelle differenti aree di campionamento pari a 359 piantine. Anche la rinnovazione di Abete bianco raggiunge il suo valore maggiore in questa tagliata con un totale di 186 piantine. La rinnovazione affermata di Abete bianco, presenta dei valori elevati anche a livello delle tagliate "2020" e "2018", raggiungendo un numero totale di rinnovazione affermata in queste aree rispettivamente pari a 89 e 82 piantine. Per quanto riguarda la rinnovazione di diverse specie, in particolare Abete rosso, Faggio e Larice, essa raggiunge massimi valori nella tagliata "2012", dove è stato rilevato nelle aree di campionamento un numero pari a 65 piantine di Abete rosso, 26 piantine di Faggio e 15 di Larice. Inoltre, la maggior rinnovazione affermata di Betulla, si registra nella tagliata "2016 B", dove sono presenti 13 piantine appartenenti a questa specie.

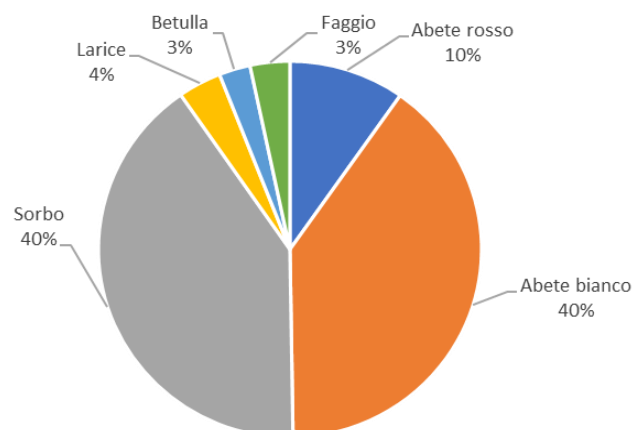


Figura 36 – % totale della rinnovazione affermata delle diverse specie nelle aree tagliate

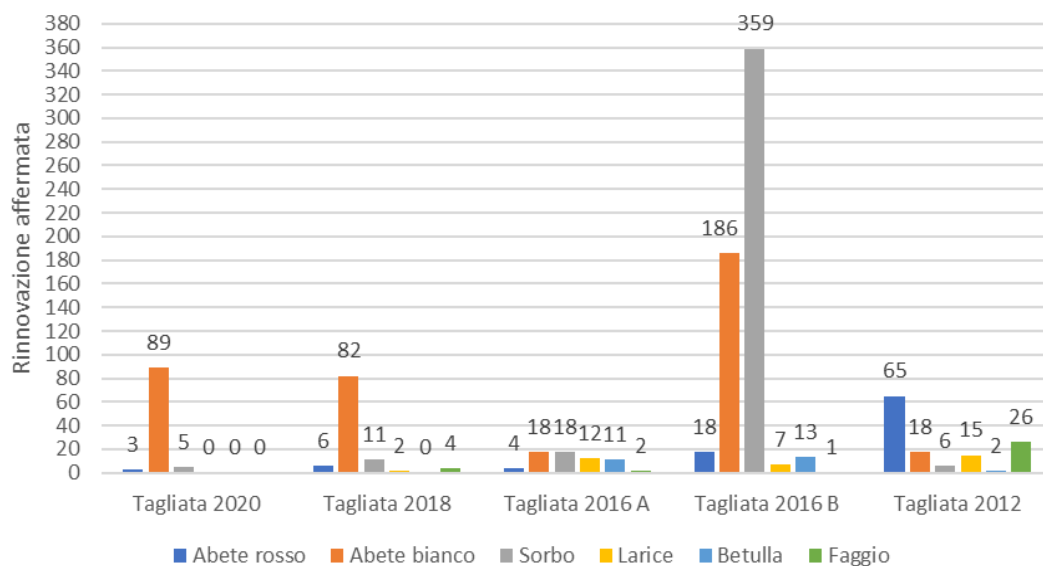


Figura 37 – Distribuzione del numero della rinnovazione affermata delle diverse specie nelle aree tagliate

Per quanto riguarda la rinnovazione affermata, presente a livello delle aree di campionamento, collocate ai margini delle differenti tagliate e non soggette ad interventi selvicolturali, le specie forestali con la maggiore presenza di rinnovazione affermata, sono rappresentate dal Sorbo e dall’Abete bianco. Queste specie, come riportato in figura 38, presentano una percentuale di rinnovazione sul totale pari al 57% per il Sorbo e il 33% per l’Abete bianco. Mentre, minore risulta essere la presenza di rinnovazione affermata di Abete rosso (6%) e Faggio (4%). Da un punto di vista numerico, la rinnovazione affermata relativa alle diverse specie forestali a livello delle aree boschive non interessate da tagli, risulta essere inferiore rispetto alla rinnovazione misurata in corrispondenza delle differenti aree tagliate. Infatti, come riportato in figura 39, in molte aree di campionamento, collocate a livello del bosco non tagliato, non è stata rilevata la presenza di rinnovazione affermata. In particolare, la rinnovazione di specie come Abete bianco e Sorbo, risulta essere maggiore nelle aree di campionamento presenti in corrispondenza dell’area di studio, denominata “Bosco 2016 B”, dove sono presenti 107 piantine di Abete bianco e 215 di Sorbo. La rinnovazione affermata di altre specie, come l’Abete rosso, raggiunge il valore massimo pari a 16 piantine nell’area “Bosco 2020”. Per alcune specie come Larice e Betulla, non è stata rilevata la presenza di rinnovazione affermata in corrispondenza di alcuna area di campionamento scelta. Il Faggio, raggiunge il massimo valore di rinnovazione affermata in due aree, in particolare nel “Bosco 2016 B” e nel “Bosco 2012”, dove si è riscontrata la presenza di una rinnovazione pari a 7 piantine.

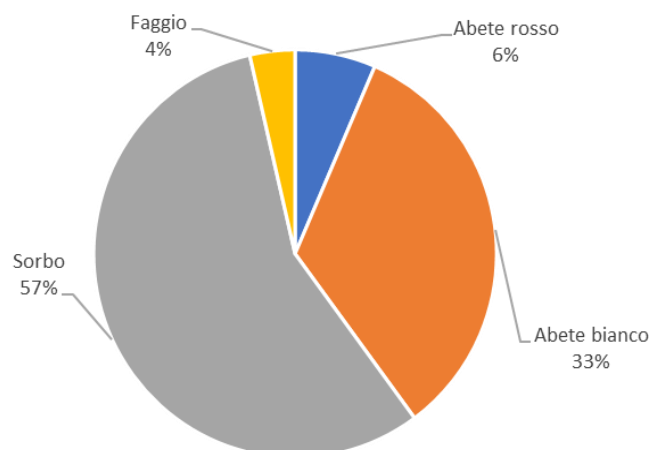


Figura 38 – % totale della rinnovazione affermata delle diverse specie nelle aree non tagliate

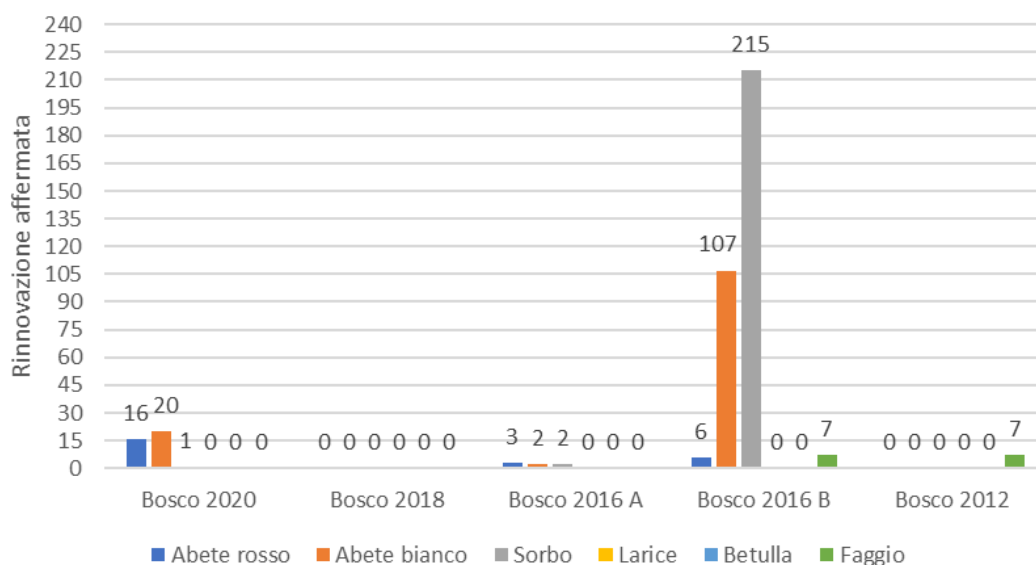


Figura 39 – Distribuzione del numero della rinnovazione affermata delle diverse specie nelle aree non tagliate

5.2.1 Confronto tra numero di semenzali e rinnovazione affermata nelle aree tagliate

Analizzando i dati relativi alla distribuzione del numero di semenzali e della rinnovazione affermata delle diverse specie presenti a livello delle cinque aree in cui sono stati eseguiti interventi selvicolturali, è possibile notare come per la maggior parte delle specie forestali, il numero di semenzali, delle singole specie, rilevato in queste aree, sia maggiore rispetto alla rinnovazione affermata. Questo, è riconducibile principalmente al fatto che, i semenzali presentano un tasso di mortalità più o meno elevato e per questo motivo solamente un

numero esiguo di semenzali, riesce ad affermarsi. La figura 40, mostra come, per diverse specie forestali presenti a livello dell'area di studio, come Abete rosso, Abete bianco, Sorbo e Larice, ci sia una differenza in termini percentuali tra il numero di semenzali e la rinnovazione affermata. Questa differenza, risulta essere più o meno accentuata, a seconda delle esigenze ecologiche delle differenti specie forestali e in base all'evoluzione delle caratteristiche ambientali che, avvengono a livello delle diverse tagliate nel corso del tempo. Per le specie sopra citate, il numero di semenzali rilevato a livello delle cinque tagliate oggetto di studio, risulta essere superiore rispetto alla rinnovazione affermata, per questo la differenza percentuale viene espressa in termini negativi. Mentre nel caso di due specie forestali, in particolare, Faggio e Betulla, il numero di semenzali rilevato in corrispondenza di alcune tagliate, risulta minore rispetto alla rinnovazione affermata come evidenziato in figura 41 e figura 42.

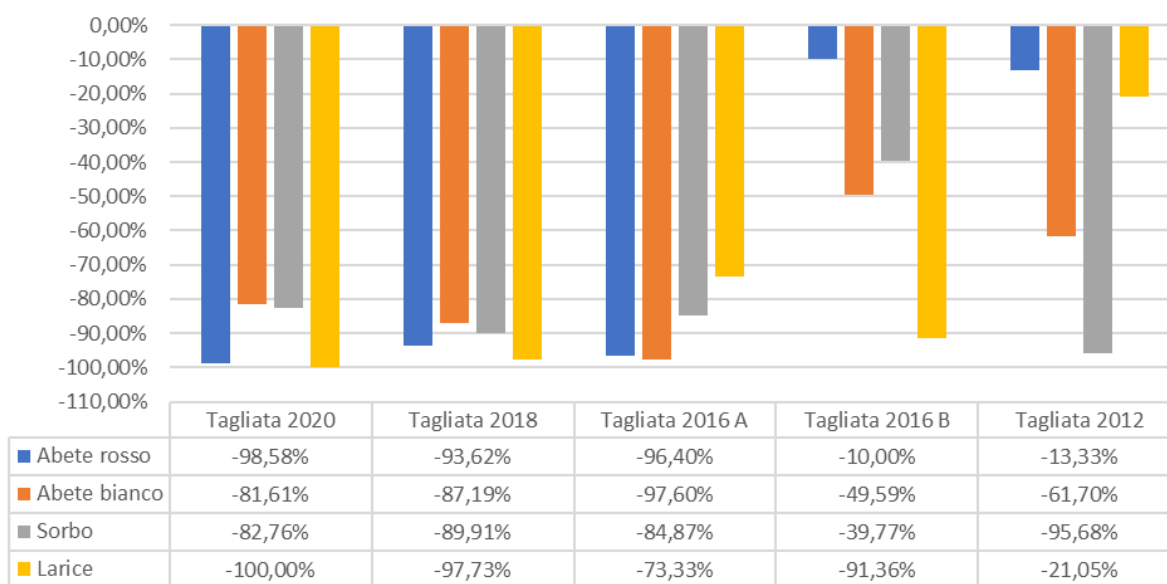


Figura 40 – Differenza % tra semenzali e rinnovazione affermata nelle aree tagliate

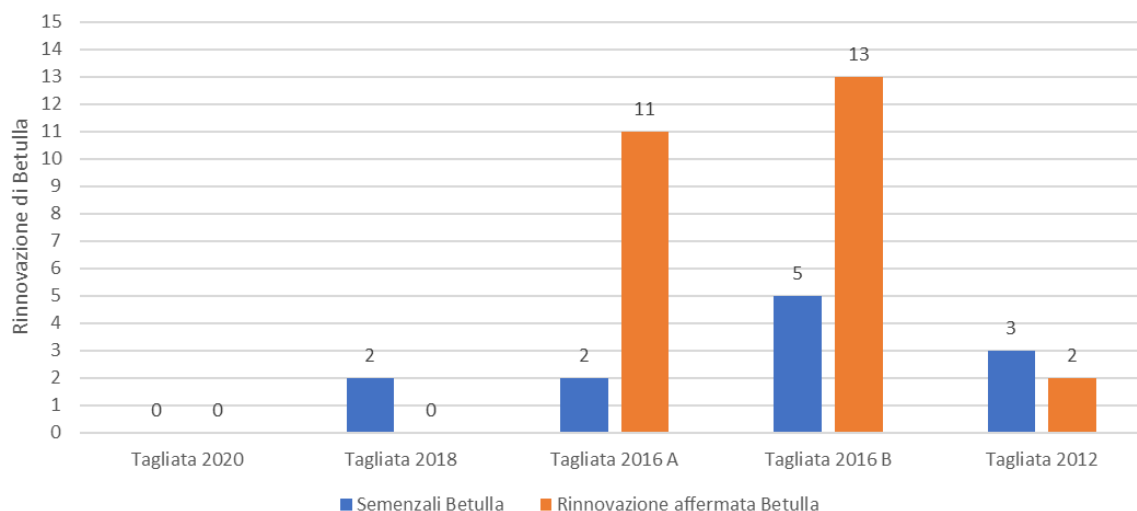


Figura 41 – Confronto tra numero di semenzali e rinnovazione affermata di Betulla nelle aree tagliate

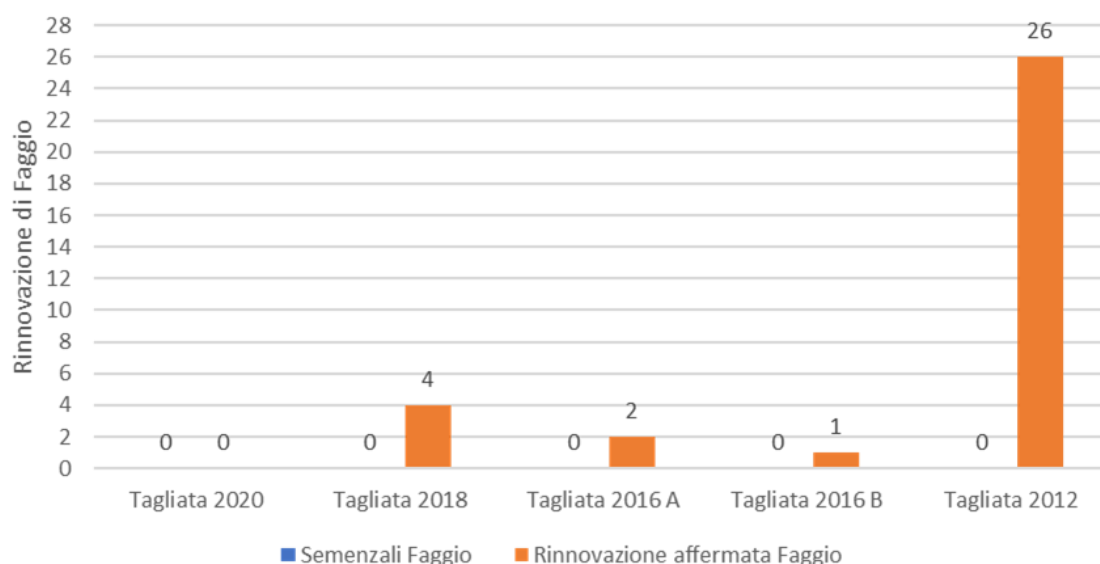


Figura 42 – Confronto tra numero di semenzali e rinnovazione affermata di Faggio nelle aree tagliate

5.3 Dati relativi alla copertura del suolo

Oltre a determinare il numero di semenzali e di rinnovazione affermata relativa alle diverse specie forestali, presenti sia in corrispondenza delle aree tagliate, sia ai margini di esse, si è proceduto, a livello delle aree di campionamento, a stimare visivamente la % di copertura del suolo. Essa presenta delle differenze a seconda della tagliata presa in considerazione, inoltre si hanno delle variazioni relative alla copertura del suolo, tra le aree interessate da interventi selvicolturali e le aree non tagliate. La % di copertura del suolo, presenta dei valori

compresi tra lo 0% e il 100% e questi valori percentuali fanno riferimento a differenti tipi di copertura, in particolare rocce, legno morto, lettiera (aghi e foglie), erba, arbusti, suolo nudo e muschio. Analizzando la copertura del suolo a livello delle cinque aree tagliate oggetto di studio, la figura 43, mostra come la maggiore copertura del suolo, sia rappresentata dal legno morto e dall'erba. In particolare, la copertura di legno morto presenta un'ampia variabilità di valori, andando dal 47% nella tagliata "2020", fino a raggiungere il 14% nella tagliata "2012". Questo andamento decrescente, può essere dovuto al processo di decomposizione, a cui questo materiale risulta essere sottoposto nel corso del tempo. Anche la copertura da parte dell'erba risulta essere caratterizzata un'elevata dispersione riguardante i valori medi, essa presenta un intervallo di valori compreso tra il 13% a livello della tagliata "2020" e il 55% raggiunto nella tagliata "2012". Questo ampio intervallo di valori, può essere riconducibile al fatto che, in seguito agli interventi selvicolturali, la copertura da parte della vegetazione si è ridotta, favorendo così lo sviluppo di erba. Percentuali di copertura più contenute fanno riferimento alle rocce, lettiera, arbusti, suolo nudo e muschio. Per queste coperture si verifica una sovrapposizione in termini di intervallo di valori compresi tra l'1% e il 20%, mentre molto bassa è la presenza di muschio compresa tra l'1% e il 2%.

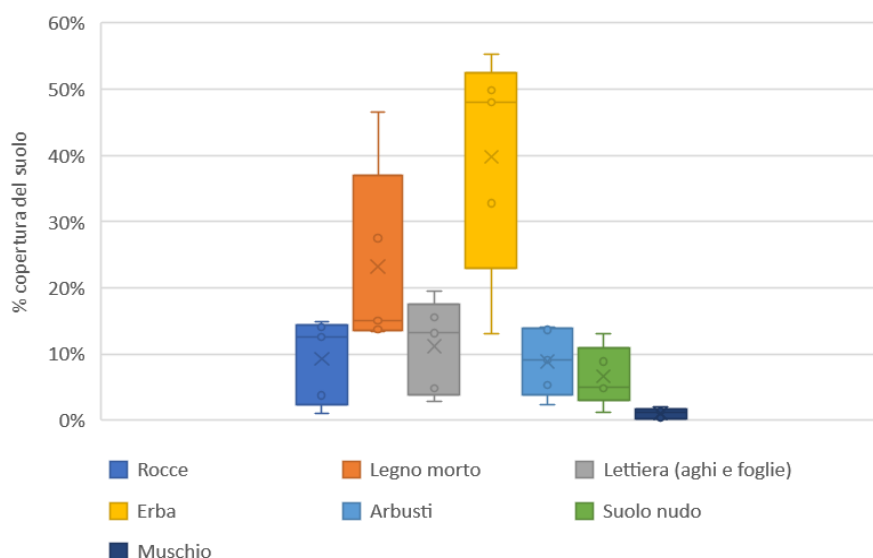


Figura 43 – % media copertura del suolo nelle aree tagliate

Nelle aree situate ai margini delle zone tagliate e non interessate da interventi selvicolturali, la percentuale relativa ai differenti tipi di copertura del suolo, risulta essere differente, rispetto a quella riscontrata a livello delle singole tagliate. In particolare, la figura 44 mostra come la percentuale di erba misurata a livello delle diverse aree boschive, sia molto inferiore rispetto a quella presente a livello delle aree tagliate. Infatti la variabilità dei valori registrati a livello delle diverse aree, risulta essere compresa tra lo 0% registrato in corrispondenza del “Bosco 2018”, “2016 A” e “2012” e il 31% presente a livello del “Bosco 2016 B”. Questi valori percentuali di erba, minori nelle aree non tagliate, possono essere riconducibili al fatto che la copertura da parte della vegetazione sia maggiore, limitando così lo sviluppo di erba. Rispetto alle aree tagliate, la variabilità relativa alla percentuale di lettiera, risulta essere maggiore nel bosco non tagliato andando dal 16% nel “Bosco 2020” al valore massimo pari al 62% a livello del “Bosco 2012”. Anche la copertura di legno morto presenta una dispersione riguardante i valori medi più contenuta rispetto alle aree tagliate, in particolare il suo intervallo di valori è compreso tra il 9% nel “Bosco 2016 B” e il 39% a livello del “Bosco 2018”. Maggiore invece risulta essere la variabilità dei valori medi relativi alla % di copertura delle rocce a livello delle aree non interessate da interventi selvicolturali. In particolare, il range di valori risulta essere compreso tra il 4% nel “Bosco 2012” e il 32% nel “Bosco 2020”. Percentuali di copertura più contenute fanno riferimento agli arbusti, suolo nudo e muschio. Per queste coperture si verifica una sovrapposizione in termini di intervallo di valori compresi tra lo 0% e il 15%.

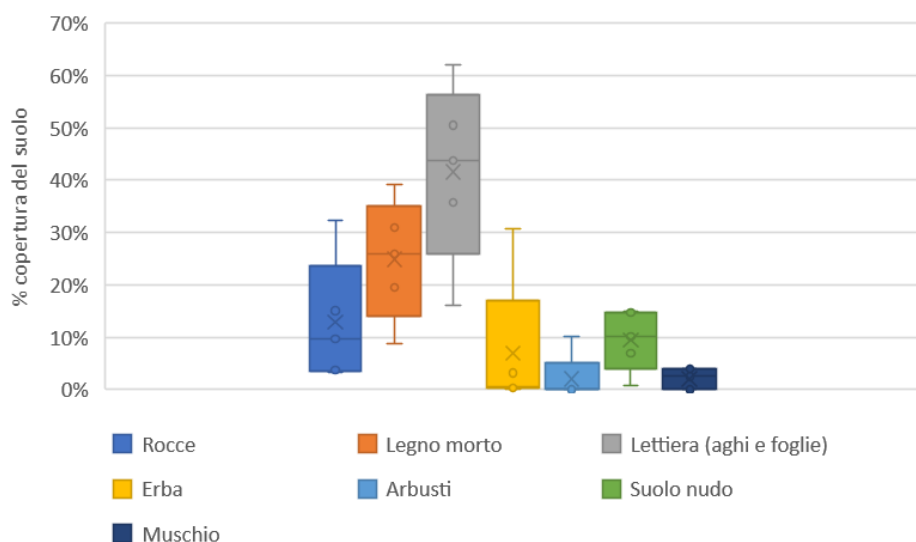


Figura 44 – % media copertura del suolo nelle aree non tagliate

5.4 Analisi dei modelli multivariati

Per la costruzione dei modelli è stato considerato il conteggio dei semenzali e di determinati predittori quali copertura del terreno, copertura delle chiome, area basimetrica per ettaro delle piante portaseme di quella specie, pendenza e numero di anni dal taglio. Non tutti questi predittori sono risultati significativi per le diverse specie e sono per cui stati utilizzati nei modelli solo quelli rilevanti.

Per quanto riguarda l'abete rosso sono state utilizzate le 60 osservazioni delle aree di saggio. I predittori risultati significativi sono stati la copertura della lettiera e dell'erba, la pendenza e la copertura delle chiome. È risultata una devianza spiegata (percentuale di variabilità della risposta che il modello riesce a spiegare) del 42%. Se consideriamo la lettiera l'effetto è negativo, -0.02 e ciò significa che c'è proporzionalità inversa con il conteggio dei semenzali; il valore di significatività dell'effetto è 0.09, più è basso e più l'effetto è significativo. Considerando la pendenza l'effetto è positivo, 0.12 ed esiste per cui proporzionalità diretta con il conteggio dei semenzali; il valore di significatività dell'effetto è 0.00. Considerando la copertura delle chiome l'effetto è -0.03, c'è quindi proporzionalità inversa; il valore di significatività è 0.00. Considerando la copertura di erba l'effetto è -0.02 e per cui è presente una proporzionalità inversa con il conteggio dei semenzali; il valore di significatività dell'effetto è 0.04.

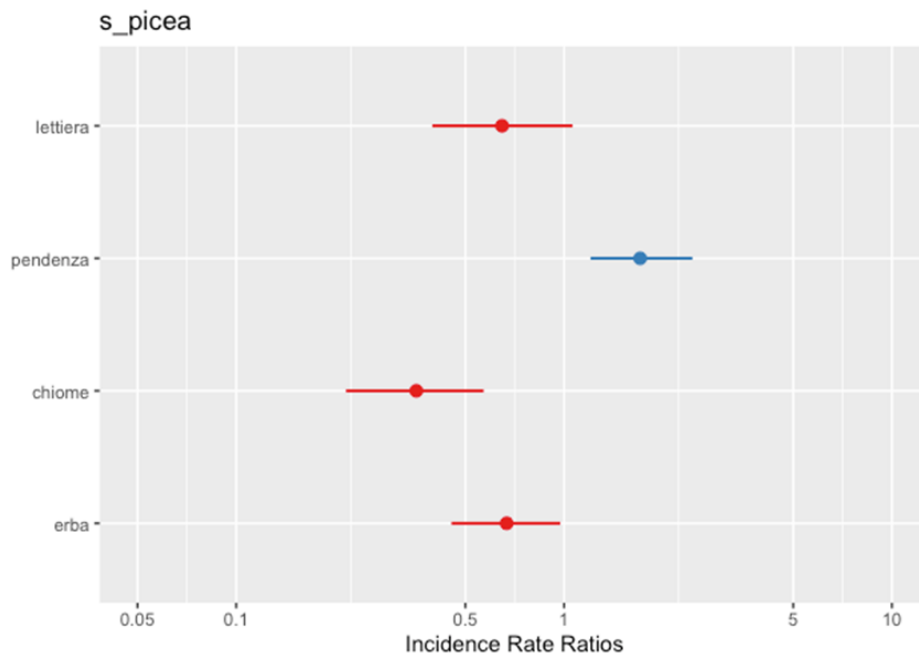


Figura 45 – Modello multivariato relativo all'abete rosso

Per quanto riguarda l'abete bianco sono state utilizzate per la costruzione dei modelli 40 osservazioni e questo è dovuto al fatto che sono state eliminate le 20 osservazioni rilevate nelle aree di bosco non tagliato in quanto è risultato essere rilevante il numero di anni passato dal taglio. I predittori che sono risultati essere significativi sono la copertura di lettiera, l'area basimetrica per ettaro delle portaseme di abete bianco e il numero di anni dal taglio. La devianza spiegata è del 46.5%. Considerando la copertura della lettiera l'effetto è -0.03, c'è proporzionalità inversa; il valore di significatività dell'effetto è 0.03. Considerando l'area basimetrica per ettaro delle portaseme l'effetto è 0.06, positivo e c'è quindi proporzionalità diretta con il conteggio dei semenzali; il valore di significatività dell'effetto è 0.00. Considerando gli anni dal taglio l'effetto è negativo, -0.31; il valore di significatività è 0.00.

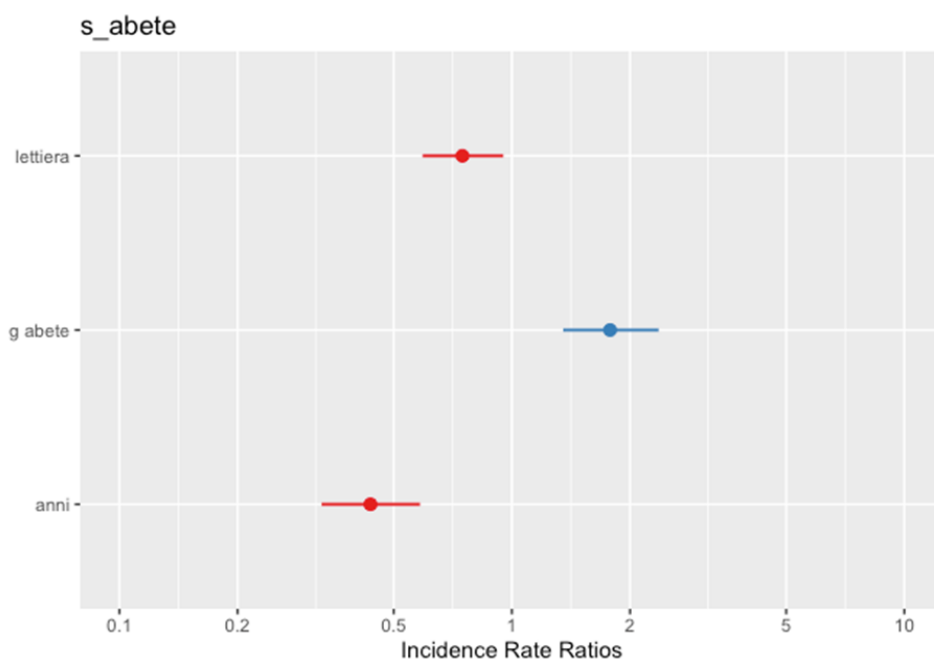


Figura 46 – Modello multivariato relativo all'abete bianco

Per quanto riguarda il sorbo sono state utilizzate tutte le 60 osservazioni per la costruzione del modello. I predittori che sono risultati significativi sono la copertura di legno morto, lettiera e suolo nudo e l'area basimetrica per ettaro delle portaseme di sorbo. La devianza spiegata è del 49.1%. Considerando la copertura di legno morto l'effetto è -0.06, c'è quindi una proporzionalità inversa con il conteggio dei semenzali; il valore di significatività dell'effetto è 0.00. Considerando la copertura della lettiera l'effetto è -0.02, negativo; il valore di significatività è 0.02. Considerando la copertura di suolo nudo l'effetto è -0.03, c'è proporzionalità inversa con il conteggio dei semenzali; il valore di significatività è 0.09.

Considerando l'area basimetrica per ettaro delle portaseme l'effetto è 1.20, positivo; il valore di significatività dell'effetto è 0.00.

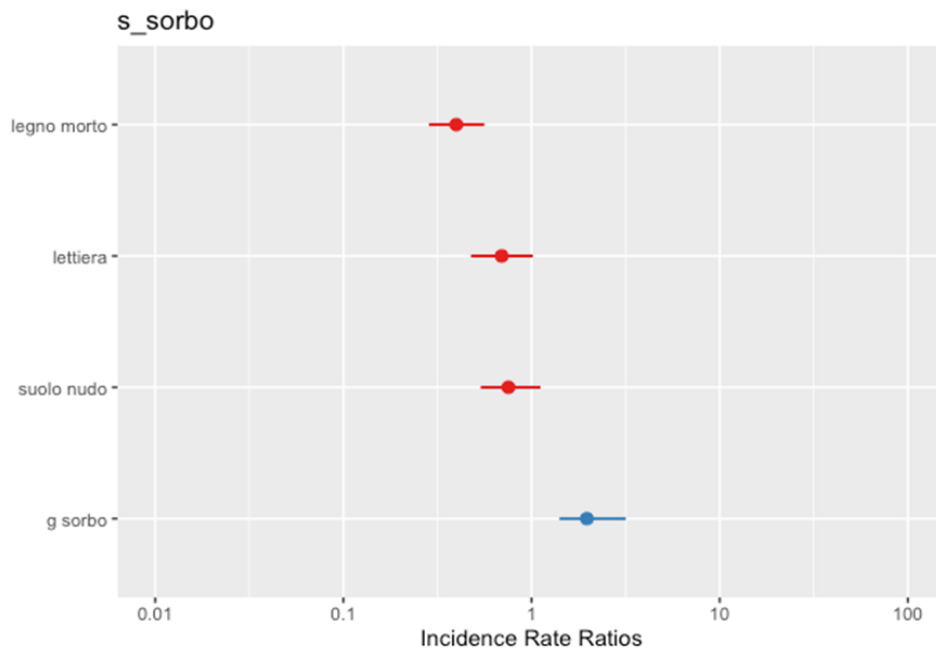


Figura 47 – Modello multivariato relativo al sorbo

Per quanto riguarda il larice sono state utilizzate 60 osservazioni per la costruzione del modello. I predittori risultati significativi sono la copertura di suolo nudo e erba e la copertura delle chiome. Considerando la copertura di suolo nudo l'effetto è 0.12, c'è proporzionalità diretta con il conteggio dei semenzali; il valore di significatività dell'effetto è 0.00. Considerando la copertura delle chiome l'effetto è -0.05, c'è proporzionalità inversa con il conteggio dei semenzali; il valore di significatività è 0.00. Considerando la copertura di erba l'effetto è positivo, 0.02; il valore di significatività è 0.07.

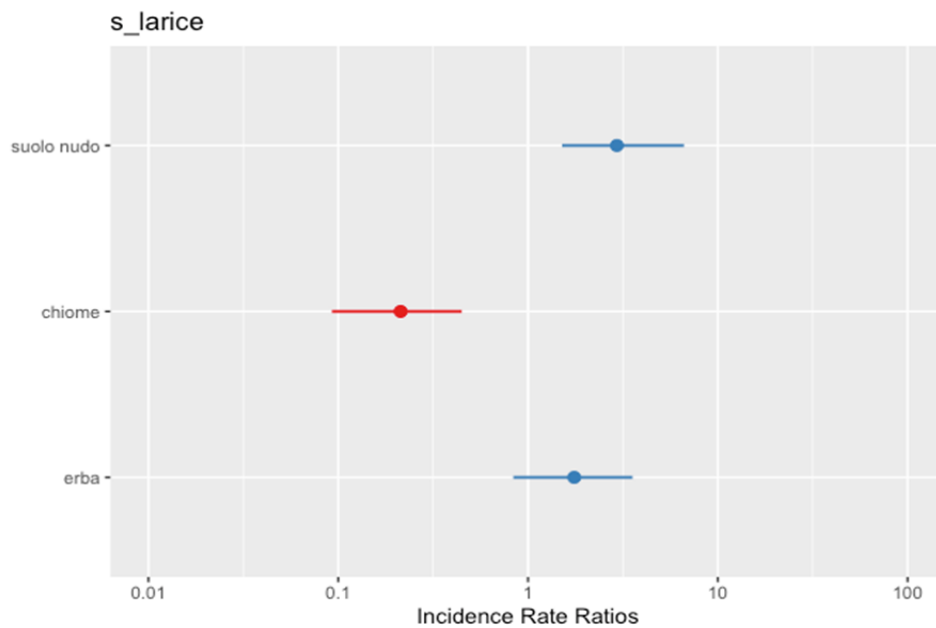


Figura 48 – Modello multivariato relativo al larice

Per quanto riguarda la betulla sono state utilizzate 60 osservazioni per la realizzazione del modello. L'unico predittore risultato significativo è la copertura delle chiome. La devianza spiegata è del 23.6%; il fatto che sia così bassa potrebbe essere dovuta alla scarsità di dati disponibili o alla presenza di altri fattori non considerati che stanno agendo. Considerando la copertura delle chiome l'effetto è -0.05, c'è proporzionalità inversa con il conteggio dei semenzali; il valore di significatività dell'effetto è 0.05.

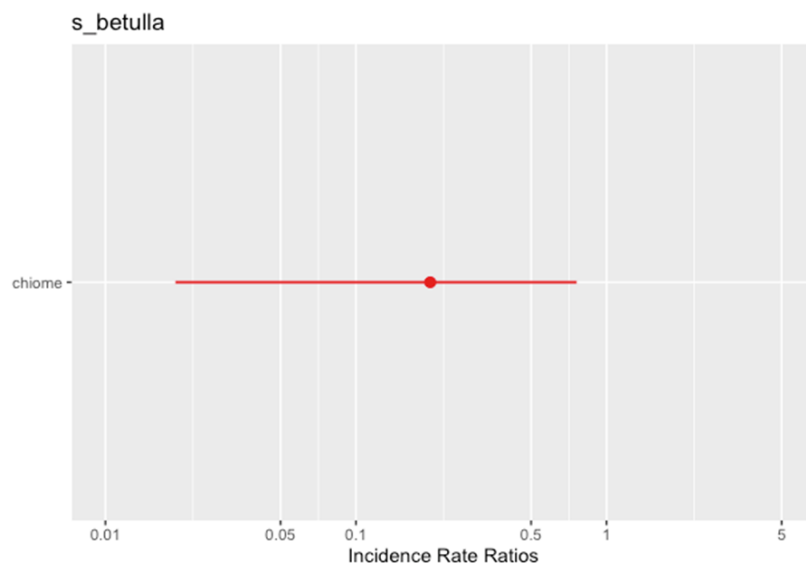


Figura 49 – Modello multivariato relativo alla betulla

6. DISCUSSIONE

6.1 Analisi della copertura del suolo

La copertura del suolo è stata stimata in termini percentuali e divisa in copertura di legno morto, rocce, lettiera, erba, arbusti, suolo nudo e muschio. Per quanto riguarda la copertura di legno morto, esso potrebbe risultare un ostacolo alla rinnovazione, poiché sottrae spazio e luce ai semenzali. Alcune specie come abete rosso e abete bianco, sembrano avvantaggiarsi da questa copertura, trovando sul legno morto un buon substrato di crescita, in grado di trattenere acqua, protezione dal brucamento da parte di ungulati e dalla neve. Inoltre, la presenza di legno morto, potrebbe limitare la competizione della rinnovazione con altre specie, soprattutto eliofile, in accordo con i risultati ottenuti con l'analisi multivariata. Le rocce potrebbero essere un ostacolo in quanto sottraggono spazio ai semenzali. Anche l'abbondanza di lettiera al suolo, risulta essere un limite allo sviluppo della rinnovazione, poiché la radichetta del semenzale deve crescere ed oltrepassare lo strato di lettiera per giungere fino al suolo; inoltre, una lettiera di conifere costituisce un substrato acido. Infatti, come rappresentato dalle analisi multivariate e considerato quanto riportato nel capitolo precedente, le diverse specie forestali presentano una relazione inversamente proporzionale con la copertura di lettiera. Inoltre, la maggiore presenza relativa a questa copertura nelle aree non tagliate, potrebbe spiegare il minor conteggio riguardante la rinnovazione delle differenti specie rispetto alle aree tagliate, oltre che ad una maggiore % di copertura da parte delle chiome.

Erba e arbusti rappresentano un ostacolo per la rinnovazione, in quanto entrano in competizione con i semenzali per lo spazio, l'acqua, i nutrienti e la luce. Nelle aree tagliate si nota come ci sia un'elevata copertura del suolo da parte di erba e legno morto, seguita poi da lettiera, rocce, arbusti, suolo nudo e muschio in percentuali variabili, a seconda della tagliata considerata. Per quanto riguarda il bosco non tagliato, invece la percentuale di copertura di erba è molto minore probabilmente, perché l'elevata copertura delle chiome non lascia passare luce sufficiente per permettere allo strato erbaceo di svilupparsi. Questo potrebbe spiegare come lo sviluppo di questo tipo di copertura, sia favorito da una maggiore illuminazione, la quale risulterebbe vantaggiosa anche per la crescita e l'insediamento di specie eliofile, la cui presenza nelle aree non tagliate si riduce notevolmente. Infatti come indicato nel capitolo 5.4, le analisi multivariate mostrano come specie eliofile, tra cui il

larice, presentino un effetto positivo nei confronti dell'erba, mentre specie come l'abete rosso un effetto negativo.

La presenza di suolo nudo potrebbe rappresentare una problematica in termini di erosione, soprattutto se ci si trova su pendenze elevate. Anche in presenza di pendenze moderate potrebbe essere difficile per i semenzali crescere su suolo nudo; il larice invece presenta un effetto positivo nei confronti di questo substrato.

6.2 Interpretazione dei dati

Gli interventi selvicolturali eseguiti nel corso degli anni, hanno determinato la formazione di diverse tagliate, portando così ad una modificazione relativa alle caratteristiche ambientali delle differenti aree boschive, rispetto alla condizione di pre-intervento. In particolare, questa variazione riguardante le caratteristiche delle aree boschive, fa riferimento principalmente alla % di copertura delle chiome, la quale determina, a seconda dell'intensità del taglio, un più o meno marcato aumento relativo alle condizioni di illuminazione a livello delle aree tagliate, e questo porta ad un cambiamento, sia in termini di tipologia, sia in termini di % di copertura del suolo. Queste due % di copertura, possono influire sul numero di semenzali e rinnovazione affermata delle diverse specie forestali. Analizzando i risultati ottenuti attraverso l'analisi multivariata, emerge come la rinnovazione relativa alle diverse specie forestali, presenta delle relazioni positive o negative con i vari fattori ambientali. In particolare, la % di copertura delle chiome e la % di copertura del suolo, potrebbero presentare a seconda del tipo di copertura, delle relazioni direttamente proporzionali o inversamente proporzionali con il numero di semenzali delle differenti specie forestali. Inoltre, altre relazioni possono riguardare la presenza di piante portaseme, le quali svolgono una funzione legata alla dispersione dei semi delle differenti specie, e il numero di semenzali. Da un punto di vista relativo alla % di copertura delle chiome, analizzando le relazioni ottenute attraverso l'analisi multivariata, emerge come la rinnovazione di abete rosso, larice e betulla, sia legata negativamente alla copertura delle chiome. L'abete rosso tollera maggiormente condizioni di scarsa illuminazione rispetto alle altre due specie, le quali risultano essere caratterizzate da un comportamento tipicamente eliofilo. Mentre, l'abete rosso presenta un comportamento, nei confronti delle condizioni di illuminazione, che può essere definito semi-sciafilo o semi-eliofilo, quindi in presenza di un'elevata copertura da parte della vegetazione, la sua rinnovazione risulta essere limitata. Queste considerazioni potrebbero trovare un riscontro da quanto indicato nel capitolo successivo, dove viene

spiegata la relazione esistente tra la rinnovazione presente a livello delle aree tagliate e a livello delle aree non interessate da interventi selvicolturali.

Per quanto riguarda la rinnovazione relativa alle differenti specie forestali, si evidenzia come la copertura da parte del legno morto, potrebbe influenzare negativamente lo sviluppo di specie eliofile e pioniere, come sorbo degli uccellatori, larice e betulla. Questo, come indicato dalla letteratura scientifica e spiegato nel capitolo 1.3, è riconducibile al fatto che la presenza di legno morto oltre a determinare una protezione nei confronti dei semenzali, riconducibile ad una difesa dal brucamento da parte degli ungulati e ad una concorrenza con erbe, felci o arbusti, porta ad una riduzione delle condizioni di illuminazione, fattore chiave per lo sviluppo di specie eliofile (come sottolineato da Motta et al. 2006, Zielonka, 2006 e Kathke et al. 2010). Questo risulta essere visibile a livello delle tagliate più recenti, dove l'abbondanza di legno morto al suolo, in seguito agli interventi selvicolturali, favorisce la rinnovazione di specie forestali maggiormente tolleranti nei confronti dell'ombra, come abete rosso e abete bianco, limitando invece lo sviluppo di sorbo, larice e betulla (eliofile). La decomposizione del legno morto che si verifica nel corso degli anni, come indicato nella sezione risultati, porta ad avere delle condizioni di spazio e di illuminazione, tali da determinare la formazione di un letto di germinazione, favorevole per la crescita della rinnovazione arborea, riguardante anche quelle specie meno tolleranti nei confronti dell'ombra. L'abbondante presenza di legno morto derivante da questi interventi, riscontrata maggiormente a livello della tagliata "2020", due anni dopo il taglio, potrebbe favorire inizialmente l'insediamento di specie tolleranti l'ombra, come abete rosso e abete bianco, mentre nel corso degli anni le condizioni, sia di illuminazione, sia di copertura potrebbero favorire anche la rinnovazione di specie eliofile come sorbo, larice e betulla, come riscontrata nelle tagliate "2018" e "2016". La presenza di queste specie, dai campionamenti effettuati in corrispondenza della tagliata "2012", 10 anni dopo il taglio, potrebbe essere compromessa, sia da una maggiore copertura delle chiome, sia da una maggiore presenza di una copertura erbacea.

Dalle analisi multivariate, emerge come la rinnovazione relativa alle differenti specie forestali, sia legata negativamente alla copertura da parte della lettiera compatibilmente da quanto indicato nella letteratura scientifica. Infatti, la presenza di uno spesso strato composto da aghi di conifere, comporta un impedimento relativo allo sviluppo dei semenzali, rendendo maggiormente difficoltoso il raggiungimento del terreno da parte della radichetta dei diversi semi, causando così una loro morte (come sottolineato da Lechner et al. 2020, Segneghi,

2013). Il larice risulta essere la specie forestale la cui rinnovazione risente maggiormente, rinnovandosi con molta fatica, in presenza di abbondante lettiera al suolo. Analizzando le relazioni tra la copertura da parte dell'erba e la rinnovazione relativa alle differenti specie forestali, emerge come questi fattori siano legati tra di loro da una proporzionalità diretta o inversa, a seconda della specie che viene presa in considerazione. In particolare, come riportato nella sezione risultati, la presenza % di erba, risulta essere maggiore in corrispondenza delle aree soggette ad interventi selvicolturali, dove la minore copertura delle chiome, determina delle condizioni di illuminazione tali da favorire il suo sviluppo, oltre che la crescita di specie eliofile. Queste specie non presentano competizione con l'erba, ma la loro presenza è connessa ad un fattore comune che favorisce, sia l'instaurarsi di questa copertura, sia lo sviluppo di specie eliofile e questo fattore è rappresentato dalle condizioni di luce. La concentrazione di specie eliofile come sorbo, larice e betulla, risulta maggiore in corrispondenza di tagliate meno recenti e conseguentemente, in queste aree si riduce il numero di semenzali, riguardanti le specie meno eliofile, in particolare l'abete rosso, mentre per l'abete bianco questa riduzione risulta meno marcata, grazie alla sua capacità di adattamento alle differenti condizioni di illuminazione. Inoltre, l'abbondante presenza di una copertura del suolo da parte dell'erba potrebbe determinare delle condizioni di umidità tali, da favorire la rinnovazione di alcune specie forestali. Abete rosso, abete bianco e sorbo, risultano essere specie differenti dal punto di vista delle esigenze, legate alla disponibilità di luce, mentre si accomunano in termini di adattamento a microclimi più umidi. Questo potrebbe giustificare l'effetto negativo esistente tra la rinnovazione di sorbo e la copertura di suolo nudo ottenuta attraverso le analisi multivariate. Da queste analisi, inoltre, si evidenzia come la rinnovazione di larice, presenti una proporzionalità diretta (effetto positivo) con la copertura di suolo nudo. Questo potrebbe essere connesso al fatto che questa specie, come detto in precedenza, risente maggiormente, in termini di rinnovazione, della presenza di lettiera al suolo.

Inoltre, dalle analisi multivariate emerge come la rinnovazione relativa ad alcune specie forestali, presenti una relazione direttamente proporzionale con la presenza di piante portaseme. In particolare, l'effetto positivo legato a questo tipo di proporzionalità risulta essere maggiore nel caso di specie come il sorbo, il quale è caratterizzato da un seme pesante. Esso presenta un tipo di dispersione zoocora (ad opera di animali, in particolare uccelli) e barocora (per effetto della gravità) e per questo motivo, i semi, soprattutto con una dispersione di tipo barocora, si disperdono in maniera più limitata nell'ambiente rispetto ad

altre specie. Quindi, l'abbondanza di rinnovazione relativa a questa specie potrebbe essere riconducibile alla presenza di uno o più portasemi nelle vicinanze, che porterebbero ad avere un numero elevato di semenzali. Mentre le conifere come abete rosso, abete bianco e larice e alcune latifoglie come la betulla, sono caratterizzate da un seme più leggero, il quale viene disperso principalmente per via anemocora (per effetto del vento) e quindi, si ha una loro maggiore dispersione nell'ambiente. Per questo motivo la relazione di proporzionalità diretta esistente tra la rinnovazione di abete bianco e la presenza di piante portaseme, risulta inferiore rispetto a quella indicata per il sorbo.

6.3 Analisi della rinnovazione

Analizzando le caratteristiche delle diverse specie, possiamo meglio comprendere la situazione relativa ai semenzali all'interno delle diverse tagliate e del bosco non tagliato. La specie maggiormente presente in termine di numero di semenzali è l'abete bianco e, questo potrebbe essere dovuto al fatto che la specie è prevalente all'interno del popolamento arboreo e per cui c'è un'ampia disponibilità di seme. Inoltre, questa specie è in grado di adattarsi alle differenti condizioni di illuminazione, per cui è in grado di crescere, sia all'interno del bosco con poca luce, rimanendo in uno stato di quiescenza nell'attesa che venga liberato dello spazio con il taglio o in seguito alla caduta di qualche pianta, ma cresce anche subito dopo un disturbo, quando i semi a terra sono raggiunti dalla luce (Robakovski et al. 2004, Mercurio et al. 2008). Infatti, semenzali di abete bianco sono stati ritrovati sia all'interno delle tagliate, che a livello delle aree situate ai margini di esse, in elevata quantità. È stato rilevato anche un elevato numero di semenzali di sorbo, ma questo concentrato soprattutto in determinate aree soggette al taglio (tagliata "2016 B" e "2012"). Questo potrebbe essere dovuto alla presenza di numerose piante portaseme, come spiegato nel capitolo precedente. Inoltre il sorbo, essendo una specie eliofila, si rinnova bene dove la disponibilità di luce è elevata e per cui all'interno delle tagliate. Tuttavia è stato trovato abbondante anche a livello di aree non interessate da interventi selvicolturali, in particolare nell'area denominata "Bosco 2016 B" e questo potrebbe essere spiegabile vista la numerosa disponibilità di piante portaseme. La presenza di questa specie, a livello delle aree non tagliate, potrebbe essere riconducibile alla capacità della rinnovazione di tollerare una maggiore condizione di ombra, rispetto alle giovani piantine di altre specie pioniere. La rinnovazione di sorbo è in grado di colonizzare aree interessate da disturbi, rimanendo in uno stato di quiescenza, in attesa di condizioni di illuminazione maggiormente favorevoli, come aperture nelle chiome, che consentano una

sua crescita (Zywiec et al. 2012). Inoltre, questa specie risulta essere caratterizzata da una dispersione barocora e zoocora, diversamente rispetto ad altre specie pioniere, che solitamente presentano una dispersione anemocora con maggiore propagazione nell'ambiente. Per il sorbo, la dispersione dei semi, è legata invece alla gravità e ad uccelli e mammiferi frugivori e per questo motivo la loro propagazione risulta essere più limitata. I semi di questa specie, si concentrano maggiormente attorno alle fonti dei semi, che appunto sono rappresentate dalle piante portaseme, costituendo dei popolamenti formati da un elevato numero di giovani piantine (Jordano et al. 2007, Zywiec et al. 2012).

L'abete rosso è stata anch'essa una specie ritrovata, ma in minore quantità, poiché la sua presenza nel popolamento arboreo, risulta più bassa rispetto a quella dell'abete bianco. L'abete rosso, risulta essere una specie tollerante nei confronti dell'ombra, ma in misura minore rispetto all'abete bianco. Infatti, la sua rinnovazione in corrispondenza delle aree non interessate dai tagli, si trova in quantità molto più contenuta rispetto alle aree tagliate.

Il larice è presente in numeri ancora più contenuti, nelle aree non tagliate, rispetto all'abete rosso. Questo potrebbe essere dovuto al fatto che, esso risulta essere una specie pioniera ed eliofila, in grado di svilupparsi subito dopo un disturbo, mentre presenta una scarsa rinnovazione in aree dove prevale una condizione di ombra, come nel caso delle aree boschive non tagliate (Borgatti 2021, Soraruf et al. 2007). La sua rinnovazione a livello di queste aree, potrebbe risentire anche dell'abbondanza riguardante una copertura del suolo da parte della lettiera, come riportato nel capitolo risultati. Inoltre, la rinnovazione delle conifere come abete bianco, abete rosso e larice, a livello del bosco non tagliato, potrebbe essere compromessa dal fatto che, la dispersione dei semi relativi a queste specie, è principalmente anemocora e quindi una fitta copertura da parte delle chiome potrebbe impedire ai semi di raggiungere il suolo (Censi 2013).

La betulla è stata rinvenuta molto poco, nel popolamento non sono state trovate piante portaseme di betulla e per cui, si deduce che il seme possa arrivare da lontano, infatti come indicato per le conifere, anche i semi di questa specie, vengono dispersi dal vento. È infatti una specie pioniera, con seme leggero in grado di disperdersi nell'ambiente (come indicato nel capitolo precedente), si adatta bene a substrati disturbati e poveri e prepara il suolo all'arrivo delle piante proprie del popolamento adulto, arricchendolo di nutrienti. Come il larice, anche la betulla è una specie eliofila e cresce bene in presenza di luce, i semenzali riescono per cui a crescere subito dopo il disturbo, quando non trovano competizione con un'abbondante presenza di uno strato erbaceo o arbustivo, mentre appena si sviluppano

questi non trovano più le condizioni favorevoli alla crescita. Nel bosco non tagliato non è stato ritrovato alcun semenzale della specie e ciò conferma il fatto che sia una specie eliofila e pioniera e che non entra a fare parte del popolamento adulto.

Per quanto riguarda la rinnovazione affermata la specie più abbondante è il sorbo, seguita da abete bianco, abete rosso, larice, faggio (presente quasi unicamente nella tagliata “2012”) e betulla (presente soprattutto nelle tagliate “2016 A” e “2016 B”). Inoltre, questa rinnovazione affermata è presente soprattutto a livello delle tagliate, mentre è molto ridotta nel bosco non tagliato, dove i semenzali non trovano spazio e risorse per affermarsi. All’interno delle diverse aree analizzate, nel bosco è stata ritrovata rinnovazione affermata di sorbo, abete bianco, abete rosso e faggio, riportati in ordine di numerosità.

Il numero di semenzali nelle aree analizzate, risulta sempre maggiore rispetto al numero della rinnovazione affermata e questo potrebbe essere riconducibile all’elevata mortalità, a cui sono soggetti i semenzali, un basso numero di questi sopravvive e può affermarsi. L’alto tasso di mortalità è dovuto ad una serie di fattori climatici ed ambientali, quali la competizione per acqua, nutrienti, spazio e luce. Questi fattori possono subire una modificazione da parte, sia degli interventi selvicolturali, che possono determinare una variazione delle condizioni di illuminazione, sia da parte del cambiamento climatico, il quale potrebbe avere un’incidenza riguardante l’intensità e la frequenza delle precipitazioni (Kienast et al. 1996, Gentilesca 2014). Inoltre, anche il brucamento da parte degli ungulati, potrebbe incidere sulla mortalità dei semenzali relativi alle diverse specie forestali, andando a modificare la sopravvivenza e la crescita delle piantine, di determinate specie rispetto ad altre (Motta 2003, Gentilesca 2014).

Tuttavia, per due specie, si è rilevato un numero maggiore di rinnovazione affermata rispetto a quello relativo ai semenzali e, queste specie sono rispettivamente la betulla e il faggio. Come detto in precedenza, la betulla è una specie eliofila pioniera e cresce subito dopo un disturbo, quando non c’è competizione e ampia disponibilità di luce, ma quando le condizioni cambiano e riescono a crescere anche altre specie, sia erbacee che arboree, la betulla non riesce più a svilupparsi e per questo motivo si ritrova un maggiore numero di rinnovazione affermata, che di semenzali. Per quanto riguarda il faggio, questo potrebbe essere riconducibile alla capacità di questa specie di produrre, in diverse annate, una elevata quantità di faggiole (semi), la cui dispersione avviene, sia attraverso la gravità, sia attraverso il trasporto animale (Cerato 2017). Questi anni, in cui si verifica una produzione abbondante di semi, vengono definiti annate di pasciona e si verificano ad intervalli variabili, a seconda

delle specie considerate e sono inoltre influenzati dalle diverse condizioni ambientali e climatiche. Sulla base di queste considerazioni, è probabile che l'anno in cui sono stati eseguiti i rilievi, non si sia verificata una consistente produzione di semi, portando i semenzali ad essere in numero inferiore rispetto alla rinnovazione affermata.

6.4 Analisi degli interventi selvicolturali

Possiamo affermare che i tagli sono stati utili per permettere ai semenzali di nascere e affermarsi. Gli interventi selvicolturali realizzati avevano lo scopo di favorire la rinnovazione naturale, attraverso l'apertura del popolamento. Infatti, grazie all'apertura di buche sono state modificate le condizioni di luminosità e spazio all'interno del bosco maturo e, questo ha permesso alla rinnovazione di insediarsi dal momento che al terreno scoperto giunge più luce, calore e acqua. Le buche sono state di dimensioni opportune per permettere l'istaurarsi delle diverse specie sia eliofile che più amanti l'ombra, presenti nel popolamento adulto. La decisione di lasciare alcune piante all'interno delle tagliate, è stata utile per permettere a queste di disperdere i semi e favorire la nascita di nuove piantine in un tempo piuttosto rapido, anziché lasciare che le sole piante del bosco, disperdessero i loro semi all'interno delle buche aperte con i tagli. Questo avrebbe significato, che vicino ai margini del bosco, si sarebbe istaurato un numero elevato di semenzali in un breve tempo, mentre per potere raggiungere distanze sempre maggiori all'interno delle aree soggette al taglio, i semenzali avrebbero impiegato un tempo notevole durante il quale lo strato erbaceo e arbustivo, si sarebbero sviluppati prendendo il posto della rinnovazione. Inoltre, queste piante lasciate come portaseme, sono state scelte di diverse specie, così da favorire la diffusione del seme di numerose specie e quindi la biodiversità. Lasciare delle piante in piedi oltre che per la dispersione del seme, ha importanza anche per proteggere la rinnovazione da eccessi di luce nel caso delle specie più amanti l'ombra, da gelate, dalla competizione di erbe e arbusti. Inoltre, bisogna sottolineare l'importanza del fatto che i lavori sono stati condotti correttamente e, infatti come risulta, non sono stati fatti danni a piante in piedi e non sono state tagliate piante che non erano state contrassegnate. Queste operazioni, sono state eseguite rispettando le norme relative al regolamento n. 5/2007 "Norme Forestali Regionali" di Regione Lombardia. Questo regolamento indica le procedure amministrative in grado di regolare le attività di produzione di legname, salvaguardando la rigenerazione del bosco e conservazione del paesaggio. Le linee guida indicate nel regolamento n. 5/2007, sono in accordo con quanto riportato nelle varie istanze e progetti di taglio forniti da ERSAF, redatti

al fine di procedere all'esecuzione dei vari interventi selvicolturali. Secondo quanto affermato nell'articolo 39 riportato nel capo II nella sezione I, norme generali per tutti i boschi e riguardante in particolare le norme per gli interventi in fustaia, viene affermato che le fustaie possono essere utilizzate mediante tagli successivi, oppure mediante taglio saltuario o, nei casi permessi, mediante taglio a raso a strisce e che, le modalità di taglio devono essere in funzione della struttura del bosco. Inoltre, viene stabilito che le fustaie multiplane di tutti i tipi forestali, possono essere utilizzate mediante taglio saltuario oppure tagli successivi, salvo nel caso di pronto intervento e di lotta fitosanitaria, ove è ammesso il taglio a raso a strisce. Nel taglio saltuario (che riguarda i tagli condotti nelle aree oggetto di studio), la massa legnosa asportata ad ogni utilizzazione non può superare il venti per cento di quella presente in bosco. È stata calcolata per ogni tagliata la massa teorica asportata con i tagli attraverso l'utilizzo della formula di Denzin, che partendo dai diametri delle piante presenti nella tagliata e nel bosco, ha permesso di calcolare la percentuale della massa legnosa asportata. In particolare, ogni diametro delle piante misurato in campo è stato dapprima trasformato da cm a m e, sono stati poi calcolati i m³ di ogni pianta presenti facendo una semplice operazione: $10 * (D(m))^2$; questi sono poi stati sommati, sia per quanto riguarda le tagliate, che il bosco non tagliato, ed è stata calcolata la percentuale della massa legnosa asportata. In particolare, per l'area di saggio 2012, è stato trovato per quanto riguarda i m³ presenti nella tagliata, il valore di 90.860 mentre quelli nel bosco non tagliato di 121.262, con un risultato di 25.07% di massa asportata. Per quanto riguarda l'area 2016 i m³ presenti nella tagliata sono 163.052 e quelli nel bosco di 219.235, con una massa asportata risultante del 25.63%. Per quanto riguarda l'area 2018, è stato calcolato il numero di m³ presenti nella tagliata che è di 88.277, mentre quelli nel bosco di 125.454, con una massa asportata del 29.63%. Per l'area 2020 sono stati calcolati i m³ nella tagliata che sono 68.560 e quelli nel bosco che sono 124.331, con una massa legnosa asportata del 44.86%. I risultati ottenuti sono maggiori rispetto al limite di massa asportabile del 20%, che viene riportato nel regolamento forestale della regione Lombardia; tuttavia, come riportato nei progetti di taglio, i lavori sono stati rispettosi del regolamento e infatti, le percentuali che sono state calcolate non riguardano solo i tagli saltuari, ma altre due tipologie di tagli che sono rispettivamente il taglio fitosanitario e il taglio con finalità faunistica.

Inoltre, il taglio ha rappresentato un disturbo per il bosco e insieme all'esbosco, costituiscono due fasi molto delicate, perché durante queste fasi, numerosi danneggiamenti possono essere fatti sia alle piante in piedi, che dovranno rimanere nel popolamento sia al suolo. Piante che

riportano ferite in seguito ai tagli risultano essere maggiormente soggette all'azione di agenti biotici e, per questo motivo è necessario prestare molta attenzione durante lo svolgimento delle operazioni.

È importante nei prossimi anni compiere dei sopralluoghi all'interno delle aree tagliate, per valutare la densità delle piantine che sono cresciute. Se questa fosse troppo elevata, la mortalità naturale sarebbe alta e inoltre verrebbero meno alcuni servizi ecosistemici, come la stabilità e la produzione. In questo caso sarebbe consigliabile effettuare dei diradamenti, da cui si ricaverebbero assortimenti intermedi di legname e che permetterebbero al bosco di assolvere ai servizi per cui serve. Questi interventi di diradamento, servirebbero per controllare la distribuzione nello spazio degli alberi, per liberare dai concorrenti gli alberi selezionati, così da aumentare la crescita e quindi aumentare la stabilità meccanica, per migliorare la qualità dei fusti, per aumentare la produttività. Inoltre, in questa fase in cui il clima sta cambiando, le temperature stanno aumentando e la disponibilità di acqua diminuisce sempre più, è necessario fare sì, che all'interno di un popolamento ci sia un numero congruo di individui, che possono sfruttare le poche risorse disponibili, aiutando le piante a crescere più sane e resistenti piuttosto che avere un numero elevato di piante sofferenti e morenti, a causa dell'elevata competizione che si va a creare per risorse quali i nutrienti e l'acqua.

7. CONCLUSIONI

In seguito a quanto esposto si può dedurre come i tagli abbiano avuto un esito positivo per il bosco. Gli alberi adulti sono stati in grado di rinnovarsi grazie alle condizioni che in seguito al disturbo si sono andate a creare, mentre nel bosco troppo denso poche specie, soprattutto l'abete bianco, avevano una possibilità di poter dare vita a nuove piantine. Tuttavia, questa rinnovazione era in numero ridotto e incontrava numerose difficoltà durante la crescita per via dell'elevata competizione con le piante adulte. I tagli hanno avuto l'effetto sperato e infatti il bosco si sta rinnovando, sia per quanto riguarda le specie più tolleranti l'ombra, che le specie eliofile che nel bosco avevano poche possibilità di fare nascere i loro semi con effetti positivi anche sulla biodiversità. È importante ricordare che l'attività di taglio ed esbosco del legname sono state effettuate con cura, prestando attenzione a non danneggiare le piante da rilasciare nel popolamento. Questo è un elemento fondamentale, dal momento che piante danneggiate risultano più deboli e quindi soggette ai fattori di stress, sia biotici che abiotici. È inoltre importante valutare correttamente l'intensità del taglio per fare sì di

non avere tagli troppo elevati, che rappresenterebbero un disturbo troppo intenso per il bosco limitandone la sua rinnovazione, o tagli troppo moderati che a causa ancora dell'alta densità non permetterebbero ai semenzali di crescere come sperato. Come si può dedurre dai dati riportati nell'elaborato possiamo affermare che i tagli condotti nelle aree di studio siano stati correttamente condotti, sia per quanto riguarda lo svolgimento dei lavori, che prima per quanto riguarda la valutazione dell'intensità del taglio con una corretta grandezza delle buche, che ha permesso il rinnovarsi delle specie. La composizione vegetale presente nel bosco ha influito molto su quella che è stata la rinnovazione sviluppatasi all'interno delle tagliate, ad eccezione di una specie che è la betulla, ritrovata però in basse quantità. La scelta di lasciare in alcune aree detriti legnosi a terra mentre in altre di portarli via ha permesso ad ogni specie di trovare le condizioni migliori per la loro crescita, ad esempio l'abete rosso si è avvantaggiato dei residui legnosi lasciati, al contrario del larice, il quale ha avuto uno sviluppo migliore su suolo nudo in assenza di competizione, mentre specie come l'abete bianco, il faggio e il sorbo degli uccellatori sono state in grado, seppur con efficacia diversa, di crescere in entrambe le condizioni di suolo. Così anche la decisione di lasciare all'interno delle aree dove sono stati condotti i tagli, delle piante con la funzione di rilasciare il seme, ha permesso alla rinnovazione di insediarsi velocemente e vincere la competizione con lo strato erbaceo e arbustivo, che grazie alla liberazione da parte delle chiome hanno potuto ricevere luce sufficiente per svilupparsi. Inoltre, gli interventi effettuati favoriranno anche lo sviluppo della pre-rinnovazione presente, costituita soprattutto da abete bianco, e che grazie alla liberazione dalla competizione potrà crescere, mentre nelle condizioni precedenti, era in attesa che nel popolamento maturo si liberasse dello spazio a causa della caduta di qualche pianta adulta e potesse avere le condizioni per svilupparsi. In conclusione, possiamo affermare che gli interventi condotti da ERSAF in collaborazione con le diverse ditte boschive, hanno portato dei benefici al bosco permettendone la rinnovazione e quindi garantendo un futuro al soprassuolo, permettendo ai semenzali delle specie meglio adattate a vivere a quelle condizioni climatiche di affermarsi e così di andare a creare un bosco sano e che sia meglio in grado di rispondere ai cambiamenti climatici in atto e agli aumentati stress a cui tutte le foreste del mondo sono soggette.

8. BIBLIOGRAFIA

1. “16. Val Gerola”. ERSAF Lombardia. Disponibile da: <https://www.ersaf.lombardia.it/it/b/621/valgerola> (consultato il 30 Gennaio 2023).
2. “Il territorio: Ecomuseovalgerola.” Ecomuseo della Valgerola. Disponibile da: <https://www.ecomuseovalgerola.it/il-territorio2/> (consultato il 31 Gennaio 2023).
3. Ammer, C. 1996. “Impatto degli ungulati sulla struttura e sulla dinamica della rigenerazione naturale delle foreste montane miste nelle Alpi Bavaresi”. *Forest Ecology and Management* 88 (1-2): 43-53.
4. Anfodillo, Tommaso. 2007. “Cambiamento climatico e dinamica della popolazione al limite della vegetazione arborea: l'importanza degli studi a lungo termine.” *Forest@-Giornale di Selvicoltura ed Ecologia Forestale* 4 (marzo): 3-5.
5. Beckage B, Lavine M, Clark JS. 2005. “Sopravvivenza delle piantine di alberi attraverso lo spazio e il tempo: stime dai dati di conteggio a lungo termine”. *Journal of Ecology* 93: 1177–1184.
6. Borgatti, Andrea. 2021. “Struttura e dinamisimi in un popolamento ti timberline analizzati attraverso il monitoraggio di lungo termine”. Tesi di laurea, Università degli Studi di Padova.
7. Bucella, Pia. 2014. “L'importanza della multifunzionalità delle foreste in Europa.” *L'Italia Forestale e Montana* 69.3: 161-171.
8. Bussotti, Filippo. 2014. “Il bosco e l'inquinamento dell'aria.” (Gennaio), 34-54.
9. Censi, Michela. 2013. “Le tipologie del larice a Cortina D'Ampezzo: considerazioni ecologico-selvicolturali”. Tesi di laurea, Università degli Studi di Padova.
10. Cerato, Fabio. 2017. “Studio della rinnovazione di faggio in aree di bosco invecchiato sottoposte a diversi trattamenti nel comune di Seren del Grappa (BL): un'analisi comparativa”. Tesi di laurea, Università degli Studi di Padova.
11. Corgatelli, Gabriele. 2012. “PIANIFICAZIONE FORESTALE E RETE NATURA 2000 A TUTELA DEL GALLO CEDRONE (*Tetrao urogallus*): il caso delle Foreste Regionali Val Lesina e Val Gerola”. Tesi di laurea, Università degli Studi di Milano.
12. Dai, X. 1996. “Influenza delle condizioni di luce nelle lacune della volta sulla rigenerazione forestale: un nuovo indice di luce gap e la sua applicazione in una foresta boreale nella Svezia centro-orientale”. *Forest Ecology and Management* 84: 187–197.

13. Depoli, Claudio. 2012. “Aggiornamento della componente geologica, idrogeologica e sismica del piano di governo del territorio.” (Febbraio).
14. Diaci, J. 2002. “Dinamiche di rigenerazione in una piantagione di abete rosso norvegese su un sito di foresta di abete bianco e faggio nelle Alpi slovene”. *Forest Ecology and Management* 161: 27–38.
15. Dyderski MK, Paż S, Frelich LE, Jagodziński AM. 2018 b. “Quanto il cambiamento climatico minaccia la distribuzione delle specie arboree forestali europee?”. *Global Change Biology* 24: 1150–1163.
16. Dyderski, MK, Gazda, A., Hachułka, M. *et al.* 2018. “Impatti delle condizioni del suolo e della disponibilità di luce sulla rigenerazione naturale dell'abete rosso *norvegese* *Picea abies* (L.) H. Carso. nelle foreste montane a bassa quota”. *Annali di Scienze Forestali* 75, 91.
17. Felton A, Lindbladh M, Brunet J, Fritz Ö. 2010. “Sostituzione delle monocolture di conifere con stand di produzione di specie miste: una valutazione dei potenziali benefici per la biodiversità forestale nell' Europa settentrionale”. *Science Direct* 260: 939–947.
18. Finzi, AC, Canham CD. 2000. “Crescita dell'alberello in risposta alla disponibilità di luce e azoto in una foresta meridionale del New England”. *Forest Ecology and Management* 131: 153–165
19. Fraver, S., B.G. Jonsson, M. Jönsson, P.-A. Esseen. 2008. “Demografia e storia di disturbo di una foresta boreale di *Picea abies*”. *Journal of Vegetation Science* 19: 789-798.
20. Gellini, Romano. 1987. “Inquinamento atmosferico e deperimento delle piante forestali.” *Inquinamento atmosferico e deperimento delle piante forestali*, 347-369.
21. Gentilesca, Tiziana. 2014. “Rinnovazione dell'abete bianco in boschi della regione mediterranea: un modello logico”. *L'Italia Forestale e Montana*, 69 (2): 85-93.
22. Heuzé, P., A. Schnitzler, F. Klein. 2005. “Conseguenze dell'aumento della navigazione dei cervi invernali sulla rigenerazione dell'abete bianco e dell'abete rosso nelle montagne dei Vosgi meridionali: implicazioni per la gestione forestale”. *Annals of Forest Science* 62: 175-181.
23. Istituto nazionale di statistica. 2020. *Rapporto sul territorio 2020 ambiente, economia e società*. Roma, Italia.

24. Jordano, P., Garcia, C., Godoy, JA, Garcia-Castano, JL. 2007. “Contributo differenziale dei frugivori a modelli complessi di dispersione dei semi”. *Atti dell’Accademia Nazionale delle Scienze degli Stati Uniti d’America* 104: 3278-3282.
25. Kathke, Sabine, and Helge Bruelheide. 2010. “Interazione tra gap age e tipo di microsito per la rigenerazione di *Picea abies*.” *Science Direct* 259 (febbraio): 1597-1605.
26. Kienast, F., B. Brzeziecki, O. Alessio. 1996. “Potenziale di adattamento a lungo termine delle foreste montane dell’Europa centrale ai cambiamenti climatici: una valutazione di sensibilità assistita da GIS”. “*Forest Ecology and Management*” 80 (1-3): 133-153.
27. Krauchi, Norbert, Pietro Brang, and Walter Schönenberger. 2000. “Foreste delle regioni montane: lacune conoscitive e necessità di ricerca.” *Science Direct* Volume 132, Numero 1 (giugno): 73-82.
28. La Ragione, Claudio, Gilberto Parolo, Graziano Rossi, Marzia Fioroni, Andrea Pirovano, Laura Gasparini e Claudia Fumagalli. 2010. “PIANO DI GESTIONE DEL SIC IT2040027 Valle del Bitto di Gerola.” (Settembre).
29. Lechner, V., G. Markart, T. Rössler, D. Klingsbigl, F. Perz, M. Rössel, G. Bunza, et al. 2020. “Effetti di un rimboschimento non immediato nel bosco di protezione sulla sicurezza dai pericoli naturali (in particolare sul ruscellamento).” (gennaio).
30. Manzini, Jacopo, Yasutomo Hoshika, Barbara Baesso Moura, and Elena Paoletti. 2022. “Impatto dell’ozono troposferico sulle foreste italiane: applicazione di metodologie innovative per il monitoraggio in foresta.” *Italian Journal of Forest and Mountain Environments* 77 (dicembre): 185-195.
31. Marchetti, Marco, and Angelo Mariano. 2006. “Alcune considerazioni sulla valutazione della consistenza e dello stato delle risorse forestali secondo le organizzazioni internazionali di settore.” *Forest@-Giornale di Selvicoltura ed Ecologia Forestale* 3 (settembre): 351-366.
32. Mercurio I., Mercurio R. 2008. “Effetto del regime luminoso sulla rinnovazione naturale dell’abete bianco (*Abies alba* Mill.) nel bosco di Archiforo, Calabria”. *Forest@-Giornale di Selvicoltura ed Ecologia Forestale* 5:171-175.
33. Mori, E. Mizumachi, T. Osono, Y. Doi. 2004. “Reclutamento di piantine associate al substrato e insediamento di importanti specie di conifere in una foresta subalpina di vecchia crescita nel Giappone centrale”. *Forest Ecology and Management* 196: 287-297.

34. Motta, R. 2003. "Impatto di ungulati su sorbo selvatico (*Sorbus aucuparia* L.) e abete rosso (*Picea abies* (L.) Karst): struttura altimetrica nei boschi montani delle Alpi orientali italiane". *Ecologia e gestione forestale* 181: 139 - 150.
35. Motta, Renzo, Roberta Berretti, Emanuele Lingua, Pietro Piussi. 2006. "Detriti legnosi grossolani, struttura forestale e rigenerazione nella Riserva Forestale di Valbona, Paneveggio, Alpi Italiane". *Forest Ecology and Management* 235 (agosto): 155-163.
36. Naudts K, Chen Y, McGrath MJ, Ryder J, Valade A, Otto J, Luysaert S. 2016. "La gestione forestale europea non ha mitigato il riscaldamento climatico". *Science* 351: 597–600.
37. Niinemets Ü, Valladares F. 2006. "Tolleranza all'ombra, alla siccità e al ristagno di alberi e arbusti temperati dell'emisfero settentrionale". *Ecological Monographs* 76: 521–547.
38. Paoletti, Elena. 2007. "Gli effetti dell'ozono sulle foreste mediterranee." *Forest@-Giornale di Selvicoltura ed Ecologia Forestale* 4 (dicembre): 478-487.
39. Paoletti, Elena. 2007. "Impatto di inquinamento atmosferico e cambiamento climatico sugli ecosistemi forestali. Le attività del Research Group 7.01 della IUFRO." *Forest@-Rivista di Selvicoltura ed Ecologia Forestale* 4 (dicembre): 451-459.
40. Petriccione, B., C. Cindolo, C. Cocciufa, S. Ferlazzo, and G. Parisi. 2008. "GLI EFFETTI DEI CAMBIAMENTI CLIMATICI SUGLI ECOSISTEMI FORESTALI." *Atti del Terzo Congresso Nazionale di Selvicoltura. Taormina (ME)*, 16-19.
41. Pignatti, Giuseppe. 2011. "La vegetazione forestale di fronte ad alcuni scenari di cambiamento climatico in Italia." *Forest@-Giornale di Selvicoltura ed Ecologia Forestale* 8 (febbraio): 1-12.
42. Portovenere, Stefano. 2012. "Aggiornamento degli aspetti produttivi della Foresta Regionale Val Gerola nell'ambito del Piano di Assestamento Semplificato delle Foreste di Lombardia". Tesi di laurea, Università degli Studi di Milano.
43. Poulson, T. L., W.J. Platt. 1989. "I regimi di luce gap influenzano la diversità degli alberi della chioma". *Ecology* 70: 553-555
44. Redjadj, C., G. Darmon, D. Maillard, T. Chevrier, D. Bastianelli, H. Verheyden, A. Loison, S. Saïd. 2014. "Differenze intra e interspecifiche nella qualità e nella composizione della dieta in una grande comunità di erbivori". *PloS one* 9 (2).

45. Reich, Peter B., Raimundo Bermudez, Rebecca A. Montgomery, Roy L. Rich, Karen E. Riso, Sarah E. Hobbie, and Arturo Stefanski. 2022. “Anche un modesto cambiamento climatico può portare a grandi transizioni nelle foreste boreali.” *nature* 608 (agosto).
46. Robakowski P, Bielinis E. 2011. “Competizione tra quercia sessile (*Quercus petraea*) e amarena (*Padus serotina*): dinamica della crescita delle piantine”. *Journal of Ecology* 159: 297–306.
47. Robakowski P., Wyka T., Samardakiewicz S., Kierzkowski D. 2004. “Crescita, fotosintesi e struttura dell'ago delle piantine di abete bianco (*Abies alba* Mill.) sotto diverse chiome”. *Forest Ecology and Management*, 201: 211-227.
48. Sanderson, Michael G., William J. Collins, Colin E. Johnson, and Richard G. Derwent. 2006. “Deposizione di acido presente e futura negli ecosistemi: l'effetto del cambiamento climatico.” *Science Direct* 40 (marzo): 1275-1283.
49. Sarre, Alastair, and Food and Agriculture Organization, eds. 2020. *Global Forest Resources Assessment 2020: Main Report*. Roma: FAO.
50. Schönenberger, W., Frey, W., Leuenberger, F. 1990. “Ecologia e tecnologia del rimboschimento in montagna”. *Rapporti Eidg. Anstalt für das forstliche Versuchswesen, Birmensdorf*.
51. Segneghi, Francesco. 2013. “Analisi della rinnovazione naturale in una pineta di pino nero (comune di Tregnano - Verona)”. Tesi di laurea, Università degli Studi di Padova.
52. Seidl R, Schelhaas M-J, Lexer MJ. 2011. “Svelare i fattori trainanti dell'intensificarsi dei regimi di disturbo delle foreste in Europa”. *Global Change Biology* 17: 2842–2852
53. Selvi, Federico, Filippo Bussotti, Andrea Coppi, Martina Pollastrini, Matteo Feducci, Lander Baeten, Michael Scherer-Lorenzen, and Kris Verheyen. 2012. “Le aree forestali italiane di FunDivEUROPE: un nuovo progetto FP7 sul significato funzionale della biodiversità forestale in Europa.” *Forest@-Giornale di Selvicoltura ed Ecologia Forestale* 9 (dicembre): 251-259.
54. Soraruf, L., Carrer M. 2007. “Dinamismi e struttura della rinnovazione in tre popolamenti d'alta quota nelle Dolomiti ampezzane”. *Forest@-Giornale di Selvicoltura ed Ecologia Forestale* 4 (2): 177-193.
55. Storms, D., P. Aubry, J.-L. Hamann, S. Saïd, H. Fritz, C. Saint-Andrieux, F. Klein. 2008. “Variazione stagionale nella composizione della dieta e somiglianza del cervo rosso simpatico *Cervus elaphus* e capriolo *Capreolus capreolus*”. *Wildlife Biology* 14: 237-250.

56. Zielonka, Tomasz. 2006. "Quando il legno morto si trasforma in un substrato per la sostituzione dell'abete rosso?". *Journal of Vegetation Science*, 17.6: 739-746.
57. Żywiec, Magdalena, Jan Holeksa, Małgorzata Wesołowska, Janusz Szewczyk, Tomasz Zwijacz-Kozica, and Paweł Kapusta. 2012. "Rigenerazione di *Sorbus aucuparia* in un bosco di abete rosso a grana grossa – scala paesaggistica." *Journal of Vegetation Science* 24 (novembre): 735-743.

9. RINGRAZIAMENTI

Desidero ringraziare il professor Giorgio Vacchiano per la sua disponibilità, supporto e comprensione mostrata durante le varie fasi di stesura dell'elaborato. Ringrazio anche Monica e Alessandro per la loro grande gentilezza, disponibilità e supporto dimostrato durante l'esecuzione dei rilievi in campo. Un ringraziamento anche a Chiara per l'aiuto mostrato nel corso dell'attività di tirocinio e stesura dell'elaborato.

Un doveroso ringraziamento anche alla mia famiglia che grazie ai loro sacrifici mi hanno permesso di raggiungere questo traguardo, sostenendomi durante questi anni di studio e supportato a raggiungere i miei obiettivi. Un grazie anche a zii, nonni e cugini che mi hanno accompagnato durante la carriera universitaria.

Un grazie anche a tutti i miei amici, in particolare Alessandro che grazie alla sua pazienza e disponibilità mi ha affiancato nei momenti più difficili. Ringrazio anche i miei compagni di università, in particolare Matteo, Matteo, Riccardo e Daniele con cui ho condiviso il percorso universitario durante la mia permanenza a Edolo.

Dedico questo traguardo a tutte le persone che in questi anni mi sono state vicine, a mio nonno Pietro e alla piccola Ginevra.