



DIPARTIMENTO DI SCIENZE AGRARIE ALIMENTARI E  
AMBIENTALI (D3A)

CORSO DI LAUREA IN: SCIENZE FORESTALI E AMBIENTALI (L 25)

**Dinamismi strutturali post-diradamento in una  
pineta di pino nero (*Pinus nigra* Arn.) a Monte  
Fano (AN)**

Post-thinning structural dynamics in a European black pine  
(*Pinus nigra* Arn.) stand at Monte Fano (Central Italy)

TIPO TESI: Sperimentale

Tesi di:  
SARA FALCIONI  
1090756

Relatore:  
PROF. CARLO URBINATI

Correlatore:  
DOTT. ALESSANDRO VITALI

DOTT. FRANCESCO MALANDRA

ANNO ACCADEMICO 2021-2022  
*Sessione Febbraio 2022*

*A nonno Giovanni, che ovunque si trovi  
spero sia orgoglioso di me.*

# SOMMARIO

<b>1. INTRODUZIONE</b> .....	1
<b>1.1. Contestualizzazione e obiettivi della tesi</b> .....	1
1.1.1. <i>Caratteristiche ecologiche delle pinete artificiali di pino nero in Italia centrale</i> .....	1
1.1.2. <i>La gestione selvicolturale: interventi classici e di nuova concezione</i> .....	3
1.1.3. <i>La distribuzione e la gestione delle pinete di pino nero nelle Marche</i> .....	8
1.1.4. <i>Obiettivi della tesi</i> .....	10
<b>2. L'AREA DI STUDIO</b> .....	12
<b>2.1. Localizzazione geografica e caratteri fisiografici</b> .....	12
<b>2.2. Caratteri climatici, pedologici e vegetazionali</b> .....	13
<b>2.3. L'assetto territoriale pregresso</b> .....	15
<b>3. MATERIALI E METODI</b> .....	17
<b>3.1. Realizzazione delle aree di saggio</b> .....	17
<b>3.2. Rilevamento dell'assetto dendrometrico-strutturale del soprassuolo</b> .....	17
3.2.1. <i>Il piano dominante</i> .....	18
3.2.2. <i>Il piano dominato</i> .....	20
<b>3.3. Valutazione della stabilità meccanica degli individui di pino nero</b> .....	21
<b>4. RISULTATI</b> .....	22
<b>4.1. Effetti del diradamento sulla struttura del piano dominante</b> .....	22
4.1.1. <i>Situazione ante-post diradamento (anno 2017)</i> .....	22
4.1.2. <i>Situazione 4 anni dopo il diradamento (2021)</i> .....	25
<b>4.2. Effetti del diradamento sul piano dominato</b> .....	36
4.2.1. <i>Situazione ante-post diradamento (anno 2017)</i> .....	36
4.2.2. <i>Situazione 4 anni dopo il diradamento (2021)</i> .....	37
<b>4.3. Effetti sulla stabilità meccanica del soprassuolo</b> .....	43
<b>4.4. Caratteri strutturali del soprassuolo ante-post diradamento</b> .....	47
<b>5. CONCLUSIONI</b> .....	49
<b>6. BIBLIOGRAFIA E SITOGRAFIA</b> .....	51

## 1. INTRODUZIONE

### 1.1. Contestualizzazione e obiettivi della tesi

#### 1.1.1. *Caratteristiche ecologiche delle pinete artificiali di pino nero in Italia centrale*

Nel corso degli anni il Pino nero (*Pinus nigra* J. F. Arnold) è stato largamente e diffusamente utilizzato in tutta Europa per realizzare numerose opere di rimboschimento. Tali rimboschimenti si sono resi necessari per frenare ed evitare quelle problematiche legate al dissesto idrogeologico manifestatesi soprattutto in zone degradate soggette ad intensa erosione e forte scorrimento superficiale, causato sia da fenomeni naturali che da attività antropiche. Questa specie è stata frequentemente impiegata per queste opere anche al di fuori del suo areale originario, soprattutto lungo l'Appennino centrale, area in cui non è presente come specie autoctona ma dove i rimboschimenti di Pino nero sono molto diffusi e la gestione è spesso messa in secondo piano. Tali impianti nel tempo sono stati quindi soggetti ai naturali processi evolutivi che hanno garantito il recupero di queste zone e della vegetazione tipica del territorio, migliorandone anche le funzioni idrogeologiche (OTTAVIANI, 2017).

Il Pino nero ha un areale vario e molto frammentato che si estende per oltre 3.5 milioni di ettari, dal Nord Africa occidentale attraversando il sud Europa fino all'Asia minore (ISAJEV ET AL., 2009). È una specie ampiamente utilizzata per l'elevata eliofilia e frugalità. Si adatta ad ambienti caratterizzati da forte illuminazione ed a regimi a bassa piovosità, evitando stress idrici e riuscendo così a crescere e svilupparsi anche su suoli con scarse riserve idriche (suoli poco strutturati e con elevate pendenze). Le basse temperature invernali non rappresentano un ostacolo per l'accrescimento di questa specie che si distingue inoltre per la buona resistenza a danni che possono essere causati dalla neve (OTTAVIANI, 2017).

Non presentando particolari esigenze nei confronti della tessitura del suolo, si adatta non solo a terreni sciolti come quelli sabbiosi ma anche a terreni pesanti come quelli argillosi, potendo espandersi anche su substrati di diversa natura chimica come substrati calcarei, dolomitici, in suoli acidi o in suoli vulcanici. (OTTAVIANI, 2017, ISAJEV ET AL. 2009). Questa caratteristica gli permette di svilupparsi e crescere su suoli poveri sia dal punto di vista chimico (insufficiente presenza di elementi nutritivi ed alta concentrazione di ioni come calcio e magnesio), che fisico (in suoli poco evoluti e non strutturati) (OTTAVIANI, 2017).

Il Pino nero ha il suo *optimum* altitudinale tra gli 800 e 1500 m; tuttavia, si può osservare una notevole variazione altitudinale; infatti in Italia è possibile ritrovare questa specie dai 300 m fino a toccare i 1500 m di quota. In altre zone Europee è stato osservato che alcune sottospecie del Pino nero riescono a spingersi ad altitudini più elevate, ad esempio: il *P. n. salzmannii* che si eleva da 500 a 900 m nei Pirenei francesi, e da 1600 a 2000 m in Spagna; il *P. n. laricio* che si estende da 1000 a 1800 m in Corsica e Sicilia; il *P. n. pallasiana* da 1000 a 2200 m sulle montagne del Tauro e da 1400 a 1800 m a Cipro; infine il *P. n. mauretanica* da 1600 a 1800 m in Nord Africa (OTTAVIANI, 2017; ISAJEV ET AL., 2017).

La notevole capacità di adattamento spiega il successo del Pino nero, che è in grado di colonizzare ambienti che risultano impervi e in cui altre specie non si spingono per le condizioni proibitive. Queste possono tuttavia limitarne lo sviluppo, comportando una diminuzione dell'accrescimento che si manifesta in fusti con diametri ridotti (20-30 cm) anche in soggetti di età avanzate (OTTAVIANI, 2017).

Nel 1860 è iniziata in Italia l'attività di rimboschimento sfruttando il Pino nero. Intorno ai primi del '900, questi rimboschimenti si diffusero in quasi tutte le regioni Italiane localizzandosi principalmente lungo gli Appennini (CANTIANI ET AL, 2016). Tali impianti risultano distribuiti in gran parte dell'Appennino centrale in particolare nelle zone delle Marche, della Toscana e dell'Umbria. Dal 1930 fino a verso la fine degli anni '90 i rimboschimenti aumentarono esponenzialmente in Italia, fino ad occupare una superficie di circa 1.154.720 ha (Fig. 1.1.1).

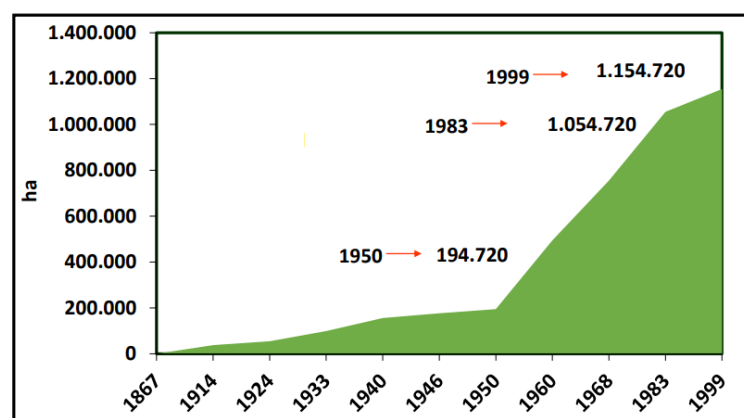


Figura 1.1.1: superficie rimboscita in Italia nel periodo 1867-1999 (fonte: URBINATI ET AL., 2018 *Oltreterra- nuova economia per la montagna*)

### *1.1.2. La gestione selvicolturale: interventi classici e di nuova concezione*

L'Inventario Nazionale delle Foreste e dei Serbatoi forestali di Carbonio del 2005, riporta che i boschi di Pino nero insieme al Pino laricio coprono una superficie pari a circa 235.000 ettari, occupando il 3% della superficie forestale nazionale (CANTIANI ET AL., 2019). Si tratta principalmente di rimboschimenti eseguiti per ridurre il dissesto idrogeologico, causato da decenni di sfruttamento agro-pastorale delle aree montane soprattutto dal XVIII secolo al secondo dopo guerra) (CANTIANI ET AL., 2019). Grazie alla rapida copertura nel tempo questi rimboschimenti sono riusciti a garantire una funzione protettiva dei suoli, anche arricchendoli di sostanza organica, trasformandoli così in soprassuoli di valore non solo dal punto di vista paesaggistico, ma anche ecologico e produttivo (WWW.SELPIBIO.EU).

Tali rimboschimenti però non sempre sono stati sottoposti a adeguate cure coltrali, a volte completamente assenti, rischiando di perdere i benefici ed i servizi ecosistemici forniti dal loro impianto. Nello specifico, ciò ha determinato una loro fragilità strutturale favorendo lo sviluppo di piante filate e instabili dovuta ad un'elevata densità, ed un eccessivo rallentamento dei processi dinamici, causando problematiche a livello fitosanitario, crolli strutturali più o meno intensi ed estesi, annullando anche ogni possibilità di reddito dalla loro produzione legnosa (BIANCHI ET AL., 2010, MERCURIO ET AL., 2009). Gran parte di questi popolamenti oggi hanno età comprese tra i 60 e i 100 anni, trovandosi quindi in fasi avanzate del loro ciclo di sviluppo. In queste condizioni si rendono improrogabili opportuni interventi che assicurino una maggiore stabilità strutturale e che aumentino la diversità nei confronti della composizione specifica (MERCURIO ET AL., 2009).

Per poter garantire la multifunzionalità sostenibile delle pinete, si rende indilazionabile programmare ed attuare interventi selvicolturali (nonché tagli intercalari) finalizzati alla "rinaturalizzazione" del soprassuolo. Questo si traduce con interventi volti a facilitare lo sviluppo del novellame già presente nel piano dominato e a creare dinamiche evolutive per favorire la rinnovazione di specie autoctone (latifoglie), che si insedieranno a seguito degli interventi a carico delle pinete stesse, nel momento in cui saranno presenti delle adeguate condizioni per la loro crescita. (CANTIANI ET AL., 2019).

Con "tagli intercalari" si intendono tutti gli interventi effettuati prima della scadenza del turno, distinguendosi quindi dai tagli di rinnovazione, finalizzati a facilitare l'insediamento di nuovi individui sia da seme che da ceppaia. Tra gli interventi intercalari troviamo gli sfolli

e le ripuliture, eseguiti precocemente sul popolamento. Queste operazioni sono finalizzate a migliorare le condizioni di crescita dei giovani individui (migliorandone la composizione, la struttura, la stabilità e le caratteristiche), in quanto un rimboschimento, negli stadi di sviluppo iniziali, è caratterizzato dalla presenza di giovani individui soggetti ad elevata mortalità. Bisogna quindi evitare che si creino condizioni di concorrenza con specie erbacee ed arbustive, proteggerli dal rischio di brucatura da parte di selvaggina e animali domestici, e da agenti fisici o patogeni (PAGNACCO, 2017). Gli interventi più incisivi e importanti sono i diradamenti, ovvero interventi eseguiti generalmente nelle fasi di perticaia e di fustaia giovane, che permettono di regolare la densità del soprassuolo forestale. Tali interventi hanno inoltre come finalità non solo l'aumento della stabilità meccanica del popolamento e l'incremento della produzione legnosa, che permette di ottenere cospicue quantità di prodotti intermedi, ma consentono anche di modificare la complessità della componente biologica della stazione (BIANCHI ET AL., 2010).

I diradamenti possono essere classificati in base alle principali tipologie in: diradamenti dall'alto; diradamenti dal basso; diradamenti meccanici; diradamenti tradizionali e diradamenti liberi. I primi diradamenti citati favoriscono lo sviluppo dei migliori alberi che si trovano nel piano dominante; questi insieme ai diradamenti dal basso stabiliscono il piano sociale nel quale intervenire. I diradamenti meccanici (schematici o numerici) si servono, come suggerito dal nome, di schemi spaziali o numerici stabiliti precedentemente, senza tenere conto delle caratteristiche individuali dei soggetti.

Recentemente con il progetto SelPiBioLife sono stati messi a confronto due diversi tipi di diradamento, quello tradizionale, che risulta essere un diradamento dal basso ed è il più utilizzato nelle nostre pinete, ed un diradamento innovativo di tipo selettivo, che viene indicato nel progetto come l'intervento più adatto da eseguire su pinete di Pino nero. Il diradamento tradizionale o "dal basso" prevede un'asportazione periodica (generalmente si indica una frequenza di 10-15 anni per pinete di Pino nero in un ciclo produttivo con turno di 90 anni) che interessa quasi esclusivamente piante del popolamento di minor sviluppo e vigoria appartenenti al piano dominato, producendo di conseguenza una struttura monoplana (CANTIANI ET AL., 2016). Questi possono essere distinti in base al "grado", ovvero alla percentuale di massa legnosa asportata, a seconda che essi interessino esclusivamente il piano dominato (definito Basso debole), o che vadano ad incidere anche sul piano co-dominante e dominante dove, in quest'ultimo caso, si vanno a prelevare esclusivamente piante mal conformate (Basso moderato e forte). Di seguito si riporta uno schema di

diradamento dal basso (Fig. 1.1.2) uno dei più classici eseguiti nei rimboschimenti delle Marche e dell'Appennino centrale.

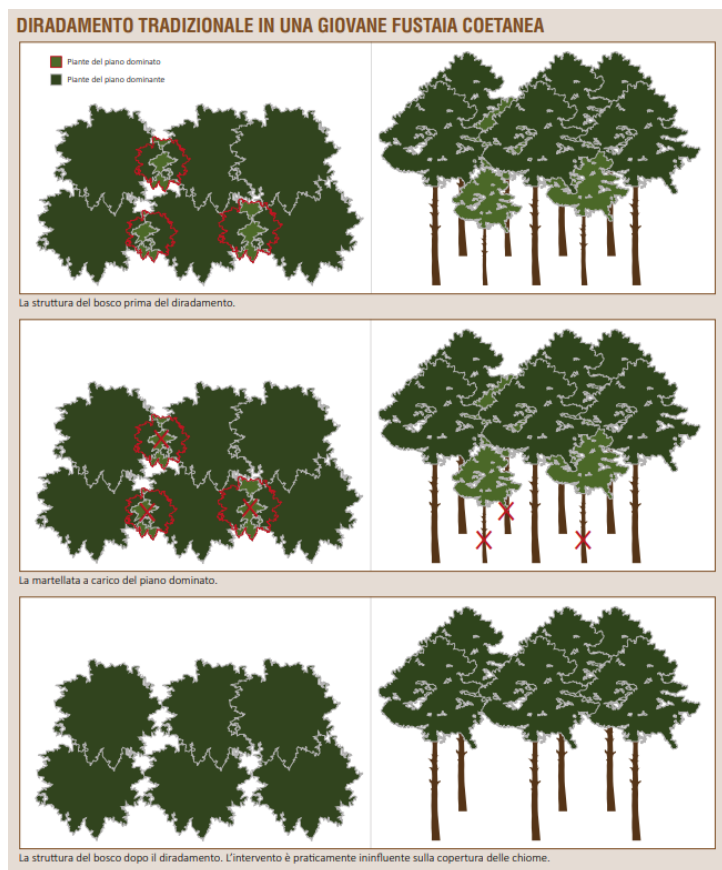


Figura 1.1.2: Schema diradamento tradizionale (fonte: CANTIANI ET AL., 2016.)

Stando ai recenti studi sperimentali del progetto SelPiBioLife, è stato dimostrato che la componente del popolamento sensibile al diradamento è quella del piano dominante (CANTIANI ET AL., 2016). Questo perché nel momento in cui le chiome si iniziano a toccare, lo spazio disponibile per l'accrescimento si riduce drasticamente e le piante, di conseguenza, concentreranno il loro accrescimento verso l'alto in cerca di luce. Questo ci porta a dire che se non si interviene direttamente sulle chiome tali interventi non produrranno alcun effetto sullo sviluppo e sulla stabilità del popolamento. Interventi classici come quelli dal basso, che appunto prevedono prevalentemente prelievi di soggetti che si ritrovano nel piano dominato, non comportano un aumento della componente di radiazione luminosa, della temperatura e della quantità di acqua che raggiungono il suolo (condizioni necessarie per l'accrescimento), che conseguentemente non influiscono né sul soprassuolo arboreo né



tantomeno sull'insediamento di nuova vegetazione (biodiversità) e sulle altre componenti biotiche nel piano dominato (CANTIANI ET AL., 2016).

Da qui nasce la necessità di proporre nuove tecniche di intervento, che, contrariamente a quella sopra citata, riescano a modificare positivamente e adeguatamente le caratteristiche del popolamento. Il progetto SelpiBioLife nasce con lo scopo di promuovere i diradamenti selettivi o “liberi” e di divulgarne dati e conoscenze che ad oggi sono stati ricavati tramite studi sperimentali.

I diradamenti “selettivi” sono quelli che non interessano una specifica categoria di piante da eliminare, ma si concentrano sulle principali caratteristiche intrinseche di quelle da rilasciare tenendo conto di condizioni vegetative, diametro e altezza (CANTIANI ET AL, 2016). Tendenzialmente vengono eliminati tutti quei soggetti che non presentano buone caratteristiche, quindi tutti quegli individui malformati, storti, aduggiati, che in molti casi si pensa non abbiano la potenzialità di arrivare a fine turno.

Il diradamento ha lo scopo di valorizzare soggetti con buone caratteristiche di sviluppo (CANTIANI ET AL., 2016). Generalmente vengono rilasciati 100 individui ad ettaro, per cui la selezione delle “candidate” ricade su soggetti che presentano un'elevata stabilità meccanica, che forniscono una migliore protezione idrogeologica, e che sono maggiormente produttive sia a livello di legname (producendo quindi assortimenti maggiormente remunerativi) che di assorbimento di CO<sup>2</sup> dall'atmosfera (apportando effetti diretti sulla mitigazione del clima). Questo processo di selezione eseguito dal tecnico forestale viene definito “martellata”. Una volta selezionati i soggetti migliori si prosegue con l'eliminazione delle dirette competitori nel loro intorno, che al contrario non rispondono alle funzioni sopra citate, permettendo di “liberare” le candidate cosicché massimizzino lo svolgimento di queste funzioni, promuovendo inoltre l'insediamento di nuove specie vegetali (aumentando la biodiversità) e la funzionalità complessiva dell'ecosistema, accrescendo non solo il valore economico ma anche quello turistico e di protezione idrogeologica. Di seguito viene riportato uno schema di intervento di taglio selettivo proposto dal progetto (Fig. 1.1.3).

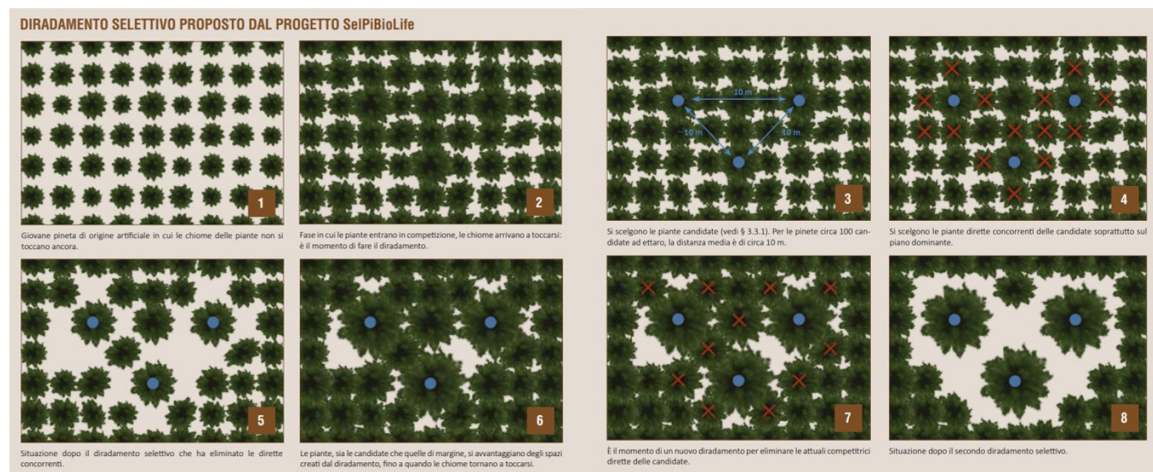


Figura 1.1.3: Schema di diradamento selettivo del progetto SelPiBioLife (fonte: CANTIANI ET AL., 2016.)

Nonostante sia stata verificata e dimostrata sperimentalmente l'efficacia dei diradamenti selettivi sulla stabilità dei popolamenti artificiali di Pino nero e sugli effetti positivi che ne conseguono, questa pratica non è ancora stata adottata nella gran parte delle pinete appenniniche. (WWW.SELPIBIO.EU). Secondo quanto riportato nel progetto SelPiBioLife, ci si è resi conto che operare una corretta selezione delle candidate in una fase troppo precoce di sviluppo di una fustaia è piuttosto arduo in quanto non c'è un giusto sviluppo delle piante e non è ancora avvenuta la differenziazione sociale (affermazione di alcuni individui su altri). Il popolamento in mancanza di interventi da parte dell'uomo può rispondere naturalmente alla concorrenza che si viene a creare attraverso il fenomeno di "autodiradamento". Questo fenomeno però in diversi casi non viene visto in modo positivo in quanto si può andare ad intaccare la stabilità della pianta, subendo l'effetto vela del vento (PAGNACCO, 2017). Viene quindi proposto un tipo di intervento "misto", che prevede l'effettuazione di diradamenti tradizionali dal basso su fasi giovanili di sviluppo per poi andare ad eseguire dei diradamenti selettivi dallo stadio più evoluto di perticaia/fustaia. In questo modo si riesce a seguire un buon programma di gestione, seguendo tutte le fasi di sviluppo, evitando quindi di effettuare dei diradamenti troppo spinti in età avanzate dei popolamenti che possono portare anche ad eventuali danni. È stato osservato che in alcune zone soggette a forti venti, sia che siano stati effettuati diradamenti dove è stata asportata più massa del dovuto, che nel caso in cui non siano stati eseguiti, si sono verificati schianti (intesi sia come ribaltamenti che stroncature). Le cause attendibili per quanto successo possono essere imputate ad una cattiva gestione del territorio. I principali fattori come l'altezza, la conformazione delle chiome, la resistenza meccanica dei fusti (in generale le

condizioni fitosanitarie e strutturali del popolamento) sono elementi fondamentali per la resistenza delle piante e in alcuni casi se non ben gestiti possono portare ad instabilità e al verificarsi di questi fenomeni (MOTTA ET AL., 2018).

### *1.1.3. La distribuzione e la gestione delle pinete di pino nero nelle Marche*

I primi impianti su superfici maggiori furono eseguiti ad elevate densità (venivano piantate circa 2.500 piante/ha con sesto di impianto regolare) in modo tale da permettere una buona copertura forestale nel minor tempo possibile (CANTIANI ET AL., 2016). Tali impianti grazie alle caratteristiche del Pino nero, furono pensati soprattutto all'inizio (1860-1950) come boschi di protezione per andare a ricostruire nuovi ambienti forestali su suoli naturalmente nudi e degradati, e per regolare i corsi d'acqua. Effettuati in parte per creare posti di lavoro negli anni passati, i rimboschimenti risultano multifunzionali dal punto di vista ambientale, ma anche molto produttivi in termini legnosi, in quanto si riescono a ricavare cospicue masse legnose; infatti, dal 1950 al 1980 c'è stato un breve periodo in cui l'interesse si spostò sulla funzione produttiva di questi rimboschimenti, cercando di ottenere degli assortimenti legnosi di elevato valore economico. Le insufficienti cure colturali nella fase di accrescimento hanno portato ad ottenere dei prodotti a scarso valore commerciale, e andando quindi contro alle iniziali previsioni, i prodotti del Pino nero sono stati utilizzati prevalentemente sottoforma di cippato per grandi impianti a biomasse. Successivamente al 1985 venne attribuito a questi impianti il ruolo di miglioramento ambientale attraverso l'attuazione del "Reg. CEE 2078/92 e 2080/92" e del "PSR misure agro-ambientali" (URBINATI et AL., 2018).

Inizialmente la gestione di tali pinete prevedeva sfolli in età giovanile e diradamenti negli stati evolutivi successivi. Spesso però questi interventi non sono stati realizzati e anche nei casi in cui questi sono stati eseguiti non hanno ottenuto gli obiettivi economici sperati. Nonostante tutto i tempi brevi di insediamento del Pino nero e il suo successivo sviluppo hanno comportato un'ottima protezione del terreno evitando fenomeni di dissesto idrogeologico (SCANFERLA, 2017). Sono stati presi in considerazione ed eseguiti per questi impianti interventi come diradamenti dall'alto eliminando grandi individui, allo scopo di favorire la rinnovazione e lo sviluppo delle specie autoctone presenti. Altre volte sono stati realizzati dei diradamenti dal basso con l'obiettivo di prelevare individui del piano

dominato e rilasciare i soggetti migliori ed in alcune situazioni sono state aperte delle buche contenute (500-2000 m<sup>2</sup>). In popolamenti che hanno raggiunto i 60 anni si cerca ancora oggi di ottenere una cospicua massa legnosa, intervenendo anche su individui del piano dominante, ma i diradamenti, se troppo spinti ed eseguiti erroneamente, possono compromettere la stabilità meccanica del popolamento.

Su questi rimboschimenti si cerca tuttora di eseguire dei diradamenti selettivi finalizzati a favorire lo sviluppo degli individui selezionati, i quali si accresceranno maggiormente in diametro, aumentando di conseguenza la loro stabilità e quella del soprassuolo. Grazie a questi interventi si vengono a creare delle aperture a livello delle chiome che favoriscono l'ingresso di luce e di conseguenza permettono l'insediamento della rinnovazione di specie autoctone aumentando la biodiversità del soprassuolo. (LORI, 2017).

Nelle Marche, secondo l'Inventario Forestale Regionale (IPLA, 2001), i rimboschimenti di conifere occupano una superficie di 19.111 ha (circa l'8% della superficie boscata), di questi circa 17.000 ha sono stati oggetto di rilievi inventariali (LORI, 2017). Si è osservato che la maggior parte dei primi impianti, circa l'86%, furono realizzati in purezza, costituiti perciò da conifere, tra le quali spicca principalmente il Pino nero (*Pinus nigra*) ed in minor misura il Pino domestico (*Pinus pinea*) e il Pino d'Aleppo (*Pinus halepensis*); in altre zone e con una percentuale più bassa (14%) queste cenosi si ritrovano in mescolanza con latifoglie come Orniello (*Fraxinus ornus*), Carpino nero (*Ostrya carpinifolia*), leccio (*Quercus ilex*) ed altre caducifoglie (LORI, 2017). La gestione dei rimboschimenti fu affidata inizialmente allo Stato attraverso l'attuazione della cosiddetta "Legge della Montagna" (Legge n. 991 del 25 luglio 1952). Tuttavia il passaggio della gestione non tardò di molto; infatti nei successivi anni le proprietà andarono in mano ai privati (12.316 ha) per circa un 64% della superficie, mentre la restante parte, il 36%, venne suddiviso fra Demanio regionale (3.692 ha), Comunanze agrarie (ha 1.928), Comuni (ha 1.142) e Demanio militare (ha 33) (CANTIANI ET AL., 2016; LORI, 2017).

Una carta della copertura forestale del comune di Fabriano, ambito geografico dell'area di studio, derivata dai *Forest Type* del 2018 di *Land Copernicus* (Fig. 1.1.4) evidenzia che la superficie forestale comunale è per la maggior parte costituita da formazioni di latifoglie (distribuite soprattutto nella porzione nord-est e sud-ovest dell'area del comune), ed una ridotta e frammentata componente di formazioni di conifere sparse. L'area di nostro interesse

a Monte Fano è una di queste caratterizzata dalla presenza di pino nero praticamente in purezza dovuto a numerosi rimboschimenti effettuati negli anni.

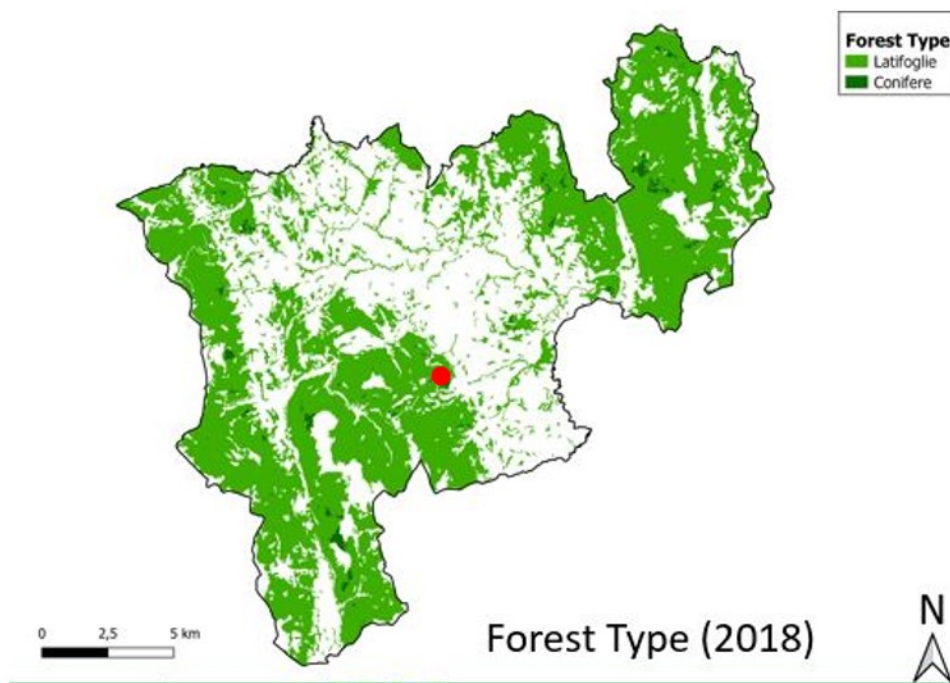


Figura 1.1.4: Copertura forestale del comune di Fabriano del 2018 (Fonte: Land Copernicus)

#### 1.1.4. Obiettivi della tesi

Negli ultimi anni c'è stato un crescente interesse verso i rimboschimenti di Pino nero. Questo ha portato interesse alle imprese che si occupano di diradamenti e lavorazione del legno aumentando gli interventi che possono essere effettuati sia attraverso metodi di taglio tradizionali che metodi in cui si fa uso di un elevato grado di meccanizzazione (LORI, 2017).

Nel mese di giugno del 2017 è stato condotto uno studio in un rimboschimento di Pino nero di proprietà privata ubicato lungo il versante Sud Ovest del Monte Fano nel comune di Fabriano (AN), sottoposto pochi mesi prima ad un diradamento altamente meccanizzato effettuato con abbattitrice (*Harvester*) e per questo oggetto di accese contestazioni che hanno portato anche ad un temporaneo sequestro del cantiere da parte dei Carabinieri Forestali (LORI, 2017). Tale studio era finalizzato a stimare gli effetti del diradamento sulla struttura del popolamento, a partire dalla ricostruzione dei principali caratteri dendrometrici del soprassuolo originario (numero delle piante, diametro, altezza, e volume legnoso), valutando

la stabilità del piano dominante residuo, gli eventuali danni causati dalle operazioni di abbattimento e dal passaggio dei mezzi e dall'esbosco, nonché la presenza di rinnovazione gamica e agamica. Con i dati raccolti è stato dimostrato che l'intervento, sebbene abbia asportato una massa legnosa superiore a quella prevista dal progetto di taglio, non ha minato la stabilità del soprassuolo e neppure danni sostanziali né agli individui di pino né alla rinnovazione presente sul piano dominato.

Con la presente tesi, dopo quattro anni dal diradamento eseguito, si è cercato di valutare l'assetto strutturale della pineta, individuare gli eventuali cambiamenti avvenuti nella cenosi, non solo nel piano dominante, ma soprattutto in quello dominato dove si sta sviluppando la rinnovazione sia gamica che agamica. Nella stessa area di saggio utilizzata nel 2017 sono stati ripetuti ed ampliati i rilevamenti dendrometrico-strutturali sia sul piano dominante che dominato e confrontati i risultati. Questo studio intende rispondere alle seguenti domande: il soprassuolo a quattro anni dall'intervento è più o meno stabile di prima? Le dinamiche in atto nel piano dominato come incideranno sulla struttura e composizione in termini di resistenza e/o resilienza ai principali fattori di disturbo (es. fuoco, schianti da vento)? Saranno necessari altri interventi ed eventualmente quali?

## 2. L'AREA DI STUDIO

### 2.1. Localizzazione geografica e caratteri fisiografici

Il Monte Fano, meglio conosciuto come San Silvestro, si erge sopra la città di Fabriano, nella provincia di Ancona. Dalla cima del monte, a circa 890 m s.l.m., si possono osservare la Dorsale Marchigiana ad est con le montagne della Rossa, la gola di Frasassi e la vetta del San Vicino, mentre ad ovest gli Appennini con la Dorsale Umbro-Marchigiana, e in lontananza, verso sud le cime dei Monti Sibillini che fanno da sfondo (Fig. 2.1.1). Sulla sommità è situato il Monastero di San Silvestro, fondatore della congregazione dei Monaci Benedettini Silvestrini, istituito nel 1231.

La porzione di pineta oggetto di studio è situata nel settore medio-alto del versante dell'omonimo monte, ad un'altitudine di circa 827 m s.l.m., con esposizione Sud Ovest e una pendenza media di circa il 30%. L'area interessata è di proprietà del Monastero e si trova subito sopra la strada che collega il Monastero alla città di Fabriano. (Fig. 2.1.2)



Figura 2.1.1: Contestualizzazione dell'area di studio rispetto al territorio circostante (fonte: Google Earth)



Figura 2.1.2: Localizzazione area di studio (fonte: Google Earth)

## 2.2. Caratteri climatici, pedologici e vegetazionali

Facendo riferimento alla classificazione bioclimatica di Rivas-Martinez e AL. (2011) la zona è inquadrata nel “macrobioclima temperato, regione climatica temperata, bioclima temperato oceanico-semicontinentale, fitoclima temperato oceanico-semicontinentale” ubicato prevalentemente nel preappennino adriatico e nelle zone montuose interne tirreniche (LORI, 2017). Utilizzando i dati della stazione meteorologica di Fabriano (AN), situata a 357 m s.l.m. (WWW.WIKIPEDIA.ORG) è stato costruito un climodiagramma (Fig. 2.2.1) dal quale si osserva la mancanza di un periodo di siccità estiva, caratteristica comune dei climi temperati. L’indice ombrotermico risulta pari a 3.70, come ritroviamo per un clima temperato; mentre l’indice di continentalità pari a 25.2, identifica l’area come appartenente al macrotipo continentale. La temperatura massima media è di 14.7°C, con una minima del mese più freddo di 5.3°C e una massima di 25.4°C nel mese più caldo. La temperatura minima media è di 7.2°C, con una minima intorno a 0.2°C e una massima di 15°C; le precipitazioni annue ammontano a 1026 mm. I dati sono stati riportati su una tabella (Tab. 2.2.1).



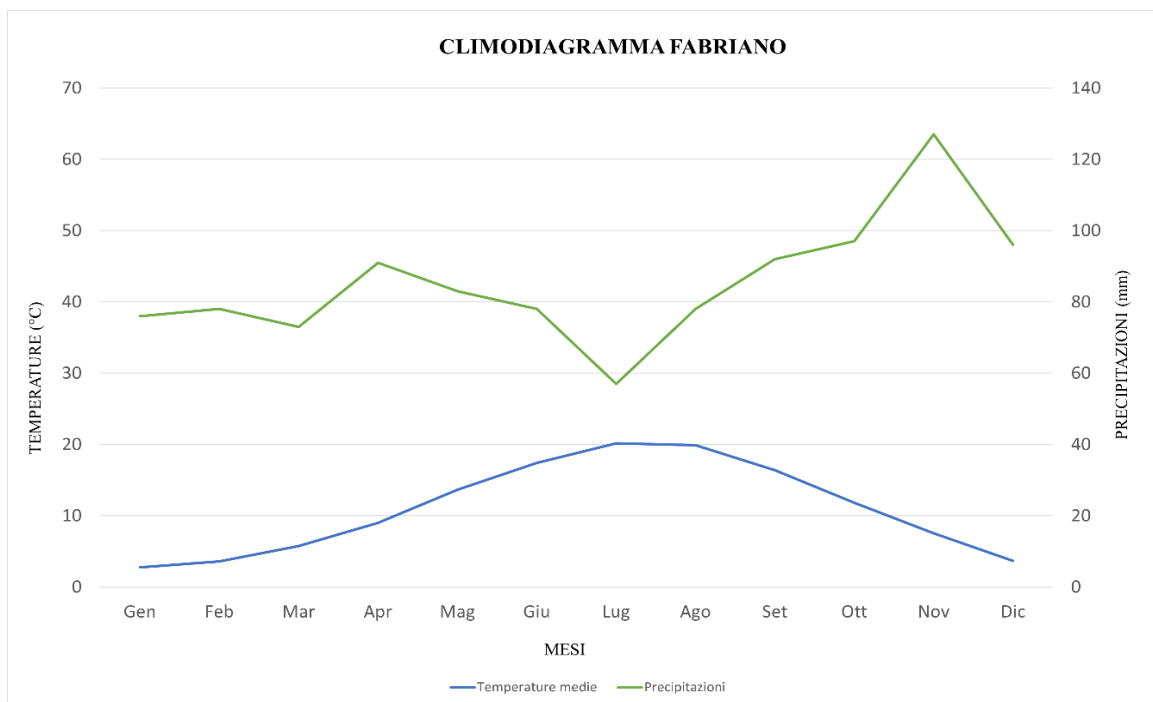


Figura 2.2.1: Climodiagramma costruito con i dati della stazione meteorologica di Fabriano (fonte: [https://it.wikipedia.org/wiki/Stazione\\_meteorologica\\_di\\_Fabriano](https://it.wikipedia.org/wiki/Stazione_meteorologica_di_Fabriano))

FABRIANO	Mesi												Stagioni				Anno
	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic	Inv	Pri	Est	Aut	
T. max. media (°C)	5,3	6,3	9,1	13	18,3	22,2	25,4	24,8	20,7	15,2	10,4	6,1	<b>5,9</b>	<b>13,5</b>	<b>24,1</b>	<b>15,4</b>	<b>14,7</b>
T. min. media (°C)	0,2	0,9	2,4	5	9	12,6	14,9	15	12,1	8,4	4,7	1,2	<b>0,8</b>	<b>5,5</b>	<b>14,2</b>	<b>8,4</b>	<b>7,2</b>
T. medie	2,75	3,6	5,75	9	13,7	17,4	20,2	19,9	16,4	11,8	7,55	3,65	<b>3,35</b>	<b>9,5</b>	<b>19,2</b>	<b>11,9</b>	<b>10,95</b>
Precipitazioni (mm)	76	78	73	91	83	78	57	78	92	97	127	96	<b>250</b>	<b>247</b>	<b>213</b>	<b>316</b>	<b>1 026</b>
Giorni di pioggia	10	10	10	11	10	9	6	8	8	9	12	11	<b>31</b>	<b>31</b>	<b>23</b>	<b>29</b>	<b>114</b>
Vento (direzione-m/s)	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N					
	4,3	4,5	4,2	4,1	4,2	4,2	4,4	4,3	4,2	4,1	4,8	4,8	<b>4,5</b>	<b>4,2</b>	<b>4,3</b>	<b>4,4</b>	<b>4,3</b>

Tabella 2.2.1: Dati climatici dio sintesi della stazione meteorologica di Fabriano (fonte: [88https://it.wikipedia.org/wiki/Stazione\\_meteorologica\\_di\\_Fabriano](https://it.wikipedia.org/wiki/Stazione_meteorologica_di_Fabriano))

La Carta Geolitologica d'Italia (Geoportale Nazionale, Dati WMS), individua un substrato pedogenetico costituito da calcari e dolomie. Questo tipo di substrato si rinviene anche nel territorio circostante, caratterizzando non solo la Dorsale Marchigiana orientata verso Est ma anche la Dorsale Umbro-Marchigiana verso ovest. Tali formazioni sono caratterizzate da calcare massiccio e scaglie, con rilievi che possono presentare ripide pareti rocciose con rara vegetazione, spuntoni di roccia non facilmente erodibile, quindi una morfologia rupestre tipica di ambienti di natura calcarea. Nel bacino marchigiano interno (zona preappenninica) il diverso tipo di substrato dà origine ai rilievi collinari tipici caratterizzati da rocce sedimentarie come le Marne e marne calcaree che grazie alla diversa composizione, data in

parte dalle argille, ne vanno a modificare la morfologia con rilievi più dolci e arrotondati. Nelle dorsali carbonatiche si sono sviluppate, principalmente in corrispondenza delle formazioni del Calcarea Massiccio delle cavità sotterranee con piani carsici orizzontali sovrapposti, collegati da pozzi verticali (ad esempio le cavità carsiche di Frasassi) (LORI, 2017).

L'assetto vegetazionale delle aree montane intorno Fabriano si diversifica in base all'altitudine; nel pino collinare – basso montano (fino ad un'altitudine di 900 m s.l.m.), la vegetazione tipica è costituita dall'orno-ostrieto (con *Ostrya carpinifolia* e *Fraxinus ornus*) dove possiamo rinvenire la presenza dell'Acero d'Ungheria (*Acer obtusatum*) e del Cerro (*Quercus cerris*) principalmente trattati a ceduo matricinato. Ad esposizioni più calde, in condizioni di maggiore termofilia, i boschi si arricchiscono di roverella (*Quercus pubescens*), mentre in ambienti più umidi si possono ritrovare *Corylus avellana* e *Staphylea pinnata*. Oltre i 900 m s.l.m., nel pino montano, a dominare è il Faggio (*Fagus sylvatica*), quasi sempre in forma di ceduo matricinato, il quale può essere associato o meno ad altre specie, come: *Acer platanoides*, *A. pseudoplatanus*, *Fraxinus excelsior*, *Ilex aquifolium* e *Tilia cordata*.

Nell'area di studio prevalgono rimboschimenti di Pino nero all'interno dei quali è presente della rinnovazione naturale a prevalenza di Orniello (*Fraxinus ornus*), e in minor quantità da Leccio (*Quercus ilex*), Roverella (*Quercus pubescens*), Carpino nero (*Ostrya carpinifolia*), Acero d'Ungheria (*Acer opalus*), Ciavardello (*Sorbus torminalis*), Faggio (*Fagus sylvatica*) e Sorbo montano (*Sorbus aria*).

### **2.3. L'assetto territoriale pregresso**

L'area di studio era originariamente caratterizzata da praterie secondarie, come evidenziano le immagini aeree del volo GAI del 1954, dove si nota la totale assenza di copertura forestale (Fig. 2.3.1). Come testimoniano anche i dati dei carotaggi dendrocronologici, i primi impianti di pino nero (*Pinus nigra*) sono stati eseguiti pochi anni dopo, presumibilmente con i finanziamenti delle leggi nazionali sullo sviluppo delle aree marginali e montane. La fisionomia del paesaggio vegetale si modifica significativamente fino ai nostri giorni. Questi rimboschimenti hanno ricoperto buona parte della superficie del Monte Fano, con lo scopo

di rispondere alle problematiche legate al dissesto idrogeologico e ai danni subiti durante la Seconda Guerra Mondiale.

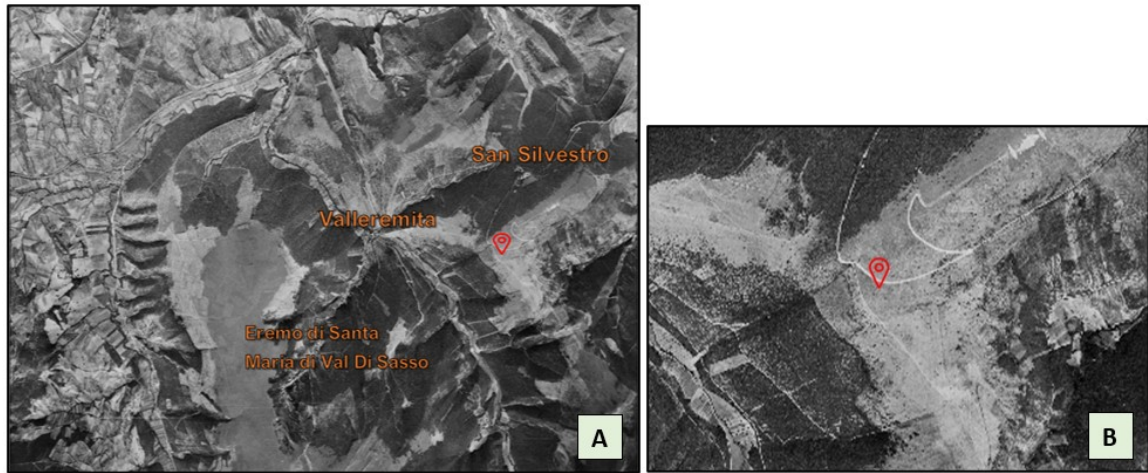


Figura 2.3.1: A) Foto aerea del territorio oggetto di studio datata 1955; B) Ingrandimento dell'area (fonte: Volo GAI, IGM). Il segnale rosso indica il punto di campionamento.



Figura 2.3.2: Immagine attuale del territorio oggetto di studio (fonte: Google Earth). Il segnale blu indica il punto di campionamento.

### 3. MATERIALI E METODI

#### 3.1. Realizzazione delle aree di saggio

Nel 2017 era stata delimitata in maniera permanente con ranger finder a ultrasuoni (Vertex III, Haglof) un'area di saggio circolare avente raggio di 20 m (superficie di 1256 m<sup>2</sup>) con un albero "centroide" quale riferimento. All'interno di questa area erano stati eseguiti i rilievi dendrometrico-strutturali su piano dominante e dominato necessari per determinare l'assetto del soprassuolo e valutare nel breve termine gli effetti del diradamento. La stessa area è stata riutilizzata nel 2021 per condurre il presente studio, per il quale è stato utilizzato una stazione di rilevamento *FieldMap*, che ci ha permesso di ottenere una mappa completa del popolamento. *Fieldmap* è una tecnologia software e hardware per un'efficace raccolta ed elaborazione dei dati sul campo assistita da computer. Questo strumento combina un software GIS flessibile in tempo reale con apparecchiature elettroniche per la mappatura e misurazioni dendrometriche ([www.fieldmap.cz](http://www.fieldmap.cz)).

#### 3.2. Rilevamento dell'assetto dendrometrico-strutturale del soprassuolo

Il sistema *FieldMap* utilizza i seguenti materiali e strumenti per i rilevamenti dei parametri dendrometrici (Fig. 3.2.1):

- Telemetro/ipsometro *TruPulse 360*: distanziometro a tecnologia laser, con clinometro elettronico ed una bussola integrati che permette di determinare distanze, angoli zenitali (altezze di oggetti o piante) e azimutali (posizione di piante rispetto ad un riferimento).
- Palina con catadiottro, utilizzata per captare il raggio laser fra la vegetazione del piano dominato, al fine di registrare le posizioni, tramite anche l'utilizzo di un apposito filtro. La palina è stata inoltre utilizzata per stimare l'altezza della rinnovazione, essa può essere costituita da un numero fino a 3 di elementi su cui si ritrovano delle strisce bianche e rosse di larghezza 20 cm. Ciascun elemento ha una lunghezza di 1 m, per un totale di 3 m di altezza.
- Cavalletto dendrometrico elettronico collegato via Bluetooth al computer di *Fieldmap* invia automaticamente tutte le misure effettuate. Per ottenere il corretto

dato di diametro ci si pone generalmente a monte della pianta eseguendo la misurazione.

- Succhiello di Pressler utilizzato per raccogliere le carote legnose necessarie per stimare l'età del popolamento e l'accrescimento delle piante. Esso è costituito da un manubrio o impugnatura, una trivella a doppio filetto ed un estrattore per prelevare le carote legnose delle piante campionate.
- È stato utilizzato anche un ipsometro ad ultrasuoni Vertex®, combinato al trasponder che viene posizionato sulla pianta ad 1.30 m da terra, utilizzato per rilevare le altezze totali e le altezze di inserzione della chioma.

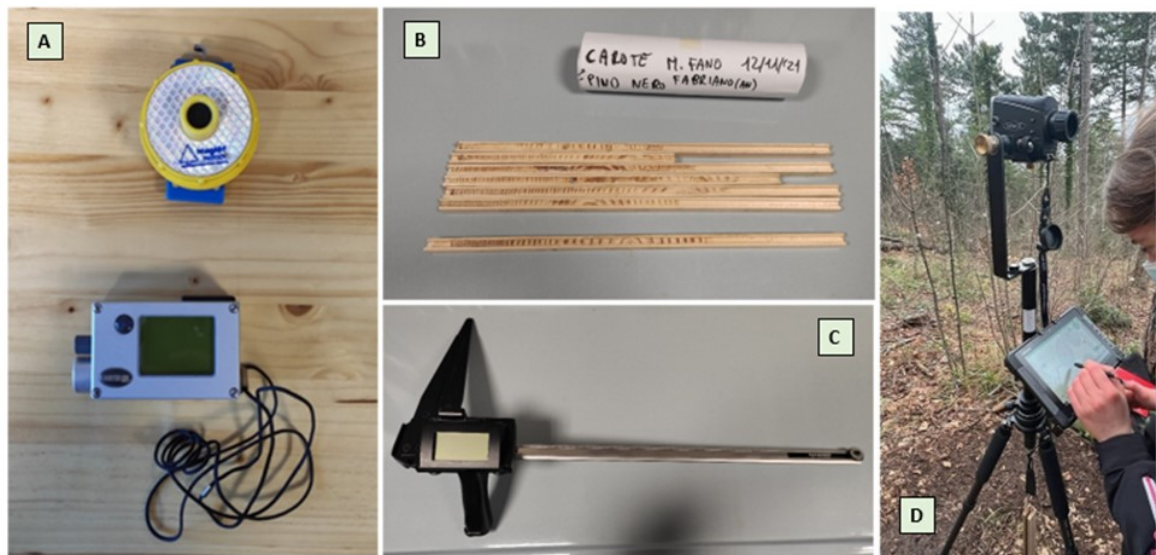


Figura 3.2.1: A) Ipsometro Vertex con trasponder; B) Carote estratte da Pino nero a Monte Fano; C) Cavalletto dendrometrico elettronico per rilievo diametri; D) Fieldmap con TruPulse.

### 3.2.1. Il piano dominante

Tutte le piante di Pino nero ricadenti nel perimetro dell'area totale di 1256 m<sup>2</sup> sono state oggetto di rilievo. Per ciascuna di esse sono stati presi i principali parametri dendrometrici. Dapprima, avvalendosi del telemetro laser TruPulse, sono state rilevate le posizioni delle piante. Questo strumento viene utilizzato da un operatore e combinato ad un catadiotro montato su di una "palina" ad un'altezza prefissata utilizzata da un secondo operatore. Questa palina viene poi messa a contatto con ciascuna pianta da rilevare in modo tale da avere una posizione che sia il più corrispondente possibile alla realtà. Il catadiotro è

fondamentale per l'utilizzo dello strumento TruPulse quando si va ad utilizzare un filtro posizionato di fronte all'emettitore e ricevitore del raggio laser (di bassa potenza), che permette di evitare di prendere delle distanze non vere a causa del raggio riflesso dalla vegetazione. Infatti il filtro fa sì che solo il raggio riflesso dal catadiottro venga rilevato, ottenendo la misura della distanza tra la postazione dell'operatore (in corrispondenza del centroide) e l'individuo.

È stato successivamente eseguito un cavallettamento totale dell'area servendosi del cavalletto dendrometrico elettronico. Per il rilevamento dei diametri (DBH) sono state eseguite sempre due misure, ortogonali tra loro, automaticamente mediate dallo strumento ed inviate al computer. È opportuno effettuare due misurazioni del diametro ad un'altezza di 1.30 m da terra, in modo da avere un dato corretto, in quanto spesso i fusti non hanno una sezione perfettamente circolare, ma tendono ad avere delle deformazioni causate dai diversi fattori che influenzano lo sviluppo della pianta. Successivamente sono state misurate le proiezioni delle singole chiome, battendo rispettivamente i punti Nord, Sud, Ovest, Est affinché avessimo una rappresentazione grafica sul software sia della chioma che della posizione rispetto al tronco.

Con l'ipsometro Vertex ad ultrasuoni, sono state misurate le altezze totali e quelle di inserzione della chioma (palco vivo più basso lungo il fusto). Lo strumento riesce ad eseguire la misurazione grazie all'ausilio di un ricevitore, il "trasponder", fissato all'albero da misurare ad un'altezza di 1.30 m. Per l'utilizzo dell'ipsometro, non è necessario porsi a distanze prefissate, l'unica accortezza è quella di mettersi ad una distanza (solitamente pari all'altezza della pianta da misurare) tale da riuscire a vedere la cima della pianta. Entrambe queste misurazioni sono servite nella successiva fase per costruire una curva ipsometrica.

Si è proseguito con il conteggio dei palchi vivi (LWN– *Living Whorls Number*), procedendo dal primo palco inferiore fino alla cima della chioma. Associando questo dato al coefficiente di snellezza della stessa pianta consente di stimarne la stabilità (rapporto H/DBH di ogni pianta) (CANTIANI ET AL., 2015).

Per la completezza del rilievo, sono state rilevate inoltre le ceppaie di individui di Pino nero abbattuti con il diradamento del 2017, per le quali sono stati misurati diametro e altezza da terra, anche in questo caso avvalendosi del cavalletto dendrometrico elettronico.

Oggetto di rilievo infine è stata la necromassa per la quale sono state individuate le piante morte in piedi (*snag*), mentre quelle "atterrate" (*log*) sono state considerate solo se aventi

lunghezza di almeno 1 m e diametro non inferiore a 7 cm; in questo caso sono stati rilevati: la posizione, il diametro e la lunghezza.

Infine, su alcuni individui sono state estratte delle carote legnose dal fusto a 1.30 m da terra utilizzando il succhiello di Pressler, per determinare l'età del popolamento e per effettuare un'analisi preliminare dell'accrescimento nel tempo.

### *3.2.2. Il piano dominato*

In questo caso poiché la rinnovazione era molto densa il rilevamento è stato eseguito in un'area di saggio con raggio di 10 m (superficie di 314 m<sup>2</sup>) utilizzando Fieldmap sempre posizionato in corrispondenza del centroide dell'area di saggio maggiore.

Il rilievo della posizione è stato effettuato sugli individui arborei aventi un'altezza minima di 1.30 m. Della rinnovazione ai primi stadi di sviluppo compresa in un range di altezza tra 50 cm e 1.30 m sono stati riportati esclusivamente specie e tipo di riproduzione. I soggetti aventi altezza inferiore a 50 cm sono stati semplicemente annotati.

Per la rinnovazione con un'altezza superiore a 1.30 m, sono stati rilevati diversi parametri dendrometrici necessari ad evidenziare le principali caratteristiche del piano dominato. Per questa sono state prese le posizioni delle piante ed è stata individuata la loro specie. La rinnovazione è stata distinta in gamica o agamica e, in quest'ultimo caso, per ogni ceppaia veniva contato il numero di polloni di cui è composta. È stata poi rilevata l'altezza, ma dal momento che la rinnovazione è caratterizzata da un'altezza media nettamente inferiore rispetto alle piante del piano dominante, non è stato utilizzato l'ipsometro ad ultrasuoni Vertex ma è stato sufficiente l'utilizzo della palina, in modo tale da avere anche un metodo che risultasse più speditivo e che contemporaneamente ci aiutasse a determinare se la rinnovazione fosse sotto i 50 cm, compresa tra i 50 cm e 1.30 m o superiore a 1.30 m (attraverso dei segni posti alle altezze corrispondenti). Per avere una misurazione sufficientemente precisa sono state utilizzate le bande bianche e rosse (ampie 20 cm) per determinare l'altezza (arrivando ad una precisione di 10 cm considerando la metà di una banda). È stato misurato il diametro ad 1.30 m da terra dei fusti e nel caso di ceppaie quello del pollone di maggiori dimensioni, utilizzando il cavalletto dendrometrico elettronico ma eseguendo una sola misura.

### 3.3. Valutazione della stabilità meccanica degli individui di pino nero

La stabilità dei singoli individui e media di popolamento è stata stimata con diversi indicatori: il coefficiente di snellezza ( $H/D$ ), la profondità di chioma ( $Pch$ ), ed il numero di palchi vivi ( $LWN$ ) per ciascuna pianta. Il coefficiente di snellezza ( $H/D$ ), o rapporto ipsodiametrico non è altro che il rapporto (non parametrico) tra l'altezza totale della pianta (in m) e il relativo diametro ( $DBH$ ) misurato ad 1.30 m da terra (in cm). Viene utilizzato come valore soglia di stabilità 0.9 oltre il quale ci possono essere rischi di instabilità delle piante. Infatti a parità di diametro, maggiore è l'altezza della pianta, minore sarà la sua stabilità. Generalmente popolamenti ad elevata densità sono caratterizzati dalla presenza di piante "filate", alle quali sono associati alti coefficienti di snellezza che determinano l'instabilità della pianta. In zone note per eventi calamitosi come i forti venti sono proprio queste piante il principale oggetto di schianti e ribaltamenti. Appunto per questo si cerca di mettere in evidenza l'importanza della realizzazione dei diradamenti, in modo da garantire un maggior accrescimento diametrico delle piante e di conseguenza garantire una maggior stabilità degli individui e del soprassuolo.

È stata calcolata la profondità di chioma ( $Pch$ ), un ulteriore parametro per valutare la stabilità individuale. Tale indice viene calcolato facendo la differenza tra l'altezza totale e l'altezza di inserzione della chioma di ogni individuo. Quest'ultima si identifica come la distanza lungo l'asse del fusto da terra fino alla prima branca principale o al primo gruppo di rami vivi (non contando rami singoli isolati). Tale parametro stima la conformazione della chioma e la sua posizione rispetto all'altezza totale. Idealmente la chioma dovrebbe essere collocata nel terzo superiore rispetto all'altezza totale e quindi non risultare né troppo ridotta (alta), né troppo ampia (bassa) combinando una buona efficienza fotosintetica per il suo accrescimento con la stabilità. Una chioma equilibrata consente alla pianta di non subire l'effetto vela causato dal vento o comunque di subirlo in maniera ridotta, in quanto la superficie che verrà a contatto con il vento stesso risulterà minore, traducendosi quindi in una maggiore stabilità della pianta. Inoltre, una chioma ben collocata in alto diminuisce la suscettibilità agli incendi radenti, le cui fiamme non riescono a salire facilmente in chioma.

Infine è stato conteggiato il numero di palchi vivi ( $LWN$ ) di ogni pino del piano dominante, che messo in relazione al coefficiente di snellezza consente un'ulteriore stima della stabilità.



## 4. RISULTATI

### 4.1. Effetti del diradamento sulla struttura del piano dominante

#### 4.1.1. Situazione ante-post diradamento (anno 2017)

La porzione di pineta oggetto di studio, non essendo stata interessata da tagli intercalari pregressi, ha avuto uno sviluppo continuo dalla fase di impianto fino al momento dell'intervento. Il soprassuolo principale era una pineta coetanea pura di Pino nero densa ed omogenea per quanto riguarda la struttura orizzontale, e monoplana per quella verticale (Fig. 4.1.1).



Figura 4.1.1: L'area di studio ante-intervento (Immagine del 08/2016) (Fonte Google Earth).

Il diradamento eseguito nel 2017, sebbene abbia rimosso oltre il 60% della massa legnosa e sebbene abbia modificato la fisionomia e la densità del soprassuolo non ne ha modificato la struttura che rimane coetaneiforme (Fig. 4.1.2). Peraltro la riduzione di copertura delle chiome ha aumentato considerevolmente la disponibilità di luce e la potenzialità di accrescimento degli individui del piano dominante sia per la rinnovazione di latifoglie del piano dominato.



Figura 4.1.2: L'area di studio dopo l'intervento (Immagine del 07/2018) (da Google Earth)

A seguito dell'intervento è diminuito sostanzialmente il numero delle piante che dalle 1106 piante/ha iniziali sono passate a 310, con un'asportazione di circa il 72% degli individui presenti nel soprassuolo (Tab. 4.1.1), interessando prevalentemente individui delle classi diametriche di 15, 20 e 25 cm (Fig. 4.1.3). Nelle classi maggiori l'asportazione è stata progressivamente ridotta fino ad essere nulla nella classe dei 45 cm.

Parametri	Ante	Prelievo	Post
<b>N individui/ha</b>	1106 (100%)	796 (72%)	310 (28%)
<b>Area basimetrica (m<sup>2</sup>/ha)</b>	63,18 (100%)	40,12 (64%)	23,06 (36%)
<b>Volume legnoso (m<sup>3</sup>/ha)</b>	491,59 (100%)	309,97 (63%)	181,62 (37%)
<b>h media (m)</b>	15,86		16,22
<b>h dominante (m)</b>	16,95		17,04

Tabella 4.1.1: Confronto tra i dati ante-intervento e post-intervento (fonte: LORI, 2017).

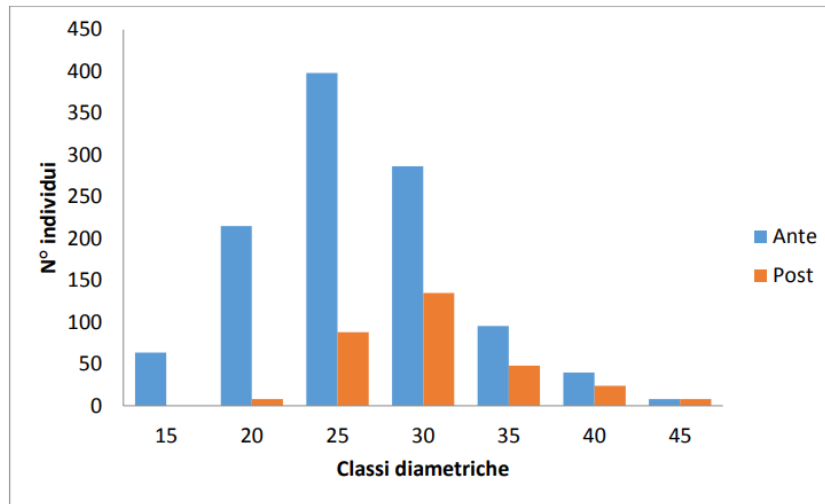


Figura 4.1.3: Distribuzione diametrica ante e post-intervento ad ettaro (fonte: LORI, 2017)

L'area basimetrica si è di conseguenza ridotta per circa il 64%, passando da 63,18 a 23,06 m<sup>2</sup>/ha, determinando una riduzione di 40,12 m<sup>2</sup>/ha (Tab. 4.1.1). Anche il volume è stato significativamente ridotto con un prelievo medio del 63%, passando da 491,59 a 181,62 m<sup>3</sup>/ha (Tab. 4.1.1); la sua distribuzione per classi diametriche, come accade anche per l'area basimetrica (Fig. 4.1.4), rispecchia in generale la distribuzione diametrica delle piante sopra riportata (Fig. 4.1.3).

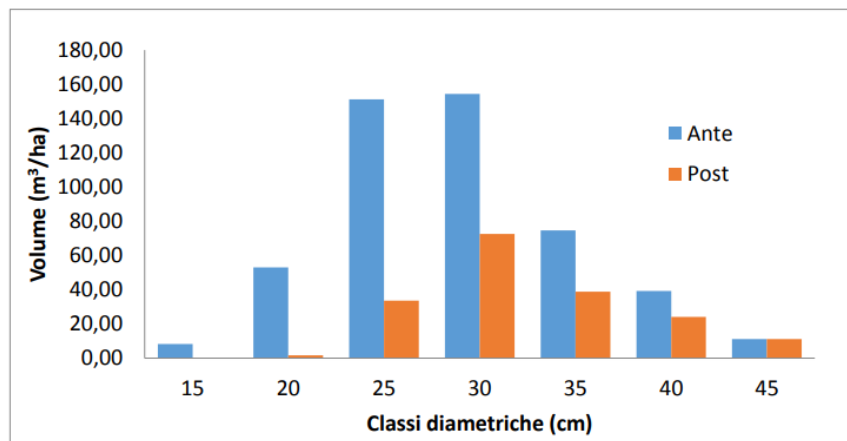


Figura 4.1.4: Volume ante e post-intervento distribuito per classi diametriche ad ettaro (fonte: LORI, 2017)

Possiamo quindi affermare che l'intervento è stato effettuato prevalentemente sulle piante del piano dominato o intermedio, appartenenti alle classi diametriche medio-piccole del popolamento. Ciò è confermato anche dal limitato aumento dell'altezza media passata dai

15,86 m ai 16,31 e dell'altezza dominante da 16,94 m a 17,05 m. Il prelievo è stato cospicuo, pari a circa il 71% del numero di piante e al 63% del volume, ben superiore a quello del 47,62% di numero e del 46,85% di volume previsti dal progetto di taglio presentato all'Unione Montana dell'Esino-Frasassi. L'intervento peraltro non ha causato danni meccanici significativi alle piante rilasciate, ma solo leggeri scortecciamenti e rottura di alcuni rami. Questo ha permesso l'apertura del piano dominante creando spazi fra le chiome che potrà sia determinare un aumento diametrico e di incremento corrente sia favorire lo sviluppo della rinnovazione di latifoglie presenti nel piano dominato. (LORI, 2017).

#### *4.1.2. Situazione 4 anni dopo il diradamento (2021)*

Il popolamento oggi presenta una struttura leggermente più chiusa rispetto alla condizione post-intervento grazie al maggior sviluppo delle chiome e al piano dominato, in cui è presente una densa rinnovazione. Nel piano dominante sono stati individuati 39 pini all'interno dell'area di saggio che corrispondono a 310 individui/ha. Questi soggetti tuttora presentano nel complesso buone condizioni vegetative fatto salvo per un'unica pianta ribaltata.

Dal confronto con i risultati post-intervento del 2017 (Fig. 4.1.3 e Fig. 4.1.6) si può osservare che nel corso del tempo gli individui sono riusciti a sfruttare le migliori condizioni di luce; difatti, rispetto al 2017, il numero di piante è mutato per ciascuna classe diametrica ritrovando più soggetti nelle classi diametriche maggiori, andando a costituire inoltre la classe da 50 cm che inizialmente non era presente (Fig. 4.1.5).

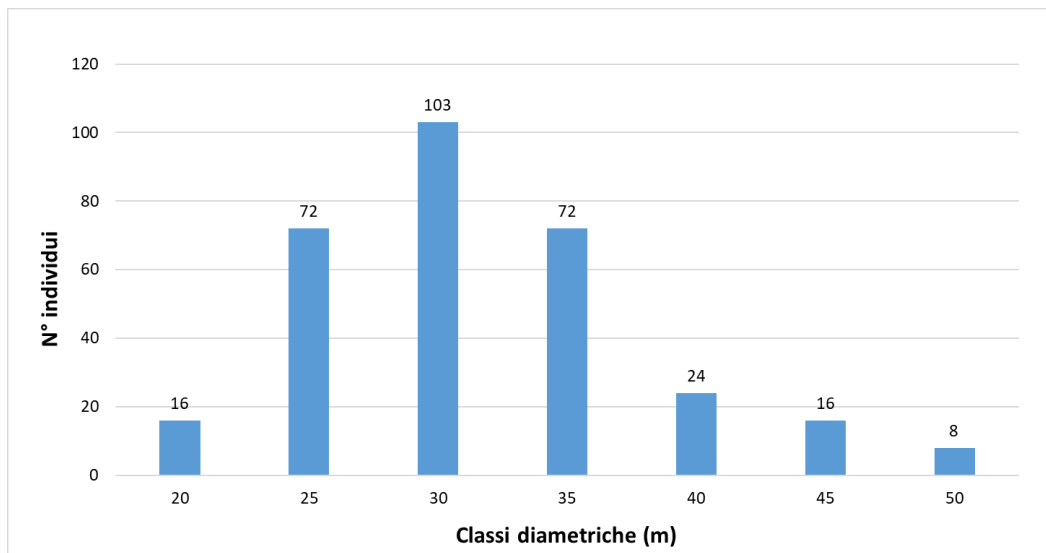


Figura 4.1.5: Distribuzione diametrica del soprassuolo ad ettaro nel 2021 (4 anni dopo l'intervento).

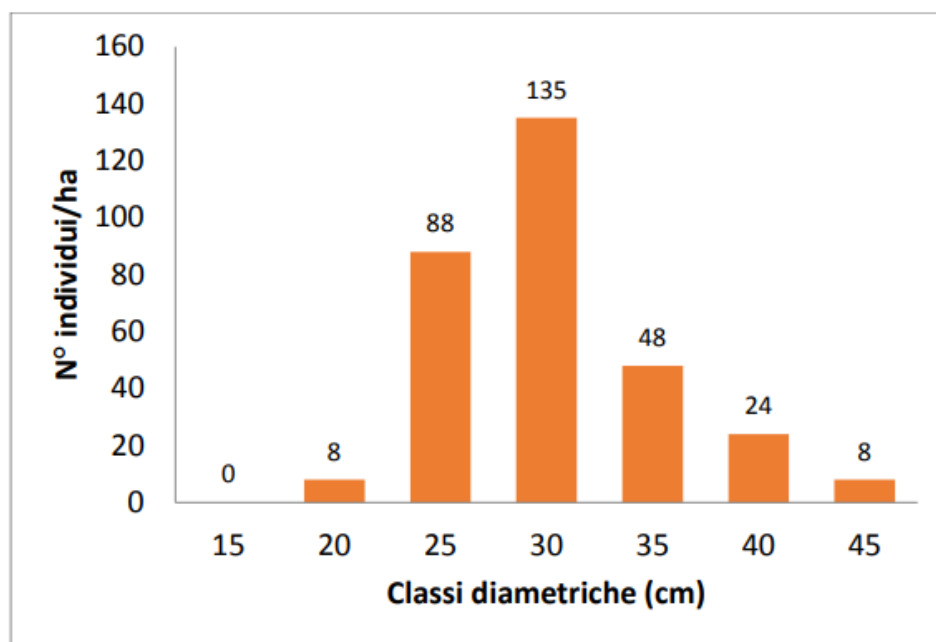


Figura 4.1.6: Distribuzione diametrica del soprassuolo post-intervento (2017) (Fonte: LORI, 2017).

Questo accrescimento del popolamento ha portato all'aumento di circa il 10% dell'area basimetrica, che risulta essere di 25,51 m<sup>2</sup>/ha rispetto ai 23,06 m<sup>2</sup>/ha del post-intervento. La sua distribuzione per classi diametriche (Fig. 4.1.7) rispecchia sostanzialmente quella sopra riportata dei diametri (Fig. 4.1.5) e viene messa a confronto con quella del 2017 (Fig. 4.1.8).

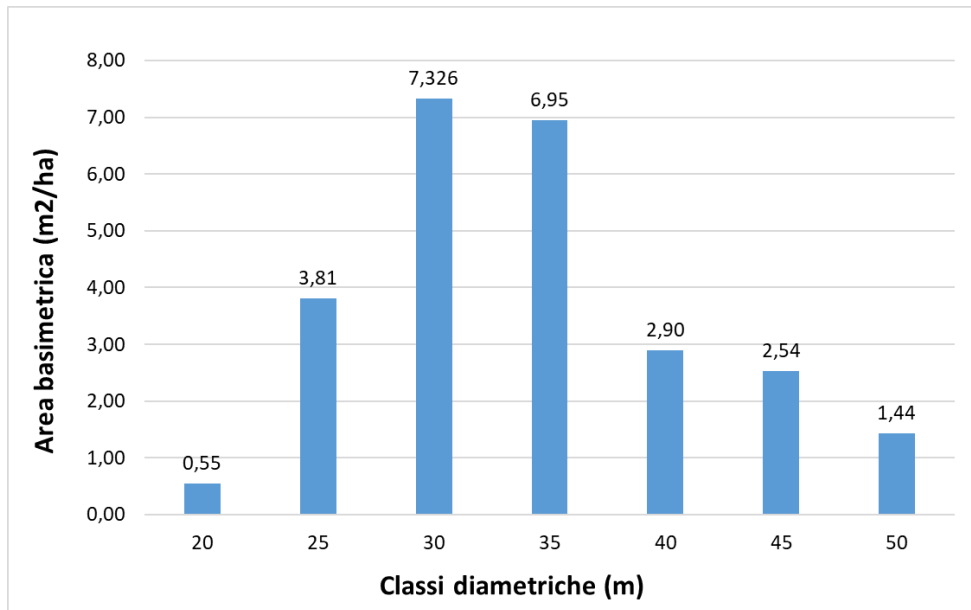


Figura 4.1.7: Distribuzione dell'area basimetrica per classi diametriche ad ettaro nel 2021.

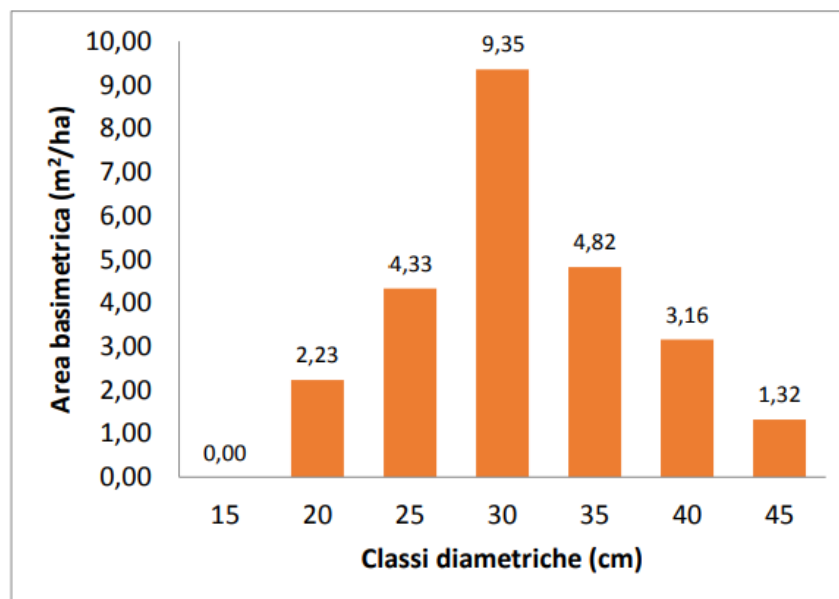


Figura 4.1.8: Distribuzione di area basimetrica ad ettaro per classi diametriche (post-intervento, 2017)  
(Fonte: LORI, 2017).

Ai fini del calcolo del volume è stato fondamentale costruire una curva ipsometrica partendo da alberi modello selezionati tra tutti i soggetti rilevati in campo, perché con l'utilizzo di tutte le altezze degli individui si ottiene una curva ipsometrica non rappresentativa e con un  $R^2$  troppo basso. La scelta è stata effettuata distribuendo in maniera proporzionale il numero di alberi modello rispetto al numero totale di piante per ciascuna classe diametrica, per un totale di 14 soggetti. Di questi soggetti sono stati presi diametro e altezza che hanno

permesso di determinare la curva ipsometrica, necessaria per calcolare l'altezza compensata relativa ad ogni diametro. Tale altezza è stata poi utilizzata insieme al diametro per trovare il volume unitario nella tavola di cubatura. La curva ipsometrica individuata presenta una funzione logaritmica alla quale è attribuito un  $R^2$  pari a 0.66 ritenuto sufficiente per la successiva compensazione (Fig. 4.1.9). L'altezza media del piano dominante è di 18.2 m e l'altezza dominante 22 m. Viene riportata di seguito la distribuzione delle altezze per classi altimetriche (Fig. 4.1.10).

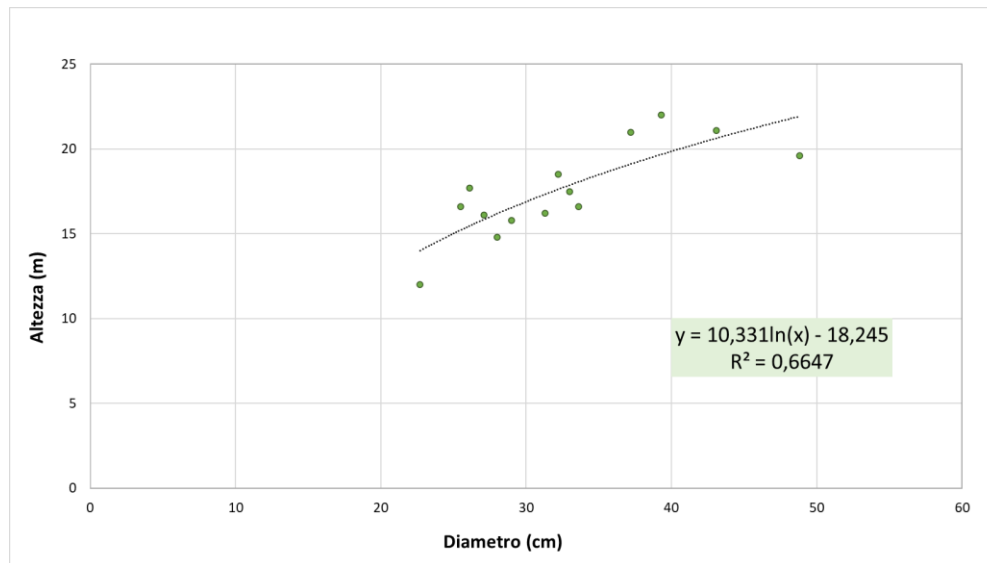


Figura 4.1.9: Curva ipsometrica costruita utilizzando le altezze delle piante rilevate all'interno dell'area di saggio.

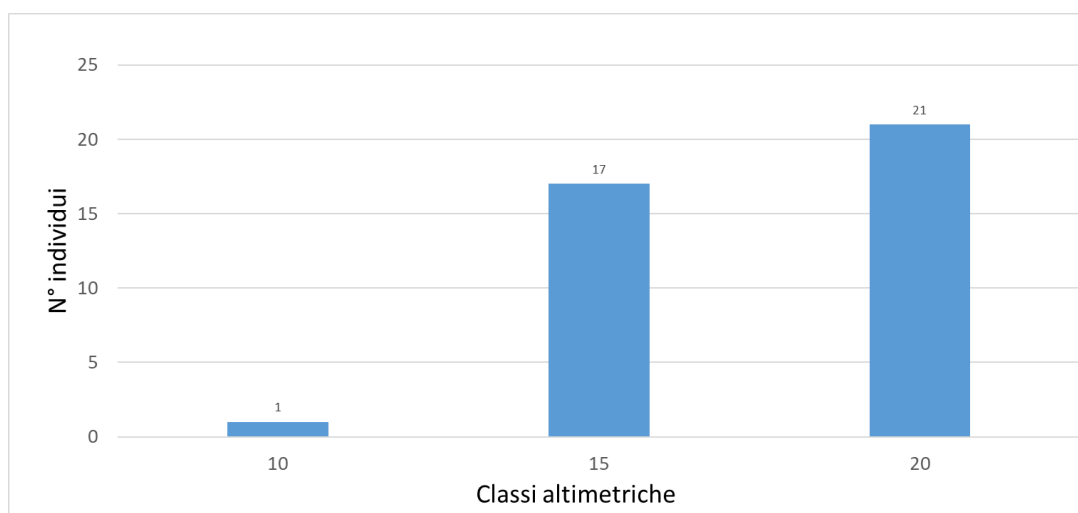


Figura 4.1.10: Distribuzione delle altezze per classi altimetriche di 5 m (2021).

Il volume è stato ricavato dalla somma dei volumi delle singole piante presenti nell'area di saggio, rapportandoli poi all'ettaro, calcolati mediante la tavola di cubatura INFC a due

entrate inerente al Pino nero (utilizzata anche nel precedente studio, in modo da permettere un confronto), prendendo il valore in corrispondenza del diametro e dell'altezza compensata calcolata tramite curva ipsometrica. Il volume totale della massa legnosa in piedi dei pini è aumentato di circa il 20% passando da 181,62 a 213,95 m<sup>3</sup>/ha, Anche in questo caso, come negli altri, è stata riportata la distribuzione dei volumi per ciascuna classe diametrica (Fig. 4.1.11) e messo a confronto con i dati del post-intervento (2017) (Fig. 4.1.12).

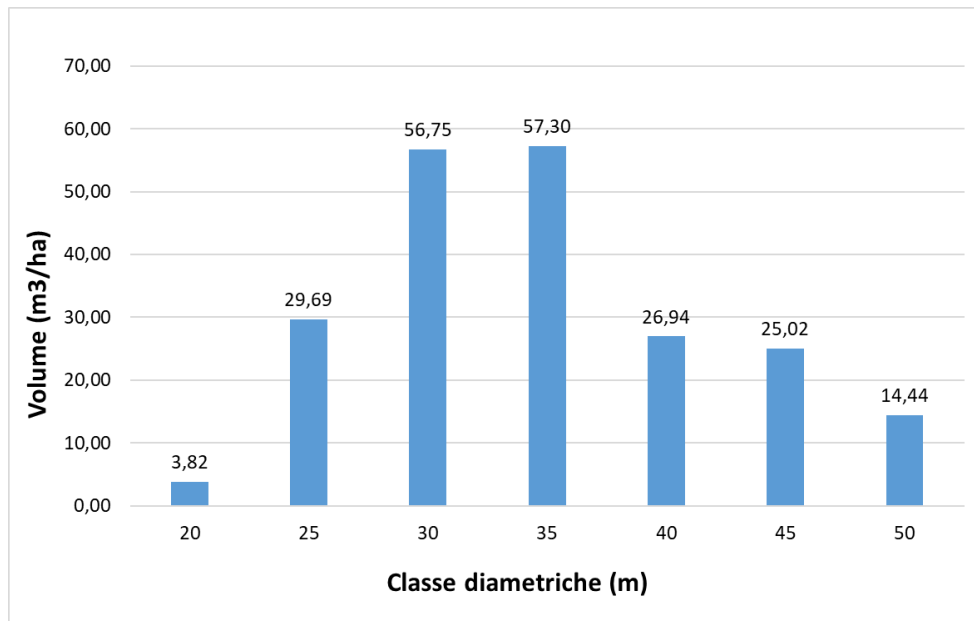


Figura 4.1.11: Distribuzione di volume legnoso per classi diametriche ad ettaro nel 2021.

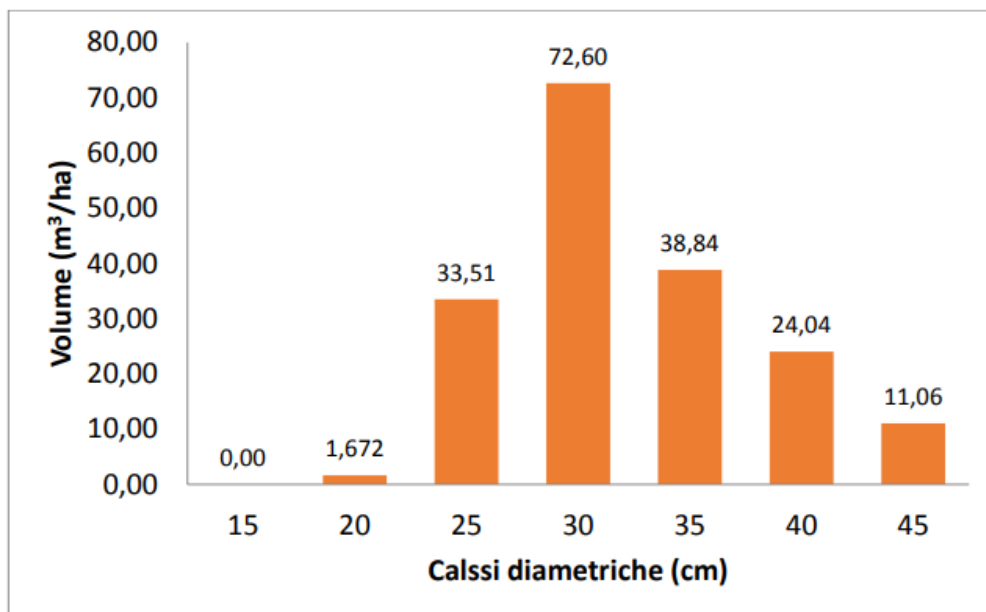


Figura 4.1.12: Distribuzione di volume legnoso ad ettaro per classi diametriche (post-intervento, 2017) (Fonte: LORI, 2017).



I principali parametri dendrometrico-strutturali rilevati ed elaborati per il soprassuolo nel 2021 sono sintetizzati nella seguente tabella (Tab. 4.1.2).

PARAMETRO	VALORE
Numero individui ad ettaro	310
Area basimetrica (G/ha) (m <sup>2</sup> )	25,51
Diametro medio (cm)	32,15
Altezza media (m)	18,2
Altezza dominante (m)	22
Volume (V/ha) (m <sup>3</sup> )	213,95
Età media (anni)	60

Tabella 4.1.2: Principali dati dendrometrico-strutturali del soprassuolo nel 2021.

I dati rilevati con *FieldMap* sono stati restituiti su GIS con una serie di output grafici relativi alla distribuzione spaziale degli individui censiti nei due piani del soprassuolo. Viene riportata la struttura del soprassuolo dominante, con la distribuzione degli individui di Pino nero che si presenta casuale e abbastanza aperta (Fig. 4.1.13). I punti di colore verde scuro rappresentano i fusti di ciascuna pianta e la loro dimensione è proporzionale al diametro del fusto contornati da un poligono verde che indica la proiezione delle chiome. La pianta al centro dell'area con la chioma più espansa è il centroide. Il cerchio bianco e nero, senza chioma, identifica invece lo "snag" già presente nell'area anche nel precedente studio (post-intervento).

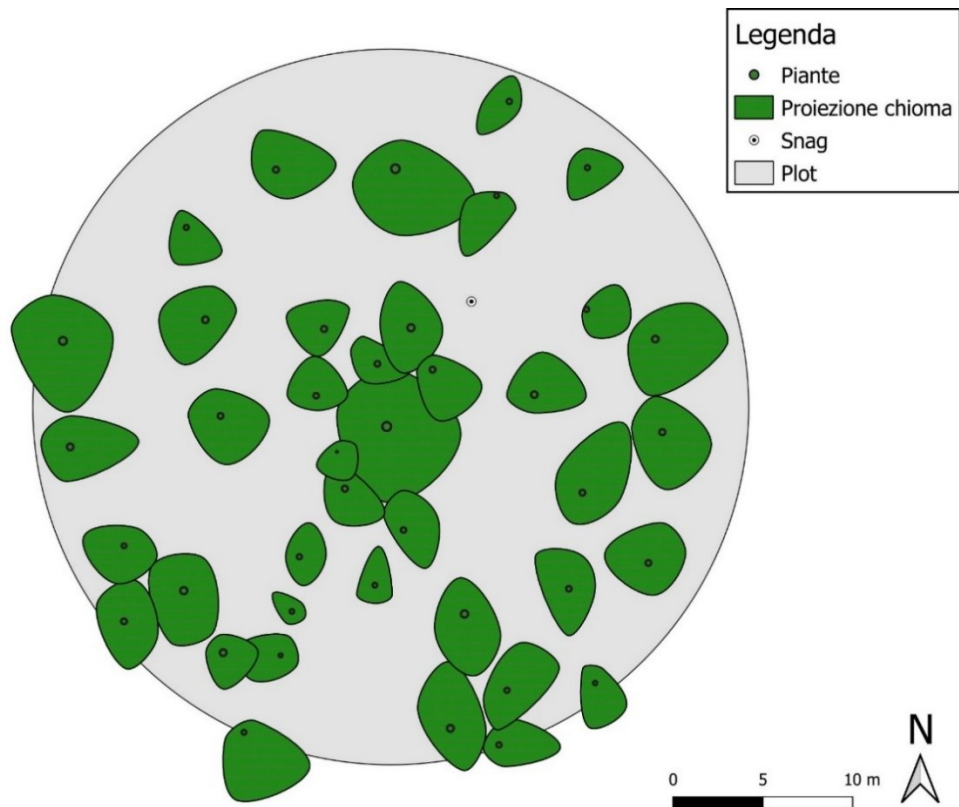


Figura 4.1.13: Struttura del piano dominato nel 2021, piante in piedi.

Nella seconda immagine (Fig. 4.1.14) si può visualizzare la distribuzione spaziale delle ceppaie (“*stump*”) dei Pini utilizzati con il diradamento del 2017, identificate con delle forme romboidali nere e subito accanto ritroviamo la necromassa a terra, poco rilevante in termini quantitativi, rappresentata da un unico individuo di grandi dimensioni, schiantato durante questi quattro anni e da necromassa di piccole dimensioni identificata come residui dell’utilizzazione del 2017.

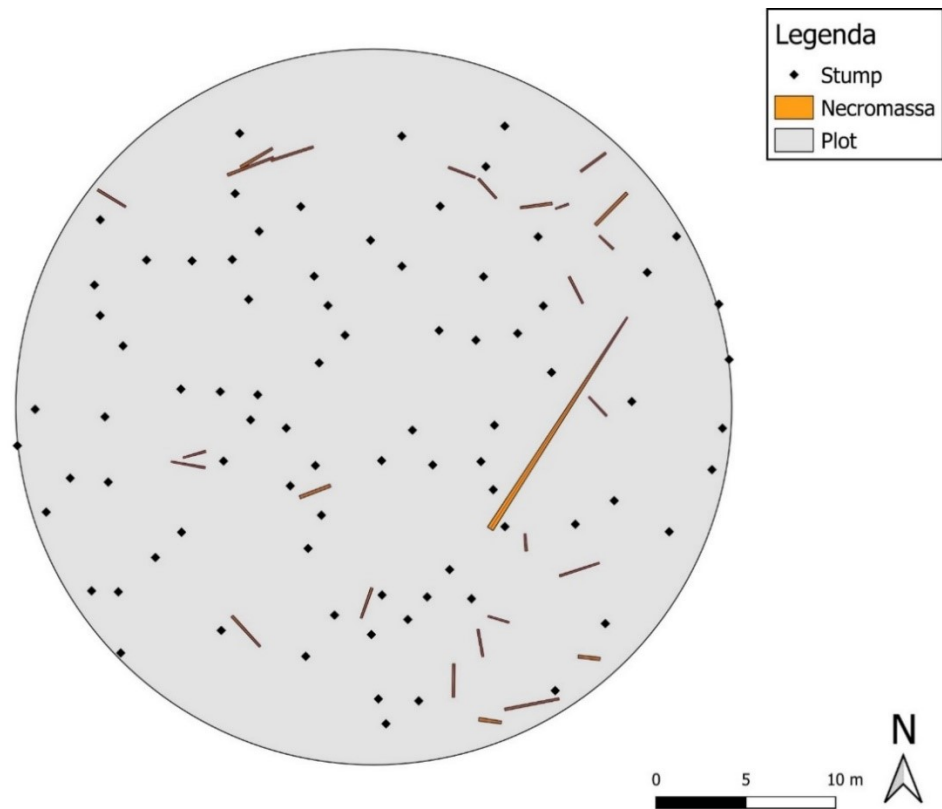


Figura 4.1.14: Struttura del piano dominato nel 2021, ceppaie e necromassa.

Per stimare la copertura del soprassuolo principale (pino nero) sono stati utilizzati i dati della superficie di proiezione chioma dei pini nel 2021. La somma di queste aree consente di stimare la percentuale di copertura che era dell'85% prima dell'intervento, diminuita con il diradamento al 32% e oggi in aumento, con un valore pari al 37%, a seguito dell'accrescimento anche delle chiome per la maggior quantità di radiazione luminosa disponibile per ogni individuo. Inoltre, è stata calcolata mediante analisi della regressione la correlazione fra superficie di proiezione chioma e l'area basimetrica del fusto di ogni individuo di pino. Si osserva una relazione positiva e significativa con un rapporto dimensionale medio di 15 a 1 (Fig. 4.1.15).

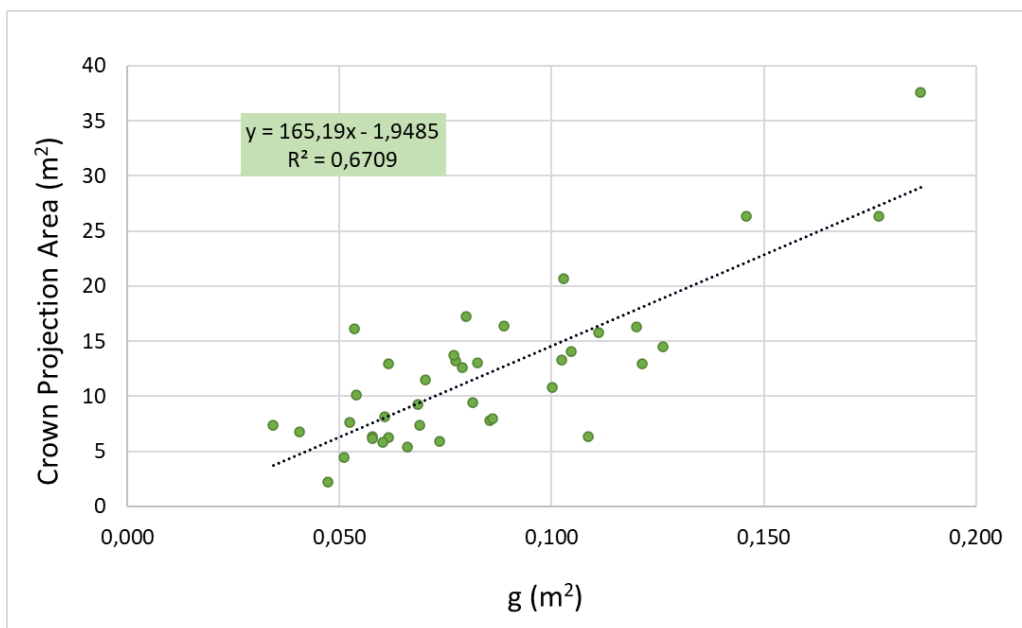


Figura 4.1.15: Correlazione fra la superficie di proiezione di chioma (Crown Projection Area) e l'area basimetrica (g) dei pini nell'area di studio.

Con le carote incrementali estratte ad un'altezza di 1.30 m da terra da 7 alberi scelti in maniera casuale, è stata effettuata nel laboratorio TreeRinLab del D3A un'analisi dendrocronologica per determinare l'età del soprassuolo e per una prima analisi dell'accrescimento radiale. Gli individui censiti presentano un'età media di 55 anni con una massima di 60 anni ed una minima di 50, che conferma che l'impianto è stato eseguito verso la fine degli anni '50. Nella tabella 4.1.3 vengono riportate le età, i diametri e le altezze delle piante campionate.

PIANTA	ETÀ	DBH (cm)	(H)
MFPN01	50	48,8	19,6
MFPN03	60	30,6	19,4
MFPN04	56	33	17,5
MFPN07	53	36,1	18,6
MFPN17	53	31,9	20,4
MFPN26	60	25,5	16,6
MFPN35	56	43,1	21,1

Tabella 4.1.3: Tabella con età, diametro e altezza relative alle piante campionate.

Nella Fig. 4.1.16 è riportato l'andamento del BAI (*Basal Area Increment* – ovvero l'incremento di area basimetrica della pianta) rispetto all'arco temporale individuato dalla serie di maggiore lunghezza, calcolato utilizzando la formula:

$$\text{BAI (cm}^2\text{)} = \pi (r_t^2 - r_{t-1}^2).$$

In tal modo si può mettere a confronto la variazione di superficie dell'intero anello invece che la variazione dell'ampiezza dell'anello stesso, portando ad un risultato più simile al vero accrescimento delle piante. Questo perché l'ampiezza dell'anello non è uguale in tutte le fasi di sviluppo. Quando la pianta è giovane la dimensione degli anelli annuali è percentualmente elevata e diminuisce con l'età della pianta per un effetto di tipo geometrico. Ma ciò non corrisponde se si utilizza la superficie piuttosto che l'ampiezza degli anelli. Questa rappresentazione è più veritiera della dinamica auxometrica degli alberi. In Fig. 4.1.16 vengono riportati gli andamenti di due serie rappresentative (rispettivamente con la curva in blu la pianta n° 17, con quella in verde la n° 26), che presentano degli accrescimenti tutto sommato simili fino al 2017. Si può osservare l'effetto incrementale che il diradamento ha causato in una pianta (la blu) e non nell'altra. La curva blu rappresenta lo sviluppo di una pianta che ha avuto poche oscillazioni di crescita nel tempo (presentando in qualche caso dei picchi) fino al 2017, oltre il quale presenta una notevole crescita dovuta all'intervento effettuato. L'eliminazione di esemplari più grandi intorno ad essa ha portato ad un incremento di radiazione luminosa, la quale ha contribuito ad un maggior accrescimento dell'individuo; si può specificare che l'incremento di questi soggetti non dipende esclusivamente dalla radiazione diretta, ma anche da quella indiretta (Fig. 4.1.17). La curva verde al contrario rappresenta lo sviluppo di una pianta che probabilmente era già dominata prima del diradamento per cui, al contrario di altre, ha risentito meno dell'effetto di apertura delle chiome, in quanto dalle elaborazioni ottenute si desume sia ancora soggetta alla presenza di altri individui, non riportando quindi quella crescita esponenziale notata per la precedente pianta (Fig. 4.1.17).

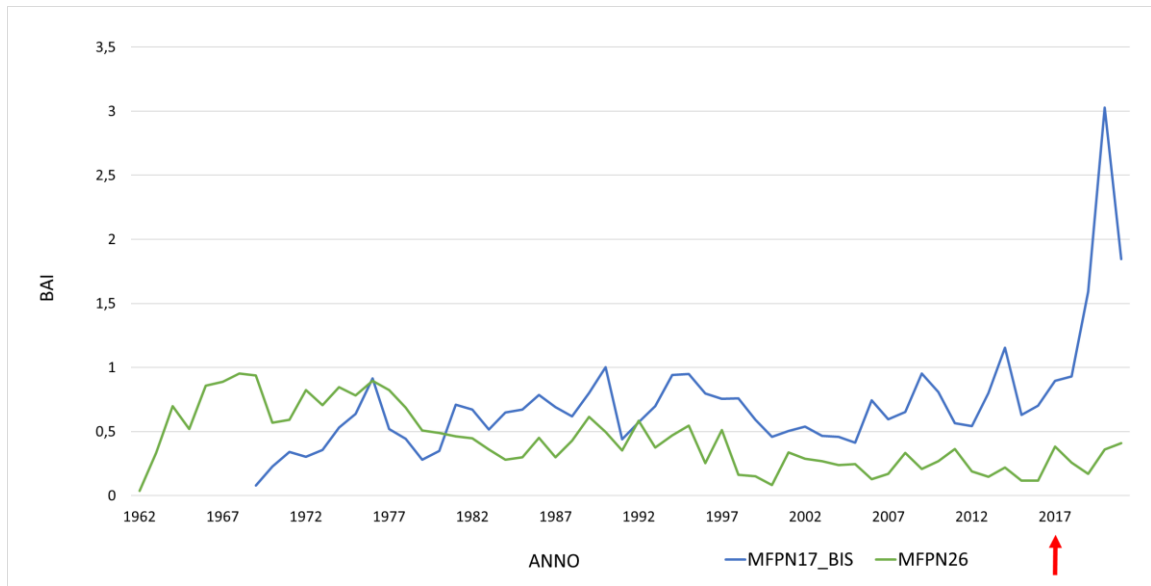


Figura 4.1.16: BAI (cm<sup>2</sup>), studio dell'accrescimento del popolamento negli anni.

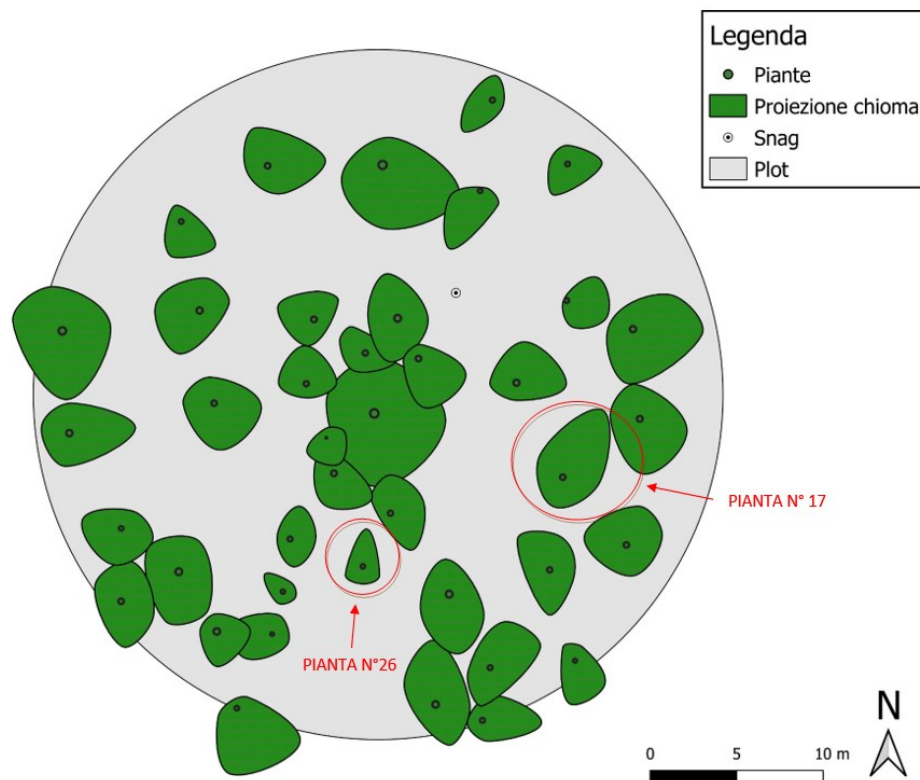


Figura 4.1.17: Individuazione delle piante evidenziate con il grafico sopra.

## 4.2. Effetti del diradamento sul piano dominato

### 4.2.1. Situazione ante-post diradamento (anno 2017)

Il piano dominato precedentemente all'intervento presentava una rinnovazione caratterizzata da latifoglie autoctone probabilmente di origine spontanea che però sono state ceduate per favorirne il riscoppio vegetativo evitando danni dalla caduta dei fusti di pino utilizzati. Nonostante l'utilizzo di grandi macchinari forestali non sono stati evidenziati danni consistenti alla vegetazione presente sotto copertura, che si presentava in buone condizioni vegetative. La presenza è stata stimata di circa 6000/7000 individui/ha prevalentemente di Orniello (*Fraxinus ornus*) per l'82%, in associazione con Leccio (*Quercus ilex*) per l'11% e altre specie quali: Carpino nero (*Ostrya carpinifolia*), Roverella (*Quercus pubescens*), Acero d'Ungheria (*Acer obtusatum*) e Sorbo montano (*Sorbus aria*), che insieme rappresentavano circa il 7% del popolamento. Non era stata riscontrata la presenza di rinnovazione di Pino nero, che in assenza di sufficiente luce non è riuscito ad insediarsi. È stato inoltre osservato che una buona percentuale della rinnovazione era stata identificata come monocormica (58%), dalla quale si desume che si tratti di individui di origine gamica. La restante parte, rappresentata dal 42% del popolamento, è costituita da individui policormici, derivanti da riceppature effettuate per garantire un migliore sviluppo degli individui, spesso malformati a causa di una crescita stentata dovuta alla ricerca della luce sotto eccessiva copertura (Fig. 4.2.1).

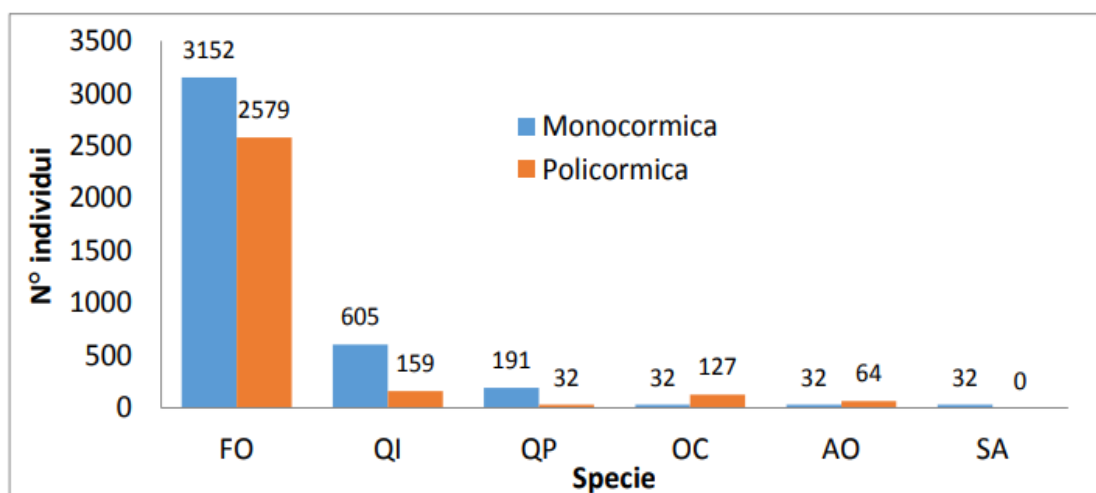


Figura 4.2.1: Composizione della rinnovazione post-intervento suddivisa per origine (fonte: LORI, 2017).

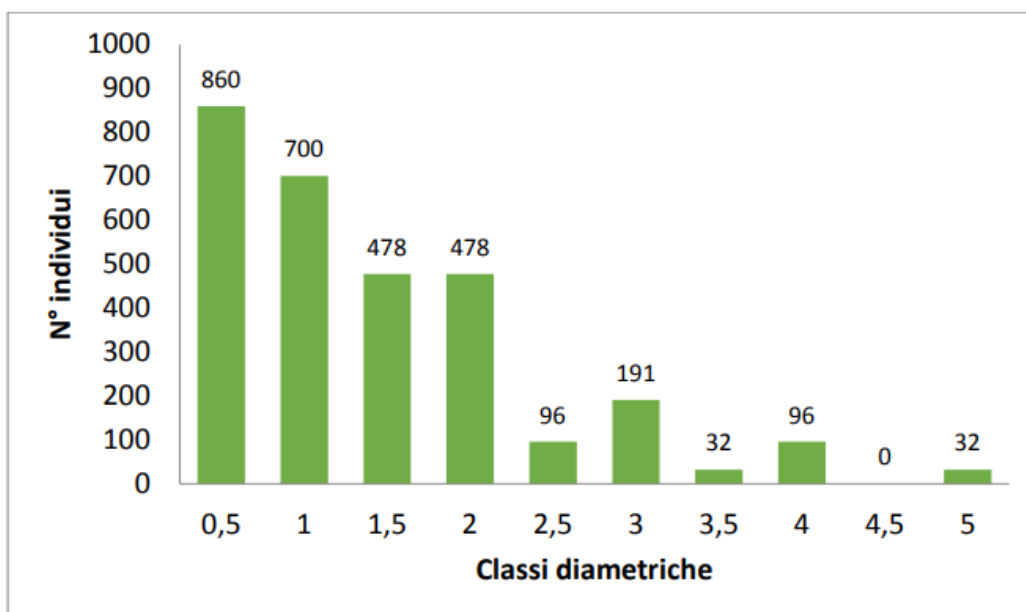


Figura 4.2.2: Curva di distribuzione diametrica della rinnovazione (fonte: LORI, 2017).

#### 4.2.2. Situazione 4 anni dopo il diradamento (2021)

Nel rilievo del 2021 la rinnovazione è stata classificata anche in base alle altezze in due classi con soglia a 1.30 m. Questa risultava prevalentemente di altezza inferiore a 1.30 m (58%), avendo comunque un buon numero di individui al di sopra di tale soglia (42%). La struttura risultante ha una curva esponenziale negativa, tipica di soprassuoli disetanei o disetaneiformi ma anche, come in questo caso, di soprassuoli molto giovani, con classi diametriche comprese fra 0,5 e 5 cm (Fig. 4.2.2).

La rinnovazione che ad oggi caratterizza il popolamento e che sta cambiando la struttura del bosco da una pineta ad un bosco deciduo misto, si è probabilmente insediata in modo spontaneo nel corso degli anni grazie alle favorevoli condizioni stazionali e di microclima che si sono venute a creare con lo sviluppo del Pino nero nel piano dominante. Questa evoluzione è stata accentuata da una riceppatura eseguita durante il diradamento per permettere un miglior sviluppo degli individui spesso malformati e poco vigorosi per la scarsa quantità di luce che giungeva sotto copertura e per evitare danni durante la fase di esbosco. Il rilevamento del piano dominato, diversamente dal 2017, è stato eseguito in una ADS con raggio di 10 m concentrica a quella maggiore, Si è reso necessario ridurre l'area in



quanto è risultato difficoltoso effettuare rilevamenti completi per l'abbondanza della rinnovazione.

L'output grafico di *FieldMap* evidenzia la struttura orizzontale del piano dominato (Fig. 4.2.3), dove sono mappati gli individui della rinnovazione con altezza > 1.30 m. suddivisi per specie.

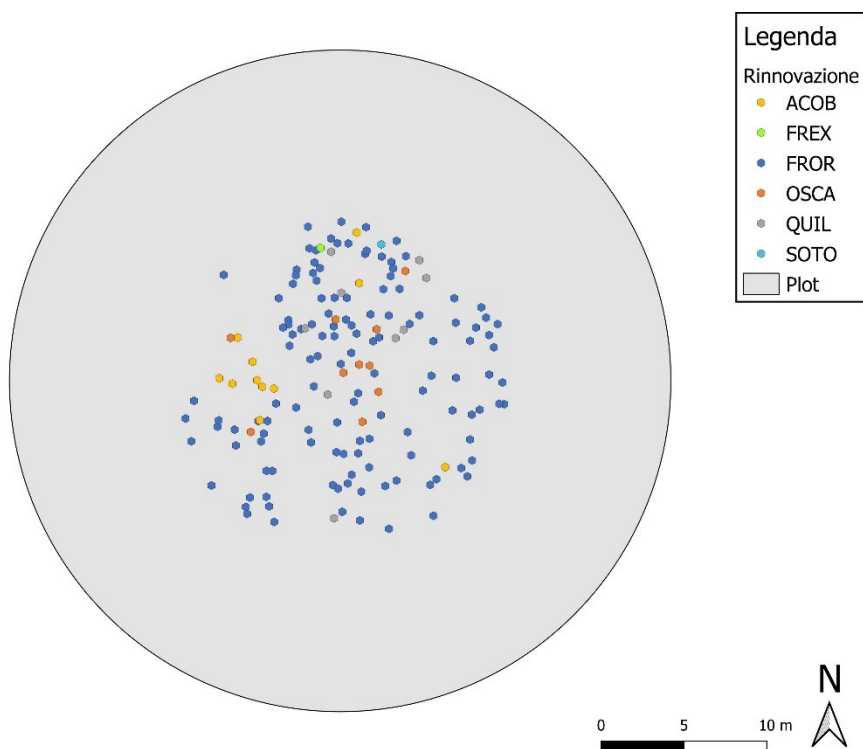


Figura 4.2.3: Distribuzione spaziale della rinnovazione (>1.30 m di altezza) nell'ADS nel 2021. All'interno della legenda ritroviamo le specie caratterizzanti la rinnovazione (ACOB: *Acer obtusatum*, FREX: *Fraxinus excelsior*; FROR: *Fraxinus ornus*; OSCA: *Ostrya carpinifolia*; QUIL: *Quercus ilex*; SOTO: *Sorbus torminalis*).

Si può osservare una differente distribuzione percentuale delle specie al di sopra e al di sotto di 1.30 m. Nella componente al di sotto di 1.30 m (Fig. 4.2.4) la rinnovazione è composta da circa 2836 individui ad ettaro, ed è caratterizzata da una distribuzione specifica a prevalenza di Leccio (46%) e Orniello (36%), seguite da Roverella (7%), Acero d'Ungheria (6%), Carpino (2%), Cerro (2%) e Frassino (1%). A differenza del 2017 sono stati individuati semenzali di Pino nero (al di sotto dei 50 cm) che non erano stati osservati nel 2017 perché forse non ancora germinati visto il breve periodo intercorso fra intervento e rilevamento.

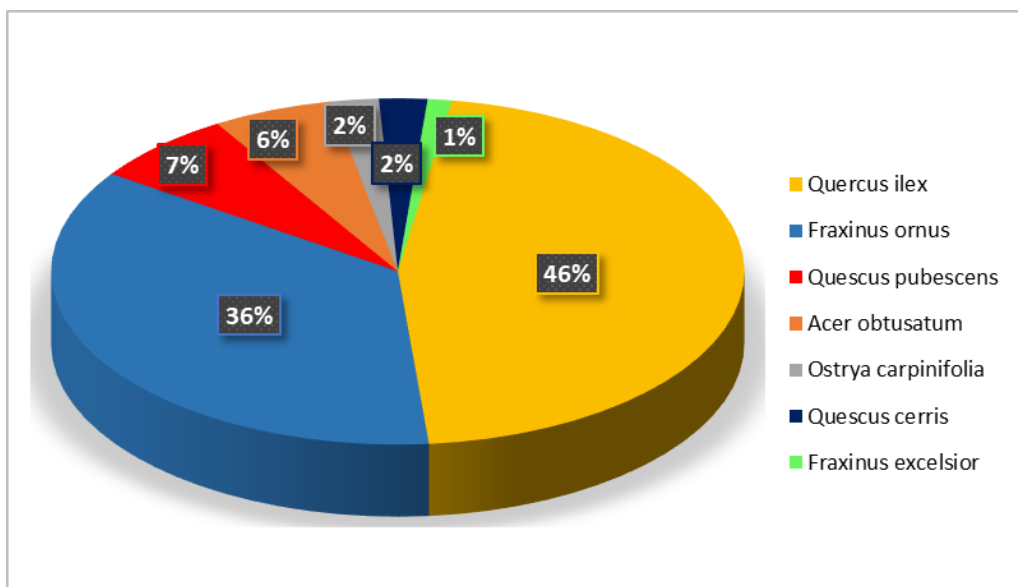


Figura 4.2.4: Distribuzione specifica della rinnovazione < 1.30 m di altezza nel 2021.

Circa l'origine (Fig. 4.2.5), si nota una forte componente agamica, soprattutto nelle specie maggiormente presenti quali: Leccio (*Quercus ilex*) e Orniello (*Fraxinus ornus*), che invece si riduce notevolmente nel resto della rinnovazione, tenendo comunque conto che la componente gamica, anche se in minor misura rispetto alla precedente, si distribuisce in tutte le specie.

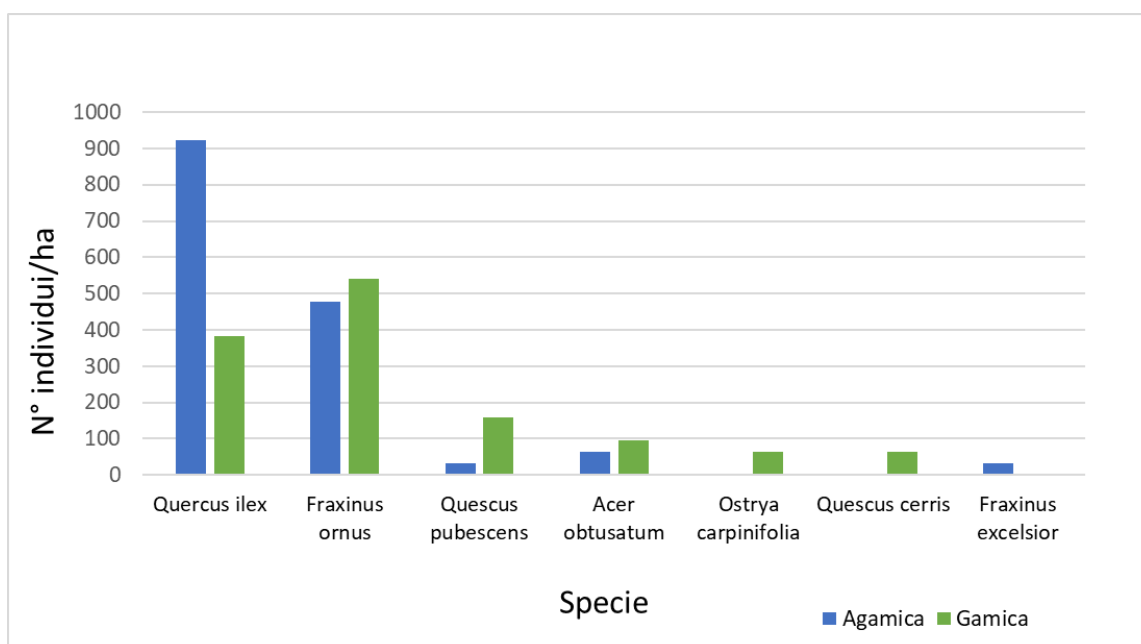


Figura 4.2.5: Origine della rinnovazione < 1.30 m di altezza nel 2021

La rinnovazione al di sopra di 1.30 m presenta una composizione specifica leggermente diversa da quella riportata precedentemente (Fig. 4.2.4). Questa è composta per l'80% da Orniello, seguito dall'Acero d'Ungheria, Carpino nero, Leccio, Ciavardello e Frassino maggiore che insieme rappresentano il 20% del totale rilevato (Fig. 4.2.6). Si differenzia ulteriormente dalla vegetazione rilevata nel 2017, infatti si osserva una maggiore presenza di specie come il Carpino nero e l'Acero d'Ungheria, mentre invece non sono presenti specie come la Roverella e il Sorbo montano che non sono riuscite a svilupparsi.

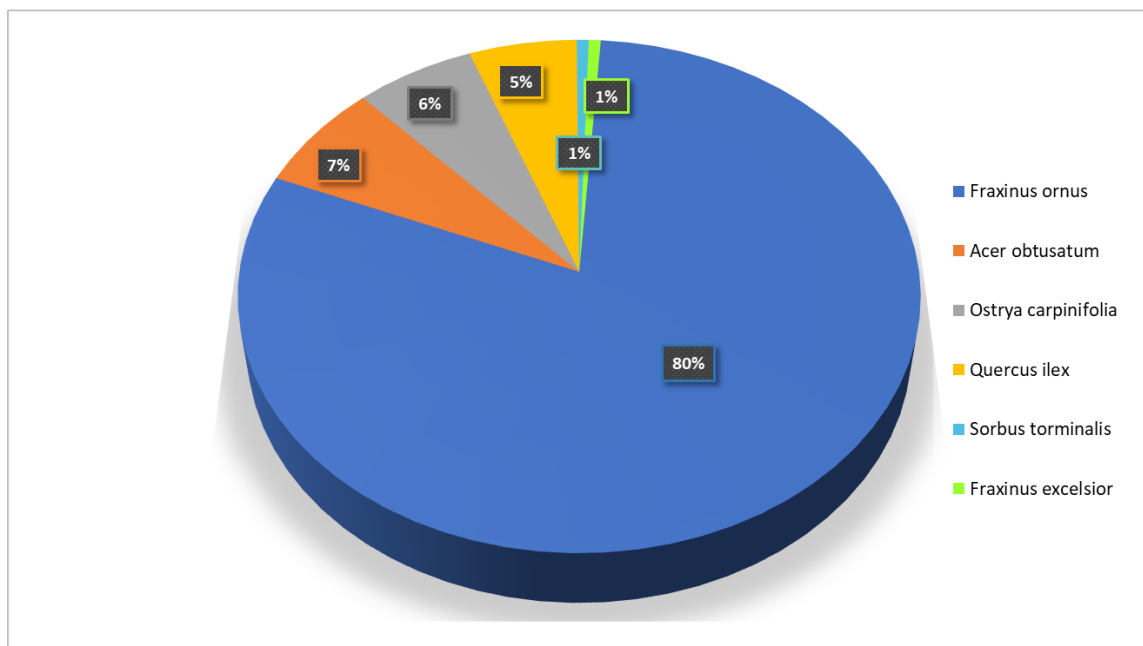


Figura 4.2.6: Distribuzione specifica della rinnovazione sopra a 1.30 m nel 2021.

Relativamente alla distribuzione dei diametri e delle altezze sono stati riportati e messi a confronto i dati della specie principale l'Orniello (*Fraxinus ornus*) con "Altre specie", categoria che comprende tutte le altre latifoglie presenti. I diametri di tutte le piante >1.30 m di altezza, sono stati raggruppati in classi comprese fra 5 e 30 mm (Fig. 4.2.7) e si osserva che la curva di distribuzione rispetto al 2017 sta assumendo una forma gaussiana tipica dei popolamenti coetanei/coetaniformi. Anche le altezze suddivise in classi da 1.50 m a 4 m (altezza massima 4.2 m), hanno una distribuzione gaussiana che conferma l'omogeneità della struttura (Fig. 4.2.8).

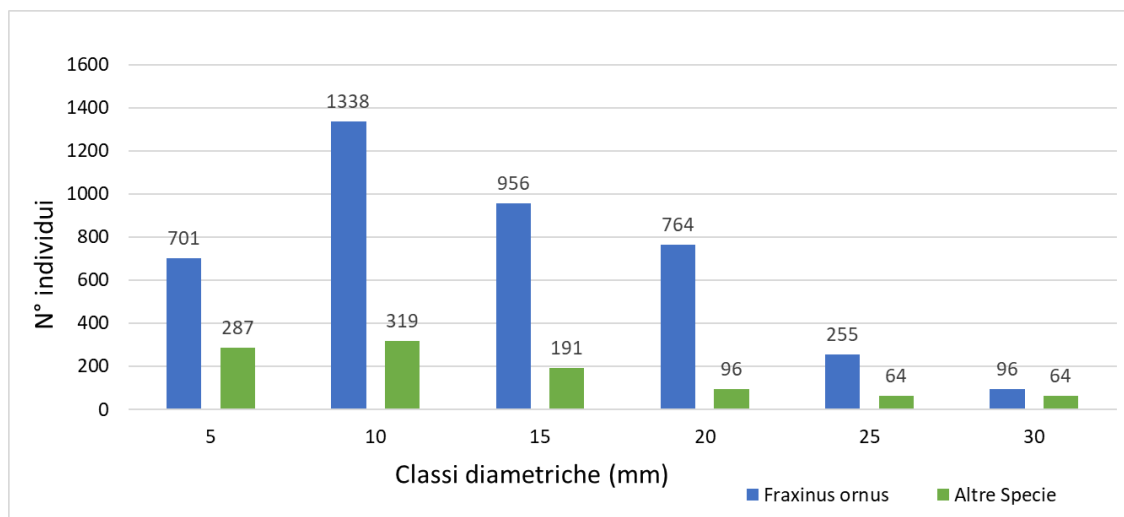


Figura 4.2.7: Distribuzione diametrica della rinnovazione.

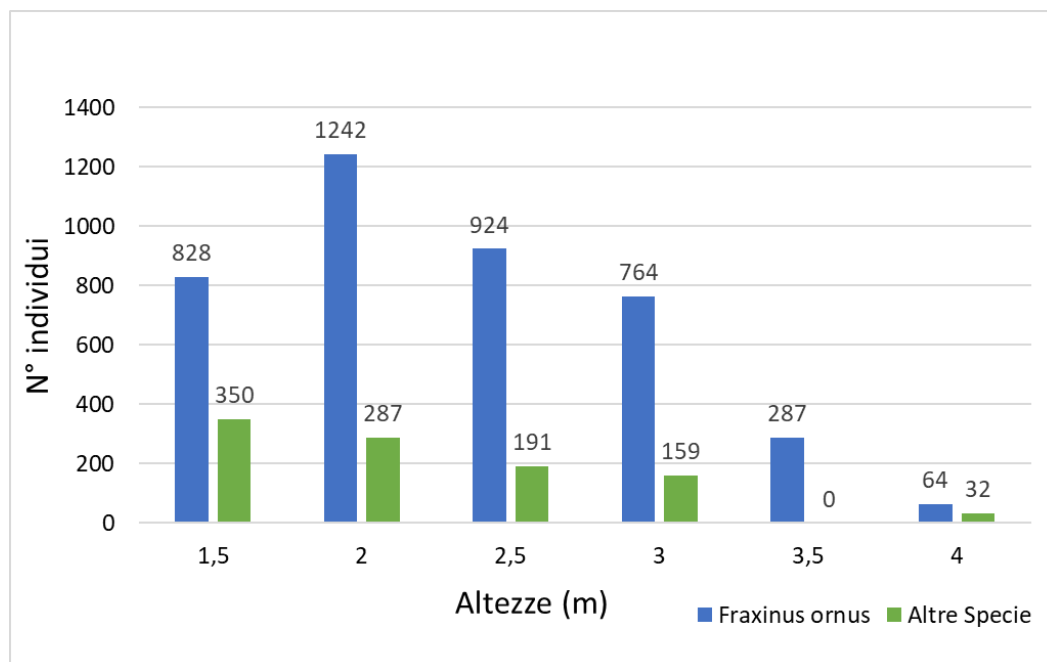


Figura 4.2.8: Distribuzione delle altezze della rinnovazione >1.30 m nel 2021.

La rinnovazione > 1.30 m di altezza è prevalentemente di origine agamica, ricordando che l'orniello è una specie in grado di insediarsi con forme vegetative ipogee (polloni radicali) (Fig. 4.2.9). Relativamente al numerosità dei polloni per ceppaia si può osservare (Fig. 4.2.10).

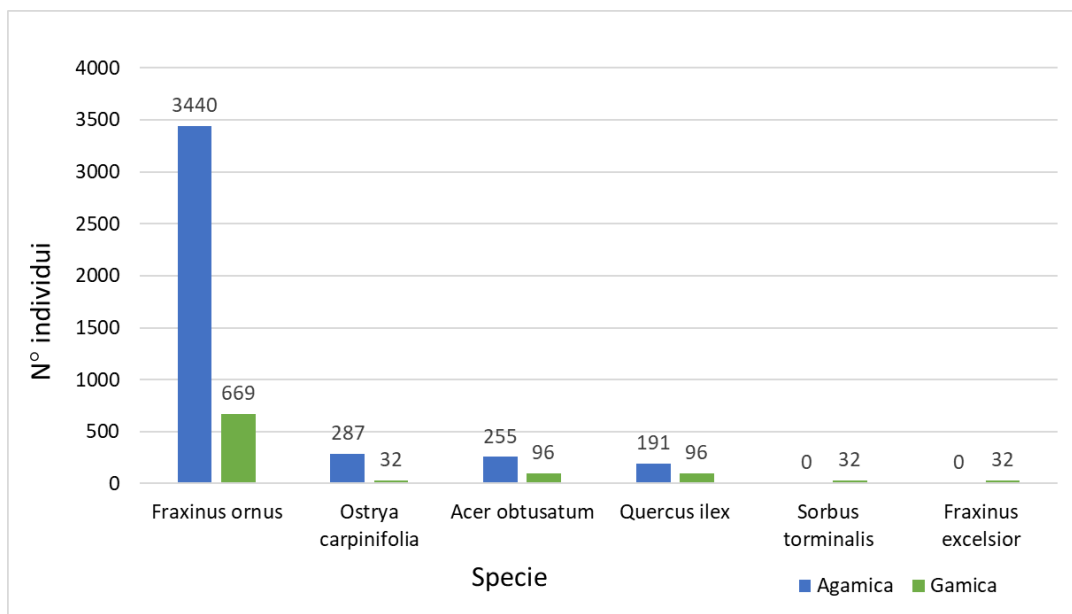


Figura 4.2.9: Origine della rinnovazione (individui > 1.30 m) suddivisa per specie nel 2021 (dati ad ettaro)

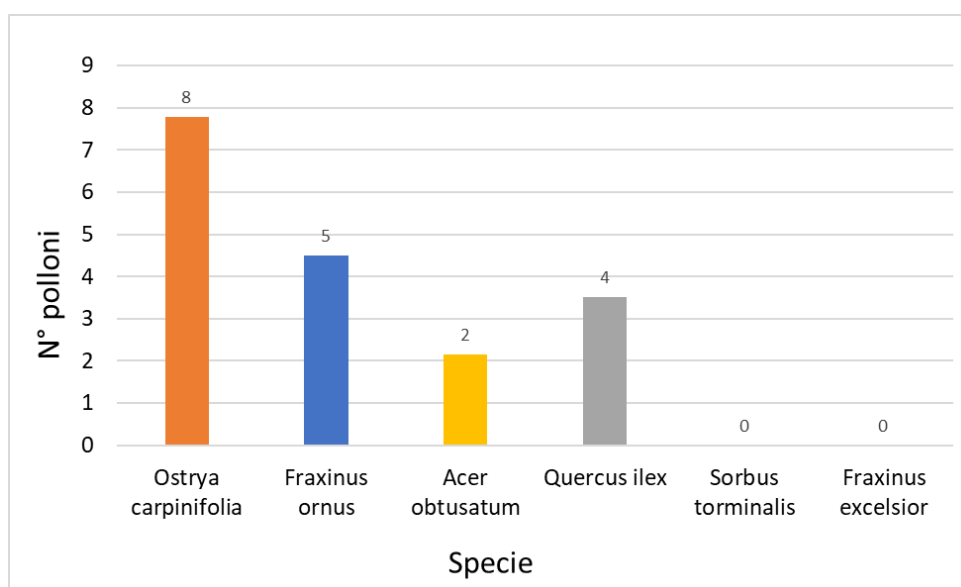


Figura 4.2.10: Numerosità di polloni per ceppaia negli individui agamici >1.30 m di altezza suddivisa per specie

### 4.3. Effetti sulla stabilità meccanica del soprassuolo

È stato calcolato il coefficiente di snellezza che in media è pari a 0.6 (con una variabilità compresa tra 0.4 e 0.9) (Tab. 4.3.1 e 4.3.2). Di tutti gli individui di Pino nero campionati solamente due piante risultano avere un coefficiente pari a 0.9 (valore massimo ottenuto), che coincide inoltre con il valore soglia di rapporto  $H/D$ , suggerendo nel complesso una buona stabilità del soprassuolo e bassa propensione a rischi di schianto. Infatti se si rapporta il coefficiente di snellezza al diametro, l' $H/D$  diminuisce all'aumentare di quest'ultimo ed essendo il soprassuolo coetaneo si può desumere che nel tempo grazie all'accrescimento dei diametri e alla bassa fertilità del terreno che ha contenuto i valori di altezza piuttosto limitati, sia aumentata la stabilità (Fig. 4.3.1).

Per quanto riguarda la profondità di chioma si è ricavata una media di 7.27 m (Tab. 4.3.2). Questo parametro è stato calcolato per ciascuna pianta e messo poi in relazione con le altezze totali ottenendo come risultato una percentuale pari al 39%. Questo ci permette di capire quale posizione occupa la chioma rispetto all'altezza totale. Infatti, attribuendo all'altezza totale della pianta un valore di 100, si constata che dall'apice le chiome occupano il terzo superiore, rendendo il popolamento piuttosto stabile. Di conseguenza, le chiome posizionate a tale altezza risentono meno dell'effetto vela causato dal vento impedendo schianti. I principali parametri utilizzati per determinare la stabilità del soprassuolo sono stati riassunti attraverso una tabella (Tab. 4.3.1).

N Pianta	N Palchi vivi	DBH (cm)	H tot (m)	Hic (m)	H/D	Pch ht-hic (m)	POSIZIONE CHIOMA Pch/Ht
1	35	48,8	19,6	12,1	0,4	7,5	0,38
2	21	29,6	18,2	13,1	0,6	5,1	0,28
3	17	30,6	19,4	13,2	0,6	6,2	0,32
4	22	33	17,5	12,2	0,5	5,3	0,30
5	26	39,3	22	13,7	0,6	8,3	0,38
6	20	32,2	18,5	12,1	0,6	6,4	0,35
7	38	36,1	18,6	10,9	0,5	7,7	0,41
8	25	27,1	16,6	10,6	0,6	6	0,36
9	40	32,4	17,7	10,5	0,5	7,2	0,41
10	36	47,5	17,3	11,5	0,4	5,8	0,34
11	15	25,8	22	12,8	0,9	9,2	0,42
12	19	29	15,8	10,3	0,5	5,5	0,35
13	16	28	14,8	10,8	0,5	4	0,27
14	34	36,2	21	10,6	0,6	10,4	0,50
15	20	33,6	16,6	9,3	0,5	7,3	0,44
16	22	35,7	16,4	10,9	0,5	5,5	0,34
17	26	31,9	20,4	11,2	0,6	9,2	0,45
18	33	31,4	21,3	11,7	0,7	9,6	0,45
19	28	29,9	17,1	10,4	0,6	6,7	0,39
20	10	22,7	12	8,6	0,5	3,4	0,28
21	25	28	16,5	10,3	0,6	6,2	0,38
22	32	37,6	21,6	11,6	0,6	10	0,46
23	34	40,1	20,7	9,8	0,5	10,9	0,53
24	30	29,5	19,2	10,8	0,7	8,4	0,44
25	29	33,1	20,1	12	0,6	8,1	0,40
26	16	25,5	16,6	11,1	0,7	5,5	0,33
27	24	27,7	16	10,6	0,6	5,4	0,34
28	13	24,5	18,6	11,4	0,8	7,2	0,39
29	24	37,2	21	10,1	0,6	10,9	0,52
30	14	26,1	17,7	10,7	0,7	7	0,40
31	33	20,9	18,3	10	0,9	8,3	0,45
32	36	39,1	18	8,3	0,5	9,7	0,54
33	37	31,7	16,9	10,6	0,5	6,3	0,37
34	36	26,2	16,3	10,2	0,6	6,1	0,37
35	41	43,1	21,1	10,6	0,5	10,5	0,50
36	38	36,5	18,9	10,2	0,5	8,7	0,46
37	30	31,3	16,2	9,3	0,5	6,9	0,43
38	29	27,1	16,1	10,9	0,6	5,2	0,32
39	28	27,8	18	12	0,6	6	0,33
<b>MEDIA</b>	<b>27</b>	<b>32</b>	<b>18</b>		<b>0,6</b>	<b>7,27</b>	<b>0,39</b>

Tabella 4.3.1: Caratteri ipso-diametrici e di profondità di chioma degli alberi modello rilevati nel soprassuolo del 2021.

PARAMETRO	VALORE
H/D	0,6
Profondità di chioma	7,27
Percentuale profondità di chioma rispetto all'altezza totale	39%
LWN	27

Tabella 4.3.2: Dati medi di stabilità del popolamento per il 2021.

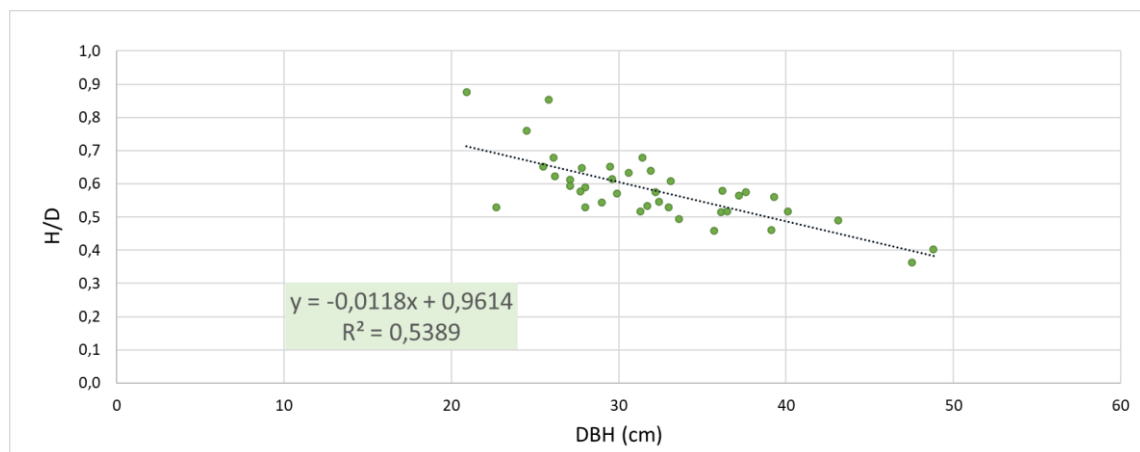


Figura 4.3.1: Relazione fra il coefficiente di snellezza (H/D) e il diametro (DBH) delle piante nel 2021.

È stato infine considerato il parametro del numero di palchi vivi dal quale è stata ricavata una media pari a 27 (Tab. 4.3.1 e 4.3.2). Nonostante una probabile sovrastima del numero dei palchi, è stato comunque possibile costruire un grafico in cui vengono messi a confronto il rapporto ipsodiametrico (H/D) con il numero di palchi vivi (LWN) di ciascuna pianta (Fig. 4.3.2). La curva che si ottiene si identifica essa stessa come una curva di stabilità e prendendo come parametro di riferimento 16 (utilizzato per lo studio di CANTIANI et Al., 2016 nel manuale tecnico SelPiBioLife), che viene indicato come valore per il quale il coefficiente di snellezza della pianta risulta sufficientemente basso da determinarne la stabilità meccanica, il soprassuolo oggetto di studio si può considerare stabile in quanto superiore a tale valore di riferimento. Il vantaggio nell'applicare in campo questo parametro rispetto al classico calcolo del rapporto ipsodiametrico sta nel non dover eseguire tutte le misurazioni di altezza



e diametro, necessari per ricavare il coefficiente di snellezza, ma risulta sufficiente effettuare un semplice conteggio dei rami che sono ancora verdi, confrontandoli con il modello presente nel manuale tecnico, dalla quale si ricaverà il rapporto ipsodiametrico (Fig. 4.3.3).

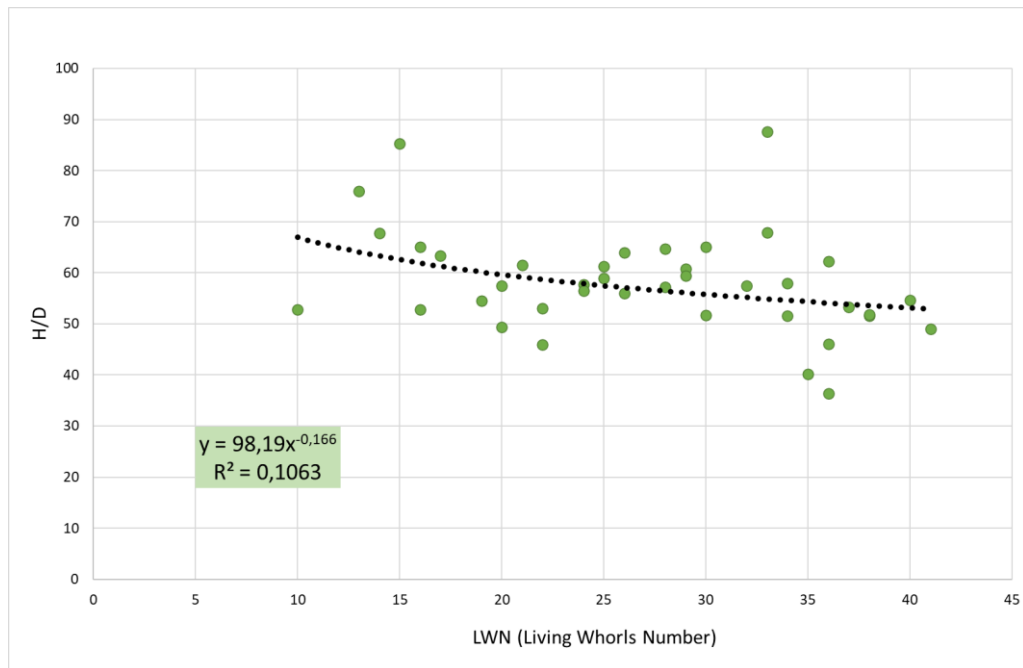


Figura 4.3.2: Relazione fra coefficiente di snellezza (H/D) e il numero di palchi vivi (LWN) nel 2021.

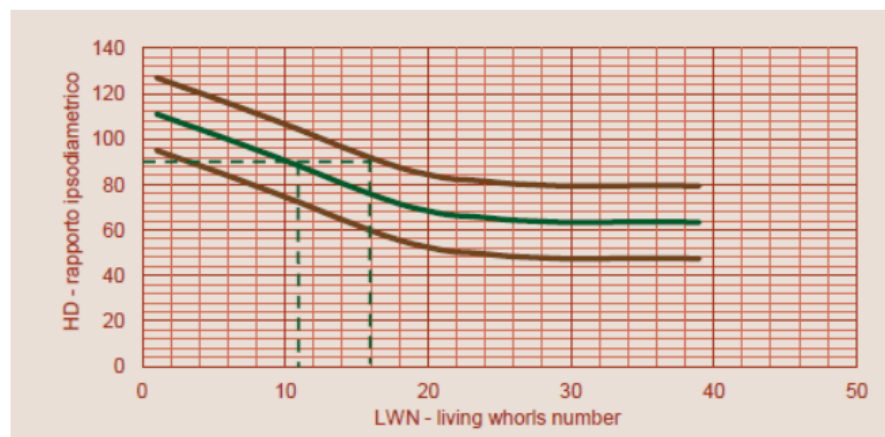


Figura 4.3.3: Rappresentazione grafica del modello (linea verde) e del suo errore (linee marroni). Le linee tratteggiate indicano i valori soglia (conservativo e non conservativo) di LWN (fonte: Manuale tecnico SelPiBioLife).

#### 4.4. Caratteri strutturali del soprassuolo ante-post diradamento

Con il precedente studio (Lori 2017) si è cercato di “ricostruire” la struttura del soprassuolo antecedente all’intervento ed effettuando dei rilevamenti completi che hanno interessato non solo il piano dominante, costituito da Pino nero, ma anche tutto il piano dominato sul quale ha preso piede la vegetazione autoctona del nostro territorio. I dati diametrici precedenti all’intervento, di seguito riportati come “ante”, sono stati ricostruiti con una regressione fra i diametri misurati a 1.30 m e alla base del fusto di quelli ancora in piedi assegnando poi ad ogni ceppaia residua il valore compensato del suo DBH (Fig. 4.4.1).

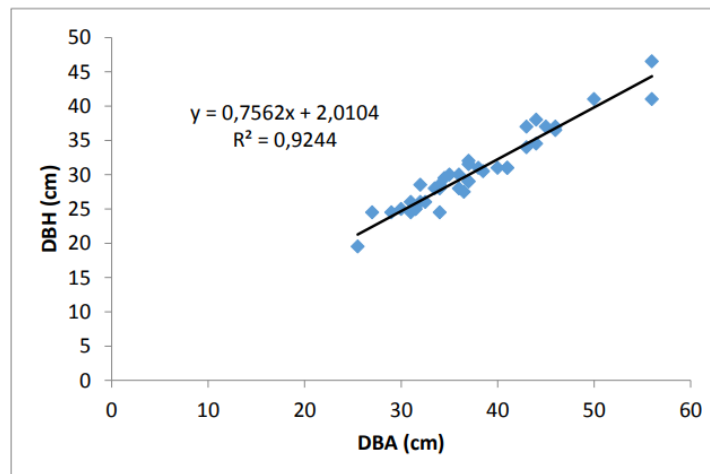


Figura 4.4.1: Curva di regressione dei diametri, costruita mettendo in relazione i diametri alla base con quelli a 1,30 m delle piante rimaste dopo l’intervento (Fonte: LORI, 2017).

Con i dati a disposizione per i diametri (2017 ante, 2017 post e 2021) è stato creato un box plot che evidenzia le variazioni dei diametri nei tre momenti. All’interno di ciascun box sono riportati la media, la mediana, il range interquartile e i valori minimi e massimi (questi ultimi sono rappresentati da punti esterni quando presentano valore superiore di 1,5 volte il range interquartile e sono definiti *outlier*) (Fig. 4.4.2).

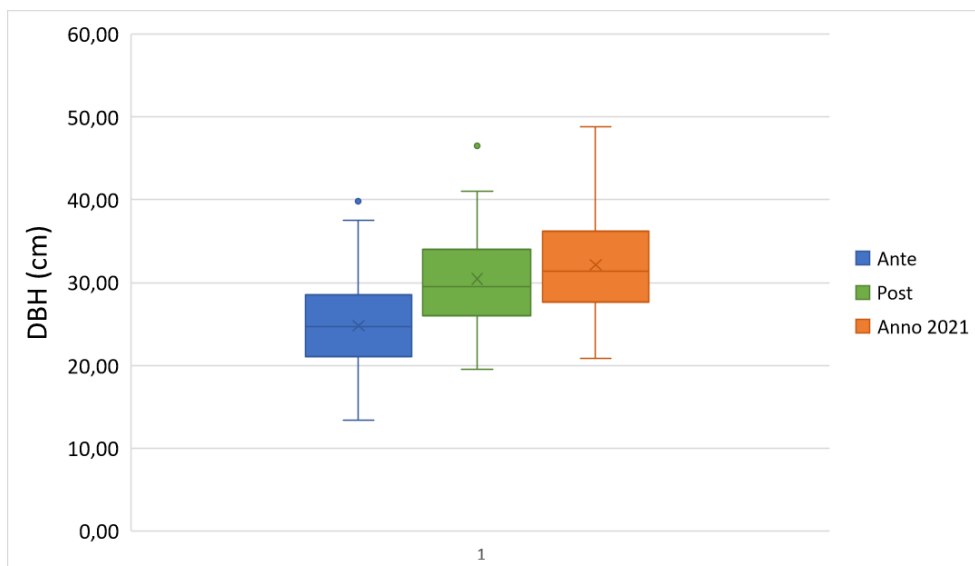


Figura 4.4.2: Box plot creato sulla base dei diametri nei diversi periodi.

Questo tipo di elaborazione è stato utilizzato anche per le altezze (Fig. 4.4.3). Si possono osservare differenze sostanziali tra ante e post-diradamento rispetto 2021. Tali differenze soprattutto nella variabilità del campione possono dipendere anche dal fatto che il rilevamento ipsometrico del 2017 non ha riguardato l'intero popolamento ma solo 18 alberi modello e che tutti i dati individuali sono stati ottenuti per compensazione con la curva ipsometrica.

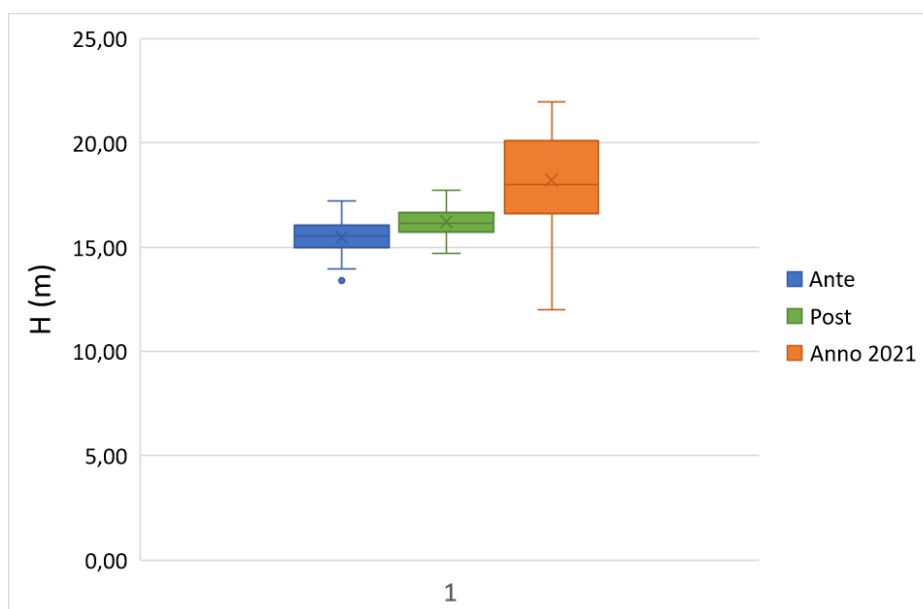


Figura 4.4.3: Box plot creato sulla base delle altezze nei diversi periodi.

## 5. CONCLUSIONI

Gli estesi rimboschimenti di conifere realizzati nelle aree montane appenniniche sono stati e sono tuttora fondamentali per l'assetto territoriale grazie al loro valore paesaggistico, idrogeologico e anche naturalistico. Tali valori possono venire meno se non vengono effettuati opportuni interventi e cure colturali che permettono il giusto sviluppo delle piante, garantendo inoltre stabilità e una buona struttura del soprassuolo. È fondamentale inoltre garantire la rinaturalizzazione di queste stazioni garantendo un buon livello di biodiversità e il recupero della vegetazione autoctona. Molti interventi attesi non sono stati eseguiti, portando in alcuni casi al degrado di queste pinete e annullando ogni ipotetico tentativo di risanare il territorio. L'evoluzione naturale di tali popolamenti non sempre si è tradotta in benefici. Le piante crescendo in popolamenti densi, tendono ad andare incontro ad una forte concorrenza, spingendo il loro accrescimento in altezza in cerca di luce rispetto ad un accrescimento diametrico, che le rende meno stabili. Questo nel tempo può comportare problematiche a livello strutturale determinando anche schianti e ribaltamenti.

Questo lavoro ci ha permesso di tornare in campo quattro anni dopo un diradamento meccanizzato e osservare le dinamiche strutturali e funzionali avvenute. La pineta si presenta oggi in buone condizioni generali, non sono state notate significative differenze rispetto al soprassuolo del post-intervento se non un'unica pianta atterrata all'interno dell'area. Il popolamento rispetto al 2017 denota una crescita che, seppur poco significativa, indica che con l'apertura delle chiome le piante residue siano riuscite a sfruttare la maggior quantità di luce e di sostanze nutritive. Grazie ai risultati ottenuti è stato possibile osservare una stabilità del popolamento di poco superiore a quella che si riscontrava nei quattro anni precedenti. Questa maggiore stabilità è dovuta ad un coefficiente di snellezza pari a 0,6 ed una profondità di chioma di 7.27 che indicano un popolamento che potrebbe risentire meno dell'azione del vento, dal momento che sarà minore "l'effetto vela" (quindi minor rischio di schianti e ribaltamenti), presentando inoltre una chioma ben posizionata nel terzo superiore facendo sì che le piante siano meno soggette al rischio di incendi, in quanto più difficilmente le fiamme riescono a salire in chioma. Nel piano dominato è in corso un processo di densificazione strutturale e compositiva che sta trasformando la pineta originaria in un bosco deciduo misto. L'abbondante presenza di rinnovazione autoctona indica un ottimo livello di rinaturalizzazione della stazione, dimostrando che questi rimboschimenti possono avere un ruolo positivo sia da punto di vista ecosistemico che di protezione del suolo. Il diradamento è stato effettuato in una fase di sviluppo avanzato della vegetazione ed ha determinato

l'asportazione di una cospicua percentuale di massa legnosa (oltre il 60%), superiore a quella stabilita nel progetto di taglio (circa 45%). Poiché il soprassuolo non è lontano dalla scadenza del turno si pongono interrogativi gestionali che dovranno essere discussi con i proprietari. Le opportunità sono o quello di procedere rapidamente ad una sostituzione della pineta con il bosco di latifoglie che si sta formando nel piano dominato, ma che è di prevalente origine agamica e che potrebbe determinare qualche problema di carattere normativo, in quanto in genere non è possibile trasformare una fustaia in un ceduo. Potrebbe essere auspicabile anche effettuare interventi selettivi nei prossimi anni, in modo tale da eliminare solo individui di pino in condizioni non ottimali e di ostacolo alla rinnovazione di latifoglie estendendo l'intervento anche al piano dominato che si sta sempre più evolvendo. Ciò consentirebbe di mantenere un bosco misto di conifere e latifoglie e forse garantire un maggior numero di servizi ecosistemici. In ogni caso è importante incentivare interventi selvicolturali mirati e calibrati sui singoli soprassuoli con obiettivi chiari e condivisi che se ben eseguiti possono massimizzare la multifunzionalità e la fornitura dei diversi servizi ecosistemici, fra cui anche assortimenti diversi e di consistente valore economico, sempre utile per le popolazioni di montagna.

## 6. BIBLIOGRAFIA E SITOGRAFIA

- Bianchi L, Paci M, Bresciani A, 2010. Effetti del diradamento in parcelle sperimentali di pino nero in Casentino (AR): risultati a otto anni dall'intervento. *Forest@* 7: 73-83
- Cantiani P, Di Salvatore U, Romano R, 2019. La selvicoltura delle pinete artificiali di pino nero: analisi delle legislazioni regionali italiane. *Forest@* 15: 99-111
- Cantiani P. (a cura di), 2016. Il diradamento selettivo. Accrescere la stabilità e biodiversità in boschi artificiali di pino nero. Manuale tecnico SelPiBioLife. Compagnia delle Foreste, Arezzo. 62 pp
- Cantiani P, Chiavetta U, Marchi M, 2015. Valutazione in bosco della stabilità di piante di pino nero. Il metodo speditivo della conta dei palchi vivi. *Sherwood* 215 dicembre 2015: 5-8.
- Isajev V, Fady B, Semerci H, Andonovski V, 2009. Linee guida per la conservazione genetica e l'uso. Pino nero (*Pinus nigra*). Euforgen: 6.
- Lori L, 2017. Effetti di un diradamento meccanizzato su struttura e stabilità in un popolamento di pino nero appenninico
- Mercurio R, Mallamaci C, Muscolo A, Sidari M, 2009. Effetti della dimensione delle buche sulla rinnovazione naturale in rimboschimenti di pino nero. *Forest@* 6: 312-319
- Motta R. et Al., 2018. Selvicoltura e schianti da vento. Il caso della "tempesta Vaia". *Forest@* 15: 94-98.
- Ottaviani C, 2017. *Pinus nigra* subsp. *nigra* in Appennino centrale: rimboschimenti e rinaturalizzazione.
- Pagnacco G, 2017. Analisi strutturale di un popolamento artificiale di pino nero in Toscana sottoposto a diverse modalità di diradamento.
- Scanferla R, 2017. Effetti incrementali nel breve periodo in seguito a diradamento selettivo su un popolamento artificiale di pino nero.
- Urbinati C. et Al., 2018. I rimboschimenti di pino nero dell'Appennino centrale: problema o opportunità? *Oltreterra*.

### SITOGRAFIA

[https://it.wikipedia.org/wiki/Stazione\\_meteorologica\\_di\\_Fabriano](https://it.wikipedia.org/wiki/Stazione_meteorologica_di_Fabriano)

<http://www.pcn.minambiente.it/mattm/servizio-wms>

<https://www.selpibio.eu/>

## **RINGRAZIAMENTI**

Finalmente è fatta, nonostante alcuni intoppi, scogli da superare, difficoltà, sono orgogliosa di dire “ce l’ho fatta”. Non era il percorso che avevo scelto per me stessa e questo lo ha reso in un certo senso lungo e tosto. Con il tempo si è invece dimostrato una valida alternativa dalla quale ho imparato molto e grazie al quale ho conosciuto persone fantastiche.

I ringraziamenti più doverosi vanno al mio relatore Carlo Urbinati per avermi dato la possibilità di svolgere la tesi con lui e per la disponibilità e il supporto dimostrati nei miei confronti; ai correlatori il Dott. Alessandro Vitali e il Dott. Francesco Malandra per la collaborazione durante i rilievi in campo; al Dott. Enrico Tonelli per le elaborazioni, ed ultimo non per importanza al Dott. Leonardo Lori che è stato fondamentale per la riuscita di questa tesi.

I più grandi e sentiti ringraziamenti vanno a tutta la mia famiglia. A mamma e papà che mi hanno permesso di compiere gli studi e per avermi sempre incoraggiata, alla mia sorella preferita per il sostegno e per aver mantenuto sempre alto l’umore e infine alle mie nonne.

Ringraziamenti speciali vanno inoltre ai miei compagni di corso, in particolar modo a Davide, Veronica e soprattutto a Federica, amici fedeli e sempre disponibili con il quale ho passato momenti bellissimi e che, con molta pazienza, mi hanno sopportata (e supportata) fino alla fine.

Grazie di cuore a tutti voi.