



UNIVERSITÀ  
POLITECNICA  
DELLE MARCHE

DIPARTIMENTO DI SCIENZE AGRARIE ALIMENTARI E AMBIENTALI (D3A)

CORSO DI LAUREA IN SCIENZE FORESTALI E AMBIENTALI (L25)

---

**Un martelloscopio nelle Marche:  
una palestra per praticare la gestione  
forestale sostenibile**

*A martelloscope in the Marche region:  
a silvicultural training system to practice sustainable forest  
management*

*Tesi di Laurea di*  
**Cristina Lucesole**  
*Cristina Lucesole*

*Relatore*  
**Prof. Carlo Urbinati**  
*Carlo Urbinati*

*Correlatore*  
**Dott. Alessandro Vitali**  
*Alessandro Vitali*

---

ANNO ACCADEMICO 2019-2020  
SESSIONE LUGLIO 2020

Desidero ringraziare il Prof. Carlo Urbinati per la sua continua disponibilità, per l'aiuto che mi ha dato nella stesura di questo elaborato e per il suo entusiasmo travolgente.

Ringrazio inoltre i Dottori dell'area Sistemi Forestali del D3A: Alessandro Vitali, Francesco Malandra ed Enrico Tonelli per l'aiuto fornitomi durante le varie fasi del lavoro.

Un ringraziamento particolare va ai miei genitori che hanno reso tutto questo possibile e che hanno sempre creduto in me.

Un pensiero speciale va ai miei nonni che mi hanno trasmesso l'amore per la natura e mi hanno insegnato a cogliere la bellezza nelle piccole cose.

Ringrazio immensamente anche il mio ragazzo che mi è sempre stato accanto e che mi ha sempre supportata.

Grazie a Gaia, Sarah, Martina, Giorgia, Martina, Letizia, Sara e Sara , compagne di avventure e di tante risate.

Grazie a Camilla, Gloria, Luisa e Vittoria per l'aiuto reciproco e per aver reso questi anni indimenticabili.

# ***INDICE***

1. INTRODUZIONE E OBIETTIVI DELLA TESI .....	2
1.1. La selvicoltura e la Gestione Forestale Sostenibile .....	2
1.2. Gli interventi selettivi: cosa tagliare e cosa rilasciare .....	4
1.3. La formazione dei tecnici forestali .....	8
1.4. Il martello forestale e il martelloscopio .....	10
1.4.1. Il progetto internazionale di martelloscopio HAMMER .....	13
1.4.2. I progetti e le esperienze nazionali (Alto Adige, SelPiBioLife) .....	13
1.5. Obiettivi del lavoro .....	15
2. CRITERI E METODI PER LA REALIZZAZIONE DI UN MARTELLOSCOPIO .....	16
2.1. Scelta dell'area .....	16
2.2. Realizzazione del martelloscopio .....	16
2.2.1. Rilevamenti in campo .....	19
2.2.2. Calcoli dendroauxometrici .....	19
2.2.3. Eventuali attrezzature e software di supporto .....	23
2.3. Simulazione degli interventi .....	26
2.4. Verifica dei risultati .....	26
3. UN MARTELLOSCOPIO NELLE MARCHE.....	28
3.1. Area di studio .....	28
3.2. Obiettivi del martelloscopio .....	31
3.3. Individuazione e perimetrazione del sito .....	31
3.4. Rilevamenti in campo e analisi dei dati .....	32
4. RISULTATI PRELIMINARI.....	35
4.1. Assetto dendrometrico-strutturale del soprassuolo.....	35
4.2. Possibili interventi selvicolturali .....	42
5. CONCLUSIONI .....	50
6. BIBLIOGRAFIA E SITOGRAFIA .....	51

# **1. Introduzione e obiettivi della tesi**

## **1.1 La selvicoltura e la Gestione Forestale Sostenibile**

Quella tra uomo e bosco è un'interazione storica che è avvenuta e che avviene tutt'ora tramite la selvicoltura, la scienza che studia l'impianto, la coltivazione e l'utilizzazione dei boschi, con l'obiettivo di soddisfare le esigenze economiche e sociali della società, nel rispetto delle caratteristiche ecologiche degli ecosistemi forestali – cioè assecondando le condizioni e le modalità in cui le foreste vivono e si sviluppano (Motta 2020).

La selvicoltura costituisce un disturbo dell'ecosistema che si caratterizza per essere volontario, programmato, rivolto a raggiungere uno o più obiettivi e con conseguenze generalmente prevedibili (Van Miegroet 1984) in modo tale da ottenere diversi risultati, uno dei quali è quello di evitare o di porre sotto controllo dei disturbi indesiderati di ordine meccanico, fisico e biotico che possono influire sull'ottenimento dei beni e/o servizi che si intendono perseguire.

Senza la selvicoltura il bosco esisterebbe ugualmente ma non svolgerebbe, nei tempi e nei modi desiderati dall'uomo, alcune funzioni come quella ricreativa o paesaggistica, la produzione legnosa e la regimazione idrogeologica. Tradizionalmente con la selvicoltura si tende a valorizzare al massimo la/le funzione/i desiderata/e e allo stesso tempo mantenere i presupposti per continuare a svolgerla nel tempo, attraverso i principi della gestione sostenibile delle foreste. Quindi si è cercato di modificare il bosco secondo le esigenze da soddisfare diffondendo la specie arborea ritenuta più vantaggiosa.

La selvicoltura tende a realizzare le condizioni affinché in un certo soprassuolo gli alberi possano crescere al meglio e possano efficacemente riprodursi per via gamica (governo a fustaia), agamica (governo a ceduo) o mista (governo misto). A tale scopo si deve intervenire con modalità e tecniche differenti a seconda delle condizioni stazionali e delle esigenze della specie, variabili in rapporto alle caratteristiche del suolo, all'acqua disponibile, alla necessità di luce e ad altri numerosi fattori.

Oggi, anche a seguito di numerosi disturbi alle foreste causati dai cambiamenti climatici un altro scopo degli interventi selvicolturali è ottenere una copertura arborea il più stabile possibile nei confronti dei numerosi agenti perturbatori, quali potrebbero essere parassiti animali o eventi climatici particolari, come vento forte o traumi anche gravi come il fuoco.

La selvicoltura si basa su tre fasi fondamentali:

- la coltivazione del bosco, con interventi indirizzati a migliorare la produzione di legno e di servizi ecosistemici (ad esempio i diradamenti);

- il taglio, che segue diverse dinamiche in base al tipo di gestione attuata
- la rinnovazione, con interventi che creano o anticipano le condizioni necessarie a garantire il perpetuarsi del bosco, che avviene attraverso i semi rilasciati dagli alberi non tagliati (rinnovazione naturale), piantando nuovi alberi nati in vivaio (rinnovazione artificiale) o attraverso il ricaccio dei polloni nel governo a ceduo.

Negli ultimi decenni la comunità scientifica è riuscita in parte a sensibilizzare la popolazione mondiale sulle conseguenze delle azioni dell'uomo sull'ambiente, (dal problema dell'effetto serra, al disboscamento, all'inquinamento) e dagli anni '70 è iniziata una lunga e progressiva presa di coscienza riguardo l'importanza della sostenibilità ambientale. I tre pilastri dello sviluppo sostenibile, dettati dalla Commissione mondiale per l'ambiente delle Nazioni Unite nel 1987, che mirano a conciliare la crescita delle attività economiche con la salvaguardia dell'ambiente sono:

- sostenibilità ambientale: garantire la disponibilità e la qualità delle risorse naturali;
- sostenibilità sociale: garantire qualità della vita, sicurezza e servizi per i cittadini;
- sostenibilità economica: garantire efficienza economica e reddito per le imprese.

Applicando questi criteri alla gestione forestale, nel 1993 in occasione della Conferenza Ministeriale per la Protezione delle Foreste in Europa è stata data la definizione di Gestione Forestale Sostenibile (GFS): *“gestione ed uso delle foreste e del territorio forestale in modo e in misura tali da mantenere la loro biodiversità, produttività, capacità di rinnovazione, vitalità e il loro potenziale di soddisfare, ora ed in futuro, rilevanti funzioni ecologiche, economiche e sociali a livello locale, nazionale e globale e a non determinare danno ad altri”* (MCPFE 1993).

Oggi è ampiamente riconosciuta la polifunzionalità delle foreste (*Tabella 1.1*), non limitandosi più, come avveniva in passato, alla sola funzione produttiva. Si possono riconoscere principalmente tre ruoli attribuiti alle foreste, l'uno imprescindibile dall'altro: un ruolo produttivo, un ruolo protettivo-ambientale ed ecologico-paesaggistico, ed un ruolo sociale-culturale.

Le foreste hanno un numero sempre più crescente di fruitori, per cui solo attraverso una corretta e multifunzionale gestione del bosco si possono garantire allo stesso tempo tutte le funzioni che il patrimonio forestale svolge.

<b>Ruolo delle foreste</b>	<b>Principali beni e servizi generati</b>
<b>Produttivo</b>	Produzione di materie prime rinnovabili e compatibili con l'ambiente Fornitura di prodotti secondari non legnosi
<b>Protettivo – Ambientale</b>	Depurazione dell'aria Emissione di ossigeno Assorbimento di anidride carbonica
<b>Ecologico – Paesaggistico</b>	Depurazione e regimentazione delle risorse idriche Consolidamento dei suoli e dei versanti; Contenimento dei fenomeni di desertificazione Conservazione della biodiversità animale e vegetale Definizione paesaggistica
<b>Sociale – Culturale</b>	Servizi storico-culturali, turistico-ricreativi e igienico-sanitari

Fonte: Programma Quadro per il Settore Forestale (PQSF 2008)

**Tabella 1.1:** La multifunzionalità delle foreste

Da alcuni decenni è possibile attestare la gestione sostenibile delle foreste tramite delle certificazioni. I sistemi di certificazione forestale maggiormente diffusi a livello internazionale sono FSC (*Forest Stewardship Council*) e PEFC (*the Programme for Endorsement of Forest Certification*), il cui obiettivo è quello di tutelare, conservare e migliorare le risorse forestali. Per ottenere la certificazione devono essere valutate tutte le modalità con cui è gestita l'area forestale: dalle prime fasi di pianificazione degli interventi, alle fasi operative in campo, fino all'abbattimento e all'estrazione del legname e degli altri prodotti.

## **1.2 Gli interventi selettivi: cosa tagliare e cosa rilasciare**

Il selvicoltore o il tecnico forestale si trova spesso di fronte a scelte importanti per il presente ma soprattutto per il futuro del bosco in cui si attua l'intervento, i cui risultati spesso si manifestano solo diversi anni dopo l'esecuzione. Decidere quali alberi tagliare e quali rilasciare può sembrare un'operazione semplice ma spesso non lo è, soprattutto quando ancora il soprassuolo non è in fasi di sviluppo tali da differenziare agevolmente i singoli individui o dove al contrario la diversità strutturale è molto elevata. In generale gli interventi di selezione perseguono obiettivi molteplici (ma differenziati in base al contesto di applicazione) che si possono riassumere in: miglioramento strutturale del soprassuolo, aumento dendroauxometrico individuale, aumento della produzione di seme e della rinnovazione, anticipazione dei redditi. Gli interventi selettivi possono essere effettuati sia

nei boschi cedui (es. matricinatura, conversione da ceduo a fustaia) che nelle fustaie (tagli intercalari, tagli successivi e tagli di curazione).

La conversione da ceduo in fustaia viene effettuata nei cedui oltre turno massimo e può avvenire per via naturale con le specie legnose che compongono il ceduo da convertire, o per via artificiale, quando si procede alla sostituzione del soprassuolo esistente. La seconda alternativa è però poco applicata perché non sempre porta a risultati soddisfacenti. Per quanto riguarda la conversione naturale, invece, viene adottato il metodo del taglio di avviamento, che prevede un periodo di invecchiamento, cioè alla fine del turno consuetudinario, il suolo viene lasciato invecchiare senza effettuare alcun intervento per un periodo pari a 1,5-2 volte la durata del turno. Durante questo periodo si verifica un aumento in altezza e in diametro, una maggiore differenziazione sociale e una forte mortalità dei polloni dovuta alla concorrenza entro e tra le ceppaie (Piussi e Alberti 2015). Finito questo periodo si effettua il taglio di avviamento, che consiste nell'effettuare un primo diradamento per favorire l'accrescimento di un certo numero di polloni e delle matricine già presenti. Si origina una "fustaia transitoria" (o fustaia monoplana di polloni) nella quale si effettueranno ulteriori diradamenti fino a raggiungere la giusta densità prima del taglio di rinnovazione, che sancirà il passaggio effettivo ad una nuova fustaia, questa volta di origine gamica.

Tagli selettivi per antonomasia sono i tagli intercalari, ovvero quell'insieme di interventi colturali (ripuliture, sfolli e diradamenti) che, nelle fustaie coetanee/coetaniformi, sono eseguiti nelle diverse fasi di sviluppo del soprassuolo prima dei tagli di rinnovazione (Piussi 2015). La loro azione si fonda sul principio di controllare la concorrenza e di migliorare la distribuzione dello spazio disponibile per la crescita a vantaggio degli alberi che non vengono tagliati, bensì favoriti per le loro caratteristiche e la loro posizione. I principali obiettivi dei tagli intercalari consistono nell'aumento della stabilità fisica e biologica individuale e d'insieme, nel miglioramento delle caratteristiche dei tronchi che si otterranno alla fine del turno e nell'ottenimento di una certa quantità di prodotti già prima della fine del ciclo stesso. Gli assortimenti ricavabili sono spesso a macchiatico negativo e per questo talvolta non vengono eseguiti, con possibili ripercussioni negative sul futuro accrescimento del bosco.

I tagli intercalari vengono generalmente distinti in sfolli, che si effettuano nei novelleti e nelle spessine, e in diradamenti che si eseguono nelle perticaie e nelle giovani fustaie.

Gli sfolli generalmente vengono eseguiti nei popolamenti costituiti da specie con legno di buona qualità ed hanno lo scopo di:

- aumentare la stabilità meccanica complessiva del popolamento;

- regolare la diversità specifica;
- aumentare il valore produttivo tramite l'azione di educazione e selezione dei migliori soggetti.

Nei paesi dove la funzione produttiva dei boschi è particolarmente sviluppata, i diradamenti sono definiti interventi per rimuovere da fustaie coetanee alberi in soprassuoli immaturi al fine di aumentare l'accrescimento degli alberi che rimangono e la produzione o il valore della massa legnosa ritraibile. In tali contesti si distinguono diradamenti pre-commerciali e commerciali: i primi sono a macchiatico nullo o negativo (non producono alcun reddito o addirittura sono in rimessa) e i secondi a macchiatico positivo (producono un reddito immediato con la vendita del legname utilizzato) (Hemmingham and Elwood, 1983).

I diradamenti nella selvicoltura italiana hanno come obiettivo il miglioramento qualitativo della produzione, una maggiore stabilità meccanica del soprassuolo e un'auspicata mescolanza di specie. È possibile distinguere quattro tipi di diradamenti:

- diradamento dal basso: il criterio guida è quello di abbattere solo le piante comprese nel piano dominato e alcune piante dominanti conservando la struttura monoplana con copertura continua;
- diradamento dall'alto: si intende favorire lo sviluppo dei migliori alberi situati nel piano dominante;
- diradamento libero: l'indicazione delle piante da abbattere è fatta in base alle caratteristiche dell'albero e alla sua collocazione spaziale;
- diradamento meccanico (o schematico): le piante da abbattere sono scelte in base ad una distribuzione spaziale decisa a priori.

I diradamenti liberi comprendono il diradamento selettivo, che consiste in interventi localizzati in favore delle piante scelte, dette "candidate", ed ha lo scopo di liberare queste ultime dalla loro concorrenza. Con il termine candidate si intendono le piante selezionate di buona vigoria da valorizzare con gli interventi e vengono selezionate in base a:

- composizione specifica;
- vigoria: le piante candidate devono appartenere al piano dominante del popolamento;
- grado di stabilità meccanica;
- danni meccanici e/o patologici: le piante candidate devono essere esenti da danni di origine meccanica e da danni patologici;

- nuclei di stabilità: è possibile candidare gruppetti di due o più piante laddove si reputa che essi rappresentino un gruppo di stabilità (collettivi), costituito da insiemi di piante dominanti con chiome compenstrate tra loro. (Cantiani e Marchi 2016)

Dopo aver definito le piante candidate si passa a liberare la loro chioma dalle dirette concorrenti, che sono quelle piante che intralciano lo sviluppo naturale delle chiome delle candidate. Questa modalità di diradamento, oltre a migliorare l'accrescimento e la stabilità degli alberi, comporta l'apertura fra le chiome in prossimità delle piante candidate, consentendo così l'ingresso di luce diretta al suolo e mitigato l'effetto delle precipitazioni atmosferiche, che agiranno in modo non uniforme sul terreno. Si inducono così effetti positivi anche nei confronti della diversità delle componenti biotiche al suolo.

Il taglio di curazione (o saltuario) è il trattamento generalmente applicato per la rinnovazione delle fustaie multiplane, disetanee e irregolari, ed ha lo scopo di prelevare solamente una limitata quantità di alberi. In tal modo il suolo non rimane mai scoperto, la struttura viene modificata solo su superfici ridotte, mentre varia la quantità di luce che penetra tra le chiome, la quale agisce sensibilmente sulle condizioni di crescita degli alberi rimasti e favorisce l'insediamento della rinnovazione. Il taglio saltuario viene eseguito tramite interventi periodici detti tagli di curazione e il periodo di tempo tra due tagli consecutivi è detto periodo di curazione. Gli alberi possono essere scelti singolarmente o a piccoli gruppi e vengono abbattuti quelli maturi dal punto di vista commerciale e fisiologico e quelli il cui prelievo consente una migliore crescita del soprassuolo rimanente. Con questo taglio, quindi, si effettuano contemporaneamente sia i tagli intercalari sia quelli di rinnovazione.

Il trattamento a tagli successivi consiste nell'asportare il popolamento giunto alla maturità economica tramite più interventi selvicolturali. L'utilizzazione totale del soprassuolo avviene in più tempi, a distanza di alcuni anni in modo da insediare la rinnovazione sotto la parziale copertura delle piante appartenenti al ciclo precedente. Tale forma di trattamento, si applica alle fustaie coetanee formando nuovi soprassuoli e ottenendo novelleti puri coetanei.

Le fasi del trattamento a tagli successivi sono distinte in:

- taglio di preparazione (non sempre necessario): intervento volto a modificare la struttura del popolamento adulto a favore dei soggetti migliori per qualità, stabilità e potenzialità di produrre seme, con lo scopo di instaurare la rinnovazione naturale dopo il taglio di sementazione. Si esegue in soprassuoli non efficacemente diradati.
- tagli di rinnovazione:

- taglio di sementazione: ha lo scopo di ampliare la chioma delle piante per favorire la dispersione del seme e di creare le giuste condizioni di luce e di calore sul terreno per facilitare l'insediamento della rinnovazione naturale;
- tagli secondari (1-2): vengono effettuati a distanza di qualche anno dal taglio di sementazione per ridurre ulteriormente la densità del soprassuolo in modo tale da consentire un maggiore afflusso di luce al suolo e favorire l'affermazione del novellame;
- taglio di sgombero: una volta che la rinnovazione è affermata, vengono abbattute le piante rimaste del vecchio ciclo, in quanto ombreggiano il novellame.

Il periodo intercorrente tra il taglio di sementazione e il taglio di sgombero è definito periodo di rinnovazione ed ha una durata variabile da specie a specie.

### **1.3 La formazione dei tecnici forestali**

A differenza di ciò che succede in molte aree del mondo, in Italia negli ultimi decenni si è assistito all'avanzamento del bosco, con un ritmo pari a 100.000 ettari l'anno (Rapporto FAO sulle Risorse Forestali Mondiali 2005), dovuto al progressivo abbandono dei territori montani e in piccola parte ai rimboschimenti realizzati negli ultimi 30 anni. Attualmente la superficie forestale costituisce il 36% della superficie nazionale<sup>[CU1]</sup> (Raf 2019). Questo avanzamento del bosco però, non è stato seguito da una adeguata gestione, la quale ha portato ad un aumento di fenomeni di dissesto idrogeologico e alla perdita di biodiversità. Per questo motivo è molto importante che sia i tecnici forestali, che pianificano i tagli, sia gli operatori boschivi, che li effettuano, abbiano un elevato livello di formazione, così da salvaguardare il bosco e ottenere da esso tutti i servizi che può offrire.

Tra le principali attività del tecnico forestale c'è anche la pianificazione degli interventi selvicolturali, che assume un particolare rilievo nell'ambito della gestione forestale sostenibile. Tramite il piano di gestione forestale è possibile valorizzare i beni e i servizi del bosco secondo le esigenze del proprietario e nel rispetto della normativa vigente, mantenendo la risorsa e le sue potenzialità per le generazioni future. Il proprietario di un bosco dovrebbe dotarsi di un piano forestale (della validità di 10-15 anni), che preveda una distribuzione spaziale e temporale di tutti gli interventi all'interno del suo terreno. Un vincolo fondamentale del piano è che, per tutta la sua durata, la quantità di legno prelevata non deve superare l'incremento, cioè la quantità di nuovo legno cresciuta nella foresta. Purtroppo, in Italia solo il 18% delle foreste è pianificato (contro una media europea del

50%) (Motta 2020). Ciò dipende da diversi fattori, quali per esempio l'estrema diversità di ambienti e la frammentazione delle proprietà (2/3 appartengono a privati), per cui si assiste all'assenza di un sistema uniforme e standardizzato di pianificazione forestale su tutto il territorio.

Un ruolo molto importante per la tutela ambientale e territoriale lo svolgono anche gli operatori boschivi. La loro formazione è di competenza esclusiva delle Regioni (art. 117 della Costituzione), ma sono poche quelle che organizzano periodicamente dei corsi di formazione con istruttori qualificati ed attrezzature idonee. Molti degli attuali operatori hanno seguito un percorso formativo personale e non formale, basato sulla trasmissione di saperi di padre in figlio, su momenti di autoapprendimento o di lavoro all'estero o hanno partecipato a corsi e/o eventi di breve durata. Molti altri, invece, operano con gravi carenze formative e di addestramento (Romano 2014). Infatti, da un'indagine svolta nel 2009 da UNIF (l'Unione Nazionale per l'Innovazione scientifica Forestale, ass. onlus) tramite un questionario inviato a 120 imprese forestali di tutte le Regioni italiane, è risultato che solo il 10% degli operatori che lavoravano in bosco avevano svolto un corso di formazione per un totale di 8,5 ore. Decisamente poco se confrontato con quelli svolti nei centri di formazione del Centro e Nord Europa, dove inizialmente è necessario seguire corsi di base della durata di un anno e quelli successivi di specializzazione di 800-1.000 ore, seguiti poi da corsi di aggiornamento di 12-16 ore ogni due anni.

Secondo delle statistiche ISTAT, in Italia esiste uno squilibrio tra l'elevato consumo di legname e la scarsa produzione che ne risulta, sia per l'aspetto quantitativo che qualitativo. Dal punto di vista quantitativo, l'81% della superficie forestale nazionale risulta disponibile al prelievo legnoso (INFC 2005), ma le difficili condizioni orografiche<sup>[CU2]</sup>, l'inadeguatezza delle strade forestali, l'alto costo della manodopera e la frammentazione della proprietà terriera, rendono le utilizzazioni forestali economicamente non convenienti. Se si confrontano i dati relativi alla crescita annua delle foreste (768 milioni di m<sup>3</sup>) con quelli del prelievo (484 milioni di m<sup>3</sup>), appare evidente come una parte significativa della produttività in termini di massa legnosa non venga utilizzata (Romano 2014).<sup>[CU3]</sup> La mancanza di una valorizzazione economica strategica dei nostri boschi, l'inefficienza delle imprese di utilizzazioni forestali (dovuta alla stagionalità e alla scarsa specializzazione) e la conseguente scarsa attuazione dei Piani di gestione a lungo termine hanno portato a una bassa qualità dei prodotti legnosi. Se a ciò si aggiungono anche l'eccessiva burocrazia nell'acquisto dei lotti e il complicato iter amministrativo per l'autorizzazione ai tagli, non è difficile capire perché in Europa siamo il terzo Stato con il più basso grado di autosufficienza

nell'approvvigionamento di materia prima legnosa. Di fatto, importiamo 14 milioni di m<sup>3</sup> di legname, contro una media annua di produzione inferiore a 8 milioni di m<sup>3</sup>, di cui più del 60% è costituito da legna per uso energetico, che corrisponde a poco meno di un terzo dell'incremento annuo totale (INFC 2005). Il 70% delle importazioni è rappresentato da semilavorati che vengono utilizzati principalmente per produrre mobili, di cui siamo tra i leader mondiali nella produzione. Per tanto, un obiettivo per i prossimi decenni dovrebbe essere quello di aumentare la quota di legname prelevata dai boschi nazionali, così da ridurre l'importazione di materia prima legnosa e riequilibrare il divario tra la produzione interna di legno energia e quella del legname da opera. In questo modo sarebbe possibile creare una filiera del legno 100% italiana, garanzia di una gestione che punta alla preservazione dei boschi. Per fare ciò bisognerebbe aggregare il più possibile i proprietari forestali, creando dei Consorzi, che permetterebbero di recuperare le aree boschive abbandonate e quindi far sì che queste tornino a produrre legname di qualità e a garantire la stabilità idrogeologica. Questo sarà possibile solamente se accompagnato da una selvicoltura di qualità e quindi da una maggiore formazione di tutte le figure professionali coinvolte, in particolare quella degli operatori boschivi, perché le loro azioni si ripercuotono sull'intero intervento selvicolturale.

#### **1.4 Il martello forestale e il martelloscopio**

Le operazioni di assegno al taglio consistono nell'individuare le piante da utilizzare (martellata) o da lasciare a dotazione del bosco (contrassegnatura). Molte regioni nei propri regolamenti forestali determinano i casi di assegno al taglio, demandandone l'attuazione esclusivamente a tecnici forestali abilitati ed iscritti ad appositi registri regionali<sup>[CU4]</sup>.

Il martello forestale (*Figura 1.1*)<sup>[CU5]</sup> è un attrezzo dotato di manico e provvisto su un lato di una testa a martello con un'impronta, e sull'altro di una lama di accetta. È utilizzato dal personale dei diversi corpi forestali e dai dottori agronomi e forestali nelle fustaie per contrassegnare gli alberi da abbattere durante l'operazione della martellata. Con l'accetta si effettuano due specchiature: una sul tronco a 1,30 m di altezza e l'altra sulla ceppaia così che, una volta completata l'utilizzazione, è possibile verificare se l'abbattimento degli alberi era stato autorizzato. Su entrambe le specchiature viene poi lasciata l'impronta del martello (*Figura 1.2*), che corrisponde alla firma di chi ha compiuto la scelta del taglio<sup>[CU6]</sup>. Per ridurre i tempi necessari a svolgere questo lavoro, il martello è talvolta sostituito da un getto di vernice spray.



**Figura 1.1:** Martello forestale dell'ex Corpo Forestale dello Stato (fonte: archivio Corpo Forestale dello Stato, C.T.A. - P.N.D.B.)



**Figura 1.2:** Impronta del martello forestale impressa sul fusto di un albero (fonte: studio tecnico forestale dott. Fabio Cogo)

Per comprendere meglio la valenza globale della martellata si riporta il caso della provincia Autonoma di Bolzano, dove il Corpo forestale Provinciale nel periodo 2011-2012-2013 ha eseguito in media gran parte delle 7.000~8.000 martellate annue, con le quali sono stati prelevati 776.347 m<sup>3</sup> cormometrici lordi/anno, di cui il 60% legname da opera, corrispondenti a meno della metà dell'incremento corrente annuale (1.856.437 m<sup>3</sup>/ha/anno) (Maistrelli 2014). Appare quindi evidente che la preparazione dei tecnici forestali debba essere elevata soprattutto nella gestione delle fustaie o della conversione a fustaia dove è fondamentale garantire stabilità del soprassuolo e migliori condizioni di accrescimento o di

rinnovazione agli individui rilasciati. Nell'ultimo ventennio grazie anche alla maggiore disponibilità di strumenti più efficienti e di simulatori d'interventi selvicolturali, si è diffusa la realizzazione di martelloscopi.

Il termine martelloscopio deriva dal francese "*martelage*" che significa segnare, in quanto è proprio in Francia che nel 2008 nasce la prima "palestra per forestali". In Francia sono utilizzati per la formazione di tecnici forestali nella gestione di foreste irregolari, principalmente in popolamenti di latifoglie. In pochi anni vennero avviati altri martelloscopi anche in altri paesi. In Italia ne sono stati realizzati in diverse regioni con differenti obiettivi. Gli scopi didattici di un martelloscopio sono molteplici. L'obiettivo principale è insegnare diverse tipologie di trattamento selvicolturale attraverso:

- l'analisi della struttura del bosco (composizione specifica, densità, area basimetrica, volume, grado di copertura arborea ecc.);
- la selezione degli alberi in un intervento selvicolturale e l'apprendimento di diversi metodi;
- la consapevolezza di come i valori della biodiversità e quelli ecologici influenzino la selvicoltura.

Le caratteristiche generali che un martelloscopio dovrebbe avere sono: accessibilità, buona rappresentatività del popolamento, possibilità di osservazioni nel lungo periodo, disponibilità di tutte le informazioni sugli interventi pregressi e su quelli previsti. Il martelloscopio è uno strumento di formazione per formare tecnici pubblici e liberi professionisti, imprese boschive, proprietari forestali, ricercatori, studenti universitari e delle scuole superiori forestali. L'operatore o lo studente forestale, sulla base dei dati raccolti e forniti ad ognuno, può simulare un taglio ("martellata virtuale") in base agli obiettivi posti con il tipo d'intervento. I dati relativi all'intervento vengono inseriti in un apposito software che consente la riproduzione grafica del popolamento prima e dopo l'intervento, l'intensità di prelievo del taglio e le modifiche strutturali del popolamento conseguenti alle scelte selvicolturali. Il martelloscopio è quindi una particella permanente di bosco in cui è possibile simulare interventi selvicolturali visualizzando i risultati prodotti da tali interventi attraverso specifici programmi informatici. Nel martelloscopio ogni albero è preventivamente numerato e sottoposto al rilevamento di molteplici parametri: posizione geografica, caratteristiche biometriche (diametro, altezza, volume, altezza inserzione della chioma), stato vegetativo, funzione svolta nell'ambito della comunità, valenza ecologica, ecc.

#### ***1.4.1 Il progetto internazionale di martelloscopio HAMMER***

Il progetto “HAMMER- *Harvesting with Marteloscope Methodology in a European Ring*” è stato condotto dall’Istituto di formazione forestale EPLEFPA di Bazas (Francia). È una rete internazionale di cinque scuole, un’università e un istituto tecnologico con l’obiettivo di sviluppare una piattaforma online per creare e condividere una collezione di martelloscopi digitalizzati per una migliore gestione dei boschi presenti nei cinque Paesi coinvolti: Francia, Italia, Spagna, Belgio e Finlandia. Un martelloscopio digitalizzato è una rappresentazione grafica dettagliata, elaborata attraverso rilievi sul campo, di un’area boscata realizzata a fini didattici che permette di sperimentare e confrontare tecniche di gestione selvicolturale nell’arco di diversi anni. Questa piattaforma digitale permette agli utenti di visualizzare le conseguenze di un abbattimento nella parcella e analizzare i risultati attraverso diversi aspetti: economici, ecologici, forestali, di rischio. Nel progetto HAMMER, la creazione congiunta e condivisa di differenti modelli grafici reperibili nei Paesi partecipanti mira allo sviluppo di metodologie didattiche open source per la formazione scolastica degli studenti forestali e alla produzione di modelli di simulazione che possano essere utilizzati anche nell’esercizio dell’attività professionale. Dall’applicazione vengono fornite informazioni sulle pratiche selvicolturali utilizzate nei vari Paesi europei, permettendo così agli utenti di comprendere meglio le dinamiche che influenzano la gestione selvicolturale dei diversi Stati. Il progetto consente di:

- usare la tecnica del martelloscopio nell’insegnamento della selvicoltura a tipologie di utenti in diversi gradi di formazione;
- disporre di uno strumento digitale e facile da usare;
- disporre a livello europeo di diversi esempi e dati.

#### ***1.4.2 I progetti e le esperienze nazionali (Alto Adige, SelPiBioLife)***

Visto il costante aumento della richiesta di massa legnosa nell’Alto Adige, nel decennio che va dal 2004 al 2014, il Servizio Foreste della Provincia di Bolzano, ha deciso di investire sulla qualità degli interventi selvicolturali per una gestione sempre migliore dei popolamenti forestali. A questo scopo ha creato una serie di martelloscopi per i tipi forestali più rappresentativi dell’Alto Adige. Il progetto è stato inserito nella realizzazione della tipologia forestale provinciale posizionando i martelloscopi in corrispondenza delle formazioni più rappresentative. Attualmente sono state completate 18 aree adibite alle simulazioni sia delle cure colturali che dell’utilizzazione finale, che hanno molteplici finalità: dimostrazioni

pratiche di interventi selvicolturali, comparazione tra interventi diversi, osservazioni di lungo periodo degli effetti prodotti dagli interventi selvicolturali, verifica dell'efficacia degli interventi, monitoraggio della rinnovazione in termini di risposta ad interventi diversificati, cause dei fenomeni di deperimento, evoluzione degli equilibri correlati ai fenomeni di concorrenza, base decisionale per la determinazione delle finalità delle cure colturali e delle utilizzazioni, evoluzione del valore del popolamento forestale in relazione al rapporto costi-benefici degli interventi, base per una stima corretta dei valori dendrometrici, ma soprattutto hanno una notevole importanza per scopi didattici per i nuovi forestali e di formazione continua in bosco del personale (dal semplice forestale fino al laureato). Da non dimenticare la valenza scientifica dei martelloscopi, poiché la raccolta diacronica dei dati consente di descrivere la dinamica dei popolamenti forestali (Maistrelli 2014).

Dal 2014 al 2019, in Toscana, è stato realizzato un progetto chiamato *SelPiBioLife*, che aveva come obiettivo principale quello di dimostrare come un diradamento di tipo selettivo rispetto alla modalità tradizionale (diradamento dal basso) su popolamenti di pino in fase giovanile e all'assenza di trattamento potesse avere effetti positivi sia sul bosco (stimolare la crescita delle piante e aumentare la loro stabilità) che sulla biodiversità del suolo (Cantiani et al. 2016). Lo scopo di questi diradamenti selettivi è quello di incrementare la funzionalità complessiva delle pinete, con particolare riguardo alla funzione di protezione idrogeologica (Cantiani et al. 2016). Con il primo intervento selettivo, negli stadi evolutivi di perticaia o giovane fustaia, si effettua la selezione delle piante candidate, cioè quelle piante che vanno liberate dalle loro dirette concorrenti. Il numero medio di candidate deve aggirarsi intorno alle 100 piante per ettaro e queste dovranno appartenere al piano dominato, essere stabili e non presentare danni meccanici e/o patologici (Cantiani et al. 2016).

Per raggiungere gli obiettivi sopraindicati sono state create due aree di studio: una nell'Unione dei Comuni di Pratomagno e l'altra nell'Unione dei Comuni Amiata Val d'Orcia. In ogni area sono state definite 9 aree di trattamento con superficie di 1 ettaro ciascuna. I trattamenti forestali che sono stati considerati sono stati:

- controllo: nessun intervento;
- diradamento dal basso: prelievo del piano dominato;
- diradamento selettivo: scelta di 100 piante, con un maggior grado di stabilità e vigore, e diradamento localizzato attorno ad esse per eliminare i concorrenti diretti.

Tra gli obiettivi del progetto c'erano anche attività di divulgazione dei risultati attraverso seminari, lezioni, workshop e visite nel bosco e di diffusione del messaggio di come il trattamento selvicolturale innovativo proposto fosse di facile applicazione e replicabilità. Tra queste iniziative, in occasione dell'evento finale di *SelPiBioLife*, su idea di Compagnia delle Foreste, è stata organizzata la prima Olimpiade di Selvicoltura per studenti, che ha visto la partecipazione di 98 studenti e 22 docenti provenienti da 10 Atenei. Gli studenti sono stati divisi in squadre miste per provenienza, genere e livello di studio e sono stati sottoposti a tre prove:

- simulazione di un diradamento selettivo su rimboschimento di pino nero in un apposito martelloscopio;
- simulazione di diradamento dal basso sulla stessa tipologia di bosco;
- valutazione di una pineta in termini di gerarchia sociale, stabilità meccanica, volume ad ettaro e biodiversità al suolo.

### **1.5 Obiettivi del lavoro**

Nelle Marche al momento non esiste alcun martelloscopio attivo e quindi l'area Sistemi Forestali del D3A, in accordo con l'Unione Montana dell'Alto Metauro, ha iniziato un percorso per la sua realizzazione all'interno di una foresta demaniale regionale. Gli obiettivi di questo lavoro erano quindi:

- l'individuazione di un'area e di un soprassuolo idonei alla realizzazione del martelloscopio;
- la perimetrazione di un tratto di bosco della superficie di 1 ettaro;
- il censimento e relativo rilevamento dei dati dendrometrico-strutturali dei singoli individui arborei presenti;
- la definizione degli obiettivi colturali e degli interventi selettivi da effettuare in quel tipo di soprassuoli.

## 2. Criteri e metodi per la realizzazione di un martelloscopio [CU8]

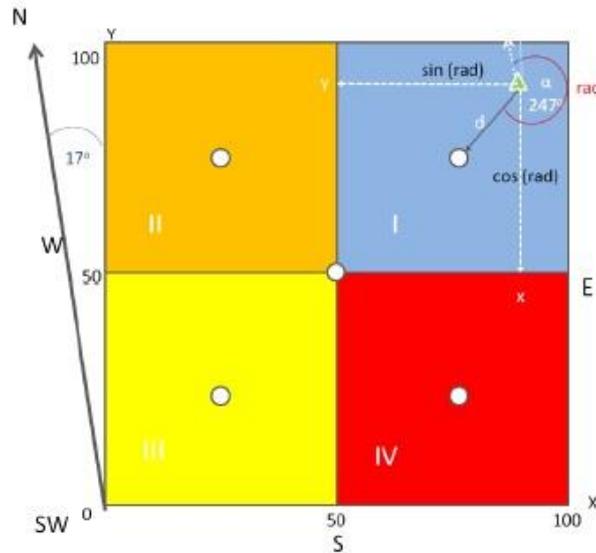
### 2.1 Scelta dell'area

La scelta del soprassuolo in cui creare un martelloscopio va fatta attentamente, in base ad alcune importanti considerazioni:

- la rappresentatività (tipo di foresta, caratteristiche del popolamento e gestione applicate);
- gli obiettivi per cui è stato concepito il martelloscopio;
- l'accessibilità al sito;
- l'eventuale presenza di particolari criteri di dimostrazione, come ad esempio sistemi selvicolturali rappresentativi di un territorio o l'abbondanza di habitat;
- la frequenza dei futuri interventi che si vorranno eseguire;
- eventuali problemi di sicurezza (es. caduta di massi rocciosi, passaggio mezzi).

### 2.2 Realizzazione del martelloscopio

Una volta selezionata l'area forestale dove realizzarlo, il martelloscopio deve essere delimitato in modo chiaro, lungo tutto il perimetro, anche utilizzando vernice indelebile per segnare le prime piante arboree appena fuori del perimetro. La dimensione standard dei martelloscopi è di 1 ettaro, possibilmente di una forma regolare (es. quadrato 100x100 m) anche se ciò non è sempre possibile. Pertanto, grandezza e forma delle aree individuate devono essere adattate alle caratteristiche geomorfologiche e topografiche del sito e agli obiettivi di utilizzo del martelloscopio. Se l'area è un quadrato, questa potrà facilmente essere divisa in 4 quadranti (*Figura 2.1*) per agevolare l'orientamento e l'utilizzo dei dati. Successivamente viene determinato il centro di ogni quadrante (che viene segnato in modo permanente), dal quale poi si calcola l'azimut di ciascun albero per la loro mappatura. In fine gli angoli e le distanze vengono convertite in coordinate "x" e "y" grazie alle funzioni di "seno" e "coseno". In seguito, tutte le piante presenti nel martelloscopio devono essere numerate progressivamente utilizzando la vernice indelebile o dei cartellini (*Figura 2.2*).

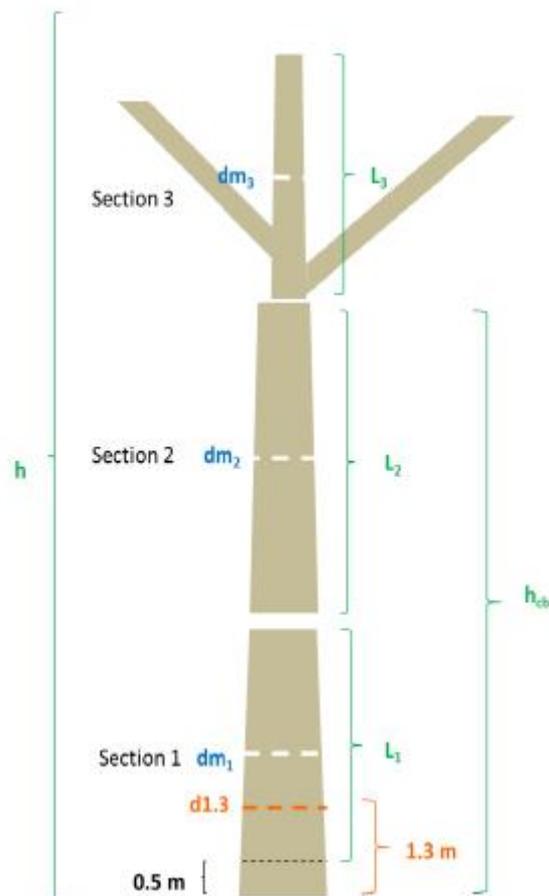


**Figura 2.1:** Rappresentazione di un martelloscopio quadrato (fonte: Integrate+ Marteloscoptes)



**Figura 2.2:** Cartellino identificativo di un albero (fonte: Integrate+ Marteloscope)

Sulla base dei dati misurati di ogni albero è possibile assegnare un valore economico e un valore di habitat ad ognuno di essi. Per calcolare il valore economico è necessario effettuare una valutazione visiva delle classi di qualità del legname così da ottenere una stima del valore economico di ciascun albero. Le classi vanno stabilite sulla base dei criteri locali e del mercato del legno. In fine, il volume di ciascuna classe di qualità va calcolato sulla base di un fattore di riduzione specifico per la specie e adattato alla stazione (Kraus et al. 2016) (Figura 2.3).



$$dm_3 = dm_2 - L_2/f_T - L_3/f_T$$

Se l'altezza della base della chioma ( $h_{cb}$ ) è inferiore all'altezza della sezione ( $L_1 + L_2 + L_3$ ) si assume una diversa rastremazione:

$$dm_3 = dm_2 - L_2/f_T - (L_3/f_T) \times (d_{1,3}/h)$$

$$dm_2 = dm_1 - L_1/f_T - L_2/f_T$$

Se l'altezza della base della chioma ( $h_{cb}$ ) è inferiore all'altezza della sezione ( $L_1 + L_2$ ) si assume una diversa rastremazione:

$$dm_2 = dm_1 - L_1/f_T - (L_2/f_T) \times d_{1,3} / (h - 1,3)$$

$$dm_1 = d_{1,3} - L_1/f_T + 0,8$$

**Figura 2.3:** Calcolo del volume di un albero diviso in 3 sezioni (fonte: Integrate+ Marteloscopes)

I volumi sono quindi calcolati in base ai diametri medi per ogni sezione di qualità utilizzando la seguente formula:  $V_1 = (dm_1/100)^2 * \pi/4 * L_1$  dove  $V_1$  è il volume della sezione 1 espresso in  $m^3$ . Seguendo lo stesso metodo possono essere aggiunte più sezioni di volume.  $dm_1$ ,  $dm_2$ ,  $dm_3$  sono diametri medi per ogni sezione in cm,  $L_1$ ,  $L_2$ ,  $L_3$  sono invece lunghezze in m per ogni sezione,  $f_T$  è un fattore di riduzione specifico della specie,  $d_{1,3}$  è il diametro all'altezza del petto (dbh) in cm,  $h$  è l'altezza totale in m,  $h_{cb}$  è l'altezza d'inserzione della chioma in m. Da tutti i volumi raccolti si sottraggono 0,5 m di altezza della ceppaia (Kraus et al. 2018). Per quanto riguarda il valore di habitat, va data attenzione ai microhabitat relativi all'albero (TreMs) (Kraus et al. 2016b) in quanto queste strutture forniscono una moltitudine di funzioni di habitat ecologico per un gran numero di specie che sono strettamente associate ad essi (Larrieu et al. 2018). La loro selezione a sua volta può contribuire alla conservazione della biodiversità. Il valore dell'habitat è destinato a supportare la visualizzazione dell'impatto del taglio su tali strutture correlate agli alberi. Una valutazione standardizzata del valore dell'habitat si basa su un catalogo di microhabitat degli alberi e serve come documento di riferimento per identificare e classificare TreMs (Kraus et al. 2016b). I

microhabitat legati agli alberi possono essere considerati come strutture chiave per gli ecosistemi forestali (Tews et al. 2004, Möller 2005). Essi sono utilizzati da una grande varietà di animali tra cui insetti, aracnidi, gasteropodi, uccelli, mammiferi, anfibi e rettili, da piante vascolari, briofite, funghi e licheni e gli assemblaggi delle specie possono essere molto diversi, in base alla composizione delle condizioni (Kraus et al. 2016).

### ***2.2.1 Rilevamenti in campo***

All'interno del martelloscopio (in fustaia) fissata la soglia diametrica minima di 7,5 cm a 1,30 m di altezza lungo il fusto, i parametri dendrometrici da rilevare sono:

- specie;
- coordinate geografiche;
- numero identificativo (progressivo);
- diametro del fusto a 1,30 m;
- altezza totale;
- altezza d'inserzione della chioma;
- raggio della chioma in 4 direzioni a 90° l'una dall'altra.

Sulla base dei dati raccolti, possono essere calcolati altri parametri individuali e/o di popolamento riferiti all'ettaro, quali: distribuzione in classi diametrica, area basimetrica (media e totale ad ettaro), diametro medio, altezza media, altezza dominante, profondità della chioma, coefficiente di snellezza (H/DBH), volume individuale e ad ettaro e incremento annuo.

### ***2.2.2 Calcoli dendroauxometrici***

I rilevamenti effettuati in campo sono la base per determinare il volume della massa legnosa del popolamento in esame. La cubatura dei soprassuoli forestali può essere effettuata avvalendosi di tavole stereometriche, tavole alsometriche, tavole di popolamento, alberi modello.

- Le tavole stereometriche consentono di stimare il volume di soprassuoli in piedi in funzione del solo diametro (tavole ad una entrata) o in funzione sia del diametro che dell'altezza (tavole a doppia entrata). Sono costruite sulla base di un adeguato numero di alberi modello che sono stati abbattuti e misurati con metodi precisi. Le tavole ad una entrata forniscono il volume di un albero in funzione del diametro, per cui è

indispensabile effettuare il cavallettamento dell'intero soprassuolo. Generalmente le tavole riportano tre colonne (*Tabella 2.1*):

- quella dei diametri (parametro di entrata);
- quella dei volumi (per la cubatura);
- quella delle altezze (per verificare l'applicabilità della tavola).

Per calcolare il volume di una pianta arborea, è sufficiente entrare nella tabella con il diametro e leggere il valore corrispondente. La colonna delle altezze è necessaria per verificare l'aderenza della tavola al popolamento esaminato. Per effettuare questo controllo è necessario misurare l'altezza di qualche albero, così da poter costruire la curva ipsometrica del popolamento, da confrontare poi con quella ottenuta con i dati della tavola di cubatura. Nel caso in cui le due curve ipsometriche non si discostino molto l'una dall'altra, e quindi il rapporto tra altezza misurata ( $h_m$ ) e altezza tabulare ( $h_t$ ) è compreso tra 0,9 e 1,1, si può utilizzare la tavola correggendo il volume unitario con la formula  $V_{corr} = V_t * h_m / h_t$ , dove  $V_{corr}$  indica il volume corretto e  $V_t$  il volume tabulare. Se invece il rapporto esce dai limiti indicati la tavola non è applicabile al soprassuolo in esame.

Diametro a 1,30 m	Altezza dendrometrica	Volume
cm	m	m <sup>3</sup>
20	16,30	0,26
25	18,40	0,45
30	20,03	0,69
35	22,00	1,01
40	23,50	1,36
45	24,80	1,76
50	25,90	2,20
55	26,90	2,67
60	27,80	3,20
65	28,60	3,75

**Tabella 2.1:** Esempio di tavola ad una entrata dell'abete rosso e dell'abete bianco del bosco del Comune di Esine (Brescia)

Esistono anche i sistemi di tavole ad una entrata combinate, che sono strumenti di cubatura semplici, sufficientemente accurati e con flessibilità di applicazione. Possono essere divise in due categorie:

- le tavole ad una entrata differenziate per classi di fertilità, che sono composte da tante tavole ad una entrata quante sono le classi di fertilità (3-5) stabilite in base all'età del popolamento e all'altezza media raggiunta. Per cui quando si è in bosco è necessario stimare la classe di fertilità del popolamento da cubare e di conseguenza scegliere la

tavola più adatta. Questo tipo di tavole risulta particolarmente adeguato ai boschi di latifoglie, nei quali misurare l'altezza precisa degli alberi è molto difficile e comporterebbe insicurezza ed elevati costi nell'applicare qualsiasi altro metodo di cubatura teoricamente più preciso;

- i sistemi di tariffe (*Figura 2.4*), che consistono in sistemi di tavole ad una entrata che derivano da tavole a due entrate e si differenziano in base alla curva ipsometrica. Le tariffe sono applicabili in soprassuoli che sono sottoposti alla stessa forma di governo e di trattamento. Per la scelta della tariffa, prima di tutto è necessario calcolare l'altezza media ( $H_m$ ) e il diametro medio ( $d_g$ ) del popolamento. In base al diametro medio ottenuto si cerca nel sistema di tariffe il valore dell'altezza che più si avvicina a quello calcolato e la corrispondenza dei due valori indicherà la tariffa da utilizzare per la cubatura. La tariffa viene poi utilizzata come una normale tavola ad una entrata, fornendo il volume in funzione del diametro.

Diam. a m. 1,30	NUMERO GUIDA							
	15		18		21		24	
	H	V	H	V	H	V	H	V
cm	m.	mc.	m.	mc.	m.	mc.	m.	mc.
15	10,2	0,089	12,3	0,109	14,3	0,129	16,4	0,151
20	11,5	0,172	13,8	0,211	16,1	0,252	18,4	0,294
25	12,8	0,288	15,3	0,354	17,9	0,423	20,4	0,484
30	13,7	0,432	16,5	0,532	19,2	0,636	21,9	0,742
35	14,4	0,601	17,3	0,741	20,2	0,884	23,1	1,032
40	15,0	0,793	18,0	0,977	21,0	1,166	24,0	1,359
45	15,4	1,003	18,5	1,237	21,6	1,475	24,7	1,719
50	15,8	1,231	18,9	1,519	22,1	1,811	25,2	2,109
55	16,0	1,474	19,2	1,819	22,4	2,169	25,6	2,523
60	16,2	1,729	19,4	2,136	22,7	2,548	25,9	2,965
65	16,3	1,995	19,6	2,466	22,9	2,943	26,1	3,424
70	16,4	2,268	19,7	2,808	23,0	3,352	26,3	3,900
75	16,5	2,547	19,8	3,158	23,1	3,772	26,4	4,391
80	16,6	2,829	19,9	3,513	23,2	4,201	26,5	4,891

**Figura 2.4:** Esempio di sistemi di tariffe per l'abete rosso

Per quanto riguarda le tavole a due entrate (*Figura 2.5*), invece, è necessario effettuare il cavallettamento di tutto il soprassuolo e il campionamento delle altezze, fondamentale per la creazione della curva ipsometrica. Successivamente si crea una tabella con tutti i dati raggruppati per specie e per classi diametriche. Solitamente l'ampiezza delle classi è di 5 cm per i boschi adulti e 2-3 cm per i boschi giovani o cedui, ma dipende anche dall'ampiezza delle classi diametriche della tavola che si intende utilizzare. La tavola di cubatura, in corrispondenza di ogni singola classe di diametro e di altezza del popolamento in esame, fornisce i volumi che, moltiplicati per le rispettive frequenze,

consentono di calcolare il volume di ogni classe diametrica (La Marca 2004). Sommando poi, i volumi di tutte le classi diametriche, si ottiene il volume dell'intero popolamento.

h (m) d (cm)	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	h (m) d (cm)
5	5.7	6.7	7.6	8.6	9.6	10.6													5
6	7.8	9.2	10.6	12.0	13.4	14.8													6
7	10.4	12.3	14.2	16.1	18.0	19.9													7
8	13.3	15.8	18.3	20.8	23.3	25.7	28.2	30.7	33.2	35.7									8
9	16.6	19.7	22.9	26.1	29.2	32.4	35.5	38.7	41.8	45.0									9
10	20.3	24.2	28.1	32.0	35.9	39.8	43.7	47.6	51.5	55.4									10
11	24.4	29.1	33.8	38.5	43.2	48.0	52.7	57.4	62.1	66.8									11
12		34.5	40.1	45.7	51.3	56.9	62.5	68.1	73.8	79.4	85.0	90.6	96.2	101.8					12
13				53.5	60.1	66.7	73.2	79.8	86.4	93.0	99.6	106.2	112.8	119.3					13
14				61.9	69.5	77.2	84.8	92.5	100.1	107.7	115.4	123.0	130.6	138.3					14
15				70.9	79.7	88.5	97.2	106.0	114.8	123.6	132.3	141.1	149.9	158.6					15
16				80.6	90.6	100.6	110.5	120.5	130.5	140.5	150.4	160.4	170.4	180.4					16
17				90.9	102.2	113.4	124.7	135.9	147.2	158.5	169.7	181.0	192.2	203.5	214.8	226.0	237.3	248.6	17
18								152.3	164.9	177.6	190.2	202.8	215.4	228.1	240.7	253.3	265.9	278.6	18
19								169.6	183.7	197.7	211.8	225.9	239.9	254.0	268.1	282.1	296.2	310.3	19
20								187.8	203.4	219.0	234.6	250.2	265.8	281.4	296.9	312.5	328.1	343.7	20
21								207.0	224.2	241.4	258.6	275.7	292.9	310.1	327.3	344.5	361.7	378.8	21
22								227.1	246.0	264.8	283.7	302.6	321.4	340.3	359.1	378.0	396.9	415.7	22
23								268.8	289.4	310.0	330.6	351.2	371.8	392.4	413.1	433.7	454.3	474.9	23
24								292.6	315.0	337.5	359.9	382.4	404.8	427.2	449.7	472.1	494.6	517.0	24
25								317.4	341.8	366.1	390.5	414.8	439.2	463.5	487.9	512.2	536.6	560.9	25
26										369.6	395.9	422.3	448.6	474.9	501.3	527.6	554.0	580.3	26
27										398.5	426.9	455.3	483.7	512.1	540.5	568.9	597.3	625.7	27

**Figura 2.5:** Esempio di tavola a due entrate per calcolare il volume nelle faggete (fonte: INFC 2005)

- le tavole di cubatura di popolamento, che permettono di calcolare il volume in funzione dell'altezza media o dominante o statura del soprassuolo e area basimetrica a ettaro. L'impiego delle tavole prodotte è indicato soprattutto per le situazioni in cui è possibile adottare procedure speditive per la determinazione dell'area basimetrica per unità di superficie (Corona et al. 2009).
- le tavole alsometriche sono tabelle che forniscono il volume legnoso medio atteso ad ettaro di soprassuoli coetanei a densità normale, in funzione della loro età e classe di fertilità. I casi in cui queste tavole forniscono risultati abbastanza attendibili sono circoscritti ai boschi di giovane età di origine artificiale (La Marca 2004).
- gli alberi modello nel caso in cui non sia possibile reperire delle tavole di cubatura della zona in esame, più facilmente utilizzati in boschi coetanei monospecifici. Questo metodo si basa sul presupposto che il volume di un insieme di piante è uguale al prodotto fra il numero di piante in esame e il volume medio di esse:  $V = N \cdot v_m$  ( $N$ = numero di piante;  $v_m$ = volume medio dell'albero modello) (La Marca 2004). L'attendibilità dei risultati derivanti dalla formula è relazionata all'uniformità dei diametri, delle altezze e della forma delle piante. L'applicazione di questo metodo richiede il cavallettamento di tutto il soprassuolo e la misura di un sufficiente numero di altezze di un campione di alberi

modello con diametro medio ( $d_g$ ). Per individuare l'albero (o gli alberi) modello, vale a dire quello/i più rappresentativi del campionamento in oggetto, è importante suddividere il popolamento in classi diametriche, così da renderlo il più rappresentativo possibile, facendo una distinzione tra i soggetti medi (rappresentativi) ed eccezionali (non rappresentativi). Dopo aver individuato l'albero (o gli alberi) modello, con diametro medio e altezza media, questi vanno abbattuti e su di essi si esegue la cubatura per sezioni ottenendo il volume reale e il coefficiente di riduzione ( $f$ ), dato dal volume reale fratto il volume cilindrometrico. A questo punto, per calcolare il volume di tutto il popolamento è sufficiente moltiplicare il volume dell'albero modello per il numero di piante presenti nell'area.

La scelta del metodo di cubatura dipende da numerosi fattori, che assumono un'importanza diversa a seconda della finalità della stima, all'estensione del popolamento, all'omogeneità dello stesso, ai costi che si è disposti a sostenere, ecc. Di norma, quando possibile, si utilizza il metodo delle tavole stereometriche. Nel caso in cui queste non fossero disponibili, generalmente si adotta il metodo degli alberi modello.

Per conoscere, invece, l'età media del popolamento e la velocità di accrescimento degli alberi, è necessario prelevare delle carote di alcune piante campione. Il carotaggio si effettua con la trivella di Pressler a 1,30 m di altezza. Conoscendo l'età del bosco è possibile calcolare l'incremento medio annuo, che è un indicatore per boschi coetanei, importante per regolare l'intensità dei diradamenti. Si ottiene dividendo la massa ad una data età per l'età stessa e si esprime in  $m^3/ha/anno$ .

### **2.2.3 Eventuali attrezzature e software di supporto**

Le attrezzature minime necessarie per acquisire i dati essenziali per le misurazioni e per la delimitazione dell'area sono:

- Distanziometro e altimetro (es. Vertex III o IV– Haglof, Trupulse): per misurare le distanze di ogni albero dal centro del quadrante e per misurare l'altezza degli alberi e d'inserzione della chioma (*Figura 2.6*);
- 2 bussole (es. Suunto): per misurare gli angoli azimutali degli alberi rispetto ad un centroide;
- cavalletto dendrometrico: per misurare il diametro del fusto degli alberi (*Figura 2.6*);
- cordella metrica;
- 15 paletti: per definire l'area del martelloscopio e i quadranti;

- nastro di plastica (bianco/rosso): per delimitare temporaneamente l'area;
- 9 pali (legno o metallo): per segnare alcuni punti perimetrali e il centroide del martelloscopio e i punti centrali del quadrante in modo permanente;
- roncola: per effettuare le specchiature;
- targhette e/o vernice: per numerare gli alberi;
- chiodi in alluminio: per fissare le targhette.



**Figura 2.6:** A sinistra il distanziometro e ipsometro Vertex con trasponder e supporto; a destra il cavalletto dendrometrico (fonte: Integrate+ Martelloscopes)

Un apparecchio che permette di acquisire in campo una serie di dati dendrometrici e strutturali del popolamento in modo speditivo è Field-Map (*Figura 2.7*), che è un sistema integrato computerizzato portatile costituito da diversi hardware e software.



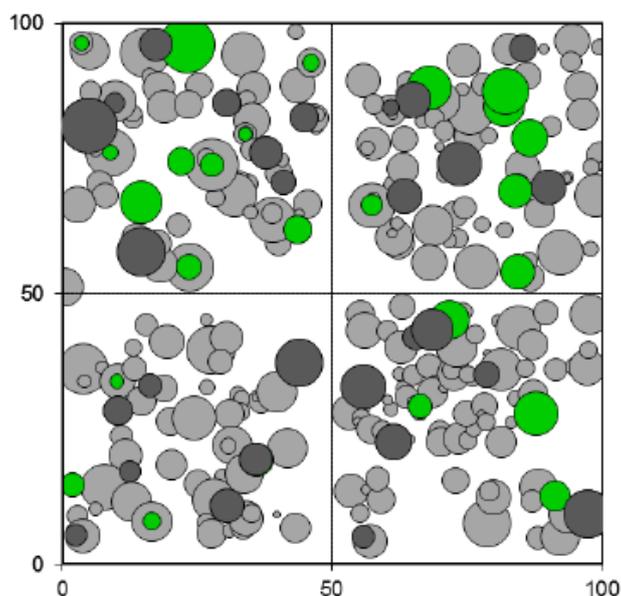
**Figura 2.7:** Il sistema Field-Map in configurazione completa (fonte: Zambarda et al. 2010)

Gli strumenti principali che lo compongono sono un telemetro laser, una bussola elettronica, un GPS e un cavalletto dendrometrico elettronico. L'equipaggiamento è direttamente collegato con il software GIS di cui è dotato il computer di campo ed inoltre, è in grado di fornire in tempo reale una visualizzazione georeferenziata 2D o 3D del soprassuolo forestale che si sta indagando grazie ai dati delle misurazioni dendrometriche e topografiche acquisiti man mano. Un altro vantaggio offerto da Field-Map consta nella registrazione dei dati rilevati in campo sottoforma di strati informativi (*shapes*, tabelle) interfacciabili con qualsiasi software GIS e nella possibilità di procedere ad una immediata elaborazione del dato (Mattioli et al. 2009). Rispetto ai metodi tradizionali, Field-Map consente di raccogliere una notevole quantità di informazioni in tempi brevi, con un numero minore di operatori e allo stesso tempo i dati raccolti sono più attendibili.

Una volta raccolti tutti i dati relativi al martelloscopio e alle piante in esso presenti, questi vanno raccolti in un foglio di calcolo, mediante il quale è possibile:

- inserire nel software i dati per la modellizzazione dell'intera componente arborea, in modo da ottenere la visualizzazione dell'area così come si presenta nella realtà;
- togliere le singole righe corrispondenti alle varie piante che si è simulato di martellare, visualizzando in questo modo la situazione del popolamento post-intervento selvicolturale;
- ottenere i dati quantitativi relativi al taglio ipoteticamente realizzato (Torreggiani L. et al. 2012).

Esistono dei software, come SVS – Stand Visualization System, che modellizzano il bosco e consentono di visualizzare graficamente il suo aspetto prima e dopo gli interventi simulati (*Figura 2.6*), gli impatti futuri che questi comporterebbero in termini di struttura ed economici, così da poter valutare le scelte effettuate durante la martellata.



**Figura 2.6:** Visualizzazione grafica della simulazione di una martellata. In grigio scuro sono indicati gli alberi da abbattere e in verde le piante habitat (fonte: Integrate+ Technical Paper)

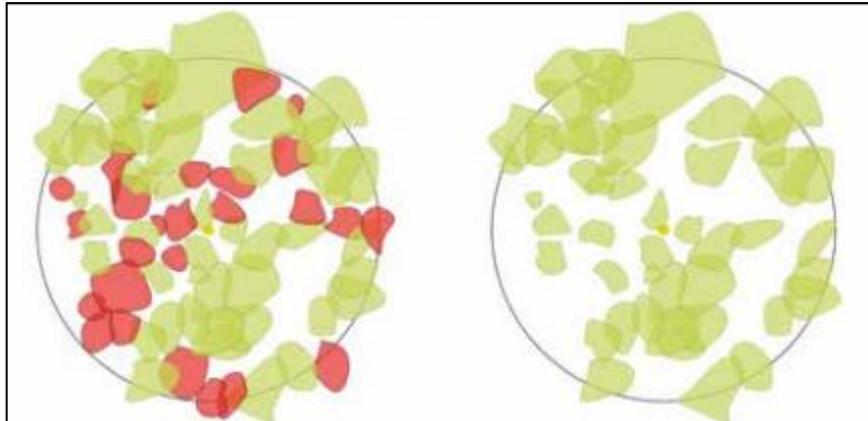
### 2.3 Simulazione degli interventi

Prima di iniziare l'attività di martellata, a tutti i partecipanti vanno fornite le informazioni di base riguardanti il popolamento boschivo e gli obiettivi del martelloscopio, in base ai quali adottare i criteri di scelta degli abbattimenti virtuali. In seguito, i partecipanti possono essere divisi in piccoli gruppi o lavorare singolarmente. Ad ogni gruppo va consegnato un piedilista con il numero di tutte le piante presenti nella particella, dove possono essere appuntati gli individui da abbattere, un nastro bianco e rosso per segnare gli alberi selezionati, un cavalletto dendrometrico e un ipsometro necessari per poter stimare il volume del bosco in piedi e/o del tagliato, in base alla tipologia di prova da svolgere.

### 2.4 Verifica dei risultati

Una volta terminata la simulazione di martellata, vengono raccolti i piedilista di tutti i partecipanti e i dati affiancati a quelli precedenti agli interventi e poi inseriti nel software di supporto, così da rappresentare graficamente come il bosco si presentava prima e come si presenterebbe dopo la martellata (*Figura 2.7*). Queste informazioni saranno la base per un momento finale di confronto e discussione sull'attività svolta. Tramite la visualizzazione dei risultati delle operazioni forestali, infatti, viene data la possibilità di comprendere l'entità dell'intervento attraverso la stima del volume di legname di un popolamento, della quantità e della qualità del tagliato. In questo modo, alla fine delle attività, i partecipanti sono in grado

di osservare e discutere su diverse tipologie di trattamento selvicolturale attraverso l'analisi della struttura del bosco e la selezione degli alberi in un inventario selvicolturale.



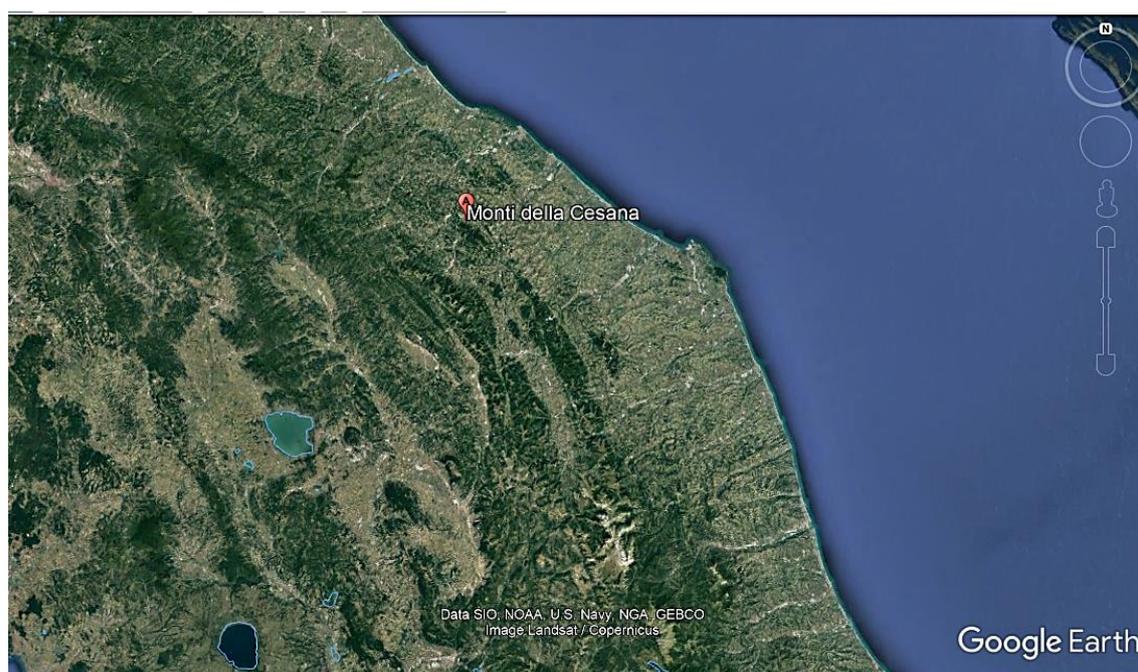
**Figura 2.7:** Rappresentazione grafica della struttura orizzontale della pineta prima e dopo il diradamento selettivo. In verde sono rappresentate le piante che da rilasciare e in rosso quelle da abbattere (fonte: manuale SelPiBioLife)

### 3. Un martelloscopio nelle Marche

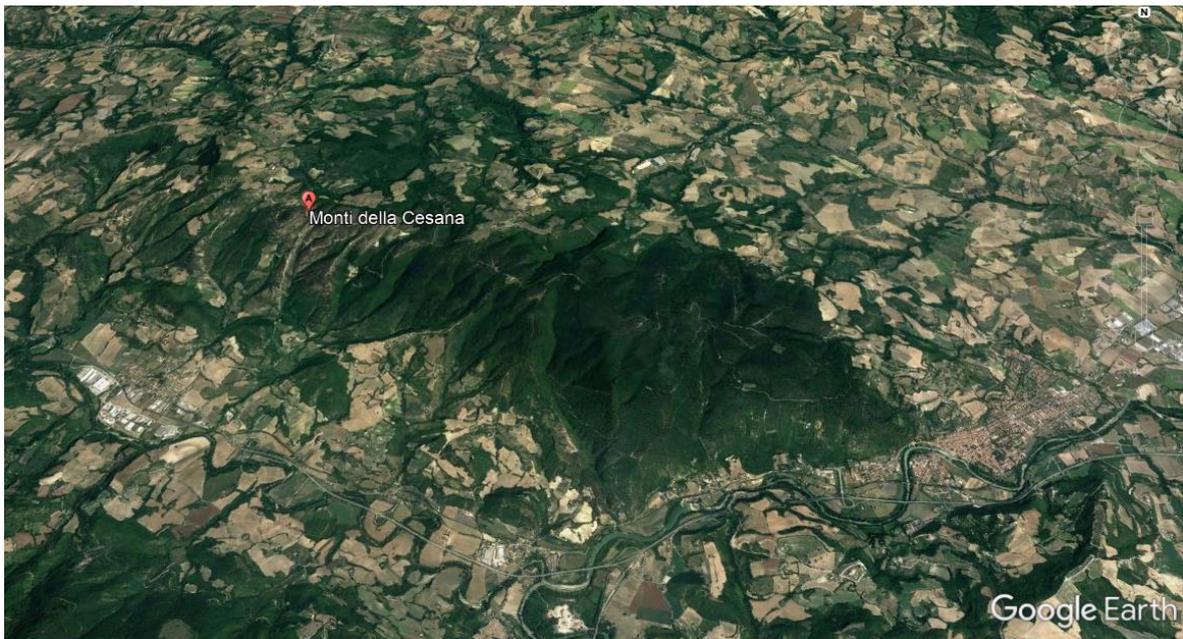
#### 3.1 Area di studio

Per la realizzazione di un martelloscopio nella regione Marche è stata scelta la Foresta Demaniale delle “Cesane”, un’estesa area forestale di proprietà pubblica e gestita in gran parte dall’Unione Montana dell’Alto Metauro. È situata in provincia di Pesaro-Urbino, fra i comuni di Isola del Piano (a Nord), Fossombrone (a Sud-Est) e Urbino (a Ovest) (*Figura 3.1*). I monti delle Cesane rappresentano le estreme diramazioni orientali, verso il Mar Adriatico, della grande dorsale carbonatica Umbro-Marchigiana che, con rilievi dei Monti Catria e Nerone, costituiscono l’ossatura della Regione.

L’area demaniale delle Cesane occupa un territorio complessivo di 2.213 ettari dei quali 2044,5 ettari (92,4%) appartengono al bacino del Metauro ed i restanti 169,4 ettari (7,6%) fanno parte del bacino del Foglia (*Figura 3.2*).

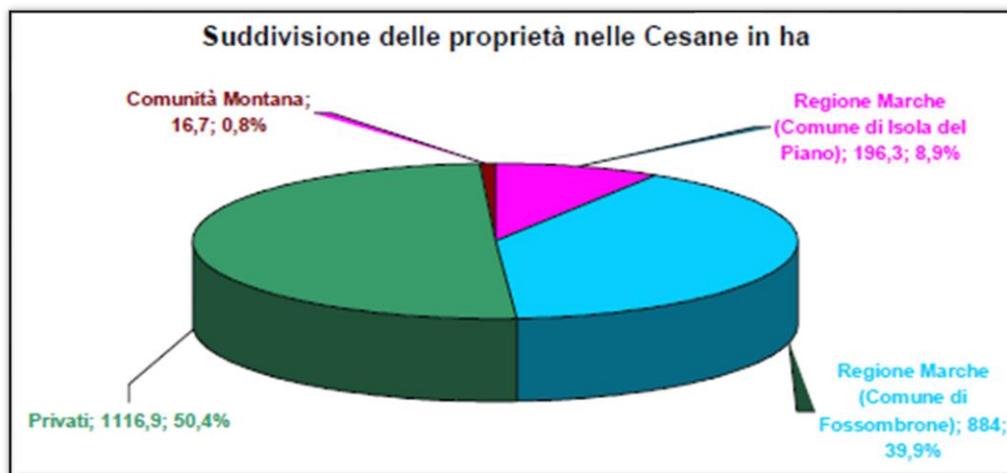


**Figura 3.1:** Ubicazione della Foresta Demaniale Regionale “Monti delle Cesane” (PU)

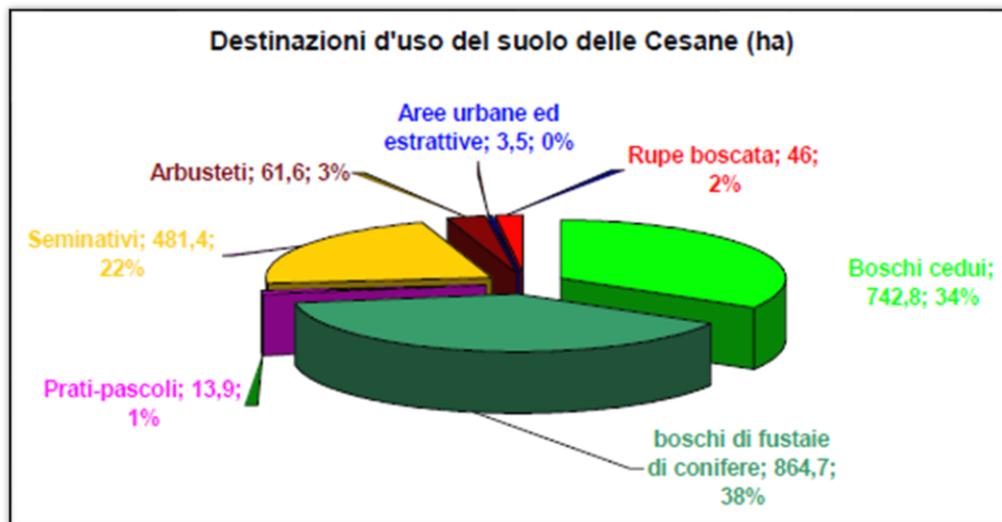


**Figura 3.2:** Dettaglio dei Monti delle Cesane e delle omonime foreste demaniali (PU)

L'assetto fondiario del comprensorio delle Cesane è suddiviso tra l'Unione Montana, i privati e i Comuni di Isola del Piano e di Fossombrone (*Figura 3.3*), mentre sono differenti le destinazioni d'uso del suolo (*Figura 3.4*).



**Figura 3.3:** Suddivisione della superficie delle Cesane in base alla proprietà (fonte: Mongini 2005)



**Figura 3.4:** Uso del suolo alle Cesane (fonte: Mongini 2005)

Dal punto di vista climatico il territorio delle Cesane fa parte del macroclima caldo temperato e subisce un'influenza degli Appennini, delle correnti Balcaniche e dell'Adriatico, che gli conferiscono un'eterogeneità climatica e più fredda rispetto al versante tirrenico.

Fino all'inizio del secolo scorso, le Cesane furono prevalentemente adibite all'agricoltura e ai pascoli e si intensificò il prelevamento del legname per l'accresciuta domanda di carbone e legna da ardere. Questa situazione ha determinato, all'inizio del ventesimo secolo, una forte riduzione della superficie forestale, spesso residuale con piccoli lembi che venivano ceduati con turni brevi. Un'importante opera di rimboschimento, eseguito per limitare il dissesto idrogeologico, iniziò durante la Prima guerra mondiale nel 1916, quando vennero utilizzati per i lavori di preparazione e impianto, i prigionieri austriaci come mano d'opera. Successivamente fu proseguita a cura dell'Azienda di Stato per le Foreste Demaniali, fino agli anni '70, quando la proprietà passò alla Regione.

La specie principale per l'impianto era il pino nero d'Austria, perché di facile attecchimento e rapido accrescimento anche su suoli difficili. Per l'impianto sono state utilizzate diverse conifere, quali: Pino marittimo (*Pinus pinaster*), Pino d'Aleppo (*Pinus halepensis*), Cipresso d'Arizona (*Cupressus arizonica*), Cipresso comune (*Cupressus sempervirens*), Cipresso di Lawson (*Chamaecyparis lawsoniana*), Abete rosso (*Picea abies*), Abete bianco (*Abies alba*), Cedro dell'Atlante (*Cedrus atlantica*) e Cedro dell'Himalaya (*Cedrus deodara*). [CU10] Accanto a queste si trovano specie locali quali il Ginepro comune (*Juniperus communis*) e il Ginepro rosso (*Juniperus oxicedrus*). Tali piantagioni erano state realizzate, oltre che per proteggere il suolo da un ulteriore dissesto, per favorire una trasformazione naturale che

potesse permettere un nuovo insediamento di piante autoctone (leccio, roverella, orniello, ecc.) così da riportare la foresta ad un aspetto più simile a quello originario.

Oggi, il paesaggio dei monti delle Cesane è ancora caratterizzato da una netta prevalenza di pino nero, in mescolanza con alcune latifoglie autoctone, favorirle nel loro insediamento dopo disturbi quali gli incendi e gli schianti da eventi meteorici (neve e vento).

### **3.2 Obiettivi del martelloscopio**<sup>[CU11]</sup>

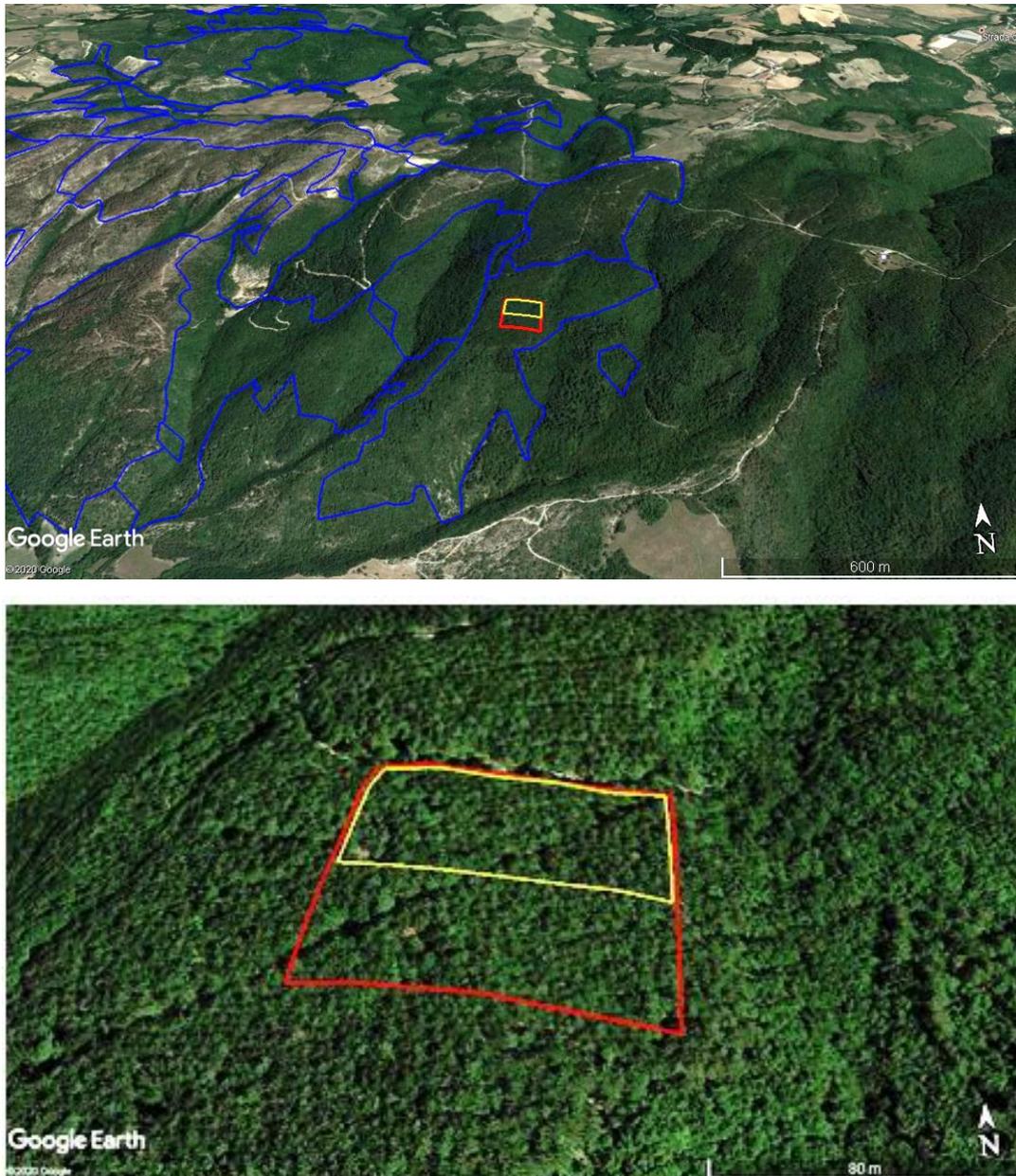
Il martelloscopio delle Cesane si prefigge principalmente di promuovere degli interventi selvicolturali finalizzati al miglioramento della struttura e quindi della capacità di resilienza ai fattori di disturbo (incendi e schianti da neve/vento). Gran parte delle pinete delle Cesane non hanno una particolare valenza produttiva non potendo fornire assortimenti di qualità, ma la massa legnosa accumulata può anche essere tale da rendere convenienti alcuni interventi che dovrebbero garantire le altre funzioni (turistico-ricreativa ed ecosistemica). Obiettivi di questo primo martelloscopio delle Cesane sono quindi: l'aumento della stabilità del soprassuolo, il miglioramento della struttura del bosco e la sua capacità di resilienza ai disturbi suddetti. Tutto ciò tenendo presente che alcuni di questi soprassuoli sono vicini ad un eventuale taglio di rinnovazione e che il reintegro del pino nero non è sicuramente un obiettivo in boschi demaniali. L'orizzonte prossimo è quello di una rinaturalizzazione del bosco con interventi volti a favorire la rinnovazione di latifoglie, laddove non sia già presente a seguito di interventi pregressi e/o disturbi.

La collaborazione con l'Unione Montana Alta Valle del Metauro ha come fine anche la sensibilizzazione alle attività selvicolturali quale metodo per mettere in atto una gestione forestale sostenibile, strumento per una efficace conservazione e valorizzazione del patrimonio forestale regionale, in gran parte in abbandono.

### **3.3 Individuazione e perimetrazione del sito**

L'area è stata scelta grazie alla disponibilità data dall'Unione Montana Alta Valle del Metauro, che ha in gestione la foresta demaniale delle Cesane. L'Unione Montana ha garantito la collaborazione al progetto per realizzare la necessaria cartellonistica ed eseguire l'abbattimento degli alberi modello per il calcolo preciso del volume. Dopo un'analisi su immagini di Google Earth e un sopralluogo preliminare in una delle particelle non soggette ad interventi nei prossimi anni è stata individuata un'area con copertura colma e densità elevata (*Figura 3.4*). Per la delimitazione dell'area, per prima cosa è stato scelto un primo vertice, dal quale con il distanziometro/bussola laser (Trupulse) sono stati misurati l'angolo

di 90° e la distanza di 100 metri per individuare il secondo vertice. Lo stesso procedimento è stato svolto per individuare gli altri due vertici. In seguito con una vernice spray rossa sono state segnate tutte le prime piante esterne all'area.



**Figura 3.4:** Sopra: ubicazione dell'area del martelloscopio nel versante ovest dei Monti delle Cesane. Sotto: dettaglio dell'area totale (in rosso) ed area attualmente censita (in giallo).

### 3.4 Rilevamento in campo e analisi dei dati

Sono stati avviati i rilevamenti nell'area di 1 ettaro selezionata che hanno al momento consentito di censire 533 individui arborei (in prevalenza monocormici) all'interno di un'area di circa 5000 m<sup>2</sup>. La numerazione delle piante è stata eseguita con vernice bianca indelebile sul fusto a circa 1.50 da terra, su una specchiatura superficiale realizzata con una

sgorbia. La numerazione progressiva è avvenuta partendo da un vertice dell'area e seguendo le curve di livello a seguire le linee d'impianto degli individui arborei (Figura 3.5).



**Figura 3.5:** Numerazione degli individui arborei nell'area del martelloscopio (foto C. Lucsole 18/06/2020)

Stabilita la soglia diametrica minima di 7,5 cm a 1.30 m da terra, si è proceduto al censimento di tutti gli alberi (vivi e morti) presenti sopra tale soglia, e per i quali sono stati rilevati:

- la specie,
- il diametro a 1.30 m,
- l'altezza totale,
- l'altezza d'inserzione della chioma (prima ramificazione non isolata a partire dalla base del fusto)
- l'altezza di eventuali biforcazioni del fusto.

Il cavallettamento è stato effettuato posizionandosi a monte dell'albero con una o due misure poi mediate (nel caso in cui il tronco non fosse regolare). Il rilievo ipsometrico è stato effettuato con il distanziometro-ipsometro Vertex (dotato di transponder posizionato sul fusto a 1,30 metri dal terreno). Su una decina di individui è stato anche prelevato un campione legnoso sul fusto a 1.30 dal suolo con una trivella di Pressler per la determinazione

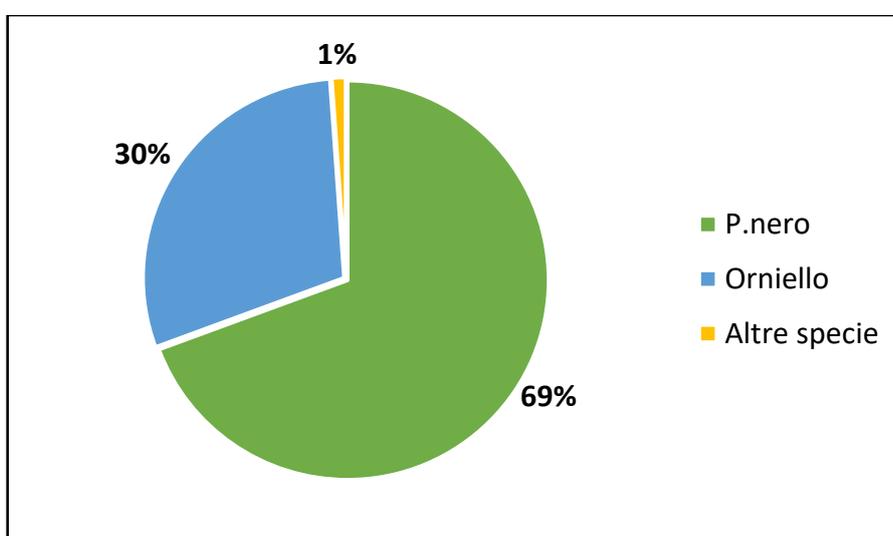
dell'età indicativa del soprassuolo, non potendo disporre di documenti attestanti la data d'impianto del popolamento.

I dati sono stati raccolti in appositi piedilista e poi trasferiti su foglio elettronico Excel per i successivi calcoli ed elaborazioni. Sono stati calcolati i principali parametri dendrometrici come area basimetrica, diametro medio, altezza media, altezza dominante, coefficiente di snellezza, profondità di chioma, volume dendrometrico utilizzando le tavole di cubatura a due entrate dell'Inventario Forestale Nazionale (INFC).

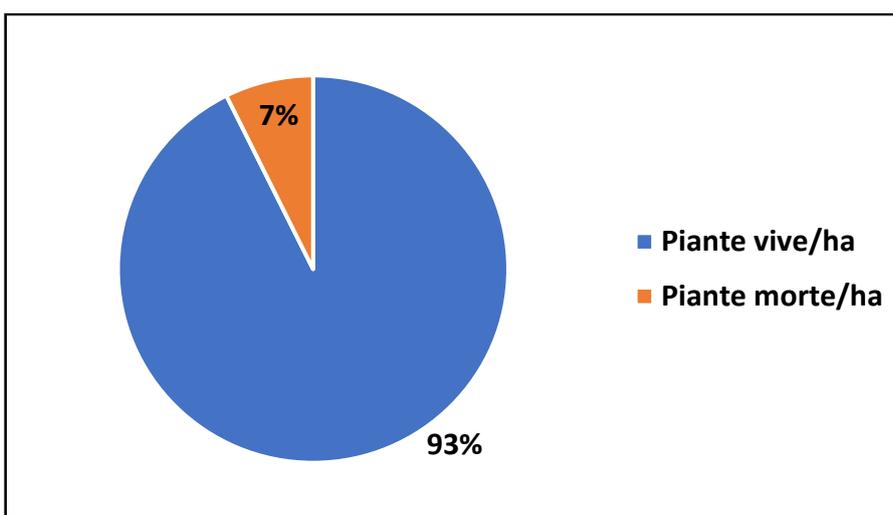
## 4. Risultati preliminari

### 4.1 Assetto dendrometrico-strutturale del soprassuolo

Dopo aver elaborato i dati raccolti in campo è stato possibile analizzare la struttura del soprassuolo e i risultati hanno confermato l'assetto compositivo e strutturale ipotizzato. Il bosco è una pineta a Pino nero in cui è presente una discreta percentuale numerica di Orniello (30%) e qualche individuo di altre specie (Acerò montano, Ciliegio, Cipresso e Scotano) (*Figura 4.1*). Durante la raccolta dei dati sono state registrate anche le piante morte in piedi (*snag*), che sono tutte di Pino nero e costituiscono il 7% degli individui presenti (*Figura 4.2*).

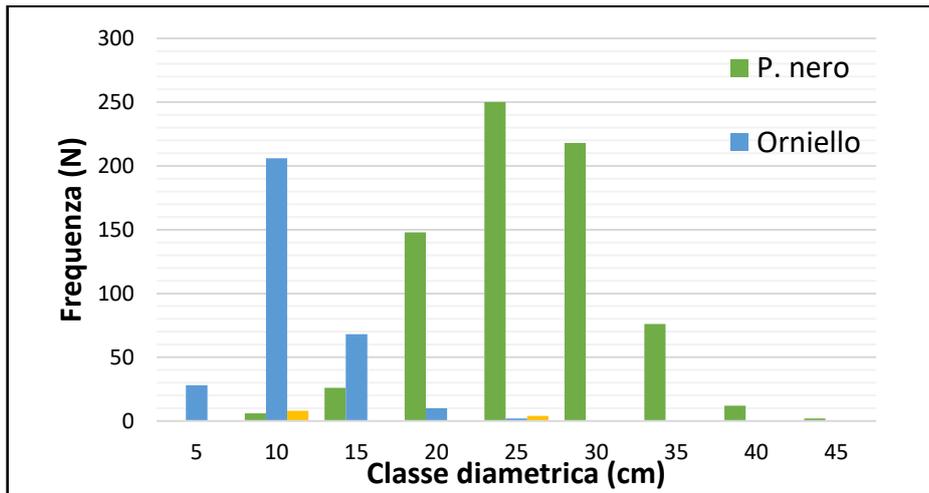


*Figura 4.1:* Composizione specifica del soprassuolo



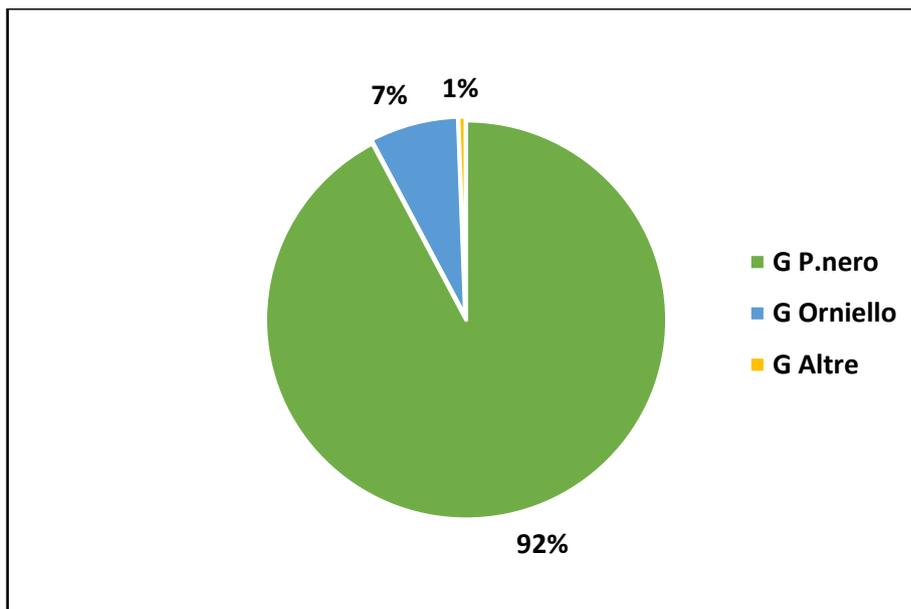
*Figura 4.2:* Pianta vive e morte nel soprassuolo

In seguito, è stata calcolata la distribuzione di frequenza in classi diametriche degli individui presenti sul soprassuolo riportata all'ettaro, dalla quale risulta che il pino nero ha un intervallo di valori compreso fra la classe di 10 e quella da 45 cm, mentre l'orniello fra 5 e 20 cm. La moda si colloca nella classe di 25 cm per il pino nero e di 10 cm per l'orniello (Figura 4.3). Sia il piano dominante (pino nero) che piano dominato (orniello) sono caratterizzati da una struttura coetaniforme e sicuramente coetanea vista l'origine artificiale del popolamento.



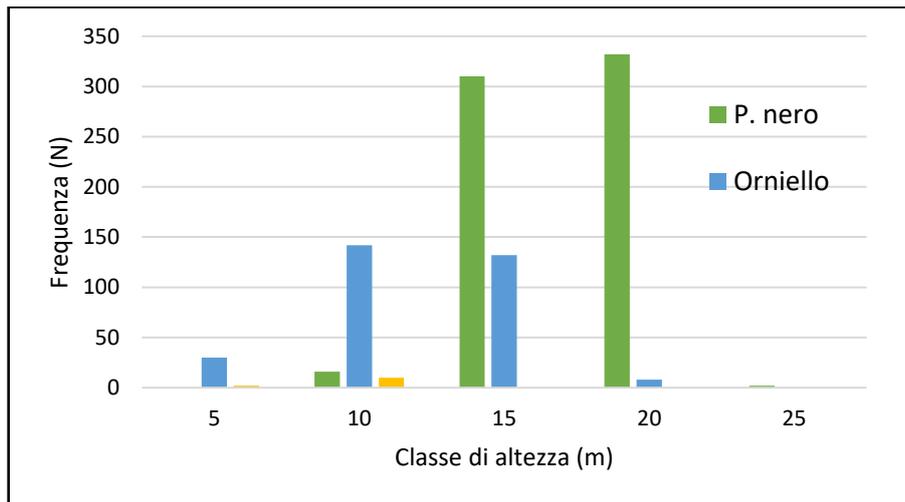
**Figura 4.3:** Distribuzione delle classi diametriche

È stata poi calcolata l'area basimetrica del soprassuolo (44,61 m<sup>2</sup>/ha) costituita per il 92% dal Pino nero e solo il 7% dall'orniello (Figura 4.4).



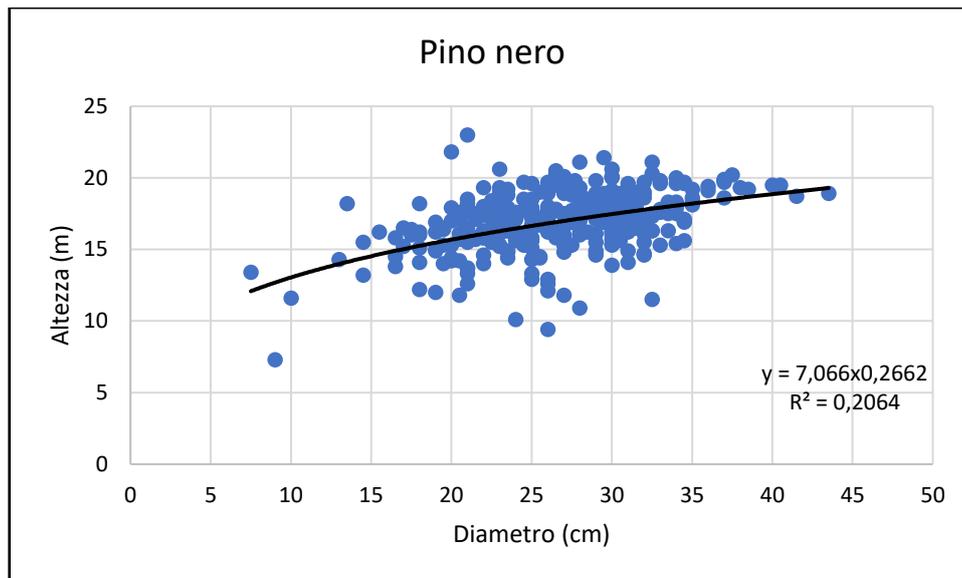
**Figura 4.4:** Percentuale di area basimetrica ripartita per specie arborea

La distribuzione in classi di altezza (*Figura 4.5*) evidenzia e conferma la struttura biplana del soprassuolo, con il pino nero dominante che annovera oltre il 90% degli individui nelle classi di 15 e 20 m (moda). L'orniello è nel piano dominato ed ha una maggiore distribuzione dei valori ipsometrici nelle classi di 10 (moda) e 15 m e solo sporadici individui che raggiungono il piano dominante. L'altezza media e l'altezza dominante del soprassuolo sono rispettivamente di 15,12 m e 18,07 m.

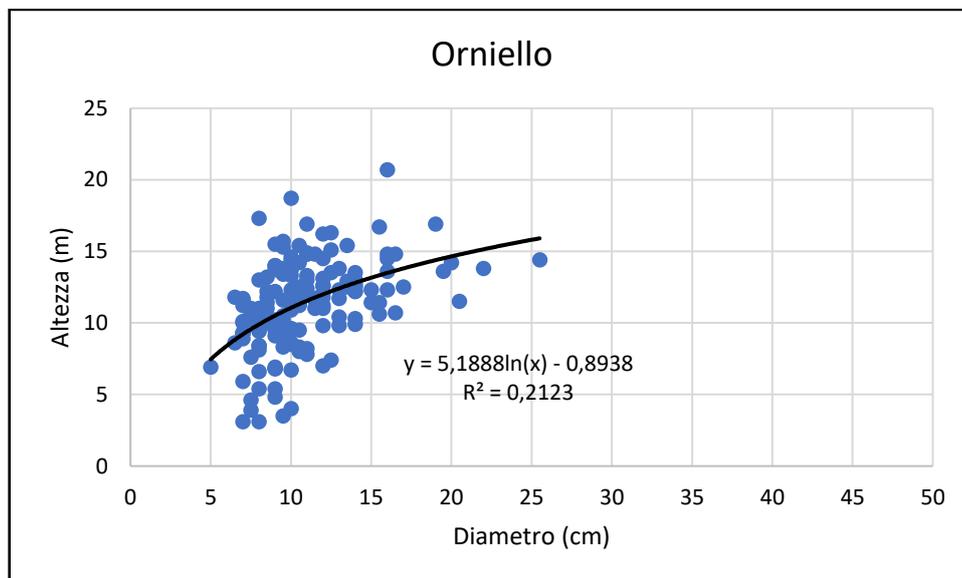


**Figura 4.5:** Distribuzione degli individui in classi di altezza di 5 m distinti per specie

La relazione tra diametro e altezza stimata su tutti gli alberi vivi rilevati con il coefficiente di correlazione evidenzia un'associazione lineare positiva molto elevata fra le due variabili ( $r = 0,76$ ). Nella costruzione delle curve ipsometriche (senza alberi modello) per le due specie, nel pino si osserva un'evidente relazione positiva ed un andamento non culminante della nuvola dei punti e della curva interpolante (potenza) che al massimo produce un  $R^2 = 0,21$  (*Figura 4.6*). Nel caso dell'orniello, invece, nonostante il medesimo valore del coefficiente di correlazione ( $R^2 = 0,21$ ) la nuvola di punti evidenzia una culminazione delle altezze (15-20 m) in corrispondenza dei 15-20 cm di diametro che si spiega con l'eccessiva rastremazione dei fusti di questa specie che tendono a piegarsi abbassando pertanto il valore ipsometrico, condizione che ha reso anche difficoltosa la misurazione delle stesse altezze (*Figura 4.7*).

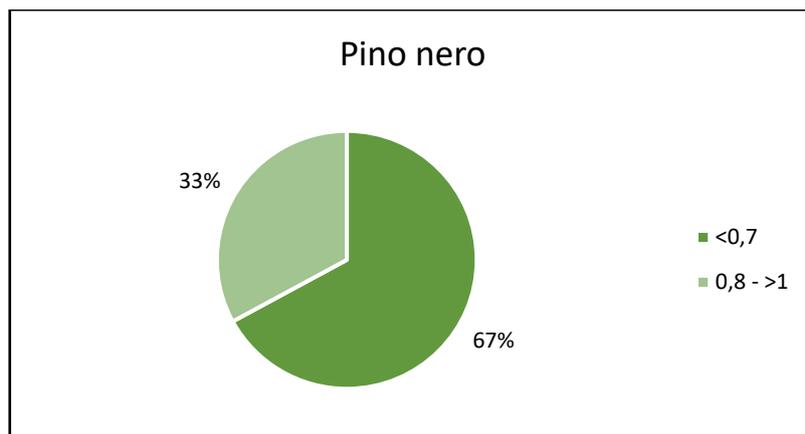


**Figura 4.6:** Curva ipsometrica del Pino nero

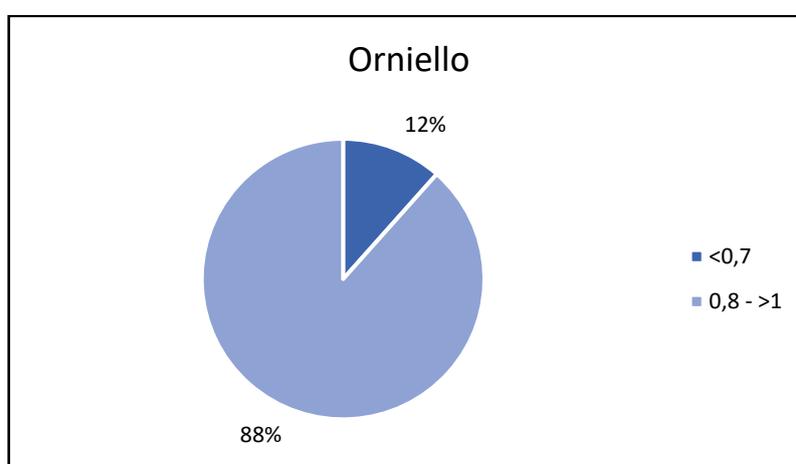


**Figura 4.7:** Curva ipsometrica dell'Orniello

Per ogni individuo vivo è stato poi calcolato il coefficiente di snellezza (rapporto fra altezza totale e diametro a 1.30 m), che è un indicatore di stabilità quando il valore è inferiore a 0,9. Nel caso in oggetto, visto il tipo di soprassuolo a prevalenza di conifere, il valore soglia di stabilità è stato posto a 0,7. Il 67% dei pini neri è stabile con valori inferiori a tale soglia e il restante 33% non lo è (*Figura 4.8*). Per l'Orniello la situazione è opposta, infatti solo il 12% degli individui risulta essere stabile contro l'88% che è invece instabile (*Figura 4.9*). Questa instabilità è causata dall'assenza di interventi intercalari che hanno fatto sì che le piante di Orniello rimanessero sotto la copertura dei pini.

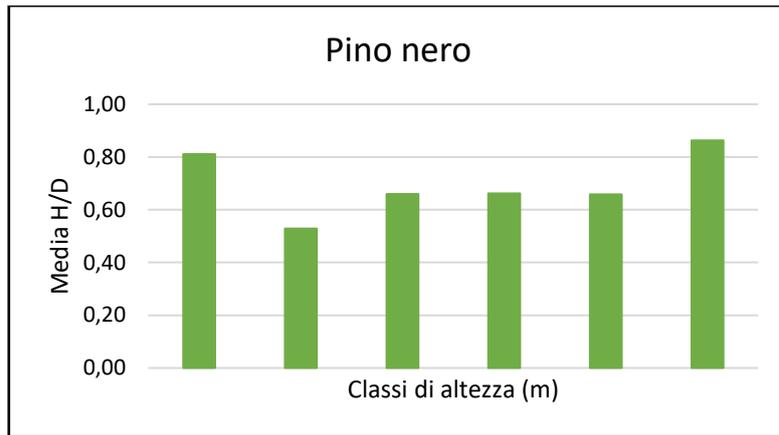


**Figura 4.8:** Distribuzione di frequenza del coefficiente di snellezza per le piante di Pino nero

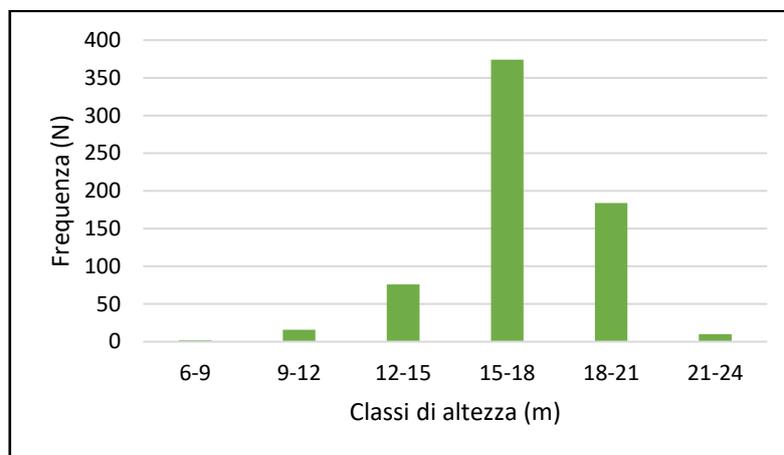


**Figura 4.9:** Distribuzione di frequenza del coefficiente di snellezza per le piante di Orniello

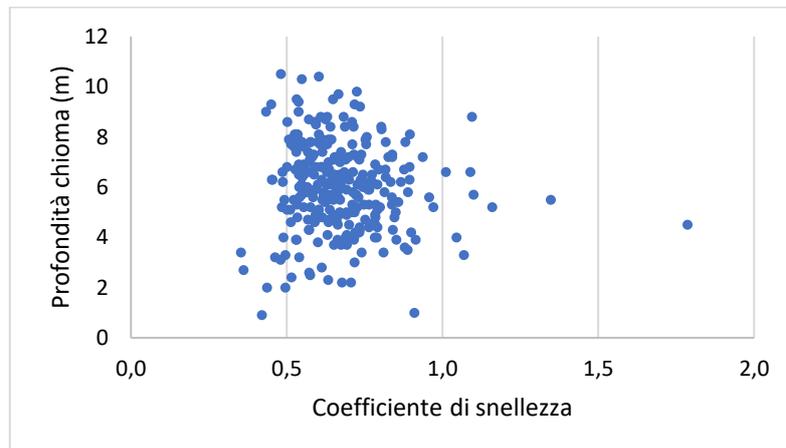
La distribuzione del coefficiente di snellezza medio per ogni classe di altezza nel Pino nero (Figura 4.10) evidenzia che le piante meno stabili sono le più alte e le più basse, le uniche con un coefficiente di snellezza maggiore di 0,7. Le più stabili, invece, sono quelle con un'altezza compresa tra i 9 e i 21 m e la classe di altezza con un coefficiente di snellezza più basso è quella dei 9-12 m. Riguardo all'altezza, la moda cade nella classe dei 15-18 m. Se questa classe viene sommata con quella dei 18-21 m, si osserva che ne fa parte l'85% dei Pini neri (Figura 4.11). È stata anche calcolata la correlazione tra il coefficiente di snellezza e la profondità di chioma per verificare l'eventuale effetto di quest'ultima sulla stima della stabilità, ma non è risultata alcuna associazione tra le due variabili (Figura 4.12).



**Figura 4.10:** Distribuzione del coefficiente di snellezza medio per classi ipsometriche, Pino nero

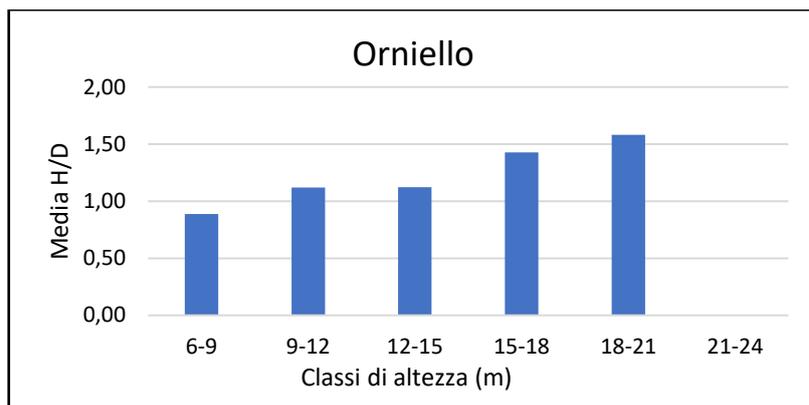


**Figura 4.11:** Distribuzione in classi ipsometriche di 3 m, pino nero

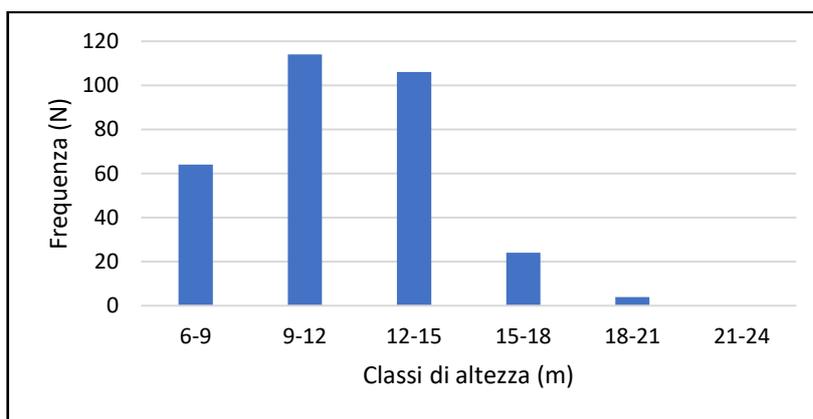


**Figura 4.12:** Correlazione fra coefficiente di snellezza e profondità di chioma, pino nero

Nel caso dell'Orniello risulta che in nessuna classe di altezza vi sono mediamente piante stabili, in quanto il coefficiente di snellezza risulta sempre maggiore di 0,7 (Figura 4.13). Per quanto riguarda la distribuzione delle classi di altezza, la classe più rappresentata è quella dei 9-12 m (Figura 4.14). Se vengono sommate gli individui con diametro compreso tra i 6 e i 15 m si osserva che questi rappresentano il 91% delle piante di Orniello.

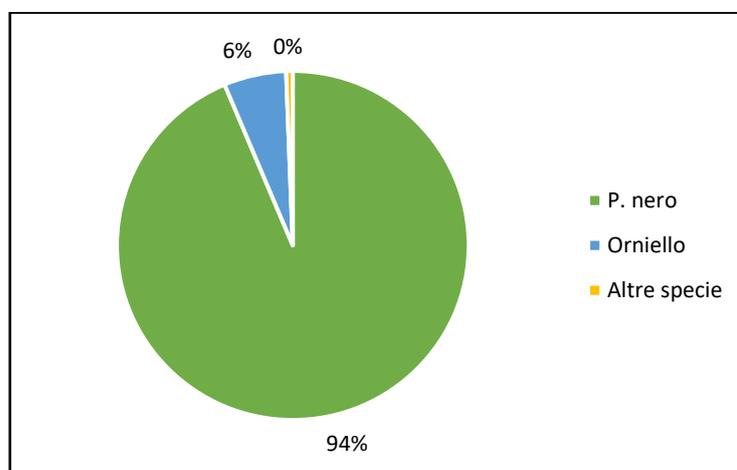


**Figura 4.13:** Distribuzione del coefficiente di snellezza medio per classi ipsometriche, Orniello



**Figura 4.14:** Distribuzione in classi di altezza di 3 m per le piante di Orniello

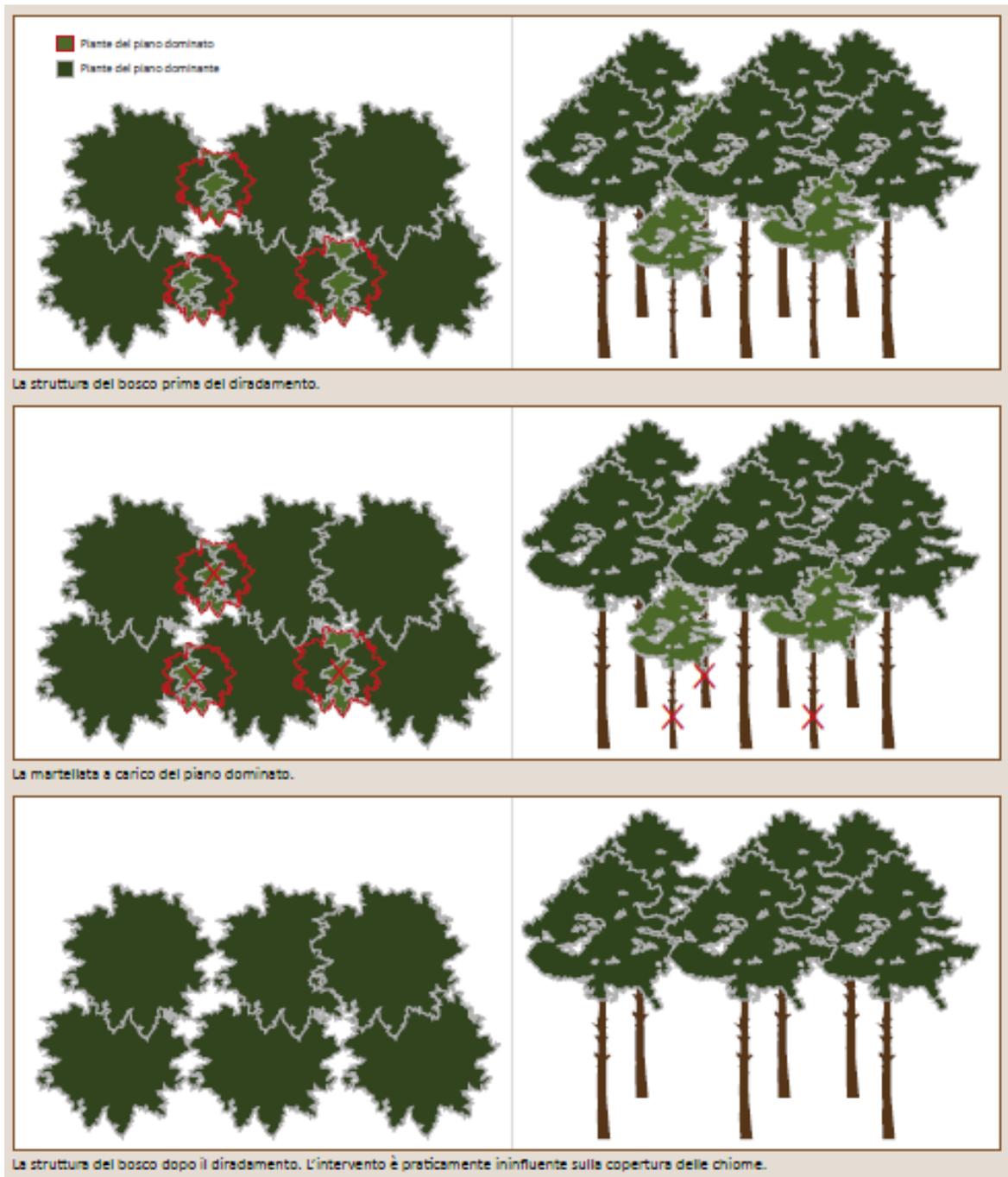
Infine, è stato calcolato il volume totale ad ettaro e ripartito per specie mediante le tavole di cubatura a doppia entrata dell'INFC 2005, in quanto non sono disponibili tavole locali per Pino nero e Orniello. Il volume totale ad ettaro risulta essere di 340,52 m<sup>3</sup>/ha, di cui il 94% è costituito da Pino nero e il restante 6% da Orniello (*Figura 4.15*). Considerando che l'età del soprassuolo è di circa 60 anni l'incremento medio di massa legnosa è di circa 5 m<sup>3</sup>/ha/anno.



**Figura 4.15:** Ripartizione (%) del volume per specie arborea

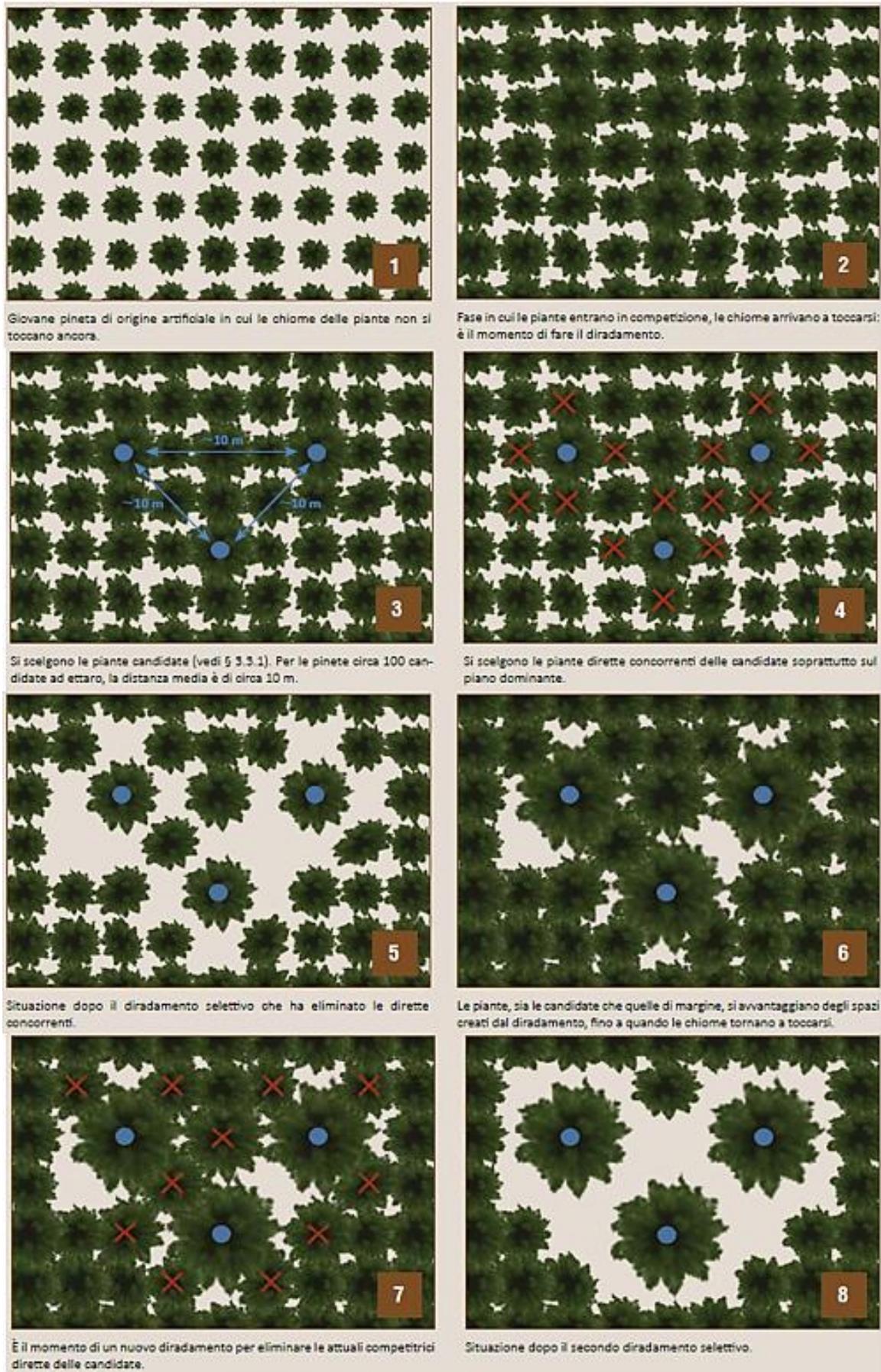
## 4.2 Possibili interventi selvicolturali

In letteratura è possibile trovare diversi studi che propongono alcune alternative di trattamenti applicabili alle pinete di Pino nero. Il trattamento tradizionale è il diradamento dal basso, che consiste nell'asportazione delle piante del popolamento di minor sviluppo (Cantiani et al. 2016). I diradamenti dal basso di intensità debole, che prevedono il prelievo esclusivamente nel piano dominato (*Figura 4.16*), indipendentemente dallo stadio di sviluppo del popolamento, risultano inefficaci a favorire gli incrementi diametrici e i parametri di stabilità. Infatti, come dimostrato da studi sperimentali, la componente sensibile al diradamento è quella dominante della pineta (Cantiani e Piovosi 2009, Bianchi et al. 2010). Per questo motivo in un diradamento finalizzato ad aumentare la stabilità, occorre intervenire anche nel piano dominante. I diradamenti dal basso che interessano anche marginalmente il piano dominante producono effetti incrementali positivi, oltre che sul diametro dei fusti, anche sulla superficie delle chiome, grazie all'entrata laterale di luce (Cantiani et al. 2005). Ovviamente il grado dell'intervento deve essere regolato in base alla valutazione di diversi fattori, quali la fertilità della stazione, lo stadio di sviluppo ed il livello dell'attività selvicolturale già effettuata nel popolamento (Cantiani et al 2005).



**Figura 4.16:** Schema del diradamento dal basso (fonte: Manuale tecnico SelPiBioLife)

Un'altra tipologia di diradamento recentemente sperimentata, applicabile nelle perticaie e nelle giovani fustaie, è quella del diradamento selettivo proposto dal progetto SelPiBioLife (Cantiani et al. 2016) (Fig. 4.1<sub>[CU12]7</sub>).



*Figura 4.17:* Schema del diradamento selettivo (fonte: Manuale tecnico SelPiBioLife)

Gli obiettivi sono quelli di ottimizzare la stabilità meccanica complessiva, la capacità di accrescimento delle piante e la differenziazione sociale. Per fare ciò, al primo intervento selettivo, è necessario individuare circa 100 piante candidate ad ettaro, che devono distinguersi dalle altre per vigoria, grado di stabilità e assenza di danni meccanici e/o patologici (Cantiani et al. 2016).

Successivamente la chioma delle candidate va liberata da quella delle loro dirette concorrenti (*Figura 4.17*), cioè quelle piante che intralciano lo sviluppo della chioma delle candidate. In questo modo, modificando la struttura del bosco, cambiano le condizioni microclimatiche a livello del suolo in termini di luce ed acqua, aumentando così la diversità delle componenti biotiche. La frequenza degli interventi successivi è variabile e questi dovranno essere ripetuti quando le chiome delle candidate saranno nuovamente in competizione con le altre (Cantiani et al. 2016). Questo tipo d'intervento richiede una buona preparazione del tecnico forestale che deve prendersi carico di un'operazione di martellata efficace di cui lasciare traccia in quanto tali interventi dovranno essere ripetuti nel tempo. Sarebbe infatti opportuno eseguire questi interventi sulla base di un progetto, come oggi richiesto dal nuovo regolamento forestale della Regione Marche.



**Figura 4.17:** Apertura della copertura a seguito dell'asportazione delle concorrenti per favorire la pianta candidata (fonte: Manuale tecnico SelPiBioLife).

Purtroppo, gli enti gestori delle foreste demaniali regionali (in genere le Unioni Montane) hanno ben poche risorse ordinarie per una gestione efficace e continuativa e quindi gli interventi colturali sono spesso garantiti con finanziamenti del PSR e che hanno carattere molto più discontinuo. Il risultato è quello osservato anche nei popolamenti delle Cesane, dove l'inadeguatezza delle cure colturali ha determinato la struttura attuale caratterizzata da una certa instabilità complessiva nel soprassuolo, un disequilibrio fra piano dominante e dominato, con la componente di latifoglie nettamente svantaggiata. Il soprassuolo analizzato che ha un'età di circa 60 anni si sta avvicinando al turno minimo previsto dal regolamento regionale (PMPF) per il taglio di rinnovazione (70 anni) che può prevedere anche tagli raso a buche di estensione massima di 5000 m<sup>2</sup>.

Peraltro, il piano di gestione delle foreste demaniali regionali gestite dalle Unioni Montane dell'Alto Metauro e del Catria-Nerone (Dream et al. 2020) evidenzia che la compresa delle fustaie di conifere e miste latifoglie copre circa il 25% del territorio pianificato. È composta prevalentemente da soprassuoli nella fase di giovani fustaie composte da specie preparatorie (pino nero) o alloctone, per lo più comprese nella classe di età 40-50 anni, di discreto sviluppo e densità (H media 15-20 m) con provvigioni che superano i 250 m<sup>3</sup>/ha. Proprietà demaniale e assetto dendrometrico-strutturale non incentivano una prevalente funzione produttiva di tali cenosi e quindi gli obiettivi colturali previsti sono finalizzati alla graduale rinaturalizzazione dei popolamenti, sfruttando dove possibile la rinnovazione naturale presente delle specie autoctone e più adatte alla stazione.

Anche l'art. 7 del TUFF "Testo Unico in materia di Foreste e Filiera forestali" del 2018 sancisce che *"le Regioni favoriscono la rinaturalizzazione degli imboschimenti artificiali e la tutela delle specie autoctone rare e sporadiche, nonché il rilascio di piante ad invecchiamento indefinito e di necromassa in piedi o al suolo, senza compromettere la stabilità delle formazioni forestali e in particolare la loro resistenza agli incendi boschivi"*.

Come riporta Mercurio (2018), gli obiettivi della rinaturalizzazione sono:

- indirizzare i popolamenti verso una maggiore complessità compositiva e strutturale;
- favorire il ripristino dei processi naturali, cioè dei meccanismi di autoregolazione, di auto-perpetuazione;
- accrescere la resistenza e la resilienza del sistema forestale agli stress ambientali;
- aumentare la fertilità del suolo;
- recuperare assortimenti legnosi e biomasse.

Un altro vantaggio che potrebbe derivare dalla rinaturalizzazione e che in questo caso risulterebbe essere di grande importanza, vista la suscettibilità del bosco delle Cesane ad incendi e schianti, è la maggiore funzionalità ecologica del bosco di latifoglie (o misto conifere-latifoglie), che consentirebbe al futuro popolamento di rigenerarsi in maniera più efficace dopo l'incendio, inoltre si avrebbe un miglioramento del suolo, e più micro-habitat per la fauna (Mercurio 2018). Il recente e ampio incendio del 2017 (circa 160 ha) ha infatti colpito ampie superfici di pineta con abbruciamento completo della massa legnosa epigea, ma la rinnovazione agamica delle latifoglie è stata piuttosto evidente (*Figura 4.18*).

I primi diradamenti nei rimboschimenti protettivi hanno la finalità di migliorare la stabilità strutturale; nel processo di rinaturalizzazione rappresentano quindi una fase iniziale. Con i primi tagli intercalari non si deve ipotizzare un ingresso spontaneo massiccio di semenzali di specie autoctone, perché la struttura del soprassuolo e del suolo non è ancora pronta al fenomeno della rinnovazione (Cantiani e Piovosi 2008). Il senso dei primi tagli intercalari è quello di aumentare l'efficienza funzionale del popolamento, mediante la progressiva scopertura della volta arborea, predisponendolo alla futura evoluzione (Ciancio 1986, Mercurio 2003, Bianchi et al. 2005).



**Figura 4.18:** soprassuolo di pineta di pino nero alle Cesane tre anni dopo l'incendio di chioma. L'unica componente arborea viva presente sono le ceppaie (prevalenza ornello) rigenerate agamicamente dopo il passaggio del fuoco.

I diradamenti non sono, quindi, di per sé interventi di rinaturalizzazione, ma sono interventi progressivi che la favoriscono e che potrà ritenersi conclusa (anche dopo decenni) con il taglio di smantellamento dei residui della pineta che si applica una volta che si sia affermata

definitivamente la rinnovazione di latifoglie autoctone (Picchio et al. 2018). È chiaro, peraltro, che la presenza del pino alle Cesane è ormai un elemento caratterizzante del paesaggio e quindi non facilmente smantellabile in toto. Le situazioni cambiano nei vari settori della Foresta delle Cesane in relazione alle caratteristiche dei soprassuoli (composizione, età, struttura, fertilità), alla gestione e disturbi pregressi e quindi caso per caso si dovranno indicare gli interventi più consoni ad assecondare l'evoluzione delle cenosi, integrandoli con le funzioni prevalenti svolte dalle stesse.

Anche il piano di gestione considera non opportuna l'eliminazione repentina delle conifere in antitesi con obiettivi di carattere ecologico, paesaggistico e turistico-ricreativo poiché si creerebbero vaste aree con ridotta copertura forestale. Da non sottovalutare anche la produzione tartuficola legata anche ad alcune specie di conifere come il pino nero. Come nel caso dell'area del martelloscopio, non si sono ancora innescati, a causa dell'eccessiva copertura, processi successionali con rinnovazione di latifoglie autoctone (Dream et al. 2020). La disomogenea e non sempre adeguata (numericamente e qualitativamente) presenza di rinnovazione naturale, richiede quindi interventi di diradamento selettivo, finalizzato al miglioramento boschivo, a macchiatico negativo, per favorire la creazione delle condizioni minime di illuminazione per l'insediamento della rinnovazione. Gli interventi, stabiliti caso per caso, saranno di tipo misto asportando le piante dominate, deperienti, danneggiate e malformate, intervenendo nei gruppi più densi e sani aprendo dei piccoli gap (es. buche ellittiche con asse maggiore di 5-8 metri) volte a favorire l'insediamento di novellame delle specie consociate, riservando e favorendo nella mescolanza le latifoglie presenti anche se appartenenti al piano dominato. Nell'area del martelloscopio la presenza di altre specie oltre all'orniello è minimale e le poche isole di rinnovazione sono occupate dallo scotano (*Cotinus coggyria*) (Fig.4.19) che non è propriamente una specie arborea candidata al piano dominante, come peraltro non lo è l'orniello che infatti evidenzia notevoli problemi di ordine strutturale (scarsa stabilità, fusti piegati).



**Figura 4.19:** A sinistra: piccolo gap nella pineta di pino nero con folta rinnovazione di scotano (*Cotinus coggyria*); a destra: individui di orniello molto filati ma che non riescono a conquistare il piano dominate.

Il piano prevede un'asportazione media fra il 30 e il 40% della massa legnosa fino al 50% in presenza di abbondante rinnovazione e misure aggiuntive di prevenzione AIB in prossimità di strade pubbliche, ma anche di strade e piste forestali e delle aree urbanizzate o con infrastrutture. Qui dovrà essere messo in atto il contenimento diretto della biomassa bruciabile modificando la distribuzione spaziale, interrompendo la continuità fra chiome degli arbusti e arborei, per evitare la trasformazione da radente a incendio di chioma.

## 5. Conclusioni

Con questo lavoro è iniziata la realizzazione di un martelloscopio nelle Marche. I martelloscopi sono fondamentali per la formazione tecnica degli studenti e dei neolaureati in Scienze Forestali. Peraltro, come delle palestre, questi possono essere frequentati anche da tecnici esperti e selvicoltori, la cui esperienza può essere fondamentale per confrontare differenti approcci e criteri negli interventi selettivi. Grazie alla collaborazione con l'Unione Montana Alta Valle del Metauro è stata individuata e perimetrata, all'interno del comprensorio delle Cesane, un'area forestale della superficie di un ettaro, come previsto dalle linee guida europee. È iniziato il censimento di tutti gli individui arborei presenti (soglia diametrica minima 7,5 cm) ed il relativo rilevamento dei parametri dendroauxometrici. Ad oggi sono stati censiti 533 alberi in circa metà della superficie perimetrata. I dati raccolti in campo evidenziano una pineta artificiale biplana di circa 60 anni con Pino nero nel piano dominante e Orniello in quello dominato. Quest'ultimo rappresenta numericamente il 30% del soprassuolo, ma solo il 6-7% in area basimetrica e volume. C'è una notevole distonia anche nella stabilità: il 67% delle piante di Pino nero risulta stabile ( $H/D \leq 0,7$ ), mentre solo il 12% per l'Orniello. Ciò deriva dalla inadeguatezza o assenza di interventi intercalari, con i quali si sarebbero dovute creare migliori condizioni di accrescimento anche per gli individui del piano dominato. La massa legnosa presente (oltre 300 m<sup>3</sup>/ha di cui 94% di pieno nero) è cospicua con un incremento medio in linea con la media nazionale (circa 5 m<sup>3</sup>/ha/anno), ma l'attuale piano di gestione, anche in base alle prevalenti funzioni dei boschi di questa proprietà demaniale, non prevede interventi di smantellamento delle conifere che via via giungono a fine turno, bensì interventi progressivi di rinaturalizzazione. Tali obiettivi dovranno ovviamente essere considerati nella simulazione degli interventi nel martelloscopio, dove peraltro sarà possibile prevedere, a scopo dimostrativo, anche opzioni colturali differenti. Questo sarà proprio il valore aggiunto del martelloscopio dove, con dati alla mano, studenti ed esperti si potranno confrontare nell'ambito di una selvicoltura adattativa, flessibile finalizzata a cercare soluzioni che aumentino la multifunzionalità e/o la resilienza di queste cenosi antropogene e relativamente sensibili all'azione dei disturbi naturali e indotti. A breve saranno completate le operazioni di censimento e rilevamento degli individui arborei presenti, nonché l'abbattimento di alcuni alberi modello per la determinazione precisa del volume legnoso. L'Unione Montana si è impegnata a creare la cartellonistica con tutte le informazioni riguardanti il bosco, con l'auspicio di iniziare le attività già nel prossimo autunno.

## 6. Bibliografia e sitografia

- Accademia Italiana di Scienze Forestali. (2009) *ATTI del Terzo Congresso Nazionale di Selvicoltura per il miglioramento e la conservazione dei boschi italiani*. Firenze: Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, Ministero delle Politiche Agricole Alimentari e Forestali, Regione Siciliana - Azienda Regionale Foreste Demaniali, volume Terzo
- ARSIA - Agenzia Regionale per lo Sviluppo e l'Innovazione nel Settore Agricolo-forestale (2009). *Rapporto sullo stato delle foreste in Toscana*.
- Barreca L., Marziliano P., Menguzzato G., Pelle L., Ruello G., Scuderi A. (2008). *Gestione dei sistemi forestali. Sviluppo rurale integrato e sostenibile nelle aree marginali in Calabria. Il caso della Comunità Montana Versante Tirrenico Meridionale*. Capitolo 12. Editrice KALiT, pp. 311-340
- Bartolucci A., Giacchini P., Renzaglia F., Urbinati C. (2007). *Selvicoltura naturalistica per la conservazione ed il miglioramento di habitat forestali di rapaci diurni nel SIC Alpe della Luna-Bocca Trabaria (PU)*. Fitosociologia vol. 44 (2) suppl. 1:327-332
- Bastrup-Birk A. (2016). *La gestione sostenibile è essenziale per avere foreste sane in Europa*. Newsletter AEA
- Bianchetto E., Barbato D., Bettini G., Cantiani P., De Meo I., Di Salvatore U., D'Errico G., Gardin L., Gargani B., Landi S., Mazza G., Mocali S., Perini C., Roversi P.F., Salerno E., Simoncini S., Torrini G. (2019). *Gestione forestale e benefici ambientali. L'esperienza SelPiBioLife per le pinete artificiali di pino nero*. Report tecnico SelPiBioLife. Compagnia delle foreste, Arezzo
- Bianchi L., Maltoni A., Mariotti B., Paci M. (2005). *Il pino nero e il pino laricio, in La selvicoltura delle pinete della Toscana*. ARSIA, Firenze, pp. 25-62, 173.
- 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.
- Brenta P., Cielo P., Gaiani G., Marchi E., Mori P., Pesce F., Motta Fre V., Romano R. (2014). *La formazione professionale per gli operatori del settore forestale*. Indirizzi per la programmazione 2014-2020
- Brutti E. (2017). *Incendi forestali nelle Marche: effetti sul territorio fra cambiamenti climatici e organizzativi*. Tesi di Laurea in Scienze Forestali e Ambientali. Università politecnica delle Marche. pp 36-49
- Cantiani P., Iorio G., Pelleri F. (2005). *Effetti di diradamenti in soprassuoli di pino nero*. Forest@
- Cantiani P., Bettini G., Butti F., Chiellini C., De Meo I., D'errico G., Fabiani A., Gardin L., Graziani A., Landi S., Marchi M., Mazza G., Mocali S., Montini P., Plutino M., Roversi P. F., Salerno E., Samaden S., Canencia I. S., Torrini G. (2016). *Il diradamento selettivo. Accrescere stabilità e biodiversità in boschi artificiali di pino nero*. Manuale tecnico SelPiBioLife. Compagnia delle Foreste, Arezzo
- Cantiani P., Di Salvatore U., Romano R. (2018). *La selvicoltura delle pinete artificiali di pino nero: analisi delle legislazioni regionali italiane*. Forest@. Volume 15 pp. 99-111
- Cantiani P., Piovosi M. (2008). *La gestione dei rimboschimenti di pino nero appenninici. I diradamenti nella strategia della rinaturalizzazione*. Ann. CRA - Centro Ric. Selv. - Vol. 35, 2007-2008: 35 – 42
- Cantiani P., Plutino M. (2008). *Le pinete di impianto di Pino nero appenniniche. Indagini sperimentali sul trattamento selvicolturale*. Atti del terzo Congresso Nazionale di Selvicoltura, Taormina, pp: 1-4

- Cesaro L., Romano R., Pompei E., Piloni S., Mori P., Torreggiani L. (2019). *Rapporto sullo stato delle foreste e del settore forestale in Italia (Raf)*. Compagnia delle Foreste, Arezzo
- Ciancio O. (1986). *Diradamenti: criteri generali, problemi e tecniche*. Monti e Boschi, 6: 19-22.
- Corona P., Cibella R., Pizzurro G., La Mela Veca D.S. (2009). *Tavole di cubatura di popolamento per i soprassuoli forestali della Sicilia*. L'Italia Forestale e Montana, 64 (4): 249-261.
- Cullotta S. (1993). *Diradamenti e rinaturalizzazione delle pinete artificiali mediterranee. Un caso studio nei monti di Palermo*. Regione Siciliana, pp: 13-14
- Cullotta S. e Maetzke F. (2008). *La pianificazione forestale ai diversi livelli in Italia*. L'Italia forestale e montana pp. 29-47
- Dalle Nogare F., Marchi E., Baldini S., Mazzocchi F., Parigiani I. (2019). *Formazione professionale ed infortuni nelle utilizzazioni forestali*. L'Italia Forestale e Montana 74 (4) pp 227-238
- DREAM, Studio RDM, Studio SILVA, Studio Verde (2020) Piano di Gestione Forestale dei Patrimoni boschivi detenuti a vario titolo dalle Unioni Montane "Alta Valle del Metauro" e "Catria e Nerone" 2020-2029
- Emmingham W. E., Elwood N. E. (1983). *Thinning: an important timber management tool*. Oregon State University
- FAO. (2005). *La situazione forestale in Italia*. Rapporto sulle Risorse Forestali Mondiali. Francia
- Ferranti F. (2013). *La gestione forestale sostenibile*. Intersezioni, 39
- Greenpeace (2014). *Un confronto fra FSC® e altri schemi di certificazione forestale*. Comunicato di Greenpeace International.
- Jego P., Horvath A., Maire L., Cordal J., Garrido R., Petit S., Pesce G., Vanamo A. (2014). *Hammer project. Applicazione tecnica e didattica per l'istruzione e la formazione forestale*.
- Kerr G., Haufe J. (2011). *Thinning practice. A silvicultural guide*. Forestry commission
- Kraus, D., Bütler, R., Krumm, F., Lachat, T., Larrieu, L., Mergner, U., Paillet, Y., Rydkvist, T., Schuck, A., and Winter, S. (2016b). *Catalogue of tree microhabitats – Reference field list*. Integrate+ Technical Paper 13. 16 p.
- Kraus et al. (2018). *Seeing is building better understanding - Martelloscopes*, Integrate+. Integrate+ Technical Paper 26:3
- La Marca O. (2004). *Elementi di dendrometria*. Pàtron editore, Bologna pp. 283- 310
- La Marca O., Chiatante D., Mercurio R., Picchio R., Lo Monaco A., Venanzi R., Latterini F., Buzzelli T., Moretti N., Cantiani P., Di Salvatore U. (2018). *Rinaturalizzazione dei rimboschimenti di pino nero: aspetti storici e gestione odierna*. I georgofili, quaderni 2018-II. Edizioni polistampa, pp: 13-23, 30-32
- Larrieu, L., Paillet, Y., Winter, S., Bütler, R., Kraus, D., Krumm, F., Lachat, T., Michel, A., Regnery, B., Vandekerckhove, K. 2018. *Tree related microhabitats in temperate and Mediterranean European forests: A hierarchical typology for inventory standardization*. Ecological Indicators 84: 194–207
- Lazzerini G. (2016). *Un martelloscopio per pinete di Pinus nigra*. Tesi di Laurea in Scienze Forestali e Ambientali. Università degli studi di Firenze. pp 5-30
- Maistrelli F. (2014). *I "martelloscopi" in Alto Adige: 10 anni d'esperienza pratica ed evoluzione futura*. Proceedings of the Second International Congress of Silviculture, Firenze, 26-29 novembre 2014
- Mattioli W., Alivernini A., Di Paolo S., Portoghesi L., Giuliarelli D. (2009). *Field-Map: uno strumento innovativo al servizio della selvicoltura*. 13<sup>a</sup> Conferenza Nazionale ASITA, Bari

- Mercurio R. (2003). *La rinaturalizzazione dei rimboschimenti: tra aspettative e realtà scientifica*. In: Atti del III Congresso SISEF Meridiani Foreste, Potenza: 19 – 25.
- Mercurio R. (2018). *Selvicoltura e restauro delle faggete*. Youcanprint Self-Publishing, Lecce. Capitoli 4, 6
- Mercurio R. (2019). Abete bianco. *Selvicoltura e restauro delle abetine*. Youcanprint Self-Publishing, Lecce. Capitolo 4 pp. 75-97
- Möller, G. 2005. Habitatstrukturen holz-bewohnender Insekten und Pilze. In Biodiversität im Wald, LÖBF-Mitteilungen 03: S. 30-35
- Mongini A. (2005). *Gestione Forestale Sostenibile dei rimboschimenti di conifere nella Foresta Demaniale Regionale “Monti delle Cesane” (PU)*. Tesi di Laurea in Scienze Forestali e Ambientali. Università politecnica delle Marche. pp 37-57
- Paletto A., De Meo I., Cantiani P., Guerrini S., Lagomarsino A. (2018). *Social perception of forest management: the case of the peri-urban forest of Monte Morello (Florence, Italy)*. Forest@. Volume 15 pp. 29-39
- Piussi P., Alberti G. (2015). *Selvicoltura generale. Boschi, società e tecniche colturali*. Compagnia delle foreste, Arezzo pp. 236- 305
- Pommerening A., Pallares Ramos C., Kędziora W., Haufe J, Stoyan D. (2018). *Rating experiments in forestry: How much agreement is there in tree marking?* Plos one
- Romano et al. (2014). *Il bosco e le sue filiere, un patrimonio comune*. Giornata internazionale del bosco
- Santopuoi G., Antonucci S., Spina P., Marchetti M., Garfi V. (2018). *Field-Map: riscontri pratici sull'utilizzo in campagne di rilievo. L'esperienza dell'Università del Molise nell'ambito di progetti di ricerca e progetti LIFE*. Sherwood n° 237 pp. 11-14
- Schuck A., Krumm F., Kraus D. (2015). *Integrate+ Marteloscopes – Description of parameters and assessment procedures*. Integrate Paper No. 18. 16 p.
- Serino G., Blasi G., Corrado G., De Laurentis D., Petrucci B., Santoro L., Pavone N., Campanile D., Vignozzi G., Dissegna M., Cesaro L., Cilli S., Costantini G., Romano R., Ventura F. (2008). *Programma quadro per il settore forestale*. Ministero delle politiche agricole alimentari e forestali. Ministero dell'ambiente della tutela del territorio e del Mare. Rappresentanti delle Regioni e Province autonome. Istituto nazionale di economia agraria – Osservatorio Foreste. Istituto di servizi per il mercato agricolo alimentare
- Tews J., Brose U., Grimm V., Tielbörger K., Wichmann M.C., Schwager M., Jeltsch F. 2004. Animal species diversity driven by habitat heterogeneity/diversity: the importance of keystone structures. *J. Biogeogr.* 31, 79–92
- Tomppo E., Gschwantner T., Lawrence M., McRoberts R. E. (2010). *National Forest Inventories: Pathways of Common Reporting*. Springer Heidelberg Dordrecht London New York pp.152
- Torreggiani L., Bruschini S., Mori P. (2012). *Tre martelloscopi per le specie sporadiche*. Sherwood n° 186 pp. 5-8
- Unione Montana Alta Valle del Metauro, Unione Montana del Catria e Nerone. (2020). *Piani di Gestione Forestale dei patrimoni boschivi detenuti a vario titolo dalle Unioni Montane “Alta Valle del Metauro” e “Catria e Nerone”*, pp. 50-53
- Zambarda A., Černý M., Vopěnka P. (2010) *Field-Map: una nuova tecnologia per la raccolta e l'elaborazione dati*. Sherwood n° 167 pp. 33-38
- Agronotizie. *Foreste, uno sguardo a quelle italiane*  
<https://agronotizie.imagelinenetwork.com/agricoltura-economia-politica/2019/07/25/foreste-uno-sguardo-a-quelle-italiane/63887>

- Amministrazione Provincia Bolzano. *La certificazione forestale sostenibile*  
<https://www.sofidel.com/it/soft-and-green/sostenibilita-alcune-tappe-importanti>
- Bovio G., Camia A., Marchisio R. (1995). *I boschi del Savonese*. Provincia di Savona. Cap IV  
<http://www.cairomontenotte.com/biblioteca/vari/bcm/boschi04.html>
- Corriere della Sera. L'Italia e il record di crescita delle foreste: un milione di ettari in 30 anni.  
[https://www.corriere.it/buone-notizie/20\\_febbraio\\_29/italia-record-crescita-foreste-milione-ettari-30-anni-192781de-5aeb-11ea-8b1a-b76251361796.shtml?refresh\\_ce-cp](https://www.corriere.it/buone-notizie/20_febbraio_29/italia-record-crescita-foreste-milione-ettari-30-anni-192781de-5aeb-11ea-8b1a-b76251361796.shtml?refresh_ce-cp)
- Fossombrone. <http://www.comune.fossombrone.ps.it/vivere-fossombrone/ambiente-e-territorio/>
- FSC. <https://it.fsc.org/it-it>
- Imperia post. (2014). *La scuola forestale di Ormea fa da apripista in Europa per nuove tecnologie forestali*. <https://www.imperiapost.it/73758/imperia-la-scuola-forestale-di-ormea-fa-da-apripista-in-europa-per-nuove-tecnologie-forestali>
- Isola del Piano. <http://www.comune.isola-del-piano.ps.it/c041021/zf/index.php/servizi-aggiuntivi/index/index/idtesto/90>
- Lifegate. (2020). Le foreste della Terra cambiano a due velocità. Il quadro globale tra deforestazione e boschi in crescita. <https://www.lifegate.it/qualcosa-e-cambiato-le-due-velocita-delle-foreste-della-terra>
- PEFC. <https://www.sofidel.com/it/soft-and-green/sostenibilita-alcune-tappe-importanti>
- PProSpoT. (2013). *Una "palestra" per tecnici forestali e ditte boschive*  
<https://www.pprospot.it/notizie/68-una-palestra-per-tecnici-forestali-e-ditte-boschive.html>
- Regione Piemonte. *Modalità di assegno al taglio e Registro regionale dei martelli forestali*.  
<https://www.regione.piemonte.it/web/temi/ambiente-territorio/foreste/gestione-bosco-taglio/modalita-assegno-al-taglio-registro-regionale-dei-martelli-forestali>
- SAM – Sostenibilità Ambientale e socioeconomica delle utilizzazioni forestali nei cedui dei Marganai. *Perché si fa selvicoltura? Cos'è il bosco ceduo? Cosa significa sostenibilità?*  
<https://www.progettomarganai.it/it/selvicoltura/153-cos-e-la-pianificazione-forestale>
- Selectfor. *The Marteloscope: A Training Aid for Continuous Cover Forest Management*.  
[http://www.selectfor.com/courses/courses\\_ccfg.html](http://www.selectfor.com/courses/courses_ccfg.html)
- SelPiBioLife. *Final report*. <https://www.selpibio.eu>
- Sisef. *Selvicoltura, questa sconosciuta* (2020) <https://sisef.org/2020/04/15/selvicoltura-questa-sconosciuta/>
- Sofidel. *Sostenibilità: alcune tappe importanti* <https://www.sofidel.com/it/soft-and-green/sostenibilita-alcune-tappe-importanti>
- Vandekerkhove K., Kraus D. (2017). *The Groenendaal Marteloscope*. Integrate+ field guide  
[www.hammer-project.eu](http://www.hammer-project.eu)