

Numero Speciale: Progetto ALForLab (PON03PE_00024_1 - PON R&C- PAC 2007-2013)

“Laboratorio Pubblico-privato per l’applicazione di tecnologie innovative ad elevata sostenibilità ambientale nella filiera foresta-legno-energia”

Guest Editors: Alessandro Paletto (CREA, Trento), Giorgio Matteucci & Mauro Maesano (CNR-ISAFO)

Gestione sostenibile dei boschi e stima delle biomasse potenzialmente utilizzabili in Calabria: applicazione ad un’area di studio

Francesco Iovino* ⁽¹⁾, Francesco Cruscomagno ⁽¹⁾, Antonino Nicolaci ⁽¹⁾, Andrea Cutini ⁽²⁾,
Giuliano Menguzzato ⁽³⁾

(1) Dipartimento di Ingegneria Informatica, Modellistica, Elettronica e Sistemistica - Laboratorio di Cartografia Ambientale e Modellistica Idrogeologica, Università della Calabria, Rende (CS - Italy); (2) Consiglio per la ricerca in agricoltura e l’analisi dell’economia agraria (CREA), Centro di ricerca Foreste e Legno, Arezzo (Italy); (3) Dipartimento di Agraria, Università Mediterranea di Reggio Calabria, Reggio Calabria (Italy) - *Corresponding Author: Francesco Iovino (francesco.iovino@unical.it).

Abstract: Sustainable forest management and forest biomass estimates in Calabria (Southern Italy): a case study. Based on LiDAR (Light Detection And Ranging) data, estimates of volume and biomass potentially available from coppice and high forest stands under different silvicultural options were estimated in a case study located in the Pollino National Park (Calabria - Southern Italy) within the framework of the ALForLAB project. Estimates of volume and biomass potentially available were elaborated separately for the main silvicultural types: beech, Calabrian pine and Mediterranean pines high forest stands on one hand, and for traditional coppices, outgrown coppice and coppice in conversion to high forest on the other. The estimates were performed taking into duly account both of the forest regional law and the restrictions due to the protected area (Natural Park). The overall standing volume ranged from 4.8 up to 7.7 M m³, while the volume potentially available ranged from 3.7 up to 6 M m³. Estimates of mass potentially available under the the adoption of different silvicultural system and options, in a sustainable forest management context, and according to the main stand structure types were analysed and discussed.

Keywords: Stand Structure, Sustainable Forest Management, Silvicultural Systems, Lidar, Forest Biomass, ALForLAB

Received: Aug 11, 2017; Accepted: Aug 28, 2017; Published online: Oct 30, 2017

Citation: Iovino F, Cruscomagno F, Nicolaci A, Cutini A, Menguzzato G, 2017. Gestione sostenibile dei boschi e stima delle biomasse potenzialmente utilizzabili in Calabria: applicazione ad un’area di studio. Forest@ 14: 314-333 [online 2017-10-30] - doi: [10.3832/efor2598-014](https://doi.org/10.3832/efor2598-014)

Introduzione

Negli ultimi decenni il bosco ha assunto un significato e un ruolo sostanzialmente diverso da quello del passato, costituendo un bene ambientale, economico e culturale di rilevante interesse sociale (Ciancio 2003). La multifunzionalità delle foreste, unitamente alle considerazioni sulle nuove dimensioni

scientifiche e culturali assunte dai boschi, trovano compiutezza nei principi della Gestione Forestale Sostenibile (MCPFE 1993). Questa si concretizza con la mediazione tra gli interessi produttivi, le necessità ambientali e le esigenze sociali legate al patrimonio, riuscendo contemporaneamente a garantire l’approvvigionamento di materie prime e di prodotti fo-

restali, lo sviluppo socio-economico delle popolazioni locali, la conservazione degli ecosistemi e il mantenimento del loro stato di salute, la loro fruibilità, valorizzazione ed efficienza.

A livello nazionale la gestione forestale sostenibile è individuata come principio ispiratore della programmazione e della pianificazione forestale per un uso equilibrato del territorio. La legislazione in materia evidenzia il primato della selvicoltura come attività diretta allo sviluppo socio-economico e, contemporaneamente, alla salvaguardia ambientale (il D. Lgs. n. 227/ 2001 "Orientamento e modernizzazione del settore forestale" ha assunto il ruolo di legge quadro). La gestione forestale, condotta secondo criteri di sostenibilità, non è in contrasto con un uso produttivo del bosco, come è ribadito in diversi documenti programmatici. Nel Programma Quadro per il Settore Forestale (MIPAAF 2008) viene sottolineato il ruolo delle foreste quale fattore di sviluppo ed elemento di tutela del territorio. Esso individua nella gestione attiva e sostenibile del patrimonio forestale lo strumento principale per valorizzare le potenzialità del bosco come "risorsa" economica, socio-culturale e ambientale di tutela del territorio e di sviluppo locale (Iovino 2013). Tali obiettivi sono espressamente richiamati nel Piano di settore per la Filiera Legno (2012-2014) e nei Piani Forestali Regionali che si propongono di implementare a livello locale la gestione forestale sostenibile in base ai "Criteri generali di intervento" indicati nel relativo decreto del Ministero dell'Ambiente.

Le risorse forestali della Calabria sono un importante patrimonio, la cui valorizzazione, sia in termini di prodotti che di servizi, richiede approcci gestionali innovativi e l'impiego di moderni strumenti tecnologici, come il sistema LiDAR (*Light Detection And Ranging*). Il sistema è una tecnica di telerilevamento ottico per l'esecuzione di rilievi topografici ad alta risoluzione, basata sull'impiego di sensori laser. Più recentemente si sta dimostrando anche un valido strumento utilizzabile in molti campi tra cui quello forestale. In particolare, ha trovato largo uso anche per analisi e valutazioni della copertura arborea e della struttura verticale e orizzontale dei popolamenti forestali, e per la stima della biomassa. Il LiDAR da aeromobile (*Airborne Laser Scanner, ALS*), permette di ricostruire con alta precisione il profilo tridimensionale del terreno. Il dato grezzo iniziale di una campagna di acquisizione LiDAR è costituito da una nuvola di punti (*raw data*) rappresentanti le coordinate tridimensionali di tutti i ritorni registrati per ogni singolo impulso laser lanciato dal sensore (Liu

2008, Edson & Wing 2015).

In particolar modo è possibile ricavare in prima istanza quello che si definisce DSM (*Digital Surface Model*) cioè il Modello Digitale della Superficie, che comprende il suolo, le superfici arboree, gli elementi antropici e tutto ciò che viene colpito dal raggio laser.

Le elaborazioni successive di tale modello, permettono poi l'estrazione dei soli punti che appartengono al suolo ottenendo così il DTM (*Digital Terrain Model*) cioè un Modello Digitale del Terreno, che comprende solo le informazioni relative al suolo senza gli oggetti che lo ricoprono.

Ai fini forestali risulta di grande interesse il "Modello di Altezza degli Alberi" (*Canopy Height Model, CHM*) che rappresenta un indice vegetazionale ampiamente utilizzato per la stima dell'altezza dei popolamenti, per l'individuazione automatica delle superfici con vegetazione ed anche, nel caso si disponga di scansioni laser successive, per la verifica dei cambiamenti nell'uso e copertura del suolo boscato.

Tale modello è stato realizzato, secondo una prassi ormai consolidata, per sottrazione algebrica tra il Modello Digitale della Superficie (DSM) ed il Modello Digitale del Terreno (DTM), entrambi in formato raster (Hyypä et al. 2001).

Numerosi studi, anche recenti, sono orientati soprattutto a metodi e tecniche per valutare, tramite l'utilizzo dei dati LiDAR, alcune variabili quantitative, come volume legnoso e biomassa, a livello di singoli alberi o di formazioni forestali. Meno esplorati sono invece gli impieghi per la descrizione tematica della struttura dei popolamenti forestali, nei suoi aspetti di distribuzione verticale e orizzontale e di copertura delle chiome (Floris et al. 2009).

Partendo da questo quadro di riferimento e dalle finalità del Progetto ALForLAB, l'obiettivo del presente lavoro è di stimare, in una ampia e significativa realtà forestale della Calabria, mediante elaborazione di dati LiDAR, i volumi disponibili per le diverse tipologie di boschi e l'entità di quelli potenzialmente utilizzabili, applicando algoritmi culturali e modalità di intervento definiti in un'ottica di sostenibilità in un precedente contributo (Iovino et al. 2017).

Materiali e metodi

Area di studio

L'area di studio è una delle quattro aree rappresentative (Area test) della realtà forestale calabrese, individuate nell'ambito del progetto ALForLAB. Ciascuna Area test è il risultato di un accorpamento di su-

perfici di comuni montani limitrofi ricadenti in uno o più territori delle ex Comunità Montane. L'area in questione interessa i versanti meridionali del Pollino e comprende i comuni di Lungro, Orsomarso, Mormanno, Morano Calabro e Saracena in provincia di Cosenza. La superficie territoriale ricopre 43.035 ha (coefficiente di boscosità del 55%) e di questa il 61% (26.151 ha) ricade nel Parco Nazionale del Pollino, con circa il 60% in Zona B, il 21%, in Zona A, il 16% e il 3% rispettivamente in Zona C e D. I siti Natura 2000 presenti nell'area sono in tutto nove (Cima del Monte Pollino, Fagosa-Timpa dell'Orso, Fonte Cardillo, Pollinello-Dolcedorme, Rupi del Monte Pollino, Serra del Prete, Timpone della Capanna, Valle del Fiume Argentino e Valle del Fiume Lao) e occupano una superficie di circa 4985 ettari pari all'11.5% di quella territoriale. Nell'Area test ricade anche una ZPS (Pollino e Orsomarso) che interessa circa il 21% della superficie dell'area pari a 26.201 ha.

La piovosità media è di 1457 mm con valori più bassi a Firmo (850 mm) e più alti a Piano Campolongo (2161 mm ad 1430 metri di quota - Arpacal 2017) e parte delle precipitazioni assumono nel corso dell'anno carattere nevoso. La temperatura media annua è pari a 12-14 °C alle quote maggiori e 15-17 °C a quelle inferiori; le temperature medie massime e minime sono rispettivamente di 36 - 38 °C e di -4 - -2 °C (Arpacal 2000). L'area è ascrivibile ai bioclimi supramediterraneo ultraiperumido-iperumido, mesomediterraneo umido-subumido, di Rivas Martinez (Blasi et al. 2004).

Pedologicamente il territorio del Pollino si caratterizza per la presenza di suoli riconducibili a diverse associazioni e complessi in funzione delle condizioni geomorfologiche e alla quota. Nei settori montani, con versanti da moderatamente acclivi a molto acclivi, su substrati calcarei sono presenti suoli da sottili a profondi a tessitura media, da neutri a subalcalini, riconducibili alle Associazioni Typic Udorthents e Typic Dystrudepts e al complesso Lithic Hapludolls. Nei rilievi collinari, sui depositi olocenici e di sabbia e conglomerati, i suoli sono da molto sottili a profondi, con tessitura da media a fine e subalcalini, ascrivibili ai complessi: (a) Typic Hapludalfs e Typic Eutrudepts, Pachic Hapludols; (b) Lithic Hapludolls e Lithic Argiudolls (ARSSA 2003).

Definizione dei tipi strutturali

Sulla base di rilievi a terra e delle altezze ricavate dai dati LiDAR, per ciascuna delle tipologie selvicolturali riportate nella relativa carta, sono state distinte diversi tipi strutturali, per ciascuno dei quali è stata

determinata la superficie, compresa quella ricadente all'interno delle diverse Zone di Protezione del Parco Nazionale e interessate da Siti Natura 2000.

Le tipologie selvicolturali sono:

- fustaie e cedui di faggio;
- rimboschimenti di pino laricio e/o nero d'Austria;
- rimboschimenti di pini mediterranei;
- cedui di querce caducifoglie misti con latifoglie mesofile e mesoxerofile;
- cedui di leccio localmente misti a latifoglie mesofile e mesoxerofile;
- cedui di castagno;
- specie ripariali.

Per ciascuna di esse sono stati distinti i seguenti tipi strutturali:

Fustaie

- Faggete a struttura coetanea;
- Faggete a struttura bistratificata;
- Rimboschimenti: di pino nero/laricio;
- Rimboschimenti di pini mediterranei.

Cedui

- Cedui di faggio: a regime, in abbandono colturale, in avviamento, soprassuoli transitori;
- Cedui di querce caducifoglie con latifoglie mesofile e mesoxerofile: a regime, in abbandono colturale;
- Cedui di leccio localmente misti a latifoglie mesofile e mesoxerofile: a regime, in abbandono colturale;
- Cedui di castagno: cedui a regime;
- Specie ripariali: cedui a regime.

A ciascun tipo strutturale è stato applicato un algoritmo colturale con le relative modalità di intervento, facendo riferimento a quanto elaborato in un precedente lavoro (Iovino et al. 2017).

Applicazione della tecnologia LiDAR

L'applicazione è stata finalizzata alla individuazione di una procedura, da implementare in ambiente GIS, che consenta di delimitare le tipologie strutturali di un bosco, a partire dai dati LiDAR. Le analisi si sono basate sull'applicazione di metodi statistici già noti per l'elaborazione (in ambiente GIS) dei dati *ra-ster*, quali sono i dati LiDAR.

Pertanto, sono state definite procedure automatiche che, a partire dal modello digitale delle chiome (CHM), consentissero di individuare ampie aree omogenee all'interno delle quali poter considerare costante il valore di cubatura per ettaro. I volumi così ottenuti sono stati confrontati con i valori di cubatura calcolati utilizzando il CHM di partenza al quale non è stata apportata nessuna correzione.

Le analisi hanno interessato le tipologie selvicolturali precedentemente indicate.

Lidar e volumi

I dati LiDAR relativi all'area di studio sono quelli del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare (MATTM). Nell'ambito del Piano Straordinario di Telerilevamento (PST) promosso dallo stesso Ministero, la regione Calabria è stata coperta da un rilievo LiDAR per oltre il 90% della sua superficie. La produzione del DTM e del DSM è stata eseguita a cura del MATTM. La copertura dell'area di studio è di poco superiore al 91%.

Elaborazioni dei dati LiDAR

I dati, in formato raster (*file .asc*) e con sistema di riferimento geografico WGS84, si presentano in *tile* aventi ciascuno estensione di $0^{\circ}.01 \times 0^{\circ}.01$ (latitudine \times longitudine) e dimensione delle celle (*pixel*) pari ad 1 m.

Per il loro impiego sono stati proiettati nel sistema di riferimento cartografico WGS84-UTM 33N. La procedura di riproiezione è stata effettuata mediante l'apposito tool di cui dispone il *software* ArcGIS® della ESRI.

Per semplificare le elaborazioni successive, tutte le *tile* costituenti l'area di studio (504 in totale) sono state dapprima unite in un unico *raster*, mediante una procedura di mosaicatura (*Mosaic To New Raster*) e poi proiettate nel sistema di riferimento cartografico.

Com'è ormai prassi, operando la sottrazione tra DSM e DTM per la medesima porzione di superficie si ottiene il CHM, che rappresenta i valori di altezza relativa di tutti gli elementi presenti rispetto alla superficie terrestre, sia naturali che artificiali.

Come è noto l'operazione algebrica di sottrazione, in alcuni casi, conduce a valori negativi del CHM che sono palesemente errati in quanto il DSM dovrebbe essere in ogni singolo punto comunque sempre maggiore o uguale del corrispondente DTM (Borgogno Mondino et al. 2016). I valori negativi del CHM indicano che la superficie "reale" del terreno risulta a quota inferiore rispetto a quella rappresentata dal DTM interpolato. Questi errori possono attribuirsi ad imprecisioni in fase di generazione del DTM a seguito delle operazioni di filtraggio e di interpolazione dei dati grezzi del rilievo LiDAR.

Il CHM così determinato presenta anche altri elementi inidonei per un utilizzo dal punto di vista forestale. Difatti esso ingloba le altezze relative rispetto alla superficie terrestre, di tutti gli elementi sia natu-

rali che artificiali. I ponti autostradali, i cavi ed i tralicci degli elettrodotti, le pale eoliche, le antenne di telefonia mobile, ecc., costituiscono parte integrante del DSM che se non opportunamente filtrati e/o rimossi rientrano a far parte del CHM, costituendo il più delle volte degli *outlier*. Le procedure per la rimozione di questi outlier richiedono *software* e procedure specifiche che non sempre forniscono risultati attendibili.

Degli errori menzionati si è tenuto conto ponendo pari a zero il valore del CHM dove questo presentava valori negativi ed escludendo dai successivi calcoli per la determinazione del volume il valore delle celle del CHM che presentavano altezze superiori ai 40 m, generalmente poco presenti nelle tipologie fittonomiche e strutturale dei boschi ricadenti nell'area.

Queste correzioni, dettate più dal buon senso che da equazioni matematiche, ad una prima verifica speditiva, hanno dimostrato di essere plausibili e di non indurre approssimazioni eccessive sul risultato finale.

A conferma delle scelte operate in merito agli errori presenti sul CHM, un recente lavoro sulla individuazione e correzione degli outlier nei dati LiDAR (Floris et al. 2017) mostra come, su grandi scenari, le differenze di volume stimato utilizzando dati LiDAR senza correzione e dati a cui vengono apportate modifiche per la correzione degli outlier, siano dell'ordine di poche unità percentuali.

Determinazione volumi e operazioni sul CHM

Il calcolo dei volumi medi ad ettaro è stato effettuato applicando i modelli di stima proposti da Scrinzi et al. (2017). Si tratta di nove modelli distinti per altrettante tipologie forestali caratteristiche del territorio calabrese, che stimano il volume legnoso medio a ettaro sulla base del valore medio del CHM, calcolato impiegando una matrice di esplorazione di 25×25 m (*Hmean*). Le equazioni da applicare al CHM per determinare i volumi hanno riguardato le formazioni forestali riportate nella carta delle tipologie selvicolturali. Dal Modello Digitale delle Chiome è stato quindi possibile derivare, oltre ai volumi, molti altri strati informativi utili a descrivere le caratteristiche strutturali dei popolamenti forestali, e questo semplicemente utilizzando molteplici operazioni di *Map Algebra*. Queste operazioni in genere consentono di creare strati con informazioni a diversa scala spaziale utilizzando operatori:

- locali - che agiscono sulle singole celle;
- zonali - che operano su parti della mappa;

- globali - che intervengono sull'intera mappa.

In alternativa si possono applicare ancora più complessi operatori focali che lavorano sull'intorno di ogni singola cella.

Nell'analisi condotte sui CHM per fini forestali si distinguono due categorie di tecniche:

- *single tree*: basate sull'identificazione dei singoli alberi, o meglio apici arborei;
- *area based*: basate direttamente sull'analisi dei valori delle celle del CHM.

Le tecniche *area based* stimano quindi alcune grandezze dendrometriche medie su aree di determinate dimensioni, valutando le grandezze descritte dal CHM, o da suoi derivati statistici.

In questo lavoro sono stati impostati dei calcoli sulle superfici, basati su criteri di analisi spaziale, che hanno consentito di aggregare ed omogeneizzare i dati del CHM su superfici più ampie rispetto a quelle del dato di partenza.

Le operazioni di analisi spaziale sono state eseguite con tecniche e *software* GIS, ed in particolare sono stati applicati alcuni degli *Spatial Analyst Tools* del *software* ArcGis® della ESRI.

Nello specifico sono stati applicati operatori locali (*Aggregate* e *Reclass*) ed operatori focali (*Focal Statistics*). Le operazioni eseguite sui dati raster (CHM) sono state le seguenti:

- *Aggregate*;
- *Focal Statistics*;
- *Reclassify*.

La prima operazione (*Aggregate*) ha consentito di ridurre la risoluzione spaziale del *raster* conservando le informazioni di partenza. In questo caso nell'aggregazione delle celle si è passati da una risoluzione di 1×1 m ad una di 25×25 m, mantenendo all'interno della nuova cella il valore medio di quelle che sono state aggregate.

La seconda operazione (*Focal Statistics*) applicata al *raster* aggregato, ha consentito di calcolare per ogni posizione della cella di *input* una statistica dei valori all'interno di un *range* di celle (area attorno ad essa) ed assegnare alla cella di *input* il valore di questa statistica. Nel caso specifico è stato calcolato il valore medio delle celle presenti in un rettangolo costituito da una maglia 3×3 m, attorno alla cella in esame (*focal*). Questo ha consentito di omogeneizzare i dati delle celle aggregate al fine di individuare delle zone in cui mediamente si hanno le stesse caratteristiche del CHM.

La terza operazione (*Reclassify*) ha realizzato una riclassificazione dei valori delle celle così ottenute, in modo da uniformarle alla scala di valori utilizzata

nell'analisi di dettaglio (utilizzando il CHM con celle di 1×1 m) e consentire un confronto fra le due procedure di stima applicate. La scala di valori impiegata è stata fissata in relazione alle differenti tipologie strutturali dei popolamenti e alla diverse fasi evolutive degli stessi. Gli intervalli delle altezze, che caratterizzano ognuna delle aree omogenee classificate, sono stati diversificati, adottando un *range* più ampio per le altezze fino a 22 metri e meno ampio alle altezze maggiori.

Infine il *raster* è stato trasformato in poligoni (*shape*) per realizzare la carta dei volumi.

Risultati e discussione

La carta delle tipologie selvicolturali (Fig. 1), con le indicazioni delle diverse Zone di Protezione del Parco e con i limiti dei territori comunali, ha consentito di evidenziare un insieme di elementi preliminari per l'applicazione degli algoritmi e per la quantificazione dei volumi potenzialmente utilizzabili a seguito delle diverse modalità di intervento.

Complessivamente nell'Area test Pollino i boschi coprono una superficie di 21.545 ettari, con una prevalenza netta delle latifoglie (90%) sulle conifere (10%). Queste ultime sono rappresentate da rimboschimenti di pino laricio e/o pino nero d'Austria e in minor misura da pini mediterranei.

La forma di governo largamente prevalente è il ceduo che interessa l'84.6% dell'area, mentre la fustaia copre appena 3311 ettari. Il 19.8% dei boschi ricade nella zona A del Parco Nazionale del Pollino. La maggior parte di quest'area (92.4%) è caratterizzata da cedui, mentre la fustaia è interessata solamente per il 7.6% della relativa superficie complessiva.

Tipologie selvicolturali e tipi strutturali

Fustaie e cedui di faggio

Rappresentano le tipologie prevalentemente presenti nell'Area test e ne caratterizzano soprattutto i rilievi montani del settore meridionale e di quello settentrionale. Altimetricamente si sviluppano a partire da quota 800 e fino a 1950 m s.l.m. al confine con la Basilicata. In alcune zone, sia a nord che a sud dell'area, all'interno delle faggete sono presenti porzioni di rimboschimenti di pino nero e o laricio. Nel complesso interessano il 37% della superficie forestale dell'area (Fig. 2), della quale poco oltre la metà è nel solo territorio del Comune di Saracena. Ricadono per il 97% nel Parco Nazionale del Pollino sulla cui superficie forestale incide per il 38%. Della superficie ricadente all'interno del Parco il 22 % rientra in Zona

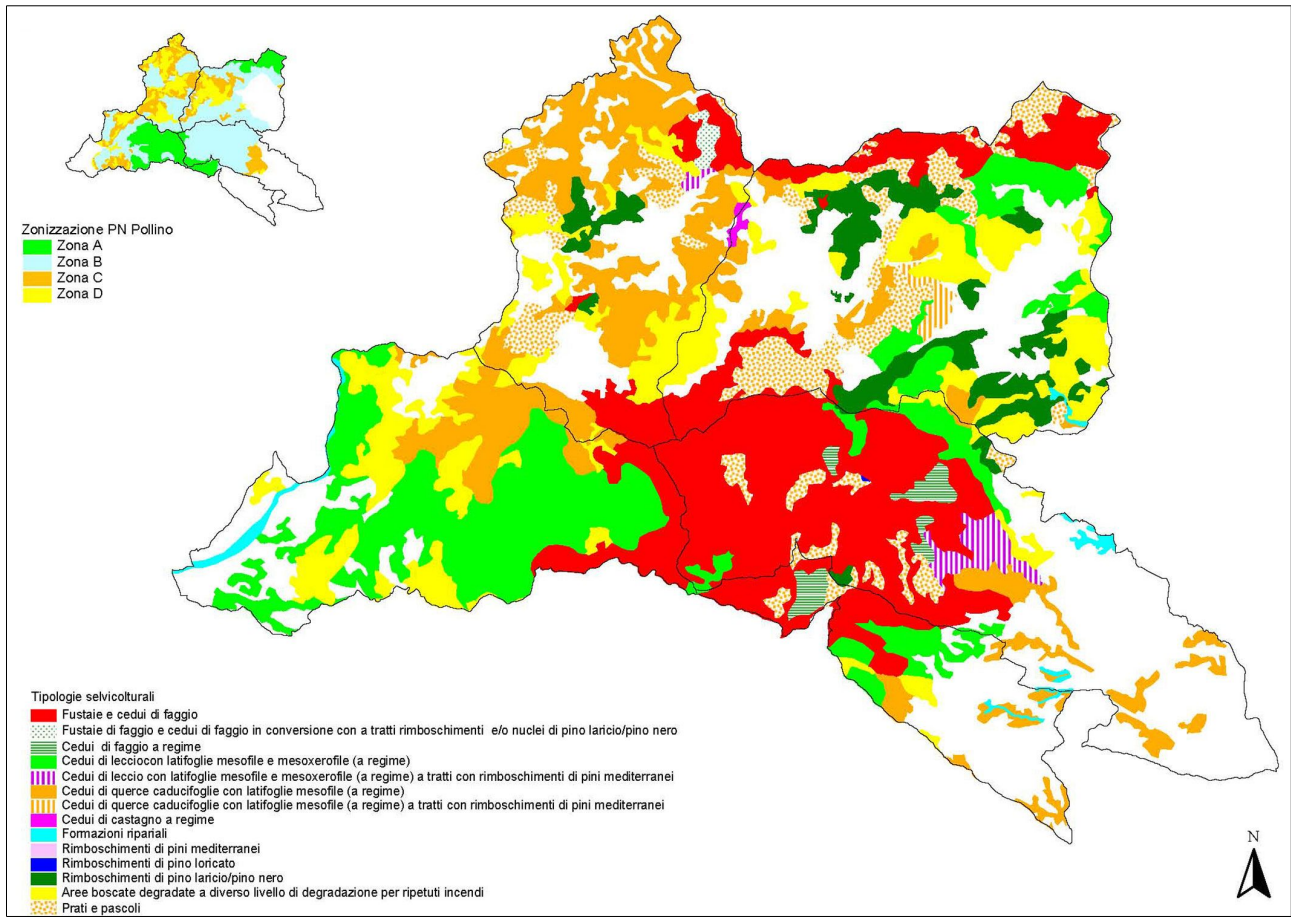


Fig. 1 - Carta delle tipologie selvicolturali con riferimenti alla Zonizzazione del territorio del Parco Nazionale del Pollino.

A (Fig. 2) e il 94% della superficie è interessata da Siti Natura 2000.

Le fustaie di faggio, presenti su aree più contenute rispetto ai cedui, complessivamente interessano il 15% della superficie della tipologia selvicolturale.

Ricadono soprattutto nel settore a sud-est dell'Area test ed in particolare nelle proprietà demaniali dei Comuni di Saracena e Lungro e dell'ex Azienda di Stato Foreste Demaniali, trasferite alla Regione Calabria. Prevalentemente sono soprassuoli coetanei, con

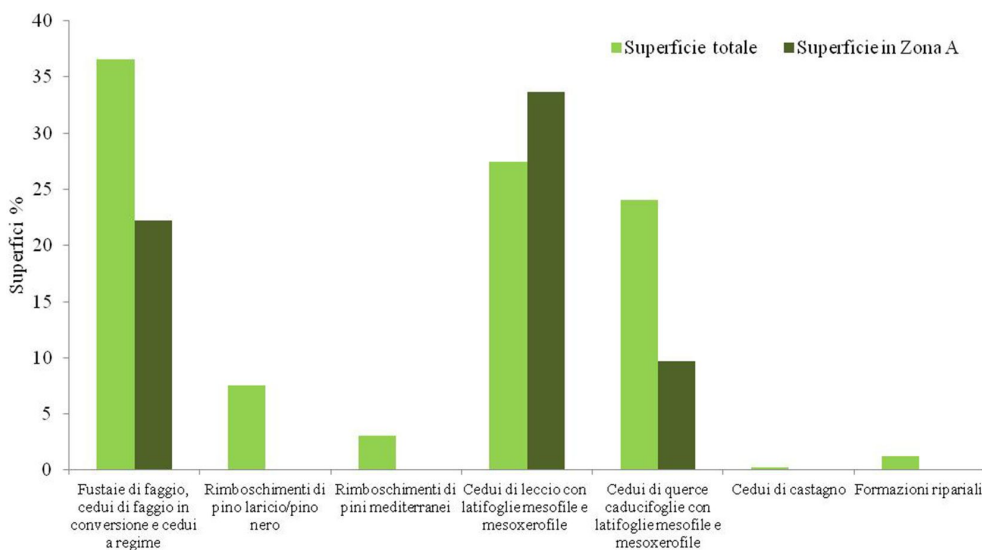


Fig. 2 - Superfici delle tipologie selvicolturali e dei tipi strutturali con relative percentuali ricadenti in Zona A del Parco Nazionale del Pollino.

un differente grado di densità che caratterizzano il 62% della superficie complessiva delle fustaie. Il restante 38% è riconducibile alla tipologia delle fustaie bistratificate. Il 28% circa della superficie delle faggete ricade nella zona A del Parco. Di queste, il 71% è costituito da fustaie coetanee e il 29% da fustaie bistratificate (Fig. 3a).

La forma di governo largamente prevalente è rappresentata dal ceduo che interessa circa l'85% dei soprassuoli di faggio. Nell'ambito dei cedui è stato possibile distinguere diversi tipi strutturali tra i quali quello più rappresentato è costituito dai soprassuoli transitori che caratterizzano il 37% della superficie (Fig. 3b). I cedui in abbandono culturale e in avviamento interessano superfici praticamente equivalenti, pari al 22-23% dell'area complessiva; i cedui a regime coprono appena il 19% della superficie complessiva. Complessivamente poco oltre il 21% di questi cedui rientrano nella zona A del Parco. Di questa superficie solo una modesta estensione rientra nei cedui a regime, mentre il peso di altri tipi strutturali tende gradualmente ad aumentare passando dai cedui in abbandono culturale a quelli in

avviamento e ai soprassuoli transitori (Fig. 3b).

Rimboschimenti di pino nero/pino laricio

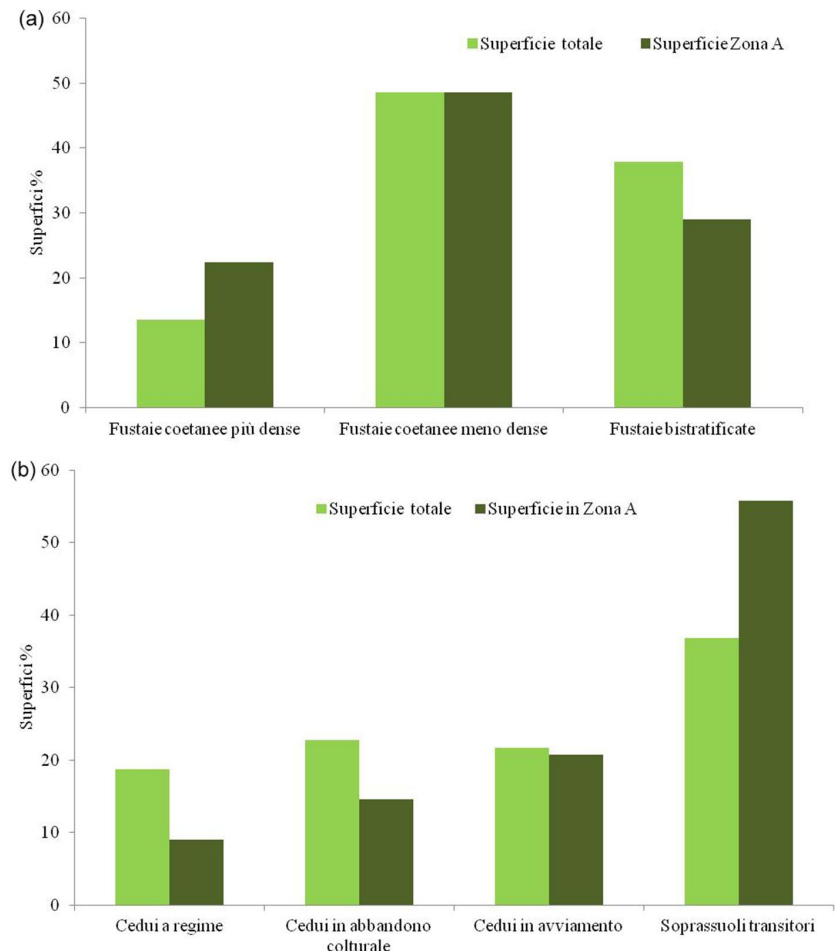
La tipologia incide solo per l'8% della superficie forestale, di cui il 7% ricade nel territorio del Parco con il 60% in Zona B e il 13% in Zona C, e nessuna parte in Zona A. Il 75% della superficie è interessata da Siti Natura 2000. I rimboschimenti ricadono prevalentemente nel settore settentrionale dell'area e in gran parte nei territori comunali di Mormanno e Morano Calabro.

Sono state discriminate tre differenti situazioni, la prima delle quali riguarda una esigua superficie (7% del totale) caratterizzata da popolamenti realizzati in condizioni pedologiche di estremo degrado. Le altre due situazioni occupano superfici quasi identiche (46 e 47% delle superficie) in condizioni migliori (Fig. S1, Materiale supplementare).

Rimboschimenti di pini mediterranei

Complessivamente incidono solo per il 3% della superficie forestale e sono distribuiti in tre diverse aree: la prima nel territorio comunale di Saracena, la

Fig. 3 - Superfici delle tipologie strutturali delle fustaie (a) e dei cedui (b) di faggio e relative percentuali ricadenti nella Zona A del Parco Nazionale del Pollino (Cosenza).



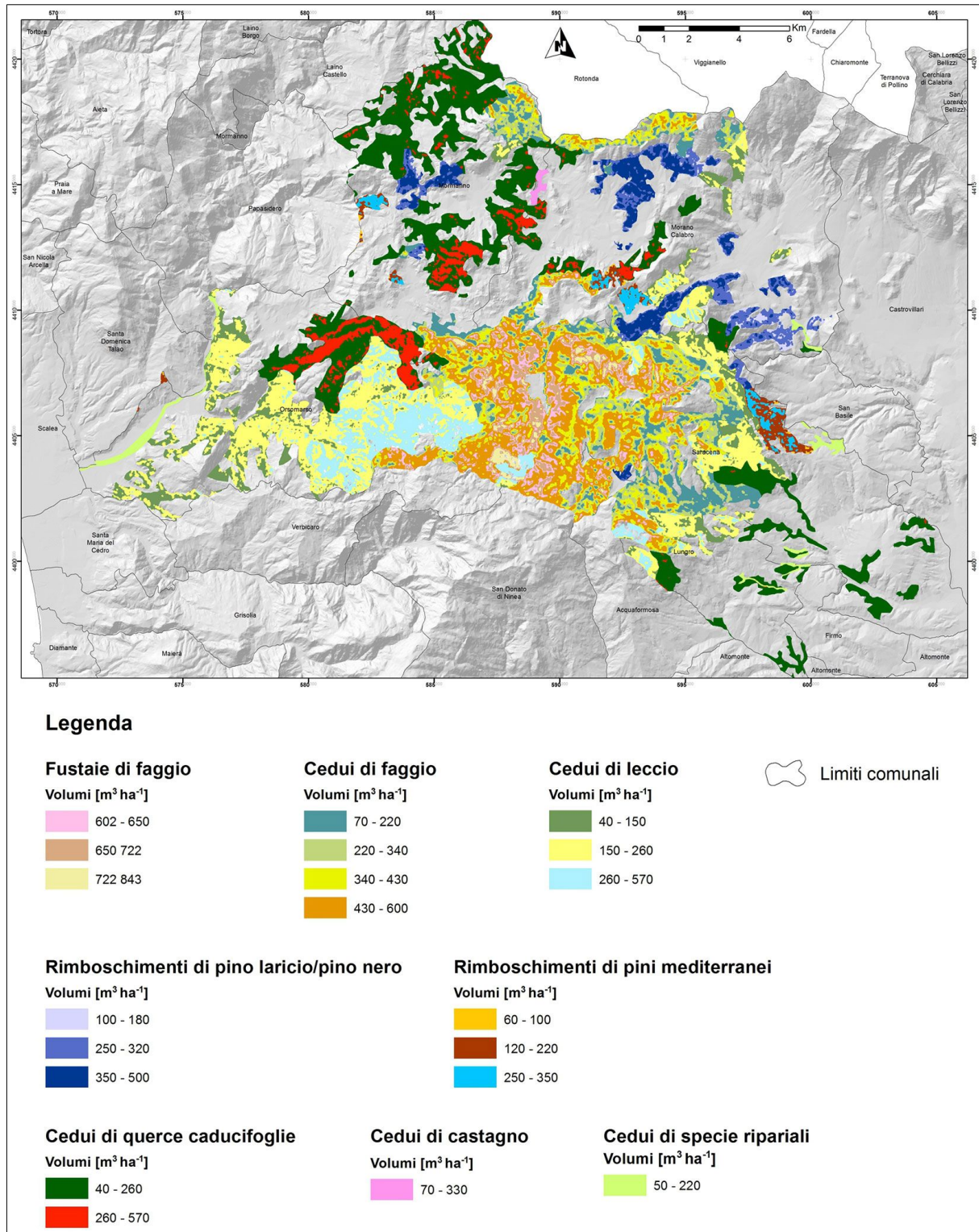


Fig. 4 - Carta dei volumi per tipologia selvicolturale e relativi tipi strutturali.

seconda in quello di Mormanno e la terza nel territorio di Orsomarso. Il 2% della superficie ricade nel territorio del Parco, non in Zona A bensì il 45% in Zona B. Il 59% della superficie forestale è interessata da Siti Natura 2000.

Analogamente ai rimboschimenti di pino nero/pino laricio sono state distinte tre differenti situazioni, la prima delle quali è poco rappresentata (5%) mentre le altre due interessano superfici simili (50 e 45%).

Cedui di leccio con latifoglie mesofile e mesoxerofile

Questa tipologia si riscontra prevalentemente nel settore sud orientale dell'area, nel territorio comunale di Orsomarso, tra 600 e 900-950 m di quota, e in minor misura in quello occidentale. Limitatamente ad alcune zone, all'interno dei cedui si hanno aree rimboschite con pini mediterranei, realizzati in un'ottica di coniferamento. Complessivamente la tipologia rappresenta il 27% della superficie forestale dell'Area test e caratterizza poco oltre il 26% della superficie forestale ricadente nel Parco della quale il 34% in Zona A. Anche tale tipologia è interessata per oltre il 90% da Siti Natura 2000.

Sono stati individuati due tipi strutturali: cedui a regime e cedui in abbandono colturale. Questi ultimi sono tipici delle zone più difficilmente agibili e lontani dalle strade. I primi, largamente prevalenti su quelli in abbandono colturale (24% della superficie complessiva dei cedui di leccio), a loro volta sono stati suddivisi, in funzione dell'altezza dei polloni, in cedui con età inferiore a 25 anni (turno minimo previsto dalle PMPF) e cedui con età tra 25 e 50 anni. Quelli con età inferiore o uguale al turno minimo rappresentando il 64% di quelli a regime e confermano come questi cedui siano stati sempre utilizzati.

Cedui di querce caducifoglie misti con latifoglie mesofile e mesoxerofile

Ricoprono vaste superfici nel settore settentrionale e occidentale dell'area a partire da quota 250-300 m nei versanti a sud-est e fino a quota 1200-1300 metri, sui versanti settentrionali. Interessano complessivamente il 24% della superficie forestale. Nell'insieme caratterizzano il 29% della superficie complessiva dei cedui dei quali il 47% del totale della superficie sono a regime.

Interessano prevalentemente il settore settentrionale dell'Area test ricadente in gran parte nel territorio del comune di Mormanno e in maniera più limitata in quello di Orsomarso. In alcune aree la presenza all'interno dei cedui di rimboschimenti di pino laricio e/o pino nero, testimoniano gli interventi di coniferamento eseguiti nel secolo scorso.

La tipologia caratterizza il 23% della superficie forestale ricadente nel Parco e di questa il 10% è in Zona A. Il 92% è interessata da Siti Natura 2000.

Nell'ambito di questa tipologia selvicolturale è stato possibile distinguere due tipi strutturali: i cedui a regime che interessano l'84% della superficie e di cui solo il 7% in Zona A, e i cedui in abbandono colturale.

Cedui di castagno

Si tratta di una tipologia poco diffusa che copre solo lo 0.21% della superficie forestale dell'area, anche a causa della natura calcarea dei suoli. È presente nella parte settentrionale dell'Area test, al confine tra i comuni di Morano Calabro e Mormanno, in condizioni morfologiche favorevoli.

Specie ripariali

Sono formazioni tipiche delle aree periodicamente inondabili poste lungo i corsi d'acqua e caratterizzate dalla presenza di ontano napoletano, di ontano nero, salici, pioppi, ecc. Sono particolarmente presenti nelle aree prossime al fiume Lao in comune di Orsomarso e complessivamente interessano una superficie che incide per l'1.2% della superficie forestale dell'area, tutte al di fuori della zona A del Parco.

Applicazione degli algoritmi colturali e valutazione della biomassa ritraibile

Gli algoritmi colturali applicati sono quelli delineati per le differenti tipologie selvicolturali e tipi strutturali in un precedente lavoro, al quale si rimanda per ulteriori approfondimenti e dettagli (Iovino et al. 2017).

Le diverse tipologie sono state discriminate sulla base della carta dei volumi (Fig. 4), elaborata con la metodologia ampiamente descritta in precedenza. La combinazione tra tipo di algoritmo colturale, modalità di intervento, superficie del tipo strutturale interessato e volumi disponibili, hanno consentito di stimare i valori della biomassa potenzialmente utilizzabile nell'intera Area test tenendo conto delle limitazioni attribuibili alla vigente normativa forestale regionale e alla zonizzazione delle aree ricadenti nel Parco Nazionale del Pollino, nonché dei perimetri dei Siti Natura 2000.

Fustaie

I tipi strutturali sono riconducibili alle faggete a struttura coetanea, faggete a struttura bistratificata e ai rimboschimenti di pini.

Faggete a struttura coetanea

Queste faggete risentono del trattamento applicato in passato, che in sintesi può ricondursi al taglio raso con riserve e ai tagli successivi (Iovino & Menguzzato 2014). In relazione alle condizioni di densità sono state distinte due situazioni, per ciascuna delle quali sono state definite le modalità di intervento e l'entità del prelievo. Le faggete a maggiore densità (> 650 piante ha⁻¹) sono meno diffuse rispetto a quelle meno

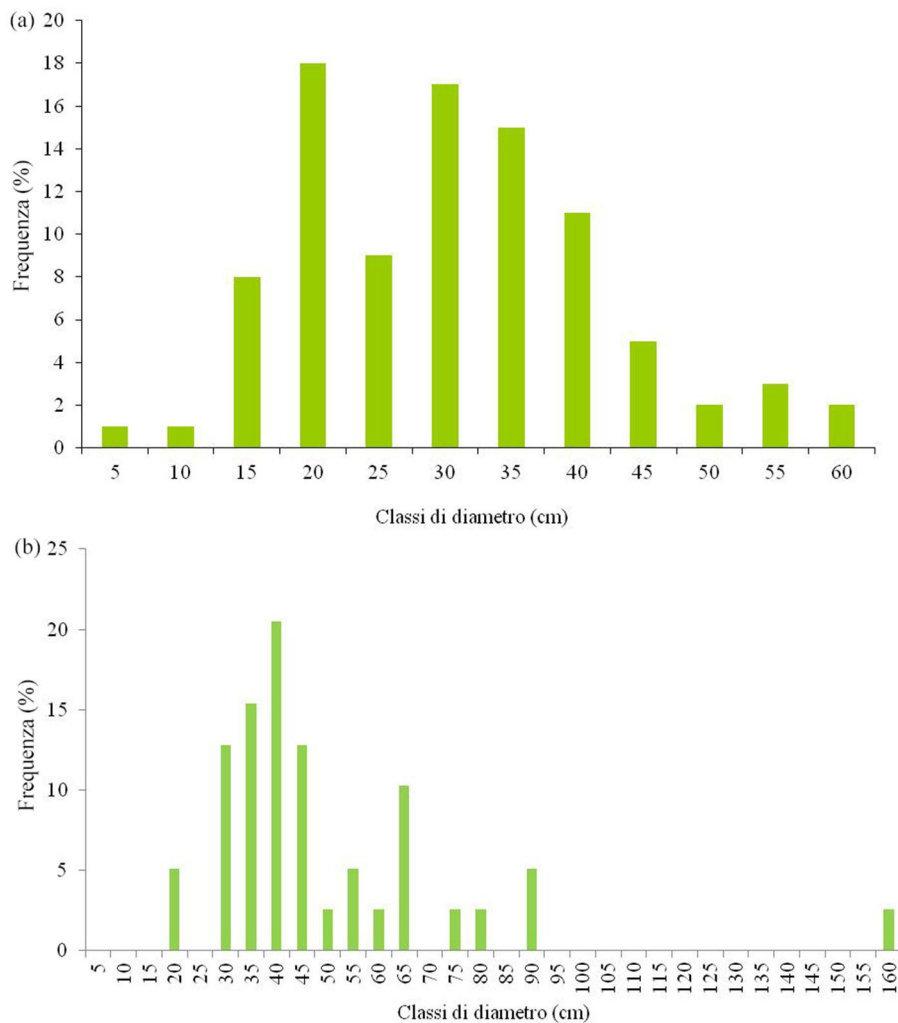


Fig. 5 - Distribuzione delle piante in classi diametriche. (a): faggeta coetanea; (b): faggeta bistratificata.

dense. La distribuzione delle piante in classi di diametro presenta una frequenza alta nelle classi da 15 a 40 cm, mentre è limitata la presenza di piante nei diametri maggiori (Fig. 5a). In quelle a densità non elevata, oltre al numero delle piante significativamente inferiori, sia ha una maggiore concentrazione nella classi medie piccole e una discreta presenza in quelle di oltre 60 cm. In relazione a tali situazioni sono stati prefigurati due algoritmi che entrambi mirano alla realizzazione di strutture disetanee. In un caso procedendo con la riduzione di densità mediante un diradamento di grado moderato, nell'altro, praticando un taglio a scelta con l'obiettivo di aprire ogni dieci anni circa dei gaps per favorire l'insediamento della rinnovazione. Con tali interventi la provvigione minimale supera ampiamente quella minima prevista dalle PMPF che è di $300/350 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ (Tab. 1).

Faggete a struttura bistratificata

È un tipo strutturale che si riscontra su un'ampia superficie. Rappresenta la situazione conseguente

l'applicazione del trattamento a tagli successivi non completato con il taglio di sgombero (Fig. S2, Materiale supplementare). La distribuzione delle piante in classi di diametro evidenzia la presenza di due gruppi che nello spazio verticale formano due distinti strati. Il primo, con densità variabili in relazione all'età, caratterizzato dalle piante insediate a seguito del taglio di sementazione, presenta la moda nella classe 40 cm e un campo di variazione dei diametri tra 15-20 e 50-55 cm; il secondo è rappresentato dalle piante del vecchio ciclo con diametri da 65 a 160 cm (Fig. 5b). Queste piante non più utilizzabili per evitare danni alla fustaia dello strato inferiore, svolgono una funzione di notevole valenza per la biodiversità e possono essere conteggiate, superandolo, nel numero minimo di 2 per ettaro che obbligatoriamente deve essere rilasciate secondo le PMPF come piante ad accrescimento indefinite. In considerazione di ciò l'algoritmo riguarda solo lo strato inferiore per il quale è previsto un taglio a scelta, ripetuto a distanza di circa 10 anni, modulato in relazione alle densità,

Tab. 1 - Faggete a struttura coetanea e faggete pure bistratificate: algoritmi colturali, modalità di intervento, superfici e volumi ritraibili.

Variabile	Tipi strutturali		
	(a) A struttura coetanea	non elevata (< 500)	(b) Pure bistratificate
Densità (piante ha ⁻¹)	elevata (500/1000)	non elevata (< 500)	250-500
Età (anni)	> 60	> 60	-
Superficie (ha)	156	559	435
Superficie in Zona A (ha)	72	156	93
Superficie utilizzabile (ha)	84	403	342
Volume (m ³ ha ⁻¹)	722-843	602-650	650-722
Algoritmo colturale	Intervento di diradamento	Taglio a scelta con graduale disetaneizzazione nell'arco temporale di 50/60 anni	Taglio a scelta
Modalità dell'intervento	diradamento di grado moderato (35-40% del numero delle piante di diametri da 10 a 30 cm)	(1): eliminazione di 70/90 piante ad ettaro; (2): apertura di <i>gap</i> (20-30/ha): superfici variabili in relazione alle dimensioni delle piante (40-60 m ²)	(1): Eliminazione piante dello strato superiore (30- 40 ad ettaro; 45 60 cm di diametro); (2): apertura di <i>gap</i> (30-40/ha); (3): superfici variabili in relazione a numero e dimensioni delle piante (40-60 m ²)
Tempo di ritorno (anni)	10	10	10
Entità del prelievo	25-30 % del volume	20% del volume	25% della massa in piedi
Volume potenzialmente utilizzabile (m ³ ha ⁻¹)	190-230	120-130	160-180
Sup. annua utilizzabile (ha)	10	40	35
Volume totale potenzialmente utilizzabile (m ³)	1900-2300	4800-5200	5600-6300
Volume dopo l'intervento (m ³ ha ⁻¹)	530-610	502-520	490-540

con l'apertura di gaps per l'insediamento a gruppi della rinnovazione (Tab. 1). Anche con questo intervento la provvigione minima supera ampiamente quella minima prevista dalle PMPF.

Rimboschimenti di pino nero/pino laricio

Sono state discriminate, in relazione ai valori di biomassa presente, a parità di condizioni di densità, tre differenti classi di fertilità. Per la prima, non si è ritenuto prevedere alcun intervento. Nelle altre due situazioni nelle quali si riscontrano condizioni di buona e alta fertilità l'algoritmo colturale prevede interventi di diradamento dal basso ad intervalli di circa 10 anni con l'obiettivo di facilitare l'insediamento o l'affermazione di latifoglie in un'ottica di rinaturalizzazione (Tab. 2). L'entità dell'intervento è funzione della densità e della biomassa disponibile, che co-

munque dopo l'intervento è sempre superiore a 200 m³ ha⁻¹. La distribuzione delle piante in classi di diametro presenta, in entrambi i casi, un andamento di tipo gaussiano con la maggior parte delle osservazioni nelle classi di 20-25 cm (Fig. 6a e Fig. 6b) e indica come con il diradamento nella prima situazione si debba intervenire prevalentemente nelle classi da 10 a 20 cm, nella seconda invece tra 10 e 30 cm. In Fig. 6c è riportata una simulazione di diradamento per popolamenti in classe di fertilità alta. All'età attuale dei popolamenti, circa 60 anni, l'incremento medio annuo dopo l'intervento è di circa 4 m³ ha⁻¹ nella classe di fertilità media, e di 7 m³ ha⁻¹ in quella alta.

Rimboschimenti di pini mediterranei

Sono state distinte, a parità di condizioni di densità, tre situazioni di fertilità in relazione ai valori di

Tab. 2 - Rimboschimenti: algoritmi culturali, modalità di intervento, superfici e volumi ritraibili.

Variabile	Rimboschimenti a pino laricio/pino nero			Rimboschimenti a pini mediterranei		
	Bassa	Media	Alta	Bassa	Media	Alta
Fertilità Stazione						
Superficie (ha)	112	738	768	29	268	246
Superficie in Zona A (ha)	-	-	-	-	-	-
Superficie utilizzabile (ha)	112	738	768	29	268	246
Volume (m ³ ha ⁻¹)	100-180	250-320	350-500	60-100	120-220	250-350
Algoritmo culturale	-	Rinaturalizzazione		-	Rinaturalizzazione	
Modalità dell'intervento	nessun intervento	diradamento dal basso di grado debole moderato		nessun intervento	diradamento dal basso di grado moderato	
Tempo di ritorno (anni)	-	10	10	-	10	10
Entità del prelievo	-	30% del numero di piante (diame- tro 10-20 cm); 20% di volume	30-35% del nu- mero di piante (diametro 10-30 cm); 22-27% di volume	-	25-30% del nu- mero di piante (diametro 10-20 cm); 22-24% di volume	25-30% del nu- mero di piante (diametro 15-30 cm); 22-25% di volume
Volume poten- zialmente utiliz- zabile (m ³ ha ⁻¹)	-	50-60	70-130	-	30-60	70-80
Sup. annua utilizzabile (ha)	85	74	77	-	27	25
Volume totale potenzialmente utilizzabile (m ³)	-	3700-4400	5400-10000	-	800-1600	1700-2000
Volume dopo l'intervento (m ³ ha ⁻¹)	100-180	200- 260	280-370	60-100	90-160	180-270

biomassa presente che, per le oggettive e difficili condizioni ambientali, risultano inferiori a quelle riscontrate nei rimboschimenti di pino nero/laricio. Nella situazione di bassa fertilità non si è ritenuto prevedere alcun intervento. Nelle altre due situazioni sempre con l'obiettivo di favorire i processi di rinaturalizzazione, l'algoritmo culturale prevede diradamenti dal basso di grado debole moderato con differenze tra le due situazioni attribuibili alle classi di diametro sulle quali si interviene (Tab. 2). Dopo il diradamento in questi popolamenti di circa 60 anni l'incremento medio annuo è di 2 m³ ha⁻¹ nella prima, e 4 m³ ha⁻¹ nella seconda.

Cedui

Per i cedui sono stati definiti algoritmi culturali per le differenti tipologie selvicolturali e tipi strutturali (Ciancio & Nocentini 2004) riconducibili a:

- Cedui a regime;
- Cedui in abbandono culturale;

- Cedui in avviamento;
- Soprassuoli transitori.

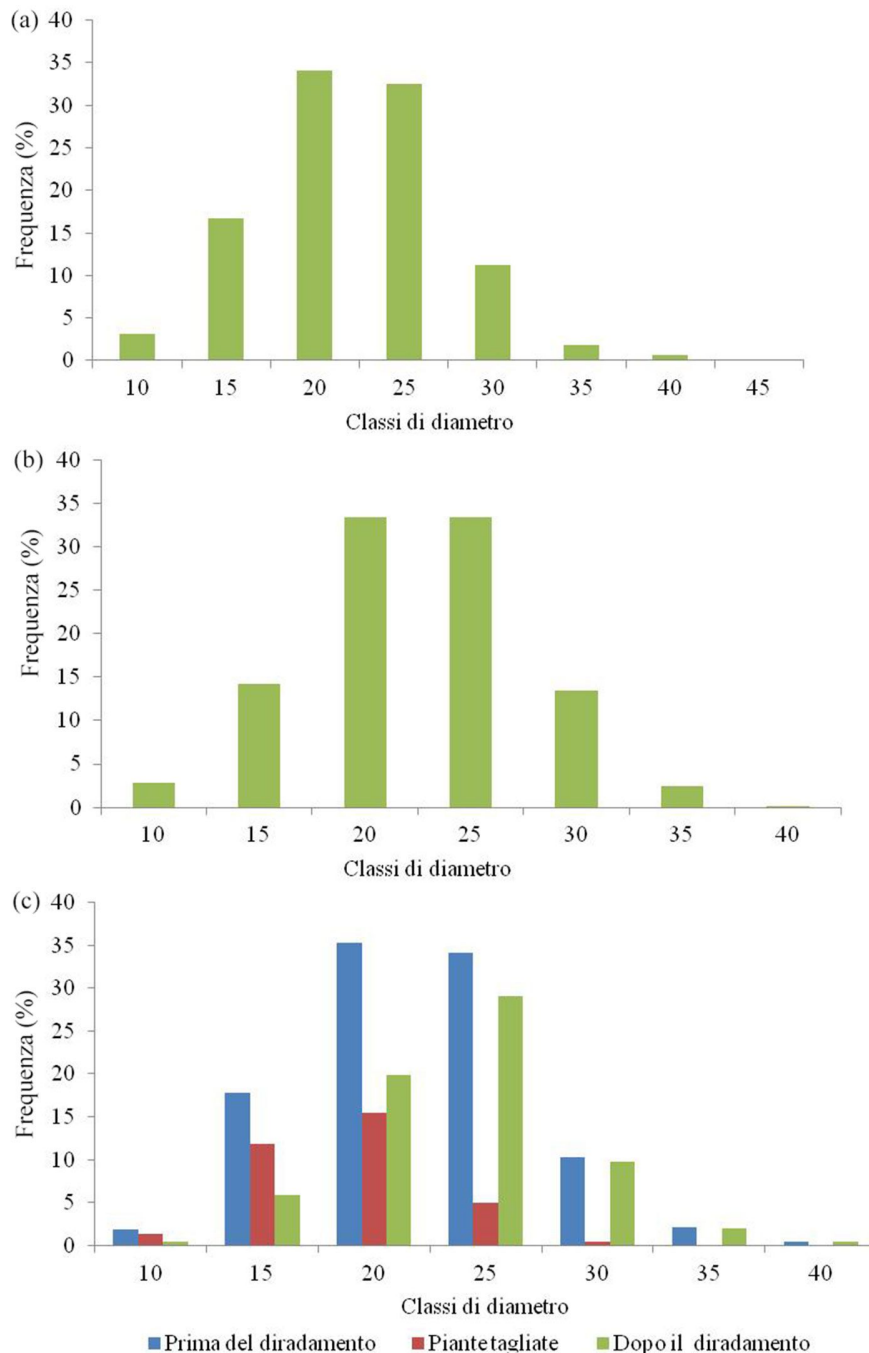
Gli algoritmi, le relative modalità di intervento, le caratteristiche qualitative e quantitative, nonché la biomassa potenzialmente utilizzabile per ciascuna tipologia fisionomica e strutturale sono riportati nelle Tab. 3, Tab. 4 e Tab. 5. In Fig. 7 sono riportate le superfici dei cedui distinte per tipo di algoritmo culturale e per specie.

Cedui a regime

I cedui a regime interessano il 60% dei cedui, mentre la restante superficie è distribuita tra le altre tre tipologie, tra le quali il 20% da cedui in abbandono culturale.

Questi dati indicano che i cedui costituiscono ancora oggi una realtà importante e complessa di questo territorio la cui gestione richiede soluzioni diversificate in funzione degli obiettivi da perseguire e delle limitazioni che derivano dal fatto che parte di essi

Fig. 6 - Distribuzione delle piante in classi diametriche. (a): popolamenti a maggior densità; (b): a minore densità; (c): simulazione di un diradamento in popolamenti a minor densità.



(complessivamente il 22% della superficie) ricadono nella zona A del Parco Nazionale e il 57% nelle altre tre Zone. In particolare nelle Zone B e C per i cedui di leccio e i cedui quercini.

Il ceduo ha sempre rappresentato per le popolazioni della collina e della montagna una risorsa economica e sociale da perseverare e che tuttora assume una valenza per la richiesta di legna da destinare al consumo domestico. I dati delle superfici relative ai cedui di leccio e ai cedui quercini confermano tale importanza e indicano come nel breve e medio periodo non sono prevedibili soluzioni alternative al

prodotto tradizionale, anche se esiste un mercato attivo delle biomasse per usi energetici.

Circa il 50% dei cedui a regime è in Zona A del Parco e di conseguenza, facendo riferimento alle attuali disposizioni di legge sulle aree protette (legge 394/91) in tali superfici è vietato qualsiasi intervento selvicolturale. La gestione, pertanto, si basa sulla preservazione e sul monitoraggio delle dinamiche evolutive a scopi eminentemente scientifici e l'algoritmo colturale non può non rifarsi se non al metodo della conversione per evoluzione autonoma del ceduo.

Tab. 3 - Cedui di faggio: algoritmi colturali, modalità di intervento, superfici e volumi ritraibili.

Variabile	Parametro	Tipi strutturali					Totale		
		Cedui a regime		Cedui in abbandono colturale	Cedui in avviamento	Soprassuoli transitori			
Superficie (ha)	-	1261		1530	1458	2474	6723		
Superficie in Zona A Parco (ha)	-	128		208	297	798	1431		
Superficie utilizzabile (ha)	-	1133		1322	1161	1676	5292		
Età	-	≤ 24 anni		50-60	60-70	>70-80	-		
Volume (m ³ ha ⁻¹)	min	70		220	340	430	-		
	max	220		340	430	600	-		
Algoritmo colturale	-	(1) sfollamento (5/7 anni); (2) diradamento (12/13 anni); (3) utilizzazione a raso a fine turno, con rilascio di matricine (25 ha ⁻¹)		conversione ad alto fusto con metodo del rilascio intensivo di allievi	taglio di avviamento	taglio di conversione	-		
Modalità dell'intervento	-	(1) eliminazione polloni secchi e di piccole dimensioni; (2) eliminazione dei polloni dominati; (3) utilizzazione a raso a fine turno, con rilascio di matricine		diradamenti deboli moderati ripetuti a brevi intervalli di tempo	secondo diradamento debole moderato	taglio di sementazione	taglio a scelta con apertura di <i>gap</i> con superfici variabili in relazione alle dimensioni delle piante e intervallo di ripetizione di 10 anni		
Entità del prelievo	-	(1) 15-20% del volume; (2) 20-25% del volume; (3) 100% (tranne matricine)		40% dei polloni di dimensioni piccole e medie; 25-30% di volume	35% dei polloni nelle classi 9-21 cm; 25-30% di volume	30% di piante, 25-30% di volume	15-20% numero piante; 20-25% del volume		
Volume prelevato (m ³ ha ⁻¹)	1	12							
	2	26		55-102	85-129	107-180	86-150		
	3	220							
Superficie annua utilizzata (ha)	-	5	30	80	130	115	170	170	-
Volume totale prelevato (m ³)	1	60							
	2	780		7150-13260	9775-14835	18190-30600	14620-25500		-
	3	17.6							
Volume dopo l'intervento (m ³ ha ⁻¹)	-	58	94	10-15	165-238	255-301	323-420	344-450	-

Per il restante 50% della superficie che riguarda tutte le tipologie fisionomiche dei cedui presenti all'interno dell'Area test, viene prospettata una gestione sostenibile con la possibilità di continuare la tradizionale attività nel rispetto dalle attuali Prescrizioni di Massima e di Polizia Forestale (PMPF) della Regione Calabria e del regolamento del Parco. Tale gestione si concretizza nel miglioramento dei cedui e con l'attuazione di accorgimenti per ridurre le criticità insite in questa forma di governo: riduzione

dell'impatto delle utilizzazioni finali, prevenzione selvicolturale degli incendi boschivi.

L'algoritmo previsto prima del taglio raso finale, prevede, tranne per i cedui di specie ripariali, un intervento di sfollamento sulla ceppaia a circa un terzo del turno e un diradamento a circa metà del turno. Con lo sfollamento si eliminano i polloni secchi, deperienti e di piccole dimensioni. Nei cedui di querce caducifoglie non è ipotizzato tale intervento in quanto i fenomeni di concorrenza sono contenuti e di con-

Tab. 4 - Cedui di leccio: algoritmi culturali, modalità di intervento, superfici e volumi ritraibili.

Variabile	Parametro	Tipo strutturale			Totale
		Cedui a regime		Cedui in abbandono culturale	
Superficie (ha)	-	-	1600	1400	3000
Superficie in Zona A Parco (ha)	-	-	600	470	1070
Superficie utilizzabile (ha)	-	-	1000	930	1930
Età	-	1 ≤ 25 anni	≥25 anni <50 anni	50-60	-
Volume (m ³ ha ⁻¹)	min	-	150	260	-
	max	-	260	570	-
Algoritmo culturale	-	(1): Sfollamento (7/8 anni); (2): diradamento (14-15 anni); (3) utilizzazione a raso con rilascio di matricine (25 ha ⁻¹)	(1): Conversione ad alto fusto con il metodo del rilascio intensivo di allievi; (2): Utilizzazione a raso con rilascio di matricine	Conversione ad alto fusto con il metodo del rilascio intensivo di allievi	-
Modalità dell'intervento	-	(1): Eliminazione polloni secchi e di piccole dimensioni; (2): eliminazione dei polloni dominati; (3): taglio raso con rilascio di matricine	(1): Diradamento basso moderato; (2): Taglio raso con rilascio di matricine	Diradamenti deboli moderati ripetuti a brevi intervalli di tempo	-
Entità del prelievo	-	-	(1): 40% dei polloni di dimensioni piccole e medie ; 25-30% di volume; (2): 100% (tranne le matricine)	40% dei polloni di dimensioni piccole e medie ; 25-30% di volume	-
Volume prelevato (m ³ ha ⁻¹)	1	-	38-78	65-171	-
	2	-	-	-	-
	3	-	-	-	-
Superficie annua utilizzata (ha)	-	-	150-260	90	-
Volume totale prelevato (m ³)	1	-	-	5850 - 15390	-
	2	-	-	-	-
	3	-	-	-	-
Volume dopo l'intervento (m ³ ha ⁻¹)	-	-	(1) 100; (2) 100	195 -399	-

seguenza anche la mortalità e la necromassa sulla ceppaia.

Il successivo diradamento, con eliminazione dei polloni di dimensioni via via crescenti, consente di rilasciare sulla ceppaia un numero di soggetti congruo con le potenzialità della stazione, evitando interruzioni nella volta superiore che potrebbero innescare problemi di degradazione dei suoli.

Questi interventi di riduzione di densità, oltre a determinare il prelievo di una parte della biomassa, assumono una grande valenza sia dal punto di vista biologico ed ecologico, che in termini di prevenzione selvicolturale agli incendi boschivi. I dati in letteratura indicano come i cedui di leccio, di castagno e di

querce caducifoglie, ampiamente presenti nell'Area test, statisticamente risultino quelli maggiormente interessati dal fuoco e confermano come con tali interventi si riduca significativamente la biomassa potenzialmente incendiabile, con tutti gli effetti positivi che scaturiscono anche nell'azione di un eventuale spegnimento (Garfi et al. 2014). Ulteriori elementi di dinamicità nella gestione dei cedui a regime potrebbe derivare da una revisione con un cauto aumento e armonizzazione dei turni tra le varie normative regionali, come recentemente proposto da Fabbio & Cutini (2017). Elemento questo che andrebbe a condizionare, seppure in maniera contenuta, anche gli altri tipi strutturali del ceduo, ovvero i cedui in ab-

Tab. 5 - Cedui di querce caducifoglie, di castagno e delle formazioni ripariali: algoritmi colturali, modalità di intervento, superfici e volumi ritraibili.

Variabile	Parametro	Cedui di querce caducifoglie con latifoglie mesofile e mesoxerofile			Cedui di castagno	Formazioni ripariali
		Cedui a regime	Cedui in abbandono colturale	Totale		
Superficie (ha)	-	4345	839	5184	44	265
Superficie in Zona A Parco (ha)	-	314	190	504	-	-
Superficie utilizzabile (ha)	-	4031	649	4680	44	265
Età	-	≥18 <36	40-60	-	12	12
Volume m ³ ha ⁻¹	min	140	260	-	70	50
	max	260	570	-	300	220
Algoritmo colturale	-	utilizzo a raso con rilascio di matricine a fine turno	conversione ad alto fusto con il metodo del rilascio intensivo di allievi	-	(1): sfollamento (5/7 anni); (2): utilizzazione a raso a fine turno, con rilascio di matricine (30 ha ⁻¹)	utilizzo a raso a fine turno senza rilascio di matricine
Modalità dell'intervento	-	taglio raso con rilascio di matricine	diradamenti deboli moderati ripetuti a brevi intervalli di tempo	-	(1): eliminazione di tutti i polloni morti e 50% polloni vivi di diametro < 5 cm; (2): taglio raso con rilascio di sole matricine a fine turno	taglio raso a fine turno
Entità del prelievo	-	100% (tranne le matricine)	30% dei polloni di dimensioni medie; 25-30% di volume	-	(1): 8000-10000 ha ⁻¹ polloni secchi e 3500-4000 ha ⁻¹ polloni vivi, 25-30% del volume; (2): 100% (tranne le matricine)	100%
Volume prelevato (m ³ ha ⁻¹)	1	130-245				
	2	400	65-171	-	18-90	50-220
	3	52000				
Superficie annua utilizzata (ha)	-	98000	65	-	295	30
Volume totale prelevato (m ³)	1	-				
	2	10-15	4225 -11115	-	-	1500-3600
	3	Cedui a regime				
Volume dopo l'intervento (m ³ ha ⁻¹)	-	4345	-	-	(1): 10; (2): 10	0

bandono colturale e i cedui in avviamento.

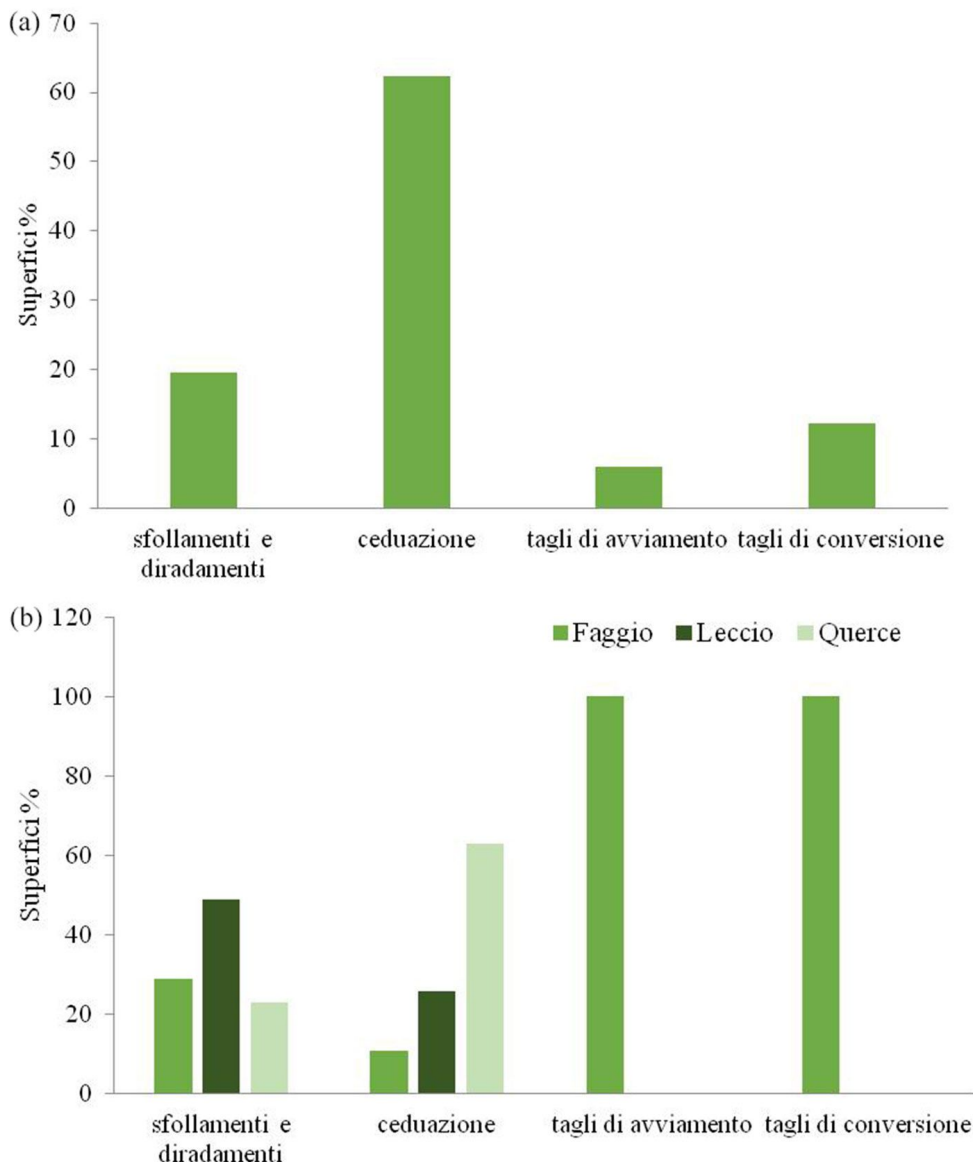
Cedui in abbandono colturale

È un tipo strutturale che interessa tutte le tipologie fisionomiche, tranne i cedui di castagno e quelli di specie ripariali. Si tratta di cedui non utilizzati alla scadenza del turno minimo previsto dalla PMPF e non lo hanno ancora superato di due volte. In alcuni casi la causa è da attribuire alla volontà dei proprie-

tari di abbandonare la gestione, in altri al ritardo nelle utilizzazioni imputabili a cause diverse.

L'abbandono colturale ha portato ad un significativo aumento della biomassa e all'innescò di dinamiche evolutive caratterizzate da una elevata presenza di necromassa al suolo a seguito di processi di concorrenza fra i polloni, e alla differenziazione, a volte netta, fra polloni sulla stessa ceppaia (Fig. S3, Materiale supplementare). Nonostante tali condizioni

Fig. 7 - Superfici cedui.
 (a): distinte per tipo di algoritmo colturale; (b): per tipo di algoritmo colturale e per specie.



strutturali facciano propendere per la conversione, che per quelli in Zona A è implicita, in alcuni casi, a fronte di una sostenuta richiesta di legna da ardere e in favorevoli posizioni rispetto ai mercati, è consentito riprendere le ceduzioni, rispettando quelle che sono le indicazioni delle attuali normative della Regione Calabria (Regione Calabria 2015, Legge 45/2012 e PMPF).

Ove non ci siano tali condizioni, è stato previsto un algoritmo di conversione ad alto fusto applicando il metodo del rilascio intensivo di allievi (Ciancio & Nocentini 2004, Ciancio et al. 2007). Tale metodo si concretizza con diradamenti deboli moderati, ripetuti a brevi intervalli di tempo, con i quali vengono eliminati i polloni di dimensioni piccole e medie, rilasciando oltre il 70% della biomassa presente prima dell'intervento.

Cedui in avviamento

Sono cedui che, avendo superato due volte il turno minimo previsto dalle PMPF, non possono essere più utilizzati a raso. Per quelli ricadenti in Zona A il metodo di conversione è per evoluzione autonoma del ceduo, mentre per gli altri è stato previsto un algoritmo colturale che nel medio-lungo periodo facilita la conversione a fustaia. I cedui in avviamento si riscontrano solo per i cedui di faggio che, specialmente nelle proprietà pubbliche, non vengono più utilizzati dalla metà del secolo scorso. Sono soprassuoli che hanno già subito un primo diradamento e per i quali è necessario procedere ad un taglio di avviamento mediante ulteriore riduzione di densità. Con tale intervento vengono eliminati i polloni di dimensioni più contenute che formano in parte ancora un piano dominato. Il prelievo di una percentuale

non elevata del volume è tale da assicurare una modificazione della volta superiore, con effetti positivi sulla decomposizione della lettiera e sul miglioramento del suolo.

Soprassuoli transitori

Si tratta di cedui di faggio che hanno in genere superato i 70 anni assumendo ormai l'aspetto di vere e proprie fustaie, sebbene la loro origine agamica non consenta di definirle tali. Per questa tipologia, tranne nella Zona A, l'algoritmo colturale prevede il taglio di conversione finalizzato all'insediamento della rinnovazione naturale con modalità di intervento differenti a seconda se si tende verso una futura struttura della fustaia di tipo coetaneo (taglio di sementazione) o di tipo disetanea a gruppi (taglio a scelta). In entrambi i casi dopo l'intervento la provvigione supera quella minima prevista dalle PMPF.

Conclusioni

Le analisi condotte e i risultati cui si è pervenuti consentono di fare alcune considerazioni proprie della realtà forestale dell'Area test e altre di carattere generale. Il quadro scaturito testimonia le vicissitudini di tipo storico, sociale ed economico che hanno interessato i boschi di questo territorio, ma anche di tante realtà della Calabria e del Meridione d'Italia.

In sintesi è risultata una prevalenza di boschi cedui sulle fustaie e queste ultime, limitatamente al faggio, presentano elementi di semplificazione strutturale e compositiva, da attribuire alle intense utilizzazioni che, a partire dai primi decenni e fino alla metà del secolo scorso, hanno determinato tale situazione. In alcuni settori gli effetti di tali interventi, coniugati con quelli del pascolo, hanno portato alla distruzione dei boschi, le cui superfici in parte sono state rimboschite. È significativo che circa il 49% della superficie delle fustaie sia interessata dai rimboschimenti di pino nero/laricio.

Per i cedui la vasta superficie presente conferma le motivazioni di natura economico-sociale che hanno portato a privilegiare questa forma di governo su un'ampia superficie, in prevalenza di leccio e di specie quercine, che ancora oggi trova applicazione, alimentando una attiva filiera del legno per uso domestico. Il 21% della superficie potenzialmente utilizzabile dei cedui è in condizioni di abbandono colturale. Questa tipologia interessa, seppur in percentuali diverse tutti i cedui, insieme alla superficie dei cedui in conversione e dei soprassuoli transitori di faggio, si riscontra prevalentemente nelle situazioni morfologiche che hanno favorito l'abbandono del ceduo,

creando i presupposti per la conversione a fustaia.

Applicando gli algoritmi colturali precedentemente delineati, sulla base delle superfici relative alle tipologie strutturali interessate dalle diverse modalità di intervento, nonché dei relativi volumi potenzialmente ritraibili, è risultato che:

- sull'intera superficie dell'Area test è stata stimata una massa complessiva variabile da 4.800.000 a 7.700.000 m³;
- gli interventi delineati interessano l'80% della superficie forestale, corrispondente a quella sulla quale potenzialmente è possibile intervenire (non ricadente in Zona A del Parco);
- la massa potenzialmente utilizzabile varia da 3.770.000 a 6.000.000 m³; di questa circa il 26% è data dalle fustaie e il 74% dai cedui. Il 51% della massa dei cedui è data dal faggio, 20% dal leccio e 29% dalle querce caducifoglie;
- per le fustaie i moduli colturali previsti consentono, intervenendo annualmente su circa 300 ettari, un prelievo da 24.000 a 32.000 m³, pari mediamente al 23% della massa in piedi utilizzabile; in particolare per le faggete, su circa 90 ettari, il volume varia da 145 a 163 m³ ha⁻¹, valori che diminuiscono a 57 a 90 m³ ha⁻¹ per i rimboschimenti;
- per i cedui, intervenendo annualmente su circa 1500 ettari, (11% della superficie potenzialmente utilizzabile), escludendo i cedui di castagno e quelli di specie ripariali, è possibile utilizzare da 150.000 a 250.000 m³, pari al 55% della massa utilizzabile annualmente sull'intera superficie dei cedui. Tale massa è data per il 62% da ceduazioni con taglio raso e rilascio di matricine, il 20% da sfollamenti e diradamenti nei cedui a regime e in quelli in abbandono colturale; solo per i cedui di faggio, rispettivamente il 6 e il 12% per i tagli di avviamento e di conversione;
- annualmente su circa 1700 ettari (87% cedui e 13% fustaie) si possono prelevare da un minimo di 170.000 ad un massimo di 280.000 m³ dei quali l'87% proveniente dai cedui e il 13% da fustaie.

I dati esaminati indicano una notevole potenzialità in termini produttivi dell'area di studio e consentono di delineare possibili scenari per una razionale valorizzazione della filiera foresta legno, con una diversificazione degli assortimenti, anche legata alla distribuzione territoriale delle diverse formazioni. Queste in parte tipicizzano i diversi ambiti territoriali comunali: fustaie e cedui di faggio nel comune di Saracena, cedui di querce caducifoglie a Mormanno, cedui di leccio a Orsomarso, rimboschimenti a Mormanno e Morano.

I valori di massa stimati per le diverse tipologie selvicolturali e tipi strutturali forniscono anche indicazioni di carattere generale sugli assortimenti ritraibili in termini di legname da lavoro e per usi energetici (legna da ardere e per biomasse). Le analisi delle differenti tipologie selvicolturali e tipi strutturali e gli algoritmi previsti, per grandi linee, consentono di avere tali informazioni. Per la legna da ardere un parametro indicativo viene fornito dai volumi stimati a seguito delle ceduzioni, mentre quelli conseguenti agli interventi di sfollamento e di primo diradamento, sempre nei cedui, possono fornire elementi per la stima dei quantitativi destinabili, parte a legna da ardere e parte alle biomasse per usi energetici. Queste ultime possono essere incrementate anche con il legname di dimensioni piccole e medie proveniente dai diradamenti simulati nei rimboschimenti di pini. Le utilizzazioni delle fustaie e dei soprassuoli transitori di faggio, rappresentano all'attualità l'unica fonte di legname da opera.

La stima della produttività annua potenzialmente utilizzabile in modo sostenibile, distintamente per tipologie fisionomiche e strutturali dei boschi e al netto delle superfici ricadenti in Zona A del Parco, unitamente alla stima della produttività annua potenziale sostenibile di biomassa legnosa per fini energetici, uso domestico e uso industriale, al netto di altre limitazioni con particolare riferimento al livello di accessibilità dei soprassuoli forestali, possono contribuire alla definizione e individuazione della dimensione territoriale più efficiente per un distretto silvoenergetico nell'Area test.

I dati prima esposti (superfici annualmente utilizzate, entità del prelievo stimato, modalità operative delineate nell'ambito dei diversi algoritmi colturali), possono essere considerati come indicatori della gestione forestale sostenibile, prefigurata per i boschi di questa area, e dimostrano come sia possibile coniugare in un'area protetta l'uso del bosco con la sua conservazione.

Ringraziamenti

Il lavoro è stato finanziato dal Progetto ALForLAB (PON03PE_000 24_1) cofinanziato dal Programma Operativo Nazionale Ricerca e Competitività (PON R&C) 2007-2013, attraverso il Fondo Europeo di Sviluppo Regionale (FESR) e risorse nazionali (Fondo di Rotazione - FDR - Piano di Azione e Coesione - PAC MIUR).

Bibliografia

ArpaCal (2000). Carta della temperatura media annua (pe-

riodo 1921-2000). Web site. [online] URL: <http://www.cfd.calabria.it/cartografia>

ArpaCal (2017). Carta della piovosità. Sito web. [online] URL: <http://www.cfd.calabria.it/>

ARSSA (2003). I suoli della Calabria. Carta dei suoli in scala 1:250.000 della Regione Calabria. Agenzia Regionale per lo sviluppo e per i Servizi in Agricoltura, Regione Calabria, Rubbettino Industrie Grafiche ed Editoriali, Soveria Mannelli, Catanzaro, pp. 387.

Blasi C, Ciancio O, Iovino F, Marchetti M, Michetti L, Di Marzio P, Ercole S, Anzellotti I (2004). Il contributo delle conoscenze fitoclimatiche e vegetazionali nella definizione della rete ecologica d'Italia. In: Atti del Convegno "La conoscenza botanica e zoologica in Italia: dagli inventari al monitoraggio" (Blasi C, D'Antoni I, Duprè E, La Posta A eds). Quaderni Conservazione Natura 18: 161-181. MATT-DPN/INFS.

Borgogno Mondino E, Fissore V, Lessio A, Motta R (2016). Are the new gridded DSM/DTMs of the Piemonte Region (Italy) proper for forestry? A fast and simple approach for a posteriori metric assessment. *iForest* 9: 901-909. - doi: [10.3832/ifer1992-009](https://doi.org/10.3832/ifer1992-009)

Ciancio O, Nocentini S (2004). Il bosco ceduo. Selvicoltura Assestamento Gestione. Accademia Italiana di Scienze Forestali, Firenze, pp. 721.

Ciancio O (2003). Teoria e metodo della gestione sostenibile. In: Atti del Convegno "Selvicoltura: a che punto siamo? Riflessioni cinque anni dopo il II Congresso di Venezia e prospettive per il III Congresso del 2008". Vallombrosa, 23-24 ottobre 2003, pp. 95-102.

Ciancio O, Iovino F, Menguzzato G, Nicolaci A (2007). Interventi selvicolturali in cedui di faggio che hanno superato il turno consuetudinario e valutazione della biomassa legnosa ritraibile. *L'Italia Forestale e Montana* 6-7: 339-353.

Edson C, Wing MG (2015). LiDAR elevation and DEM errors in forested settings. *Modern Applied Science* 9 (2): 139-157. - doi: [10.5539/mas.v9n2p139](https://doi.org/10.5539/mas.v9n2p139)

Fabbio G, Cutini A (2017). Il ceduo oggi: quale gestione oltre le definizioni? *Forest@* 14: 257-274. - doi: [10.3832/efor2562-014](https://doi.org/10.3832/efor2562-014)

Floris A, Clementel F, Farruggia C, Scrinzi G (2009). Il LiDAR nella stratificazione tematica dei soprassuoli forestali: applicazioni in Trentino. Atti 13a Conferenza Nazionale ASITA, Bari, 1-4 dicembre 2009.

Floris A, Penasa A, Michelini T, Puletti N (2017). Individuazione e correzione di outlier nei dati raster LiDAR provenienti dal Geoportale Nazionale e produzione di un CHM idoneo alla stima delle provvigioni legnose della Calabria. *Forest@* 14: 188-201. - doi: [10.3832/efor2328-014](https://doi.org/10.3832/efor2328-014)

Garfi V, Iovino F, Menguzzato G, Nicolaci A, Marziliano PA (2014). Stima della quantità di combustibile eliminabi-

- le con interventi selvicolturali. In: "Gestione selvicolturale dei combustibili forestali per la prevenzione degli incendi boschivi" (Bovio G, Corona P, Leone V eds). Compagnia delle Foreste, Arezzo: 77-83.
- Hyyppä J, Kelle O, Lehtikoinen M, Inkinen M (2001). A segmentation-based method to retrieve stem volume estimates from 3-dimensional tree height models produced by laser scanner. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing* 39: 969-975.
- Iovino F (2013). Le foreste del Sud e le prospettive di gestione sostenibile. *Imballaggi e Riciclo* 14: 18-22.
- Iovino F, Menguzzato G (2014). Presupposti e contraddizioni della selvicoltura in ambiente appenninico. In "Storia del pensiero forestale. Selvicoltura Filosofia Etica" (Ciancio O ed). Rubbettino Editore, pp. 427-441
- Iovino F, Nicolaci A, Menguzzato G, Marziliano P, Bernardini V, Castaldi C, Quatrini V, Cutini A (2017). Approcci selvicolturali innovativi a sostegno della gestione forestale sostenibile in Calabria. *Forest@* 14: 285-313. - doi: [10.3832/efor2544-014](https://doi.org/10.3832/efor2544-014)
- Liu X (2008). Airborne LiDAR for DEM generation: some critical issues. *Progress in Physical Geography* 32 (1): 31-49. - doi: [10.1177/0309133308089496](https://doi.org/10.1177/0309133308089496)
- MCPFE (1993). Seconda Conferenza Ministeriale per la Protezione delle Foreste in Europa. Ministerial Conference on the Protection of Forests in Europe, Helsinki, Finland.
- MIPAAF (2008). Programma Quadro del Settore Forestale. pp. 131. [online] URL: <https://www.politicheagricole.it/flex/cm/pages/ServeBLOB.php/L/IT/IDPagina/755>
- Regione Calabria (2015). Regolamento per la gestione dei boschi governati a ceduo in Calabria. Legge regionale 12 ottobre 2012, n. 45 "Gestione, tutela e valorizzazione del patrimonio forestale regionale". [online] URL: [http://www.consiglioregionale.calabria.it/upload/testicoordinati/LR_45_12\(TC\).pdf](http://www.consiglioregionale.calabria.it/upload/testicoordinati/LR_45_12(TC).pdf)
- Scrinzi G, Floris A, Clementel F, Bernardini V, Chianucci F, Greco S, Michelini T, Penasa A, Puletti N, Rizzo M, Turco R, Corona P (2017). Modelli di stima del volume e delle fitomasse del soprassuolo arboreo delle principali formazioni forestali della Calabria mediante dati LiDAR. *Forest@* 14: 175-187. - doi: [10.3832/efor2399-014](https://doi.org/10.3832/efor2399-014)

Materiale Supplementare

Fig. S1 - Rimboschimenti di pino nero/laricio di circa 60 anni in territorio comunale di Morano Calabro (Cosenza).

Fig. S2 - Faggeta a struttura bistratificata in territorio comunale di Lungro (Cosenza).

Fig. S3 - Ceduo di faggio in abbandono culturale in territorio comunale di Saracena (Cosenza).

Link: [lovino_2598@suppl001.pdf](#)