

MANUELA PLUTINO, ELISA BIANCHETTO

# *Effetti del diradamento sulla stabilità di una pineta di pino nero in Toscana*

## **Introduzione**

Il pino nero (*Pinus nigra* J.F. ARNOLD) copre una superficie di oltre 3,5 milioni di ettari che si estende ad ovest nell’Africa settentrionale, passando attraverso l’Europa meridionale fino all’Asia Minore (ISAJEV *et al.*, 2004). Nonostante le numerose ricerche la specie non ha ancora una classificazione e una tassonomia definitiva a causa dell’assenza di uno studio che copra l’intera gamma della specie e della mancanza di collegamento fra i risultati degli studi esistenti sui diversi popolamenti caratterizzati da elevata variabilità genetica (ZLATKO *et al.*, 2003). Sono riconosciute sei sottospecie principali dall’Africa settentrionale alla Crimea. In Italia troviamo due sottospecie: *Pinus nigra* ssp. *laricio* (Poiret), originario della Corsica, è diffuso in particolare in Calabria e in Sicilia dove è anche conosciuto come pino laricio; la seconda sottospecie, *Pinus nigra* ssp. *nigra* (syn: *P.n. austriaca* Höss, *P.n. nigricans* Host), è diffusa principalmente sugli Appennini e sulle Alpi Giulie. Entrambe le sottospecie, grazie alla loro rapida crescita e all’elevata produttività sono state utilizzate in passato in Europa per rimboschire vaste aree degradate di crinale come, ad esempio, ex pascoli e pendici scoscese con ridotto strato di suolo e ricche di scheletro superficiale (PARDÉ e TURPIN, 1959). In Italia, le pinete di pino nero e laricio interessano una superficie di circa 236.467 ettari e sono costituite da popolazioni pure e mature. (GASPARRINI e TABACCHI, 2011). La maggior parte delle pinete di pino nero sono di origine artificiale,

realizzate per lo più a scopo protettivo nel secolo scorso. Queste formazioni si sono sviluppate su suoli di scarsa qualità, spesso sono ecosistemi sbilanciati, costituiti da popolamenti monoplani, densi e uniformi, con sottobosco limitato o assente e povero di biodiversità (D’ERRICO *et al.*, 2020; TÁRREGA *et al.*, 2006). Inoltre, la mancanza di un’adeguata gestione selvicolturale nei primi anni ha originato a maturità una densità eccessiva con conseguenze negative sulla stabilità delle popolazioni e al tempo stesso ha favorito l’insorgenza di problemi fitosanitari che hanno portato questi popolamenti a uno stato di degrado avanzato (CANTIANI *et al.*, 2005). Molti sono gli studi che hanno cercato di valutare le conseguenze della mancata o scarsa gestione selvicolturale e parallelamente hanno sperimentato modalità di gestione innovative allo scopo di prevenire e proteggere le pinete da attacchi parassitari (ROBERTS *et al.*, 2020), incendi (CORONA *et al.*, 2015), eventi meteorici quali tempeste di vento (CHIRICI *et al.*, 2018) e invasioni biologiche (GHELARDINI *et al.*, 2020). Non tutte le pinete hanno attualmente completato la loro funzione protettiva e necessitano quindi di interventi di diradamento per perseguire l’obiettivo stabilito in fase di realizzazione. Quelle che hanno ormai raggiunto la maturità devono ugualmente essere gestite con interventi selvicolturali idonei a consentire la successiva fase di rinaturalizzazione, *sensu* Nocentini (2000, 2001); ciò significa favorire la successione naturale attraverso la graduale reintroduzione di latifoglie autoctone mediante interventi (ripuliture, sfolli, diradamenti) da

effettuare, a partire dalla fase giovanile/adulta, per non alterare troppo l'equilibrio ecosistemico e regolare la densità della popolazione programmando gli interventi selvicolturali a intervalli idonei alla formazione di soprassuoli maturi, sani e stabili. L'applicazione regolare degli interventi pianificati determina un incremento della funzionalità complessiva dell'ecosistema (BIANCHETTO *et al.*, 2020; DALE *et al.*, 2002; DALE e BEYELER, 2001). Con il passare degli anni le pinete hanno mutato la loro funzione; l'obiettivo di produzione e protezione fissato in origine attualmente può rivestire un ruolo secondario rispetto ai nuovi scenari che attribuiscono a questi soprassuoli importanza in un contesto multifunzionale e sostenibile per la conservazione degli ecosistemi e della loro biodiversità (GONZÁLEZ-ALDAY, 2009; DECOCQ *et al.*, 2004). Questo cambiamento rende necessaria la messa a punto di nuove tecniche di gestione selvicolturale indispensabili per conseguire i "nuovi" obiettivi di questi soprassuoli artificiali. Studi recenti condotti in pinete artificiali in due diverse località della Toscana, hanno confrontato il diradamento normalmente utilizzato nella gestione selvicolturale con un diradamento innovativo che seleziona i soggetti qualitativamente migliori e con maggiore potenziale di sviluppo che vengono favoriti grazie a un diradamento nell'intorno mirato alla loro crescita (CANTIANI *et al.*, 2016). Il lavoro ha l'obiettivo di descrivere la risposta in termini di stabilità di un soprassuolo di pino nero sottoposto a tre diverse modalità di trattamento, dal basso, selettivo e non trattato (controllo), a distanza di 8 anni dalla realizzazione degli interventi selvicolturali.

## Materiali e Metodi

### L'area sperimentale

La sperimentazione è stata condotta in Toscana sul versante senese del Monte Amiata, in località Vivo d'Orcia, nel comune Castiglione d'Orcia (fig. 1).

La morfologia dell'area è caratterizzata da versanti lunghi, ondulati a pendenza da moderata a forte, soggetti ad erosione idrica in-



Figura 1 – Localizzazione area sperimentale.

canalata e a movimenti di massa con frequenti fenomeni di instabilità, frane e smottamenti. I suoli generalmente sono profondi, ben dotati di sostanza organica nell'orizzonte superficiale, a tessitura prevalentemente franco argillosa e argillosa, da debolmente a moderatamente calcarei, debolmente alcalini. Localmente si possono incontrare aree di limitata superficie nelle quali sono presenti ristagni d'acqua conseguenti a un drenaggio superficiale disforme e non sempre efficace (CANTIANI *et al.*, 2015).

Dai dati della stazione meteorologica di Castiglione d'Orcia (516 m s.l.m.) il clima dell'area risulta di tipo caldo-temperato con inverno piovoso ed estate secca. La temperatura media è di 12,5 °C e la piovosità media annuale è pari a 687 mm. Luglio è il mese più secco con 28 mm e il più caldo con una temperatura media di 21,7 °C; novembre è il mese con maggiori precipitazioni (media di 88 mm).

L'area sperimentale è localizzata a una quota media di 780 metri s.l.m., con esposizione prevalente a Sud-Ovest e pendenza media pari al 15%. La pineta, a struttura monoplana, ha un'età di circa 54 anni ed appartiene alla seconda classe di fertilità secondo il modello alsometrico del pino nero della Toscana. La composizione specifica è a netta prevalenza di pino laricio con un contributo marginale di al-

tre specie (soprattutto cerro), che derivano per la maggior parte dal precedente uso del suolo dell'area a ceduo degradato e pascolo arborato di specie quercine.

### Metodi

La sperimentazione prevedeva tre diverse tesi di trattamento: diradamento dal basso (basso) tradizionalmente utilizzato nella gestione delle pinete, diradamento selettivo con scelta delle piante candidate (selettivo) e nessun trattamento (controllo):

- diradamento dal basso: prelievo esclusivamente dal piano dominato;
- diradamento selettivo: questo tipo di diradamento non elimina soggetti di una determinata categoria di piante ma prevede una selezione positiva dei soggetti da rilasciare e da favorire con il diradamento. Vengono selezionate 100 piante ad ettaro, dette can-

didate, con buone potenzialità di sviluppo, buon grado di stabilità meccanica e di vigoria. In stazioni con scarsa fertilità, in popolamenti nei quali ci possono essere problemi ad individuare le candidate, può essere una buona pratica individuare una coppia o una tripletta di “candidate contigue” da selezionare successivamente. Con il diradamento, andranno al taglio nell'intorno della pianta candidata, i soggetti che possono entrare in competizione e condizionare lo sviluppo delle piante selezionate. Visto che il diradamento selettivo può interessare soggetti presenti nei diversi piani del soprassuolo, la percentuale di materiale asportato sarà più elevata rispetto al diradamento dal basso in quanto potranno essere eliminate piante di dimensioni pari o maggiori delle candidate;

- controllo: nessun diradamento.

L'area sperimentale ha interessato 9 ha di superficie, 3 ha per tesi di trattamento. Per

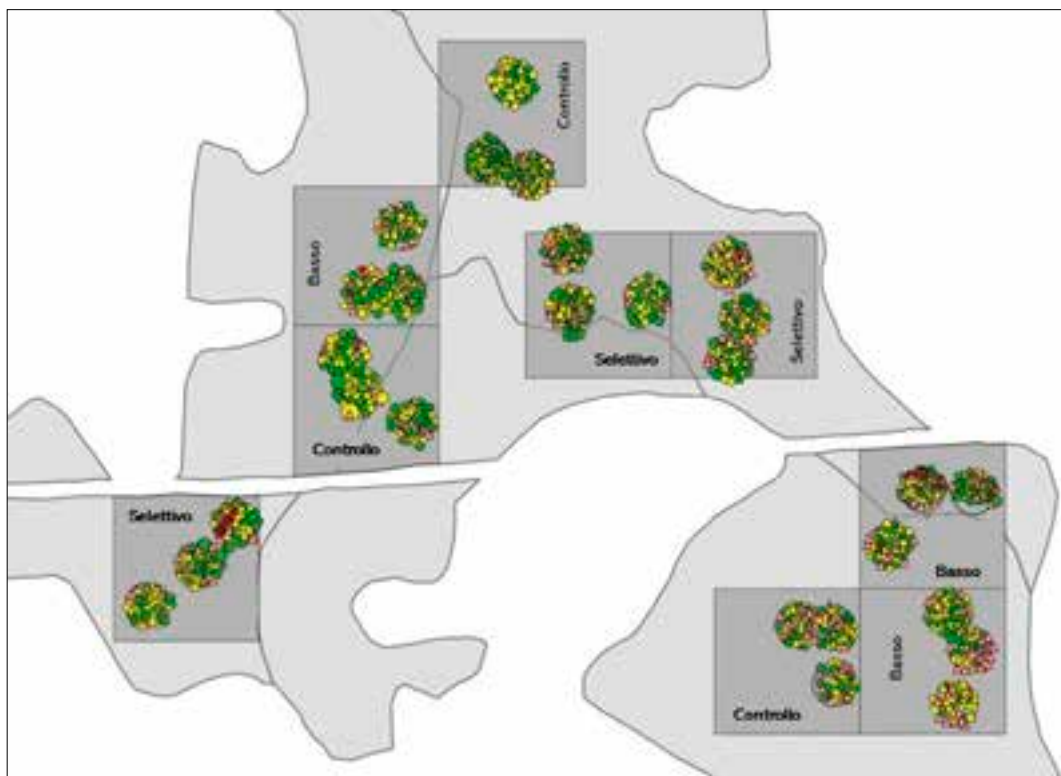


Figura 2 – Distribuzione dei plot di rilievo.



*Figura 3 – Particolare di un plot di rilievo con punto centrale.*

ognuna delle tre tesi di trattamento sono state individuate tre aree di monitoraggio di 1 ha ciascuna. All'interno di ogni area di monitoraggio sono stati distribuiti, con criterio random, 3 plot circolari di 15 m di raggio per le analisi dendrometriche e strutturali della pineta, per un totale di 27 plot di rilievo (fig. 2). Nel mese di giugno del 2015 sono stati realizzati gli interventi di diradamento.

La caratterizzazione delle aree forestali è stata realizzata a inizio 2015, prima dell'intervento, stabilendo una soglia di rilievo delle singole piante a 5 cm di diametro. Nel 2023, a 8 anni dall'intervento, è stata effettuata una nuova campagna di rilievo per valutare gli effetti dei diradamenti a un intervallo maggiore di anni rispetto a quanto realizzato nel corso del progetto. I 27 plot sono stati georeferenziati rilevando le coordinate del punto centrale (fig. 3). Le piante presenti sono state numerate e sono state rilevate le coordinate di ogni albero.

Per ciascuna pianta è stato rilevato il diametro a 1,30 m, l'altezza totale, l'altezza di inserzione della chioma, i 4 raggi della chioma nelle direzioni dei quattro punti cardinali e infine la classe sociale: pianta dominante, codominante e dominata. Con l'elaborazione dei dati raccolti sono stati calcolati i principali parametri dendrometrici medi.

## **Risultati**

La tabella 1 riporta i dati medi dei parametri dendrometrici per tesi di trattamento. I dati si riferiscono al rilievo del 2015, prima e dopo il diradamento (calcolati al netto del prelievo) e a quelli rilevati nel 2023 dopo circa otto anni dall'intervento. Per il controllo, che non è stato interessato da nessun tipo di intervento di taglio, si riportano semplicemente i dati relativi alle due annate di rilievo (2015 e 2023).

Tabella 1 – Dati dendrometrici medi per tesi di trattamento.

		Selettivo			Basso			Controllo	
		2015 (Prima)	2015 (Dopo)	2023	2015 (Prima)	2015 (Dopo)	2023	2015	2023
<b>Età</b>	<b>(anni)</b>	<b>45</b>	<b>46</b>	<b>53</b>	<b>45</b>	<b>46</b>	<b>53</b>	<b>45</b>	<b>53</b>
Numero alberi	(N ha <sup>-1</sup> )	1026	682	659	1047	740	723	1077	1017
Diametro medio	(cm)	24,7	25,0	28,9	23,2	24,5	28,4	23,0	26,0
Volume cormometrico	(m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> )	457	319,3	432	363	295,7	405	363	471
Altezza dominante	(m)	22,0	22,0	20,7	19,8	19,8	18,2	19,7	17,7
Area basimetrica	(m <sup>2</sup> ha <sup>-1</sup> )	48,7	33,5	42,8	43,3	34,8	46,2	42,5	51,4

In base ai valori medi di partenza relativi all'anno 2015, lo stato delle tre tesi risulta abbastanza omogeneo. I valori a ettaro di numero di alberi, volume cormometrico e area basimetrica, calcolati dopo il diradamento al netto del prelievo, ovviamente subiscono un decremento. Nel 2023 si registra un aumento dei valori ad eccezione del numero di alberi che risente di qualche perdita dovuta alla mortalità naturale.

Il prelievo è stato più consistente con il diradamento selettivo in quanto sono state abbattute anche esemplari di grosse dimensioni che si trovavano nel piano dominante a differenza del diradamento dal basso che ha interessato solo il piano dominato. Precisamente con il diradamento dal basso in media è stato prelevato il 29% del numero di alberi, il 20% di area basimetrica e il 19% del volume. Con il diradamento selettivo è stato prelevato in media il 34% del numero di alberi, il 31% di area basimetrica e il 30% del volume.

Dal 2015 al 2023, i dati evidenziano un aumento dei valori delle variabili dendrometriche in tutte le tesi considerate. Le parcelle trattate con il diradamento selettivo sono quelle che hanno evidenziato aumenti maggiori rispetto alle altre due tesi. Nelle parcelle trattate con il diradamento selettivo il volume è aumentato in media del 35% e l'area basimetrica del 28%; nelle parcelle trattate con il diradamento di tipo basso il volume è aumentato in media del 27% e l'area basimetrica del 25%; nel controllo il volume è aumentato del 23% e l'area basimetrica del 17%.

Nelle Figure 4, 5, 6 sono riportate, per ciascuna tesi di trattamento, le distribuzioni di frequenza del numero di alberi in classi di

diametro prima e dopo il diradamento e a 8 anni dal diradamento. La classe diametrica più rappresentata sia prima che dopo il diradamento è quella di 25 cm in tutte le tesi. All'anno dell'ultimo monitoraggio la classe più rappresentata è quella di 30 cm. Nella tesi trattata

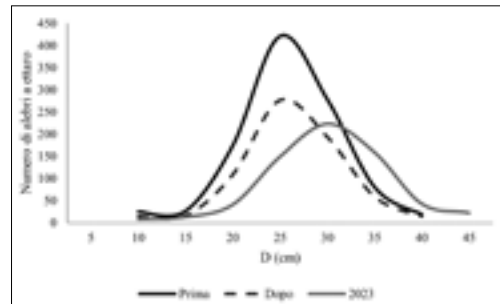


Figura 4 – Selettivo. Distribuzione degli alberi a ettaro per classi di diametro prima e dopo il diradamento e all'anno dell'ultimo monitoraggio (2023).

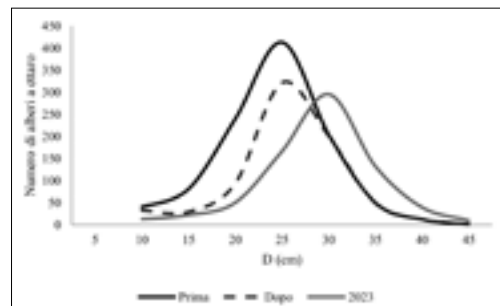


Figura 5 - Basso. Distribuzione degli alberi a ettaro per classi di diametro prima e dopo il diradamento e all'anno dell'ultimo monitoraggio (2023).

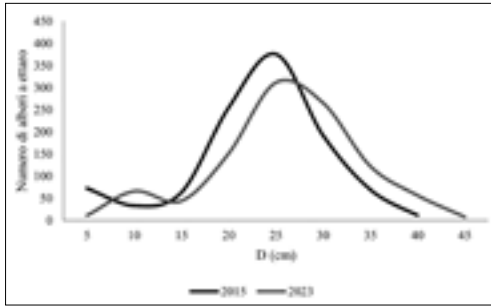


Figura 6 – Controllo. Distribuzione degli alberi a ettaro per classi di diametro nel 2015 e nel 2023.

con il diradamento selettivo si verifica un abbassamento della curva di frequenza a vantaggio di una più ampia distribuzione degli alberi tra tutte le classi diametro favorendo, quindi, la differenziazione diametrica.

La misura delle altezze ha consentito di calcolare il rapporto di snellezza (altezza totale dell'albero/diametro del fusto), uno dei parametri che maggiormente viene impiegato per la valutazione della stabilità meccanica dei popolamenti forestali artificiali e monoplani, come le pinete di pino nero (PATACCHINI *et al.*, 2020). Il diradamento, infatti, rappresenta l'azione selvicolturale che influenza in modo sostanziale il grado di stabilità di un popolamento poiché si interviene sulla densità degli alberi e, di conseguenza, sulla capacità di ottimizzazione della

luce da parte delle chiome con conseguente effetto positivo in termini di crescita delle piante (CAMERON, 2002; PRETZSCH e SCHUTZE, 2005). In letteratura, oltre al rapporto di snellezza, esistono anche altri parametri utilizzati per la valutazione della stabilità meccanica degli alberi di un popolamento forestale: la profondità relativa della chioma, l'area di insidenza della chioma e il grado di eccentricità della chioma (CANTIANI e CHIAVETTA, 2015). Tuttavia, si predilige calcolare il rapporto di snellezza, oltre che per la semplicità di rilievo dei parametri necessari, anche per la presenza in letteratura di riferimenti e valori di soglia critici già consolidati (PATACCHINI *et al.*, 2020).

I dati medi del rapporto di snellezza, relativi all'anno 2015, sono inferiori al valore critico pari a 90 al di sotto del quale una pianta di pino nero è considerata meccanicamente stabile (CANTIANI e CHIAVETTA, 2015). Gli stessi valori però evidenziano un soprassuolo caratterizzato da un basso grado di stabilità se confrontati con quanto riportato nella tavola alsometrica del pino nero e laricio della Toscana di Bernetti *et al.* (1969) (72,8 per popolamenti di 45 anni). A 8 anni dall'intervento, i valori medi del rapporto di snellezza diminuiscono nelle tesi diradate a differenza del controllo che, invece, fa registrare un leggero aumento (tab. 2).

Il range di variazione è abbastanza eterogeneo in tutte le tesi (fig. 7). Nel 2015 le classi

Tabella 2 – Rapporto di snellezza. Parametri statistici e indici di variabilità calcolati per tesi di trattamento nel 2015 e nel 2023. Media (media aritmetica), min (valore minimo), max (valore massimo), Dev. Std (deviazione standard), Err (errore standard), CV (coefficiente di variazione).

	2015					
	Media	min	max	Dev. Std	Err ±	CV %
Basso	73	13	182	17,5	0,68	22,66
Selettivo	80	14	185	15,6	0,61	19,57
Controllo	74	16	174	16,6	0,65	21,53
	2023					
	Media	min	max	Dev. Std	Err ±	CV %
Basso	71	45	179	13,8	0,66	19,53
Selettivo	77	37	161	14,9	0,73	19,39
Controllo	75	39	265	17,4	0,69	22,93

più rappresentate nelle aree diradate dal basso sono quelle comprese tra i 10 e i 35 cm; nelle aree diradate in modo selettivo, le classi più rappresentate sono quelle comprese tra 15 e 35 cm. Nel 2023, le classi più rappresentate sono quelle comprese tra i 20 e i 45 cm in entrambe le tesi. Nel controllo, a differenza delle altre due tesi, le classi più rappresentate sono comprese tra 15 e 35 cm sia nel 2015 che nel 2023.

L'andamento delle curve è sempre decrescente in tutte le tesi e ciò si traduce in alberi più stabili a mano a mano che ci si sposta nelle classi diametriche maggiori. La distribuzione

dei valori e l'andamento delle curve permettono di affermare che il diradamento, al di là del tipo applicato, ha comunque un effetto positivo perché oltre a ridurre progressivamente il valore del rapporto  $H/D$ , determina con il tempo, anche uno spostamento delle classi diametriche più rappresentate verso destra. Questo aspetto risulta importante soprattutto in riferimento al diradamento selettivo con scelta delle piante d'avvenire in cui, le candidate che arriveranno a fine turno tenderanno a occupare le classi diametriche maggiori e cioè quelle in cui le piante registrano valori di  $H/D$  minori aumentando così la stabilità del soprassuolo.

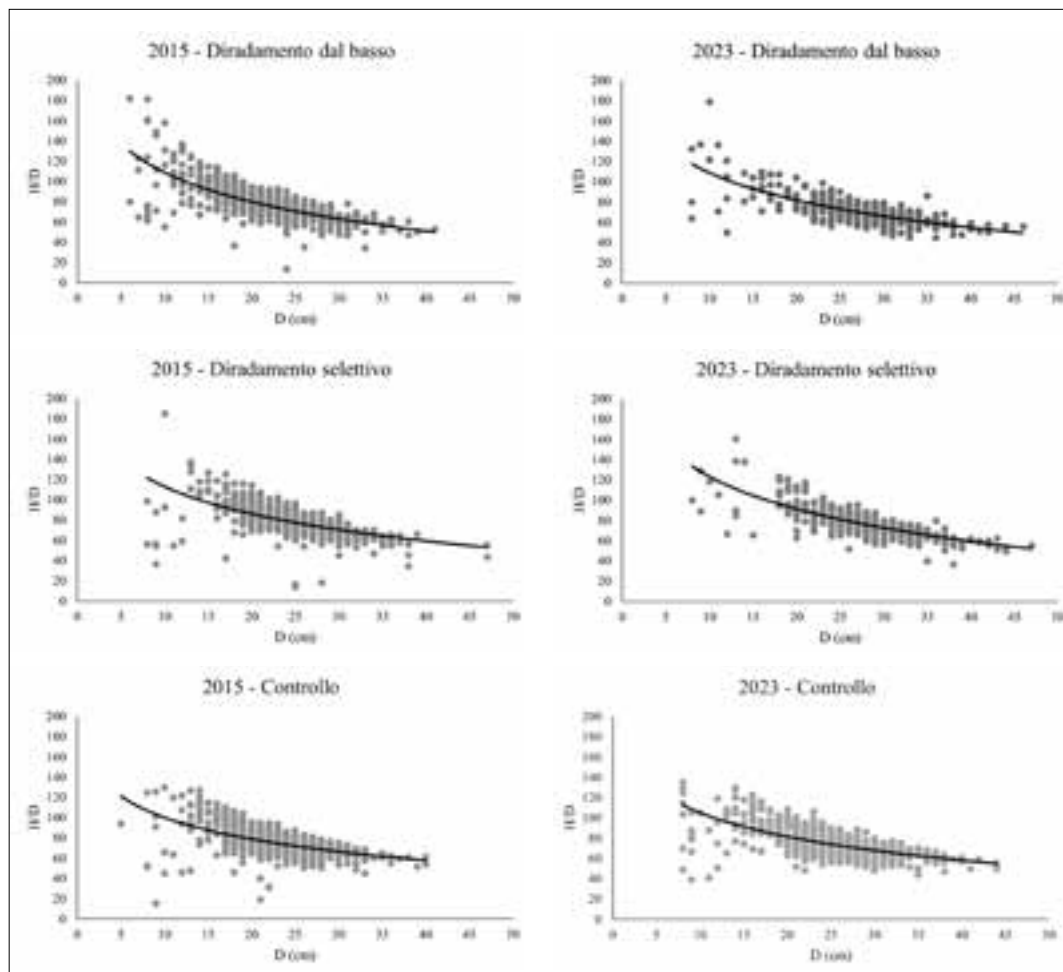


Figura 7 – Andamento del rapporto di snellezza in funzione del diametro calcolato nel 2015 (a sinistra) e nel 2023 (a destra) per tutte le tesi (diradamento dal basso, diradamento selettivo e controllo).

## Discussione e conclusioni

I tempi che un popolamento forestale impiega per crescere, evolversi e riprodursi sono molto lunghi (GIANNINI e SUSMEL, 2006). Un arco temporale di otto anni è troppo breve per definire con certezza il raggiungimento che ci si prefigge nel pianificare gli interventi colturali all'interno di un bosco (CAMERON, 2002). Tuttavia, in questo breve periodo è possibile monitorare i primi effetti dei diradamenti e alcune risposte sulla validità o meno di un intervento selvicolturale sia in termini produttivi che di stabilità del popolamento (CANTIANI *et al.*, 2010). In accordo con altri studi, i risultati ottenuti mostrano che i diradamenti applicati hanno determinato in entrambi i casi un aumento delle variabili dendrometriche con ricadute positive sui popolamenti e che possono essere considerati il mezzo più efficace per accrescere la stabilità di popolamenti forestali artificiali monopiani (MITCHELL, 2000; CANTIANI, 2016). Il diradamento selettivo, con scelta delle piante d'avvenire, ha determinato risposte più incisive sia da un punto di vista produttivo che di stabilità del soprassuolo con valori percentuali di volume a ettaro maggiori anche di otto punti rispetto ai valori medi percentuali calcolati nelle aree trattate con il diradamento dal basso e di dodici punti rispetto alle aree controllo. I risultati ottenuti sono in linea con quelli di altre sperimentazioni che hanno evidenziato il miglioramento della stabilità meccanica di boschi di conifere sottoposti a diradamento selettivo (PATACCHINI *et al.*, 2020) e anche di altri benefici legati alla multifunzionalità del bosco (MARCHI *et al.*, 2018).

I diradamenti possono essere considerati interventi fondamentali del trattamento delle fustaie coetanee (LARSEN, 1995; CANTIANI *et al.*, 2016). Nello specifico le due diverse tipologie di diradamento hanno favorito l'incremento produttivo del popolamento consentendo di ottenere migliori assortimenti in termini quantitativi. Il diradamento di tipo selettivo con la scelta delle piante candidate, come ipotizzato, ha favorito una maggiore protezione del suolo grazie allo sviluppo di piante con conformazione più equilibrata in termini di fusto e chioma e ha determinato un

incremento a livello di stabilità meccanica e di produzione consentendo anche di ottenere un migliore tipo di assortimenti ritraibili.

Chiaramente, la diminuzione della densità delle piante dopo il diradamento determina un breve periodo successivo all'intervento, in cui il popolamento risente degli effetti attraverso un indebolimento soprattutto da un punto di vista della stabilità meccanica con valori anche maggiori rispetto a quelli prima del diradamento (CANTIANI *et al.*, 2015). Dopo pochi anni, però, gli effetti positivi apportati dall'aumento dello spazio a disposizione tra le piante determinano uno stimolo incrementale sulla crescita delle chiome e dei fusti. Questo periodo di tempo, tuttavia, non è standardizzabile e varia in funzione della specie e dello stadio evolutivo del popolamento. È un periodo in cui il popolamento risente positivamente degli effetti del diradamento evidenziando un aumento del grado di stabilità meccanica (DEL RIO *et al.*, 2017). In questo modo, gli effetti positivi dell'intervento riducono gli effetti negativi iniziali di disturbo alle condizioni di equilibrio del soprassuolo.

I risultati ottenuti fanno riferimento a un periodo relativamente breve; infatti, tra il diradamento e l'ultimo monitoraggio sono trascorsi solo otto anni. In via preliminare è possibile affermare che il diradamento influisce in maniera positiva in termini produttivi. Il diradamento selettivo con scelta delle piante d'avvenire sembra valorizzare il soprassuolo non solo in termini produttivi ma anche in riferimento alla stabilità meccanica già nei primi anni successivi al diradamento. Per poter valutare l'effettiva reazione dei popolamenti al diradamento, bisognerà monitorare nel tempo le superfici trattate al fine di definire un intervallo di tempo ottimale tra un diradamento e il successivo che consenta di ottimizzare la reattività del soprassuolo in termini incrementali e di stabilità meccanica.

## Ringraziamenti

Un ringraziamento al personale dell'Unione dei Comuni Amiata Val d'Orcia e al collega Valter Cresti per l'importante aiuto durante la raccolta dati nel 2023.



Il lavoro è stato realizzato nelle aree sperimentali del progetto LIFE13 BIO/IT/000282 – SelPiBio ed è stato possibile grazie agli studi sul pino nero svolti con passione e professionalità dal nostro caro Amico e collega Paolo Cantiani che ricordiamo con affetto.

## BIBLIOGRAFIA

- BERNETTI G., CANTIANI M., HELLRIGL B., 1969 – *Ricerche alsometriche e dendrometriche sulle pinete di pino nero e laricio in Toscana*. L'Italia Forestale e Montana, XXIV (1): 10-40.
- BIANCHETTO E., BECAGLI C., SANZ CANENCIA I., 2020 – *Effetti a breve termine dei diradamenti sulla vegetazione del sottobosco in pinete di pino nero (Pinus nigra J.F. Arnold) in Toscana*. Dendronatura N. 2: 76-90.
- CAMERON A.D., 2002 – *Importance of early selective thinning in the development of long-term stand stability and improved log quality: a review*. Forestry 75: 25-35.
- CANTIANI P., IORIO G., PELLERI F., 2005 – *Effetti di diradamenti in soprassuoli di pino nero (Pettenaio, Perugia)*. Forest@ 2 (2): 207-216.
- CANTIANI P., PLUTINO M., AMORINI E., 2010 – *Effetti del trattamento selvicolturale sulla stabilità delle pinete di impianto di pino nero*. Annali CRA – Centro di Ricerca per la Selvicoltura 36: 49-58.
- CANTIANI P., GARDIN L., MARCHI M., RINALDINI G., 2015 – *Le aree di indagine del Progetto SelPiBioLIFE. Relazione tecnica: Azione A1 – Quadro conoscitivo della componente fisica dei territori, della componente forestale e della gestione dei boschi*. 52 pp.
- CANTIANI P., CHIAVETTA U., 2015 – *Estimating the mechanical stability of Pinus nigra Arn. using an alternative approach across several plantations in central Italy*. iForest-Biogeosciences and Forestry 8.6: 846 pp.
- CANTIANI P., DE MEO I., BECAGLI C., BIANCHETTO E., CAZAU C., MOCALI S., SALERNI S., 2015 – *Effects of thinnings on plants and fungi biodiversity in a Pinus nigra plantation: a case study in central Italy*. Forestry Ideas, vol. 21, 2 (50): 149-162.
- CANTIANI P., 2016 – *Il diradamento selettivo. Accrescere stabilità e biodiversità in boschi artificiali di pino nero. Manuale tecnico SelPiBioLife*. Compagnia delle Foreste: 67 pp.
- CHIRICI G., BOTTALICO F., GIANNETTI F., ROSSI P., DEL PERUGIA B., TRAVAGLINI D., NOCENTINI S., KUTCHARIT E., MARCHI E., FODERI C., FIORAVANTI M., FATTORINI L., GUARIGLIA A., CIANCIO O., BOTTAI L., McROBERTS R.E., NÆSSET E., CORONA P., GOZZINI B., 2018 – *Assessing forest windthrow damage using single-date, post-event airborne laser scanning data*. Forestry: An International Journal of Forest Research, 91(1): 27–37. <https://doi.org/10.1093/forestry/cpx029>.
- CORONA P., ASCOLI D., BARBARI A., BOVIO G., COLANGELO G., ELIA M., GARFÌ V., IOVINO F., LAFORTEZZA R., LEONE V., 2015 – *Integrated Forest management to prevent wildfires under Mediterranean environments*. Annals of Silvicultural Research 39: 1-22.
- DALE V.H., BEYELER SC., 2001 – *Challenges in the development and use of ecological indicators*. Ecological Indicators 1: 3-10.
- DALE V.H., BEYELER SC., JACKSON B., 2002 – *Understory vegetation indicators of anthropogenic disturbance in longleaf pine forests at Fort Benning, Georgia, USA*. Ecological Indicators 1: 155-170.
- DECOCQ G., AUBERT M., DUPONT F., ALARD D., SAGUEZ R., WATTEZ-FRANGER A. et al., 2004 – *Plant diversity in a managed temperate deciduous forest: understory response to Two silvicultural systems*. Journal of Applied Ecology 41:1065-1079.
- DEL RÍO M., BRAVO-OVIEDO A., PRETZSCH H., LÖF M., RUIZ-PEINADO R., 2017 – *A review of thinning effects on Scots pine stands: From growth and yield to new challenges under global change*. Forest Systems 26(2): eR03S.
- GASPARINI P., TABACCHI G., 2011 – *L'Inventario Nazionale delle Foreste e dei serbatoi forestali di Carbonio INFC 2005*. Milano, Edagricole: 653.
- GHELARDINI L., AGLIETTI C., LORIA F., CERBONESCHI M., GIONNI A., GOTI E., MARESI G., MORICCA S., MARCHI G., 2020 – *Dothistroma Needle Blight in protected pine forests in Italy. Management of Biological Invasions*. 11(4): 689-702. <https://doi.org/10.3391/mbi.2020.11.4.05>.
- GIANNINI R., SUSMEL L., 2006 – *Foreste, boschi, arboricoltura da legno*. Forest@ 3: 464-487.
- GONZÁLEZ-ALDAY J., MARTÍNEZ-RUIZ C., BRAVO F., 2009 – *Evaluating different harvest intensities over understory plant diversity and pine seedlings, in a Pinus pinaster Ait. natural stand of Spain*. Plant Ecology 201: 211-220.
- ISAJEV, V., B. FADY, H. SEMERCI and V. ANDONOVSKI, 2004 – *EUFORGEN Technical Guidelines for genetic conservation and use for European black pine (Pinus nigra)*. International Plant Genetic Resources Institute, Rome, Italy. 6 pages. Drawings: Pinus nigra, Claudio Giordano. © PGRI, 2003. ISBN 92-9043-659-X.
- LARSEN J.B., 1995 – *Ecological stability of forests and sustainable silviculture*. Forest Ecology and Management 73: 85-96.
- MARCHI M., PALETTO A., CANTIANI P., BIANCHETTO E., DE MEO I., 2018 – *Comparing Thinning System Effects on Ecosystem Services Provision in Artificial Black Pine (Pinus nigra J. F. Arnold) Forests*. Forests 9: 188.
- MITCHELL S.J., 2000 – *Stem growth responses in Douglas-fir and Sitka spruce following thinning: implications for assessing wind-firmness*. Forest Ecology and Management 135: 105-114.
- NOCENTINI S., 2000 – *La rinaturalizzazione dei sistemi forestali: Aspetti concettuali*. L'Italia Forestale e Montana 4: 211-218.
- NOCENTINI S., 2001 – *La rinaturalizzazione come strumento di recupero dei sistemi forestali semplificati nell'Italia Meridionale*. L'Italia Forestale e Montana 5: 344-351.

PARDÉ J., TURPIN T., 1959 – *Caractéristiques et production des peuplements de Pin laricio du Domain des Barres*. Revue Forestière Françaises 11 (5): 376–391.

PATACCHINI M., LAZZERINI G., DI SALVATORE U., CANTIANI P., 2020 – *Influenza dei diradamenti sulla stabilità dei popolamenti artificiali di pino nero. Primi risultati sperimentali nel breve periodo*. Dendronatura N. 2: 15-32.

PRETZSCH H., SCHUTZE G., 2005 – *Crown allometry and growing space efficiency of Norway spruce (Picea abies [L.] Karst.) and European beech (Fagus sylvatica L.) in pure and mixed stands*. Plant Biology 7: 628–639.

ROBERTS M., GILLIGAN CA., KLECZKOWSKI A., HANLEY N., WHALLEY AE., HEALEY JR., 2020 – *The Effect of Forest Management Options on Forest Resilience to Pathogens*. Frontiers in Forest and Global Change, 3: 7 doi: 10.3389/ffgc.2020.00007.

TÁRREGA R., CALVO L., MARCOS E., TABOADA A., 2006 – *Forest structure and understory diversity in Quercus pyrenaica communities with different human uses and disturbances*. Forest Ecology and Management 227: 50-58.

ZLATKO L., TONI N., BOŽENA M., ZLATKO S., 2003 – *RAPD markers and Black Pine (Pinus nigra Arnold) intraspecies taxonomy of nine population*. Acta Societatis Botanicorum Poloniae, Vol. 72. No. 3: 249-257.

### Manuela Plutino

Email: manuela.plutino@crea.gov.it  
CREA Centro di Ricerca Foreste e legno  
viale Santa Margherita, 80 – Arezzo

### Elisa Bianchetto

Email: elisa.bianchetto@crea.gov.it  
CREA Centro di Ricerca Agricoltura e ambiente  
via di Lanciola 12/A – Firenze

**PAROLE CHIAVE:** pino nero, diradamenti, stabilità meccanica

### RIASSUNTO

Il pino nero (*Pinus nigra* Arn. ssp. *laricio* Poirét) è stato utilizzato in passato per il rimboscimento di terreni degradati e attualmente caratterizza vaste aree della regione mediterranea. La gestione di questi soprassuoli non sempre è stata realizzata razionalmente e con le giuste tempistiche, ciò ha causato l'insorgenza di problemi fitosanitari, di stabilità e di suscettibilità agli incendi boschivi con conseguente degrado delle pinete che attualmente si presentano con struttura monoplana ad alta densità e con scarsa biodiversità del sottobosco. Questo lavoro ha lo scopo di descrivere la risposta di una pineta situata nel sud della Toscana, diradata nel 2015 con 2 diverse modalità di intervento, in particolare per quanto riguarda gli effetti sulla stabilità e sulla produttività a 8 anni dal diradamento. Lo studio ha evidenziato l'influenza positiva dei diradamenti con particolare riferimento al diradamento selettivo con scelta delle piante d'avvenire che sembra valorizzare il carattere produttivo del soprassuolo e la stabilità meccanica già nei primi anni successivi al diradamento.

**KEYWORDS:** black pine, thinnings, mechanical stability

### SUMMARY

In the past, black pine (*Pinus nigra* Arn. ssp. *laricio* Poirét) has been used for reforestation of degraded lands. Black pine currently characterizes large areas of the Mediterranean region. Management of pine forests has not always been rationally carried out and interventions have not always been carried out at the right time. The onset of phytosanitary problems, stability, susceptibility to forest fires with consequent degradation of the pine forests is a consequence. Pine forests currently have a high-density monoplane structure and poor undergrowth biodiversity. This work aims to describe the response of a pine forest located in southern Tuscany and subjected to thinning through two different silvicultural protocols, in 2015, and their effects on structure, stability and productivity after 8 years from thinning. The study shows the positive influence of thinning and selective thinning which enhances the productivity of the stand and mechanical stability already in the first years following thinning.