

# Effetti del trattamento selvicolturale sulla stabilità delle pinete di impianto di pino nero

Paolo Cantiani<sup>\*1</sup>, Manuela Plutino<sup>1</sup>, Emilio Amorini<sup>1</sup>

*Accettato il 29 settembre 2010*

**Riassunto** – Si riportano i risultati di una sperimentazione impostata nel 1978 sul trattamento selvicolturale di una pineta di impianto di pino nero nel territorio del Pratomagno casentinese (Arezzo). Le tesi poste a confronto sono state: (i) diradamento dal basso moderato; (ii) diradamento dal basso forte; (iii) controllo. Il trattamento ha previsto tre diradamenti nel 1978, nel 1999 e nel 2009 alle età di 24, 45 e 55 anni. Si analizzano gli interventi attuati e gli effetti nel tempo sui parametri dendrometrici e di stabilità del soprassuolo H/D (rapporto ipsodiametrico medio) e  $H/D_{dom}$  (rapporto ipsodiametrico dominante). Sono analizzati poi i parametri: rapporto ipsodiametrico, profondità, area di insidenza ed eccentricità della chioma su un campione di alberi stratificati per classe sociale e per tesi di trattamento in confronto con uno cresciuto in assenza di concorrenza. I risultati confermano che i diradamenti sono il mezzo più incisivo per accrescere la stabilità di popolamenti forestali artificiali monoplani. Tipo, regime e grado dei singoli interventi in rapporto allo stadio di sviluppo sono gli elementi determinanti. Nei diradamenti dal basso l'intensità dell'intervento influisce direttamente sull'incremento dei parametri di stabilità nel tempo soltanto se gli interventi interessano anche il piano dominante. La sperimentazione ha dimostrato che tutti i parametri di stabilità sono migliorati nei dieci anni successivi al diradamento intermedio eseguito a 45 anni, in misura maggiore nella tesi di diradamento forte.

**Parole chiave:** *Pinus nigra, piantagioni, stabilità meccanica, diradamenti.*

**Abstract** – Effects of silvicultural treatment on the stability of black pine plantations. Black pine plantations have been established at the purpose of recovering a forest cover to marginal soils, mostly throughout the Apennines range in Italy, since the end of the eighteenth century and up to the mid 1900. Both the decay of forest cover and soil erosion were the outcome of the long-lasting overuse through the intensive forest exploitation practices, grazing of the forest floor and wildfires, occurring since many centuries ago. The primary function of pine reforestation was therefore to re-establish a first cover with a pioneer species, preparatory to future mixed forest types based on the natural reintroduction of broadleaves originally living in the same areas, mainly deciduous oaks and beech in the upper part. These goals have been partly met over the wide reforestation area; the key functions of pine stands are today the protection against soil erosion and the hydrological regulation of catchments. The pine stands have been assuming today also a scenic role because they have been incorporated in the landscape physiognomy. A series of thinning up to the regeneration phase had been planned by foresters since the design of these plantations, but many stands have grown unthinned and fully stocked for a long time, this condition contributing a less mechanical stability of trees. Alternative forms of regeneration in grown-up stands have been and are being tested to improve both the natural and artificial establishment of indigenous species, but thinnings remain, even if a tardy measure, the main practice enforceable to these pine forests. The results of experimental trials undertaken in the black pine forest stand located in Pratomagno casentinese (Arezzo) are being reported in the paper. The study started in 1978 and the following thinnings were tested (A) heavy thinning from below; (B) moderate thinning from below; (C) control. Three thinnings were carried out in 1978, 1999 and 2009 at the ages of 24, 45 and 55. The action over time of each intervention on the mensurational and mechanical stability parameters (H/D ratio  $H/D_{dom}$  ratio), are being analyzed. The stability parameters of the pine forest after three interventions (H/D ratio, crown ratio, horizontal crown projection and eccentricity of the crown) have been also analyzed on a sample of trees per thesis and compared with those of trees grown in absence of competition. Sampled trees were sorted per social class. Results proved that type, interval and intensity of thinning related to the age of intervention are the main determinants of a successful treatment. Thinnings from below increase individual stability over time only when also trees living in the main crop layer are being removed. The trials showed the improvement of stability parameters following the intermediate thinning applied at the age of 45. The thesis of heavy thinning had the best performance as for the awaited purpose.

**Key words:** *Pinus nigra, plantations, mechanical stability, thinnings.*

*F.D.C.: 174.7: Pinus nigra: 242: 228.7*

## Premessa

E' indubbio il valore ambientale e paesaggistico delle pinete di impianto di pino nero (*Pinus nigra Arn.*) costituite sui rilievi appenninici quale stadio iniziale della successione verso popolamenti secondari

a maggiore qualità ecologica (AMORINI 1983).

La superficie rimboschita a pino nero, laricio e loricato nelle regioni dell'Appennino centrale ammonta a 78914 ettari, rispetto a una superficie totale nazionale di 236467 ettari (IFNC 2008). In Toscana le pinete di impianto a prevalenza di pino nero coprono una

---

<sup>1</sup> CRA-SEL Centro di Ricerca per la Selvicoltura, Arezzo

\* Autore corrispondente [paolo.cantiani@entecra.it](mailto:paolo.cantiani@entecra.it)

superficie pari a 12357 ettari (CIABATTI *et al.* 2009). La maggior parte dei popolamenti appenninici presenta stadi di sviluppo adulti: giovani fustaie, fustaie, fustaie mature.

Il trattamento delle pinete, come originariamente concepito, prevedeva generalmente il taglio raso alla scadenza del turno (in media 90 anni) e la rinnovazione artificiale posticipata con impianto di specie diverse dal pino e più esigenti dal punto di vista edafico (PAVARI 1961). Diverse fasi del trattamento sono state troppo spesso disattese: gli interventi intercalari o non sono stati effettuati, oppure sono stati talmente blandi da risultare inefficaci ad incidere sul bilancio ecofisiologico del bosco (GAMBI 1983; AMORINI e FABBIO 1992; BERNETTI 2000; CANTIANI 2000; CANTIANI e PLUTINO 2009).

Soprattutto nelle pinete di proprietà pubblica, non è ritenuto più sostenibile procedere a fine ciclo alla rinnovazione per reimpianto. La tendenza attuale è pertanto quella di perseguire la rinnovazione naturale attraverso scelte colturali che favoriscano l'insediamento progressivo di specie autoctone. Il trattamento non è stato ancora codificato, ma le sue ipotesi si incentrano sulla creazione di aperture nella copertura della pineta tramite tagli a buche (MALCOM *et al.* 2001; GUGLIOTTA e MERCURIO 2003; CIANCIO *et al.* 2006; MERCURIO *et al.* 2009), diradamenti di forte intensità (BIANCHI *et al.* 2010) oppure interventi localizzati (NOCENTINI e PULETTI 2009).

La gestione delle pinete è caratterizzata dall'applicazione di un ciclo di diradamenti che non hanno la finalità principale di incrementare la produzione legnosa quanto di accrescere la funzionalità ecologica dei popolamenti. I diradamenti stimolano lo sviluppo armonico tra le varie componenti costitutive delle singole piante (fusto, chioma e apparato radicale) accrescendo la reattività delle pinete alla successione verso soprassuoli con caratteri compositivi e strutturali capaci di garantire maggiore stabilità ecologica (CANTIANI e PIOVOSI 2009).

La "stabilità" può essere utilizzata come valido indicatore di efficienza funzionale di un popolamento forestale. Soprassuoli stabili da un punto di vista meccanico sono il risultato di equilibri ecologici tra disponibilità ed uso delle risorse (acqua, luce, suolo) e garantiscono elevati valori di assolvimento delle loro funzioni (HALE *et al.* 2004). La stabilità del soprassuolo può essere intesa anche come la capacità di resistere e reagire alle perturbazioni esterne e di autopertuarsi, ovvero l'attitudine di rinnovarsi naturalmente

ed incrementare la complessità ecologica (PIUSSI 1986; BERTINI 2001). La gestione di boschi di origine artificiale è maggiormente flessibile se la loro stabilità è elevata: ciò permette di ampliare la gamma di scelte selvicolturali in fase di pianificazione.

Lo strumento selvicolturale maggiormente incisivo per garantire la stabilità di popolamenti di origine artificiale a struttura compositiva e cronologica semplificata è il diradamento (LA MARCA 1986; MITCHELL 2000; CAMERON 2002; BRUCHERT e GARDINER 2006).

Le pinete appenniniche di pino nero hanno generalmente un disegno di impianto regolare e una densità elevata finalizzati alla ricostituzione rapida della copertura forestale. Lo spazio aereo a disposizione di ciascun soggetto rappresenta il limite per lo sviluppo della chioma e quindi del fusto e dell'apparato radicale dei pini. L'ampliamento dello spazio a disposizione delle chiome dei popolamenti monoplani ha effetti positivi se effettuata a stadi di sviluppo nei quali la stabilità meccanica degli alberi non sia compromessa (WILSON e OLIVIER 2000), ovvero quando la competizione abbia ormai conformato definitivamente le strutture degli alberi.

Si riportano i risultati di una prova comparativa di trattamento in una pineta artificiale di pino nero in Casentino (Arezzo) e se ne valutano gli effetti sui parametri di stabilità del popolamento a circa trent'anni dall'impostazione della prova sperimentale.

## Materiali e metodi

La superficie totale degli impianti a prevalenza di pino nero del Pratomagno è di poco inferiore a 900 ettari, in un comprensorio che si estende sui versanti casentinesi e del Valdarno superiore.

Il protocollo sperimentale è stato impostato nel 1978 in località Palmoline (Arezzo), in un'area con quota media pari a 890 m s.l.m., esposizione Nord Est e pendenza media di 20°. La formazione geologica del territorio è rappresentata dal Macigno del Chianti, caratterizzato dall'alternanza di arenarie quarzose feldspatiche con siltiti e argilliti scistose. Dalla matrice geologica derivano suoli acidi, ricchi di potassio e poveri di calcare (D.R.E.Am 2007).

Il regime pluviometrico è di tipo submontano appenninico con valore massimo assoluto in autunno e minimo assoluto nel mese di agosto (Figura 1) (PLUTINO *et al.* 2009).

Il popolamento oggetto della ricerca è costituito

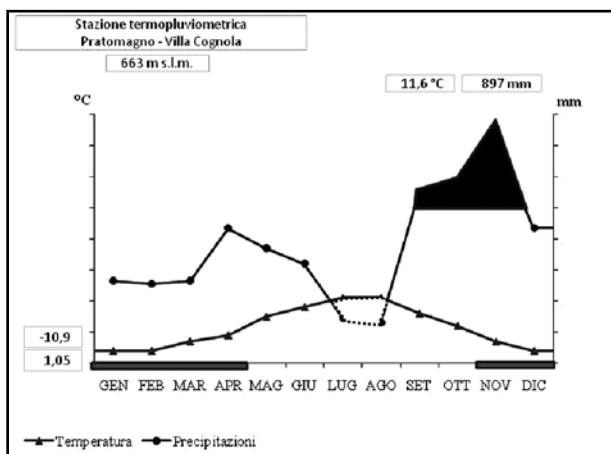


Fig. 1 - Villa Cognola (Loro Ciuffenna, Arezzo). Diagramma termopluviometrico.  
 Climatic diagram of the site.

da pino laricio (anno di impianto 1954) e rappresenta uno dei primi settori del rimboschimento effettuato sul massiccio del Pratomagno (Arezzo), proseguito fino agli anni '70 del secolo scorso. Il disegno del rimboschimento ha previsto una densità iniziale di circa 2500 piante ad ettaro disposte a quinconce con distanza di 2 m, alternate a gradoni (distanza tra le piantine nel gradone di 50 cm) (ANGERILLI 1970). Il popolamento rientra nel tipo *pineta neutro acidoclina di pino nero* (MONDINO e BERNETTI 1998; BIANCHI e PACI 2002); rispetto al modello alsometrico per il pino nero e laricio della Toscana la pineta appartiene alla 2° classe di fertilità (BERNETTI *et al.* 1969).

Il protocollo è costituito da 9 parcelle permanenti rettangolari di 750 m<sup>2</sup> di superficie separate da una fascia di rispetto di circa 15 metri in un'area omogenea per caratteristiche stazionali e del soprassuolo. La sperimentazione ha previsto 3 tesi di trattamento con 3 ripetizioni secondo lo schema campionario dei blocchi randomizzati completi:

Tesi A – Diradamento dal basso forte

Tesi B – Diradamento dal basso moderato

Tesi T – Controllo (assenza di trattamento).

La pineta è stata oggetto di tre interventi, rispettivamente all'età di 24, 45 e 55 anni.

Gli attributi “forte” e “moderato” adottati per la definizione delle tesi di diradamento esulano da considerazioni di tipo alsometrico o normativo e stanno a evidenziare un diverso atteggiamento ad incidere più o meno attivamente sulla struttura del popolamento. Ferma restando la differenza relativa tra le tesi in termini di percentuale di prelievo tra i trattamenti, la reale

differenziazione tra le tesi sta nel diverso approccio alla martellata ai tre diradamenti: la tesi B rappresenta il classico diradamento dal basso moderato (prelievo del piano dominato con interessamento marginale del piano codominante), mentre il trattamento della Tesi A, di maggiore intensità, soprattutto nel secondo intervento, acquisisce caratteristiche di selettività, agendo con maggior incisività nel piano dominante per favorire i soggetti di migliore conformazione.

Nell'occasione dei tre interventi di diradamento è stato effettuato il rilievo dendrometrico completo in tutte le aree sperimentali (cavallettamento totale e rilievo di altezze su alberi modello per la definizione della funzione ipsodiametrica). Per la funzione di cubatura del popolamento è stato adottato il modello di HELLRIGL (BERNETTI *et al.* 1969) che, per le pinete del Pratomagno, si è dimostrato il più affidabile (CANTIANI e PIOVOSI 2009). Per ciascun inventario è stato rilevato il rapporto ipsodiametrico medio del popolamento (H/D) ed il rapporto ipsodiametrico relativo alla media della componente dominante, ovvero le 100 piante di maggiori dimensioni in diametro ad ettaro ( $H/D_{dom}$ ).

In Tabella 1 si riportano le caratteristiche sintetiche delle tesi di trattamento. Il primo diradamento, effettuato nel 1978 all'età di 24 anni, è stato prevalentemente dal basso, di intensità contenuta per entrambe le tesi trattate, anche se maggiormente incidente sui soggetti delle classi diametriche più elevate nella tesi A. Il secondo intervento è stato effettuato dopo un ventennio (nel 1999 all'età di 45 anni) ed è stato caratterizzato da una maggior differenziazione tra le tesi in termini di numero e di area basimetrica prelevati. Pur rimanendo nell'ambito del diradamento dal basso, la tesi A è stata caratterizzata da una più spiccata “culturalità”; la martellata ha avuto caratteristiche di tipo selettivo con l'obiettivo di favorire i soggetti di migliore conformazione, allo scopo di accrescere la stabilità complessiva del popolamento.

**Tab. 1** - Diradamenti sperimentali: percentuali di prelievo in numero di piante ed area basimetrica e  $K_d$  (diametro medio piante diradate/diametro medio piante prima del diradamento).  
 Experimental thinning trials: percentage harvest (number of trees and basal area) and  $K_d$  (average diameter of removed trees/average diameter of trees before thinning ratio).

anno	età	Tesi	N %	G %	$K_d$
1978	24	A	28.5	17.6	0.81
		B	26.0	12.5	0.64
1999	45	A	45.7	32.1	0.84
		B	30.8	19.5	0.74
2009	55	A	32.4	25.9	0.86
		B	29.2	23.9	0.87

L'intervento del 2009, all'età di 55 anni, è caratterizzato da una intensità moderata in entrambe le tesi trattate, con una differenza contenuta in termini di percentuale di area basimetrica prelevata; ciò in funzione del limitato tempo intercorso dopo il secondo diradamento che aveva determinato una marcata definizione strutturale.

Dopo l'ultimo diradamento, il protocollo sperimentale ha previsto il rilievo dei parametri di stabilità su un campione di alberi individuati con campionamento sistematico secondo il seguente schema:

- determinazione e numerazione dei 15 soggetti più prossimi al centro di ciascuna parcella e di 25 soggetti esterni all'area sperimentale cresciuti isolati. Per ciascun albero campione è stata effettuata la misurazione di:
- diametro a 1,30 m;
- altezza totale;
- altezza dell'inserzione della chioma;
- classificazione sociale (D: alberi dominanti; CD: alberi codominanti; d: alberi dominati).
- definizione della superficie di incidenza della chioma tramite misura di 4 raggi rispetto a direzioni prefissate (8 raggi nel caso di chiome con forte asimmetria).

I parametri di stabilità degli alberi campione sono stati confrontati con quelli esterni cresciuti, a parità di fertilità stagionale, senza concorrenza laterale.

Il protocollo prevede una frequenza di rilievo triennale dei parametri individuati.

Per ciascun individuo campione, sono stati calcolati i seguenti parametri di stabilità:

- rapporto ipsodiametrico (H/D);
- profondità della chioma (percentuale di chioma

- rispetto all'altezza totale del fusto);
- area di insidenza della chioma (superficie delimitata dalle proiezioni delle chiome degli alberi sul terreno);
- eccentricità della chioma (raggio maggiore/raggio minore).

I parametri di stabilità sono stati sottoposti ad ANOVA a due vie tra tesi di trattamento e, per quelli significativamente differenti, al test di Tukey per individuare il livello di significatività della variabilità.

## Risultati

In Tabella 2 si riporta la descrizione dendrometrica e strutturale dei popolamenti per tesi ai tre inventari.

### Mortalità

Nel trentennio di studio si è registrata una sensibile mortalità nella tesi non trattata (Tesi T) soprattutto nel periodo giovanile (24-45 anni), quando la percentuale di pini morti è stata di poco inferiore al 43%; nel decennio successivo la mortalità si è mantenuta comunque elevata (9.5%). La causa della mortalità è da ascrivere essenzialmente a fenomeni di competizione, non essendo stati registrati danni di origine meteorica nel periodo di studio. Nella pineta diradata c'è stata una mortalità consistente nel ventennio successivo al primo diradamento, in misura maggiore nella tesi B (36%) rispetto alla tesi A (30%). Dopo il diradamento del 1999, che ha inciso con decisione sulla struttura del popolamento in entrambe le tesi (Tabella 2), la mortalità si è decisamente contratta, risultando solo episodica.

**Tab. 2** - Caratteristiche dendrometriche e parametri di stabilità ai 3 inventari (pd=prima del diradamento; dd=dopo il diradamento).  
*Mensurational and stability parameters at the 3 inventories (pd=before thinning; dd=after thinning).*

Tesi	Anno anni	età np ha <sup>-1</sup>	N m <sup>2</sup> ha <sup>-1</sup>	G m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup>	V cm	Dg m	Hm m	H <sub>dom</sub> adim.	H/D adim.	H/D <sub>dom</sub>
A	1978 pd	24	2564	43.3		14.3	9.31	9.98	65.1	55.6
	1978 dd	24	1834	35.7	176.6	15.7	9.59	10.87	61.1	44.9
	1999 pd	45	1284	60.8	613.5	24.6	19.2	21.2	78.1	62.4
	1999 dd	45	697	41.3	492.2	27.5	19.9	21.2	72.4	62.4
	2009 pd	55	680	54.3	594.1	32.2	22.6	24.0	70.1	62.1
	2009 dd	55	460	40.2	445.1	33.4	22.9	24.7	68.5	58.6
B	1978 pd	24	2533	40.7		14.3	9.31	10.38	65.1	50.6
	1978 dd	24	1874	35.6	174.3	15.5	9.55	10.97	61.6	43.8
	1999 pd	45	1200	58.5	527.9	22.1	18.5	20.7	83.8	65.9
	1999 dd	45	830	47.1	434.1	26.9	19.8	20.7	73.7	65.9
	2009 pd	55	822	65.1	658.4	31.8	22.68	23.7	71.4	63.9
	2009 dd	55	582	49.5	526.5	32.9	22.99	24.0	69.9	62.3
T	1978	24	2467	41.7		14.7	9.39	10.01	64.0	55.3
	1999	45	1413	56.9	544.0	22.6	18.7	21.2	82.5	62.4
	2009	55	1280	74.2	770.1	27.2	21.2	23.9	78.0	62.7

### Analisi dell'andamento di $H/D$ e $H/D_{dom}$ del popolamento

Il popolamento a 24 anni di età aveva un rapporto ipsodiametrico medio ancora soddisfacente e comparabile tra le tre tesi di trattamento (Tabella 2). La diversa intensità del primo intervento ha influito in modo contenuto sul parametro di stabilità rilevato. Il diradamento più forte agisce soprattutto sulla componente dominante (il rapporto  $H/D_{dom}$  diminuisce di circa 11 punti nella tesi A rispetto al decremento di circa 7 punti nella tesi B). Nel periodo intercorso tra il primo e il secondo intervento il rapporto ipsodiametrico del popolamento diminuisce in misura maggiore nel popolamento sottoposto a diradamento debole (Tesi B). Il rapporto ipsodiametrico medio della tesi B a 45 anni è addirittura superiore a quello del popolamento non sottoposto a trattamento. Il diverso grado del secondo diradamento non incide sulla componente dendrometricamente dominante (le 100 piante ad etaro con diametro maggiore) e il valore di  $H/D_{dom}$  non subisce quindi variazioni con l'intervento. A parità, tra tesi trattate, del prelievo integrale del piano dominato, il fattore che caratterizza il diradamento è l'intensità dell'intervento relativamente al piano codominante. La martellata a carico dei soggetti più "instabili" abbatte decisamente il valore del rapporto ipsodiametrico in entrambe le tesi, determinando un valore simile del parametro tra tesi. L'intervento del 1999 incide decisamente sulla struttura del popolamento in entrambe le tesi. Dopo un decennio la stabilità dei popolamenti aumenta rispetto a quella rilevata subito dopo gli interventi; il valore di  $H/D$  medio è leggermente superiore nella tesi B. La stabilità della componente dominante resta simile nel corso di tutto il periodo analizzato per le tre tesi; i valori di  $H/D$  rimangono sempre sotto la soglia di stabilità critica per i popolamenti di conifere.

### I parametri di stabilità degli alberi campione

Il rapporto ipsodiametrico (variabile adimensionale) per gli alberi campione è crescente in modo direttamente proporzionale alla densità (Figura 2). I valori medi determinati per gli alberi trattati rientrano nei valori che garantiscono la stabilità potenziale (LA MARCA 1983, 2005; NOTARANGELO 1999; KONOPKA 1999 in SLODICKA e NOVAK 2006; SLODICKA e NOVAK 2006). Il rapporto ipsodiametrico di tutto il campione è minore per la tesi A (72.5) rispetto alla tesi B (73.7).

La distanza tra i valori medi di  $H/D$  di ciascuna tesi e il parametro di confronto rappresentato dal valore

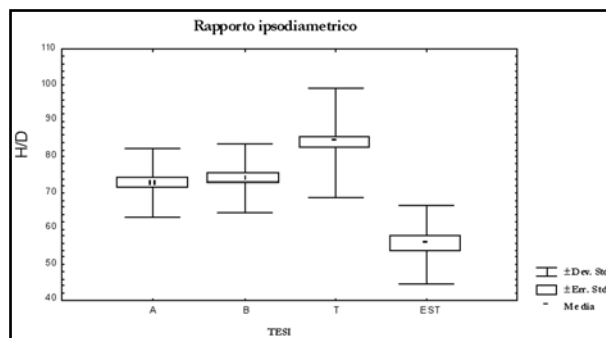


Fig. 2 - Rapporto ipsodiametrico ( $H/D$ ). Principali parametri statistici.  $H/D$  ratio. Mean statistics.

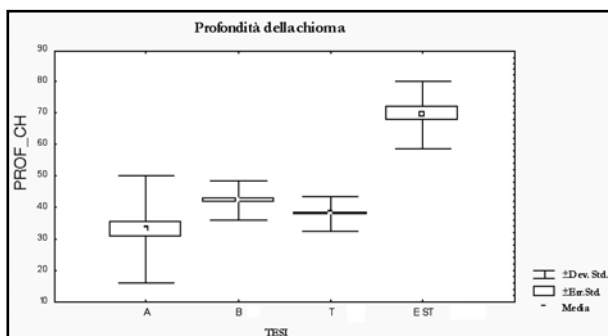
medio del campione di alberi cresciuti senza concorrenza è maggiore per il controllo rispetto alle due tesi trattate, che non evidenziano forti differenze tra loro (Figura 2). Nelle tre tesi il rapporto ipsodiametrico è più basso per la componente sociale dominante che presenta il valore più basso nella tesi A e quello più elevato nella tesi B (Tabella 3). Nella classe codominante c'è un forte divario tra i valori delle tesi trattate rispetto al testimone, che presenta valori superiori a 82, soglia di rischio per la stabilità secondo molti autori. Rispetto alle sole tesi diradate gli alberi codominanti della tesi B hanno valori di  $H/D$  più bassi.

La frazione dominata è più stabile nel campione della tesi A.

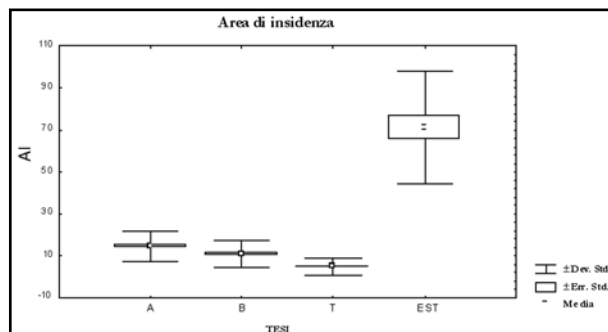
L'analisi ANOVA evidenzia differenze significative tra trattamenti e non tra blocchi. La significatività delle differenze tra trattamenti è confermata dal test di Tukey per  $p < 0.05$  (Tabella 4). Il confronto tra classi sociali evidenzia differenze significative soltanto per la classe codominante, che maggiormente risente dall'intensità del diradamento.

Rispetto all'intero campione, il valore medio inferiore di profondità della chioma si ha nella tesi A (33.2%), quello maggiore nella tesi B (42.3%). Il valore medio nel campione di alberi cresciuti isolati (69.7%) è più elevato rispetto a quelli delle tre tesi di trattamento (Figura 3). La percentuale di copertura della chioma è maggiore per il campione di alberi dominanti nella tesi A (Tabella 3). Il controllo, per tutte le classi sociali, presenta i valori più bassi a conferma della stabilità inferiore del soprassuolo non trattato. I valori medi della percentuale di chioma degli alberi codominanti sono simili nelle tesi trattate.

Anche per questo parametro l'ANOVA ha evidenziato differenze significative tra i trattamenti e non tra i blocchi (Tabella 4). La significatività delle varianze tra trattamenti è stata confermata dal test di Tukey



**Fig. 3** - Profondità della chioma (PROF CH). Principali parametri statistici.  
 Crown depth (PROF CH). Mean statistics.



**Fig. 4** - Area di insidenza (AI). Principali parametri statistici.  
 Horizontal crown projection (AI). Mean statistics.

**Tab. 3** - Rilievo 2009. Parametri di stabilità degli alberi campione per tesi e classe sociale.  
 Mechanical stability parameters of sampled trees per thesis and social class at 2009.

	tesi	D	cd	d
<b>H/D (adimensionale)</b>	A	66.4 ± 7	78.7 ± 7	78.6 ± 9
	B	71.6 ± 0	73.2 ± 8	85.8 ± 0
	T	70.5 ± 8	86.7 ± 15	86.7 ± 15
<b>Profondità chioma (%)</b>	A	46.4 ± 5	40.9 ± 7	39.4 ± 5
	B	44.9 ± 6	41.6 ± 6	35.6 ± 2
	T	41.3 ± 5	39.4 ± 4	32.2 ± 6
<b>area di insidenza (m2)</b>	A	19.4 ± 7	10.5 ± 4	8.6 ± 5
	B	13.2 ± 9	9.1 ± 3	7.5 ± 4
	T	10.8 ± 6	4.0 ± 2	2.4 ± 2
<b>eccentricità chioma (adimensionale)</b>	A	2.5±1	1.8±0	4.4±4
	B	2.7±2	4.0±3	2.6±2
	T	2.4±1	3.0±1	8.7±7

**Tab. 4** - Analisi della varianza a due criteri di classificazione. I valori p-level in grassetto indicano le differenze significative.  
 Two-way ANOVA.

<b>Rapporto ipsodiametrico</b>						
	gdl	MS	gdl	MS	F	p-level
Treatmento	2	2045.671	146	140.850	14.524	<b>0.000</b>
Blocco	2	144.370	146	140.850	1.025	0.361
Interazione	4	457.157	146	140.850	3.246	<b>0.014</b>

<b>Profondità della chioma</b>						
	gdl	MS	gdl	MS	F	p-level
Treatmento	2	1037.016	146	108.155	9.588	<b>0.000</b>
Blocco	2	71.608	146	108.155	0.662	0.517
Interazione	4	144.842	146	108.155	1.339	0.258

<b>Area di insidenza</b>						
	gdl	MS	gdl	MS	F	p-level
Treatmento	2	825.462	146	43.271	19.076	<b>0.000</b>
Blocco	2	79.955	146	43.271	1.848	0.161
Interazione	4	43.352	146	43.271	1.002	0.409

<b>Eccentricità della chioma</b>						
	gdl	MS	gdl	MS	F	p-level
Treatmento	2	30.020	146	9.569	3.137	<b>0.046</b>
Blocco	2	6.278	146	9.569	0.656	0.520
Interazione	4	16.399	146	9.569	1.714	0.150

a livello  $p < 0.05$ . L'analisi condotta per classi sociali evidenzia differenze significative per tutte le classi.

L'area di insidenza media delle chiome degli alberi campione decresce all'aumentare della densità (Figura 4). La superficie media delle chiome degli alberi cresciuti isolati è superiore circa 6 volte rispetto a quella degli alberi trattati con la tesi A e addirittura 11 volte superiore alla chioma media degli alberi del controllo. Il parametro decresce in tutte le tesi scendendo nella gerarchia della scala sociale (Tabella 3). Il valore medio più alto si ha nella tesi A ( $14.5 \text{ m}^2$ ) con una variazione tra  $8.6 \text{ m}^2$  e  $19.4 \text{ m}^2$  rispettivamente per gli alberi dominati e dominanti. Il valore medio più basso è stato registrato nel controllo ( $6.2 \text{ m}^2$ ) con un range compreso tra  $2.4 \text{ m}^2$  (classe dominata) e  $10.8 \text{ m}^2$  (classe dominante).

L'ANOVA evidenzia differenze significative tra i trattamenti e non tra i blocchi (Tabella 4). La significatività delle differenze rilevate è confermata dal test di Tukey a livello  $p < 0.05$ . L'analisi condotta per classi sociali, ha evidenziato differenze significative in tutte le classi, anche queste confermate dal test di Tukey a livello  $p < 0.05$ .

L'eccentricità della chioma aumenta all'aumentare della densità. Il valore medio per gli alberi cresciuti isolati, è pari a 1.2; aumenta a 2.6 nella tesi A, a 3.3 nella tesi B e a 4.1 nella tesi T (Tabella 3).

Gli alberi dominanti hanno eccentricità delle chiome simili nelle tre tesi trattate con valori inferiori a 3. I codominanti invece presentano maggiori differenze nella forma della chioma tra le tesi, con una variabilità tra 1.8 (tesi A) e 4 (tesi B).

L'ANOVA, anche in questo caso, evidenzia differenze significative tra i trattamenti e non tra i blocchi e la significatività delle differenze rilevate è confermata dal test di Tukey a livello  $p < 0.05$  (Tabella 4). L'analisi condotta per classi sociali ha evidenziato differenze significative all'interno della classe codominante e

tale variabilità è stata confermata dal test di Tukey a livello  $p < 0.05$ .

Le variabili di stabilità relative alla dimensione e alla forma della chioma in senso orizzontale sono quelle che si discostano maggiormente tra gli alberi cresciuti in bosco e quelli cresciuti isolati. Soprattutto lo sviluppo orizzontale della chioma risente dalla concorrenza laterale.

## Discussione e conclusioni

I risultati della ricerca confermano che i diradamenti sono il mezzo più incisivo per accrescere la stabilità di popolamenti forestali artificiali monoplani (BECQUEY e RIOU NIVERT 1987; MITCHELL 2000). Le caratteristiche che determinano effetti sulla stabilità sono la modalità, il regime dei diradamenti ed il grado dei singoli interventi in rapporto allo stadio di sviluppo del popolamento.

### Modalità dei diradamenti

La notevole capacità di reazione del pino nero all'aumento dello spazio tra le chiome per le sue caratteristiche di eliofilia, fa ipotizzare che per la specie potrebbe essere adatto un diradamento di tipo selettivo, a condizione che il soprassuolo sia in una stazione fertile e il primo intervento venga effettuato precocemente (BUDRONI 2005). Per la finalità delle pinete di impianto, la scelta degli alberi candidati non dovrebbe perseguire l'incremento della produzione quanto quello della stabilità. In realtà la prassi comunemente seguita in Appennino nel trattamento delle pinete di pino nero è stata quella di eseguire diradamenti dal basso con intensità da bassa a moderata.

### Regime dei diradamenti

Vista la finalità preminentemente protettiva dei

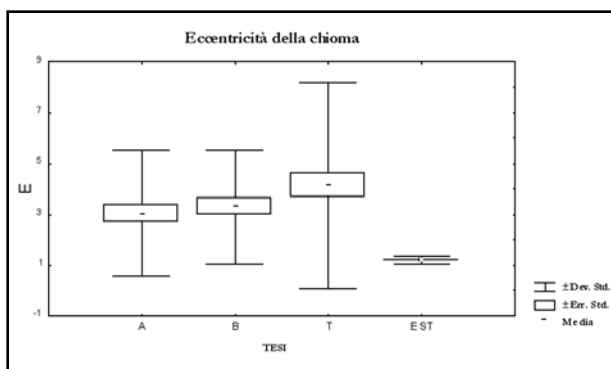


Fig. 5 - Eccentricità della chioma (E). Principali parametri statistici. Crown eccentricity (E). Mean statistics.

rimboschimenti di pino nero appenninici, la densità d'impianto è stata molto elevata anche laddove la buona fertilità stazionale avrebbe potuto suggerire schemi di impianto con distanza maggiore fra le piante (BERNETTI *et al.* 1969). Il modello colturale avrebbe previsto per pinete di circa 2500 soggetti per ettaro un primo intervento precoce allo stadio di perticaia (lo "sfollo") quasi mai effettuato. Il primo diradamento, quando attuato, è stato spesso tardivo. Ciò ha comportato una particolare cautela nell'intervento, sia nella modalità (diradamento dal basso) che nel grado (intensità da debole a moderata, poco incisiva nel piano dominante). I risultati della prova sperimentale dimostrano che, anche se il primo diradamento è stato tempestivo in rapporto allo sviluppo del popolamento (altezza media 9.30 m), la moderata intensità, associata al periodo eccessivamente lungo intercorso tra il primo e il secondo intervento, hanno in pratica vanificato i benefici del diradamento sui parametri di stabilità. Il soprassuolo ha così subito una mortalità notevole nel ventennio successivo al primo diradamento anche nelle aree trattate. La mortalità è decrescente dalla tesi di controllo verso la tesi con il diradamento più forte, ma l'autodiradamento per concorrenza dimostra che, data l'intensità di prelievo al primo intervento in ambedue le tesi, si sarebbe dovuto prevedere un periodo più breve tra interventi successivi (CREMER *et al.* 1982). SLODICACK *et al.* (2006) per garantire un buon livello di stabilità in popolamenti artificiali di abete rosso, raccomandano un regime di diradamenti da effettuarsi al momento in cui il popolamento abbia altezze medie pari a 10, 12.5 e 15 metri. La scelta dell'epoca in cui effettuare il primo diradamento dipende dalla capacità della specie di ricostituire la chioma alle diverse età. È noto che il pino nero in Appennino, in stazioni a sufficiente fertilità, reagisce anche ad interventi tardivi soprattutto nel recupero dello spazio orizzontale della chioma (BERNETTI 1987; CANTIANI e PIOVOSI 2008). Altre esperienze sperimentali sul diradamento di pinete pino nero di impianto hanno dimostrato che a prelievi più intensi al primo intervento non hanno fatto seguito evidenze di mortalità nel periodo post diradamento e anzi si sono innescati dinamismi tendenti ad una maggiore stabilità complessiva del popolamento, soprattutto nei parametri collegati allo sviluppo delle chiome (CANTIANI *et al.* 2005; BIANCHI *et al.* 2010).

### Intensità del diradamento

Nei diradamenti dal basso l'intensità dell'interven-

to influisce direttamente sull'incremento dei parametri della stabilità. L'analisi nel tempo dell'andamento del rapporto ipsodiametrico (riferito alla pianta media ed alla pianta dominante del popolamento) conferma le conclusioni di BIANCHI *et al.* (2010). Nel diradamento dal basso solo il prelievo eseguito con una intensità tale da incidere nel piano dominante garantisce incremento della stabilità nel tempo. Il protocollo sperimentale ha previsto il diradamento più intenso allo stadio di sviluppo di giovane fustaia (45 anni di età del popolamento). La densità dei popolamenti trattati era eccessiva al momento del secondo intervento (1200-1300 alberi ad ettaro). E' noto in letteratura che il periodo *post* diradamento è quello di maggior criticità per la stabilità meccanica dei popolamenti di conifere (VALINGER *et al.* 1993; MITCHELL 2000; CAMERON 2002). Parimenti è stato dimostrato che interventi che non interessano il piano dominante non hanno influenza diretta sull'incremento di stabilità e apportano solo un apparente miglioramento con l'eliminazione delle singole piante più instabili. I risultati della sperimentazione hanno dimostrato che tutti i parametri di stabilità sono migliorati nei dieci anni successivi il diradamento eseguito a 45 anni ed in misura maggiore nella tesi con diradamento forte. Il grado degli interventi, e soprattutto del primo, deve essere sufficientemente forte da agire nel piano dominante perché si verifichi l'incremento dei parametri della stabilità (BLACKBURN e PETTY 1988; MACCURRENACH 1991; BLACKBURN *et al.* 2000; SLODICACK 2006).

## Ringraziamenti

Si ringrazia la Comunità Montana Casentino che nel corso del trentennio delle sperimentazione ha concorso a mantenere attivo il protocollo sperimentale. Un ringraziamento a Maurizio Piovosi per l'attiva collaborazione in fase di rilievo. Si ringraziano gli anonimi Revisori per la accurata revisione del lavoro.

## Bibliografia citata

- AMORINI E. 1983 - *Prove di diradamento nella pineta di pino nero di Monte della Modina sull'Appennino Toscano*. Annali Istituto Sperimentale per la Selvicoltura, 14: 101-148.
- AMORINI E., FABBIO G. 1992 - *La gestione dei rimboschimenti con pino nero*. Monti e Boschi, 4: 27-29.
- ANGERILLI A. 1970 - *Comune di Loro Ciuffenna. Rimboschimenti eseguiti nei terreni dell'A.S.F.D. dall'Ispettorato Ripartimentale delle Foreste di Arezzo*. Relazione inedita.

- BECCUEY J., RIOU NIVERT P. 1987 - *L'existence de zones de stabilite des peuplements. Consequences sur la gestion*. Revue Forestiere Francaise. 39: 323-334.
- BERNETTI G. 1987 - *I boschi della Toscana*. Quaderni di Monti e Boschi, Edagricole. 145-154 p.
- BERNETTI G. 2000 - *Problemi e prospettive della selvicoltura nell'Appennino Centro Settentrionale*. Atti del Secondo Congresso Nazionale di Selvicoltura, Venezia 24-27 giugno 1998, 2:79-119.
- BERNETTI G., CANTIANI M., HELLRIGL B. 1969 - *Ricerche alsometriche e dendrometriche sulle pinete di pino nero e laricio della Toscana*. L'Italia Forestale e Montana, 1: 10-41.
- BERTINI G. 2001 - *Criteri di diradamento in perticaie di pino nero nel Parco Nazionale delle Foreste Casentinesi, Monte Falterona, Campigna*. (Tesi di laurea). Università degli Studi di Firenze, Corso di laurea in Scienze Forestali ed Ambientali.
- BIANCHI L., PACI M. 2002 - *Tipologia delle pinete di pino nero del Parco Nazionale Foreste Casentinesi, Monte Falterona e Campigna*. Annali dell'Accademia Italiana di Scienze Forestali, 51:73-120.
- BIANCHI L., MALTONI A., MARIOTTI B., PACI M. 2005 - *Il pino nero e il pino laricio*. In: "La selvicoltura delle pinete della Toscana" (ed. Bianchi L., Giovannini G., Maltoni A., Mariotti B., Paci M.). Arsia, Regione Toscana. 25-62 p.
- BIANCHI L., PACI M., BRESCIANI A. 2010 - *Effetti del diradamento in parcelle sperimentali di pino nero in Casentino (AR): risultati a otto anni dall'intervento*. Forest@ 7: 73-83.
- BLACKBURN P., PETTY J. A. 1988 - *Theoretical calculations of the influence of spacing on stand stability*. Forestry 61: 235-244.
- BRUCHERT F., BECHER G., SPECK T. 2000 - *The mechanics of Norway spruce [Picea abies (L.) Karst.]: mechanical properties of standing trees from different thinning regimes*. Forest Ecology and Management 135 (1-3): 45-62.
- BRUCHERT F., GARDINER B. 2006 - *The effect of wind exposure on the tree aerial architecture and biomechanics of Sitka spruce (Picea sitchensis, Pinaceae)*. American Journal of Botany. 93 (10): 1512-1521.
- BUDRONI N. 2006 - *Relazioni tra diradamenti e danni da eventi meteorici in abetine di abete bianco (Abies alba Miller) e pinete di pino nero (Pinus nigra Arnold) nel Parco Nazionale delle Foreste Casentinesi, Monte Falterona e Campigna*. (Tesi di laurea). Università degli Studi di Firenze, Corso di laurea in Scienze Forestali ed Ambientali.
- 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. 2000 - *Indicazioni gestionali in rimboschimenti di pino nero dell'Appennino centro-settentrionale*. Atti del Secondo Congresso SISEF, Bologna, 20-22 ottobre 1999: 125-130.
- CANTIANI P., IORIO G., PELLERI F. 2005 - *Primi risultati di una ricerca sulle pinete di Pettenaio, Norcia (Perugia)*. Forest@ (2): 207-216.
- CANTIANI P., PIOVOSI M. 2009 - *La gestione dei rimboschimenti di pino nero appenninici. I diradamenti nella strategia di rinaturalizzazione*. Annali CRA-SEL, 35:35-42.



- CANTIANI P., PLUTINO M. 2009 - *Le pinete di impianto di pino nero. Indagini sperimentali sul trattamento selvicolturale*. Atti del Terzo Congresso Nazionale di Selvicoltura. Taormina (ME) 16-19 ottobre 2008: 1465-1471.
- CIABATTI G., GABELLINI A., OTTAVIANI C., PERUGI A. 2009 - *I rimboschimenti in Toscana e la loro gestione*. Regione Toscana. ARSIA. 167 p.
- CIANCIO O., IOVINO F., MENGUZZATO G., NICOLACI A., NOCENTINI S. 2006 - *Structure and growth of a small group selection of calabrian pine in Southern Italy: a hypothesis of continuous cover forestry based on traditional silviculture*. Forest Ecology and Management 255: 651-659.
- CREMER K. W., BOROUGH C. J., MC KINNELL F. H., CARTER P. R. 1982 - *Effects of stocking and thinning on wind damage in plantations*. NZ J. For. Sci. 12: 244-266.
- D.R.E.AM ITALIA, 2007 - *Piano di Gestione del complesso forestale regionale "Pratomagno Valdarno". Periodo di applicazione 2007-2021*. Regione Toscana.
- GAMBI G. 1983 - *Il pino nero, pianta della bonifica montana*. Annali Istituto Sperimentale per la Selvicoltura, 14: 3-46.
- GUGLIOTTA O.I., MERCURIO R. 2003 - *Prime osservazioni su tagli a buche in pinete di pino nero in Abruzzo*. Monti e Boschi, 1: 18-21.
- HALE S.E., LEVY P. E., GARDINER B. A. 2004 - *Trade-offs between seedling growth, thinning and stand stability in Sitka spruce stands: a modelling analysis*. Forest Ecology and Management 187: 105-115
- INFC 2008 - *Le stime di superficie - Risultati per Macroaree e Province*. Autori P. Gasparini, L. Di Cosmo, C. Gagliano, G. Mattiuzzo e G. Tabacchi. Inventario Nazionale delle Foreste e dei Serbatoi Forestali di Carbonio. MiPAAF- Ispettorato Generale Corpo Forestale dello Stato, CRA-MPF, Trento.
- KONOPKA J. 1999 - *Ohrozenie lesnych porastov mechanicky posobiacimi abiotikymi cinitelmi (Endagerment of forest stands by mechanical abiotic factors in Slovak)*. Lesnický Casopsis – Forestry J. 45 (1): 51-72.
- LA MARCA O. 1983 - *Il problema degli schianti nei boschi. Ricerche sperimentali su alcuni popolamenti di conifere*. Annali Accademia Italiana di Scienze Forestali. 32: 69-114.
- LA MARCA O. 1986 - *Gli schianti nei boschi. La gestione delle foreste e la difesa del suolo* - Cellulosa e Carta, 4: 14-22.
- LA MARCA O. 2005 - *Studi e ricerche sui danni da neve e vento nella foresta di Vallombrosa* - L'Italia Forestale e Montana, 2:193-202.
- MACCURRECH R. S. 1991 - *Spacing: an option for reducing storm damage*. Scottish Forestry 45: 285-297.
- MALCOLM D.C., MASON W. L., CLARKE G.C. 2001 - *The transformation of conifer forests in Britain regeneration, gap size and silvicultural systems*. Forest Ecology and Management 151: 7-23.
- MERCURIO R., MALLAMACI C., MUSCOLO A., SIDARI M. 2009 - *Effetti della dimensione delle buche sulla rinnovazione in rimboschimenti di pino nero*. Forest@ (6):312-319.
- 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.
- MONDINO G.P., BERNETTI G. 1998 - *I tipi forestali. Boschi e macchie di Toscana*. Regione Toscana, Firenze. 265-275 p.
- NOCENTINI S., PULETTI N. 2009 - *La rinaturalizzazione dei rimboschimenti. Prova sperimentale su un popolamento di pino nero e laricio*. Atti del Terzo Congresso Nazionale di Selvicoltura. Taormina (ME) 16-19 ottobre 2008. 217-227.
- NOTARANGELO G. 1999 - *Possibilità per l'arboricoltura da legno in impianti artificiali derivanti da rimboschimento. Il caso delle pinete di pino nero (Pinus nigra Arn.) del Casentino (Ar)*. (Tesi di dottorato di ricerca). Università degli Studi della Basilicata.
- PAVARI A. 1961 - *I rimboschimenti nella catena appenninica. Atti del Congresso Nazionale sui rimboschimenti e sulla ricostituzione dei boschi degradati*. Accademia Italiana di Scienze Forestali. Firenze.
- PIUSSI P. 1986 - *Diradamenti e stabilità dei soprassuoli*. Monti e Boschi XVIII 4: 9-13.
- PLUTINO M., PIOVOSI M., CANTIANI P. 2009 - *Rinaturalizzazione dei rimboschimenti di pino nero. Prove di impianto di potenziali nuclei di disseminazione di rovere in Pratomagno (AR)*. Sherwood, 150: 9-14.
- ŚLÓDIAK M., NOVAK J. 2006 - *Silvicultural measures to increase the mechanical stability of pure secondary Norway spruce stands before conversion*. Forest Ecology and Management 224: 252-257.
- VALINGER E., LUNDQVIST L., BONDESSON L. 1993 - *Assessing the risk of snow and wind damage from tree physical characteristics*. Forestry 66: 249-260.
- WILSON J. S., OLIVER C. D. 2000 - *Stability and density management in Douglas-fir plantations*. Can. J. For. Res. 30: 910-920.