

RAFFAELLA LOVREGGIO (\*)<sup>(°)</sup> - DAVIDE SCHIAVONE (\*)UN CASO DI RINNOVAZIONE NATURALE  
DEL PINO DOMESTICO IN AMBIENTE DUNALE

(\*) Dipartimento di Agraria, via Cristoforo Colombo 1, Nuoro 08100, Italy.

(°) Autore corrispondente; rlovreggio@uniss.it

*Negli ecosistemi forestali mediterranei la rinnovazione spontanea è incerta e presenta diversi problemi legati al clima, alla necessità di una sincronia tra gli anni di buona produzione e le condizioni climatiche favorevoli, alla bassa densità dei popolamenti forestali e all'impatto del pascolo sui semenzali e le giovani plantule. È pertanto difficile osservare questo fenomeno in condizioni naturali e le aree in cui si verifica rappresentano una grande opportunità per analizzare le sue dinamiche.*

*Un caso di rinnovazione naturale di *Pinus pinea* L. è stato osservato ed analizzato in una zona dunale costiera della Sardegna, dove è presente una pineta artificiale di circa 65 anni. La ricerca ha seguito più fasi: i) l'analisi temporale e spaziale degli schemi di rinnovazione mediante ortofoto relative agli anni dal 1954 al 2011; ii) l'analisi dendrometrica della rinnovazione in seguito al campionamento sul campo; iii) lo studio della distribuzione tridimensionale della rinnovazione mediante lo Stand Visualization System (SVS). I risultati hanno suggerito la presenza di due cicli di rinnovazione distribuiti secondo modelli spaziali differenti: una distribuzione a gruppi nel primo ciclo e una distribuzione secondo individui isolati nel successivo. Sebbene lo studio sia stato sviluppato in un'area di ridotte dimensioni, i risultati rappresentano un ulteriore passo nella comprensione delle dinamiche che guidano la rinnovazione spontanea del pino domestico. Essi trovano inoltre interesse pratico nelle implicazioni gestionali volte a stimolare la rinnovazione naturale della specie in altre parti del bacino del Mediterraneo.*

*Parole chiave:* *Pinus pinea* L.; rinnovazione naturale; ambiente dunale; rinnovazione a gruppi.

*Key words:* *Pinus pinea* L.; italian stone pine; natural regeneration; dune environment; aggregate regeneration.

*Citazione:* Lovreggio R., Schiavone D., 2018 - *Un caso di rinnovazione naturale del pino domestico in ambiente dunale*. *L'Italia Forestale e Montana*, 73 (6): 235-246. <https://doi.org/10.4129/ifm.2018.6.01>

## 1. INTRODUZIONE

La rinnovazione naturale delle foreste rappresenta uno degli obiettivi principali della selvicoltura (Calama e Montero, 2007). Negli ecosistemi forestali mediterranei la rinnovazione naturale è incerta e presenta diversi problemi (Calama e Montero, 2007). Tali problemi includono: il clima tipico mediterraneo che, con una grave siccità estiva, rappresenta la principale causa di morte delle giovani plantule; la necessità di una sincronia tra gli anni di buona produzione e le condizioni climatiche favorevoli, al fine di ottenere la nascita di numerose plantule;

la bassa densità dei popolamenti forestali che determina la presenza di grandi spazi vuoti, all'interno dei quali è scarsa la presenza dei semi, la cui disseminazione avviene per gravità (genere *Quercus*, *Pinus pinea* L.); l'impatto del pascolo sui semenzali e sulle giovani plantule (Barbeito *et al.*, 2008). Nel caso specifico del *Pinus pinea* L. esistono altri due fattori limitanti il successo della rinnovazione naturale: l'uso commerciale dei pinoli commestibili (Barbeito *et al.*, 2008) e le ristrette condizioni ottimali per la germinazione del seme e lo sviluppo delle piantine (Magini, 1955).

In merito agli aspetti della rinnovazione naturale del pino domestico sono stati condotti studi al fine di conoscere le condizioni ambientali e strutturali del soprassuolo che favoriscono l'affermarsi dei semenzali, ma pochi si riferiscono a formazioni artificiali in fase di ricolonizzazione.

Pavari (1955) sostiene che è possibile ottenere rinnovazione naturale dalle pinete di pino domestico. A tale scopo, riporta i primi risultati di studi realizzati in Italia nelle pinete di Pin Grosso (Marina di Grosseto) e di Alberese, attribuendo loro una struttura disetanea, riscontrando in esse una distribuzione delle piante in classi di diametro di tipo esponenziale, sia pure con numerose irregolarità.

Ciancio *et al.* (1986), proseguendo gli studi avviati da Pavari ad Alberese, osservano che le pinete a struttura pluristratificata presentano condizioni ottimali ai fini dell'ottenimento della rinnovazione naturale, purché rade, con presenza di macchia non troppo densa e in stazioni con condizioni di umidità favorevoli (cit. da Ciancio *et al.*, 2009).

Marchese (1997) riporta uno studio condotto nella tenuta di San Rossore, nella quale è stata accertata la presenza di nuclei di rinnovazione naturale di pino domestico in popolamenti di età compresa tra 103 e 114 anni, caratterizzati da una densità di copertura che garantisce condizioni idonee di illuminazione al suolo.

Manso *et al.* (2013) osservano che la germinazione del *Pinus pinea* L. è influenzata principalmente dalle variabili climatiche e, a livello territoriale, dalla densità del popolamento.

In questo lavoro si esamina un caso di studio di rinnovazione naturale di pino domestico, sviluppatosi in condizioni non pienamente favorevoli alla specie: si tratta di un ambiente dunale, limitrofo ad un'area fortemente antropizzata in cui la presenza turistica in estate risulta particolarmente pressante e al quale, nonostante l'intolleranza delle specie nei confronti dei venti carichi di salsedine (Scarfò, 2012), il *Pinus pinea* L. riesce ad adattarsi. Com'è noto in bibliografia, l'adattabilità del pino domestico è legata alla sua frugalità (Mancini, 1953, 1956 e Sandri, 1956, cit. da Scarfò, 2012), alle sue minime esigenze nei riguardi del suolo (Loisel, 1976) e alla sua capacità di emettere un lunghissimo fittone nei primi stadi di sviluppo, mediante il quale può assicurarsi il rifornimento idrico dagli strati più profondi del suolo (Fratteggiani *et al.*, 1994). Tuttavia, nonostante la frugalità della specie, il successo nella germinazione del seme e nello sviluppo della plantula richiedono ristrette condizioni ottimali (Magini, 1955, cit. da Barbeito *et al.*, 2008). Pertanto, la presenza di rinnovazione naturale nell'area in esame suggerisce la presenza di tali condizioni, sia pur a livello di microhabitat, in assenza delle quali la stessa non si sarebbe potuta affermare.

## 2. AREA DI STUDIO

L'area di indagine ricade all'interno del Comune di Tortolì (OG, Sardegna). Si tratta di un'area dunale costiera di circa 2,4 ha, caratterizzata da suoli a tessitura prevalentemente sabbiosa e da un clima mediterraneo costiero, caratterizzato a sua volta da una moderata escursione termica e da un lungo periodo di aridità. Il soprassuolo è costituito da individui di *Pinus pinea* L. di età e densità variabili e rinnovatisi naturalmente dal rimboschimento di pino domestico retrostante, effettuato negli anni '50-'60 con finalità di sistemazione e consolidamento delle dune litoranee.

Si presume la presenza di una falda sotterranea superficiale che non è stato possibile rintracciare mediante documenti cartografici attendibili, ma di cui è possibile supporre la presenza tramite indagini testimoniali e storiche, quali l'analisi delle ortofoto appartenenti a differenti periodi storici: dal 1954 al 2011. La falda sotterranea potrebbe essere un residuo del passaggio del canale che prima attraversava parte dell'area di indagine sfociando nell'attuale porto di Arbatax e che ora sfocia adiacentemente all'area di studio (Figure 1 e 2).



Figura 1 - Area di studio in una ortofoto del 1954 (Fonte: Geoportale Regione Sardegna).

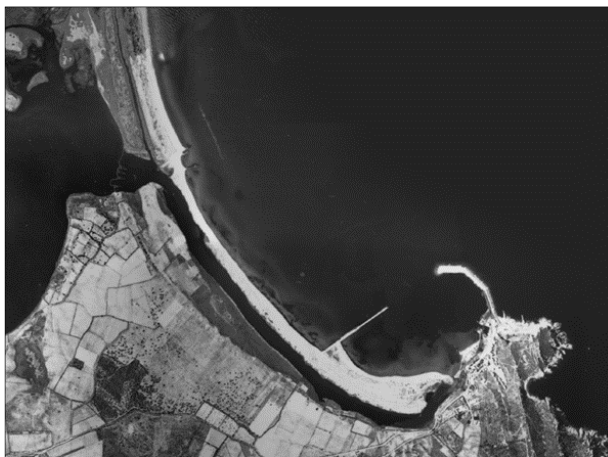


Figura 2 - Area di studio in una ortofoto del 2006 (Fonte: Geoportale Regione Sardegna).

Le precipitazioni piovose sono principalmente concentrate nel periodo autunnale e invernale e progressivamente diminuiscono nella stagione primaverile e soprattutto in quella estiva, nella quale si osserva una spiccata aridità.

Le piogge più abbondanti si registrano nei mesi di ottobre e dicembre con un valore di precipitazione medio pari a 87,8 mm; il mese più arido è luglio con un valore medio di soli 1,3 mm.

Le temperature più alte si riscontrano nei mesi di luglio e agosto, con valori medi rispettivamente pari a 24,7°C e 25,2 °C, mentre gennaio e febbraio risultano essere i mesi più freddi con media mensile rispettivamente pari a 11,1°C e 11°C. Il valore dell'escursione termica annua è di soli 14,1 °C: testimonianza della grande influenza che il mare esercita nei confronti del clima. Il valore della temperatura media annuale è quasi ottimale per la vegetazione del *Pinus pinea* L., il quale vegeta in condizioni ottimali per valori di temperatura media annua dell'ordine di 12-15 °C (Cutini, 2002).

Per quanto riguarda le caratteristiche edafiche e morfologiche, da quanto si evince dalla "Carta dei suoli della Sardegna", l'area di indagine rientra all'interno dell'Unità Cartografica 33, si tratta di ambienti sabbiosi costieri di origine eolica, originatisi durante l'Olocene e costituiti da suoli a tessitura prevalentemente sabbiosa o sabbioso franca, caratterizzati da profili A, C e subordinatamente A, Bw e C.

Dal punto di vista tassonomico (secondo la Classificazione Americana Soil Taxonomy\_U.S.D.A., 1999), i suoli predominanti che caratterizzano questa Unità sono: *Typic* ed *Aquic Xeropsammets* (Ordine: Entisuoli, Sottordine: *Psammets*). La tessitura nettamente sabbiosa-sabbioso franca, la porosità elevata e la notevole permeabilità conferiscono a questi suoli una bassa fertilità (De Riso *et al.*, 2004).

### 3. MATERIALI E METODI

Il lavoro è stato organizzato in diverse fasi:

- a) Analisi della struttura orizzontale della rinnovazione spontanea - Ha permesso di individuare la disposizione degli individui arborei di pino domestico all'interno dell'area e di avere una visione generale della struttura orizzontale del soprassuolo. Per questa analisi si è fatto ricorso alle ortofoto più recenti a disposizione (2011) e i dati ottenuti sono stati completati con un successivo lavoro in campo. L'elaborazione in ambiente GIS ha permesso di mappare le singole piante adulte di pino domestico e di identificare i nuclei di rinnovazione.
- b) Suddivisione dell'area di interesse - Partendo dalle vie di accesso alla spiaggia si è suddiviso l'area di interesse in otto zone (Figura 3), numerate in ordine crescente secondo una direzione Sud Ovest - Nord Est, al fine di considerare possibili differenze sulla rinnovazione in relazione a diverse condizioni micro-stazionali presenti nell'area di indagine.
- c) Individuazione dei transect - Poiché l'obiettivo dei rilievi è stato quello di analizzare la rinnovazione nel suo stato naturale, si è deciso di escludere dai rilievi le zone più esposte all'attività umana. Sono stati quindi realizzati quattro *transect* rettangolari (Figura 3) (tre centralmente alle zone terza, quarta e

quinta e uno tra la sesta e la settima zona, in corrispondenza della via di accesso che le ha suddivise), aventi *buffer* di 10 m a destra e a sinistra dell'asse centrale, il quale corre dalla strada verso il mare per una lunghezza tale da ricoprire tutto il tratto di spiaggia più denso di vegetazione e meno soggetto al calpestio e aventi quindi rispettivamente una superficie di 1272 m<sup>2</sup>, 954 m<sup>2</sup>, 936 m<sup>2</sup> e 644 m<sup>2</sup>.

- d) Caratterizzazione quali-quantitativa della rinnovazione - All'interno dei *transect* è stata rilevata la posizione di tutti gli individui presenti e per ciascun individuo sono stati misurati il diametro al colletto, il diametro a 1,30 m da terra (secondo una direzione di cavallettamento Nord-Sud) e l'altezza dendrometrica.



Figura 3 - Suddivisione dell'area di studio in zone e rappresentazione dei *transect*.

Per ogni pianta sono stati inoltre misurati quattro raggi di chioma, uno per ogni punto cardinale. Nel caso in cui gli individui fossero talmente vicini fra loro da non riuscire a misurare le singole chiome è stata misurata un'unica chioma e gli individui sono stati indicati come appartenenti ad uno stesso nucleo. In questo caso inoltre non è stata determinata la posizione dei singoli individui ma un'unica posizione relativa alla proiezione sul terreno del centro del nucleo di chiome.

Nel caso di individui talmente vicini per cui risultavano compenstrate sia le chiome che i colletti, oltre ad un unico raggio di chioma per punto cardinale e ad unica posizione rispetto agli assi, è stato misurato un unico diametro al colletto.

Dalle misurazioni in campo sono stati ottenuti:

- posizione dei singoli individui o dei nuclei di chiome all'interno del *transect*;
- analisi dendrometrica del fusto (altezza, diametro al colletto e a 1,30 m dal suolo);
- numero di palchi che, nel caso in esame è stato considerato un valido indice dell'età delle piante;
- dimensioni della chioma (quattro raggi cardinali).

I dati sono stati successivamente rielaborati in modo da ottenere per ogni transetto rettangolare i dati di:

- la densità come numero di individui per unità di superficie (D);
- la densità come area basimetrica per unità di superficie ( $\lambda$ );

- la distribuzione degli individui in classi diametriche;
- la distribuzione degli individui in classi di età (assumendo il numero di palchi come indice dell'età delle piante);
- il grado di copertura delle chiome;
- il diametro medio: diametro dell'individuo di area basimetrica media (gm);
- la curva ipsometrica e l'altezza media (altezza dell'individuo di diametro medio);
- la rappresentazione tridimensionale del soprassuolo mediante l'utilizzo di SVS (*Stand Visualization System*).

Di seguito sono riportate le formule utilizzate per l'elaborazione dei dati ottenuti:

- Grado di copertura (R)

$$R = \frac{\sum s}{S} \quad [1]$$

dove  $s$  corrisponde alla superficie delle singole chiome e  $S$  corrisponde alla superficie del *transect*.

$$s = \pi \left( \frac{R1 + R2 + R3 + R4}{4} \right)^2$$

dove  $Rn$  equivale alla misura del raggio di chioma rilevato per ciascun punto cardinale.

- Grado di copertura percentuale (R%)

$$R = \frac{\sum s}{S} 100 \quad [2]$$

- Densità (D)

$$D = \frac{n}{S} \quad [3]$$

dove  $n$  corrisponde al numero di individui e  $S$  corrisponde alla superficie dell'area considerata.

- Densità area basimetrica ( $\lambda$ )

$$\lambda = \frac{G}{S} \quad [4]$$

dove  $G$  rappresenta la sommatoria delle singole aree basimetriche ( $g$ ), mentre  $S$  corrisponde alla superficie considerata.

$$g = \frac{\pi}{4} d^2, \quad G = \sum g$$

- Area basimetrica media (gm)

$$gm = \frac{G}{N} \quad [5]$$

- Diametro medio (dm)

$$dm = \sqrt{\frac{4}{\pi} gm} \quad [6]$$

### 3.1 *Stand Visualization System (SVS)*

SVS è un software realizzato dall'USDA Forest Service, Pacific Northwest Research Station, disponibile gratuitamente (<http://forsys.cfr.washington.edu/svs.html>); esso è in grado di fornire una rappresentazione tridimensionale del bosco mediante l'inserimento di dati relativi alla struttura del soprassuolo e alle caratteristiche degli individui che lo compongono: specie di appartenenza (*Species*), modello di chioma (*Crown class*) e di pianta (*Plant class*) più rappresentativi, diametro a 1,30 (*dbh*), altezza dendrometrica (*height*), inclinazione del fusto (*lang*) e verso dell'inclinazione (*fang*), quattro raggi di chioma (*Crown Radius*) e le loro rispettive altezze di inserzione (*Crown Ratio*), posizione degli individui all'interno della superficie (vista come un sistema di assi cartesiani) e rispettive ascissa (*X Coordinate*) e ordinata (*Y Coordinate*).

Oltre all'inserimento dei dati sopra elencati, risulta importante definire le dimensioni dell'area considerata (*PLOTSIZE*), il punto di origine degli assi (*PLOTORIGIN*) e l'unità di misura (*UNITS*).

L'elaborazione con il SVS ha reso possibile la rappresentazione dei *transect* all'interno di un piano tridimensionale, permettendo così più prospettive e facilitando in questo modo l'analisi della struttura orizzontale e verticale del soprassuolo.

## 4. RISULTATI E DISCUSSIONE

Dai dati rilevati ed elaborati è possibile affermare che il soprassuolo presenta una struttura orizzontale aggregata a gruppi con densità variabili al suo interno. Trascurando la prima e la seconda zona, che hanno subito maggiormente la pressione antropica, nel resto del soprassuolo la densità (*D*) non risulta omogenea (Tabella 1), ma tende ad aumentare dall'esterno verso l'interno del soprassuolo.

Infatti, i *transect* realizzati nelle zone più centrali dell'area di indagine (quarta e quinta zona) mostrano un numero di individui per unità di superficie maggiore. Nello specifico, il *transect* realizzato all'interno della quarta zona risulta essere quello più densamente popolato, con un numero di individui ad ettaro pari a 702, contro valori di 307, 481 e 388, rilevati rispettivamente all'interno della terza, della quinta e nel punto di confine tra la sesta e la settima zona (Tabella 1). Il maggior numero di individui per unità di superficie nelle aree più interne della rinnovazione spontanea è probabilmente determinato dalla:

- maggiore vicinanza dei nuclei di rinnovazione alle piante madri del rimboschimento adulto;
- migliore protezione che le plantule nelle aree interne hanno avuto dagli effetti dell'aerosol marino.

L'andamento della densità in termini di numero di individui per unità di superficie ( $D$ ) rispecchia l'andamento della densità in termini di area basimetrica ( $\lambda$ ). Anche in questo caso si riscontrano valori di densità maggiori all'interno della quarta zona ( $\lambda = 14,52 \frac{m^2}{ha}$ ) e valori di densità decrescenti nelle zone più distanti da quelle centrali dell'area di studio (Tabella 1).

Confrontando i valori relativi al numero di individui per unità di superficie nell'area di studio con quelli stimati da Ciancio *et al.* (2009) nel caso dei "Tomboli di Cecina", i valori nell'area in esame risultano fortemente inferiori. Nel caso dei "Tomboli di Cecina" in un campione di rinnovazione di età media di 11 anni si stima un numero di piante pari a  $16/m^2$ . Il soprassuolo oggetto della nostra indagine ha un'età media di 10 anni per cui i dati possono essere considerati confrontabili. Prendendo in considerazione il *transect* realizzato nella quarta zona, che è quello più densamente popolato, si stimano valori pari a  $0,70$  individui/ $m^2$  ( $702$  individui/ha) (Tabella 1).

I valori di densità di rinnovazione molto diversi tra i due casi di studio (Toscana, Sardegna) dipendono dalle condizioni microstazionali – ambientali e dalle differenti caratteristiche del popolamento adulto, rappresentato dalle piante madri della rinnovazione oggetto di studio (origine, età, struttura, estensione, copertura arborea).

Il soprassuolo in rinnovazione analizzato si presenta relativamente stratificato ed è possibile notare all'interno di ciascun *transect* la presenza di due piani arborei distinti, determinati dalla presenza di due principali classi cronologiche, una più matura e una più giovane, probabilmente formati da due momenti di disseminazione avvenuti in tempi diversi.

L'altezza media per ogni zona si aggira intorno ai  $6,9$  m, ma risulta comunque abbastanza variabile. Come nel caso delle densità, i valori massimi di altezza media sono stimati per le zone centrali dell'area in rinnovazione e specificatamente per la quarta zona, dove l'altezza media è pari a  $7,66$  m (Tabella 1).

Tabella 1 - Risultati ottenuti dall'elaborazione dei dati rilevati all'interno di ogni *transect*.

Transect realizzato in zona	Densità [D] (n/ha)	Area basimetrica media [gm] ( $m^2$ )	Diametro medio [dm] (m)	Altezza media [hm] (m)	Densità area basimetrica [ $\lambda=G/S$ ] ( $m^2/ha$ )	Grado di copertura [R] ( $m^2/ha$ )	Grado di copertura percentuale [R%]
Terza	307	0,0136	13,15	5,91	4,17	2606	26,06
Quarta	702	0,0207	16,22	7,66	14,52	7025	70,25
Quinta	481	0,0195	15,76	7,50	9,37	4491	44,90
Sesta-settima	388	0,0199	15,90	6,55	7,71	3665	36,65

La concentrazione dei valori massimi di densità e altezza nelle zone interne all'area in rinnovazione è probabilmente legata alla presenza di condizioni edafiche e microambientali più favorevoli. Non è da escludere la favorevole presenza di una



falda sotterranea superficiale da cui il pino domestico, grazie all'emissione di un lungo apparato fittonante nelle fasi giovanili, è in grado di assicurarsi il rifornimento idrico. Tali condizioni edafiche favorevoli hanno favorito una maggiore rinnovazione della specie che si presenta in nuclei di maggiore densità. La distribuzione aggregata dei nuclei ha avuto inoltre un efficace effetto schermante nei confronti dell'aerosol marino, permettendo così agli individui arborei presenti nelle zone centrali di accrescersi maggiormente rispetto a quelli appartenenti alle zone più esterne.

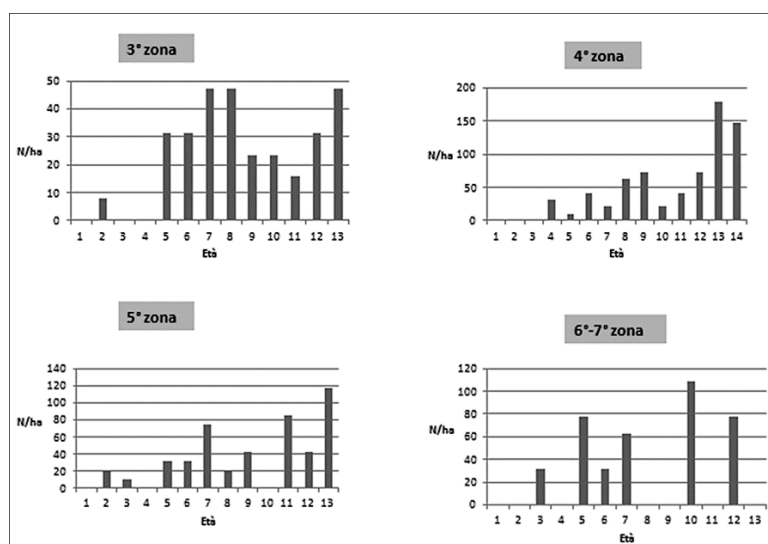


Figura 4 - Distribuzione della rinnovazione di pino domestico per classi unitarie di età.

Assumendo che il numero di palchi corrispondesse alla reale età della pianta, è stato possibile descrivere la distribuzione degli individui (rapportata all'ettaro) per classi unitarie di età (Figura 4). Ad eccezione della quarta zona in cui prevalgono gli individui appartenenti alle classi di età di 13 e 14 anni, all'interno di ogni istogramma ci sono due gruppi di classi cronologiche maggiormente rappresentativi, uno in corrispondenza delle maggiori classi di età (11, 12, 13 e 14 anni) e l'altro in prossimità delle classi intermedie (dai 5 agli 8 anni), che apparentemente corrispondono a momenti di rinnovazione differenti. Il *Pinus pinea* L. raggiunge la maturità sessuale tra i 15 e i 20 anni (Gellini e Grossoni, 1996) per cui, data la brevità dell'intervallo di tempo compreso tra le due classi cronologiche, è da escludere che la rinnovazione appartenente alla seconda classe cronologica si sia originata dalla disseminazione della prima.

Gli individui di maggiore età sono principalmente presenti nelle zone centrali del soprassuolo ed in particolar modo all'interno della quarta zona.

È possibile affermare che i primi nuclei di rinnovazione si siano affermati in prossimità della strada ed in particolar modo nella quarta zona dove è presente un maggior numero di individui appartenenti alle ultime classi di età. In questa zona, probabilmente per la maggiore vicinanza al rimboschimento delle piante

madri, per le condizioni edafiche, microstazionali e idriche più favorevoli alla rinnovazione e per una migliore protezione dai venti marini si è sviluppata e affermata una significativa rinnovazione del pino con valori di densità e di altezza maggiori rispetto alle altre zone dell'area indagata (Tabella 1).

Dall'analisi della struttura orizzontale (Figura 5) appare evidente che la rinnovazione si sia affermata per gruppi in particolar modo nelle prime fasi di vita del soprassuolo e nelle zone più limitrofe al rimboscimento. Questo tipo di aggregazione è stato osservato anche da Rodrigo *et al.* (2007) in alcune pinete di pino domestico nel Nord-Est della Penisola Iberica, percorse dal fuoco negli ultimi trent'anni, riscontrandovi sia la presenza di individui isolati che di gruppi di due o tre individui. La struttura orizzontale a gruppi in condizioni microstazionali difficili migliora le condizioni di sopravvivenza del nucleo di rinnovazione.

La rinnovazione più giovane (appartenente alla seconda classe cronologica: 5-8 anni) risulta invece maggiormente frequente e costituita da singoli individui isolati in prossimità dei nuclei di rinnovazione più adulti (appartenenti alla prima classe cronologica); in particolar modo, in prossimità della linea di costa (Figura 5 e 6), la densità si riduce notevolmente probabilmente a causa della lontananza dalle piante madri e della minor protezione dall'azione dell'aerosol marino, vegetando così in condizioni più difficili perché più aride e difficili.

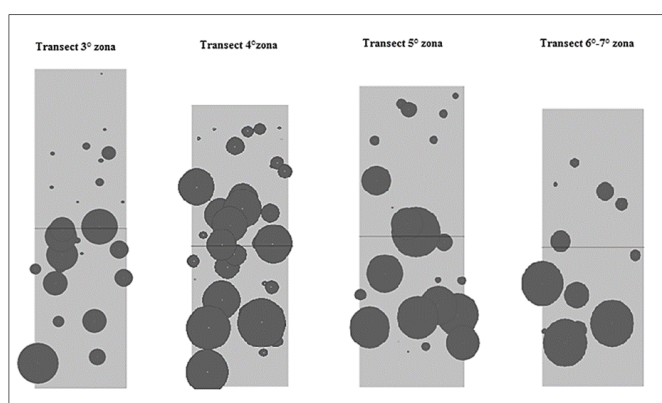


Figura 5 - Rappresentazione delle strutture orizzontali relative alle diverse zone.

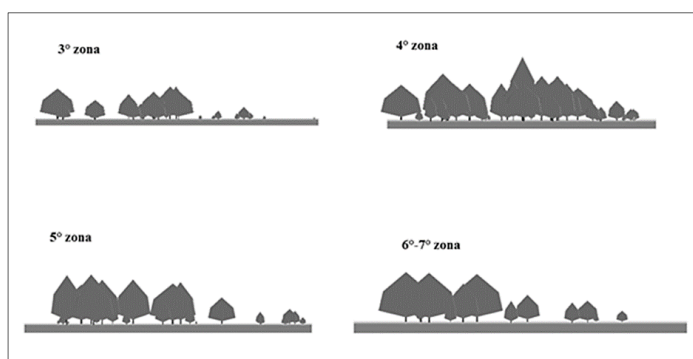


Figura 6 - Rappresentazione delle strutture verticali relative alle diverse zone.

## 5. CONCLUSIONI

La rinnovazione del pino domestico ha avuto origine una quindicina di anni fa dalla pineta artificiale retrostante, di circa 65 anni, i cui semi hanno trovato le condizioni ottimali per germinare e potersi affermare come rinnovazione.

I primi nuclei di rinnovazione hanno avuto origine 11-14 anni fa in prossimità della strada ed in particolar modo nelle zone limitrofe al popolamento artificiale delle piante madri e nelle zone centrali del soprassuolo in rinnovazione. In queste prime fasi di vita del soprassuolo la rinnovazione si è affermata per gruppi, consentendo così alle giovani plantule di ripararsi dai venti carichi di salsedine e migliorare le condizioni particolarmente difficili dell'ambiente dunale.

Individui di pino domestico più giovani, aventi un'età compresa fra i 5 e gli 8 anni, sono presenti in maniera isolata in prossimità dei nuclei di rinnovazione più adulti ed in particolar modo in prossimità della linea di costa.

Un comportamento simile è stato osservato da Ciancio *et al.* (2009) nella pineta dei "Tomboli di Cecina", dove la densità di rinnovazione risulta superiore laddove la copertura del soprassuolo è disforme e dove quindi la luce non diventa un fattore limitante.

Questo lavoro rappresenta un contributo alla conoscenza della dinamica della rinnovazione del pino domestico e fornisce informazioni utili per intervenire dal punto di vista selvicolturale in pinete di pino domestico che rappresentano un patrimonio forestale da conservare e favorire.

In conclusione di quanto osservato è perciò possibile affermare che gli interventi selvicolturali atti a favorire la rinnovazione del pino domestico devono rispettare la naturale dinamica e struttura di aggregazione a gruppi che la specie presenta in condizioni microstazionali difficili, creando strutture complesse di età multiscalare nelle pinete mature e favorendo la presenza delle migliori piante madri, a diversa conformazione delle chiome. Inoltre, al fine di incrementare la quantità di seme disponibile nella *soil bank*, i tagli di rinnovazione devono essere limitati al periodo post-dispersione del seme e devono essere realizzati successivamente agli eventi piovosi di maggiore entità (ottobre e dicembre), cui segue il rilascio dei semi.

## SUMMARY

### *Spatial patterns of stand pine natural regeneration in Mediterranean dune environment*

In Mediterranean forest ecosystems, spontaneous regeneration presents various problems. Therefore, it is difficult to observe this phenomenon in natural conditions and the areas in which it occurs represent a great opportunity to analyze its dynamics. A case of natural regeneration of *Pinus pinea* L. has been observed and analyzed in a coastal dune area of Sardinia, where there is an artificial pine forest of about 65 years. Although the study was developed in a small area, the results represent a further step in understanding the dynamics that drive the spontaneous renewal of the domestic pine.

## BIBLIOGRAFIA

- Barbeito I., Pardos M., Calama R., Isabel C., 2008 - *Effect of stand structure on Stone pine (Pinus pinea L.) regeneration dynamics*. Departamento de Sistemas y Recursos Forestales, Centro de Investigación Forestal - Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias (INIA), p. 617-627.
- Calama R., Montero G., 2007 - *Cone and seed production from stone pine (Pinus pinea L.) stands in Central Range (Spain)*. European Journal of Forest Research, 126: 23-35.  
<https://doi.org/10.1007/s10342-005-0100-8>
- Ciancio O., Cutini A., Mercurio R., Veracini A., 1986 - *Sulla struttura della pineta di pino domestico di Alberese*. Annali dell'Istituto Sperimentale di Selvicoltura, vol. XVII: 171-236.
- Ciancio O., Travaglini D., Bianchi L., Mariotti B., 2009 - *La gestione delle pinete litoranee di pino domestico: il caso dei "Tomboli di Cecina"*, p. 156-159.
- Cutini A., 2002 - Pinus pinea L. In: Pines of Silvicultural importance. CABI, ed. (CABI, Wallingford, UK), p. 329-343.
- De Riso S., Cabula E., Capra G., 2004 - *Studio di impatto ambientale relativo alla realizzazione di un programma integrato nel comune di Tortoli - Arbatax per la valorizzazione dei settori turistico - residenziale, artigianale, commerciale, dei servizi complementari e del sistema verde*. P. 50-70.
- Fratteggiani M., Mencuccini M., Mercurio R., Profili W., 1994 - *Quantitative analysis of Stone pine (Pinus pinea L.) root system morphology and its relationships with water table and soil characters*. Proceedings of the Meeting: Mountain Silviculture in Central Spain, 27 sept. - 1 oct., 1993, Valsain, Spain. Investigacion Agraria Fuera de Serie n. 3, p. 405-416.
- Gellini R., Grossoni P., 1996 - *Botanica forestale. Gimnosperme*. Vol. 2. Editore CEDAM.
- Loisel R., 1976 - *Place et role des especes du genre Pinus dans la vegetation du Sud-Est mediterraneen Francais*. Ecologia Mediterranea, 2: 131-152
- Magini E., 1955 - *Sulle condizioni di germinazione del pino d'Aleppo e del pino domestico*. L'Italia Forestale e Montana, n. 3: 106-124.
- Manso R., Calama R., Madrigal G., Pardos M., 2013 - *A silviculture-oriented spatio-temporal model for germination in Pinus pinea L. in the Spanish Northern Plateau based on a direct seeding experiment*. European Journal of Forest Research, 132 (5-6): 969-982. <https://doi.org/10.1007/s10342-013-0724-z>
- Marchese O., 1997 - *Linee di gestione per la pineta di pino domestico della Tenuta di S. Rossore*. Indagini sperimentali sulla rinnovazione naturale. Tesi di Laurea. Università degli Studi di Firenze.
- Pavari A., 1955 - *Sul trattamento delle fustate di pino domestico (Pinus pinea L.)*. Atti del Congresso Nazionale di Selvicoltura, Firenze, 14-18 marzo 1954, Volume I.
- Rodrigo A., Quintana V., Retana J., 2007 - *Fires reduce Pinus pinea distribution in the North-Eastern Iberian Peninsula*. Écoscience, 14 (1): 23-30.  
[https://doi.org/10.2980/1195-6860\(2007\)14\[23:FRPPDI\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.2980/1195-6860(2007)14[23:FRPPDI]2.0.CO;2)
- Scarfò F., 2012 - *Manuale di buone pratiche di gestione forestale in Calabria: i rimboschimenti di conifere*. <https://robinwoodplus1.files.wordpress.com/2012/12/manuale-di-buone-pratiche-di-gestione-forestale-in-calabria-i-rimboschimenti-di-conifere.pdf>