



Linee Guida per una Gestione Sostenibile di Pinus spp.

*(Pinus nigra J.F. Arnold, Pinus pinea L,
Pinus pinaster Aiton)*



Linee Guida per una Gestione Sostenibile di *Pinus* spp. (*P. nigra* J.F. Arnold., *P. pinea* L., *P. pinaster* Aiton)

Deliverable: Section of the guidelines on management activities in forest conservation areas in climate change for each of the 4 species/genera complexes targeted



UNIVERSITA'
DEGLI STUDI
FIRENZE
DAGRI
DIPARTIMENTO DI AGROLOGIA
E DIFESA DELLE PIANTE



UNIVERSITA' DEL SANNIO
CASA S. ANGELO
CASA S. MARINO
CASA S. VITO



UNIVERSITA' DELLA BASILICATA
DIPARTIMENTO DI SCIENZE
AGRICOLE E FORESTALI

Zavod za gozdove Slovenije
Slovenia Forest Service



DESCRIZIONE DEL PROGETTO LIFE SySTEMiC

Il programma LIFE è uno strumento dell'Unione Europea che finanzia progetti aventi come scopo la conservazione degli ecosistemi, della biodiversità e la lotta al cambiamento climatico.

Il progetto LIFE SySTEMiC Project (*Close-to-nature foreSt SusTainable Management practices under Climate Changes*) ha come obiettivo lo sviluppo e l'utilizzo di un modello basato sulla diversità genetica per determinare le migliori pratiche selvicolturali al fine di proteggere le nostre foreste in tempi di cambiamenti climatici. L'idea di base è semplice: maggiore è la diversità genetica degli alberi in una foresta, più è probabile che alcuni alberi abbiano caratteristiche genetiche che li rendono più adattabili ai cambiamenti climatici, aumentando la resistenza e la resilienza del sistema forestale.

Sulla base di queste premesse, gli obiettivi principali del progetto sono:

- Indagare le relazioni tra gestione forestale e diversità genetica per 8 specie di alberi forestali in 3 Paesi europei (Croazia, Italia, Slovenia) al fine di identificare i sistemi selvicolturali che mantengono alti livelli di diversità genetica.
- Sviluppare un modello innovativo che comprenda Genetica, Biodiversità e Selvicoltura (GenBio-Silvi) basato sulla combinazione di tecniche avanzate di *Landscape Genomics*, genetica applicata e modelli selvicolturali al fine di supportare una Gestione Forestale Sostenibile.
- Diffondere la conoscenza del metodo in tutta Europa e trasferirne l'uso nella pratica forestale attraverso il coinvolgimento di Stakeholder.

Nella pagina web del progetto LIFE SySTEMiC vengono riportati tutti i prodotti finali del progetto: <https://www.lifesystemic.eu/>



1. Introduzione

Miran Lanščak

Croatian Forest Research Institute (CFRI), Croatia

I pini in Europa sono tra i generi arborei più significativi dal punto di vista ecologico ed economico nelle regioni mediterranee e submediterranee. A livello globale, sono tra i generi più numerosi, con oltre 100 specie che crescono principalmente nell'emisfero settentrionale. I pini vivono in aree ben illuminate e si adattano a diverse condizioni ecologiche, tra cui temperatura, umidità e terreno. Possono vivere fino a 250 anni. Sono conifere sempreverdi con aghi caratteristici, che possono essere a coppie, a tre o a cinque. I loro coni maturano nel secondo o terzo anno.

Nell'ambito del progetto LIFE SySTEMiC, sono state studiate tre specie di pini in Croazia, Italia e Slovenia: *Pinus nigra* J.F. Arnold (pino nero), *Pinus pinaster* Aiton (pino marittimo) e *Pinus pinea* L. (pino domestico). Queste specie formano solitamente popolamenti puri, ma possono trovarsi anche in popolamenti misti con altri pini. Tutte le specie citate hanno un ampio areale di distribuzione in tutta la regione mediterranea, come illustrato nelle mappe di distribuzione areale riportate di seguito (Figure 1.1, 1.2 e 1.3).

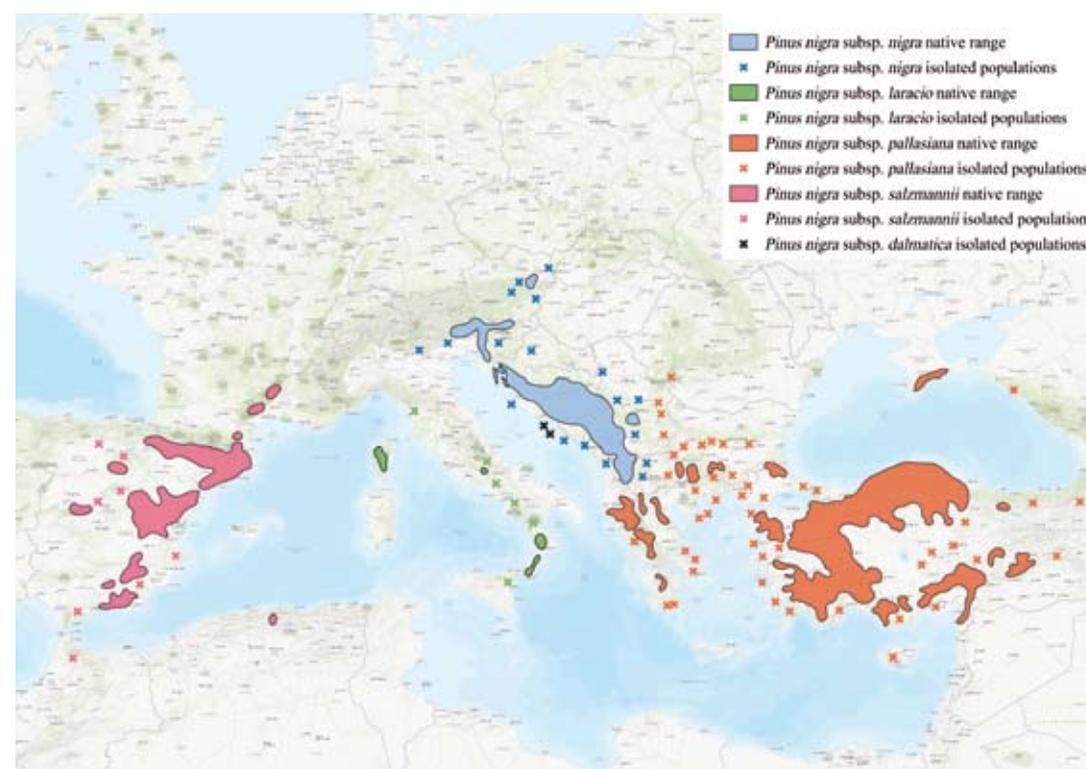


Figure1.1 Areale di distribuzione del pino nero (www.euforgen.org)



Figura 1.2. Areale di distribuzione del pino domestico (www.euforgen.org)

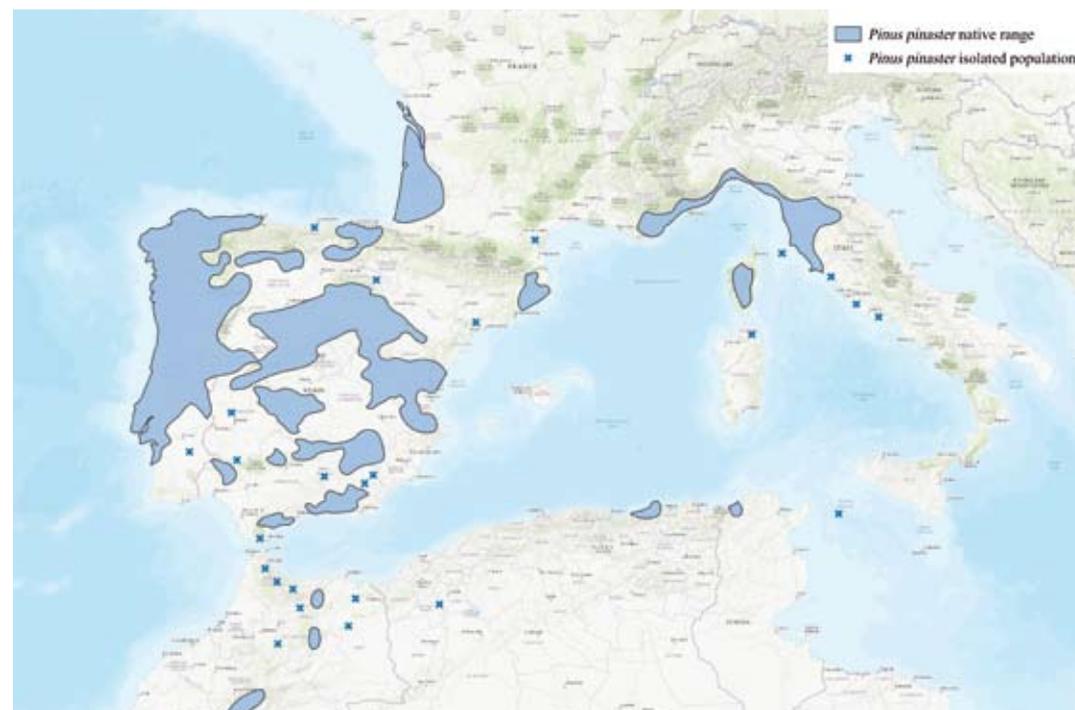


Figura 1.3 Areale di distribuzione del pino marittimo (www.euforgen.org)

2. Linee guida generali per la gestione forestale sostenibile e sull'adattamento delle foreste ai cambiamenti climatici

Miran Lanščak; Anđelina Gavranović Markić; Sanja Bogunović; Zvonimir Vujnović, Barbara Škiljan, Mladen Ivanković

Croatian Forest Research Institute (CFRI), Croatia

La gestione forestale sostenibile e *close to nature*, utilizza metodi che promuovono la conservazione della natura e delle foreste per preservarle come ecosistemi naturali, con tutte le loro diverse forme di vita e relazioni che si formano al loro interno. Essa si basa su una pianificazione dettagliata della gestione forestale, adattata alle condizioni specifiche dei singoli siti e popolamenti, e alle funzioni forestali, considerando i processi naturali e le strutture specifiche degli ecosistemi forestali naturali (Veselić, 2008). I sistemi selvicolturali per i popolamenti di pino devono essere selezionati con cura per promuovere approcci prossimi alla natura e imitare i processi naturali nei popolamenti forestali. Nell'ambito del progetto LIFE SySTEMiC sono stati analizzati quattro approcci selvicolturali nei popolamenti di pino (Tabella 2.1). Nel progetto LIFE SySTEMiC sono stati studiati 10 popolamenti di pino, corrispondenti a 4 Tipi di Foresta Europea (EFT): 3.3 *Alpine Scots pine and Black pine forest*; 10.1 *Mediterranean pine forest*; 10.2 *Mediterranean and Anatolian Black pine forest* and 14.1 *Plantations of site-native species*.

Tabella 2.1. Elenco dei siti per *Pinus nigra* J.F. Arnold., *Pinus pinea* L. and *Pinus pinaster* Aiton of the LIFE SySTEMiC project.

Id	Nome del sito	Paese	Specie	EFT*	Struttura	Sistema selvicolturale
08	Terminaccio	Italia	<i>P. pinea</i>	10.1	Coetanea	Taglio raso con rinnovazione artificiale posticipata
9A	Fossacci	Italia	<i>P. pinea</i>	10.1	Coetanea	Taglio raso con rinnovazione artificiale posticipata
9B	Fossacci	Italia	<i>P. pinea</i>	10.1	Coetanea	Taglio raso con rinnovazione artificiale posticipata
9C	Fossacci	Italia	<i>P. pinea</i>	10.1	Coetanea	Taglio raso con rinnovazione artificiale posticipata
15	Zadar	Croazia	<i>P. pinea</i>	10.1	Coetanea	Taglio raso con rinnovazione artificiale posticipata
17	Klana	Croazia	<i>P. nigra</i>	3.3	Coetanea	Tagli successivi uniformi
18	Brač	Croazia	<i>P. nigra</i>	10.2	Coetanea	Tagli successivi a gruppi
19	Pelješac	Croazia	<i>P. pinaster</i>	10.1	Coetanea	Tagli successivi a gruppi
22	Mlake	Slovenia	<i>P. nigra</i>	14.1	Coetanea	Tagli successivi uniformi
31	Mljet	Croazia	<i>P. pinea</i>	10.1	Coetanea	Tagli successivi uniformi

* EFT = European Forest Type: 3.3 *Alpine Scots pine and Black pine forest*; 10.1 *Mediterranean pine forest*; 10.2 *Mediterranean and Anatolian Black pine forest* and 14.1 *Plantations of site-native species*).

Nell'ambito del progetto LIFE SySTEMiC sono state studiate tre specie di pini: *Pinus nigra* J.F. Arnold con le sottospecie *Pinus nigra* subsp. *dalmatica* (Vis.) Franco, *Pinus pinea* L. e *Pinus pinaster* Aiton.

Pinus nigra J.F. Arnold and *Pinus nigra* subsp. *dalmatica* (Vis.) Franco

Il pino nero (*P. nigra* J.F. Arnold) è una conifera sempreverde originaria della regione mediterranea e di parte dell'Europa. Può essere suddiviso in cinque sottospecie in base alla distribuzione geografica, alla lunghezza e alla rigidità degli aghi: *P. nigra* J.F. Arnold subsp. *nigra*, distribuita nell'Austria sud-orientale, nell'Italia settentrionale, nella penisola balcanica, in Bulgaria, Romania e Turchia; *P. nigra* subsp. *salzmannii* (Dunal) Franco, distribuita nell'Europa sud-occidentale, in Francia (Hérault, Pirenei), Spagna, Algeria e Marocco; *P. nigra* subsp. *laricio* (Poir.) Palib. ex Maire, distribuita in Francia e Italia; *P. nigra* subsp. *dalmatica* (Vis.) Franco, distribuita in Croazia; *P. nigra* subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe, distribuita in Grecia, Cipro, Bulgaria sud-occidentale, Macedonia settentrionale sud-orientale, Albania meridionale e dalla Crimea lungo la costa del Mar Nero fino alla Turchia (Gausen *et al.*, 1993, Farjon 2017). La specie cresce in consociazione con *P. sylvestris* L., *P. mugo* Turra, *P. halepensis* Mill., *P. pinea* L. e *P. haldreichii* Christ (Burns e Honkala 1990).

Il pino nero forma popolamenti puri e misti con altri pini, soprattutto *P. sylvestris* (Isajev *et al.*, 2004). È di medie dimensioni, raggiungendo i 30 metri di altezza (raramente 40-50 metri). I giovani pini hanno una forma slanciata che diventa più rotonda con l'età, a volte sviluppando una chioma appiattita a ombrello (Isajev *et al.*, 2004). Le varietà occidentali presentano placche chiare, mentre le orientali hanno solchi scuri. Negli alberi vecchi, le fessure sono profonde e le placche grandi (Eckenwalder 2009). Le gemme sono ovoidali, appuntite e resinose. Gli aghi, a coppie, sono lunghi 8-15 (19) cm, spessi 1-2 mm, verdi e seghettati, con 12-24 file di stomi per lato, persistono per 3-4 (8) anni (Willis *et al.*, 1998). Il pino nero è una specie monoica. La maturità riproduttiva viene raggiunta a 15-20 anni di età. La semina avviene ogni due-cinque anni. I popolamenti di pino nero si trovano ad altitudini comprese tra 350 e 2200 m, con un'estensione altitudinale ottimale tra 800 e 1500 m (Praciak *et al.*, 2013). Può crescere su una varietà di suoli, dalle sabbie podzoliche ai suoli calcarei, spesso a seconda della regione e del clima (Farjon e Filer, 2013). Il pino nero può crescere sia in habitat estremamente secchi che umidi, con una notevole tolleranza alle fluttuazioni di temperatura. È intollerante l'ombra e può tollerare bene i venti, la siccità e i terreni salini.



Figura 2.1. Boschi da seme di *Pinus nigra* J.F. Arnold subsp. *dalmatica* (Vis.) Franco nell'isola di Brač, Croazia

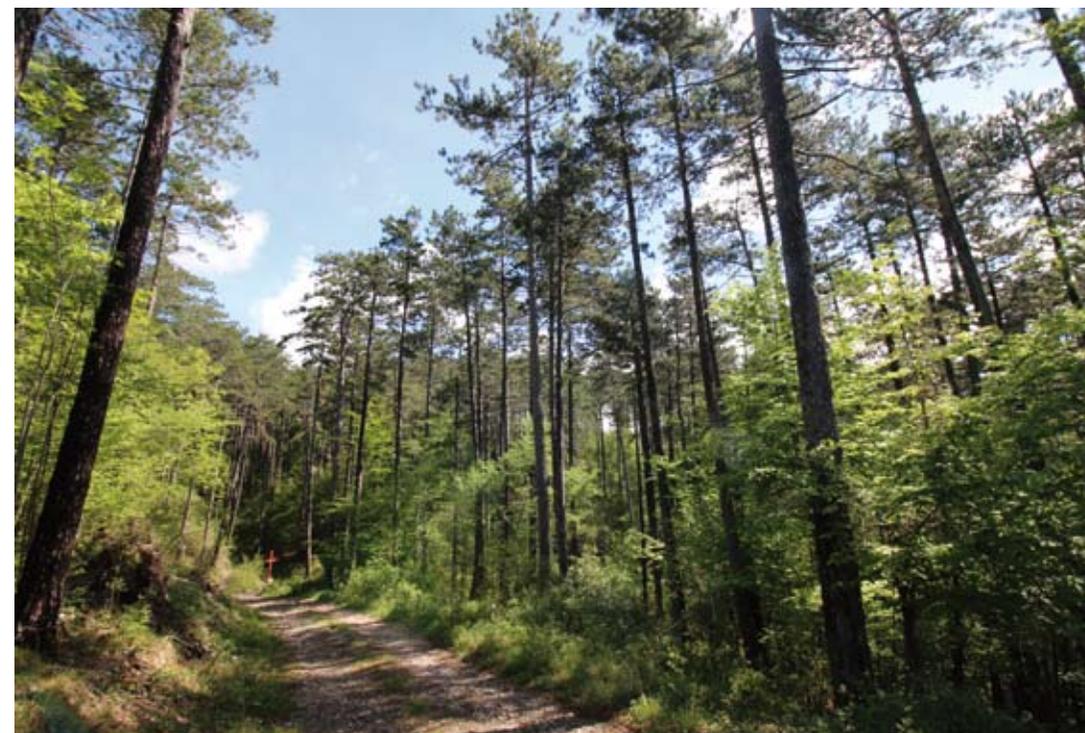


Figure 2.2. Boschi da seme di *Pinus nigra* J.F. Arnold a Klana, Croazia

Pinus pinea L.

Il pino domestico (*P. pinea* L.), noto anche come pino ombrello, è una conifera sempreverde originaria della regione mediterranea, distribuita dal Portogallo alla Siria e lungo alcune aree costiere del Mar Nero (Farjon e Filer, 2013). La sua distribuzione naturale originaria è difficile da determinare a causa dell'estesa coltivazione e diffusione fin dall'epoca preromana, che rende difficile distinguere le aree autoctone da quelle in cui è stato piantato. A causa della sua importanza economica, l'attività antropica ha influenzato in modo significativo la sua attuale diversificazione geografica e diversità genetica.

Il pino domestico è ampiamente coltivato in Spagna, Portogallo, Italia e Turchia per scopi quali la produzione di frutta e di legname, la protezione dell'ambiente e la realizzazione di impianti per scopi ricreativi. È stato introdotto con successo anche in Nord Africa, Argentina e Sudafrica (Bussotti, 1996).

Il pino domestico è un albero di medie dimensioni che cresce fino a 25-30 metri, con tronchi che superano i 2 metri di diametro. La chioma è globosa e arbustiva nella fase giovanile, diventando ombrelliforme e piatta e larga in maturità. Il tronco, spesso corto, presenta numerosi rami inclinati verso l'alto con fogliame vicino alle estremità. La corteccia è complessa: grigio cenere e fessurata nei giovani alberi, diventando marrone rossastra e separata da profonde fessure longitudinali tra lunghe placche squamose grigie e piatte. Le gemme, lunghe circa 1 cm, hanno squame marroni. Gli aghi sono verdi brillanti, in fasci di due, lunghi 8-15 cm, con apice appuntito e stomi su ogni lato. Permangono sull'albero per 2-3 anni. Il pino domestico è una specie monoica. La maturità riproduttiva negli alberi isolati inizia a 15-20 anni, e nei popolamenti forestali a circa 20-30 anni. Gli amenti pollinici gialli si trovano in gruppi alla base dei germogli stagionali, mentre i coni ovulati, eretti e lun-

ghi circa 2 cm, sono impollinati tramite vento da maggio a giugno, con il polline rilasciato in grande quantità. La fecondazione avviene due anni dopo l'impollinazione e i coni maturano nel terzo anno. I coni maturi, lunghi 8-14 cm, ampiamente ovoidali, sessili e isolati, rimangono attaccati per diversi anni dopo l'apertura. I semi, di colore marrone chiaro e ricoperti da una polvere nera, sono lunghi 15-20 mm, pesanti e con ali facilmente staccabili, inefficaci per la dispersione eolica. Il pino cembro presenta una semina ad albero con variazioni significative nella produzione di semi (Eckenwalder, 2009; Johnson e More, 2006).

Il pino domestico occupa un'ampia gamma di condizioni climatiche e pedologiche lungo il bacino del Mediterraneo. Si trova dal livello del mare fino a 500-600 m nel Mediterraneo settentrionale e fino a 800-1400 m nel Mediterraneo orientale. Forma prevalentemente popolamenti puri, che si rinnovano naturalmente per seme. I popolamenti si trovano nelle zone a clima termo- e meso-mediterraneo e nei bio-climi subumidi, caratterizzati da estati calde e secche e inverni piovosi e miti. È esigente in termini di luce e preferisce terreni sabiosi acidi o neutri, anche se tollera terreni leggermente calcarei (Montero *et al.*, 2008).



Figura 2.3. Alberi vetusti di *Pinus pinea* L. sull'isola di Mljet, Croazia

Pinus pinaster Aiton

Il *P. pinaster* Aiton, il pino marittimo, è un albero molto diffuso sempreverde originario della regione meridionale dell'Europa atlantica e di parte del Mediterraneo occidentale.

L'areale del pino marittimo si concentra principalmente nel bacino occidentale del Mediterraneo e nella costa atlantica meridionale dell'Europa. È presente nella penisola iberica, nella Francia meridionale, nell'Italia occidentale, nelle isole del Mediterraneo occidentale, nel Marocco settentrionale, in Algeria e in Tunisia. La sua presenza si è espansa a causa delle piantagioni artificiali e della naturalizzazione, raggiungendo la costa sud-occidentale della Francia, i Paesi adriatici e persino l'Europa settentrionale, compresi Regno Unito e Belgio (Jalas e Suominen 1973, Critchfield e Little 1966, Pereira 2002, Farjon e Filer 2013). Due fattori principali hanno influenzato l'attuale distribuzione frammentata di *P. pinaster*: la discontinuità e la quota delle catene montuose, che isolano anche le popolazioni vicine, e il significativo impatto antropico attraverso la deforestazione e i cambiamenti

di uso del suolo (Alía e Martín 2003). Nonostante queste sfide, la specie continua a essere ampiamente piantata e coltivata in vari paesi, sia all'interno che all'esterno del suo areale naturale. Si estende dal livello del mare nelle pianure costiere a quote moderate fino a 1600 m nella penisola iberica e nella Corsica insulare, e fino a circa 2000 m in Marocco (Wahid *et al.*, 2006, Farjon 2010). Questo range di altitudine evidenzia l'adattabilità della specie a diverse altitudini e condizioni climatiche. Naturalmente, cresce in aree temperate calde con influenze climatiche oceaniche, in particolare in regioni umide e subumide con precipitazioni annue superiori a 600 mm. Tuttavia, può sopravvivere in regioni con solo 400 mm di precipitazioni annue se l'umidità atmosferica è sufficiente. Non tollera l'ombra e mostra una preferenza per i terreni silicei a tessitura grossolana, in particolare suoli sabiosi, dune e altri substrati poveri (Viñas *et al.*, 2016).

In un'epoca di condizioni climatiche estreme, in particolare di temperature estive elevate e siccità prolungate nelle aree in cui crescono i pini, gli incendi forestali rappresentano una minaccia significativa per i popolamenti delle pinete. Fortunatamente, la natura ha dimostrato più volte di essere in grado di provvedere da sola alla propria rinnovazione naturale, il che è particolarmente evidente nel caso dei pini. I pini producono semi ortodossi che possono essere conservati per molti anni con un alto tasso di germinazione e vitalità. Se raccolti in modo tempestivo e conservati correttamente, questi semi possono essere fondamentali per la produzione continua di materiale riproduttivo forestale (piantine) per il ripristino delle foreste dopo gli incendi. Inoltre, gli incendi forestali riscaldano i coni maturi ad alte temperature, inducendoli ad aprirsi lentamente e a disperdere i semi nell'area bruciata, portando infine a un'ottima rinnovazione naturale dei popolamenti.



Figura 2.4 Sito forestale di *Pinus pinaster* Aiton in un arco temporale di cinque anni (una settimana dopo l'incendio nel 2015 e sito nel 2023) sulla penisola di Pelješac, Croazia.

3. Landscape genomics

Cesare Garosi¹, Cristina Vettori^{1,2}, Miran Lanšćak³, Marko Bajc⁴, Donatella Paffeti¹

¹ Dipartimento di Scienze e Tecnologie Agrarie, Alimentari, Ambientali e Forestali (DAGRI), Università degli Studi di Firenze (UNIFI), Italia

² Istituto di Bioscienze e Biorisorse (IBBR), Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR), Italia

³ Croatian Forest Research Institute (CFRI), Croatia

⁴ Slovenian Forestry Institute (SFI), Slovenia

Abbiamo utilizzato approcci di *Landscape Genomics* per analizzare la componente neutrale e adattativa della diversità genetica, al fine di evidenziare possibili modelli di adattamento locale nelle popolazioni. I marcatori molecolari neutrali e adattativi sono stati utilizzati in combinazione con dati spaziali e indicatori bioclimatici. I polimorfismi a singolo nucleotide (SNP *Single Nucleotide Polymorphism*) genotipizzati con un approccio di *target re-sequencing* adattativa della popolazione studiata. Grazie al *target re-sequencing* mirato di *P. pinea* L., sono stati genotipizzati circa 500 SNP in 28 regioni genomiche rilevanti per la risposta a uno o più stress abiotici (i risultati sono riportati nel *deliverable Action B1: SNP road-map of each study site*). Inoltre, come risultato del *target re-sequencing* di *P. nigra* J.F. Arnold, sono stati osservati circa 2000 SNP in 21 regioni genomiche rilevanti per la risposta a uno o più stress abiotici. Attraverso la distribuzione spaziale degli SNP è stato possibile osservare un elevato numero di SNP specifici del sito e nazionali per tutti i siti di pino nero studiati. Nonostante la diversa regione bioclimatica di ciascun sito analizzato, l'elevato numero di SNP specifici per il sito riportato potrebbe essere interpretato come un segno di adattamento all'ambiente locale. Per identificare le caratteristiche di adattamento locali, abbiamo condotto analisi GEA (*Genotype Environment Association*). L'analisi globale ci ha permesso di identificare possibili schemi di adattamento alle condizioni bioclimatiche che caratterizzano l'areale di *Pinus* spp. I risultati dell'analisi hanno mostrato l'esistenza di tre *cluster* diversi per *P. pinea* e quattro *cluster* per *P. nigra*, presenti in Italia, Croazia e Slovenia. Inoltre, un dato ancora più interessante è la presenza di associazioni tra alcune varianti alleliche e i valori medi delle 12 variabili bioclimatiche considerate per queste analisi: 39 SNP per *P. pinea* e 14 per *P. nigra* (come riportato nella *deliverable Action B1: Production of maps of spatial distribution of genetic diversity and of correlation between allele distribution and environmental variation*).

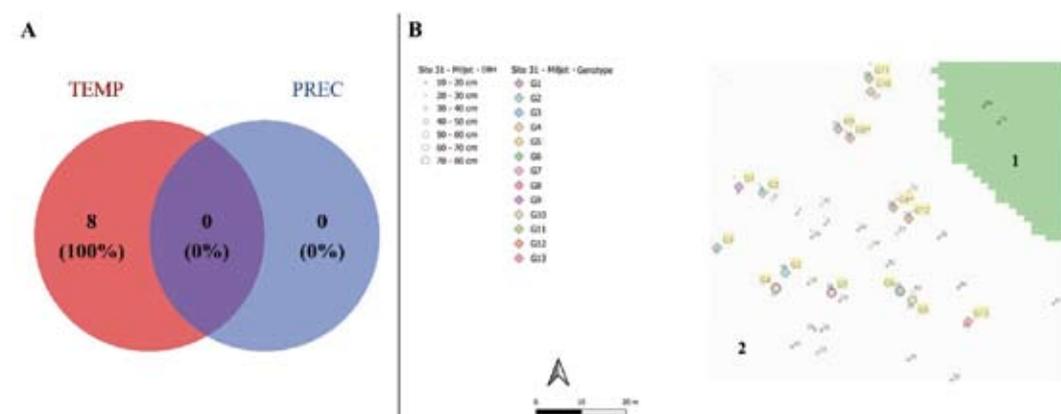


Figura 3.1. Risultati dell'analisi LFMM (*Latent Factor Mixed Models*) e mappa della distribuzione dei genotipi dei dati del Sito 31 - Mljet. (A) Il diagramma di Venn mostra la sovrapposizione tra SNP associati a indicatori bioclimatici legati alla temperatura e alle precipitazioni, come risultato dell'analisi LFMM. (B) Distribuzione spaziale del genotipo e organizzazione spaziale in 3 *cluster* (risultati GENELAND). La mappa mostra gli individui presenti nel sito di studio (cerchio con bordo nero) e gli individui sequenziati. Questi ultimi sono caratterizzati da cerchi colorati in base al genotipo osservato. Colori identici significano genotipi identici.

La presenza di queste associazioni potrebbe essere interpretata come il genotipo di adattamento basale di *Pinus* spp. diffuso nell'areale dell'Europa centrale. La presenza di varianti alleliche sito-specifiche potrebbe essere correlata al modello di adattamento locale piuttosto che regionale. Nell'analisi di associazione ambientale (EAA *Environmental Association Analysis*) è importante tenere conto della struttura genetica neutrale (Rellstab *et al.*, 2015), poiché la struttura genetica neutrale può produrre modelli simili a quelli attesi da processi non neutrali (Excoffier & Ray 2008; Excoffier *et al.*, 2009; Sillanpää 2011).

La struttura genetica delle popolazioni è stata analizzata utilizzando due approcci di *clustering* bayesiano: uno che fa uso del software STRUCTURE al fine di determinare il numero di sottopopolazioni presenti (Pritchard *et al.*, 2000) e l'altro che fa uso del software GENELAND (Guillot 2008) per la spazializzazione delle stesse. Per *P. pinea*, abbiamo riscontrato un numero da basso a moderato di varianti alleliche correlate in ogni sito. In particolare, abbiamo riscontrato che il Sito 09 - Fossacci presentava un numero più elevato di SNPs correlati con indicatori bioclimatici (20 SNP). Nonostante il numero più elevato di SNP correlati riportato per il Sito 09, la struttura genetica spaziale è semplificata (1 *cluster*). Invece, come riportato nella Figura 3.1, abbiamo osservato una struttura genetica spaziale meno semplificata e un elevato numero di SNP correlati nel Sito 31 - Mljet. Sulla base dei risultati ottenuti, è possibile ipotizzare che l'incentivazione alla rinnovazione naturale di *P. pinea* potrebbe produrre buoni risultati in termini di diversità genetica e di adattamento delle popolazioni ai futuri cambiamenti ambientali.

Per *P. nigra*, i siti gestiti mostrano una complessa struttura genetica spaziale con pochi SNP correlati. Il Sito 18 - Brač il Sito 22 - Mlake hanno i valori più alti di diversità genetica adattativa. La gestione a taglio a scelta favorisce popolazioni con molte varianti alleliche associate alla risposta ambientale. Nei popolamenti non gestiti, la struttura genetica è semplificata con pochi SNP correlati. Questi risultati sono fondamentali per la pianificazione della gestione selvicolturale, poiché la conoscenza della variabilità genetica adattativa può guidare le decisioni. Ciò è cruciale per preservare le risorse genetiche forestali e arricchire i soprassuoli con genotipi favorevoli.

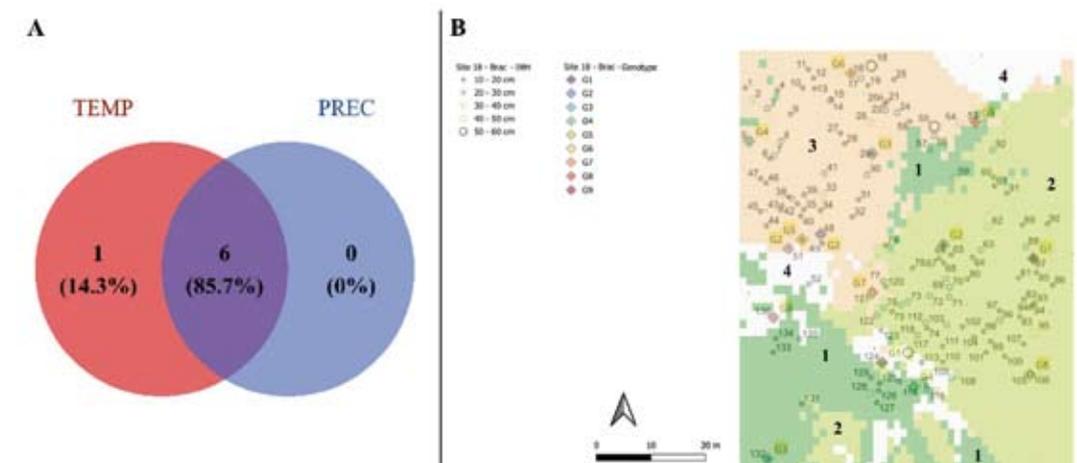


Figura 3.2. Risultati dell'analisi LFMM e mappa di distribuzione dei genotipi del Sito 18 - Brač. (A) Il diagramma di Venn mostra la sovrapposizione tra SNP associati a indicatori bioclimatici legati alla temperatura e alle precipitazioni, come risultato dell'analisi LFMM. (B) Distribuzione spaziale del genotipo e organizzazione spaziale in 4 *cluster* (risultati GENELAND). La mappa mostra gli individui presenti nel sito di studio (cerchio con bordo nero) e gli individui sequenziati. Questi ultimi sono caratterizzati da cerchi colorati in base al genotipo osservato. Colori identici significano genotipi identici.

4. GenBioSilvi model

Roberta Ferrante^{1,2}, Cesare Garosi¹, Cristina Vettori^{1,3}, Davide Travaglini¹, Donatella Paffetti¹

¹ Dipartimento di Scienze e Tecnologie Agrarie, Alimentari, Ambientali e Forestali (DAGRI), Università degli Studi di Firenze (UNIFI), Italia

² NBFC, National Biodiversity Future Center, Italia

³ Istituto di Bioscienze e Biorisorse (IBBR), Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR), Italia

Per studiare la biodiversità negli ecosistemi forestali, abbiamo analizzato indicatori quali la diversità genetica, la struttura forestale, il legno morto, la diversità del suolo e i microhabitat, grazie ai dati raccolti in altre attività del progetto. Diversi studi hanno evidenziato la ridotta variabilità genetica del pino domestico (*P. pinea* L.) rispetto ad altre specie di conifere (Vendramin *et al.*, 2008; Carrasquinho *et al.*, 2013; Sáez-Laguna *et al.*, 2014; Mutke *et al.*, 2019), attribuendola a colli di bottiglia storici della popolazione, al limitato flusso genico, alla propagazione clonale e alla sua distribuzione disomogenea nella regione mediterranea. Nonostante la sua bassa diversità genetica, *P. pinea* mostra una plasticità fenotipica che consente l'adattamento a diverse condizioni ambientali attraverso meccanismi come le modifiche epigenetiche. Come riportato nel *deliverable Action B2: Forest ecosystem biodiversity and modelling*, sulla base dei risultati ottenuti, abbiamo verificato che i popolamenti di pino domestico presentano un basso livello di biodiversità.

In base alla nostra analisi dei dati nSSR (*Nuclear Simple Sequence Repeat*), tutti i siti hanno mostrato strutture genetiche spaziali semplificate. Tuttavia, abbiamo osservato un'elevata diversità genetica negli SNP associati ai geni coinvolti nella risposta agli stress abiotici.

Il Sito 09 - Fossacci, gestito tramite taglio raso con rinnovazione artificiale posticipata, ha mostrato i valori più alti di diversità genetica adattativa. Stimolare la rinnovazione naturale di *P. pinea* L. potrebbe aumentare la diversità genetica e l'adattabilità ai futuri cambiamenti ambientali. Attraverso i dati dendrometrici, abbiamo rilevato che la struttura forestale ottimale era con struttura verticale pluristratificata con rinnovazione naturale, osservata in tutti i siti gestiti ad eccezione del Sito 15 - Zara, che presentava prevalentemente alberi adulti con una rinnovazione limitata. Le foreste pluristratificate e disetanee creano le condizioni ideali per la rinnovazione naturale, creando gaps e favorendo la presenza di specie sporadiche e la dispersione del polline, aumentando così la diversità genetica. Il volume del legno morto era basso in tutti i siti, ma il Sito 09 - Fossacci presentava la quantità più elevata di legno morto. Per quanto riguarda la frequenza dei microhabitat, i microhabitat epixilici erano meno frequenti di quelli saporilici in tutti i siti, con gli epixilici che fungono da indicatori cruciali delle condizioni dell'ecosistema e della biodiversità. Le pratiche di gestione che promuovono strutture forestali complesse, come i popolamenti disetanei e multistrato, aumentano la diversità dei microhabitat.

Il *P. nigra* J.F. Arnold è comunemente utilizzato in ambienti ostili grazie alla sua resilienza. È stato comunemente utilizzato per il rimboschimento di aree con suoli difficili e condizioni climatiche critiche (Dias *et al.*, 2020).

In base all'analisi riportata nell'Azione *deliverable Action B2 GenBioSilvi model*, è emerso che tutti i siti presentano un'elevata diversità genetica, ma le differenze significative tra i siti non sono risultate determinanti nonostante i diversi tipi di gestione. In particolare, nelle foreste gestite secondo il taglio a scelta e in una foresta non gestita, l'analisi della diversità genetica basata sui dati nSSR ha rivelato una struttura genetica semplificata nel sito non gestito, suggerendo influenze della gestione sul potenziale di rinnovazione. Inoltre, abbiamo osservato la presenza di un'elevata diversità genetica negli SNP associati ai geni di risposta agli stress abiotici, in particolare nel Sito 22 - Mlake, che ha riportato i valori più elevati di diversità genetica adattativa.

Sulla base dei nostri risultati, la promozione della rinnovazione naturale di *P. nigra* J.F. Arnold potrebbe aumentare significativamente la diversità genetica e migliorare l'adattamento della popolazione

alle sfide ambientali future. I siti analizzati hanno mostrato una distribuzione a campana dei diametri degli alberi e una struttura verticale stratificata dominata da specie decidue.

Tuttavia, la rinnovazione delle specie target è stata limitata in tutti i siti. I siti non gestiti, in particolare il Sito 22 - Mlake, hanno mostrato il più alto volume di legno morto, che è fondamentale per sostenere la biodiversità. Oltre al legno morto, abbiamo osservato livelli diversi di microhabitat saporilici nei siti gestiti; ad esempio, nel Sito 22 - Mlake, i microhabitat saporilici erano più frequenti di quelli epixilici, mentre nel Sito 18 - Brač è stato osservato il contrario. Questi microhabitat sono indicatori vitali della salute dell'ecosistema e contribuiscono in modo significativo alla biodiversità.

Inoltre, pratiche di gestione come il taglio a scelta hanno promosso forme di microhabitat diverse, migliorando la resilienza ecologica complessiva. Mentre tutti i siti studiati erano costituiti principalmente da popolamenti puri di pino nero, il Sito 22 - Mlake si è distinto per l'elevata diversità di specie non target, suggerendo associazioni benefiche per condizioni di crescita ottimali accanto al pino nero.

Non abbiamo sviluppato la scheda per *P. nigra* e *P. pinea* a causa del numero insufficiente di siti, che ci ha impedito di rappresentare e distinguere accuratamente i molteplici scenari necessari per una valutazione completa della biodiversità.

Allo stesso modo, *P. pinaster* Aiton è stato analizzato con metodologie simili a quelle di *P. nigra* e *P. pinea*. Tuttavia, avendo un solo sito per ogni specie, non era possibile ottenere risultati statisticamente significativi.

5. Recommendations for sustainable forest management of Pine (*P. nigra* J.F. Arnold., *P. pinea* L., *P. pinaster* Aiton)

Miran Lanščak¹, Anđelina Gavranović Markić¹, Sanja Bogunović¹, Zvonimir Vujnović¹, Barbara Škiljan¹, Davide Travaglini², Cesare Garosi², Cristina Vettori^{2,3}, Donatella Paffetti², Roberta Ferrante^{2,4}, Mladen Ivanković¹

¹ Croatian Forest Research Institute (CFRI), Croatia

² Dipartimento di Scienze e Tecnologie Agrarie, Alimentari, Ambientali e Forestali (DAGRI), Università degli Studi di Firenze (UNIFI), Italia

³ Istituto di Bioscienze e Biorisorse (IBBR), Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR), Italia

⁴ NBFC, National Biodiversity Future Center, Italia

Raccomandazioni generali

- La *Landscape Genomics* è essenziale per valutare la diversità genetica neutrale e adattativa per comprendere la capacità di adattamento delle popolazioni e guidare la gestione forestale.
- La conoscenza della variabilità genetica da una prospettiva adattativa può migliorare le decisioni di gestione forestale e anticipare gli sforzi di migrazione assistita. Ciò è fondamentale per preservare le risorse genetiche forestali e arricchire i popolamenti con genotipi favorevoli, garantendo la resilienza delle foreste e la diversità genetica.
- Il monitoraggio e lo studio della biodiversità in tutte le sue componenti è fondamentale per comprendere la resilienza degli ecosistemi forestali. Per questo motivo è importante raccogliere informazioni sulla diversità genetica, sulla struttura forestale, sul legno morto, sui microhabitat e sulla diversità del suolo.
- Per i popolamenti di *Pinus* spp. con caratteristiche come quelle del nostro studio, che tipicamente mostrano bassi livelli di biodiversità, ad eccezione di *P. nigra* J.F. Arnold, si suggerisce di utilizzare un tipo di gestione che aumenti la complessità del popolamento forestale con una strut-

tura verticale a più strati che faciliti la dispersione del polline, promuova la diversità genetica e aumenti le nuove varianti alleliche importanti per l'adattamento al cambiamento climatico

Raccomandazione per una gestione forestale sostenibile di *Pinus nigra* J.F. Arnold (pino nero)

- Specie pioniera ed eliofila, per le sue caratteristiche di specie pioniera è stata utilizzata in progetti di rimboscimento per la protezione del suolo.
- La selvicoltura del pino nero nei paesi mediterranei varia tra il taglio raso e vari tipi di taglio raso (a strisce o a buche), sistemi di tagli successivi uniformi e a gruppi, e tagli a scelta.
- Il taglio raso viene solitamente effettuato su superfici di 1-3 ettari. Il taglio raso (a strisce o a buche) con rinnovazione naturale per disseminazione viene effettuato su piccole superfici; la rinnovazione naturale per disseminazione è facilitata dalla bruciatura dei residui di lavorazione e dalla scarificazione prodotta sul terreno dal trascinarsi dei tronchi. In assenza di rinnovazione, si ricorre alla piantagione.
- Quando si utilizzano i tagli successivi uniformi e a gruppi, la rinnovazione naturale avviene sotto copertura del soprassuolo adulto.
- Il sistema del taglio a scelta a piccoli gruppi è stato descritto per *P. nigra* subsp. *laricio* (Poir.) Pailib. ex Maire in Calabria, nell'Italia meridionale. Questo sistema ha contribuito al mantenimento di popolamenti di pino in purezza con strutture disetanee e complesse in foreste di proprietà privata (Ciancio *et al.*, 2006).



- Per i popolamenti di *P. nigra*, si raccomandano pratiche di gestione a basso impatto, come il taglio a scelta, che sono associate a popolazioni con un elevato numero di varianti alleliche in risposta alle variabili ambientali. Invece, per i popolamenti non gestiti, è stata riscontrata una struttura genetica spaziale semplificata e un basso numero di SNP correlati.
- Sulla base delle esperienze del progetto LIFE SySTEMiC, i sistemi di gestione forestale basati sulla rinnovazione naturale dei pini potrebbero essere più adatti a promuovere la diversità genetica e l'adattamento della foresta ai futuri cambiamenti ambientali.
- Nel caso di rimboscimenti realizzati per la protezione del suolo, la rinaturalizzazione viene utilizzata come approccio selvicolturale e gestionale che tende a favorire i processi evolutivi naturali attraverso la capacità del sistema di aumentare autonomamente la propria complessità e biodiversità (Nocentini, 2006).

Raccomandazioni per una gestione forestale sostenibile di *Pinus pinea* L. (pino domestico)

- Implementare una selvicoltura basata sulla rinnovazione naturale come opzione affidabile per una gestione sostenibile (Manso *et al.*, 2014).
- Recintare per garantire la rinnovazione naturale, o utilizzare la rinnovazione artificiale nei gap o nelle vecchie aree (Montero et Cañellas, 1999).
- Gestire strutture disomogenee e pluriennali utilizzando sistemi di selezione di gruppo per stimolare il flusso genico, soprattutto in luoghi con un'abbondante rinnovazione affermata (Barbeito *et al.*, 2008; Ciancio *et al.*, 2009; Mechergui *et al.*, 2021).
- Selezionare e piantare genotipi più adatti alle condizioni climatiche dei siti, concentrandosi sugli individui con caratteristiche che aumentano la resistenza alla siccità e la resilienza generale.
- Per i popolamenti di *P. pinea*, è possibile ipotizzare che favorire la rinnovazione naturale potrebbe aumentare la diversità genetica importante per l'adattamento delle popolazioni ai futuri cambiamenti ambientali.
- Puntare a densità della pineta di 125-150 fusti/ha all'inizio dei tagli di rinnovazione e sostituire i sistemi basati sul taglio raso e sui tagli successivi uniformi di forte intensità con interventi più gradualmente per garantire l'arrivo dei semi nelle aperture generate dai tagli (Calama *et al.*, 2017).
- Utilizzare il taglio a scelta per gestire la densità dei popolamenti, che possono migliorare le condizioni di luce e favorire la rigenerazione di *P. pinea* e di altre specie.
- Controllare la densità del sottobosco contemporaneamente alla realizzazione dei tagli di rinnovazione (Ciancio *et al.*, 1986).
- Il monitoraggio e le misure di controllo sono essenziali per gestire parassiti come la cocciniglia dei pini (*Toumeyella parvicornis*) e la cimice dei pini (*Leptoglossus occidentalis*). Le strategie di gestione integrata dei parassiti, che includono il controllo biologico, i trattamenti chimici e la gestione degli habitat, devono essere implementate per gestire efficacemente le popolazioni di parassiti.
- Aumentare la consapevolezza dei cittadini del rischio di incendi, soprattutto nelle aree ad elevata vocazione turistica durante l'estate.
- Implementare misure di protezione dall'erosione costiera e prevenire l'infiltrazione di acqua marina nella falda freatica.
- Diversificare le fonti di reddito promuovendo l'ecoturismo, la raccolta sostenibile di prodotti forestali non legnosi ed esplorando le opportunità di mercato per i prodotti legnosi certificati.
- Implementare pratiche di gestione adattativa che consentano di apportare modifiche in base ai risultati del monitoraggio e ai nuovi risultati della ricerca.

Raccomandazioni per una gestione forestale sostenibile di *Pinus pinaster* Aiton (pino marittimo)

P. pinaster Aiton, il pino marittimo, è una specie adattabile e resiliente, originaria della regione atlantica meridionale dell'Europa e di alcune parti del Mediterraneo occidentale. Per garantire una gestione forestale sostenibile, si propongono le seguenti raccomandazioni:

- Selezione del sito: scegliere siti con climi temperati caldi influenzati da condizioni oceaniche. Il pino marittimo cresce in regioni umide e sub-umide con precipitazioni annue superiori a 600 mm, sebbene possa sopravvivere in aree con solo 400 mm di precipitazioni annue se l'umidità atmosferica è sufficiente (Viñas *et al.*, 2016).
- Suolo: selezionare suoli silicei a tessitura grossolana, in particolare suoli sabbiosi, dune e altri substrati poveri (Viñas *et al.*, 2016). Evitare le aree ombreggiate in quanto il *P. pinaster* non tollera l'ombreggiamento.
- Areale: il *P. pinaster* può essere piantato ad altitudini diverse, dimostrando la sua adattabilità a diverse condizioni climatiche. Si trova dal livello del mare, nelle pianure costiere, a quote moderate, fino a 1600 m, nella Penisola Iberica e nell'isola della Corsica, e fino a circa 2000 m in Marocco (Wahid *et al.*, 2006, Farjon 2010).
- Struttura forestale: *P. pinaster* è gestito in popolamenti puri. La preferenza per popolamenti co-etanei è legata a una gestione più semplice, al miglioramento della quantità e qualità del legno e ai disturbi come gli incendi, che generalmente portano alla rinnovazione in massa del pino dopo il passaggio dell'incendio, a condizione che vi siano semi sufficienti disponibili.
- Gestione post-incendio: nelle aree colpite da incendi forestali, lasciare gli alberi sopravvissuti all'incendio per facilitare la rinnovazione naturale. Le pigne del *P. pinaster* si aprono lentamente dopo essere state riscaldate da un incendio forestale (Idžojtić 2013), rilasciando semi e favorendo la rinnovazione.
- Legno morto e microhabitat: mantenere una quantità adeguata di legno morto nella foresta. Il legno morto svolge un ruolo cruciale nella biodiversità fornendo habitat per varie specie. Nelle aree post-incendio, volumi più elevati, fino a 42 m³/ha, possono essere benefici. Preservare i microhabitat legati agli alberi come cavità, ferite e lesioni per supportare la diversità della fauna selvatica.



Literature

- Agriculture Handbook 654, USDA Forest Service, Washington DC.
- Alía, R., Martín, S. (2003). EUFORGEN Technical Guidelines for genetic conservation and use for Maritime pine (*Pinus pinaster*). International Plant Genetic Resources Institute, Rome, Italy. 6 pages.
- Aravanopoulos, FA. (2018). Do Silviculture and Forest Management Affect the Genetic Diversity and Structure of Long-Impacted Forest Tree Populations? *Forests*. 9(6):355. <https://doi.org/10.3390/f9060355>
- Burns, R.M. and Honkala, B.H. (1990) *Silvics of North America: 2. Hardwoods*.
- Bussotti F. (1996). *Pinus pinea*. In Schütt P, Schuck HJ, Aas G, Lang UM (eds), *Enzyklopaedie der Holzgewäschse. Handbuch und Atlas der Dendrologie*. Ecomed Verlagsgesellschaft. Landsberg
- Carrasquinho, I., Gonçalves, E (2013). Genetic variability among *Pinus pinea* L. provenances for survival and growth traits in Portugal. *Tree Genetics & Genomes*, 9: 855-866. doi:10.1007/s11295-013-0603-2.
- Ciancio O., Iovino F., Menguzzato A., Nicolaci A., Nocentini S. (2006). Structure and growth of a small group selection forest of Calabrian pine in Southern Italy: a hypothesis for continuous cover forestry based on traditional silviculture. *Forest Ecology and Management* 224: 229-234. - doi: 10.1016/j.foreco.2005.12.057
- Critchfield, W. B., Little, E. L. (1966). Geographic distribution of the pines of the world (No. 991). US Department of Agriculture, Forest Service, Washington, D.C.
- Dias, A., Giovannelli, G., Fady, B. Spanu, I., Vendramin, G.G., Bagnoli, F. *et al.* (2020). Portuguese *Pinus nigra* J.F. Arnold populations: genetic diversity, structure and relationships inferred by SSR markers. *Annals of Forest Science*, 77: 64. doi:10.1007/s13595-020-00967-9.
- Eckenwalder, J.E. (2009). *Conifers of the World: The Complete Reference*
- Eckenwalder, J.E. (2009). *Conifers of the World: The Complete Reference*
- Excoffier L, Ray N. (2008). Surfing during population expansions promotes genetic revolutions and structuration. *Trends Ecol Evol*. Jul;23(7):347-51. doi: 10.1016/j.tree.2008.04.004. PMID: 18502536.
- Excoffier, L., Hofer, T. & Foll, M. (2009), Detecting loci under selection in a hierarchically structured population. *Heredity* 103, 285-298. <https://doi.org/10.1038/hdy.2009.74>
- Farjon, A. (2010). A handbook of the world's conifers. Brill, e-ISBN : 9789047430629.
- Farjon, A. (2010; 2nd ed. 2017). *A Handbook of the World's Conifers Vols 1 -2*. Brill, Leiden & Boston.
- Farjon, A., Filer, D. (2013). *An Atlas of the World's Conifers*. Brill, Leiden & Boston
- Farjon, A., Filer, D. (2013). *An Atlas of the World's Conifers*. Brill, Leiden & Boston
- Farjon, A., Filer, D. (2013). *An atlas of the world's conifers: an analysis of their distribution, biogeography, diversity and conservation status*. Brill.
- Gausson H., Webb D.A., Heywood H.V. (1993) *Pinus*. In: Tutin G.H., Heywood H.V., Burges V.A., Moore D.M., Valentine D.H., Walters S.M., Webb D.A. (Eds.), *Flora Europaea*, vol. 1. Cambridge University Press, Cambridge, UK: pp 40-44
- Guillot G., Mortier F., Estoup A. (2008). Analysing georeferenced population genetics data with Geneland: a new algorithm to deal with null alleles and a friendly graphical user interface. *Bioinformatics* 24:1406-1407. <http://dx.doi.org/10.1093/bioinformatics/btn136>.
- Idžojtić, M. (2009). *Dendrologija-list. Sveučilište u Zagrebu, Šumarski fakultet*, p.577
- Idžojtić, M. (2013). *Dendrologija-cvijet, češer, plod, sjeme*. Sveučilište u Zagrebu, Šumarski fakultet, p.424
- Iravani, S., Zolfaghari, B. (2014). Phytochemical analysis of *Pinus eldarica* bark. *Research in pharmaceutical sciences*, 9(4), 243-250.
- Isajev, V., Fady, B., Semerci, H., Andonovski, V. 2004. EUFORGEN Technical guidelines for genetic conservation and use for European Black pine, *Pinus nigra*. Rome, ITA: IPGRI. <http://prodinra.inra.fr/record/76757>
- Jalas, J., Suominen, J. (1973). *Atlas Florae Europaeae: distribution of vascular plants in Europe Vol. 2 Gymnospermae (Pinaceae to Ephedraceae)*. Committee for Mapping the Flora of Europe and Societas Biologica Fennica Vanamo, Helsinki.
- Johnson, O., More, D. (Collins, 2006) *Collins tree guide*
- Montero, G., Calama, R., Ruiz-Peinado, R. (2008). *Selvicultura de Pinus pinea* (Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (España)), pp. 431-470.
- Mutke, S., Vendramin, G.G., Fady, B., Bagnoli, F., González-Martínez, S.C. (2019). Molecular and Quantitative Genetics of Stone Pine (*Pinus pinea*). In: Nandwani, D. (eds) *Genetic Diversity in*

- Horticultural Plants. Sustainable Development and Biodiversity, vol 22. Springer, Cham. doi. org/10.1007/978-3-319-96454-6_3.
- Nocentini S. (2006). La rinaturalizzazione dei sistemi forestali: è necessario un modello di riferimento? *Forest@ - Journal of Silviculture and Forest Ecology*, 3: 376-379.
- Paffetti, D., Travaglini, D., Buonamici, A., Nocentini, S., Vendramin, G., Giannini, R., Vettori, C. (2012), The influence of forest management on beech (*Fagus sylvatica* L.) stand structure and genetic diversity, *Forest Ecology and Management*, Volume 284, Pages 34-44, ISSN 0378-1127. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2012.07.026>.
- Pereira, J. S. (2002). Pines of Silvicultural Importance, CABI, ed. CABI, Wallingford, UK, 316-328.
- Praciak, A., *et al.*, The CABI encyclopedia of forest trees (CABI, Oxfordshire, UK, 2013)
- Pritchard JK, Stephens M, Donnelly P. (2000), Inference of population structure using multilocus genotype data. *Genetics*. Jun;155(2):945-59. doi: 10.1093/genetics/155.2.945. PMID: 10835412; PMCID: PMC1461096.
- Rellstab, C., Gugerli, F., Eckert, A.J., Hancock, A.M. and Holderegger, R. (2015). A practical guide to environmental association analysis in landscape genomics. *Mol Ecol*, 24: 4348-4370. <https://doi.org/10.1111/mec.1332>
- Sáez-Laguna, E., Guevara, M-Á, Díaz, L-M., Sánchez-Gómez, D., Collada C, Aranda I, *et al.* (2014). Epigenetic Variability in the Genetically Uniform Forest Tree Species *Pinus pinea* L. *PLoS ONE*, 9:e103145. doi:10.1371/journal.pone.0103145.
- Sillanpää, M.J. (2011), On statistical methods for estimating heritability in wild populations. *Molecular Ecology*, 20: 1324-1332. <https://doi.org/10.1111/j.1365-294X.2011.05021.x>
- Stiers, M., Willim, K., Seidel, D., Ehbrecht, M., Kabal, M., Ammer, C., Annighöfer, P. (2018), A quantitative comparison of the structural complexity of managed, lately unmanaged and primary European beech (*Fagus sylvatica* L.) forests, *Forest Ecology and Management*, Volume 430, Pages 357-365, ISSN 0378-1127. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2018.08.039>.
- Vendramin, G. G., Fady, B., González-Martínez, S. C., Hu, F.S., Scotti, I., Sebastiani, F., Soto, A., Petit RJ. (2008). Genetically depauperate but widespread: the case of an emblematic Mediterranean pine. *Evolution.*, 62: 680-8. doi: 10.1111/j.1558-5646.2007.00294.x.
- Viñas, R. A., Caudullo, G., Oliveira, S., De Rigo, D. (2016). *Pinus pinea* in Europe: distribution, habitat, usage and threats. In: San-Miguel-Ayanz, J., de Rigo, D., Caudullo, G., Houston Durrant, T., Mauri, A. (Eds.), *European Atlas of Forest Tree Species*. Publ. Off. EU, Luxembourg, pp. e012d59+
- Wahid, N., González-Martínez, S. C., El Hadrami, I., Boulli, A. (2006). Variation of morphological traits in natural populations of maritime pine (*Pinus pinaster* Ait.) in Morocco. *Annals of forest science*, 63(1), 83-92.
- Willis, K.J.; Bennett, K.D.; Birks, H.J.B. The late Quaternary dynamics of pines in Europe. In *Ecology and Biogeography of Pinus*; Richardson, D.M., Ed.; Cambridge University Press: Cambridge, UK, 1998; pp. 107-121. ISBN 0521551765

Beneficiary's name

Department of Agriculture, Food, Environment and Forestry (DAGRI), University of Florence (UNIFI), Italy (Coordinator)
Croatian Forest Research Institute (CFRI), Croatia
D.R.E.A.M., Italy
Ente Parco Regionale Migliarino San Rossore Massaciuccoli (MSRM), Italy
Slovenian Forestry Institute (SFI), Slovenia
Slovenia Forest Service (SFS), Slovenia
Unione dei Comuni Montani del Casentino (UCCAS), Italy

Contributors

DAGRI-UNIFI: Cristina Vettori (IBBR-CNR), Roberta Ferrante, Cesare Garosi, Francesco Parisi, Davide Travaglini, Donatella Paffetti
CFRI: Sanja Bogunović, Mladen Ivanković, Anđelina Gavranović Markić, Barbara Škiljan, Zvonimir Vujnović, Miran Lanščak
MSRM: Francesca Logli
SFI: Marko Bajc, Rok Damjanič, Natalija Dovč, Tijana Martinović, Tanja Mrak, Tina Unuk Nahberger, Nataša Šibanc, Marjana Westergren, Hojka Kraigher
SFS: Andrej Breznikar, Kristina Sever

Project duration

01/09/2019 - 31/08/2024

Total cost and EU contribution

Total project budget: 2,976,245 €
LIFE Funding: 1,635,709 € (55% of total eligible budget)

Project's contact details

Coordinator and scientific responsible of the project
Donatella Paffetti - DAGRI-UNIFI
Via Maragliano, 77
50144 Firenze
Italy
donatella.paffetti@unifi.it

Project Manager

Cristina Vettori - IBBR-CNR
Via Madonna del Piano, 10
50019 Sesto Fiorentino (FI)
Italy
cristina.vettori@cnr.it

Communication Manager

Davide Travaglini - DAGRI-UNIFI
Via San Bonaventura, 13
50145 Firenze
Italy
davide.travaglini@unifi.it

Website

<https://www.lifesystemic.eu>



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
FIRENZE
DAGRI
DIPARTIMENTO DI AGRICOLTURA,
ALIMENTAZIONE E FORESTI



Zavod za gozdove Slovenije
Slovenia Forest Service



The LIFE SySTEMiC project has received funding from the LIFE program of the European Union.

Details on how to cite the content

The contents of book is under the Licensed Rights bound by the terms and conditions of the Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International Public License ("Public License") (for details see <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/legalcode>).

Text, photos, images, illustrations

You are allowed to use the text, photos, images, and illustration reported within the Guidelines for Sustainable Forest Management of Pines (*P. nigra* J.F. Arnold., *P. pinea* L., *P. pinaster* Aiton), but acknowledgements to LIFE SySTEMiC project must be provided reporting the link to website of the project in the case of presentations/publications, and cited as Guidelines for Sustainable Forest Management of Pines (*P. nigra* J.F. Arnold., *P. pinea* L., *P. pinaster* Aiton), pages 22, (www.lifesystemic.eu). ISBN: 9788889578858



Graphics Arts & altro Grafica



See details

LIFEsystemic © 2020 | All Rights Reserved



9 788889 578858