



Smjernice o održivom gospodarenju borovim šumama

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



Smjernice za održivo gospodarenje borovim šumama (*P. nigra* J.F. Arnold., *P. pinea* L., *P. pinaster* Aiton)

B. Provedbene aktivnosti
Akcija B3 - Šumsko-uzgojne mjere

Isporuka: Smjernice o šumsko-uzgojnim aktivnostima
u područjima očuvanja šuma u kontekstu klimatskih promjena
za svaku od 4 ciljane vrste



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
FIRENZE
DAGRI
DIPARTIMENTO DI AGROLOGIA
E DIFESA DELLE PIANTE



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
CASERTINO
DIPARTIMENTO DI SCIENZE
DEL TERRITORIO E DEL PAESAGGIO



ISTITUTO ITALIANO
DI SCIENZE FORESTALI
E AMBIENTALI



Zavod za gozdove Slovenije
Slovenia Forest Service



OPIS PROJEKTA LIFE SySTEMiC

Program LIFE instrument je Europske unije za financiranje projekata očuvanja okoliša, bioraznolikosti i borbe protiv klimatskih promjena.

Cilj projekta LIFE SySTEMiC (Održivo gospodarenje šumama u skladu s prirodom u uvjetima klimatskih promjena) je korištenje „alata za modeliranje” temeljenog na genetskoj raznolikosti kako bi se odredile najbolje šumarske prakse za zaštitu naših šuma u doba klimatskih promjena. Osnovna ideja je jednostavna: što je veća genetska raznolikost drveća u šumi, veća je vjerojatnost da neka stabla imaju genetske karakteristike koje ih čine prilagodljivijima na klimatske promjene, time povećavajući otpornost i izdržljivost šumskog sustava.

Na temelju tih premisa, glavni ciljevi projekta su:

- Istražiti odnose između gospodarenja šumama i genetske raznolikosti za osam vrsta šumskog drveća u tri europske zemlje (Hrvatska, Italija, Slovenija) kako bi se identificirali šumarski sustavi koji održavaju visoku razinu genetske raznolikosti.
- Razviti inovativni model Genetske bioraznolikosti i šumarstva (GenBioSilvi) temeljen na kombinaciji napredne krajobrazne genomike, primijenjene genetike i šumarskih modela za podršku održivom gospodarenju šumama.
- Proširiti znanje o metodi diljem Europe i prenijeti njezinu uporabu u šumarsku praksu uključivanjem različitih vrsta dionika.

Web-stranica projekta LIFE SySTEMiC, uključujući detaljne protokole, dostupna je na poveznici: <https://www.lifesystemic.eu/>



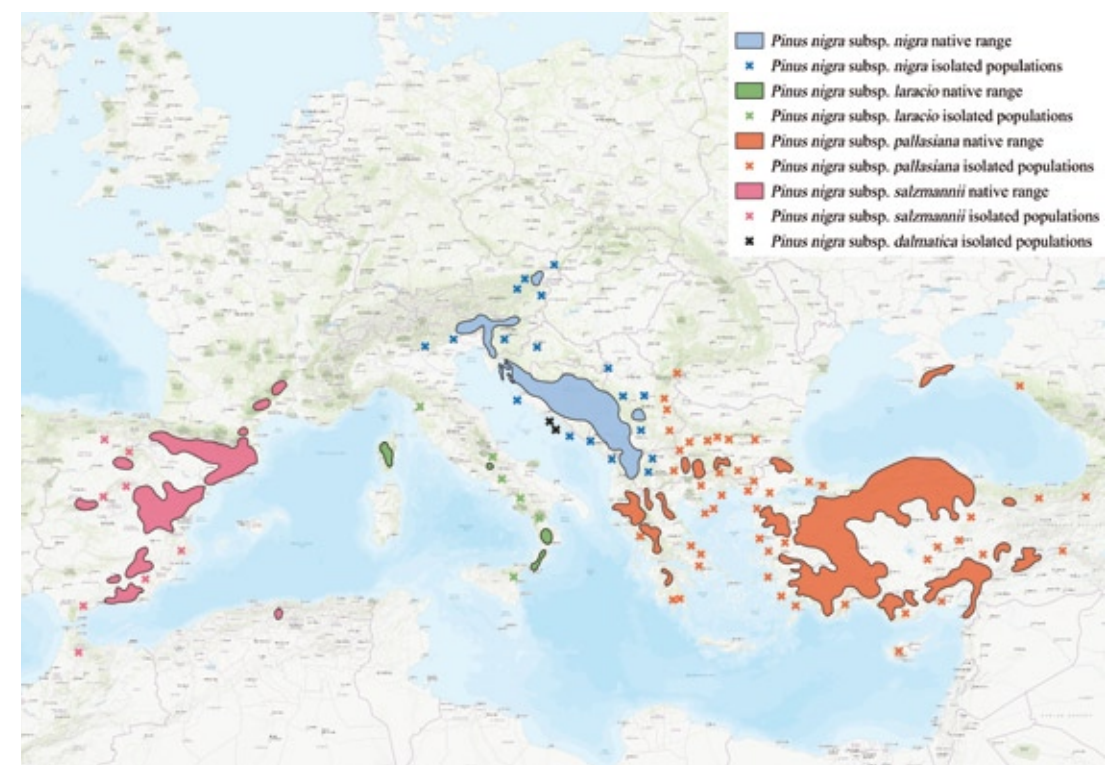
1. Uvod

Miran Lanščak

Croatian Forest Research Institute (CFRI), Croatia

Borovi su u Europi ekološki i ekonomski među najznačajnijim vrstama drveća u mediteranskim i submediteranskim regijama. Globalno, borovi su jedan od taksonomski najvećih rodova, s više od stotinu vrsta koje prvenstveno rastu na sjevernoj polutki. Borovi nastanjuju dobro osunčana područja i prilagodljivi su različitim ekološkim uvjetima, uključujući temperaturu, vlagu i tlo. Mogu živjeti do 250 godina. Borovi su zimzelena vrsta drveća s karakterističnim iglicama, koje mogu biti u skupu po dvije (dvoigličasti), po tri (troigličasti) ili po pet (peteroigličasti). Plodovi borova (češeri) sazrijevaju u drugoj ili trećoj godini.

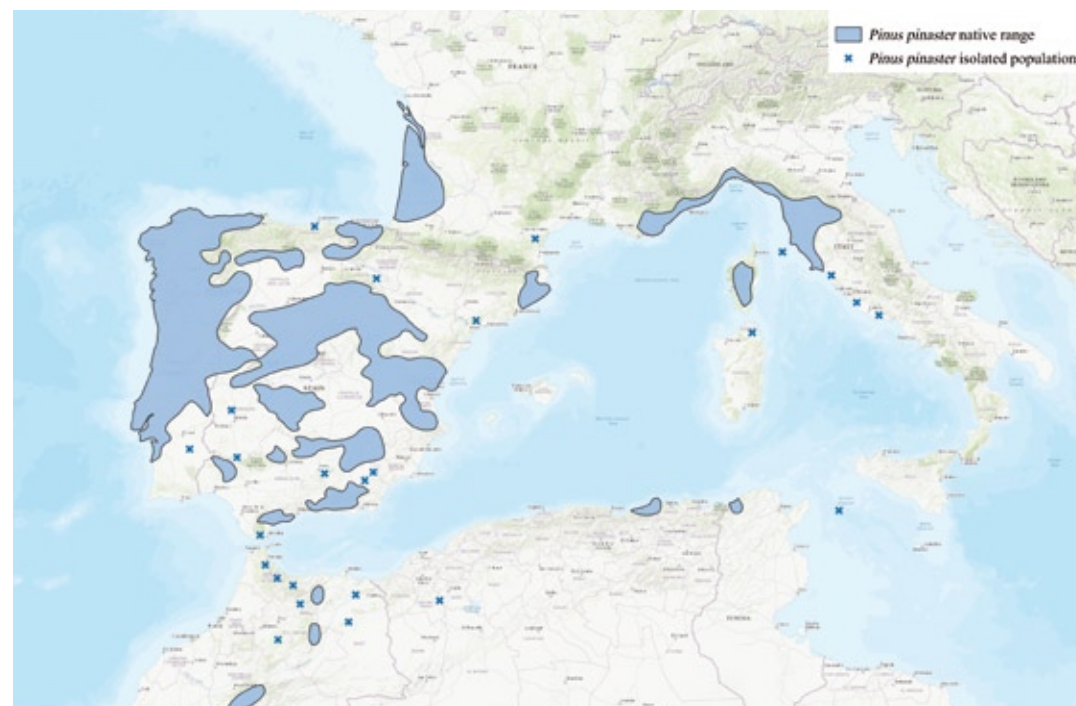
U sklopu projekta LIFE SySTEMiC, proučavane su tri vrste borova na područjima Hrvatske, Italije i Slovenije. Istraživanje je uključivalo vrste *Pinus nigra* J.F. Arnold. (crni bor), *Pinus pinaster* Aiton (primorski bor) i *Pinus pinea* L. (pinija). Ove tri vrste obično formiraju čiste sastojine, ali se mogu naći i u mješovitim sastojinama s drugim borovima. Sve navedene vrste imaju širok areal rasprostranjenja u cijeloj mediteranskoj regiji, što se može vidjeti na kartama navedenim niže (Slike 1.1., 1.2. i 1.3.).



Slika 1.1. Rasprostranjenost crnog bora (www.euforgen.org)



Slika 1.2. Rasprostranjenost pinije (www.euforgen.org)



Slika 1.3. Rasprostranjenost primorskog bora (www.euforgen.org)

2. Opće smjernice o održivom gospodarenju šumama i prilagodbi šuma na klimatske promjene

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

Croatian Forest Research Institute (CFRI), Croatia

Održivo i prirodi blisko šumarstvo koristi metode gospodarenja šumama koje promiču očuvanje prirode i šuma kako bi sačuvali prirodne ekosustave prepune raznolikih životnih oblika i odnosa koji se u njima formiraju. Temelji se na detaljnom planiranju gospodarenja šumama, prilagođenom pojedinačnim uvjetima lokacije i sastojine te funkcijama šume, uzimajući u obzir prirodne procese i strukture specifične za prirodne šumske ekosustave (Veselič, 2008). Šumsko-uzgojne modele za borove sastojine treba pažljivo odabrati kako bi se promicali pristupi bliski prirodi i oponašali prirodni procesi u šumskim sastojinama. U sklopu projekta LIFE SySTEMiC analizirana su četiri šumsko-uzgojna pristupa u borovim sastojinama (Tablica 2.1.). U projektu LIFE SySTEMiC proučavano je 10 borovih sastojina, koje spadaju u 4 europska tipa šuma (EFT): 3.3 Šuma alpskog i crnog bora; 10.1 Sredozemna borova šuma; 10.2 Sredozemna i anatolska šuma crnog bora; 10.6 Sredozemne i anatolske šume jele; 14.1 Nasadi autohtonih vrsta.

Tablica 2.1. prikazuje popis demonstracijskih ploha za *Pinus nigra* J.F. Arnold., *Pinus pinea* L. i *Pinus pinaster* Aiton iz LIFE SySTEMiC projekta.

Id	Site name	Country	Species	EFT*	Structure	Sylvicultural system
08	Terminaccio	Italy	<i>P. pinea</i>	10.1	Even-aged	Clear-cutting and planting
9A	Fossacci	Italy	<i>P. pinea</i>	10.1	Even-aged	Clear-cutting and planting
9B	Fossacci	Italy	<i>P. pinea</i>	10.1	Even-aged	Clear-cutting and planting
9C	Fossacci	Italy	<i>P. pinea</i>	10.1	Even-aged	Clear-cutting and planting
15	Zadar	Croatia	<i>P. pinea</i>	10.1	Even-aged	Clear-cutting and planting
17	Klana	Croatia	<i>P. nigra</i>	3.3	Even-aged	Uniform Shelterwood
18	Brač	Croatia	<i>P. nigra</i>	10.2	Even-aged	Irregular shelterwood
19	Pelješac	Croatia	<i>P. pinaster</i>	10.1	Even-aged	Post fire, seed trees remaining; Irregular shelterwood
22	Mlake	Slovenia	<i>P. nigra</i>	14.1	Even-aged	Individual tree selective thinning
31	Mljet	Croatia	<i>P. pinea</i>	10.1	Uneven-aged / Old-growth	Irregular shelterwood

* EFT = Europski tip šume: 3.3 Šuma alpskog i crnog bora; 10.1 Sredozemna borova šuma; 10.2 Sredozemna i anatolska šuma crnog bora; 10.6 Sredozemne i anatolske šume jele; 14.1 Nasadi autohtonih vrsta

Kao dio LIFE SySTEMiC projekta, proučavane su tri vrste borova: *Pinus nigra* J.F. Arnold s podvrstom *Pinus nigra* subsp. *dalmatica* (Vis.) Franco, *Pinus pinea* L. i *Pinus pinaster* Aiton.

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

Crni bor (*Pinus nigra* J.F. Arnold) zimzelena je četinjača koja potječe iz mediteranske regije i drugih dijelova Europe. Može se podijeliti na pet podvrsta na temelju geografske raširenosti, dužine iglica i krutosti iglica: *P. nigra* J.F. Arnold subsp. *nigra*, rasprostranjen u jugoistočnoj Austriji, sjevernoj Italiji, Balkanskom poluotoku, Bugarskoj, Rumunjskoj, Turskoj; *P. nigra* subsp. *Salzmannii* (Dunal) Franco, rasprostranjen u jugozapadnoj Europi, Francuskoj (Hérault, Pireneji), Španjolskoj, Alžiru i Maroku; *P. nigra* subsp. *larico* (Poir.) Palib. Ex Maire, rasprostranjen u Francuskoj i Italiji; *P. nigra* su-

bsp. *dalmatica* (Vis.) Franco, rasprostranjen u Hrvatskoj; *P. nigra* subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe, rasprostranjen u Grčkoj, Cipru, jugozapadnoj Bugarskoj, jugoistočnoj Sjevernoj Makedoniji, južnoj Albaniji i od Krima duž obale Crnog mora do Turske (Gaussen i sur., 1993, Farjon, 2017). Ova vrsta raste u zajednici s *Pinus sylvestris* L., *Pinus mugo* Turra, *Pinus halepensis* Mill., *Pinus pinea* L. i *Pinus haldreichii* Christ (Burns i Honkala, 1990).

Crni bor obično formira čiste sastojine, ali se također može naći u mješovitim sastojinama s drugim borovima, posebno s *Pinus sylvestris* (Isajev i sur., 2004). To je srednje veliki bor koji može narasti do 30 metara (rijetko 40-50 metara) visine. Mlada stabla crnog bora visoka su i vitka te postaju okruglastija kako stablo stari, a u nekim slučajevima razvijaju čak i spljoštenu, kišobranastu krošnju (Isajev i sur., 2004). Zapadne varijante imaju svijetle ploče na ispucanoj kori, dok istočne podvrste imaju tamnije, gotovo crne utore. U starijim stablima pukotine u kori postaju vrlo duboke, a ploče su mnogo veće (Eckenwalder, 2009). Pupoljci su ovalni, šiljati i smolasti. Igljice, koje rastu u parovima, dugačke su 8-15 (19) cm, debljine 1-2 mm, ravne ili zakrivljene i fino nazubljene. Boja je zelena, od svijetle do tamne, ovisno o podrijetlu, a na svakoj od dvije strane imaju 12-24 reda puči. Zadržavaju se na stablu 3-4 (8) godine (Willis i sur. 1998).

Crni bor dvodomna je vrsta. Reprodukativnu zrelost postiže u dobi od 15 do 20 godina. Obilan urod javlja se svake dvije do pet godina. Sastojine crnog bora rastu na visinama od 350 m do 2200 m nadmorske visine, s optimalnim rasponom visina između 800 i 1500 m (Praciak i sur. 2013). Može rasti na raznim tlima, od podzolskih pijesaka do vapnenca, često ovisno o regiji i klimi (Farjon i Filer, 2013). Crni bor može rasti u izuzetno suhim, ali i vlažnim staništima, sa značajnom tolerancijom na temperaturne fluktuacije. Heliofit je, intolerantan na zasjenu te može podnijeti jake vjetrove, sušu i slana tla.



Slika 2.1. Šumski sjemenski objekt *Pinus nigra* J.F. Arnold subsp. *dalmatica* (Vis.) Franco na otoku Braču, Hrvatska



Slika 2.3. Šumski sjemenski objekt *Pinus nigra* J.F. Arnold u Klani, Hrvatska

Pinus pinea L.

Pinija (*Pinus pinea* L.) zimzelena je četinjača koja potječe iz mediteranske regije, a rasprostire se od Portugala do Sirije i uz neke obalne dijelove Crnog mora (Farjon i Filer, 2013). Prirodno porijeklo vrste teško je odrediti zbog opsežne kultivacije i širenja od predromanskih vremena, što otežava razlikovanje autohtonih područja rasprostranjenja od onih gdje je zasađena. Zbog svoje ekonomske važnosti, ljudska aktivnost značajno je utjecala na njezinu trenutnu geografsku i genetsku raznolikost.

Pinija je široko rasprostranjena u Španjolskoj, Portugalu, Italiji i Turskoj, gdje se uzgaja u svrhu proizvodnje plodova i drva, zaštite okoliša i u hortikulturi. Također je uspješno uvedena na područja Sjeverne Afrike, Argentine i Južne Afrike (Bussotti, 1996).

Pinija je srednje veliko stablo, koje raste do 25-30 metara s deblima koja prelaze 2 metra u promjeru. Krošnja je okruglasta i grmolika u mladosti, postepeno poprimajući kišobranast oblik u srednjoj dobi, dok u zrelosti postaje ravna i široka. Deblo je često kratko s brojnim granama koje su usmjerene prema gore, sa zelenom masom blizu vrhova. Kora ima složenu strukturu. Kod mladih stabala kora je pepeljasto siva i ispucala, dok je kasnije crvenkasto smeđa i odvojena dubokim, longitudinalnim pukotinama između dugih sivih i ravnih ljuskastih ploča. Pupoljci su dugi oko 1 cm, sa smečkastim ljuskama. Igljice su svijetlozelene, u parovima, duge oko 8-15 cm s ostrim vrhom i pučima na svakoj strani. Zadržavaju se na stablu 2-3 godine. Pinija je dvodomna vrsta. Reprodukativna zrelost u izoliranim stablima počinje kad su stabla stara 15-20 godina, a u šumskim sastojinama kad su stabla stara oko 20-30 godina. Žute peludne rese nalaze se u grozdovima na bazi ovogodišnjeg izboja, a plodni češeri su uspravni i dugi oko 2 cm. Oprašivanje je anemofilno, odvija se od svibnja do lipnja kada se pelud ispušta u velikim količinama. Oplodnja se događa dvije godine nakon oprašivanja, a češeri sazrijevaju treće godine. Zreli češeri, koji su dugi 8-14 cm, široko ovalni, sjedeći i izolirani, ostaju pričvršćeni na stablu nekoliko godina nakon otvaranja. Sjemenke su svijetlosmeđe, prekrivene crnim prahom,

dugačke 15-20 mm, teške, s lako odvojivim krilima koja su neučinkovita za širenje vjetrom. Pinija može imati značajne varijacije u proizvodnji sjemena (Eckenwalder, 2009; Johnson i More, 2006). Pinija pridolazi u različitim klimatskim i stanišnim uvjetima duž mediteranske regije. Može se naći na područjima od razine mora do 500-600 m u sjevernom Mediteranu i do 800-1400 m u istočnom Mediteranu. Pretežno formira čiste sastojine, prirodno se obnavljajući uz pomoć sjemena. Sastojine se nalaze unutar termo- i mezo-mediteranskih klimatskih zona i subhumidnih bioklimata, obilježenih vrućim, suhim ljetima i kišnim, blagim zimama. Potrebna joj je svjetlost i preferira kisela ili neutralna pješčana tla, iako podnosi i blago vapnenasta tla (Montero i sur., 2008).



Slika 2.4. Stara stabla *Pinus pinea* L. na otoku Mljetu, Hrvatska

Pinus pinaster Aiton

Pinus pinaster Aiton, primorski bor, široko je rasprostranjena zimzelena četinjača koja potječe iz regije južne atlantske obale Europe i dijelova zapadnog Mediterana. Areal rasprostranjenja primorskog bora pretežno je koncentriran u zapadnom Mediteranskom bazenu i na južnoj atlantskoj obali Europe. Primorski bor raste na Pirenejskom poluotoku, u južnoj Francuskoj, zapadnoj Italiji, zapadnim mediteranskim otocima, sjevernom Maroku, Alžiru i Tunisu. Njegova prisutnost proširila se zbog umjetnih plantaža i naturalizacije te je dosegla obalu jugozapadne Francuske, jadranskih zemalja, pa čak i sjeverne Europe, uključujući Ujedinjeno Kraljevstvo i Belgiju (Jalas i Suominen, 1973, Critchfield i Little, 1966, Pereira, 2002, Farjon i Filer, 2013). Dva glavna faktora utjecala su na trenutnu fragmentiranu distribuciju mediteranskog bora: nekontinuiranost i visina planinskih lanaca, koji izoliraju čak i populacije koje se nalaze fizički blizu, te značajan ljudski utjecaj kroz krčenje šuma i promjene u korištenju zemljišta (Alía i Martín, 2003). Unatoč tim izazovima, vrsta se i dalje široko sadi i uzgaja u raznim zemljama, unutar i izvan svog prirodnog are-

ala rasprostranjenja. Raste od razine mora na nizinama uz obalu do nadmorskih visina od 1600 m na Pirenejskom poluotoku i otoku Korzici te do oko 2000 m u Maroku (Wahid i sur., 2006, Farjon, 2010). Takav široki raspon visina dokazuje prilagodljivost vrste različitim nadmorskim visinama i klimatskim uvjetima. Prirodno raste u toplim umjerenim područjima s klimatskim utjecajem oceana, posebno u vlažnim i subvlažnim regijama s godišnjim količinama padalina koje premašuju 600 mm. Može preživjeti u regijama sa samo 400 mm oborina godišnje ako postoji odgovarajuća atmosferska vlaga. Vrsta ne podnosi zasjenu i preferira silikatna tla s grubom teksturom, posebno pješčana tla, dine i druga siromašna tla (Viñas i sur., 2016).

U današnje doba ekstremnih klimatskih uvjeta, posebice visokih ljetnih temperatura i dugotrajnih suša u područjima gdje borovi pridolaze, šumski požari predstavljaju značajnu prijetnju njihovim sastojinama. Međutim, priroda je mnogo puta pokazala da se može sama brinuti i osigurati svoju prirodnu regeneraciju, što je posebno uočljivo kod borova. Borovi proizvode ortodoksno sjeme koje se može čuvati godinama, zadržavajući visoku stopu klijanja i vitalnost. Ako se prikupi na vrijeme i pravilno pohrani, takvo sjeme može biti ključno za nastavak proizvodnje šumskog reproduktivnog materijala (sadnica) za obnovu šuma nakon požara. Osim toga, šumski požari zagrijavaju zrele češere do visokih temperatura, uzrokujući postupno otvaranje češera i raspršivanje sjemenki po izgorjeloj površini, što na kraju dovodi do vrlo dobre prirodne regeneracije sastojina.



Slika 7. Demonstracijska ploha *Pinus pinaster* Aiton u petogodišnjem periodu (tjedan nakon šumskog požara 2015. i ploha u 2023.) na poluotoku Pelješcu, Hrvatska

3. Krajobrazna genomika

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

¹ Department of Agriculture, Food, Environment and Forestry (DAGRI), University of Florence (UNIFI), Italy

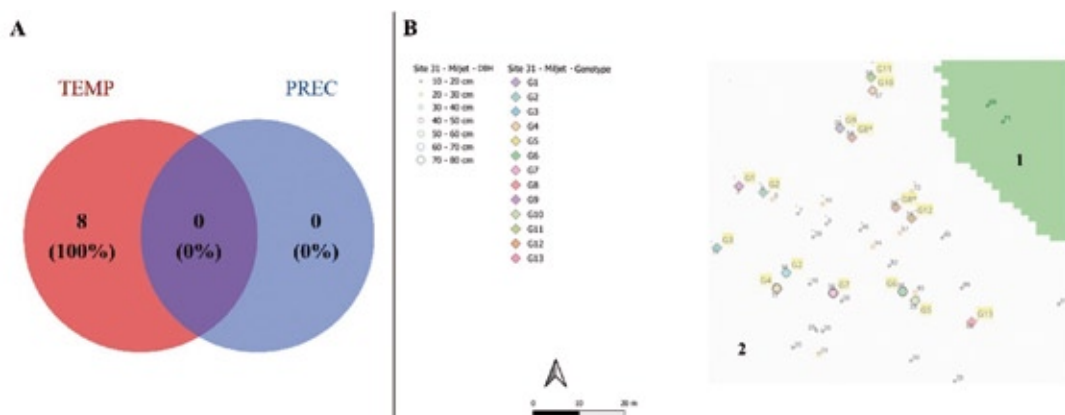
² Institute of Bioscience and Bioresources (IBBR), National Research Council (CNR), Italy

³ Croatian Forest Research Institute (CFRI), Croatia

⁴ Slovenian Forestry Institute (SFI), Slovenia

Kako bismo proveli analizu neutralne i adaptivne komponente genetske raznolikosti i ukazali na moguće obrasce lokalne adaptacije u populacijama koristili smo pristup krajobrazne genomike. Neutralni i adaptivni molekularni markeri korišteni su u kombinaciji s prostornim podacima i bioklimatskim indikatorima. Polimorfizmi pojedinačnih nukleotida (SNP-ovi), genotipizirani korištenjem pristupa ciljnog ponovnog sekvenciranja kandidatskih genomskih regija, analizirani su kao mjera adaptivne genetske varijacije proučavane populacije. Kao rezultat ciljnog ponovnog sekvenciranja *Pinus pinea* L., genotipizirano je oko 500 SNP-ova u 28 genomskih regija relevantnih za odgovor na jedan ili više abiotičkih stresova (rezultati objavljeni u rezultatima Akcije B1: Karta SNP-ova za sve istraživane plohe). Nadalje, kao rezultat ciljnog ponovnog sekvenciranja *Pinus nigra* J.F. Arnold, primijećeno je oko 2000 SNP-ova u 21 genomskoj regiji relevantnoj za odgovor na jedan ili više abiotičkih stresova (rezultati objavljeni u rezultatima Akcije B1: Karta SNP-ova svake istraživane plohe). Kroz prostornu distribuciju SNP-ova (rezultati objavljeni u rezultatima Akcije B3: Priručnik za održivo gospodarenje šumama), mogao se uočiti velik broj lokalno-specifičnih i nacionalno-specifičnih SNP-ova za sve proučavane plohe crnog bora. Unatoč različitoj bioklimatskoj regiji svake analizirane plohe, velik broj pronađenih lokalno specifičnih SNP-ova mogao bi se interpretirati kao znak prilagodbe na lokalno okruženje.

Kako bismo identificirali način lokalne adaptacije, proveli smo GEA analize. Globalna analiza omogućila nam je identificiranje mogućih obrazaca adaptacije na bioklimatske uvjete koji karakteriziraju raspon *Pinus* spp. Rezultati analize pokazali su postojanje tri različita klastera za *P. pinea* i četiri klastera za *P. nigra*, prisutna u Italiji, Hrvatskoj i Sloveniji. Također, još zanimljiviji rezultat je prisutnost povezanosti između određenih alelnih varijanti i srednjih vrijednosti 12 bioklimatskih varijabli koje su analizirane: 39 SNP-ova za *P. pinea* i 14 za *P. nigra* (kao što je objavljeno u rezultatima Akcije

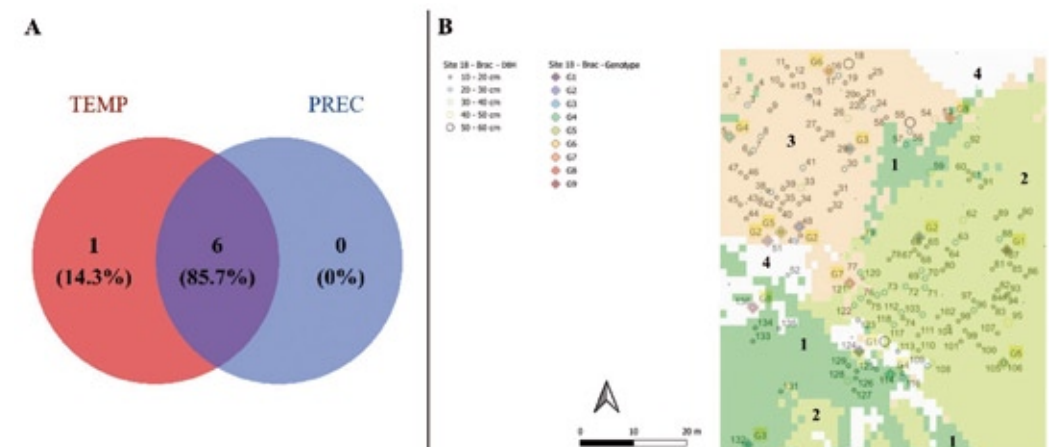


Slika 3.1. Rezultati LFMM analize i karta distribucije genotipova iz podataka prikupljenih na plohi 31 - Miljet. (A) Vennov dijagram prikazuje preklapanje između SNP-ova povezanih s bioklimatskim indikatorima vezanim uz temperature i oborine, kao rezultat LFMM analize.

(B) Prostorna distribucija genotipova i prostorna organizacija u 3 klastera (rezultati GENELAND-a). Karta prikazuje jedinice prisutne unutar istraživane plohe (krug s crnom granicom) i sekvencirane jedinice. Potonji su označeni obojenim krugovima prema promatranom genotipu. Identične boje označavaju identične genotipove.

B1: Izrada karata prostorne distribucije genetske raznolikosti i korelacije između distribucije alela i varijacije okoliša).

Prisutnost tih asocijacija mogla bi se interpretirati kao osnovni adaptivni genotip *Pinus* spp. rasprostranjen u srednjoeuropskom području. Prisutnost lokalno specifičnih alelnih varijanti mogla bi biti povezana s lokalnim, a ne regionalnim obrascem adaptacije. U analizi ekološke asocijacije (EAA) važno je uzeti u obzir neutralnu genetsku strukturu (Rellstab i sur., 2015) budući da neutralna genetska struktura može proizvesti obrasce slične onima koji se očekuju u neutralnim procesima (Excoffier i Ray, 2008; Excoffier i sur., 2009; Sillanpää, 2011). Genetska struktura populacija analizirana je korištenjem dva različita pristupa: Bayesovog klasteriranja pomoću STRUCTURE softvera (Pritchard i sur., 2000) i prostornog Bayesovog klasteriranja pomoću GENELAND softvera. Za *P. pinea*, otkrili smo nizak do umjeren broj povezanih alelnih varijanti na svakoj plohi. Konkretno, otkrili smo da je ploha 09 - Fossacci imala veći broj SNP-ova povezanih s bioklimatskim indikatorima (20 SNP-ova). Unatoč najvećem broju povezanih SNP-ova zabilježenih za plohu 09, prostorna genetska struktura je pojednostavljena (1 klaster, rezultati objavljeni u sklopu Akcije B1: Izrada karata prostorne distribucije genetske raznolikosti i korelacije između distribucije alela i varijacije okoliša). Umjesto toga, kao što je prikazano na Slici 3.1., primijetili smo manje pojednostavljenu prostornu genetsku strukturu i visok broj povezanih SNP-ova na plohi 31 - Miljet. Na temelju dobivenih rezultata, moguće je pretpostaviti da bi poticanje prirodne regeneracije *P. pinea* moglo dati dobre rezultate u smislu genetske raznolikosti i prilagodbe populacija budućim promjenama u okolišu.



Slika 3.2. Rezultati LFMM analize i karta distribucije genotipova na plohi 18 - Brač. (A) Vennov dijagram prikazuje preklapanje između SNP-ova povezanih s bioklimatskim indikatorima vezanim uz temperature i oborine, kao rezultat LFMM analize.

(B) Prostorna distribucija genotipova i prostorna organizacija u 4 klastera (rezultati GENELAND-a). Karta prikazuje jedinice prisutne unutar istraživane plohe (krug s crnim rubom) i sekvencirane jedinice. Sekvencirane jedinice označene su obojenim krugovima prema promatranom genotipu. Identične boje znače identične genotipove.

Za *P. nigra* primijećena je potpuno drugačija situacija. Uspoređujući gospodarene s negospodarenim ploham, primijetili smo općenito složeniju prostornu genetsku strukturu sa smanjenim brojem povezanih SNP-ova. Ploha 18 - Brač (Slika 1.3.2.) i ploha 22 - Mlake imale su najviše vrijednosti adaptivne genetske raznolikosti. Slabiji intenziteti gospodarenja, poput gospodarenja pojedinačnim stablima, rezultiraju populacijama s velikim brojem alelnih varijanti povezanih s odgovorom na okolišne varijable. Umjesto toga, pojednostavljena prostorna genetska struktura i mali broj povezanih SNP-ova prijavljeni su za negospodarene sastojine. Rezultati objavljeni u ovoj studiji mogli bi imati ključnu ulogu u planiranju šumsko-uzgojnih metoda, pri čemu bi znanje o genetskoj varijabilnosti iz adaptivne perspektive moglo pomoći u procesima donošenja odluka. To je važno za očuvanje trenutnih šumskih genetskih resursa (FGR), ali i za obogaćivanje postojećih sastojina potencijalno pogodnim genotipovima.

4. GenBioSilvi model

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

¹ Department of Agriculture, Food, Environment and Forestry (DAGRI), University of Florence (UNI-FI), Italy

² NBFC, National Biodiversity Future Center, Italy

³ Institute of Bioscience and Bioresources (IBBR), National Research Council (CNR), Italy

Kako bismo istražili bioraznolikost u šumskim ekosustavima, analizirali smo određene indikatore uključujući genetsku raznolikost, strukturu šume, mrtvo drvo, vrstu tla i uvjete mikrostaništa zahvaljujući prikupljenim podacima iz drugih dijelova projekta. Nekoliko studija istaknulo je smanjenu genetsku varijabilnost pinije (*Pinus pinea* L.) u usporedbi s drugim vrstama četinjača (Vendramin i sur., 2008; Carrasquinho i sur., 2013; Sáez-Laguna i sur., 2014; Mutke i sur., 2019), što se može pripisati povijesnim uskim grlima populacija, ograničenom protoku gena, klonskoj propagaciji i točkastoj distribuciji vrste u mediteranskoj regiji. Unatoč niskoj razini genetske raznolikosti, *P. pinea* pokazuje fenotipsku plastičnost koja omogućuje prilagodbu različitim okolišnim uvjetima kroz mehanizme poput epigenetskih modifikacija. Kao što je navedeno u rezultatima Akcije B2: Bioraznolikost šumskih ekosustava i modeliranje, na temelju dobivenih rezultata, procijenili smo da su sastojine pinije imale nizak nivo bioraznolikosti.

Na temelju analize korištenjem nSSR podataka, sve plohe pokazale su pojednostavljene prostorne genetske strukture. Međutim, primijetili smo visoku genetsku raznolikost u SNP-ovima povezanim s genima koji su uključeni u odgovor na abiotički stres. Lokacija 09 - Fossacci, gospodarena kroz krčenje i ponovnu sadnju, pokazala je najviše vrijednosti adaptivne genetske raznolikosti. Poticanje prirodne obnove *Pinus pinea* L. moglo bi poboljšati genetsku raznolikost i prilagodljivost budućim promjenama u okolišu. Kroz dendrometrijske podatke zaključili smo da je optimalna struktura šume višeslojna s prirodnom obnovom, što je zabilježeno na svim gospodarenim plohama osim na plohi 15 - Zadar, koja je sadržavala pretežno starija stabla s ograničenom prirodnom obnovom. Višeslojne raznodobne šume stvaraju idealne uvjete za prirodnu obnovu otvaranjem sklopa u sastojini i poticanjem pojave sporednih vrsta i disperzije peludi, čime se povećava genetska raznolikost. Volumen mrtvog drva bio je nizak na svim plohama, a ploha 09 - Fossacci imala najveću količinu mrtvog drva. Što se tiče učestalosti mikrostaništa, epiksilna mikrostaništa bila su manje učestala od saproksilnih na svim plohama, pri čemu su epiksilna staništa bila ključni indikatori stanja ekosustava i bioraznolikosti. Prakse gospodarenja koje promiču složene strukture šuma, poput raznodobnih i višeslojnih sastojina, povećavaju raznolikost mikrostaništa.

Pinus nigra J.F. Arnold često se sadi u težim staništima zbog svoje otpornosti. Često se koristi za pošumljavanje područja s teškim tlama i teškim klimatskim uvjetima (Dias i sur., 2020).

Na temelju analize objavljene u rezultatima Akcije B2 modela GenBioSilvi, utvrđeno je da su sve plohe imale visoku genetsku raznolikost, ali razlike između ploha nisu bile značajne unatoč različitim načinima gospodarenja. Konkretnije, u gospodarenim šumama koje koriste selektivno prorjeđivanje pojedinačnih stabala i u negospodarenoj šumi, analiza genetske raznolikosti na temelju nSSR podataka otkrila je pojednostavljenu genetsku strukturu na negospodarenoj plohi, što sugerira da gospodarenje utječe na potencijal prirodne obnove. Nadalje, primijetili smo prisutnost visoke genetske raznolikosti u SNP-ovima povezanim s genima za odgovor na abiotički stres, posebno na plohi 22 - Mlake, koja je pokazala najviše vrijednosti adaptivne genetske raznolikosti.

Na temelju naših nalaza, poticanje prirodne obnove *Pinus nigra* J.F. Arnold moglo bi značajno povećati genetsku raznolikost i poboljšati prilagodbu populacija budućim promjenama u okolišu. Analizirane plohe dosljedno su pokazivale zvonoliku raspodjelu promjera stabala i vertikalnu slojevitost strukturu u kojoj su dominirale neciljane listopadne vrste. Međutim, zabilježena je ograničena prirodna obnova ciljanih vrsta na svim lokacijama. Negospodarene plohe, posebno ploha 22 - Mlake, prikazivale su najveći volumen mrtvog drva, što je ključno za poticanje bioraznolikosti. Osim mrtvog drva, primijetili smo različite razine saproksilnih mikrostaništa na gospodarenim plohama; na primjer, na plohi 22 - Mlake, saproksilna mikrostaništa su bila prisutnija od epiksilnih mikrostaništa, dok je na plohi 18 - Brač zabilježeno suprotno. Ova mikrostaništa vitalni su indikatori zdravlja ekosustava i značajno

doprinosu bioraznolikosti.

Štoviše, prakse u gospodarenju, kao što su selektivno prorjeđivanje stabala, poticale su raznolike oblike mikrostaništa, poboljšavajući ukupnu ekološku otpornost. Iako su sve proučavane plohe pretežno sastojale od čistih sastojina crnog bora, ploha 22 - Mlake istaknula se svojom visokom raznolikošću neciljanih vrsta, sugerirajući korisne asocijacije za optimalne uvjete rasta uz crni bor. Nismo nastavili s razvojem oblika za *P. nigra* i *P. pinea* zbog nedovoljnog broja ploha, što nam je onemogućilo točno predstavljanje i razlikovanje više scenarija potrebnih za sveobuhvatnu procjenu bioraznolikosti. Slično tome, *Pinus pinaster* Aiton podvrgnut je analizi korištenjem metodologija sličnih onima za *P. nigra* i *P. pinea*. Međutim, samo jedna ploha za svaku vrstu ograničila je postizanje statistički značajnih rezultata.

5. Preporuke za održivo gospodarenje šumama

Miran Lanšćak¹, 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 Department of Agriculture, Food, Environment and Forestry (DAGRI), University of Florence (UNI-FI), Italy

³ Institute of Bioscience and Bioresources (IBBR), National Research Council (CNR), Italy

⁴ NBFC, National Biodiversity Future Center, Italy

Opće preporuke

- Krajobrazna genomika ključna je za procjenu neutralne i adaptivne genetske raznolikosti kako bi se razumio značaj lokalne adaptacije u populacijama, što može utjecati na šumsko-uzgojne prakse.
- Znanje o genetskoj varijabilnosti iz adaptivne perspektive može pozitivno utjecati na gospodarenje šumama i predvidjeti nastojanja u asistiranoj migraciji. To je ključno za očuvanje šumskih genetskih resursa (FGR) i obogaćivanje sastojina pogodnim genotipovima, osiguravajući otpornost šuma i genetsku raznolikost.
- Monitoring i proučavanje bioraznolikosti u svim njenim komponentama ključni su za razumijevanje otpornosti šumskih ekosustava. Iz tog je razloga važno prikupiti informacije o genetskoj raznolikosti, strukturi šume, mrtvom drvu, raznolikosti tla i uvjetima mikrostaništa.
- Za sastojine *Pinus* spp. s karakteristikama poput onih u našem istraživanju, koje obično pokazuju niske razine bioraznolikosti, osim za *Pinus nigra* J.F. Arnold, predložimo korištenje tipa gospodarenja koji povećava složenost šumskih sastojina s višeslojnim vertikalnim strukturama koje olakšavaju disperziju peludi, potpomažu genetsku raznolikost i povećavaju nove alelne varijante važne za prilagodbu klimatskim promjenama.

Preporuke za održivo gospodarenje šumama *Pinus nigra* J.F. Arnold (crni bor)

- Crni bor je pionirska i heliofilna vrsta, a zbog svojih karakteristika pionirske vrste koristi se u projektima pošumljavanja uglavnom za zaštitu tla.
- Šumsko-uzgojne metode za crni bor u mediteranskim zemljama mogu biti različite metode krčenja i različiti tipovi čiste sječe (mozaično ili u prugama), pomlađivanje pod zastorom krošanja, poput plodnih sječa na malim površinama ili selektivnih sječa.
- Čiste sječe s pošumljavanjem obično se provode na površinama veličine 1-3 hektara. Čista sječa (na malim površinama ili u prugama) koristeći elemente prirodnog pomlađenja provodi se na malim površinama; prirodno pomlađenje olakšava se kontroliranim spaljivanjem ostataka čime pripomaže i skarifikacijom tla uzrokovanom izvlačenjem trupaca. U nedostatku elemenata pri-

rodnog pomlađenja površina se umjetno pomlađuje.

- Kada se koriste oplodne sječe pod zastorom krošanja, osobito sječe na malim površinama, prirodna obnova odvija se pod zastorom i zaštitom zrele šumske sastojine.
- Sječe na malim površinama zabilježene su za *P. nigra* subsp. *larico* (Poir.) Palib. Ex Maire u Kalabriji, južna Italija. Ova metoda doprinijela je održavanju čistih borovih sastojina s kompleksnim raznodobnim strukturama u privatnim šumama (Ciancio i sur., 2006).
- Za sastojine *Pinus nigra*, preporučujemo slabije mjere gospodarenja, poput selektivnih prorjeda, koje su povezane s populacijama koje imaju veliki broj alelnih varijanti u odgovoru na okolišne varijable. Umjesto toga, za negospodarene sastojine prijavljena je pojednostavljena prostorna genetska struktura i mali broj povezanih SNP-ova..
- Na temelju iskustava iz projekta LIFE SySTEMiC, metode gospodarenja šumama temeljene na prirodnoj obnovi borova najbolje su prilagođene za poticanje genetske raznolikosti i prilagodbu šuma budućim okolišnim promjenama.
- U slučaju kad pošumljavanje služi za zaštitu tla, renaturalizacija se koristi kao šumsko-uzgojni i gospodarski pristup koji teži poticanju prirodnih evolucijskih procesa kroz sposobnost sustava da autonomno poveća svoju složenost i bioraznolikost (Nocentini, 2006)



Preporuke za održivo gospodarenje šumama *Pinus pinea* L. (pinija)

- Provoditi gospodarenje temeljeno na prirodnoj obnovi za održivo upravljanje (Manso i sur., 2014).
- Ograditi stoku kako bi se osigurala prirodna obnova te koristiti umjetnu obnovu u progalama ili zrelim sastojinama (Montero i Cañellas, 1999).
- Gospodariti s neujednačenim, višestoljetnim sastojinama koristeći metode grupne selekcije za poticanje protoka gena, posebno na površinama s obilnim prirodnim pomlatkom (Barbeito i sur., 2008; Ciancio i sur., 2009; Mechergui i sur., 2021).
- Odabrati i posaditi genotipove koji su bolje prilagođeni predviđenim klimatskim promjenama, fokusirajući se na one s osobinama koje povećavaju otpornost na sušu i ukupnu otpornost.
- Za sastojine *Pinus pinea*, može se pretpostaviti da bi poticanje prirodne obnove *P. pinea* moglo povećati genetsku raznolikost važnu za prilagodbu populacija budućim promjenama u okolišu.
- Ciljati gustoću sastojina od 125 do 150 stabala/ha na početku oplodnih sječa i zamijeniti intenzivnu obnovu pod zastorom krošanja postupnijim sječama kako bi se osigurao dolazak sjemena u progale (Calama i sur., 2017).
- Koristiti selektivno prorjeđivanje za reguliranje gustoćom sastojina, što može poboljšati uvjete svjetlosti i podržati pomladak *Pinus pinea* i drugih vrsta.
- Kontrolirati gustoću vegetacije u podstojnoj etaži istovremeno s oplodnim sječama (Ciancio i sur., 1986).
- Redovito praćenje i kontrola ključni su za reguliranje gustoće populacije štetnika poput *Toumeyella parvicornis* i invazivne stjenice (*Leptoglossus occidentalis*). Trebaju se implementirati strategije integriranog upravljanja štetnicima (IPM) koje uključuju biološku kontrolu, kemijske tretmane i manipulaciju staništem kako bi se učinkovito upravljalo populacijama štetnika.
- Povećati svijest i pripravnost na rizike od požara, posebno u turističkim područjima ljeti.
- Implementirati mjere zaštite od erozije obale i spriječiti infiltraciju morske vode, što može izazvati stres kod sastojina pinije.
- Preinačiti izvore prihoda promicanjem ekoturizma, održivog korištenja ne-drvnih šumskih proizvoda i istraživanjem tržišnih mogućnosti za certificirane drvene proizvode.
- Implementirati prakse adaptivnog gospodarenja koje omogućuju izmjene na temelju rezultata praćenja i novih istraživačkih saznanja.

Preporuke za održivo gospodarenje šumama za *Pinus pinaster* Aiton (primorski bor)

Pinus pinaster Aiton, the maritime pine, is an adaptable and resilient tree species native to the southern Atlantic Europe region and parts of the western Mediterranean. In order to ensure Sustainable Forest Management, the following recommendations are proposed:

- Primorski bor (*Pinus pinaster* Aiton) je prilagodljiva i otporna vrsta drveća koja potječe iz regije južnog Atlantskog Europe i dijelova zapadnog Mediterana. Kako bi se osiguralo održivo gospodarenje šumama, izdaju se sljedeće preporuke:
- Odabir lokacije: odabrati lokacije s toplom umjerenom klimom pod utjecajem oceana. Primorski bor raste u vlažnim i djelomično vlažnim regijama s godišnjim padalinama koje premašuju 600 mm, iako može preživjeti u područjima sa samo 400 mm oborina godišnje ako je atmosferska vlaga dovoljno visoka (Viñas i sur., 2016).
- Tlo: odabrati silikatna tla s grubom teksturom, posebno pješčana tla, dine i druge siromašne podloge (Viñas i sur., 2016). Izbjegavati zasjenjena područja jer *P. pinaster* nije tolerantan na sjenu.
- Raspon nadmorske visine: *P. pinaster* može se saditi u širokom rasponu nadmorskih visina, što ističe njegovu prilagodljivost različitim visinama i klimatskim uvjetima. Raste od razine mora u obalnim nizinama, preko umjerenih visina do 1600 m na Pirenejskom poluotoku i otoku Korzici te do oko 2000 m u Maroku (Wahid i sur., 2006, Farjon, 2010).
- Struktura šume: vrstom *P. pinaster* gospodari se u čistim sastojinama. Preferencija sastojina iste

starosti povezana je s lakšim gospodarenjem, povećanjem količine i kvalitete drva te nepogodama poput požara, koje obično dovode do nove generacije stabala ubrzo nakon nepogode, pod uvjetom da je dostupna dovoljna količina sjemena.

- Gospodarenje nakon požara: u područjima pogođenim šumskim požarima, ostaviti sjemenska stabla kako bi se olakšala prirodna obnova. Češeri *P. pinaster* polako se otvaraju nakon što ih zagriju šumski požari (Idžojtić, 2013), oslobađajući sjeme i pomažući prirodnom pomlađivanju.
- Mrtvo drvo i mikrostaništa povezani sa stablima: održavati odgovarajuću količinu mrtvog drva u šumi. Mrtvo drvo igra ključnu ulogu u bioraznolikosti pružajući staništa za razne vrste. Na područjima nakon požara, mogu biti korisni veći volumeni, do 42 m³/ha. Očuvati mikrostaništa povezana sa stablima, kao što su šupljine, ozljede i rane, kako bi se podržala raznolikost divljih životinja.



Reference

- 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 Holzgewächse. 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.
- Gaussen 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.
- Sillanpaa, 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

Projettni partneri

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

Autori

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

Trajanje projekta

01/09/2019 - 31/08/2024

Vrijednost projekta i EU financiranje

Total project budget: 2,976,245 €

LIFE Funding: 1,635,709 € (55% of total eligible budget)

Kontakt

Koordinator i znanstveno odgovorna osoba projekta

Donatella Paffetti - DAGRI-UNIFI

Via Maragliano, 77

50144 Firenze

Italy

donatella.paffetti@unifi.it

Projettni manager

Cristina Vettori - IBBR-CNR

Via Madonna del Piano, 10

50019 Sesto Fiorentino (FI)

Italy

cristina.vettori@cnr.it

Komunikacijski manager

Davide Travaglini - DAGRI-UNIFI

Via San Bonaventura, 13

50145 Firenze

Italy

davide.travaglini@unifi.it

WEB stranica

<https://www.lifesystemic.eu>



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

