



*Smernice za
trajnostno gospodarjenje
z bukovimi gozdovi*

(Fagus sylvatica L.)



Smernice za trajnostno gospodarjenje z bukovimi gozdovi (*Fagus sylvatica* L.)

Izdelek projekta Life SySTEMiC:
Smernice za trajnostno gospodarjenje z bukovimi
gozdovi (*Fagus sylvatica* L.)



UNIVERSITA'
DEGLI STUDI
FIRENZE
DAGRI
DIPARTIMENTO DI AGROLOGIA
E DIFESA AMBIENTALE FORESTALE



CASENTINO
LUNGONI IDEI E STRATEGIE SOSTENIBILI



Zavod za gozdove Slovenije
Slovenia Forest Service



OPIS PROJEKTA LIFE SySTEMiC

Program LIFE je finančni inštrument, ki ga upravlja in financira Evropska komisija. Namenjen je izključno ukrepom na področju varstva okolja, ohranjanja narave ter blaženja in prilagajanja podnebnim spremembam.

Cilj projekta LIFE SySTEMiC (Sonaravno in trajnostno gospodarjenje z gozdovi v času podnebnih sprememb) je uporaba »orodja« genetske pestrosti za zaščito gozdov pred podnebnimi spremembami. Osnovna ideja je preprosta: večja kot je genetska pestrost dreves v gozdu, večja je verjetnost, da imajo nekatera drevesa genetske značilnosti, zaradi katerih so bolj prilagodljiva na podnebne spremembe, s tem pa se povečata odpornost in prilagodljivost gozdnega sistema.

Glavni cilji projekta so:

- Raziskati povezavo med gospodarjenjem z gozdovi in genetsko pestrostjo.
- Razviti inovativni genetski biodiverzitetni gojitveni model (Genetic Biodiversity and Silvicultural model - GenBioSilvi), ki temelji na kombinaciji napredne krajinske genomike, uporabne genetike in gozdnogojitvenih modelov za podporo trajnostnega gospodarjenja z gozdovi.
- Širjenje znanja o tej metodi po Evropi in prenos njene uporabe v gozdarski praksi z vključevanjem različnih vrst deležnikov.

Spletna stran z rezultati projekta: <https://www.lifsystemic.eu/>

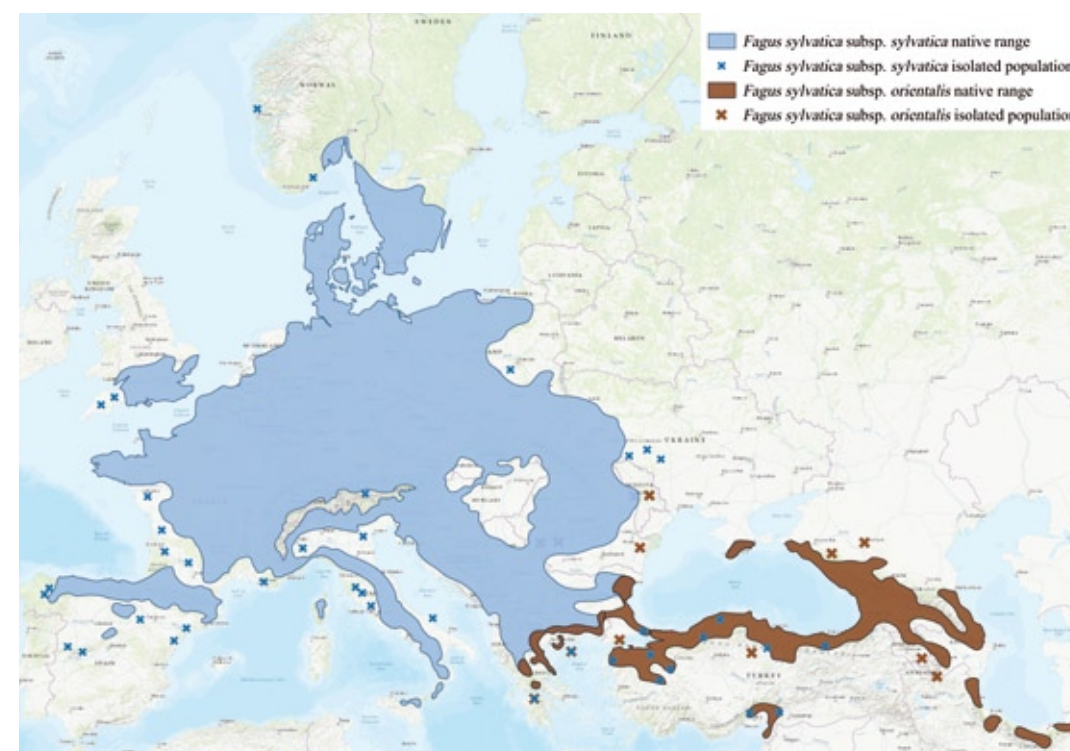


1. Uvod

Hojka Kraigher, Marjana Westergren

Gozdarski inštitut Slovenije (GIS), Slovenija

Navadna bukev (*Fagus sylvatica* L.) je vetrocvetna endomna vrsta z življenjsko dobo do 300 let, ki doseže višino 40 m. Je sestojna drevesna vrsta, ki raste v čistih ali mešanih sestojih po vsej Evropi. Na jugovzhodu se lahko križa z vrsto *Fagus orientalis* Lipsky (Slika 1.1). Raste na najrazličnejših tleh, razen na kompaktnih in na tistih, v katerih zastaja voda. Najraje ima vlažno podnebje. Ker je občutljiva na visoke temperature, poletne suše in pozne zmrzali, je njena razširjenost omejena na Sredozemlje ter celinske dele zahodne in severne Evrope (Westergren in sod., 2020).



Območje razširjenosti bukve (www.euforgen.org)

Za navadno bukev je značilna nizka genetska struktura po vsej evropski celini. Populacije na Iberskem polotoku in jugozahodu Francije, Italijanskem polotoku in jugovzhodnem Balkanu (v regiji so lahko še drugi genski skladi) pripadajo različnim genskim skladom, medtem ko se srednjeevropski genski sklad meša z balkanskim in se širi proti severnemu območju razširjenosti vrste (Demesure in sod., 1996; Magri in sod., 2006; GenTree, 2021; Höhn in sod., 2021), pri čemer ima pri diferenciaciji pomembno vlogo izolacija zaradi razdalje (Höhn in sod., 2021). Zdi se, da je genetska pestrost bukve največja v ledeniških refugijih (GenTree, 2021). Na splošno so si populacije v središču območja razširjenosti bolj podobne glede pestrosti in strukture (GenTree, 2021).

2. Smernice za trajnostno gospodarjenje z gozdovi in prilagoditev bukovih gozdov na podnebne spremembe

Andrej Breznikar

Zavod za gozdove Slovenije (ZGS), Slovenija

Trajnostno in sonaravno gospodarjenje z gozdovi spodbuja ohranjanje narave in gozdov ter ohranja naravne ekosisteme z vsemi življenjskimi oblikami in povezavami, ki se ustvarjajo med njimi. Temelji na podrobnem načrtovanju gospodarjenja z gozdovi, ki je prilagojeno razmeram na posameznih rastiščih in sestojih ter funkcijam gozdov, pri tem pa upošteva naravne procese in strukture, značilne za naravne gozdne ekosisteme (Veselič, 2008).



Slika 2.1. Skupinsko postopno gospodarjenje je običajen način gospodarjenja z bukovimi sestoji.

Gozdnogojitvene sisteme za bukovе sestojе je treba skrbno izbrati, da bi spodbujali sonaravne pristope in posnemali naravne procese v gozdnih sestojih. V okviru projekta LIFE SySTEMiC so bili analizirani štiri gozdnogojitveni sistemi v bukovih sestojih (Preglednica 2.1). V okviru projekta LIFE SySTEMiC je bilo preučenih 12 bukovih sestojev, ki ustrezajo štirim evropskim gozdnim tipom (EFT): 6.6 Ilirski podgorski bukov gozd; 7.2 Srednjeevropski gorski bukov gozd; 7.3 Apeninsko-korziški gorski bukov gozd in 7.4 Ilirski gorski bukov gozd. Rezultati, opisani v prejšnjih poglavjih, kažejo, da je z vidika ohranjanja genetske variabilnosti bolje uporabljati gozdnogojitvene sisteme z nizko intenzivnostjo gospodarjenja, kot sta prebiralno gospodarjenje in skupinsko postopno gospodarjenje z gozdovi.

Preglednica 2.1. Navaja seznam demonstracijskih ploskev za vrsto *Fagus sylvatica* L. v okviru projekta LIFE SySTEMiC. (*EFT = evropski gozdni tip: 6.6 ilirski podgorski bukov gozd; 7.2 srednjeevropski gorski bukov gozd; 7.3 apeninsko-korziški gorski bukov gozd in 7.4 ilirski gorski bukov gozd.

Št. ploskve	Ime ploskve	Država	Vrsta	EFT *	Struktura	Gozdnogojitveni sistem
01	Pian degli Ontani	Italija	<i>F. sylvatica</i>	7.3	Enodobna	Sistem zastornih sečenj
02	Baldo's forest	Italija	<i>F. sylvatica</i>	7.3	Raznodobna	Prebiralno gojenje gozdov
03	Pian dei Ciliegi	Italija	<i>F. sylvatica</i>	7.3	Enodobna	Sistem zastornih sečenj
04	Caselle 1	Italija	<i>F. sylvatica</i>	7.3	Enodobna	Sistem zastornih sečenj
05	Caselle 2	Italija	<i>F. sylvatica</i>	7.3	Enodobna	Sistem zastornih sečenj
11	Fonte Novello	Italija	<i>F. sylvatica</i>	7.3	Enodobna	Brez gospodarjenja / pragozd
12	Venacquaro	Italija	<i>F. sylvatica</i>	7.3	Enodobna	Sistem zastornih sečenj
14	Ogulin	Hrvaška	<i>F. sylvatica</i>	7.2	Enodobna	Sistem zastornih sečenj
23	Osankarica	Slovenija	<i>F. sylvatica</i>	7.2	Enodobna	Skupinsko postopno gojenje
24	Pri Studencu	Slovenija	<i>F. sylvatica</i>	6.6	Enodobna	Skupinsko postopno gojenje
25	Rajhenavski Rog	Slovenija	<i>F. sylvatica</i>	7.4	Enodobna	Brez gospodarjenja / pragozd
29	Gorski kotar, Vrbovsko	Hrvaška	<i>F. sylvatica</i>	7.2	Raznodobna	Prebiralno gojenje gozdov

Bukev je sencovzdržna drevesna vrsta, ki je prisotna v številnih gozdnih rastlinskih združbah v Evropi in različnih tipih gozdov, večinoma kot dominantna, v nekaterih primerih pa tudi kot pridružena drevesna vrsta. Zanja je značilna počasna rast v mladosti, ki doseže vrhunec šele po 45. letu starosti, če to dopuščajo svetlobne razmere. Prirastek bukke doseže svoj maksimum zelo pozno, na nekaterih ploskvah šele po 75. letu starosti. Na splošno povprečni skupni prirastek ne kaže znakov upadanja do starosti 150 let. Bukev se tudi na gozdnogojitvene ukrepe ali redčenje odziva do visoke starosti in prekaša vse druge drevesne vrste (Diaci, 2006).

Bukev je razmeroma odporna na večino bolezní. Ne ogrožajo jo množični napadi škodljivcev, ki bi privedli do odmiranja sestojev. Pozne spomladanske pozebe pogosto poškodujejo mlada drevesa ali cvetove, ki se pojavijo hkrati z razvojem listov. Močna sončna svetloba lahko poškoduje površino debla (Wuelisch, 2010). Glavne grožnje bukovim gozdovom zaradi podnebnih sprememb so naravne ujme, kot sta žled in snegolom (Slika 2.2) na višjih nadmorskih višinah, pa tudi veter, ki lahko v teh gozdovih povzroči veliko škodo.



Slika 2.2. Žled lahko močnejše poškoduje bukove sestoje na višjih nadmorskih višinah.

Na toplejših rastiščih lahko bukove gozdove ogrožajo tudi močnejše poletne suše. Gozdovi na severnih pobočjih so manj ogroženi (ZGS, 2021). Stabilnost bukovih sestojev z večjim deležem drugih vrst močno ogroža zdravstveno stanje teh vrst (na primer smreke in napadi lubadarja). V gozdovih v bližini naselij in infrastrukturnih objektov (ceste, železnice) obstaja tudi večja nevarnost vdora in širjenja invazivnih tujerodnih vrst.

Z naravno obnovo bukovih sestojev se ohranjata prilagodljivost dreves na razmere na posameznih rastiščih in naravna dinamika. Bukovi sestoji se morajo naravno obnavljati in morajo posnemati mešanico drevesnih vrst in gozdnih sestojev naravnih gozdov (ZGS, 2021). Naravno obnavljanje bukovih sestojev na splošno ni težavno. Za mlade bukove sestoje je značilno, da so gosti in močno razslojeni. V vrzelih in raznomernih mladih sestojih dominantna drevesa hitro razvijejo velike krošnje (Diaci, 2006).

Najpogostejši način obnavljanja bukovih sestojev je pod zastorom krošenj. Obnova sledi sečnji, večinoma kot gozdnogojitveni sistem zastornih sečenj (Nocentini, 2009) ali skupinsko postopno gospodarjenje (Westergren in sod. 2015). Načrtuje se v majhnih pomladitvenih vrzelih, ki se postopoma povežejo. Zelo primeren sistem je tudi prebiralno gospodarjenje, zlasti v mešanih sestojih z jelko in na območjih, kjer je zelo velik pritisk podnebno nestabilnega okolja (ZGS, 2021). Po drugi strani pa lahko obnovo uvedemo tudi na nekoliko večjih površinah, ki jih je treba prostorsko ločiti z odraslimi sestoji.

Obnova v vrzelih se začne po semenskem letu z intenzivnostjo sečnje okoli 1/3 lesne zaloge (Matič in sod. 2003). Sestoj se pripravi za naravno obnovo s posekom dreves v spodnjem in grmovnem sloju. Kjer je to mogoče, se uporablja naravna obnova, saj se tako ohranja genetska pestrost populacij gozdnega drevja. Po vzniku kakovostnega mladja se obnova nadaljuje z bolj intenzivno sečnjo, da se poveča kompetitivnost drugih pomembnih vrst, ki so del bukovih gozdnih združb. S končno sečnjo

zaključimo obnovo najpozneje takrat, ko so mlada drevesa visoka od 1 do 2 metra. Vse obnovitvene sečnje na območjih z že vzpostavljenimi mladimi sestoji je treba izvajati zunaj vegetacijske dobe (ZGS, 2021). Kjer naravna obnova ni uspešna, je priporočljivo obnoviti gozd s sadnjo in umetno obnovo bukovega mladja z dodatkom drugih, za območje primernih drevesnih vrst (kot so hrasti, gorski javor in druge vrste listavcev). Umetna obnova naj se izvaja samo v majhnih skupinah dreves. Površine za obnovo morajo biti čim manjše - mozaična struktura bodočih sestojev povečuje njihovo odpornost proti grožnjam podnebnih sprememb.

Slabost naravne obnove je, da so gozdni viri lahko ogroženi, saj se dolgožive drevesne vrste zgolj s prenosom genetskih informacij skozi naravne evolucijske procese ne morejo dovolj hitro prilagoditi novim boleznim in škodljivcem. Posebej problematična so poškodovana območja, kjer imajo drevesa poškodovane regenerativne dele krošenj, ki naj bi zagotavljali naravno pomlajevanje.

Z gozdnogojitvenega vidika bukev ob primerni gostoti hitro odstrani veje, zato ukrepi redčenja v fazi mladja večinoma vključujejo odstranjevanje slabo oblikovanih, poškodovanih in podraslih dreves (Slika 2.3). Dreves v spodnjem sloju ne odstranjujemo, saj so pomemben del stabilnosti bodočega sestaja (ZGS, 2021). Z uravnavanjem drevesne sestave moramo ohraniti biotsko raznovrstnost drevesnih vrst in zmanjšati delež nezaželenih drevesnih vrst. Posebno pozornost je treba nameniti stabilnosti bukovih sestojev, zlasti na pobočjih. Primernejša rešitev je tako imenovano situacijsko redčenje, ki upošteva klasična gozdnogojitvena načela nege, vendar se osredotoča na manjše število izbranih ciljnih dreves. Pri izbiri ciljnih dreves velja načelo, da imata vitalnost in stabilnost dreves prednost pred kakovostjo, ta pa pred razdaljo med ciljnim drevesi. Intenzivnost odstranjevanja kompetitivnih dreves je za posamezna ciljna drevesa prilagojena razmeram v gozdnem sestoji in drevesni vrsti (Sever in sod. 2022; Diaci, 2021).

Postopna premena odraslih bukovih sestojev je potrebna samo, kadar je sestava drevesnih vrst tako močno spremenjena, da ogroža njihovo stabilnost. Premena bi morala biti usmerjena k naravni obnovi z listavci, zlasti bukvijo in vsemi plemenitimi listavci, vključno s češnjo in lipo (ZGS, 2021).



Slika 2.3. Redčenje je del gospodarjenja z bukovimi sestoji v njihovi odrasli dobi.

Glavni ukrepi za prilagajanje gospodarjenja z bukovimi sestoji podnebnim spremembam so usmerjeni v prilagajanje drevesne sestave, povečevanje odpornosti gozdov z različnimi strukturami gozdnih sestojev na vseh ravneh, zlasti genetski, z naprednimi ukrepi za obnovo gozdov in pogozdovanje ter povečevanje njihove stabilnosti z dovolj zgodnjimi negovalnimi ukrepi (npr. redčenje), oblikovanje večslojnih in prebiralnih gozdnih struktur v ustreznih sestojih ter (ne nazadnje) monitoring in ohranjanje biotske raznovrstnosti gozdov, od genetske pestrosti dalje (Bajc in sod., 2020).



Slika 2.4. Uspešna obnova bukovih sestojev s sadnjo je odvisna od kakovostnih in genetsko pestrih populacij, ki prispevajo k naravni obnovi.

Da bi zagotovili prilagodljivost bodočih sestojev na spremembe v okolju, je treba uporabiti genetsko pester gozdni reprodukcijski material (GRM), in sicer tako, da v obdobju močnega cvetenja in obroda pridobimo semena velikega števila dreves, GRM različnih partij ustrezno mešamo pod strokovnim nadzorom ter na podlagi provenienčnih testov izvedemo znanstveno utemeljen prenos različnih lokalnih provenienc v različna ekološka okolja. Poleg tega sta pomembna ustrezno srednjeročno načrtovanje shranjevanja zaloga semen v semenski hranilnici in stalna razpoložljivost ustreznih sadik (Kraigher in sod., 2019).

3. Krajinska genomika

Cesare Garosi¹, Cristina Vettori^{1,2}, Marko Bajc³, Donatella Paffetti¹

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

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

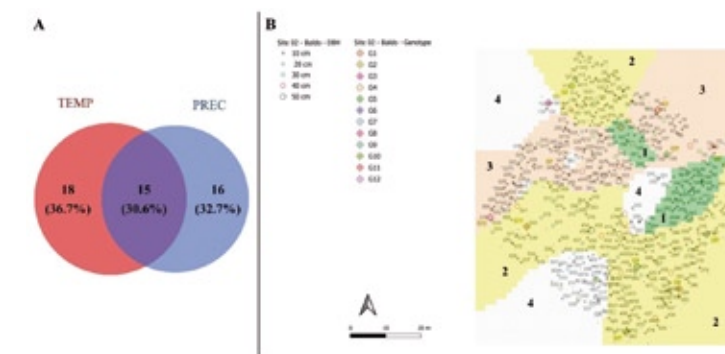
³ Gozdarski inštitut Slovenije (GIS), Slovenija

Pri analizi nevtralne in adaptivne komponente genetske pestrosti smo uporabili pristop krajinske genomike, da bi izpostavili možne vzorce lokalne adaptacije pri populacijah bukve. Uporabili smo nevtralne in adaptivne molekularne markerje v kombinaciji s prostorskimi podatki in bioklimatskimi kazalniki. Pri ponovnem ciljnem sekvenciranju vrste *Fagus sylvatica* L. je bilo v 18 genomskih regijah, povezanih z odzivom na enega ali več abiotičnih stresnih dejavnikov, ugotovljenih približno 1400 SNP-jev (polimorfizmi posameznih nukleotidov). S prostorsko razporeditvijo SNP-jev, je bilo na ploskvah v Italiji mogoče opaziti večje število SNP-jev, značilnih za posamezno ploskev in regijo. To bi lahko razlagali kot znak prilagoditve sredozemskemu bioklimatskemu režimu, ki je značilen za italijanski polotok in se razlikuje od bolj celinskega podnebja v Sloveniji in na Hrvaškem.

Za ugotavljanje vzorcev lokalne adaptacije smo izvedli analize povezave med genomi in okoljem (GEA). Rezultati analize so pokazali povezavo med 98 alelnimi različicami in povprečnimi vrednostmi 12 okoljskih spremenljivk, ki smo jih upoštevali v teh analizah. Prisotnost teh različic alelov bi lahko bila povezana z lokalnim in ne z regionalnim vzorcem adaptacije. Pri analizi povezave z okoljem (EAA) je pomembno upoštevati nevtralno genetsko strukturo (Rellstab in sod. 2015), saj lahko nevtralna genetska struktura ustvari vzorce, podobne tistim, ki so pričakovani pri nevtralnih procesih (Excoffier in Ray 2008; Excoffier in sod. 2009; Sillanpää 2011). Poleg tega smo za analizo genetske strukture populacij uporabili dva različna pristopa: Bayesovo razvrščanje v skupine z uporabo programske opreme STRUCTURE (Pritchard in sod., 2000) in Bayesovo prostorsko razvrščanje v skupine z uporabo programske opreme GENELAND.

Na splošno smo na ploskvah, kjer se ne gospodari in v pragozdovih ter gozdnih rezervatih ugotovili veliko število posebnih alelnih različic. Prisotnost velikega števila SNP-jev, povezanih s prilagajanjem na okoljske spremenljivke na teh ploskvah, bi lahko bila povezana z nevtralno genetsko strukturo, ki jo je mogoče opaziti na teh ploskvah (Aravanopoulos, 2018; Paffetti in sod., 2012; Stiers in sod., 2018). V nekaterih študijah je bilo namreč ugotovljeno, da je za te ploskve značilna kompleksna nevtralna genetska struktura, za katero je značilno veliko število družinskih skupin. Ta velika variabilnost lahko omogoča večjo verjetnost pojava novih alelnih različic, ki bi lahko obogatile prilagoditveni potencial te vrste na trenutne in prihodnje podnebne spremembe. Podobno stanje je bilo mogoče opaziti v sestojih, v katerih se je uporabljal način gospodarjenja z nizko intenzivnostjo, tj. prebiralno

Slika 3.1. Rezultati analize LFMM («latent factor mixed models») in zemljevid porazdelitve genotipov za ploskev 02 -Baldov gozd. (A) Na Vennovem diagramu je prikazano prekrivanje med SNP-ji, povezanimi z bioklimatskimi kazalniki v povezavi s temperaturo in padavinami. (B) Prostorska razporeditev genotipov in organizacija v 4 skupine (rezultati GENELAND). Na zemljevidu so prikazani osebk, ki so prisotni na preučevani ploskvi (krog s črno obrobo), in sekvencirani osebk. Slednji so označeni s krogi, katerih barva ustreza ugotovljenemu genotipu. Iste barve pomenijo, da gre za iste genotipe.



ditev genotipov in organizacija v 4 skupine (rezultati GENELAND). Na zemljevidu so prikazani osebk, ki so prisotni na preučevani ploskvi (krog s črno obrobo), in sekvencirani osebk. Slednji so označeni s krogi, katerih barva ustreza ugotovljenemu genotipu. Iste barve pomenijo, da gre za iste genotipe.

gospodarjenje z gozdovi. V tem primeru je obstajalo veliko število alelnih različic, značilnih za vsako ploskev. Ploskev Baldov gozd ima največje število SNP-jev, povezanih z okoljskimi spremenljivkami (Slika 3.1). Nastanek vrzeli in kompleksnost strukture, ki je značilna za te sestoje, bi lahko bila povezana z večjo verjetnostjo rekombinacije genov med genotipi, ki pripadajo različnim družinskim skupinam. Ti vzorci so podobni tistim, ki jih najdemo v praogzdovih in v gozdovih, v katerih se ne gospodari. Zato se možnost, da bi z uporabo gozdnogojitvenega sistema z nizko intenzivnostjo lahko ohranili prilagoditveno genetsko pestrost, zdi obetavna. Te podatke še dodatno podpira analiza drugih bukovih ploskev v študiji.

Zdi se, da pri načinih gospodarjenja z manjšo intenzivnostjo, npr. pri prebiralnem gospodarjenju, poročajo o populacijah z velikim številom alelnih različic, povezanih z odzivom na okoljske spremenljivke. Podobni rezultati so bili opaženi v gozdovih, v katerih se ne gospodari in v praogzdovih. Rezultati te študije bi lahko imeli pomembno vlogo pri gozdnogojitvenem načrtovanju, kjer bi lahko bilo poznavanje genetske variabilnosti s prilagoditvenega vidika v pomoč pri sprejemanju odločitev. Poleg tega bi se to znanje lahko uporabilo tudi pri načrtovanju opravil za pomoč pri migraciji. To je pomembno za ohranitev trenutnih gozdnih genskih virov, pa tudi za obogatitev obstoječih sestojev s potencialno ugodnimi genotipi.

4. Biotska raznovrstnost tal

Tanja Mrak, Marko Bajc, Rok Damjanić, Natalija Dovč, Tine Grebenc, Tijana Martinović, Nataša Šibanc, Tina Unuk Nahberger, Hojka Kraigher

Gozdarski inštitut Slovenije (GIS), Slovenija

Vitalna tla, ki so posledica medsebojnega delovanja fizikalnih, kemičnih in bioloških lastnosti tal, so ključnega pomena za ohranjanje rasti gozdov in ekosistemskih storitev. Velika biotska raznovrstnost tal podpira funkcionalno prožnost pri prilagoditvi neznanim spremembam, do katerih bi lahko prišlo v prihodnosti.

Ektomikorizni koreninski vršički (Slika 4.1) vsebujejo specifične in raznolike populacije bakterij in mikroglij, vključno z bakterijami, ki pomagajo pri vzpostavitvi mikoriznih simbioz. V drevesnih koreninah se nahajajo tudi temni septirani endofiti in glive, ki razgrajujejo les (Baldrian, 2017). Poleg micelijev mikoriznih gliv in z njim povezanih organizmov so v tleh tudi saprotrofne glive in bakterije (Baldrian, 2017). Velik del talnih organizmov, vključno s številnimi talnimi nevretenčarji, je odvisen od dotoka asimiliranega ogljika iz dreves pod površje tal (Prescott in Grayston, 2023).



Slika 4.1. Ektomikorizne glive so drevesni simbioziti, ki podpirajo rast dreves z dostopom do hranil in vode v zameno za ogljik iz dreves.

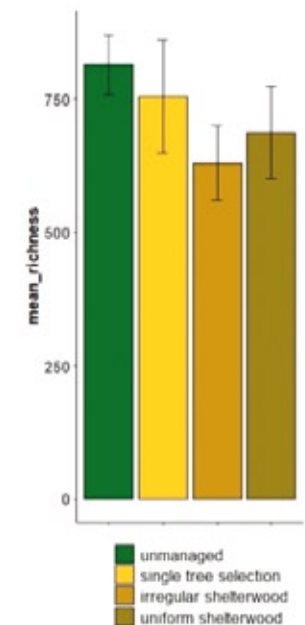
Količina ogljika, ki se pri fotosintezi iz nadzemnih delov prenaša do drobnih korenin in z njimi povezanih mikroorganizmov pod površjem tal, se v gospodarjenih gozdovih zmanjša (Noormets in sod., 2015). Zato lahko z naraščajočo intenzivnostjo gospodarjenja pričakujemo spremembe v alfa in beta diverziteti mikrobne združbe tal in korenin. Prizadevamo si doseči takšno intenzivnost gospodarjenja z gozdovi, ki še vedno podpira visoko biotsko raznovrstnost tal. V okviru projekta LIFE SySTEMiC so bili ocenjeni kratkoročni učinki prebiralnega gospodarjenja in dolgoročni učinki štirih gozdnogojitvenih sistemov na biotsko raznovrstnost tal.

Kratkoročni učinki odstranjevanja posameznih dreves so kazali na manjšo taksonsko pestrost (število različnih taksonov, tj. vrst) in nižji Shannonov indeks pestrosti (indeks, ki upošteva število vrst in njihovo relativno številčnost) ektomikoriznih gliv, razvitih na koreninah preostalih dreves. Vendar odstranitev posameznih dreves ni vplivala na bogastvo in pestrost celotne združbe gliv. Po drugi strani pa se je sestava glivnih združb spremenila, povečalo se je število saprotrofov, zaradi povečane odmrle biomase (odmrle organske snovi, npr. odmrle korenine, mikorizni micelij in vsi organizmi, ki so od njih odvisni), in zmanjšalo relativno število ektomikoriznih gliv. Upad ektomikoriznih gliv je bil najverjetneje posledica odstranitve njihovih partnerjev, ki zagotavljajo fotosintezo, in posledičnega zmanjšanja pretoka ogljika pod zemljo.

Raziskava dolgoročnih učinkov je vključevala različne sisteme gospodarjenja: brez gospodarjenja, prebiralno gospodarjenje, skupinsko postopno gospodarjenje in sistem zastornih ečenj. Na splošno je bilo največje bogastvo gliv ugotovljeno v gozdovih, v katerih se ne gospodari, ki so znani po veliki količini odmrlega lesa, in gozdovih s prebiralnim načinom gospodarjenja, vendar je bila količina odmrlega lesa precejšnja (približno 25 m³/ha). Ektomikorizne glive so bile bolj razširjene v sestojih, kjer se je gospodarilo prebiralno, najverjetneje zaradi večje kompleksnosti gozdne strukture skupaj z odstranitvijo posameznih dreves v zgornjem sloju, kar preprečuje prehod v klimasko stanje sukcesije. Po podatkih Twiega in sod. (2007) je vrstno bogastvo ektomikoriznih gliv največje ob zaključku sklepa krošenj. Za to fazo so značilne najvišje stopnje rasti dreves in največja listna površina, kar ustreza večjemu prenosu ogljika pod površje tal h koreninam in koreninskim simbiozom. Druga dva gozdnogojitvena sistema sta bila glede bogastva ektomikoriznih gliv primerljiva z gozdovi, v katerih se ne gospodari. Več študij poudarja pomen ohranjanja dreves v zaplatah ali kot posamična drevesa, da kljub gospodarjenju lahko ohranimo živ koreninski sistem (»continuous root forestry«). V takih sistemih posamezna drevesa med seboj ne smejo biti oddaljena več kot 15 metrov, da se zagotovi ohranjanje biotske raznovrstnosti pod površjem tal (Prescott in Grayston, 2023).

Čeprav gozdnogojitveni sistemi vplivajo na združbe gliv (glejte primer na Sliki 4.2), njihov učinek pogosto zasenčijo močnejši vplivi lokacije in podlage, če te dejavnike upoštevamo. Pomembni učinki teh spremenljivk kažejo, da so lokalni okoljski pogoji in regionalne razlike ključni dejavniki pestrosti gliv in strukture njihovih združb. Čeprav je izbira gozdnogojitvenega sistema pomembna, je treba za učinkovito ohranjanje in upravljanje biotske raznovrstnosti gliv upoštevati tudi ostale odločilne dejavnike.

Čeprav to ni statistično potrjeno, pa graf kaže trend upadanja bogastva združb gliv v gospodarjenih gozdovih, v primerjavi z gozdovi, s katerimi se ne gospodari.



Slika 4.2. Povprečno bogastvo operativnih taksonomskih enot (OTU) gliv v različnih gozdnogojitvenih sistemih.

5. Model GenBioSilvi

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

Da bi raziskali biotsko raznovrstnost v gozdnih ekosistemih, smo na podlagi podatkov, zbranih v okviru projektnih aktivnosti, analizirali kazalnike, vključno z genetsko pestrostjo, strukturo gozda, odmrlim lesom, pestrostjo tal in drevesnimi mikrohabitati. V bukovih gozdovih smo opazili, da so gozdovi, s katerimi se ne gospodari in pragozdovi ohranili ter imeli povečano biotsko raznovrstnost. Gospodarjene ploskve s prebiralnim sistemom gospodarjenja so imele podobno stopnjo biotske raznovrstnosti. Analiza genetske pestrosti z uporabo SSR-jev je pokazala, da imajo pragozdovi in sesotji, kjer se gospodari prebiralno, kompleksno prostorsko genetsko strukturo, za razliko od sestojev s sistemom zastornih sečenj ali skupinsko postopnim gospodarjenjem. Ugotovljeni so bili številni SNP-ji, povezani z okoljskimi razmerami, zlasti na ploskvi 02 - Baldov gozd, ki je imela zapleteno genetsko strukturo. Dendrometrični podatki so pokazali, da je najbolj primerna raznodobna in večslojna struktura, ki je vidna na ploskvah 02 - Baldov gozd, 11 - Fonte Novello in 25 - Rajhenavski Rog. V sestojih v katerih se ne gospodari je bilo največ odmrla lesa in veliko saproksilnih drevesnih mikrohabitata, zlasti na starih drevesih. Na večini ploskev se je bukev pojavljala skupaj z manjšinskimi drevesnimi vrstami, ki bi jih bilo treba ohraniti. Pestrost tal je bila največja v pragozdu ter na ploskvah z nizko intenzivnostjo gospodarjenja. Glede na rezultate predpostavljamo, da je za visoko biotsko raznovrstnost najbolj primeren gozdnogojitveni sistem prebiralno gospodarjenje, ki posnema procese v pragozdovih in spodbuja naravno obnovo. Večslojna struktura, ki jo ustvarimo s prebiralnim gojenjem gozdov, ugodno vpliva na širjenje cvetnega prahu, genetsko pestrost in nove alelne različice, ki so ključne za prilagajanje na podnebne spremembe. Razvili smo model, ki zajema ključne kazalnike biotske raznovrstnosti, kot so odmrl les, drevesni mikrohabitati in vrstno pestrost, ter usmerja prakse trajnostnega gospodarjenja, brez vključenega zbiranja podatkov o genetski pestrosti in pestrosti tal (Preglednica 5.1).

Preglednica 5.1. Opis izbranega kazalnika, ki lahko uporabniku pomaga opisati stanje sestoja.

Kategorije	Kazalniki	Opis
Struktura gozda	Standardni odklon premerov dreves v prsni višini	Variabilnost premerov dreves znotraj sestoja
	Delež mladja v sestoju	Prisotnost mladja ciljnih drevesnih vrst
	Krivulja porazdelitve razredov premerov dreves v prsni višini	Kompleksnost horizontalne in vertikalne strukture gozda
	Število sestojnih slojev	
Odmrl les	Prisotnost stoječih odmrlih dreves	Prisotnost odmrla lesa, ki deluje kot mikrohabitat
	Večji ostanki lesa	
Pestrost vrst	Pestrost drevesnih vrst	Število vseh vrst, prisotnih v drevesnem sloju in v mladju
	Odstotek manjšinskih vrst v mladju	
Drevesni mikrohabitati	Odstotek osebkov z dupli	Prisotnost drevesnih mikrohabitata, ključnih za biotsko raznovrstnost
	Odstotek osebkov s poškodbami in ranami	
	Odstotek osebkov z deformacijami	

Spodaj je prikazan primer obrazca, izpolnjenega na podlagi dejanskih podatkov, pridobljenih na ploskvi 02 - Baldov gozd (Slika 5.1).

Izpolnite prostor s podatki, pridobljenimi na podlagi meritev in ocen na terenu. Obrazec je interaktiven in omogoča samodejen izračun končne ocene.

Obrazec za vrednotenje gozdnih sestojev - demonstracijska ploskev 02 - Baldov gozd			
Gospodarjenje z gozdovi	Podatki o gozdnem sestoju		Posledice za gozd in gospodarjenje z gozdom
Z gozdovi je potrebno gospodariti tako, da ohranjamo njihovo stabilnost, odpornost in večnamensko vlogo (ekološko, socialno in proizvodno). To je mogoče doseči le z ohranjanjem zdravih gozdov in njihove biotske raznovrstnosti, varovanjem naravne rodovitnosti in vodnih virov v gozdu ter z zagotavljanjem vseh drugih koristnih funkcij, ki jih gozdovi opravljajo.	Prebiralno gospodarjenje z gozdovi		
Kazalniki za strukturo gozda	Vrednost kazalnika v sestoju	Točkovanje posameznih rezultatov	Skupna ocena strukture gozda
Kazalnik strukture sestoja			
Standardni odklon (SD) prsnih premerov dreves	9,55	<input type="checkbox"/> 1 točka (SD < 5) <input checked="" type="checkbox"/> 2 točki (5 < SD < 15) <input type="checkbox"/> 3 točke (SD > 15)	Rezultati ocene in izračuna posameznih znakov za strukturo sestoja <input type="checkbox"/> Ocena 1 (Enostavna struktura gozda brez mladovja) - od 4 do 6 točk <input type="checkbox"/> Ocena 2 (poenostavljena struktura gozda z mladovjem ali kompleksna struktura gozda brez mladovja) - od 7 do 8 točk <input type="checkbox"/> Ocena 3 (kompleksna gozдна struktura s prisotnim mladovjem - od 9 do 11 točk) <input checked="" type="checkbox"/> Ocena 4 (kompleksna gozдна struktura s prisotnim mladovjem na celotni površini) - od 12 do 13 točk
Delež mladovja (%) v sestoju (ob upoštevanju dreves s premerom manj kot 10 cm)	83,54	<input type="checkbox"/> 1 točka (% mladovja < 15) <input type="checkbox"/> 2 točki (15 ≤ % mladovja < 30) <input type="checkbox"/> 3 točke (30 ≤ % mladovja < 50) <input checked="" type="checkbox"/> 4 točke (% mladovja ≥ 50)	
Krivulja debelinskih stopenj	J-shaped	<input type="checkbox"/> 1 točka (vzponasta oblika) <input type="checkbox"/> 2 točki (multimodna oblika) <input checked="" type="checkbox"/> 3 točke (v obliki črke J)	
Število slojev v sestoju	Tri-stratified	<input type="checkbox"/> 1 točka (enoslojni sestoj) <input type="checkbox"/> 2 točki (dvoslojni sestoj) <input checked="" type="checkbox"/> 3 točke (tri- ali večslojni sestoj)	
Kazalniki produktivnosti	Vrednost kazalnika	Skupna ocena biotske raznovrstnosti populacije	
Produktivnost gozdnega rastišča je proizvodnja, ki jo je mogoče realizirati v okviru določenega sestoja, na določenem rastišču, ob dani genetski strukturi sestoja in ob določenem načinu gospodarjenja. Produktivnost gozdnega sestoja je odvisna tako od naravnih dejavnikov, ki so del gozdnega rastišča, kot od dejavnikov, povezanih z načinom gospodarjenja.	Lesna zaloga (m ³ /ha)	305 m ³ /ha	
		V odraslih gozdnih sestojih senčevrzičnih gozdnih drevesnih vrst, kjer se aktivno gospodari, naj znaša minimalna lesna zaloga lesa okoli 300-350 m ³ /ha.	
Kazalniki biotske raznovrstnosti	Vrednost kazalnika	Točkovanje posameznih rezultatov	Skupna ocena biotske raznovrstnosti sestojev
Kazalniki odmrla lesa			
Prisotnost stoječega odmrla lesa	Presence	<input type="checkbox"/> 1 točka (stoječa odmrta lesna biomasa ni prisotna) <input checked="" type="checkbox"/> 2 točki (stoječa odmrta lesna biomasa je prisotna)	Rezultati ocene odmrla lesne biomase <input type="checkbox"/> Ocena 1 (Popolna odsotnost odmrla lesne biomase) - 2 točki <input checked="" type="checkbox"/> Ocena 2 (Prisotnost odmrla stoječe lesne biomase ali velikih lesnih ostankov) - 3 točke <input type="checkbox"/> Ocena 3 (Prisotnost različnih vrst odmrla lesa) - 4 točke
Veliki lesni ostanki	Absence	<input checked="" type="checkbox"/> 1 točka (odsotnost velikih lesnih ostankov) <input type="checkbox"/> 2 točki (prisotnost velikih lesnih ostankov)	
Kazalniki pestrosti drevesne sestave	Vrednost kazalnika v sestoju	Točkovanje posameznih rezultatov	Skupna ocena pestrosti drevesne sestave
Bogatstvo vrst (prisotnost sprejemljivih in manjšinskih drevesnih vrst)	Absence	<input checked="" type="checkbox"/> 1 točka (odsotnost sprejemljivih in manjšinskih drevesnih vrst) <input type="checkbox"/> 2 točki (prisotnost sprejemljivih in manjšinskih drevesnih vrst)	Rezultati ocene pestrosti drevesne sestave <input checked="" type="checkbox"/> Ocena 1 (enovrstni sestoj) - 2 točki <input type="checkbox"/> Ocena 2 (menosilne drevesne vrste so prisotne, njihovega pomlajevanja pa ni ali je redko) - 3 točke <input type="checkbox"/> Ocena 3 (menosilne drevesne vrste so prisotne, njihovo pomlajevanje je obilno) - 4 do 6 točk
Delež (%) sprejemljivih in manjšinskih drevesnih vrst v mladovju	0	<input checked="" type="checkbox"/> 1 točka (% mladovja < 15) <input type="checkbox"/> 2 točki (15 ≤ % mladovja < 30) <input type="checkbox"/> 3 točke (30 ≤ % mladovja < 50) <input type="checkbox"/> 4 točke (% mladovja ≥ 50)	
Kazalniki zastopanosti drevesnih mikrohabitata	Vrednost kazalnika v sestoju	Točkovanje posameznih rezultatov	Skupna ocena zastopanosti posameznih drevesnih mikrohabitata
delež (%) dreves z dupli	14,51	<input checked="" type="checkbox"/> 1 točka (% dreves ≤ 15%) <input type="checkbox"/> 2 točki (15% < % dreves ≤ 50%) <input type="checkbox"/> 3 točke (% dreves > 50%)	Rezultati ocene zastopanosti posameznih drevesnih mikrohabitata <input checked="" type="checkbox"/> Ocena 1 (Odsotnost oziroma majhna pogostnost mikrohabitata) - 3 točke <input type="checkbox"/> Ocena 2 (Srednja pogostnost mikrohabitata) - 4 do 6 točk <input type="checkbox"/> Ocena 3 (Visoka pogostnost mikrohabitata) - 7 do 9 točk
delež (%) dreves s poškodbami in ranami	1,57	<input checked="" type="checkbox"/> 1 točka (% dreves ≤ 15%) <input type="checkbox"/> 2 točki (15% < % dreves ≤ 50%) <input type="checkbox"/> 3 točke (% dreves > 50%)	
delež (%) dreves z deformacijami	7,57	<input checked="" type="checkbox"/> 1 točka (% dreves ≤ 15%) <input type="checkbox"/> 2 točki (15% < % dreves ≤ 50%) <input type="checkbox"/> 3 točke (% dreves > 50%)	
Končni rezultat: 8			

Slika 5.1. Struktura obrazca za oceno gozdne populacije s podatki s ploskve 02 - Baldov gozd.

6. Priporočila za trajnostno gospodarjenje z gozdovi

Hojka Kraigher¹, Kristina Sever², Davide Travaglini³, Cesare Garosi³, Cristina Vettori^{3,4}, Donatella Paffetti³, Roberta Ferrante^{3,5}, Tanja Mrak¹, Andrej Breznikar²

¹Gozdarski inštitut Slovenije (GIS), Slovenija

²Zavod za gozdove Slovenije (ZGS), Slovenija

³Department of Agriculture, Food, Environment and Forestry (DAGRI), University of Florence (UNIFI), Italy

⁴Institute of Bioscience and Bioresources (IBBR), National Research Council (CNR), Italy

⁵NBFC, National Biodiversity Future Center, Italy

Priporočila za trajnostno gospodarjenje z bukovimi gozdovi (*Fagus sylvatica* L.)

- Gozdnogojitvene sisteme za bukove sestoje je treba skrbno izbrati, da bi spodbujali sonaravne pristope in posnemali naravne procese.
- Gozdnogojitveni sistemi z manjšo intenzivnostjo so ugodnejši z vidika ohranjanja genetske variabilnosti bukovih gozdov. To sta npr. prebiralno gospodarjenje in skupinsko postopno gospodarjenje.
- Bukev je sencovzdržna drevesna vrsta, za katero je značilna počasna rast v mladosti in pozna kulminacija prirastka, ki do pozne starosti ne kaže znakov upadanja.
- Bukev je razmeroma odporna na večino bolezni, vendar je občutljiva na pozne spomladanske pozebe, poškodbe na površini debla zaradi močne sončne svetlobe in naravne ujme, kot so žled, snegolom in vetrolom.
- Z naravno obnovo bukovih sestojev se ohranjata prilagodljivost populacij na razmere na posameznih rastiščih in naravna dinamika, zato je priporočljivo bukove sestoje obnavljati po naravo poti.
- Najpogostejši način obnavljanja bukovih sestojev je pod zastorom krošenj, kjer se obnova določa v zaporedju sečnej, večinoma kot del skupinsko postopnega gospodarjenja.
- Obnovo v vrzelih je treba začeti po semenskem letu, ki ga spremlja priprava sestoja na naravno obnovo s posekom dreves v spodnjem in grmovnem sloju.
- Kadar naravna obnova ni uspešna, je priporočljivo obnoviti gozd s sadnjo in umetno obnovo bukovih sadik v majhnih skupinah z dodatkom drugih drevesnih vrst, primernih za posamezno rastišče.
- Posebno pozornost je treba nameniti stabilnosti bukovih sestojev, zlasti na pobočjih.
- Zelo primerna gozdnogojitvena tehnika za bukove sestoje je situacijsko redčenje, ki se osredotoča na majhno število izbranih ciljnih dreves v sestoji.
- Glavni ukrepi za prilagoditev gospodarjenja z bukovimi sestoji podnebnim spremembam so: prilagajanje drevesne sestave v bukovih gozdnih sestojih, povečanje odpornosti gozdov z raznoliko strukturo sestojev na vseh ravneh, zlasti genetski, z naprednimi ukrepi obnove in pogozdovanja ter za povečanje njihove stabilnosti z dovolj zgodnjimi in prilagojenimi negovalnimi ukrepi.
- Krajinska genomika je bistvena za oceno nevtralne in adaptivne genetske pestrosti. Igra lahko pomembno vlogo pri razumevanju značilnosti lokalne prilagodljivosti pri populacijah in nam lahko pomaga pri določitvi ustreznega načina gospodarjenja oz. izbiri gozdnogojitvenega sistema.
- Poznavanje genetske variabilnosti z vidika prilagajanja lahko izboljša odločitve o gospodarjenju z gozdovi in predvidi potrebo za pomoč pri migraciji genov. To je ključnega pomena za ohranjanje gozdnih genskih virov in bogatenje sestojev z ugodnimi genotipi, kar zagotavlja odpornost gozdov in genetsko pestrost.
- Za bukove sestoje priporočamo načine gospodarjenja z manjšo intenzivnostjo, npr. prebiralno gospodarjenje. Sistemi z manjšo intenzivnostjo so povezani s populacijami z velikim številom alelnih različic kot odzivom na okoljske spremenljivke. Podobni rezultati so bili opaženi v gozdovih, v katerih se ne gospodari in v pragozdovih.
- Spremljanje in preučevanje vseh komponent biotske raznovrstnosti je ključnega pomena za razumevanje odpornosti gozdnih ekosistemov. Zato je pomembno zbirati informacije o genetski

raznolikosti, strukturi gozda, odmrlem lesu, pestrosti tal in drevesnih mikrohabitatih.

- Zabukove sestoje, ki imajo podobne značilnosti kot tisti, vključeni v našo študijo, predlagamo uporabo načina gospodarjenja, ki povečuje kompleksnost gozdnih sestojev z večplastno vertikalno strukturo, ki olajšuje širjenje cvetnega prahu, spodbuja genetsko pestrost in povečuje število novih alelnih različic, ključnih za prilagoditev na podnebne spremembe. V okviru naše študije smo te značilnosti ugotovili v sestojih, ki se gospodarijo skladno s prebiralnim gospodarjenjem.
- Uporaba modela GenBioSilvi bi lahko uporabnikom gozdov pomagala pri preverjanju stanja biotske raznovrstnosti sestojev in zagotavljanju smernic za trajnostno gospodarjenje. Določili smo ključne kazalnike, ki posredno opisujejo genetsko pestrost in predstavljajo biotsko raznovrstnost ter vključujejo odmrli les, drevesne mikrohabitatske in vrstno pestrost. Osredotočili smo se na opazne ključne kazalnike za opis trenutnega stanja analiziranega sestoja.
- Da bi zagotovili prilagodljivost bodočih sestojev na spremembe v okolju, je treba uporabiti genetsko pester gozdni reprodukcijski material (GRM), in sicer tako, da v času močnega obroda pridobimo semena velikega števila dreves, GRM ustrezno strokovno premešamo ter na podlagi provenienčnih testov izvedemo znanstveno utemeljen prenos različnih lokalnih provenienc v različna ekološka okolja, večinoma iz jugovzhodnih območij proti lokacijam na severozahodu.



VIRI

- 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>
- Bajc M., Aravanopoulos F., Westergren M., Fussi B., Kavaliauskas D., Alizoti P., Kiourtsis F., Kraigher H. (ur.) (2020). Manual for Forest Genetic Monitoring. Gozdarski inštitut Slovenije, Založba Silva Slovenica. Ljubljana.
- Baldrian P. (2017). Forest microbiome: diversity, complexity and dynamics, *FEMS Microbiology Reviews*, 41(2): str. 109-130.
- Calama R., Puértolas J., Madrigal G., Pardos M. (2013). Modeling the environmental response of leaf net photosynthesis in *Pinus pinea* L. natural regeneration. *Ecological Modelling*, 251: str. 9-21. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2012.11.029>.
- Diaci J. (2006). Gojenje gozdov: pragozdovi, sestoji, zvrsti, načrtovanje, izbrana poglavja. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire, 348 str.
- Diaci J., Roženberger D., Fidej G., Arnič D. (2021). Sodobna izhodišča redčenja: povezovanje načel izbiralnega redčenja, situacijskega redčenja, redčenja šopov in skupin ter redčenja spremenljive gostote. *Gozdarski vestnik*, 79, št. 9: str. 299-311.
- 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, str. 285-298. <https://doi.org/10.1038/hdy.2009.74>
- Kraigher H., Bajc M., Božič G., Brus R., Jarni K., Westergren M. (2019). Forests, forestry and the Slovenian forest genetic resources programme. V: *Forests of Southeast Europe under a changing climate* (Šijačić-Nikolić M., Milovanović J., Nonić M. ur.). Springer International Publishing. str. 29-47. https://doi.org/10.1007/978-3-319-95267-3_3
- Matić S. (ur.) (2003). Obična bukva (*Fagus sylvatica* L.) u Hrvatskoj [Common beech (*Fagus sylvatica* L.) in Croatia]. Akademija Šumarskih Znanosti, Zagreb, Hrvatska, 855 str.
- Nocentini S. (2009). Structure and management of beech (*Fagus sylvatica* L.) forests in Italy. *iForest* 2: str. 105-113. doi: 10.3832/ifer0499-002.
- 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, str. 34-44, ISSN 0378-1127. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2012.07.026>.
- 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.
- Prescott C.E., Grayston S.J. (2023). Tamm review: Continuous root forestry—Living roots sustain the belowground ecosystem and soil carbon in managed forests, *Forest Ecology and Management*, 532: 120848.
- Sever K., Fidej G., Breznikar A., Roženberger D., Rantaša B. (2022). Sodobna nega gozda - zgibanka. Zavod za gozdove Slovenije, Ljubljana, Slovenija, 2 str.
- 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: str. 4348-4370. <https://doi.org/10.1111/mec.13322>
- Sillanpaa, M.J. (2011), On statistical methods for estimating heritability in wild populations. *Molecular Ecology*, 20: str. 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, str. 357-365, ISSN 0378-1127. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2018.08.039>.
- Twieg B.D., Durall D.M., Simard S.W. (2007). Ectomycorrhizal fungal succession in mixed temperate forests. *New Phytologist*, 176: str. 437-447.
- Veselič, Ž. (ur.) (2008). Forest management by mimicking nature: close-to-nature forest management in Slovenia: how to conserve forests by using them. Ljubljana: Zavod za gozdove Slovenije, 2008, 27 str.
- Westergren M., Božič G., Ferreira A., Kraigher H. (2015). Insignificant effect of management using irregular shelterwood system on the genetic diversity of European beech (*Fagus sylvatica* L.): a case study of managed stand and old growth forest in Slovenia. *Forest Ecology and Management*, 335: str. 51-59. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foreco.2014.09.026>.
- Westergren, M., Kavaliauskas, D., Alizoti, P., Bajc, M., Aravanopoulos, F., Božič, G., Damjanić, R., Dovč, N., Finžgar, D., Fussi, B., Kiourtsis, F., & Kraigher, H. (2020). Guidelines for genetic monitoring of European beech (*Fagus sylvatica* L.). V: *Manual for forest genetic monitoring*. 1st ed. Bajc, M., Aravanopoulos, F., Westergren, M., Fussi, B., Kavaliauskas, D., Alizoti, P., Kiourtsis, F., & Kraigher, H. (Ur.). Ljubljana, Gozdarski inštitut Slovenije, Založba Silva Slovenica: 179-194, <https://doi.org/10.20315/SFS.167>
- Wuehlisch G. (2008). EUFORGEN Technical Guidelines for genetic conservation and use for European beech (*Fagus sylvatica*). Bioversity International, Rim, Italija, 6 str.
- ZGS (2021). Usmeritve za gospodarjenje z gozdovi po skupinah gozdnih rastiščnih tipov. Notranja publikacija. Zavod za gozdove Slovenije, Ljubljana, Slovenija, 236 str.

Projektni partnerji

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

Gozdarski inštitut Slovenije / Slovenian Forestry Institute (SFI), Slovenia

Zavod za gozdove Slovenije / Slovenia Forest Service (SFS), Slovenia

Unione dei Comuni Montani del Casentino (UCCAS), Italy

Avtorji

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

Skupni stroški in prispevek EU

Proračun projekta: 2,976,245 €

LIFE sredstva: 1,635,709 € (55% od skupnega upravičenega proračuna)

Kontaktne podatke projekta

Koordinatorica in znanstveno odgovorna oseba projekta

Donatella Paffetti - DAGRI-UNIFI

Via Maragliano, 77

50144 Firenze

Italy

donatella.paffetti@unifi.it

Vodja projekta

Cristina Vettori - IBBR-CNR

Via Madonna del Piano, 10

50019 Sesto Fiorentino (FI)

Italy

cristina.vettori@cnr.it

Vodja komunikacije

Davide Travaglini - DAGRI-UNIFI

Via San Bonaventura, 13

50145 Firenze

Italy

davide.travaglini@unifi.it

Spletna stran

<https://www.lifesystemic.eu>



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



Zavod za gozdove Slovenije
Slovenia Forest Service



Projekt LIFE SySTEMiC - LIFE18ENV/IT/000124 je prejel sredstva iz programa LIFE Evropske unije.

Navajanje vsebine

Vsebina knjige je zaščitena z licenčnimi pravicami, ki so vezane na pogoje in določila Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International Public License ("Javna licenca") (za podrobnosti glejte <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/legalcode>).

Besedilo, fotografije, slike, ilustracije

Uporaba besedil, fotografij, slik in ilustracij, navedenih v Smernicah, je dovoljena z navedbo vira in LIFE SySTEMiC projekta. Pri predstavitvah in publikacijah se navede povezavo do spletne strani projekta in vir: Smernice za trajnostno gospodarjenje z bukovimi gozdovi, 18 strani strani (www.lifesystemic.eu).



Grafično oblikovanje:
Arts & altro Grafica



See details

LIFEsystemic © 2020 | All Rights Reserved

