

The logo consists of the word "LIFE" in a bold, green, sans-serif font, with a stylized green tree icon above it. Below "LIFE" is the word "SYSTEMic" in a smaller, green, sans-serif font, with a stylized green tree icon below it.

LIFE  
SYSTEMic



# *Smernice za trajnostno gospodarjenje s hrastovimi gozdovi*

*(dob (*Q. robur* L.), puhasti hrast  
(*Q. pubescens* Willd.), črnika (*Q. ilex* L.))*



## Smernice za trajnostno gospodarjenje s hrastovimi gozdovi (dob (*Q. robur* L.), puhasti hrast (*Q. pubescens* Willd.), črnika (*Q. ilex* L.))

Izdelek projekta Life SySTEMiC:  
Smernice za trajnostno gospodarjenje s hrastovimi gozdovi  
(dob (*Q. robur* L.), puhasti hrast (*Q. pubescens* Willd.), črnika (*Q. ilex* L.))



UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
FIRENZE  
DAGRI  
DIPARTIMENTO DI AGRICOLTURA,  
SILVICOLTURA E FORESTALITÀ



CASERTINO  
UNIVERSITÀ DEL SUD  
DIPARTIMENTO DI SCIENZE E TECNICHE  
AGRICOLE, ALIMENTARI E FORESTALI



UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
DI BARI  
DIPARTIMENTO DI SCIENZE E  
TECNICHE AGRICOLE, ALIMENTARI  
E FORESTALI

Zavod za gozdove Slovenije  
Slovenia Forest Service





## OPIS PROJEKTA LIFE SySTEMiC

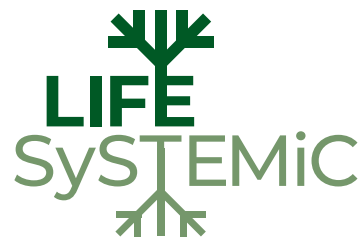
Program LIFE je instrument Evropske unije za financiranje projektov za ohranjanje okolja in biotske raznovrstnosti ter boj proti podnebnim spremembam.

Cilj projekta LIFE SySTEMiC (Sonaravno in trajnostno gospodarjenje z gozdovi v času podnebnih sprememb) je uporaba »orodja« genetske pestrosti za pomoč pri gospodarjenju z gozdovi v času podnebnih sprememb. Osnovna ideja je preprosta: večja kot je genetska pestrost dreves v gozdu, večja je verjetnost, da imajo nekatera drevesa podedovane genetske značilnosti, zaradi katerih so bodo lažje prilagajala hitrim podnebnim spremembam, kar bo povečalo odpornost celotnega gozdnega sistema.

Glavni cilji projekta so:

- Raziskati povezavo med gospodarjenjem z gozdom in genetsko pestrostjo za osem gozdnih drevesnih vrst v treh evropskih državah (Hrvaška, Italija, Slovenija), da bi prepoznali gozdnogojitvene sisteme, ki ohranjajo visoko stopnjo genetske pestrosti.
- Razviti inovativni model, ki vključuje genetsko in vrstno raznovrstnost ter gojenje gozdov (GenBioSilvi), in temelji na kombinaciji napredne krajinske genomike, uporabne genetike in modelov gojenja gozdov 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 projekta Life Systemic z rezultati projekta: <https://www.lifsystemic.eu/>



## 1. Introduction

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

Croatian Forest Research Institute (CFRI), Croatia

### Hrasti (*Quercus* spp.)

Hrasti so rod dreves in grmovnic iz družine bukovk (Fagaceae). Z ekološkega vidika so hrasti ključne vrste, ki jih najdemo na območjih od celinskih delov severne poloble prek sredozemskih polpuščav do subtropskih deževnih gozdov. Obstaja več kot 600 različnih vrst hrastov. Vse so enodomne, med njimi najdemo tako listopadne kot zimzelene vrste. Hrast simbolizira trdnost, moč in odpornost, zato ga pogosto imenujejo »kralj gozda«. Pogosto sta zanj značilni velikost in počasna rast. Hrast proizvede orešek, imenovan želod, ki je obdan s čašasto skledico, dozori v istem letu in vsebuje taninske kisline, ki ga ščitijo pred nekaterimi glivami in žuželkami.

### Dob (*Quercus robur* L.) - Biologija in območje razširjenosti

Dob (*Quercus robur* L.) je ena najbolj razširjenih in dragocenih drevesnih vrst v Evropi, ki je imela v preteklosti pomembno gospodarsko, družbeno in ekološko vlogo (Morić in sod., 2018). Klepac (1996) ocenjuje, da je ekološki vpliv dobovih gozdov nekajkrat večji od njihovega gospodarskega vpliva, s posebnim poudarkom na njihovih protierozijskih in hidroloških regulacijskih funkcijah.



Slika 1.1. Območje razširjenosti hrasta doba (EUFORGEN 2009, [www.euforgen.org](http://www.euforgen.org)).

Dob raste po skoraj vsej Evropi, od Norveške in Švedske na severu do Iberskega, Apeninskega in Balkanskega polotoka ter Turčije na jugu (Pasta in sod., 2016), mogoče pa ga je najti celo na severu Škotske. Areal vrste sega tudi na Kavkaz in v Malo Azijo ter zajema območja severno in vzhodno od območja razširjenosti gradna (slika 1.1). Tla, na katerih uspeva dob, so večinoma rodovitna ilovnata ali peščena, ki so običajno vlažna in imajo visoko raven podtalnice. Dob pogosto raste v združbah z gabrom in jesenom (Franjić in Škvorc, 2010). Dobro prenaša zimo, čeprav lahko pozne spomladanske pozebe močno poškodujejo mlade liste in posledično vplivajo na rast. Ker se hranila iz koreninskega sistema porabijo za razvoj novih listov, se pričakuje, da bo v letu z zmrzaljo obrod želoda bistveno manjši.

Hrast dob vpliva na regulacijo vode v tleh, saj s transpiracijo vzdržuje ravnovesje vodnega nivoja in preprečuje zastajanje vode.

#### Puhasti hrast (*Quercus pubescens* Willd.) - Biologija in območje razširjenosti

Puhasti hrast (*Quercus pubescens* Willd.) je ena najbolj razširjenih drevesnih vrst v Evropi na območju južno od Donave, od atlantske obale Francije do Črnega morja in Krima ter do Kavkaza in Male Azije (Tutin in sod., 1993) (slika 1.2). Je zelo polimorfna vrsta s številnimi taksoni, ki se razlikujejo predvsem po nekaterih morfoloških značilnostih (Franjić in Škvorc, 2010). Večinoma uspeva na toplejših območjih s sredozemskim in submediteranskim podnebjem. Puhasti hrast se pojavlja na različnih nadmorskih višinah in je prevladujoča drevesna vrsta v termofilnih in submediteranskih gozdovih jugovzhodne Evrope (Horváth in sod., 1974). Raste na suhih in skeletnih tleh ter na toplejših legah. Najdemo ga posamično ali v razpršenih skupinah, grmičevju in drugih skupinah toploljubne vegetacije (Franjić in Škvorc, 2010).



Slika 1.2. Območje razširjenosti puhastega hrasta (EUFORGEN 2009, www.euforgen.org).

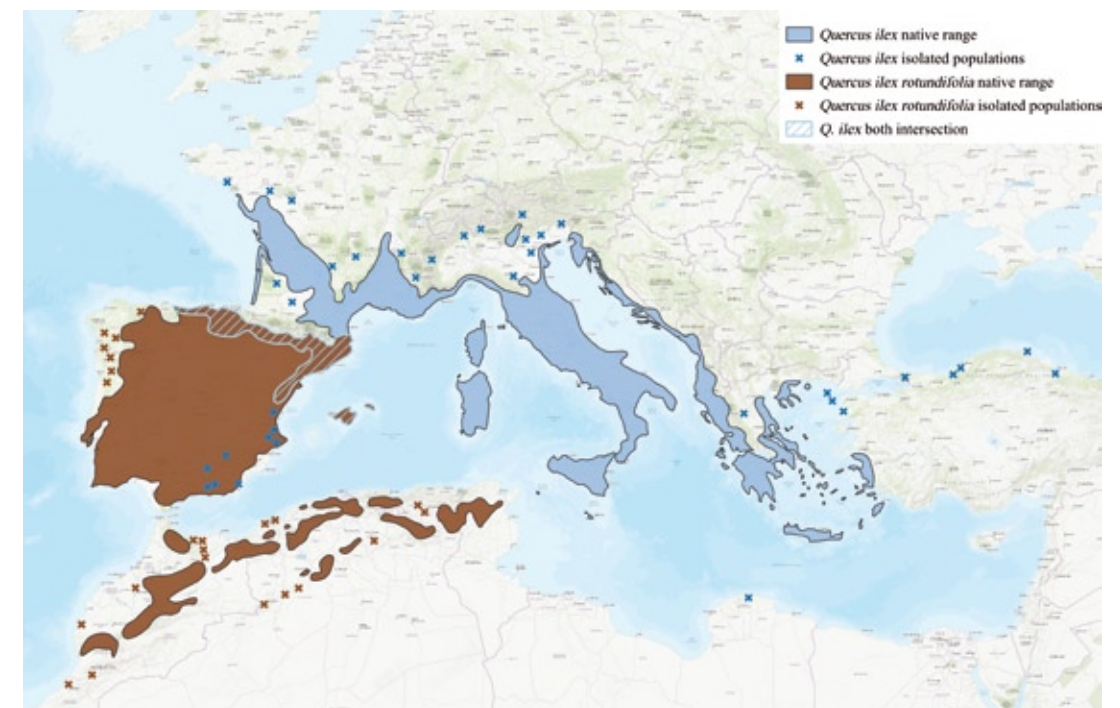
#### Črnika (*Quercus ilex* L.) - Biologija in območje razširjenosti

*Quercus ilex* L., črnika, črni hrast ali črničevje, je širokolistno zimzeleno drevo ali grm, ki izvira iz Sredozemlja, kjer je prevladujoča vrsta v gozdovih in makiji.

V naravi je črnika razširjena v Sredozemlju (slika 1.3). Na celotnem območju razširjenosti sta prisotni dve podvrsti, prepoznavni predvsem po različni morfologiji listov: *Quercus ilex* podvr. *rotundifolia* (včasih imenovan *Quercus ilex* podvr. *ballota* ali kot samostojna vrsta *Quercus rotundifolia*) ima bolj suličaste liste s 6-8 žilami in jo najdemo na Portugalskem, v južni in jugovzhodni Španiji ter Maroku, medtem ko ima *Quercus ilex* podvr. *ilex* bolj jajčaste liste z 8-9 žilami in jo najdemo na preostalih območjih (Schwarz, 1993; Praciak in sod., 2013). V zahodnih sredozemskih regijah (Iberski polotok, atlantska in sredozemska obala Francije, italijanski polotok, glavni sredozemski otoki) tvori črnika velike čiste sestoje, medtem ko ga v vzhodnih regijah (balkanska obala, Grčija, Kreta, Črno morje in severni Libanon) pogosteje najdemo v mešanih sestojih (Schirone in sod., 2019). Raste na različnih nadmorskih višinah: na območju Črnega morja raste na višini od 100 do 140 m nad morjem, v Sredozemlju od 400 do 600 m, v Maroku pa na višini od 2000 do 2600 m (Schirone in sod., 2019).

Črnika je drevesna vrsta, ki uspeva na različnih talnih tipih in v različnih razmerah sredozemskega podnebja, od polsuhih do zelo vlažnih razmer glede na količino padavin ter od visokih do zelo nizkih temperatur na visokih nadmorskih višinah, če je količina padavin nizka (Barbero in sod., 1992). Kljub temu, da lahko uspeva v različnih okoljih, pa so čisti gozdovi črnike zaradi človekovih dejavnosti, kot so krčenje gozdov, urbanizacija in večstoletno širjenje kmetijstva, vse redkejši.

V preglednici 1.1. je naveden seznam demonstracijskih ploskev za hraste v okviru projekta LIFE SySTEMiC.



Slika 1.3. Območje razširjenosti črnike (EUFORGEN 2009, www.euforgen.org).



Preglednica 1.1. Seznam demonstracijskih ploskev za hraste v okviru projekta LIFE SySTEMiC.

Številka ploskve	Ime ploskve	Država	Vrsta	EFT*	Struktura	Gozdnogojitveni sistem
10	Culatta	Italija	<i>Q. robur</i>	5.1	Raznodobna	Brez gospodarjenja
13	Nova Gradiška	Hrvaška	<i>Q. robur</i>	5.1	Enodobna	Sistem zastornih sečenj
20	Pula	Hrvaška	<i>Q. ilex</i>	9.1	Enodobna	Sistem zastornih sečenj
21	Črni kal	Slovenija	<i>Q. pubescens</i>	8.1	Enodobna	Skupinsko postopno gojenje
28A	Krakovski gozd (gospodarjen)	Slovenija	<i>Q. robur</i>	5.1	Enodobna	Sistem zastornih sečenj
28B	Krakovski gozd (rezervat)	Slovenija	<i>Q. robur</i>	5.1	Raznodobna	Brez gospodarjenja

\*EFT = Evropski gozdni tip: 5.1 Gozd doba in belega gabra; 8.1 Gozd puhastega hrasta; 9.1 Sredozemski zimzeleni hrastov gozd.

## 2. Smernice za trajnostno gospodarjenje s hrastovimi gozdovi in prilagoditev gozdov na podnebne spremembe

Andrej Breznikar<sup>1</sup>, Cesare Garosi<sup>2</sup>, Davide Travaglini<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Zavod za gozdove Slovenije (ZGS), Slovenija

<sup>2</sup> Department of Agriculture, Food, Environment and Forestry (DAGRI), University of Florence (UNIFI), Italy

Hrasti so v Evropi zelo razširjeni. Poleg tega so si hrasti med seboj tesno sorodni, zato se lahko med seboj mešajo, tekmujejo in naravno križajo. Zato so hrasti ena najbolj raznolikih drevesnih vrst v gozdovih. Visoka stopnja raznolikosti je najverjetneje posledica velikih populacij, prekrivanja ekoloških niš, pretoka genov na dolge razdalje in medvrstne hibridizacije (Ducouso in Bordacs, 2004). Analizirani hrastovi sestoji v okviru projekta LIFE SySTEMiC so bili večinoma enodobni, z njimi se bodisi ni gospodarilo ali pa se je gospodarilo na način zastornega ali skupinsko postopnega gospodarjenja. Gozdnogojitveni sistem, ki je najprimernejši za hrastove gozdove, je skupinsko postopno gospodarjenje z večjimi pomladitvenimi jedri v velikosti med 0,5 in 2 ha ali zastorni način gospodarjenja, ki pokriva potrebe hrasta po svetlobi. Gozdnogojitveni sistemi, ki se na projektnem območju redkeje uporabljajo, so intenzivno gospodarjenje z enodobnimi sestoji hrasta, in predvsem v Italiji golosečni sistem, zlasti v gozdovih puhastega hrasta in črničke (Ciancio in Nocentini, 2004). Poleg tega se, predvsem v gozdovih mediteranskih vrst hrasta, na strmih pobočjih z omejeno dostopnostjo pogosto sploh ne gospodari.

Značilnosti hrastovih rastišč se lahko spreminjajo na kratkih razdaljah. Če želimo te značilnosti ohraniti in v največji možni meri izkoristiti njihove posebnosti, je potrebno pri gospodarjenju uporabiti primerne mešane strukture dreves in gozdnih sestojev. Usmerjen razvoj sestojev hrasta, prilagojen razmeram posameznega rastišča in sestoja, zahteva veliko mero prilagodljivost pri izbiri ustreznega sistema gospodarjenja z gozdom in skrbno načrtovanje ukrepov. Vrste hrastov se razlikujejo morfološko in glede na njihove rastiščne zahteve (Diaci, 2006).

Vse vrste hrastov so svetloljubne, ki v mladosti hitro zrastejo v višino. Na boljših rastiščih brez vpliva dreves v zgornjem sloju dosežejo vrhunec rasti že med 30. in 45. letom starosti. Nato se volumenski prirastek zmanjša, vendar ne hitro, saj je povprečni volumenski prirastek 200 let starih sestojev še vedno skoraj najvišji (Diaci, 2006). Zlasti v mladih fazah se hrasti odlično odzivajo na gozdnogojitvene ukrepe, ki pomembno vplivajo na obliko dreves in strukturo sestoja.

Z višanjem povprečnih letnih temperatur bodo hrastova rastišča postopoma postala bolj sušna, kar bo povzročilo zmanjšanje primernih površin za hraste, predvsem za dob in graden (ZGS, 2021). Zaradi kompleksnega delovanja biotskih (bolezni, škodljivci) in abiotskih dejavnikov (suša) je deloma ogrožen tudi delež lesne zaloge hrastov v starejših razvojnih fazah. Z večjo sušnostjo se bo povečala tudi požarna ogroženost hrastovih gozdov. Primes iglavcev, ki so prav tako zelo ogroženi (rdeči in črni bor), dodatno povečajo ranljivost teh gozdov. V dobovih sestojih primanjkuje semenskih sestojev, predvsem zaradi degradacije, sprememb v sestavi drevesnih vrst ter sprememb v temperaturnem in vodnem režimu. Redka so tudi semenska leta (ZGS, 2021). Velika grožnja genetski pestrosti hrastov je tudi vnos eksotičnih genotipov z osnovanjem plantaž. Hrasti imajo zelo široke ekološke niše in včasih zasedajo tudi ekstremne habitate (skalnata pobočja v gorah, peščene sipine, slana tla, šotišča, garige). Te populacije so izpostavljene velikemu tveganju, da izginejo, saj je število osebkov majhno, habitati so nestabilni, vpliv človeka pa je pogosto velik (Bajc in sod., 2020). Resna grožnja so tudi patogeni in škodljivi organizmi. Hrastova pepelovka (*Microspora alphitoides*) je najpogostejši hrastov patogen. Sredozemske hraste dodatno ogrožajo prekomerna sečnja in paša ter podnebne spremembe, neselektivna sečnja, neustrezno gospodarjenje (goloseki na velikih površinah, kjer je obnova otežena) in intenzivno objedanje parkljaste divjadi.

Naravna obnova hrastovih gozdov je pogosto težavna, zaradi porušenega razmerja razvojnih faz, preštevilne rastlinojede divjadi ali sprememb režima podtalnice.

Obnovo ohranjenih sestojev doba je potrebno začeti po hrastovem semenskem letu. Prvenstveno skušamo dobove sestoje obnavljati po naravni poti, po potrebi pa tudi s sajenjem in setvijo. Pri uvajanju hrastovega sestoja za obnovo je pomembno, da polnilnega drevesnega sloja ne odstranimo v celoti zaradi ugodnega vpliva na mikroklimo, zaščite sadik ter preprečevanja intenzivne rasti plevelov in grmovnic (ZGS, 2021). Obnovo sestavlja serija dveh ali treh sečenj: pripravljalna sečnja s 30-odstotno jakostjo, semenilna sečnja s 50-odstotno jakostjo in končni posek. Sečnjo je treba izvesti precej hitro, z razmikom od 3 do 5 let. V dveh do treh letih po setvi je treba v celoti odstraniti drevesni sloj.



Slika 2.1. Uvajanje hrastovih sestojev v obnovo se izvede po semenskem letu.



Obnova s sajenjem ali setvijo je potrebna v primerih, ko delno ali v celoti manjkajo semenska drevesa ali so nezadostne kakovosti, ko konkurenčna pritalna vegetacija izrazito ovira vznik in nasemenitev, v gozdnih sestojih, poškodovanih zaradi naravnih ujm ali v primerih premene spremenjenih gozdov, in ko glede na strukturo, zgradbo in druge lastnosti sestoja (mikroklima) naravna obnova ni uspešna. Gostota sajenja naj bo med 3.000 in 5.000 sadik/ha. Poleg sajenja se lahko izvaja tudi setev. Optimalna količina želoda za setev naj bi bila med 400 in 800 kg/ha, odvisno od načina setve (raztresanje semen, sajenje semen).

Najprimernejši ukrepi za nego in varstvo hrastovih gozdov so povzeti po Smernicah trajnostnega gospodarjenja z gozdovi v Sloveniji (ZGS, 2021) in rezultatih projekta LIFE SySTEMiC. Intenzivna nega mladega drevja je potrebna za zagotovitev ustrezne sestojne strukture bodočega gozda. V naravnem mladju je treba dati prednost uravnavanju zmesi drevesnih vrst. V začetni fazi je največja težava podrast, zato jo je treba odstranjevati vsako leto (slika 2.2), dokler hrast ni več ogrožen. Pri umetni obnovi s hrastom je potrebna redna in pravočasna obžetev, in sicer dvakrat na leto, odvisno od razmer na terenu. Če je izpad mladja večji od 30 %, izvedemo dopolnilno sadnjo s hrastom in plemenitimi listavci (gorski javor, divja češnja) (ZGS, 2021). V fazi mladja je potrebno spremljati negativni učinek hrastove pepelovke, saj je to eden od glavnih omejitvenih dejavnikov naravne obnove.

Genski viri hrastov so ogroženi zaradi izgube naravnih rastišč in omejenosti semenskih virov, pa tudi zaradi posledic dolgoletnega onesnaževanja zraka in podnebnih sprememb (Bajc in sod., 2020). Sistem obnove gozdov v hrastovih sestojih je potrebno prilagoditi vse pogostejšim naravnim nesrečam ter določiti prednostne naloge ukrepanja po naravnih nesrečah in metode obnove poškodovanih gozdov. Površine za obnovo morajo biti manjše, saj to zagotavlja mozaično strukturo prihodnjih sestojev in povečuje njihovo odpornost. Kljub temu ne smemo zanemariti zahtev posameznih drevesnih vrst po svetlobi/rasti in s tem zožiti vrstne pestrosti bodočega mladja.



Slika 2.2. Zaradi konkurenčne zeliščne in grmovne vegetacije je potrebna redna obžetev mladja.

Razmerje med naravno obnovo in obnovo s sajenjem mora slediti drugim strategijam, zlasti v smislu zagotavljanja stalne pokritosti gozdnih površin in zagotavljanja genetske pestrosti mladega gozda. Kjer je mogoče, se uporablja naravno obnavljanje, saj je tako evlucijski proces manj moten. Težava nastane, ko se okolje spreminja hitreje, kot se drevesa lahko prilagodijo. To lahko privede do zmanjšane vitalnosti in celo do kritične točke, ko se populacija ne more več obnavljati. Glavna usmeritev še vedno ostaja pomlajevanje pod zastorom in posredna nega s pomočjo odraslega sestoja. Pomlajevalne dobe je treba ponovno kritično oceniti in jih po možnosti skrajšati ali v nekaterih gozdnih sestojih podaljšati.

Z ustrezno, dovolj pogosto in dovolj intenzivno nego hrastovih sestojev lahko vplivamo na izboljšanje strukture sestojev in s tem zmanjšamo občutljivost na naravne motnje ter vpliv negativnih biotskih in abiotskih dejavnikov. Prav tako je treba prilagoditi (predvsem zmanjšati) gostoto gozdnih sestojev in zagotoviti večjo heterogenost sestojne strukture (več vertikalnih plasti) ter ohraniti raznoliko vertikalno, horizontalno in starostno strukturo gozdnih sestojev (Breznikar, 2021). Klasično prebiralno redčenje v primernih rastiščnih razmerah nadomešča situacijsko redčenje, ki je bistveno manj tvegan način nege sestojev. Z večanjem pogostosti in resnosti poškodb se povečuje tudi nevarnost poškodb sestojev in s tem razvrednotenje visokih vlaganj v negovalne ukrepe (ZGS, 2021).

### 3. Krajinska genomika

Cesare Garosi<sup>1</sup>, Cristina Vettori<sup>1,2</sup>, Marko Bajc<sup>3</sup>, Donatella Paffetti<sup>1</sup>

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

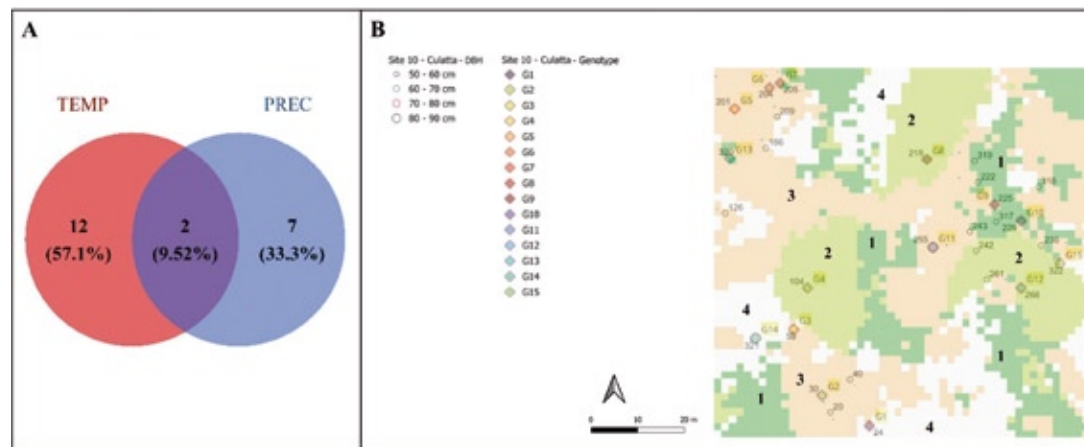
<sup>2</sup> Institute of Bioscience and Bioresources (IBBR), National Research Council (CNR), Italy

<sup>3</sup> Gozdarski inštitut Slovenije (GIS), Slovenija

Pri analizi nevtralne in prilagoditvene genetske pestrosti smo s pomočjo krajinske genomikeraziskovali vzorce prilagajanja populacij na lokalno okolje. Za analizo prilagoditvene genetske pestrosti smo uporabili polimorfizme posameznih nukleotidov (SNP) in jih povezali z bioklimatskimi kazalniki. Nukleotidni mikrosatelitni markerji (nSSR) so bili analizirani kot merilo nevtralne genetske variabilnosti in strukture preučevanih populacij. Pri ponovnem ciljnem strevenciranju doba je bilo v 27 genomskih regijah, povezanih z odzivom na enega ali več abiotskih stresorjev, ugotovljenih približno 1600 SNP-jev (rezultati so navedeni v dokumentu Rezultat dejavnosti B1: Zemljevid SNP-jev za vsako preučevano ploskev). S prostorsko razporeditvijo SNP-jev (rezultati so navedeni v dokumentu Rezultat dejavnosti B3: Priručnik za trajnostno gospodarjenje z gozdovi) je bilo na vseh analiziranih hrastovih ploskvah mogoče opaziti veliko število SNP-jev, značilnih za posamezno lokacijo. To bi lahko razumeli kot značilnost prilagoditve lokalnemu okolju. Zanimiva je tudi prisotnost posebnega nabora SNP-jev, povezanih z državo izvora v Sloveniji. To pojavnost SNP-jev bi lahko razlagali kot znak prilagoditve srednjeevropskemu/celinskemu bioklimatskemu režimu, ki je značilen na območju Slovenije in se razlikuje od bolj sredozemskega podnebja v Italiji. Analizo lokalnih prilagoditev naravnih populacij smo izvedli z analizo asociacij med okoljem in genomi (GEA). Rezultati analize so pokazali obstoj štirih različnih genotipov v Italiji, na Hrvaškem in v Sloveniji. Še bolj zanimiva pa je bila ugotovitev, da obstaja povezava med 42 alelnimi različicami in povprečnimi vrednostmi 12 bioklimatskih kazalnikov, ki smo jih upoštevali v teh analizah. Prisotnost teh povezav bi lahko razlagali kot genotip osnovne prilagoditve hrasta pri njegovem širjenju na srednjeevropskem območju. Posebej zanimivo je bilo odkritje nekaterih alelnih različic, ki so povezane z določeno državo (Italija ali Slovenija oz. Hrvaška) in posameznimi ploskvami. Prisotnost alelnih različic, povezanih s posameznimi ploskvami, bi lahko bila povezana z lokalnim in ne regionalnim vzorcem prilagoditve. Pri analizi povezave z okoljem (EAA) je pomembno upoštevati nevtralno genetsko strukturo (Rellstab in sod. 2015), saj ta lahko ustvari vzorce, podobne tistim, ki jih pričakujemo pri procesih, ki niso nevtralni (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. Pri opazovanju vsake ploskve posebej smo največje število alelnih variant (21 SNP-jev) našli na ploskvah kjer se ne gospodari (ploskev 10 - Culatta; slika 3.1). Prisotnost velikega števila SNP-jev, povezanih s prilagajanjem na bioklimatske kazalnike 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).



Slika 3.1. Rezultati analize LFMM in zemljevid porazdelitve genotipov za ploskev 10 - podatki za Culatta. (A) Na Vennovem diagramu je prikazano prekrivanje med SNP-ji, povezanimi s bioklimatskimi kazalniki v povezavi s temperaturo in padavinami. (B) Prostorska razporeditev genotipa in prostorska organizacija v 4 skupine (rezultati GENELAND). Na zemljevidu so prikazani osebki, ki so prisotni na preučevani ploskvi (krog s črno obrobo), in sekvencirani osebki. Slednji so označeni s krogi, katerih barva ustreza ugotovljenemu genotipu. Iste barve pomenijo, da gre za iste genotipe.

Podobno velja za ploskev 13 - Nova Gradiška. V tej populaciji, v kateri se ne gospodari, smo opazili poenostavljeno prostorsko genetsko strukturo (v primerjavi s ploskvijo 10 - Culatta) z najmanjšim številom SNP-jev, povezanih z bioklimatskimi kazalniki. Rezultati za ploskev 28 - Krakovski gozd (gospodarski gozd s sistemom zastornih sečenj) so pokazali poenostavljeno prostorsko genetsko strukturo, pri kateri smo odkrili veliko število SNP-jev (13), povezanih z bioklimatskimi kazalniki. Zdi se, da je mogoče pri gospodarjenju s hrastovimi sestoji opaziti poenostavljeno prostorsko genetsko strukturo v primerjavi s tisto, ki jo je bilo mogoče opaziti v gozdnih sestojih, kjer se ne gospodari in v pragozdovih. Rezultati te študije bi lahko imeli pomembno vlogo pri načrtovanju gozdnogojitvenega ukrepanja v gozdovih, saj je poznavanje genetske variabilnosti populacij gozdnega drevja v povezavi z njihovim prilagajanjem v veliko pomoč pri sprejemanju odločitev. Poleg tega je to znanje pomembno tudi za načrtovanje usmerjene selitve drevesnih vrst v naravnem prostoru. To je pomembno za ohranitev trenutnih gozdnih genskih virov, pa tudi za obogatitev obstoječih sestojev s potencialno ugodnimi genotipi posamezne drevesne vrste.

## 4. Hrastova pepelovka

Natalija Dovč, Rok Damjanič, Hojka Kraigher

Gozdarski inštitut Slovenije (GIS), Slovenija

Dob (*Quercus robur* L.), ključna drevesna vrsta v Evropi, se v (skoraj) naravnih gozdovih sooča z negotovo prihodnostjo zaradi izzivov pri naravni obnovi. Eden glavnih dejavnikov, ki prispevajo k tej negotovosti, je glivična bolezen, znana kot hrastova pepelovka (*Erysiphe alphitoides* complex) (slika 4.1). Glive močno vplivajo na odpornost mladic na zasenčenje in višinsko rast sadik in dreves, zaradi česar se občutno zmanjšata njihova vitalnost in konkurenčnost. Zato naravno obnovo pod zastorom matičnih dreves hrastov pogosto ovirajo okužbe s pepelovko (Demeter in sod., 2021).

Ko hrastova pepelovka okuži nezrele liste, se prašna prevleka razširi po celotni listni površini, kar povzroči neenakomeren razvoj listov ali morebitno sušenje. To razraščanje je še posebej škodljivo za sadike, saj omejuje njihovo rast in povzroča njihov propad. V nasprotju s sadikami pa se prašnata prevleka na listih odraslih dreves omeji na določen del in povzroči zmerno škodo na odraslih drevesih (Thomas in sod., 2002; Marçais in Breda, 2006). Glive proizvajajo spore (konidije), ki se zlahka razširijo z vetrom, žuželkami in vodo. Te spore vzkljujejo in okužijo nova rastlinska tkiva, zlasti v razmerah visoke vlažnosti in zmernih temperatur.



Slika 4.1. Sadika hrasta okužena s hrastovo pepelovko.

V okviru projekta LIFE SySTEMiC smo v Krakovskem gozdu, na eni od demonstracijskih ploskev izvedli poskus, pri katerem smo preizkusili različne načine zatiranja hrastove pepelovke. Krakovski gozd je največji nižinski poplavni gozd v Sloveniji, v katerem prevladuje dob. Prisotnost hrastove pepelovke je tako obsežna, da je eden od omejitvenih dejavnikov naravne obnove. Cilj študije je bil oceniti vpliv gostote sajenja in različnih koncentracij biotičnega pripravka AQ-10 na okužbo sadik s pepelovko. Poskus je vključeval sajenje na ograjenem območju v skladu s »Protokolom za poskus sajenja: protokol za nadzor hrastove pepelovke«.

Naši rezultati niso pokazali razlik med različnimi obravnavami niti v rasti v višino niti v smrtnosti, ki je po dveh letih v vseh obravnavanjih v povprečju znašala med 29,2 % in 31,9 %. Ocenjevanje intenzivnosti okužbe se je v našem primeru izkazala za neustrezno merilo, saj je bil na začetku rastne sezone med škropljenjem z biotičnim pripravkom velik del listne površine že poškodovan ali manjkajoč zaradi defolijatorjev (slika 4.2, desno), kar je oviralo zanesljivo oceno. Pozneje v rastni sezoni so »kresni« poganjki (druga in tretja rast sredi poletja) nadomestili večino spomladi razvite listne površine, novo nastala listna površina pa je

ostala netretirana. Na podlagi naših rezultatov biofungicid AQ-10 ni imel zelenih učinkov proti hrastovi pepelovki, prav tako na njen pojav ni vplivala gostota sajenja.



Slika 4.2. Ploskev za izvedbo poskusa v Krakovskem gozdu (levo) in gosenica navadnega gobarja (*Lymantria dispar* L.) (desno)

Kljub našim nespodbudnim rezultatom je še vedno ključno raziskati različne metode za zaščito pred hrastovo pepelovko, ki se izvajajo predvsem v gozdnih drevesnicah. Učinkovito zatiranje pepelovke na dobovih sadikah in mladih hrastovih rastlinah je bistvenega pomena za uspešno uvajanje hrastovih sestojev v obnovo. Na pepelovko so dokaj odporne dobro razvite eno- in dvoletne hrastove sadike, pri katerih pepelovka ne ovira več njihove rasti (Pap in sod., 2012).

## 5. Model GenBioSilvi

Roberta Ferrante<sup>1,2</sup>, Cesare Garosi<sup>1</sup>, Cristina Vettori<sup>1,3</sup>, Davide Travaglini<sup>1</sup>, Donatella Paffetti<sup>1</sup>

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

<sup>2</sup> NBFC, National Biodiversity Future Center, Italy

<sup>3</sup> Institute of Bioscience and Bioresources (IBBR), National Research Council (CNR), Italy

Z namenom raziskati biotsko raznovrstnost v gozdnih ekosistemih, smo analizirali kazalnike, vključno z genetsko pestrostjo, strukturo gozda, odmrlim lesom, pestrostjo tal in drevesnimi mikrohabitati. V sestojih doba (*Quercus robur* L.) smo opazili, da so gozdovi v katerih se ne gospodari oz. pragozdovi, imeli visoko stopnjo biotske pestrosti. Na podlagi analize podatkov nSSR smo ugotovili, da imata ploskvi 10 - Culatta in 13 - Nova Gradiška, kjer gre za negospodarjena hrastova sestaja, kompleksno in heterogeno prostorsko genetsko strukturo. Ugotovljeni so bili številni SNP-ji, povezani z okoljskimi pogoji, zlasti na ploskvi 10 - Culatta (brez gospodarjenja), kjer je bilo večje število SNP-jev povezanih z bioklimatskimi kazalniki. Dendrometrični podatki so pokazali, da je za vse prisotne vrste najbolj primerna večplastna raznodobna struktura. Vsa preučevana območja so mešani sestoji doba in takšne je potrebno ohraniti. Na lokaciji 28B - Krakovski gozd (brez gospodarjenja, pragozd) smo zaznali največjo količino odmrlega lesa in veliko saproksilnih drevesnih mikrohabitata, zlasti na starih drevesih. Na podlagi dobljenih rezultatov lahko sklepamo, da gozdnogojitveni sistemi, ki omogočajo razvoj kompleksne gozdne strukture, značilne za raznodobne in večslojne sestaje, povečujejo prisotnost različnih vrst drevesnih mikrohabitata. Naš model se osredotoča na ključne kazalnike, kot so odmrli lesna biomasa, drevesni mikrohabitati in raznolikost vrst, 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 sestaja.

Kategorije	Kazalniki	Opis
Struktura gozda	Standardni odklon premerov dreves v prsni višini	Variabilnost premerov dreves znotraj sestaja
	Delež mladja v sestaju	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 odmrlega 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 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,

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 10 - Culatta			
Gospodarjenje z gozdovi	Podatki o gozdnem sestaju		Posledice za gozd in gospodarjenje z gozdom
Z gozdovi je potrebno gospodariti tako, da ohranjamo njihovo stabilnost, odpornost in večnamensko višjo (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.	Brez gospodarjenja		
<b>Kazalniki za strukturo gozda</b>	<b>Vrednost kazalnika v sestaju</b>	<b>Točkovanje posameznih rezultatov</b>	<b>Skupna ocena strukture gozda</b>
<b>Kazalnik strukture sestaja</b>			<b>Rezultati ocene in izračuna posameznih znakov za strukturo sestaja</b>
Standardni odklon (SD) prsnih premerov dreves	14,31	<input type="checkbox"/> 1 točka (SD < 10) <input checked="" type="checkbox"/> 2 točki (10 ≤ SD ≤ 20) <input type="checkbox"/> 3 točke (SD > 20)	<input checked="" 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 type="checkbox"/> Ocena 4 (kompleksna gozдна struktura s prisotnim mladovjem na celotni površini) - od 12 do 13 točk
Struktura gozda je posledica in usmerjevalec razvojnih procesov v gozdnem ekosistemu ter pomemben del biotske raznovrstnosti. Spremembe v strukturi gozda zaradi neustreznega gospodarjenja imajo negativne posledice za vse komponente gozdnih ekosistemov	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)	
Delež mladovja (%) v sestaju (ob upoštevanju dreves s premerom manj kot 10 cm)		<input checked="" type="checkbox"/> 1 točka (zvonasta oblika) <input type="checkbox"/> 2 točki (multimodalna oblika) <input type="checkbox"/> 3 točke (v obliki črke J)	
Krivulja debelinskih stopenj	Bell-shaped	<input type="checkbox"/> 1 točka (enoslojni sestoj) <input checked="" type="checkbox"/> 2 točki (dvoslojni sestoj) <input type="checkbox"/> 3 točke (tri- ali večslojni sestoj)	
Število slojev v sestaju	Bi-stratified		
<b>Kazalniki produktivnosti</b>	<b>Vrednost kazalnika</b>	<b>Skupna ocena biotske raznovrstnosti populacije</b>	
Produktivnost gozdnega rastišča je proizvodnja, ki jo je mogoče realizirati v okviru določenega sestaja, na določenem rastišču, ob dani genetski strukturi sestaja in ob določenem načinu gospodarjenja. Produktivnost gozdnega sestaja je odvisna tako od naravnih dejavnikov, ki so del gozdnega rastišča, kot od dejavnikov, povezanih z načinom gospodarjenja.	Lesna zaloga (m <sup>3</sup> /ha)	367,5 m <sup>3</sup> /ha	V odraslih gozdnih sestojih sencovzdržnih gozdnih drevesnih vrst, kjer se aktivno gospodari, naj znaša minimalna lesna zaloga lesa okoli 300-350 m <sup>3</sup> /ha.



Kazalniki biotske raznovrstnosti		Vrednost kazalnika	Točkovanje posameznih rezultatov	Skupna ocena biotske raznovrstnosti sestojev
Ohranjanje biotske raznovrstnosti je ključni cilj sonaravnega in trajnostnega gospodarjenja z gozdovi. Biotsko raznovrstnost opredeljuje množica dejavnikov kar otežuje njeno celovito oceno v določenem sestoju. Za spremljanje biotske raznovrstnosti se tako uporabljajo kazalniki, kot so količina in kakovost odmrle lesne biomase, pestrost spremljevalnih in manjšinskih drevesnih vrst, tako v matičnem sestoju kot v mladovju, in prisotnost različnih oblik drevesnih mikrohabitatoev.	Kazalniki odmrlega lesa			
	Prisotnost stoječega odmrlega lesa	Presence	<input type="checkbox"/> 1 točka (stoječa odmrla lesna biomasa ni prisotna) <input checked="" type="checkbox"/> 2 točki (stoječa odmrla lesna biomasa je prisotna)	<b>Rezultati ocene odmrle lesne biomase</b> <input type="checkbox"/> Ocena 1 (Popolna odsotnost odmrle lesne biomase) - 2 točki
	Veliki lesni ostanki	Presence	<input type="checkbox"/> 1 točka (odsotnost velikih lesnih ostankov) <input checked="" type="checkbox"/> 2 točki (prisotnost velikih lesnih ostankov)	<input type="checkbox"/> Ocena 2 (prisotnost odmrle stoječe lesne biomase ali velikih lesnih ostankov) - 3 točke <input checked="" type="checkbox"/> Ocena 3 (Prisotnost različnih vrst odmrlega lesa) - 4 točke
	Kazalniki pestrosti drevesne sestave	Vrednost kazalnika v sestoju	Točkovanje posameznih rezultatov	
	Bogastvo vrst (prisotnost spremljevalnih in manjšinskih drevesnih vrst)	Presence	<input type="checkbox"/> 1 točka (odsotnost spremljevalnih in manjšinskih drevesnih vrst) <input checked="" type="checkbox"/> 2 točki (prisotnost spremljevalnih in manjšinskih drevesnih vrst)	<b>Rezultati ocene pestrosti drevesne sestave</b> <input type="checkbox"/> Ocena 1 (enovrstni sestoj) - 2 točki
	Delež (%) spremljevalnih in manjšinskih drevesnih vrst v mladovju	38,43	<input type="checkbox"/> 1 točka (% mladovja < 15) <input type="checkbox"/> 2 točki (15 ≤ % mladovja < 30) <input checked="" type="checkbox"/> 3 točke (30 ≤ % mladovja < 50) <input type="checkbox"/> 4 točke (% mladovja ≥ 50)	<input type="checkbox"/> Ocena 2 (nenosilne drevesne vrste so prisotne, njihovega pomlajevanja pa ni ali je redko) - 3 točke <input checked="" type="checkbox"/> Ocena 3 (nenosilne drevesne vrste so prisotne, njihovo pomlajevanje je obilno) - 4 do 6 točk
	Kazalniki zastopanosti drevesnih mikrohabitatoev	Vrednost kazalnika v sestoju	Točkovanje posameznih rezultatov	
	delež (%) dreves z dupli	29,8	<input type="checkbox"/> 1 točka (% dreves ≤ 15 %) <input checked="" type="checkbox"/> 2 točki (15 % < % dreves ≤ 50 %) <input type="checkbox"/> 3 točke (% dreves > 50 %)	<b>Rezultati ocene zastopanosti posameznih drevesnih mikrohabitatoev</b> <input type="checkbox"/> Ocena 1 (Odsotnost oziroma majhna pogostnost mikrohabitatoev) - 3 točke
	delež (%) dreves s poškodbami in ranami	7,14	<input checked="" type="checkbox"/> 1 točka (% dreves ≤ 15 %) <input type="checkbox"/> 2 točki (15 % < % dreves ≤ 50 %) <input type="checkbox"/> 3 točke (% dreves > 50 %)	<input checked="" type="checkbox"/> Ocena 2 (Srednja pogostnost mikrohabitatoev) - 4 do 6 točk
	delež (%) dreves z deformacijami	0,62	<input checked="" type="checkbox"/> 1 točka (% dreves ≤ 15 %) <input type="checkbox"/> 2 točki (15 % < % dreves ≤ 50 %) <input type="checkbox"/> 3 točke (% dreves > 50 %)	<input type="checkbox"/> Ocena 3 (Visoka pogostnost mikrohabitatoev) - 7 do 9 točk
				Končni rezultat: 9

Slika 5.1. Struktura obrazca za oceno gozdnega sestoja s podatki s ploskve 10 - Culatta.

## 6. Smernice za trajnostno gospodarjenje s hrastovimi gozdovi

Andrej Breznikar<sup>1</sup>, Kristina Sever<sup>1</sup>, Cesare Garosi<sup>2</sup>, Cristina Vettori<sup>2,3</sup>, Donatella Paffetti<sup>2</sup>, Roberta Ferrante<sup>2,4</sup>, Hojka Kraigher<sup>5</sup>, Natalija Dovč<sup>5</sup>, Rok Damjanič<sup>5</sup>, Davide Travaglini<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Zavod za gozdove Slovenije (ZGS), Slovenija

<sup>2</sup> Department of Agriculture, Food, Environment and Forestry (DAGRI), University of Florence (UNI-FI), Italy

<sup>3</sup> Institute of Bioscience and Bioresources (IBBR), National Research Council (CNR), Italy

<sup>4</sup> NBFC, National Biodiversity Future Center, Italy

<sup>5</sup> Gozdarski inštitut Slovenije (GIS), Slovenija

- Gozdnogojitveni sistem, ki je najprimernejši za dobove gozdove, je skupinsko postopno gospodarjenje z večjimi pomladitvenimi jedri med 0,5 in 2 ha ali zastorni način gospodarjenja, ki zagotavlja potrebe hrasta po svetlobi.
- Značilnosti hrastovih rastišč se lahko spreminjajo na kratkih razdaljah. Če želimo te značilnosti ohraniti in v največji možni meri izkoristiti njihove posebnosti, je potrebno pri gospodarjenju uporabiti primerno mešanost drevesnih vrst in strukture sestojev.
- Vse vrste hrastov so svetloljubne, ki v mladosti hitro zrastejo v višino.
- Velika grožnja genetski pestrosti hrastov je tudi vnos eksotičnih genotipov z osnovanjem plantaž. Hrasti

imajo zelo široke ekološke niše in včasih zasedajo tudi ekstremne habitate (skalnata pobočja v gorah, peščene sipine, slana tla, šotišča, garige). Te populacije so zelo ogrožene, saj je število osebkov majhno, habitatni so nestabilni, vpliv človeka pa je pogosto velik.

- Škodljivci in škodljivi organizmi, kot je hrastova pepelovka (*Microsphaera alphitoides*), predstavljajo resno grožnjo. Sredozemske hraste dodatno ogrožajo prekomerno spravilo in paša ter podnebne spremembe, neustrezno gospodarjenje (panjevsko gospodarjenje ali goloseki na velikih površinah) in intenzivno objedanje parkljaste divjadi.
- Ker je pri hrastih lahko naravna obnova otežena, je treba obnovo ohranjenih hrastovih sestojev izvesti po semenskem letu hrasta s serijo sečenj in intenzivno nego mladja.
- Hrastovi sestoji se po potrebi obnovijo tudi s sajenjem in setvijo, kadar se pojavijo težave pri naravni obnovi (manjkajoči semenjaki, bogata kompetitivna vegetacija, poškodbe zaradi naravnih ujm itd.).
- Intenzivna nega mladega sestoja je potrebna za zagotovitev ustrezne strukture sestoja in mešanice drevesnih vrst bodočega gozda ter za zmanjšanje kompetitivnega hitro rastočega spodnjega sloja.
- Genetski viri hrastov so ogroženi zaradi izgube naravnih ekosistemov, omejevanja virov semen in dolgoročnih podnebnih sprememb.
- Krajinska genomika je bistvena za oceno nevtralne in prilagoditvene genetske raznolikosti za razumevanje značilnosti lokalnega prilagajanja v populacijah, da se določi ustrezen gozdnogojitveni sistem.
- Poznavanje genetske variabilnosti z vidika prilagajanja lahko izboljša odločitve o gospodarjenju z gozdovi in predvidi potrebo za pomoč pri migraciji genov. To je pomembno za ohranjanje gozdnih genskih virov in bogatenje sestojev z ugodnimi genotipi, kar zagotavlja odpornost gozdov in genetsko pestrost.
- 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.
- Za hrastove sestojke 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 prilagajanje na podnebne spremembe.
- Uporaba modela GenBioSilvi lahko pomaga gozdarjem in drugim uporabnikom gozdov 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 in vključujejo odmrli les, drevesne mikrohabitatske in pestrost vrst. Osredotočili smo se na lahko opazne in izmerljive ključne kazalnike za opis stanja analiziranega sestoja.
- Sistem obnove hrastovih gozdov je treba prilagoditi vse pogostejšim naravnim motnjam, predvsem z diverzifikacijo velikosti površin za obnovo, saj to zagotavlja mozaično strukturo prihodnjih sestojev in povečuje njihovo odpornost.
- Kjer je to mogoče, se uporablja naravno pomlajevanje, saj je tako razvojni proces najmanj moten, glavna usmeritev pa ostaja pomlajevanje pod krošnjami in posredna nega s pomočjo odraslega sestoja.
- Z ustrežno obnovo, ter dovolj pogosto in intenzivno nego hrastovih sestojev, lahko omogočimo izboljšanje in diverzifikacijo strukture, zmanjšamo občutljivost na naravne motnje in negativne vplive biotskih in abiotičnih dejavnikov ter ohranimo in povečamo genetsko pestrost sestojev, kar bistveno zmanjša tveganja gospodarjenja s hrastom v podnebno nestabilnem okolju.

## 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>
- Aitken, S.N., Yeaman, S., Holliday, J.A., Wang, T. and Curtis-McLane, S. (2008), Adaptation, migration or extirpation: climate change outcomes for tree populations. *Evolutionary Applications*, 1: str. 95-111. <https://doi.org/10.1111/j.1752-4571.2007.00013.x>
- Alberto FJ, Derory J, Boury C. (2013), Imprints of natural selection along environmental gradients in phenology-related genes of *Quercus petraea*. *Genetics*, Volume 195, Issue 2, str. 495-512, <https://doi.org/10.1534/genetics.113.153783>
- 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.
- Barbero M., Loisel R., Quézel P. (1992). *Quercus ilex* L. ecosystems: function, dynamics and management. V: Romane F., Terradas J. (ur.), Springer Netherlands, *Advances in vegetation science*, 13: str. 19-34.
- Breznikar A. (2019). Podnebne spremembe postajajo glavni izziv javne gozdarske službe na področju gojenja in varstva gozdov. *Gozdarski vestnik, letnik 77, No. 9, Ljubljana*, str. 332-337.
- Ciancio O., Nocentini S. (2004). The coppice forest. *Silviculture, regulation, management*. V: "Il bosco ceduo. Selvicoltura, assestamento, gestione". *Accademia Italiana di Scienze Forestali, Firenze*, str. 679-701.
- Ciancio O., Nocentini S. (2004). The coppice forest. *Silviculture, regulation, management*. V: "Il bosco ceduo. Selvicoltura, assestamento, gestione". *Accademia Italiana di Scienze Forestali, Firenze*, str. 679-701.
- Demeter L., Molnár A. P., Öllerer P., Csóka G., Kiš A., Vadász C., Horváth F., Molnár Z. (2021). Rethinking the natural regeneration failure of pedunculate oak: The pathogen mildew hypothesis. *Biological Conservation*, 253. doi: 10.1016/j.biocon.2020.108928.
- Diaci J. (2006). Gojenje gozdov: pragozdovi, sestoji, zvrsti, načrtovanje, izbrana poglavja. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire, 348 str.
- Ducouso A., Bordacs S. (2004). EUFORGEN - Technical Guidelines for genetic conservation and use for pedunculate and sessile oaks (*Quercus robur* and *Q. petraea*). *Mednarodni inštitut za rastlinske genske vire, Rim, Italija*, 6 str.
- Ducouso A., Bordacs S. (2004). EUFORGEN - Technical Guidelines for genetic conservation and use for pedunculate and sessile oaks (*Quercus robur* and *Q. petraea*). *Mednarodni inštitut za rastlinske genske vire, Rim, Italija*, 6 str.
- 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>
- Franjić, J.; Škvorc, Ž.; Šumsko drveće i grmlje Hrvatske. Zagreb: Sveučilište u Zagrebu - Šumarski fakultet, 2010. 432.
- Klepac D. (1996). Uvod. V: D. Klepac (ur.), *Hrast lužnjak u Hrvatskoj, HAZU i »Hrvatske šume« p.o., Vinkovci - Zagreb*: 9-12.
- Marçais B. and Bréda N. (2006). Role of an opportunistic pathogen in the decline of stressed oak trees. *Journal of Ecology*, 94, str. 1214-1223. doi:10.1111/j.1365-2745.2006.01173.x
- 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>.
- Pap P., Ranković B. and Mačirević S. (2012). Significance and need of powdery mildew control (*Microsphaera alphitoides* Griff. et Maubl.) in the process of regeneration of the pedunculate oak (*Quercus robur* L.) stands in the Ravni Srem area. *Periodicum Biologorum*, 114: str. 1, 91-102
- Pasta S., De Rigo D., Caudullo G. (2016). *Quercus pubescens* in Europe: distribution, habitat, usage and threats. *European Atlas of forest tree species*: str. 156-157.
- Praciak A., Pasiecznik N., Sheil D., Van Heist M., Sassen M., Correia C.S., Teeling C. (2013). The CABI encyclopedia of forest trees (CABI, Oxfordshire, UK). ISBN: 978178064236
- 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: str. 4348-4370. <https://doi.org/10.1111/mec.13322>
- Schirone B., Vessella F., Varela M.C. (2019). EUFORGEN Technical Guidelines for genetic conservation and use for Holm oak (*Quercus ilex*). *European Forest Genetic Resources Programme (EUFORGEN)*, European Forest Institute, 6 p.
- Schwarz O. (1993). *Flora Europaea: Psilotaceae to Platanaceae (Vol. 1)*. V: Tutin T. G. in sod. (ur), Cambridge University Press, 2. izd.: str. 72-76.
- 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>.
- Thomas F. M., Blank R. and Hartmann G. (2002). Abiotic and biotic factors and their interactions as causes of oak decline in central Europe. *Forest Pathology*, 32, str. 277-307. doi:10.1046/j.1439-0329.2002.00291.x
- Tutin T.G., Burges N.A., Chater A.O., Edmondson J.R. Heywood V.H., Moore D.M., Valentine D.H., Walters S.M., Webb D.A. (ur.) (1993). *Flora Europaea*, ed. 2, 1. Cambridge.
- ZGS (2021). Usmeritve za gospodarjenje z gozdovi po skupinah gozdnih rastiščnih tipov. *Notranja publikacija*. Zavod za gozdove Slovenije, Ljubljana, Slovenija, 236 str.
- Babst, F., Bouriaud, O., Poulter, B., Trouet, V., Girardin, MP., Frank, DC. (2019), Twentieth century redistribution in climatic drivers of global tree growth. *Science Advances*. doi:10.1126/sciadv.aat4313
- Balkenhol, in sod., 2016. *Landscape Genetics: Concepts, Methods, Applications*. ISBN 978-1-118-52528-9 2.
- Barrett LW, Fletcher S, Wilton SD. (2012), Regulation of eukaryotic gene expression by the untranslated gene regions and other non-coding elements. *Cell Mol Life Sci*. 69(21):3613-34. doi: 10.1007/s00018-012-0990-9.
- Blanquart, F., Kartz, O., Nuismer, S.L., Gandon, S., (2013), A practical guide to measuring local adaptation. *Ecol. Lett.* 16, str. 1195-1205. <https://doi.org/10.1111/ele.12150>
- Bouriaud, O., Popa, I. (2009), Comparative dendroclimatic study of Scots pine, Norway spruce, and silver fir in the Vrancea Range, Eastern Carpathian Mountains. *Trees* 23, str. 95-106. <https://doi.org/10.1007/s00468-008-0258-z>
- Carrer, M., Nola, P., Motta, R. and Urbinati, C. (2010), Contrasting tree-ring growth to climate responses of *Abies alba* toward the southern limit of its distribution area. *Oikos*, 119: str. 1515-1525. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0706.2010.18293.x>
- Carrasquinho, I., Gonçalves, E. (2013), Genetic variability among *Pinus pinea* L. provenances for survival and growth traits in Portugal. *Tree Genetics & Genomes* 9, str. 855-866. <https://doi.org/10.1007/s11295-013-0603-2>
- Chambel, M. R., Climent, J., Alia, R., & Valladares, F. (2005), Phenotypic plasticity: a useful framework for understanding adaptation in forest species. *Forest Systems*, 14(3), str. 334-344. <https://doi.org/10.5424/srf/2005143-00924>
- Degen, B., Blanc-Jolivet, C., Bakhtina, S. (2021), Applying targeted genotyping by sequencing with a new set of nuclear and plastid SNP and indel loci for *Quercus robur* and *Quercus petraea*. *Conservation Genet Resour* 13, str. 345-347. <https://doi.org/10.1007/s12686-021-01207-6>
- Ducouso, A., Bordacs, S. (2004). EUFORGEN [European Forest Genetic Resources Programme] technical guidelines for genetic conservation and use for pedunculate and sessile oaks (*Quercus robur* and *Q. petraea*). *EUFORGEN Technical Guidelines for Genetic Conservation and Use*.
- Elling, W., Dittmar, C., Pfaffelmoser, K., Rötzer, T. (2009), Dendroecological assessment of the complex causes of decline and recovery of the growth of silver fir (*Abies alba* Mill.) in Southern Germany, *Forest Ecology and Management*, Volume 257, Issue 4, str. 1175-1187, ISSN 0378-1127, <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2008.10.014>.
- Eckert AJ., Hall BD. (2006), Phylogeny, historical biogeography, and patterns of diversification for *Pinus* (Pinaceae): phylogenetic tests of fossil-based hypotheses. *Mol Phylogenet Evol* 40:166-182. doi:10.1016/j.ympev.2006.03.009
- Fady, B. and Conord, C. (2010), Macroecological patterns of species and genetic diversity in vascu-









## 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,  
Food, Environment and Forestry



Zavod za gozdove Slovenije  
Slovenia Forest Service



CASENTINO  
UNIONE DEI COMUNI MONTANI



REPUBLIKA SLOVENIJA  
MINISTRSTVO ZA NARAVNE VIRE IN PROSTOR

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 s hrastovimi gozdovi (dob (*Q. robur* L.), puhasti hrast (*Q. pubescens* Willd.), črnika (*Q. ilex* L.)), 18 strani (www.lifesystemic.eu).



Grafično oblikovanje:  
Arts & altro Grafica



See details

LIFEsystemic © 2020 | All Rights Reserved

