



LIFE
SySTEMiC



*Smjernice
za održivo gospodarenje
šumama obične jele*

(Abies alba Mill.)



Smjernice za održivo gospodarenje šumama obične jele (*Abies alba* Mill.)

B. Provedbene aktivnosti
Akcija B3 - Šumsko-uzgojne mjere

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



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
FIRENZE
DAGRI
DIPARTIMENTO DI AGRI-COLTURA
E AMBIENTE



CASENTINO
LUNGONI IORI ESTABILI MONTANI



Ente forestale nazionale
Servizio Nazionale
Servizio Nazionale



Zavod za gozdove Slovenije
Slovenia Forest Service



OPIS PROJEKTA LIFE SySTEMiC

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

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

Na temelju tih premisa, glavni ciljevi projekta su:

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

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



1. Uvod

Hojka Kraigher, Marjana Westergren

Slovenian Forestry Institute (SFI), Slovenia

Obična jela (*Abies alba* Mill.) jednodomna je vrsta drveća koja se oprašuje vjetrom. Najčešće je alogamna vrsta te raste u umjerenim (uključujući mediteranske i kontinentalne) europskim planinskim šumama (vidi kartu rasprostranjenosti na Slici 1.1., EUFORGEN 2009 (www.euforgen.org)).



Slika 1.1. Rasprostranjenost obične jele (EUFORGEN 2009, www.euforgen.org).

Može rasti na širokom rasponu tipova tla, osim na hidromorfnim i zbijenim tlima. Vrlo je tolerantna na sjenu i može preživjeti pod zastorom krošanja drveća desetljećima. Raste do visine od 50 (60) metara u čistim sastojinama i uglavnom se miješa sa smrekom i/ili borom na višim nadmorskim visinama te s bukvom na nižim. Reproductivnu fazu može doseći s 20 godina, ali obično ju dosegne tek nakon 60 godina. Ženski cvjetovi uglavnom se nalaze na najgornjim granama, dok se muški cvjetovi pojavljuju nešto niže u krošnji. Smatra se slabim proizvođačem sjemena jer malo češera dospije do zrelosti zbog insekata i kasnih mrazova. Cvate od travnja do lipnja, ovisno o nadmorskoj visini, a češeri dozrijevaju za 90 do 120 dana. Zreli češeri su žućkasto-smeđi, rastu uspravno na granama i raspadaju se kad sjeme sazrije tako da ostaje samo glavna os češera (vreteno). Ovisno o uvjetima staništa, češeri se raspadaju, a sjeme se raspršuje vjetrom tokom rujna i listopada. Sakupljanje sjemena treba biti dobro vremenski određeno kako bi se zreli češeri mogli prikupiti (penjanjem na stabla ili sa srušenih stabala) prije nego što se raspadnu (u Sloveniji sredinom rujna). Obilne godine češera obično se pojavljuju periodično (svakih 4-6 godina), ali neka stabla, također ovisno o staništu, mogu nositi češere svake godine (Kavaliauskas i sur., 2020).

Češeri se mogu sakupljati u komercijalne svrhe ako je najmanje 50 % punih sjemenki vidljivo na uzdužnom presjeku. Volumen jedne litre svježeg sjemena obično teži oko 400 g te sjeme sadrži 8-11 % sadržaja vlage. U 1 kg češera može biti 15-30 češera, a u 1 kg sjemena oko 14.000-23.000 sjemenki bez krilaca. Svaki češer može nositi 260-290 sjemenki. Sjeme s oko 8 % sadržaja vlage moguće je skladištiti 3 do 5 godina u hermetički zatvorenim posudama na temperaturama od -10 °C do -15 °C. Embrij obične jele je uspavan te je potrebna hladna stratifikacija od 3 do 7 tjedana prije sjetve (Kraigher 2024; Regent, 1980; USDA 2008).

Obična jela, posebno njezin pomladak, osjetljiva je na temperaturne uvjete, kasne mrazove i dugotrajne suše. Njeno pomlađenje također je vrlo ugrožena ispašom, a klimatske promjene utječu na njenu nižu otpornost na štetnike i bolesti, posebno u blizini mediteranskih područja. Među štetnicima i bolestima, Kavaliauskas i sur. (2020) posebno spominju da oštećenja kore i pupova uzrokuju *Ips typographus* L., *Cinara pectinata* Nördlinger i *Epinotia nigricans* Herrich-Schäffer te *Armillaria mellea* P. Kumm agg. i *Heterobasidium annosum* Bref. koji su odgovorni za trulež korijena i donjeg dijela debla, što dovodi do veće mogućnosti stradavanja od vjetroizvala kod zaraženih jela.

Genetski bazeni obične jele dobro su strukturirani latitudinalno te se dijele na Balkansko-južno talijanski, Srednjoeuropsko-sjeverno talijanski, Alpski te Južno francuski i Pirenejski genetski bazen (GenTree, 2020), koji se kasnije dijeli na istočni i zapadni (Scotti-Santaigine i sur., 2021). Međutim, obrazac raspodjele genetske raznolikosti razlikuje se ovisno o korištenim molekularnim markerima (FORGENIUS 2023; GenTree 2020; Piotti i sur., 2017; Teodosiu i sur., 2019).

2. Smjernice za održivo gospodarenje šumama i prilagodbu bukovih šuma klimatskim promjenama

Andrej Breznikar¹, Kristina Sever¹, Hojka Kraigher², Davide Travaglini³

¹ Slovenia Forest Service (SFS), Slovenia

² Slovenian Forestry Institute (SFI), Slovenia

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

2.1. Održivo, prirodi blisko i višenamjensko gospodarenje šumama

Održivo, prirodi blisko i višenamjensko gospodarenje šumama planirano je na način da očuva šume i sve funkcije šuma i šumskih ekosustava, a istovremeno osigurava profit vlasnicima šuma. Može se definirati prema načelima „Slovenske šumarske škole” kako je opisano u Kraigher i sur. (2019):

- gospodarenje šumama prilagođeno je karakteristikama staništa i prirodnom razvoju šuma;
- aktivna zaštita prirodnih populacija šumskih stabala;
- zaštita i očuvanje bioraznolikosti u šumama (uključujući genetsku raznolikost);
- podrška bio-ekološkoj i ekonomskoj stabilnosti šuma povećanjem drvne zalihe;
- njega svih razvojnih stadija i svih oblika šuma za podršku vitalnim i visokokvalitetnim šumskim stablima koja mogu optimalno ispuniti sve funkcije šuma;
- prirodna obnova podržana je u svim šumama;
- ako se koristi sjeme ili sadnice, trebaju potjecati iz prihvatljivih izvora/provenijencija, a mogu se koristiti samo prihvatljive vrste.

Prirodi blisko šumarstvo temelji se na detaljnom planiranju gospodarenja šumama, prilagođenom individualnim uvjetima staništa i sastojina, kao i funkcijama šuma, uzimajući u obzir prirodne procese i strukture specifične za prirodne šumske ekosustave. Na prirodne procese se utječe što je manje moguće, dok se istovremeno održava financijska profitabilnost i društvena održivost gospodarenja šumama.

Prirodi blisko šumarstvo oponaša prirodne procese i strukture što je više moguće. Šumske sastojine trebale bi se obnavljati prirodnim putem te bi trebale oponašati mješavinu vrsta drveća i šumskih sastojina prirodnih šuma. Gospodarenje šumama može izravno utjecati na sastojine drveća u šumskom ekosustavu. Kroz prirodnu obnovu šumskih sastojina, čuva se prilagodljivost stabala uvjetima specifičnih staništa i prirodnoj dinamici. Šumsko-uzgojne mjere trebale bi biti pažljivo odabrane kako bi se promicali prirodi bliski pristupi i oponašali prirodni procesi u šumskim sastojinama. Šumama bi trebalo gospodariti na način da se očuva njihova multifunkcionalna uloga (ekološka, društvena i proizvodna funkcija šuma). To se može postići samo održavanjem zdravih šuma i njihove bioraznolikosti, zaštitom njihove prirodne plodnosti i izvora vode kao i drugih korisnih funkcija šuma u vodenom i ugljičnom ciklusu, održivom opskrnom drveta i drugim proizvodima iz šuma, profitom i zapošljavanjem te sredstvima za rekreaciju i druge društvene koristi povezane sa šumama.

Prilagodba karakteristikama pojedinih staništa glavni je smjer razvoja prirodi bliskih šuma, koji je proučen unutar projekta LIFE SySTEMiC kroz razne demonstracijske plohe. Usmjereni razvoj šumskih sastojina prilagođenih individualnim uvjetima staništa i sastojina te funkcijama šuma zahtijeva veliku fleksibilnost u odabiru odgovarajućeg modela gospodarenja šumama i pažljivo planiranje šumsko-uzgojnih mjera.

Glavne mjere za prilagodbu gospodarenja šuma klimatskim promjenama usmjerene su na prilagodbu sastava drveća u šumskim sastojinama, povećanje otpornosti šuma raznovrsnim strukturama šumskih sastojina na svim razinama, posebno genetskoj, kroz napredne mjere obnove šuma i pošumljavanja, te povećanje njihove stabilnosti pravovremenim mjerama njege (npr. prorjeđivanje), formiranje višeslojnih i selektivnih šumskih struktura u odgovarajućim sastojinama, te (na kraju, ali ne manje važno) praćenje i očuvanje bioraznolikosti šuma, počevši od genetske raznolikosti (Bajc i sur., 2020).

2.2. Pregled šumsko-uzgojnih oblika sastojina obične jele

Šumsko-uzgojne metode koje se trenutno primjenjuju u sastojinama obične jele (*Abies alba* Mill.) na mediteranskom području razlikuju se od oplodnih sječa i prebornog gospodarenja. Na područjima gdje su sastojine obične jele nastale sadnjom, kao što su Apenini u Italiji, koristi se čista sječa sa sadnjom sadnica. Međutim, prevladavaju šumsko-uzgojne metode umjerenog intenziteta. Pomladak je često prirodan, a sastojine se selektivno prorjeđuju, dok su površine koje se sijeku prilikom završne sječe male (< 1 ha). Šumsko-uzgojne metode koje su najprikladnije za sastojine obične jele su preborno gospodarenje i oplodne sječe na malim površinama. U takvim uvjetima, jela može konkurirati bukvi, smreci, javoru i drugim vrstama drveća u mješovitim šumskim sastojinama (ZGS, 2021).

U prebornom gospodarenju s kontinuiranom sječom u intervalima od 5 do 15 godina održava se optimalna drvna zaliha, a uvjeti staništa povoljni su za obnovu i pomlađenje jelovih sastojina. U takvim šumama, volumen posječenih stabala približno je jednak prirastu stabala (Wolf i sur., 2010).

Kod oplodnih sječa na malim površinama potreban je dulji period obnove (> 30 godina) za uspješnu obnovu i rast jelovih stabala. To znači da na mjestima gdje želimo poticati rast jelovih stabala i pomlađenje te regulirati svjetlosne uvjete, potrebno je postupno i dugoročno uklanjati stabla u nadstojnoj etaži. Na područjima gdje su ciljevi pomlađenja različiti, ono je moguće u kraćem periodu i na većoj površini. Takva metoda zahtijeva pažljivo i diferencirano planiranje gospodarenja šumom. Kontinuirana sječa i trajno, ali prostorno ograničeno pomlađenje također su važni kod oplodnih sječa na malim površinama.

S ove točke gledišta, gospodarenje usmjereno na intenzivno povećanje drvne zalihe, kao i intenzivno pomlađenje na velikim površinama, nije prikladno za sastojine obične jele. Može pridonijeti pomlađenju obične jele očuvanjem vitalne (mlađe) nadstojne etaže jelovih stabala na područjima obnovljenim bukvom (Wolf i sur., 2010).

Zbog značajnih razlika u rastu jele kao i ekologije prirodnog pomlađenja, smjernice u vezi s uzgojnim metodama, ciklusima sječe i ciljanim dimenzijama stabala, moraju biti prilagođene tipu šume, sastojini i uvjetima u njoj. U usporedbi sa sastojinama bukve, zbog dinamike rasta, proizvodna dob i ciljane dimenzije jelovih sastojinama općenito su veće nego u sastojinama bukve (ZGS, 2021).

U projektu LIFE SySTEMiC proučavala su se 4 glavna šumsko-uzgojna oblika za održivo gospodarenje šumama (SFM), od negospodarenih šuma, šuma kojima se gospodari preborno te oplodnih sječa na velikim i malim površinama kao i šume obične jele koje odgovaraju četirima europskim tipovima šuma.



Slika 2.2.1. Proreda i oplodne sječe na malim površinama najprikladniji su za gospodarenje običnom jelom.

2.3. Šumsko-uzgojne karakteristike obične jele

Obična jela (*Abies alba* Mill.) uglavnom raste u šumskim sastojinama koje se suočavaju s izazovima poput kasnih mrazova, suše, ljetnih vrućina i zimskih hladnoća. Ključna prednost obične jele u odnosu na druge vrste drveća je u tome što je jela tolerantna na sjenu te bolje uspijeva od konkurenata u nepovoljnim svjetlosnim uvjetima. Pomladak obične jele može podnijeti dulje periode u dubokoj sjeni unutar prebornih šuma. Međutim, vrsta je vrlo osjetljiva na varijacije temperature i vlage te ima uski ekološki raspon. Rane bočne izbojke posebno ugrožavaju kasni mrazovi, budući da se pojavljuju ranije u proljeće (Prpić (ured.), 2001).

Potrebe za vodom obične jele visoke su, što je čini vrlo osjetljivom na sušu, posebno tijekom ranijih faza razvoja. S druge strane, u središnjoj i južnoj Europi zabilježeni su iznenađujući slučajevi otpornosti na sušu (Carrer i sur., 2010). Obična jela uspijeva na različitim tipovima tla, od vapnenca do silikatne stijene (Prpić (ured.), 2001).

2.4. Prijetnje

Klimatske promjene predstavljaju značajnu prijetnju običnoj jeli, što je čini jednom od ugroženijih vrsta drveća zbog specifičnih klimatskih zahtjeva i poteškoća prilikom prirodnog i umjetnog pomlađenja zbog oštećenja od divljači. Tijekom proteklih desetljeća došlo je do smanjenja udjela obične jele u šumama, što je rezultiralo smanjenjem gustoće populacija i genetske raznolikosti zbog genetskog drifta i samooplodnje u malim ili rijetko zasađenim populacijama (Wolf i sur., 2010). Smanjenje udjela obične jele brže je u jelovo-bukovim šumama u usporedbi s jelovo-smrekovim i čistim jelovim sastojinama, gdje je pomlađenje često uspješnije, štete od divljači minimalne, a struktura dobnih razreda obećava bolje izgleda za buduće očuvanje. Prognoze o smanjenju udjela obične jele u šumskim zajednicama u budućim klimatskim scenarijima koji predviđaju porast temperatura i smanjenje oborina, posebno su zabrinjavajuće, pogotovo u problematici vezanoj uz prirodno pomlađenje (Wolf i sur., 2010).

Tijekom 1970-ih i 1980-ih godina primijećeno je smanjenje udjela i odumiranje obične jele u središnjoj Europi, poznato kao „odumiranje jele”, a koje je bilo uzrokovano raznim čimbenicima, uključujući emisije SO₂ u kompleksnoj interakciji s klimatskim i biotičkim čimbenicima (Abies, 2016).

Klimatske promjene negativno su utjecale na rast autohtonih populacija obične jele u Europi posljednjih desetljeća. Prijetnje uglavnom proizlaze iz povećane vjerojatnosti negativnih učinaka abiotičkih i biotičkih čimbenika (štetnici, bolesti). Očekuje se smanjenje udjela obične jele zbog bijele truleži (*Sclerotinia sclerotiorum*) kao rezultat naglog otvaranja velikih površina (masovne sječe zbog prirodnih katastrofa) i brze promjene mikroklima. Postoji i opasnost od pojave korova i neinvazivnih vrsta alohtonih biljaka na područjima koja su otvorena sječama te time ograničavanja mogućnosti prirodnog pomlađenja autohtonih vrsta drveća. Zbog širenja neinvazivnih vrsta alohtonih biljaka promijenit će se i pogoršati svojstva tla, povećati siromaštvo staništa, smanjiti bioraznolikost i povećati oštećenja autohtonog pomlatka uslijed brsta divljači (ZGS, 2021).

2.5. Procjena potencijala prilagodbe šuma obične jele na klimatske promjene

Potencijal prilagodbe šuma obične jele ovisi o šumskom staništu, strukturi sastojine i sastavu vrsta drveća. Zbog prikladne strukture šuma, prikladne strukture rubova šume, prisutnosti selektivnih sječa sastojina, provedbe sječa u mlađim sastojinama te visokog stupnja očuvanja sastava drveća i relativno netaknute prirodne obnove, potencijal prilagodbe može biti vrlo visok. Smanjenje potencijala prilagodbe nastaje zbog niskog stupnja provedbe mjera njege u mlađim razvojnim stadijima, uniformne strukture sastojina, promijenjenog sastava vrsta drveća te prekomjernog oštećenja od divljači (ZGS, 2021).

2.6. Pomlađenje sastojina obične jele

Zbog dugih pomladnih razdoblja, pomlađenje u sastojinama obične jele potrebno je započeti ranije nego u slučaju vrsta drveća s kratkim pomladnim razdobljima. Velike razlike u rastu stabala istih dimenzija ukazuju na potrebu odlučivanja o sječi na razini pojedinačnih stabala (ZGS, 2021).

Pomlađenje sastojina trebalo bi se odvijati na malim površinama jer se time omogućuje obnavljanje glavnih vrsta drveća, posebno jele. Potreba za njegom pomlatka smanjuje se primjenom pomlađenja na malim površinama. Veličina otvorenog sklopa regulira sastav pomlatka: manji intenzitet osigurava veći udio jele jer je, na primjer, za smreku potrebno više svjetla, a još i više za listopadne vrste s izuzetkom bukve koja je tolerantna na sjenu. Na sušim područjima otvaranje većih površina osigurava prirodno pomlađenje više različitih vrsta otpornih na sušu, poput borova i ariša, koji mogu zamijeniti običnu jelu i bukvu. Istovremeno sa sječom, potrebno je ukloniti nevitalna stabla u podstojnoj etaži i grmlju.

Problemi mogu nastati kod obnove na velikim površinama nakon prirodnih katastrofa. U tim slučajevima

ma potrebno je pojačati pripremu sastojine za prirodnu obnovu, a u nekim slučajevima i intervenirati putem sadnje i potpomognute obnove.

Sadnja se također koristi tamo gdje nije moguće osigurati prikladan udio listopadnih vrsta na prirodan način.

Na karbonatnim šumskim staništima gdje je obična jela dominantna vrsta, nema problema s pomlađenjem, ali pod uvjetom da se očuva njen prirodni udio u sastavu drveća. Na karbonatnim staništima, primjerice na visokom kršu u Sloveniji, u jelovo-bukovim šumama, bukva ponovno povećava svoj udio u antropogeno-modificiranoj strukturi drveća u cikličnom nasljeđivanju. Među svim vrstama drveća na navedenom području, obična jela je najugroženija zbog velikih oštećenja od divljači. U svjetlosnim uvjetima u kojima jela konkurira drugim vrstama, relativno sporo raste i stoga je izložena oštećenjima od divljači tijekom dužeg razdoblja. U takvim uvjetima, bez posebne pažnje posvećene jeli ne možemo očekivati daljnje povećanje njezinog udjela koji se posljednjih desetljeća stalno smanjuje. Na takvim staništima usmjeravamo razvoj šume kroz prirodno pomlađenje, gdje se jelove sastojine uspješno obnavljaju na ograđenim područjima i/ili sadnjom sadnica. Također su važne i individualne zaštite pomlatka (Slika 2.6.1.).



Slika 2.6.1. U nekim područjima zaštita od divljači ključna je za obnovu sastojina obične jele

2.7. Njega i zaštita sastojina obične jele

Najprikladnije mjere njege i zaštite sažete su na temelju smjernica o održivom gospodarenju šumama u Sloveniji (ZGS, 2021) i rezultata projekta LIFE SySTEMiC. Najčešća mjera njege u mladiku postupno je uklanjanje sloja grmlja i preraslih stabala, uz istodobnu regulaciju omjera ciljanih vrsta drveća u šumskim sastojinama. U šumama kojima se gospodari preborno, mjere njege usmjerene su na manje grupe mladika. Mjere njege u mladiku rezultiraju raznolikom vertikalnom i horizontalnom strukturom sastojina čime se osigurava stabilnost šuma protiv štetnih abiotičkih utjecaja (vjetar, mraz, sunce, mokri snijeg).

Važno je skratiti proizvodno razdoblje u sastojinama obične jele (sječa stabala jele u trenutku kad visinski prirast počne opadati, tj. između 80 i 100 godina).

Produktivna staništa obične jele zahtijevaju intenzivniju prorjedu, posebno u mlađim razvojnim stadijima (intenzitet između 20 i 25 %). Sječa mora biti rana i usmjerena na reguliranje omjera drveća i jačanje stabilnosti sastojina. Posebna se pažnja tijekom sječe mora posvetiti osiguravanju stabilnosti sastojina i očuvanju listopadnih vrsta u sušnijim dijelovima šumskih sastojina. Intenzitet sječe u srednjodobnim sastojinama trebao bi se kretati između 15 i 20 %.

U šumama posebne namjene sječa bi trebala biti usmjerena na održavanje strukture šuma posebne namjene.

Intenzitet sječe u odraslim sastojinama trebao bi biti niži (između 10 i 15 % trenutne drvene zalihe) i ne bi trebao otvarati veće prostore u šumskim sastojinama.

Dovoljan udio obične jele u budućim šumama osiguran je uglavnom kontrolom svjetlosnih uvjeta na tlu šume. Glavne vrste drveća trebale bi biti grupirane, a plemenite listače mogu biti pojedinačne ili također grupirane. Osim glavnih vrsta drveća, važna je i podstojna etaža.

Važna mjera također je prevođenje jednodimenzionalnih sastojina u strukturirane sastojine putem selektivne doznake i sječe. Prevođenje se provodi u sastojinama vrsta koje nisu prikladne za određeno šumsko stanište (npr. nasadi smreke), posebno kad vitalnost ili zdravstveno stanje sastojina toliko opadne da prijete normalnom šumskom gospodarenju.

Oslabljene i nevitale sastojine prvo se moraju prorijediti kako bi se osigurao veći dotok svjetla, što će rezultirati prirodnim formiranjem podstojne etaže melioracijskih vrsta drveća i grmlja, a čime će se poboljšati svojstva tla. Time se osigurava da će se sastojine razvijati prema potencijalnoj vegetaciji u progresivnom sukcesijskom procesu. Tijekom prevođenja sastojina posebna se pažnja posvećuje manjinskim vrstama drveća koje imaju melioracijsku sposobnost, što neizravno poboljšava i povećava šumsku proizvodnju. Posebno su važne vrste drveća koje kombiniraju funkciju melioracije i istovremeno imaju ekonomsku vrijednost (bukva, javor, planinski jasen, velika joha, lipa, grab, divlja trešnja, divlja kruška, ariš, kesten, crni jasen, topola, itd.).

Balansirana struktura šumskih sastojina u prebornim šumama znatno je otpornija na negativne abiotičke čimbenike od jednodobnih sastojina. Zbog toga ima smisla pretvoriti jednodobne sastojine u preborne putem selektivnih doznaka i sjekova. Prevođenje putem proreda trebalo bi se započeti što je ranije moguće, oslobađajući krošnje odabranih stabala i stvarajući mrežu stabala koja podržava stabilnost sastojina.

Mjere zaštite šuma u sastojinama obične jele uglavnom se sastoje od zaštite od divljači s repelentima ili pojedinačno za svaku biljku. Zaštitna ograda uglavnom se koristi na područjima s većom koncentracijom divljači. Sanitarna sječa trebala bi biti redovita i brza - sva snažno napadnuta i zaražena stabla (npr. imela, ozeblina i rak stabala) trebaju se ukloniti. U šumama gdje se preborno gospodari važno je brinuti o distribuciji stabala prema klasama debljine, čime se sprječava gubitak obične jele u sastojinama s prekomjernim udjelom debelih stabala (klasa debljine preko 50 cm).

2.8. Prilagodba sastojina obične jele klimatskim promjenama

Među najvažnijim mjerama kojima možemo doprinijeti očuvanju obične jele u klimatski nestabilnim uvjetima su:

- selektivna sječa, koja može omogućiti razvoj pojedinih stabala obične jele u jednodobnim sastojinama,
- mjere njege u mlađim sastojinama kojima možemo povećati broj stabala obične jele reguliranjem omjera vrsta i kasnijom pozitivnom selekcijom,
- sadnja stabala obične jele pod zastorom krošnji (npr. u kulturama smreke)
- održavanje progala unutar sastojine, održavanje strukturiranog ruba šume i dovoljan broj matičnih stabala.

Genetska varijabilnost obične jele jedan je od najvažnijih faktora u odgovoru vrste na klimatske promjene (Oggioni, 2024), budući da se prilagodljivost i karakteristike rasta stabala mogu razlikovati ovisno o njihovu podrijetlu. Održivo gospodarenje šumama obične jele stoga bi trebalo podržavati prirodni proces migracije i prilagodbe putem potpomognute migracije, što se postiže sadnjom sadnica različitih provenijencija na najpovoljnijim mjestima za budućnost.



Slika 2.8.1. Obnova obične jele u odabranim sastojinama (fotografija: SFS).

3. Krajobrazna genomika

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

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

² Institute of Bioscience and BioResources - CNR, Italy

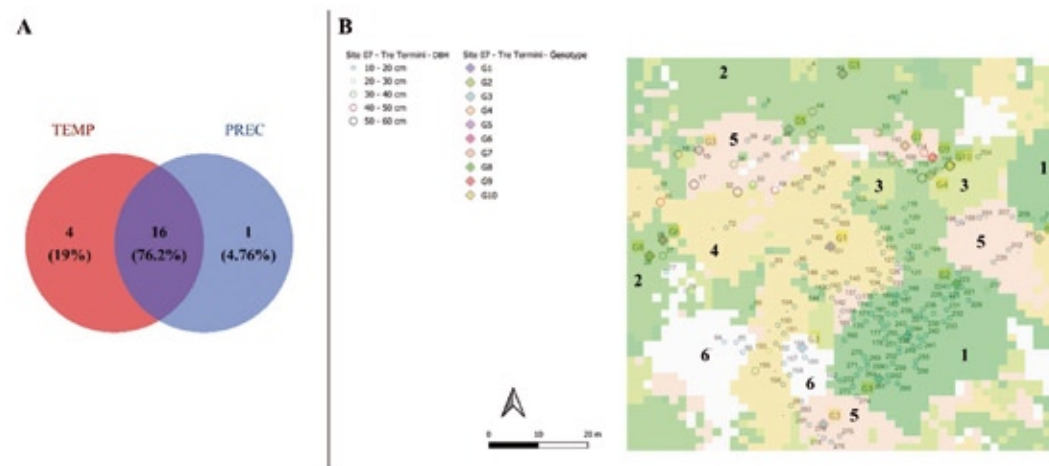
³ Slovenian Forestry Institute (SFI), Slovenia

Kako bismo istaknuli moguće znakove lokalne prilagodbe u populacijama bukve, za analizu neutralnih i adaptivnih komponenti genetske raznolikosti koristili smo pristupe krajobrazne genomike. Također su korišteni neutralni i adaptivni molekularni markeri u kombinaciji s prostornim podacima i bioklimatskim pokazateljima. Kao rezultat ponovnog sekvenciranja *Abies alba* Mill. u 24 genetskih regija relevantnih za odgovor na jedan ili više abiotičkih stresova uočeno je oko 1500 SNP-ova (rezultati su navedeni u rezultatima Akcije B1: SNP karta za svako istraživano područje). Kroz prostornu distribuciju SNP-ova (rezultati su navedeni u rezultatima Akcije B3: Priručnik za održivo gospodarenje šumama) mogao se primijetiti veći broj specifičnih i regionalnih SNP-ova za područje Italije. To se može interpretirati kao znak prilagodbe na mediteranski bioklimatski režim koji karakterizira Italiju i razlikuje je od kontinentalne klime u Sloveniji i Hrvatskoj.

Kako bismo identificirali znakove lokalne prilagodbe, proveli smo analize GEA. Rezultati analize pokazali su prisutnost povezanosti između 98 alelnih varijanti i srednjih vrijednosti 12 okolišnih varijabli uzetih za ove analize (kako je navedeno u rezultatima Akcije B1: Izrada karata prostorne distribucije genetske raznolikosti i korelacija između distribucije alela i okolišne varijacije). Prisustvo specifičnih alelnih varijanti može se povezati s lokalnim, a ne regionalnim obrascem prilagodbe. U analizi asocijacije s okolišem (EAA) važno je uzeti u obzir neutralnu genetsku strukturu (Relstab i sur., 2015), budući da neutralna genetska struktura može proizvesti obrasce slične onima koji se očekuju pod ne-neutralnim procesima (Excoffier i Ray, 2008; Excoffier i sur., 2009; Sillanpää, 2011). Nadalje, genetska struktura populacija analizirana je korištenjem dva različita pristupa: Bayesovim grupiranjem pomoću STRUCTURE softvera (Pritchard i sur., 2000) i prostornim Bayesovim grupiranjem pomoću GENELAND softvera.

Općenito gledano, pronašli smo umjeren do visok broj specifičnih alelnih varijanti na negospodarenim plohama (npr. demonstracijska ploha 30 - La Verna). Prisustvo velikog broja SNP-ova povezanih s prilagodbom na okolišne varijable na tim područjima moglo bi se povezati s neutralnom genetskom strukturom koja je opažena za ta područja. Slična situacija uočena je u sastojinama kojima se gospodari uz primjenu manje intezivnih načina gospodarenja (preborno gospodarenje). Također, broj alelnih varijanti specifičnih za svaku lokaciju bio je visok. Analizirajući obrazac raspodjele genetske raznolikosti na temelju podataka o SSR-ovima, uočili smo da sastojine obične jele kojima se gospodari preborno imaju složenu i heterogenu prostornu genetsku strukturu. To se može pripisati ne-slučajnom križanju između usko srodnih jedinki. Zanimljiv rezultat bio je broj alelnih varijanti povezanih s bioklimatskim pokazateljima koji karakteriziraju lokalno okruženje pronađen na demonstracijskoj plohi 07 - Tre Termini (Slika 3.1.).

Iz rezultata dobivenih za svaku istraživanu plohu, mogla se uočiti pojednostavljena prostorna genetska struktura u negospodarenim/zrelim šumama jele u odnosu na druge plohe. Demonstracijske plohe kojima se gospodari preborno imaju najsloženiju prostornu genetsku strukturu među gospodarenim plohama, kao i najveći broj SNP-ova povezanih s okolišnim varijablama. Složenost na tim plohama implicira dinamičan i prilagodljiv ekosustav sposoban reagirati na promjene u okolišu generiranjem nove genetske varijabilnosti kroz rekombinaciju i protok gena između subpopulacija. Osim toga, uočili smo veliki broj SNP-ova koji su u korelaciji s bioklimatskim pokazateljima na svim plohama. Prisutnost alelnih varijanti povezanih s bioklimatskim pokazateljima koji najbolje karakteriziraju lokalno okruženje važna je za buduća istraživanja. Rezultati istraživanja mogu imati ključnu ulogu u planiranju uzgojnih zahvata u šumarstvu, u kojem poznavanje adaptivne genetske raznolikosti može pomoći u procesu donošenja odluka. To je važno za očuvanje postojećih šumskih genetskih resursa, ali i za obogaćivanje postojećih sastojina potencijalno povoljnim genotipovima.



Slika 3.1. Rezultati LFMM analize i karta raspodjele genotipova za demonstracijsku plohu 07 - Tre Termini.

(A) Vennov dijagram prikazuje preklapanje između SNP-ova povezanih s temperaturno-povezanim i oborinsko-povezanim bioklimatskim pokazateljima, kao rezultat LFMM analize na toj plohi.

(B) Prostorna raspodjela genotipova i prostorna organizacija u 6 klastera (rezultati GENELAND-a). Karta prikazuje jedinke prisutne unutar područja istraživanja (krug s crnom granicom) i sekvencirane jedinke. Potonje su označene obojenim krugovima prema opaženom genotipu. Identične boje označavaju identične genotipove.

4. Oštećenja od divljači

Natalija Dovč¹, Rok Damjanič¹, Marjana Westergren¹, Marko Bajc¹, Davide Travaglini², Andrej Breznikar³, Hojka Kraigher¹

¹ Slovenian Forestry Institute (SFI), Slovenia

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

³ Slovenia Forest Service (SFS), Slovenia

U posljednjem stoljeću, gustoća i prostorna distribucija velikih biljojeda, posebno srne (*Capreolus capreolus* L.) i jelena (*Cervus elaphus* L.) značajno su se povećali u većini europskih zemalja, uključujući Sloveniju (Hafner i sur., 2020). Poznato je da preživljavanje parnoprstaša ima značajan utjecaj na šumske ekosustave. Divljač selektivno bira određene vrste drveća ili jedinke, dajući prednost drugim vrstama koje su manje privlačne za ispašu. Stoga, preživljavanje može snažno utjecati na strukturu, sastav, rast i sukcesiju šume. Dugoročno gledano, to može dovesti do smanjenja raznolikosti vrsta i ugroziti otpornost šume na buduće poremećaje.

Kao dio aktivnosti B3 u projektu LIFE SySTEMiC, cilj nam je bio istražiti može li se utjecaj prehranjanja biljojeda u područjima s visokom gustoćom divljači, a samim time i visokim pritiskom prehranjanja, također otkriti u genetskoj raznolikosti prirodnog pomlađenja.

Na plohama obične jele s visokom gustoćom divljih životinja, utjecaj oštećenja od divljači na prirodni pomladak dobro je poznat među šumarima. U našem istraživanju, to se prvenstveno odnosi na demonstracijske plohe Leskova dolina i Faltelli, gdje smo uočili različite učinke oštećenja od divljači:

- Mala brojnost pomlatka obične jele u višim visinskim razredima, posebno u visinskom razredu iznad 150 cm, kojeg ponekad nema na našim demonstracijskim plohama. Ovaj prag visine ključan je jer označava točku u kojoj utjecaj oštećenja od divljači na sastav šume postaje zanemariv. Ovaj visinski razred temelj je za oblikovanje budućih šumskih sastojina (Hafner i sur., 2020). Odsutnost pomlatka u tom visinskom razredu sugerira da oštećenja od divljači mogu ometati uspješno obnavljanje određenih vrsta. Idealno bi bilo da prirodni pomladak bude zastupljen u svim visinskim razredima. Prisutnost pomlatka u najnižem visinskom razredu ukazuje na dovoljnu količinu proizvedenog sjemena i stvara temelj za uspješnu obnovu. Međutim, uspješan rast u više visinske razrede označava sposobnost pomlatka da izdrži okolišne poremećaje i ostane konkurentan.
- Niži udio obične jele u prirodnoj obnovi u usporedbi sa zreloom populacijom. Ova razlika najizraženija je u Leskovoju dolini i može se barem dijelom pripisati oštećenjima od divljači. Preferirane vrste gube svoju konkurentnost prvenstveno zbog oštećenja terminalnih pupova. Jaka oštećenja od strane biljojeda rezultiraju smanjenjem visine istraživanih vrsta u sloju pomlađenja te značajno utječu na njihovu konkurentsku sposobnost (Horsley i sur., 2003; Tremblay i sur., 2007). Oštećenja od divljači jako utječu na „ukusne” vrste, dovodeći do dominacije manje „ukusnih” vrsta kao što je obična smreka (*Picea abies* (L.) H. Karst.). Ova promjena može smanjiti ukupnu bioraznolikost i utjecati na procese obnove šume (D'Aprile i sur., 2020).
- Velika oštećenja pomlatka. Najveći udio oštećenog pomlatka uočili smo kod obične jele, s najviše oštećenja od divljači u visinskim razredima 11-50 cm i 51-150 cm. Među listopadnim stablima, gorski javor (*Acer pseudoplatanus* L.), jarebika (*Sorbus aucuparia* L.) i crnika (*Quercus ilex* L.) bile su najoštećenije vrste na našim demonstracijskim plohama, dok je obična bukva bila uglavnom neoštećena od divljači. Istraživanja iz srednje i jugoistočne Europe (Shulze i sur., 2014) pokazale su da jeleni, koji preferiraju određene vrste, doprinose homogenizaciji podstojne etaže, što može utjecati na dugoročnu strukturu šume i bioraznolikost.

Unatoč primjetnim učincima oštećenjima od divljači na strukturu i sastav prirodnog pomlađivanja, nisu otkriveni značajni učinci na genetsku strukturu. Genetska raznolikost nije se značajno razlikovala između zrelih stabala obične jele i njihovog pomlatka, bilo na ograđenim ili neograđenim plohama.

Utjecaji oštećenja od divljači na različite vrste i faze rasta šumskog drveća značajno se razlikuju. Mlade šumske sastojine, posebno tijekom ranih faza rasta, često se suočavaju s pojačanim oštećenjima, što ozbiljno utječe na stope preživljavanja i rasta pomlatka. Vrste poput hrasta i bukve, otpornije na oštećenja, mogu bolje podnijeti ovaj pritisak nego obična jela i bor, koje su osjetljivije. Diferencirani utjecaji oštećenja mogu dovesti do promjena u sastavu šume tijekom vremena, favorizirajući otpornije vrste i potencijalno mijenjajući šumski ekosustav (Hafner i sur., 2020).

5. GenBioSilvi model

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

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

² NBFC, National Biodiversity Future Center, Italy

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

Kako bismo istražili bioraznolikost u šumskim ekosustavima, analizirali smo pokazatelje koji uključuju genetsku raznolikost, strukturu šume, mrtvo drvo, raznolikost tla i uvjete mikrostaništa, zahvaljujući prikupljenim podacima iz drugih zadataka projekta. U sastojinama obične jele (*Abies alba* Mill.)

primijetili smo da negospodarene i zrele šume čuvaju i povećavaju bioraznolikost. Na temelju naše analize koristeći nSSR podatke, primijetili smo da demonstracijske plohe 07 - Tre Termini i 26 - Smolarjevo, kojima se gospodari preborno, imaju složenu i heterogenu prostornu genetsku strukturu. Osim toga, uočili smo veliki broj SNP-ova povezanih s trenutnim okolišnim uvjetima na različitim mjestima. Otkrili smo da su demonstracijske plohe 16 - Skrad (preborno gospodarenje) i 07 - Tre Termini (preborno gospodarenje) uključivale veći broj SNP-ova povezanih s bioklimatskim pokazateljima.

Demonstracijska ploha 16 - Skrad, kojom se gospodari preborno, imala je zvonoliku jednoslojnu strukturu šume, što implicira odsutnost prirodnog pomlatka. Nasuprot tome, demonstracijska ploha 30 - La Verna, negospodarena šuma, imala je j-oblikovanu dvoslojnu šumsku strukturu.

Negospodarene plohe imale su najveći volumen mrtvog drveta i mnogo saproksilnih mikrostanista, posebno oko starih stabala. Sve istraživane plohe bile su mješovite jelove sastojine. Pretpostavljamo da preborno gospodarenje najbolje održava bioraznolikost oponašajući uvjete stare šume i potiče prirodnu obnovu, čime se povećava genetska raznolikost i prilagodba klimatskim promjenama. Razvili smo model koji se fokusira na ključne indikatore kao što su mrtvo drvo, mikrostanista i raznolikost vrsta kako bi prikazala bioraznolikost te se dale smjernice za održivo gospodarenje šumama. Podaci o genetskoj raznolikosti i raznolikosti tla isključeni su iz korisničkog obrasca zbog poteškoća u opažanju (Tablica 1.6.1.).

Tablica 1.6.1. Opis odabranih pokazatelja koji pomažu korisnicima opisati stanje sastojine

Categories	Indicators	Description
Forest structure	DBH standard deviation	Variability in tree DBH within the stand
	Percentage of trees in the regeneration layer	Presence of the target species natural regeneration
Deadwood	DBH class distribution curve	Complexity of horizontal and vertical forest structure
	No. of population strata	
	Standing deadwood presence	Description the presence of deadwood functioning as microhabitat
Species diversity	Coarse woody debris	
	Species richness	Number of all species present in the stand regarding both the presence of adults' individuals and regeneration
Microhabitat	Percentage of non-target individuals regeneration	
	Percentage of individuals with cavities	Presence of key microhabitat form for biodiversity
	Percentage of individuals with Injuries and wounds	
	Percentage of individuals with Deformation	

Ispod je naveden primjer obrasca koji predstavlja sastavljeni obrazac temeljen na stvarnim podacima dobivenim na demonstracijskoj plohi 07 - Tre Termini (Slika 1.6.1.).

Scheda di valutazione della popolazione forestale - Simulation Site 07 (Tre Termini)				
Forest management	Real Data	Indicator-specific score	Implication for Management	
Forests should be managed in a way to preserve their multifunctional role (ecological, social and productive forest functions). This can be achieved only through maintenance of healthy forests and their biodiversity, protection of its natural fertility and water sources as well as other beneficial functions of forests in the water and carbon cycle, sustainable supply of wood and other products from forest, profit and employment.	Single tree selection thinning			
Forest structure indicator	Real Data	Indicator-specific score	Implication for Horizontal and Vertical Forest structure	
Forest structure is both a product and driver of ecosystem processes and biological diversity. Changes in forest structure as a result of management for timber production have undesirable consequences for other components of forest ecosystems	Structural indicator			
	DBH Standard deviation	33,3	Score 1 (DBH SD < 10) Score 2 (10 ≤ DBH SD < 20) Score 3 (DBH SD > 20)	Results from associated parameters
	Refers to % of trees in regeneration layer (including DBH less than 10 cm)	74,9	Score 1 (% Reg < 15) Score 2 (15 ≤ % Reg < 30) Score 3 (30 ≤ % Reg < 50) Score 4 (% Reg ≥ 50)	Score 1 (Single forest structure without simulation) - From 4 to 6 Score 2 (Simplified forest structure with simulation or Complex forest structure without simulation) - From 7 to 8
	Curve of DBH class distribution	J-shaped	Score 1 (J-shaped) Score 2 (Multi-modal) Score 3 (Z-shaped)	Score 3 (Complex forest structure with simulation) - From 9 to 11
	N° of strata (stratification of population)	Tri-modal	Score 1 (One-modal) Score 2 (Bi-modal) Score 3 (Tri or Multi-modal)	Score 4 (Complex forest structure with simulation present in the total area) - From 12 to 13
Productivity indicators	Real data	Indicator-specific score	Implication for population biodiversity	
Forest site productivity is the production that can be realized at a certain site with a given genotype and a specified management regime. Site productivity depends both on natural factors inherent to the site and on management related factors.	Growing stock (m³/ha)	300-400 m³/ha	In managed stands, the minimum growing stock should be around 300-350 m³/ha. This might be applicable for shade tolerant species	
Biodiversity indicators	Real data	Indicator-specific score	Implication for stand biodiversity	
Standing deadwood (including snags) presence	Deadwood indicators			
	Standing deadwood (including snags) presence	Presence	Score 1 (Absence of standing deadwood) Score 2 (Presence of standing deadwood)	Results from associated parameters Score 1 (Total absence of deadwood) - 2 point
	Coarse woody debris	Absence	Score 1 (Absence of Coarse woody debris) Score 2 (Presence of Coarse woody debris)	Score 2 (Presence of standing deadwood or Coarse woody debris) - 3 point Score 3 (Presence of various type of deadwood) - 4 point
Species richness (presence of individual of non-target species)	Species diversity indicators			
	Species richness (presence of individual of non-target species)	Presence	Score 1 (Absence of other species) Score 2 (Presence of other species)	Results from associated parameters Score 1 (Monospecific site) - 2 point
	% of non-target individuals in the smallest diameter class (10 cm)	1,8	Score 1 (% Reg < 15) Score 2 (15 ≤ % Reg < 30) Score 3 (30 ≤ % Reg < 50) Score 4 (% Reg ≥ 50)	Score 2 (Sprawled species with none or low regeneration) - 3 point Score 3 (Sprawled species with high regeneration) - 4 to 6 point
% of individuals with cavities	Microhabitat indicators			
	% of individuals with cavities	17,9	Score 1 (% Ind. ≤ 15%) Score 2 (15% < % Ind. ≤ 50%) Score 3 (% Ind. > 50%)	Results from associated parameters Score 1 (Absence of low number of microhabitat) - 3 point
	% of individuals with injuries and wound	9,1	Score 1 (% Ind. ≤ 15%) Score 2 (15% < % Ind. ≤ 50%) Score 3 (% Ind. > 50%)	Score 2 (Sprawled to consistent presence of microhabitat) - 4 to 6 point
	% of individuals with deformation	11,7	Score 1 (% Ind. ≤ 15%) Score 2 (15% < % Ind. ≤ 50%) Score 3 (% Ind. > 50%)	Score 3 (High presence of microhabitat) - 7 to 9 point
Final Score: 10				

Slika 1.6.1. Primjer obrasca za ocjenu šumskih populacija s podacima demonstracijske plohe 07 - Tre Termini.

6. Preporuke za održivo gospodarenje šumama obične jele *Abies alba* Mill.

Andrej Breznikar¹, Hojka Kraigher², Davide Travaglini³, Cesare Garosi³, Cristina Vettori^{3,4}, Donatella Paffetti³, Roberta Ferrante^{3,5}, Natalija Dovč¹, Rok Damjanič¹, Marjana Westergren¹, Marko Bajc¹, Kristina Sever¹

¹ Slovenia Forest Service (SFS), Slovenia

² Slovenian Forestry Institute (SFI), Slovenia

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

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

⁵ NBFC, National Biodiversity Future Center, Italy

Preporuke za održivo gospodarenje šumama obične jele (*Abies alba* Mill.):

- Zbog značajnih razlika u rastu stabala jele, kao i u ekologiji pomlatka, smjernice u vezi s uzgajanjem, ciklusima sječe i ciljanim dimenzijama moraju se prilagoditi tipu šume, uvjetima na lokaciji i stanju sastojina.
- Preborno gospodarenje i oplodne sječe na malim površinama najprikladnije su za gospodarenje jelovim sastojinama.
- Kod prebornog gospodarenja s kontinuiranom sječom u intervalima od 5 do 15 godina održavaju se optimalna drvena zaliha i uvjeti sastojina koji su povoljni za pomladak jelovih stabala.
- Kod oplodnih sječa na malim površinama potrebno je dulje pomladno razdoblje (> 30 godina) za uspješno pomlađenje i velike dimenzije stabala jele. To znači da u područjima gdje želimo promicati stabla jele, postupno i dugoročno reguliramo svjetlosne uvjete uklanjanjem stabala iz nadstojne etaže. U područjima gdje su ciljevi obnove različiti, pomlađenje je moguće u kraćem pomladnom razdoblju i na većim površinama. Takva metoda zahtijeva pažljivo i diferencirano planiranje gospodarenja šumama. Kontinuirana sječa i stalna, ali prostorno ograničena obnova također su važni kod sječa na malim površinama.
- Doprinos obnovi jele u područjima koja su obnovljena bukvom postiže se očuvanjem vitalne (mlade) nadstojne etaže stabala jele (Wolf i sur., 2010).
- Zbog dugih perioda pomladnih razdoblja u sastojinama jele, potrebno je pomlađenje započeti ranije nego u slučaju vrsta drveća s kratkim pomladnim razdobljima.
- Velike razlike u rastu stabala iste dimenzije ukazuju na potrebu donošenja odluka o sječi na razini pojedinačnih stabala (ZGS, 2021).
- Obnova sastojina trebala bi se odvijati na malim površinama jer to omogućuje pomlađivanje ključnih vrsta drveća.
- Problemi s pomlađivanjem mogu se pojaviti prilikom obnove na velikim površinama nakon prirodnih katastrofa. U tim slučajevima potrebno je intenzivirati pripremu staništa za prirodnu obnovu i obnovu obaviti sadnjom.
- U područjima s visokim rizikom od šteta od divljači, zaštita je ključna za pomlađenje obične jele (npr. zaštita pojedinačnih stabala ili zaštita grupa stabala ogradama; zaštita repelentima).
- Sanitarna sječa trebala bi biti redovita i brza - sva stabla teško oštećena i stabla napadnuta štetnicima i bolestima (npr. bijelom imelom, ledolomom, rakom jele) trebaju biti uklonjena.
- Najčešća mjera njege u mladim sastojinama postupno je uklanjanje grmlja i predrasta uz istovremeno reguliranje omjera ciljanih vrsta drveća u šumama.
- Proizvodne sastojine jele zahtijevaju intenzivnije prorjeđivanje, posebno mlađih razvojnih faza (intenzitet između 20 i 25 %). Prorjeđivanje mora biti rano i usmjereno na reguliranje sastava drveća i jačanje stabilnosti sastojina. Posebnu pažnju treba posvetiti tijekom prorjeđivanja kako bi se osigurala stabilnost sastojina i očuvala listopadna stabla u sušim dijelovima šumskih sastojina. Prorjeđivanje srednje starih sastojina treba se vršiti intenzitetom između 15 i 20 %.
- U šumama posebne namjene, sječa bi trebala biti usmjerena na očuvanje strukture šume suklad-

no namjeni za koju se koristi.

- U zrelim sastojinama intenzitet prorjede trebao bi biti manji (između 10 i 15 % drvene zalihe) i ne bi trebao stvarati veće progale.
- Važno je skratiti proizvodni period u sastojinama jele (sječa stabala jele kada prirast počne opadati, tj. između 80 i 100 godina).
- Uravnotežena struktura sastojina kojima se gospodari preborno mnogo je otpornija na negativne abiotičke čimbenike od jednodobne strukture. Stoga ima smisla pretvoriti jednodobne sastojine u preborne. Prevođenje prorjeđivanjem (rekultivacija sastojine) trebalo bi započeti što je ranije moguće, čime će se osloboditi krošnje za odabrana stabla i stvoriti mreža stabala koja podržava stabilnost sastojine.
- Tijekom prevođenja u drugi šumsko-uzgojni oblik posebna pažnja posvećuje se vrstama drveća koje imaju melioracijski učinak, što neizravno poboljšava i povećava proizvodnju šume. Osobito su važne vrste drveća koje kombiniraju melioracijsku funkciju i istovremeno imaju ekonomsku vrijednost (bukva, javor, brijest, jasen, lipa, crni jasen, divlja trešnja, divlja kruška, ariš, kesten, crni orah, topola itd.).
- Krajobrazna genomika ključna je za procjenu neutralne i adaptivne genetske raznolikosti za razumijevanje utjecaja lokalne adaptacije u populacijama.
- Poznavanje genetske varijabilnosti iz adaptivnog aspekta može poboljšati odluke o upravljanju šumama i unaprijediti napore u potpomognutoj migraciji. To je ključno za očuvanje genetskih resursa šuma (FGR) i obogaćivanje sastojina s povoljnim genotipovima, osiguravajući otpornost šuma i genetsku raznolikost.
- Za sastojine obične jele preporučujemo manje intenzivne oblike gospodarenja, kao što je preborno gospodarenje, koje su povezane s populacijama koje imaju veliki broj alelnih varijanti kao odgovor na okolišne varijable.
- Praćenje i proučavanje biološke raznolikosti u svim njezinim komponentama ključno je za razumijevanje otpornosti šumskog ekosustava. Stoga je važno prikupiti informacije o genetskoj raznolikosti, strukturi šume, mrtvom drvu, raznolikosti tla i uvjetima mikrostaništa.
- Za sastojine obične jele koje su pokazale slične karakteristike kao one uključene u naše istraživanje, predlažemo korištenje oblika gospodarenja koji povećava složenost šumskih sastojina s višeslojnom vertikalnom strukturom koja olakšava raspršivanje peludi, promiče genetsku raznolikost i povećava nove alelne varijante ključne za prilagodbu klimatskim promjenama. U našem istraživanju te karakteristike nalaze se u sastojinama kojima se gospodari preborno.
- Korištenje GenBioSilvi modela može podržati korisnike šuma u provjeri stanja biološke raznolikosti sastojina i pružiti smjernice za održivo gospodarenje šumama. Naime, identificirali smo ključne indikatore koji neizravno opisuju genetsku raznolikost i predstavljaju biološku raznolikost, fokusirajući se na mrtvo drvo, mikrostaništa i raznolikost vrsta. Koncentrirali smo se na vidljive ključne indikatore za opis stanja istraživane sastojine.

Među mjerama s kojima možemo doprinijeti očuvanju stabala jele u klimatski nestabilnom okruženju su:

- selektivno prorjeđivanje koje može omogućiti razvoj stabala jele u jednodobnim sastojinama,
- mjere njege u mlađim sastojinama u kojima možemo povećati broj stabala jele reguliranjem omjera vrsta i kasnije pozitivnim odabirom,
- sadnja stabala jele pod krošnjama (npr. u kulturama smreke),
- održavanje progala unutar šuma, održavanje strukturiranog rubnog dijela šume i dovoljna proporcija matičnih stabala.
- Genetska varijabilnost jele jedan je od najvažnijih čimbenika u njezinu odgovoru na klimatske promjene (Oggioni, 2024), budući da se prilagodljivost i rast stabala mogu razlikovati ovisno o njihovom podrijetlu. Održivo gospodarenje sastojinama jele trebalo bi podržati njihov prirodni migracijski i adaptacijski proces pomoću potpomognute migracije, odobrenim miješanjem te sadnjom odabranih testiranih provenijencija na najpovoljnijim mjestima za budućnost.

References

- Abies (2016). The 15th international conference on ecology and silviculture of fir. Bringing knowledge on Fir species together. Conference proceedings, 56 p. -http://www.iufro.org/download/file/26518/1404/10109-abies2016-sapporo-abstracts_pdf/.
- 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. (eds.) (2020). Manual for Forest Genetic Monitoring. Slovenian Forestry Institute: Silva Slovenica Publishing Centre, Ljubljana.
- Carrer, M., Nola, P., Motta, R., & Urbinati, C. (2010). Contrasting tree-ring growth to climate responses of *Abies alba* toward the southern limit of its distribution area. *Oikos*, 119(9), 1515-1525. <http://www.jstor.org/stable/20779075>
- Čater M., Diaci J. (2020). Forest management - silvicultural systems. In: *Forests and forestry in Slovenia*. Ed: Čater M., Železnik P., Slovenian Forestry Institute, The Silva Slovenica Publishing Centre, 120 p.
- D'Aprile D., Vacchiano G., Meloni F., Garbarino M., Motta R., Ducolim V., Partel P. (2020). Effects of Twenty Years of Ungulate Browsing on Forest Regeneration at Paneveggio Reserve, Italy. *Forests*, 11: 612. doi:10.3390/f11060612
- Excoffier L, Ray N. (2008). Surfing during population expansions promotes genetic revolutions and structuration. *Trends Ecol Evol*. Jul;23(7):347-51. doi: 10.1016/j.tree.2008.04.004. PMID: 18502536.
- Excoffier, L., Hofer, T. & Foll, M. (2009), Detecting loci under selection in a hierarchically structured population. *Heredity* 103, 285-298. <https://doi.org/10.1038/hdy.2009.74>
- Forest management by mimicking nature, How to conserve forests by using them. 2014. Slovenia Forest Service: 27 p.
- Forgenius (2023). Deliverable D4.3: Synthetic index of genome-wide diversity and other adaptive potential estimators for a subset of the selected GCUs/species.
- GenTree (2020). Deliverable D1.5: Report characterizing the genetic diversity of the European Conservation Network and monitoring strategies.
- Guillot G., Mortier F., Estoup A. (2008). Analysing georeferenced population genetics data with Geneland: a new algorithm to deal with null alleles and a friendly graphical user interface. *Bioinformatics* 24:1406-1407. <http://dx.doi.org/10.1093/bioinformatics/btn136>.
- Hafner B., Cerne B., Stergar M., Poljanec A. (2020). Analiza stanja poškodovanosti gozdnega mladja od rastlinojede parkljest divjadi v letih 2010, 2014, 2017 in 2020/Analysis of the state of damage to forest natural regeneration by ungulate herbivores in years 2010, 2014, 2017 and 2020. Zavod za gozdove Slovenije, 104 p.
- Horsley S.B., Stout S.L., DeCalstea D.S. (2003). White-tailed deer impact on the vegetation dynamics of a northern hardwood forest. *Ecological Applications* 13: 98-118. doi: 10.1890/1051-0761.
- Kavaliauskas et al. (2020). Guidelines for genetic monitoring of Silver fir (*Abies alba* Mill.) and King Boris fir (*Abies borisii-regis* Mattf.). In: Bajc et al. (eds) Manual for Forest Genetic Monitoring. Slovenian Forestry Institute: Silva Slovenica Publishing Centre, Ljubljana.
- Kraigher H., Bajc M., Božič G., Brus R., Jarni K., Westergren M. (2019). Forests, forestry and the Slovenian forest genetic resources programme. In: *Forests of Southeast Europe under a changing climate* (Šijačić-Nikolić M., Milovanović J., Nonić M. eds.). Springer International Publishing. pp. 29-47. https://doi.org/10.1007/978-3-319-95267-3_3.
- Kraigher H. (2024). Ohranjanje gozdnih genskih virov s semenarskim praktikumom. Založba Univerze v Mariboru (v tisku).
- Oggioni S.D., Rossi L.M.W., Avanzi C., Marchetti M, Piotti A., Vacchiano G. (2024). Drought responses of Italian silver fir provenances in a climate change perspective. *Dendrochronologia*, 85. <https://doi.org/10.1016/j.dendro.2024.126184>.
- Paffetti, D., Travaglini, D., Buonamici, A., Nocentini, S., Vendramin, G., Giannini, R., Vettori, C. (2012), The influence of forest management on beech (*Fagus sylvatica* L.) stand structure and genetic diversity, *Forest Ecology and Management*, Volume 284, Pages 34-44, ISSN 0378-1127. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2012.07.026>.
- Piotti A., Leonarduzzi C., Postolache D., Bagnoli F., Spanu I., Brousseau L., Urbinati C., Leonardi S., Vendramin GG. (2017). Unexpected scenarios from Mediterranean refugial areas: disentangling complex demographic dynamics along the Apennine distribution of silver fir. *Journal of Biogeography*, 44: 1547-1558.
- 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.
- Prpic B. (ed.) (2001). Silver fir in Croatia. Hrvatske šume p.o, Zagreb: Akademija šumarskih znanosti. Zagreb, Croatia, 895 p.
- Regent B. (1980). Šumsko sjemenarstvo. Jugoslovenski poljoprivredno-šumarski centar, Beograd.
- Reilstab, C., Gugerli, F., Eckert, A.J., Hancock, A.M. and Holderegger, R. (2015). A practical guide to environmental association analysis in landscape genomics. *Mol Ecol*, 24: 4348-4370. <https://doi.org/10.1111/mec.13322>
- Schulze E.D., Bouriaud O., Wäldchen J., Eisenhauer N., Walentowski H., Seele C., Heinze E., Pruschitzki U., Danila G., Marin G., Hessenmöller D., Bouriaud L., Teodosiu M. (2014). Ungulate browsing causes species loss in deciduous forests independent of community dynamics and silvicultural management in Central and Southeastern Europe. *Annals of Forest Research* 57(2): 267-288. doi: 10.15287/afr.2014.273.
- Scotti-Saintagne C., Boivin T., Suez M., Musch B., Scotti I., Fady B. (2021). Signature of mid-Pleistocene lineages in the European silver fir (*Abies alba* Mill.) at its geographic distribution margin. *Ecol Evol.*, 11(16): 10984-10999. doi: 10.1002/ece3.7886.
- Sillanpaa, M.J. (2011), On statistical methods for estimating heritability in wild populations. *Molecular Ecology*, 20: 1324-1332. <https://doi.org/10.1111/j.1365-294X.2011.05021.x>
- Stiers, M., Willim, K., Seidel, D., Ehbrecht, M., Kabal, M., Ammer, C., Annighöfer, P. (2018), A quantitative comparison of the structural complexity of managed, lately unmanaged and primary European beech (*Fagus sylvatica* L.) forests, *Forest Ecology and Management*, Volume 430, Pages 357-365, ISSN 0378-1127. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2018.08.039>.
- Teodosiu M., Mihai G., Fussi B., Ciocîrlan E. (2019). Genetic diversity and structure of Silver fir (*Abies alba* Mill.) at the southeastern limit of its distribution range. *Ann. For. Res.*, 62: 139-156.
- Tremblay J.P., Hout J., Potvin F. (2007). Density-related effects of deer browsing on the regeneration dynamics of boreal forests. *Journal of Applied Ecology* 44: 552-562. doi: 10.1111/j.1365-2664.2007.01290.x.
- USDA (2008). The Woody Plant Seed Manual. United States Department of Agriculture, Forest Service, Agriculture Handbook 727. Washington D. C., USA.
- Wolf H., Westergren M., Poljanec A., Kraigher H. (2010). Tehnične smernice za ohranjanje in rabo genskih virov: bela jelka: *Abies alba*. *Gozd vestn.*, 68(10): p. 485-490.
- ZGS (2021). Usmeritve za gospodarjenje z gozdovi po skupinah gozdnih rastiščnih tipov. Internal publication. Slovenia Forest Service, Ljubljana, Slovenija, 236 p.



Projektni partneri

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

Croatian Forest Research Institute (CFRI), Croatia

D.R.E.A.M., Italy

Ente Parco Regionale Migliarino San Rossore Massaciuccoli (MSRM), Italy

Slovenian Forestry Institute (SFI), Slovenia

Slovenia Forest Service (SFS), Slovenia

Unione dei Comuni Montani del Casentino (UCCAS), Italy

Autori

DAGRI-UNIFI: Cristina Vettori (IBBR-CNR), Roberta Ferrante, Cesare Garosi, Francesco Parisi, Davide Travaglini, Donatella Paffetti

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

MSRM: Francesca Logli

SFI: Marko Bajc, Rok Damjanič, Natalija Dovč, Tijana Martinović, Tanja Mrak, Tina Unuk Nahberger, Nataša Šibanc, Marjana Westergren, Hojka Kraigher

SFS: Andrej Breznikar, Kristina Sever

Trajanje projekta

01/09/2019 - 31/08/2024

Vrijednost projekta i EU financiranje

Total project budget: 2,976,245 €

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

Kontakt

Koordinator i znanstveno odgovorna osoba projekta

Donatella Paffetti - DAGRI-UNIFI

Via Maragliano, 77

50144 Firenze

Italy

donatella.paffetti@unifi.it

Projektni manager

Cristina Vettori - IBBR-CNR

Via Madonna del Piano, 10

50019 Sesto Fiorentino (FI)

Italy

cristina.vettori@cnr.it

Komunikacijski manager

Davide Travaglini - DAGRI-UNIFI

Via San Bonaventura, 13

50145 Firenze

Italy

davide.travaglini@unifi.it

WEB stranica

<https://www.lifesystemic.eu>



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
FIRENZE
DAGRI
DEPARTMENT OF AGRICULTURE,
FOOD, ENVIRONMENT AND
FORESTRY



Zavod za gozdoe Slovenije
Slovenia Forest Service



CASENTINO
UNIONE DEI COMUNI MONTANI



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

Details on how to cite the content

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

Text, photos, images, illustrations

You are allowed to use the text, photos, images, and illustration reported within the Guidelines for Sustainable Forest Management of Silver fir (*Abies alba* Mill.), but acknowledgements to LIFE SySTEMiC project must be provided reporting the link to website of the project in the case of presentations/publications, and cited as Guidelines for Sustainable Forest Management of Silver fir (*Abies alba* Mill.), pages 22, (www.lifesystemic.eu). ISBN: 978889578858.



Graphics Arts & altro Grafica



See details

LIFEsystemic © 2020 | All Rights Reserved

