

## **ZAKLJUČNO POROČILO RAZISKOVALNEGA PROJEKTA (Priloga 1)**

“Naravna obnova in nega gozdov, ogolelih po velikopovršinskih ujmah: usklajevanje ekoloških, ekonomskih in gozdarsko-političnih vidikov”

*“Natural regeneration and tending of forests following large-scale disturbances: harmonization of ecological, economic and forest policy aspects”*

**Avtorji:** Jurij Diaci, Gal Fidej, Dušan Roženberger, Tomaž Adamič, Robert Brus, Milan Šinko, Matjaž Čater, Blaž Fricelj, Tim Pirc, Tine Ferk, Andrej Rozman

**Financerja:** Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano in Javna agencija za raziskovalno dejavnost

**Odgovorni nosilec projekta:** Jurij Diaci

**Obdobje izvajanja:** 1.11.2020 - 31.10.2023

## Kazalo vsebine

<b>Kazalo vsebine</b> .....	<b>2</b>
<b>Kazalo slik</b> .....	<b>4</b>
<b>Kazalo tabel</b> .....	<b>5</b>
<b>Povzetek</b> .....	<b>6</b>
<b>Summary</b> .....	<b>12</b>
<b>1 Uvod</b> .....	<b>18</b>
<b>2 Presoja uspešnosti obnove gozda</b> .....	<b>18</b>
2.1 Opis problema in ciljev.....	18
2.2 Kratak povzetek ključnih ugotovitev iz literature.....	18
2.3 Uporabljene metode dela.....	20
2.4 Rezultati raziskave.....	22
2.5 Razprava, zaključki in priporočila naročniku.....	25
2.6 Citirana literatura.....	26
<b>3 Vzroki nezadostne naravne obnove</b> .....	<b>29</b>
3.1 Opis problema in ciljev.....	29
3.2 Uporabljene metode dela.....	31
3.2.1 Asimilacijska učinkovitost (F) in preskrba s hranili.....	32
3.2.2 Številčnost mladja.....	32
3.3 Rezultati raziskave.....	32
3.3.1 Setev jelovih semen.....	37
3.4 Razprava, zaključki in priporočila naročniku.....	38
3.4.1 Priporočila naročniku.....	40
3.5 Citirana literatura.....	41
<b>4 Napovedovanje uspešnosti obnove gozda</b> .....	<b>45</b>
4.1 Opis problema in ciljev.....	45
4.2 Uporabljene metode dela.....	46
4.2.1 Opis modela ForClim.....	46
4.2.2 Podatki za parametriziranje in evaluacijo modela.....	46
4.2.3 Trajne raziskovalne ploskve.....	47
4.2.4 Simuliranje gojenja gozdov.....	48
4.2.5 Podatki o rastišču in podnebjju.....	48
4.3 Rezultati.....	50
4.3.1 Dolgoročna simulacija razvoja sestoja iz »golih tal«.....	50

4.3.2	Primerjava dejanskega stanja 10 let po simulaciji iz golih tal .....	52
4.3.3	Simulacija razvoja sestoja iz podatkov stalnih vzorčnih ploskev .....	53
4.3.4	Primerjava prisojnega in osojnega območja z gospodarjenjem .....	55
4.4	Razprava zaključki in priporočila naročniku .....	56
4.5	Citirana literatura.....	57
<b>5</b>	<b>Novi načini obnove gozda .....</b>	<b>59</b>
5.1	Opis problema in ciljev .....	59
5.2	Uporabljena metoda dela.....	60
5.3	Rezultati raziskave .....	62
5.4	Razprava zaključki in priporočila naročniku .....	67
5.5	Citirana literatura.....	70
<b>6</b>	<b>Nega mladega gozda po ujmah .....</b>	<b>72</b>
6.1	Opis problema in ciljev .....	72
6.2	Uporabljene metode dela.....	72
6.2.1	Pregled literature na temo različnih načinov redčenj.....	72
6.2.2	Razvoj metode za oceno zasnove in uspešnost pomlajevanja sestojev v razvojni fazi letvenjaka .....	73
6.2.3	Primerjava izbiralnega in situacijskega redčenja .....	73
6.3	Rezultati .....	74
6.3.1	Pregled literature na temo različnih načinov redčenj.....	74
6.3.2	Razvoj metode za oceno zasnove in uspešnost pomlajevanja sestojev v razvojni fazi letvenjaka .....	77
6.3.3	<i>Primerjava izbiralnega in situacijskega redčenja</i> .....	78
6.4	Razprava, zaključki in priporočila naročniku .....	81
6.4.1	Razvoj metode za oceno zasnove in uspešnost pomlajevanja sestojev v razvojni fazi letvenjaka .....	81
6.4.2	Primerjava izbiralnega in situacijskega redčenja.....	82
6.5	Citirana literatura.....	82
<b>7</b>	<b>Izboljševanje sistema obnove in nege ter gozdarsko-politični ukrepi.....</b>	<b>84</b>
7.1	Opis problema in ciljev .....	84
7.1.1	Povzetek ključnih ugotovitev iz literature .....	84
7.2	Uporabljena metoda dela.....	85
7.3	Rezultati raziskave .....	86
7.3.1	Gozdna politika na področju obnove in nege gozdov.....	86
7.3.2	Količinski vidiki.....	87

7.3.3	Postopkovni vidiki izvajanja sofinanciranja nege gozdov v Zavodu za gozdove RS	88
7.3.4	Lekcije iz tujine.....	88
7.3.5	Izvedba nege gozdov na terenski ravni .....	89
7.4	Razprava, zaključki in priporočila naročniku .....	91
7.5	Citirana literatura.....	92
<b>8</b>	<b>Prenos izsledkov v prakso in upravljanje projekta .....</b>	<b>94</b>
8.1	Razprava, zaključki in priporočila naročniku .....	97
<b>9</b>	<b>Najpomembnejše objave izsledkov projekta s povzetki zanimivimi za naročnika in uporabnike.....</b>	<b>97</b>
9.1	Znanstveni članki .....	97
9.2	Strokovni članki .....	102
9.3	Diplomske naloge.....	104
9.4	Magistrske naloge .....	106
9.5	Ostali družbenoekonomski dosežki: Strokovni prispevki, predavanja, posterji .....	109
<b>10</b>	<b>Morebitne priloge k poročilu .....</b>	<b>111</b>

## Kazalo slik

Slika 1.1:	Prikaz različne uspešnosti pomlajevanja v prebiralnih sestojih (Prirejeno po Duc, 1991). .....	19
Slika 1.2:	Primerjava različnih metod za preverjanje uspešnosti pomlajevanja. ....	25
Slika 2.1:	Potreben sanitarni posek zaradi žleda (2014, levo) in vetroloma (2017/18, desno); vir: Zavod za gozdove Slovenije.....	30
Slika 2.2:	Lokacija vzorčnih ploskev prizadete zaradi žleda (1-4) in vetroloma (5-7).....	31
Slika 2.3:	Asimilacijska učinkovitost prevladujočih drevesnih vrst mladja po žledu (levo) in vetrolomu (desno). Na vseh lokacijah je bilo zadnje meritveno obdobje poletje 2022.....	34
Slika 2.4:	F v opazovanih kategorijah potencialne intenzitete sevanja na lokacijah, ki jih je prizadel žled (levo) in vetrolom (desno). Črtkane oznake prikazujejo enake vrednosti F med bukvijo in jelko, točkaste oznake vrednosti med jelko in smreko ter polne črte vrednosti med gorskim javorjem in jelko. ....	35
Slika 2.5:	Vznik na stalnih lokacijah po žledu in vetrolomu - zmanjševanje števila v %. ....	37
Slika 2.6:	Spremembe deleža vrst po vetrolomu. ....	37
Slika 3.1:	Simulacija temeljničnega stanja na prisojnim pobočju iz golih tal.....	50
Slika 3.2:	Simulacija temeljničnega stanja na osojnim pobočju iz golih tal .....	51
Slika 3.3:	Primerjava gostote dreves 10 in 20 let po ujmi z modelom iz golih tal .....	52
Slika 3.4:	Primerjava simulacije 100 let dejanskega stanja, ločenega na osojno in prisojno pobočje.....	53
Slika 3.5:	Simulacija z upoštevanjem klimatskih sprememb.....	54
Slika 3.6:	Simulacija s trikratnim 25 % redčenjem v prvih 30 letih. ....	55
Slika 4.1:	Uspešna saditev duglazije (levo) in ena od ograjenih raziskovalnih vrzeli na ROP (desno).....	60

Slika 4.2: Gostote in poškodovanost sajenega in naravnega mladja na ROV v treh stratumih (OS – ograjeno sajeno, NS – neograjeno sajeno in NN – neograjeno naravno).....	63
Slika 4.3: Gostote mladja in višinska struktura (desno zgoraj) izbranih drevesnih vrst glede na stratum.....	64
Slika 4.4: Za uspešno obnovo je redno izvajanje nege ključnega pomena. Na sliki raziskovalna ploskev na ROV pred (zgoraj) in po (spodaj) izvedeni negi .....	68
Slika 5.1: Prikaz predvidene (modro) in realizirane (rdeče) nege gozda za območje celotne Slovenije ter oceni trenda (Logar, 2023). .....	72
Slika 5.2: Slika prikazuje štiri raziskovalne ploskve, ki so razdeljene na 36 celic v katerih smo ocenjevali zasnovo in uspešnost pomlajevanja. Zelena barva kaže celice z izbrancem, ki je sproščen, rumena barva prikazuje celice, kjer je potrebna nega, rdeče pa prazne celice, brez izbranca ali dominantnega drevesa. ....	78
Slika 7.1: Levo prikaz švicarske mobilne aplikacije za izvedbo interaktivnega odkazila in desno uporaba aplikacije na terenu. ....	95
Slika 7.2: Delavnica za centralno enoto Zavoda za gozdove (19. 5. 2022) v Halozah.....	95

## **Kazalo tabel**

Tabela 2.1: Lastnosti raziskovalnih ploskev (referenčno obdobje 1990-2020, vir: ARRS)....	31
Tabela 2.2: Število osebkov mladja po žledu in vetrolomu. ....	36
Tabela 3.1: Vhodni rastiščni podatki za prisojno in osojno lego .....	49
Tabela 3.2: Vhodni meteorološki podatki za klimatske spremembe .....	49
Tabela 4.1: Gostote in deleži dobro vitalnih dreves sajenega mladja na ROV na raziskovalnih ploskvah OS in NS.....	62

## **Povzetek**

V svetu se v zadnjih desetletjih povečujeta jakost in pogostost skrajnostnih vremenskih pojavov. Hkrati so gozdovi zaradi spremenjene zgradbe, onesnaženja okolja, opuščanja nege in posledično staranja, vse manj odporni na naravne ujme, npr. vetrolome in namnožitve žuželk. Razmere se bodo v prihodnosti zaostrovale zaradi okoljskih sprememb in nadaljnega opuščanja gospodarjenja z gozdovi. Da bi preprečili nazadovanje ekosistemskih storitev, je potrebno izboljšanje načinov sanacij gozdov po ujmah. Ujme zadnjega desetletja so prizadele velike površine gozdov, ki bodo večinoma obnovljene po naravni poti; naravna obnova in nega ogolelih površin zahtevata prilagojene načine načrtovanja in izvajanja gojenja gozdov ter gozdarske politike. V Sloveniji se obnova in nega gozdov ne izvajata v fizičnem obsegu, ki je določen z gozdnogospodarskimi načrti ali je potreben zaradi sedanje in prihodnjih sanacij gozdov po velikopovršinskih ujmah. Vrzeli med sedanjim izvajanjem obnove in cilji oz. potrebami po obnovi gozdov lahko opredelimo kot gozdnopolitični problem, ki zahteva ukrepanje javnopolitičnih odločevalcev. Vzrok za nastanek vrzeli so lahko ukrepi gozdne politike in/ali njihovo izvajanje, kar vodi k potrebi po spremembah gozdne politike na področju obnove in nege gozdov.

Namen projekta je bil izboljšati obnovo in nego gozdov po velikopovršinskih ujmah, tako z vidika gojitvenih in tehnoloških pristopov kot tudi z vidika organizacije in gozdarske politike. V sklopu projekta smo zasledovali naslednje cilje: razviti evropsko primerljiv način presoje uspešnosti naravne obnove in obnove s sadnjo z uporabo preverljivih kriterijev; analizirati vzroke nezadostne naravne obnove in razviti model napovedovanja obnove; preizkusiti racionalnejše načine dopolnjevanja naravnega mladja; zbrati dosedanje domače in tuje izkušnje z racionalizacijo nege mladega gozda po ujmah; izdelati priporočila za načrtovanje in izvajanje nege gozdov, ki so bili obnovljeni po velikopovršinskih ujmah, izdelati ekološko-ekonomsko analizo novih načinov dopolnjevanja naravnega mladja in nege mladega gozda, preveriti učinkovitost sistema sofinanciranja obnove gozdov po ujmah in nege gozdov, povezano s poudarjenostjo ekoloških in socialnih funkcij gozdov in predlagati izboljšave ter izdelati predloge za spremembe in dopolnitve predpisov o gozdovih v delu, ki se nanaša na obnovo gozdov po velikopovršinskih ujmah in nego takšnih gozdov.

Delo na projektu se je odvijalo v sedmih delovnih sklopih (DS), ki smo jih oblikovali skladno z razpisanimi cilji projekta in so vsebinsko zaokroženi. V njih so sodelovali raziskovalci z

Oddelka za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani in raziskovalci Gozdarskega inštituta Slovenije. Poleg njih so bili v projekt, kot zunanji eksperti, vključeni sodelavci Zavoda za gozdove Slovenije in drugi strokovnjaki s področja naravne in umetne obnove ter nege gozdov s področja Slovenije in sosednjih držav.

V okviru DS1 smo pripravili pregled najpomembnejše evropske literature na temo metod preučevanja uspeha obnove gozda, analizirali uspeh umetne in naravne obnove na izbranih objektih in pripravili ustrezna priporočila. Umetno obnovo uporabimo samo tam, kjer naravna ni zadovoljiva. Naše raziskave na več objektih so pokazale, da je v primerjavi z naravno obnovo ob kakovostni izvedbi in nadaljnji negi tudi umetna obnova lahko uspešna, v določenih primerih celo uspešnejša. V takih primerih je vložek v umetno obnovo upravičen. Razvili smo štiri različne metode, ki bi jih lahko javna gozdarska služba uporabila pri presoji uspešnosti obnove ali snemanju stalnih vzorčnih ploskev. Stroške umetne obnove povečuje njena nizka uspešnost. Ugotavljamo, da je uspeh saditve marsikje preslab, zato bo treba v prihodnosti več pozornosti posvetiti kakovosti sadik in sprejetju ustreznih standardov, kontroli ravnanja s sadikami od izkopa do saditve in kakovosti saditve. Zaradi obstoječega načina sprotnega naročanja sadik je sistem zagotavljanja gozdnega reprodukcijskega materiala še vedno premalo odziven in težko zagotovi nemoteno preskrbo z zadostno količino sadik zelenih drevesnih vrst. Umetna obnova borovih nasadov na Krasu s plemenitimi listavci je smiselna in dosednji rezultati so spodbudni, saj je preživetje sadik šestih drevesnih vrst po devetih rastnih sezonah kar 56 %, pri najboljših vrstah celo nad 70 %, njihova kakovost pa je večinoma zadovoljiva. Pri umetni obnovi je v določenih primerih smiselno razmišljati tudi o uporabi tujerodnih drevesnih vrst, pri čemer pa je nujno upoštevati priporočila o uporabi ustrezne provenience in upoštevati nevarnost invazivnosti posameznih vrst.

V DS2 smo na lokacijah, ki jih je prizadel žled in vetrolom proučevali odzivnost prisotnega mladja jelke, smreke, bukve in gorskega javorja v različnih intenzitetah sevanja (stopnjah zastrtosti odraslega sestoja). Vzorec odziva je bil v obeh tipih velikopovršinskih ujm podoben, z večjo intenziteto poškodb in kasnejšo regeneracijo pri žledu, kot v vetrolomu. Zaradi rapidne spremembe in zmanjšanja konkurenčne sposobnosti jelke se je izmerjena točka enakovrednega odziva (konkurenčne moči) med posameznimi vrstami pomaknila v smer popolne zastrtosti in se še 8 let po ujmi ni vrnila v izhodiščno stanje. Izrazita in uspešna je regeneracija bukve in gorskega javorja.

Sukcesijski razvoj vegetacije na razgozdenih površinah je zahtevno oceniti, pri tem si lahko pomagamo s simulatorji vegetacijskega razvoja. V sklopu DS3 smo modelirali razvoj gozdne vegetacije z modelom vrzeli ForClim na vetrolomni površini Črnivec iz leta 2008. Za parametriziranje in validiranje modela smo uporabili podatke iz stalnih vzorčnih ploskev za obnovo gozda. Modeliranje se je pokazalo kot smiselno pri izbiri drevesnih vrst, ki so primerne za sanacijo gozda po ujmah. Model je kot primerni vrsti glede rastišča in klimatske ovojnice, poleg uporabljenih vrst, predlagal tudi macesen in rdeči bor glede na podnebje iz obdobja 1991-2020. Analiza prihodnjega razvoja gozda s podnebnimi spremembami je nakazala nazadovanje proizvodne sposobnosti sestojev na prisojni legi. Model je nakazal, da lahko upadanje proizvodne sposobnosti in gospodarsko tveganje omilimo z izpeljavo nege mladega gozda, pri kateri pospešujemo listavce. Inicializacija modela ForClim je sorazmerno preprosta in jo je mogoče izpeljati pri praktičnem delu ob določenem dodatnem znanju upravljanja z bazami podatkov. Potrebno je pripraviti podatke o obstoječem podnebjju, predvidenih spremembah podnebja in rastišču. Zaradi znanja potrebnega za uporabo programskega jezika je model uporaben za deležnike večje uporabe računalnika. Koristen bi bil tudi nadaljnji razvoj grafičnega vmesnika ForSim, ki olajša programiranje simulacij.

V sklopu DS4 smo proučevali nove načine obnove gozda. Umetna obnova vrst, ki sicer niso tipične za rastišča na katera jih vnašamo, je uspešna, če redno izvajamo nego in če so sadike zaščitene pred objedanjem. Nego izvajamo 2x letno in naj obsega vsaj čiščenje in obžetev vsaj 3-4 leta po saditvi. Med vrste, ki jih je mogoče uspešno vnašati na netipična rastišča z namenom povečevanja odpornosti na podnebne spremembe in hkrati povečevanja vrednosti gozda, sodijo graden, divja češnja, drobnica, lesnika, pa tudi tujerodna duglazija. Dobra alternativa vzgojenim sadikam so puljenke. V našem primeru so bile skoraj sto odstotno uspešne presaditve puljenk duglazije, zadovoljiv odstotek preživetja pa smo zabeležili pri hrastih graden in cer. Puljenke iz semenskih sestojev na krasu smo sadili v okolici Ljubljanskega vrha pri Vrhniku in v okolici Litije. Uspešna je bila tudi saditev puljenk bukve in smreke na visokogorskih rastiščih. Glede na rezultate prvih nekaj let po presaditvi so prilagoditvene kapacitete uporabljenih drevesnih vrst dovolj velike, da prenesejo presajanje ali saditev. Najpomembnejši dejavnik, ki močno vpliva na uspeh saditve je postopek sajenja in v primeru visokogorskih rastišč izbira primernih provenienc. V okviru projekta smo razvili podroben postopek presaditve, ki vključuje ravnanje in razmere pri pridobivanju puljenk, oceno kakovosti nabranega materiala v smislu vitalnosti in ohranjenosti korenin, transport puljenk in napotke za kakovostno saditev. Večina rezultatov več raziskav, ki so bile opravljene v okviru



DS4 kaže na to, da je saditev šele prva faza obnove gozda. Ali bo razvoj gozda po saditvi ali setvi uspešen in bo šel v smeri gozdnogojitvenih ciljev, pa je skoraj izključno odvisno od pogostosti in kakovosti izvedene nege mladega gozda. Večina investicij v obnovo je nesmiselna, če v načrtu ni predvidena nadaljnja nega in zagotovljena sredstva za njeno izvedbo. Obenem pa povečevanja pestrosti, odpornosti in sposobnosti okrevanja gozda na raziskovalnih območjih ni mogoče doseči brez zaščite proti objedanju. Najučinkovitejša je ograja, repelenti pa imajo slabše učinke. V načrtih obnove je nujno potrebno upoštevati tudi sredstva za zaščito, ker so sicer cilji gospodarjenja realno neuresničljivi.

V okviru DS5 smo izvedli pregled literature na tematiko različnih načinov nege. Primerjali smo situacijsko redčenje, redčenje šopov in skupin, redčenje spremenljive gostote in pri nas ustaljeno izbiralno redčenje. Navajamo usmeritve, kako redčenja kombinirati ter kako izbrati primeren način in program redčenj. Na temelju sinteze dosedanjih raziskav izpostavljamo, da so za utemeljeno izboljšanje načinov redčenj pomembni poskusi v naravi. Situacijsko nego smo večkrat predstavili strokovnim delavcem Zavoda za gozdove Slovenije, vključena je v območne gozdnogospodarske načrte. Situacijska nega je še posebej primerna za nego mladih gozdov, ki so nastali po ujmah. V delovnem sklopu smo izvedli več raziskav, tri so se ukvarjale s presojo razlik med tradicionalnim izbiralnim redčenjem in situacijskim redčenjem, dve z razvojem metode za oceno zasnove in uspešnosti pomlajevanja sestojev v razvojni fazi letvenjaka. Pri slednji smo razvili metodo, ki temelji na presoji uspešnosti obnove (delež obnovljene površine, ki je pokrita z mladim gozdom in delež pionirjev) ter zasnove in nege (prisotnost primernih dreves, ki lahko predstavljajo izbrance ter delež negovanih izbrancev). V treh raziskavah, kjer smo primerjali situacijsko nego s tradicionalnim izbiralnim redčenjem smo ugotovili, da situacijska nega bolje ohranja kolektivno stabilnost sestojev ob sočasnem sproščanju določenega števila izbrancev. Jakost redčenj je nekoliko manjša pri situacijskem redčenju kot pri izbiralnem, saj negujemo manjše število izbrancev in s tem odstranjujemo manj konkurentov, medtem ko je bila intenziteta redčenj (št. konkurentov na izbranca) nekoliko večja pri situacijskem redčenju. Časovna študija v OE Kranj v bukovih drogovnjakih kaže, da je bila poraba časa za odkazilo pri izbiralnem redčenju 3,7-krat večja kot pri izbiri pri situacijskem redčenju. Pri situacijskem redčenju smo pri delu z električno motorno žago porabili 3,8 krat manj energije kot pri izbiralnem redčenju.

V DS6 smo se osredotočili na izboljševanje sistema obnove in nege ter na gozdarsko-politične ukrepe. Glavni rezultati raziskave kažejo, da se obseg nege in obnove gozdov v zasebnih

gozdovih v Sloveniji zmanjšuje, kar je opazno v primerjavi z obdobjem pred političnimi spremembami leta 1991. Zakon o gozdovih določa, da je nega gozdov zakonsko obvezna, vendar se obseg izvajanja zmanjšuje. Prav tako so se v obravnavanem obdobju spreminjali podzakonski predpisi, ki urejajo financiranje in sofinanciranje vlaganj v gozdove, kar je vplivalo na izvajanje nege gozdov. Sistem financiranja in sofinanciranja v Sloveniji je razpršen med številne lastnike gozdov. Izvajanje nege gozdov v zasebnih gozdovih je odvisno predvsem od osebnih lastnosti revirnih gozdarjev, ki verjamejo v pomen nege gozdov za razvoj le-teh. Kljub temu se nega včasih ne izvaja zaradi različnih dejavnikov, kot so pomanjkanje časa in starosti lastnikov gozdov, slabe izkušnje s plačilom sofinanciranja in administrativnih postopkov. V tujini, kot na Švedskem in Finskem, Nemčiji, Avstriji in Švici, se financirajo ukrepi, ki presegajo zakonske obveznosti lastnikov gozdov, in se osredotočajo na javni interes, kot so podnebne spremembe in biotska raznovrstnost. V teh državah se sistem financiranja in sofinanciranja bolj usmerja v spodbujanje prostovoljnih ukrepov lastnikov gozdov. Skupno gledano, raziskava poudarja potrebo po poenostavitvi administrativnih postopkov, povečanju sredstev za financiranje nege gozdov, večjem sodelovanju med lastniki gozdov in revirnimi gozdarji ter spodbujanju ozaveščenosti o pomenu nege gozdov za trajnostno gospodarjenje z gozdovi v Sloveniji.

Namen DS7 je bil prenašanje izsledkov v prakso in upravljanje projekta. Izpeljali smo vse načrtovane aktivnosti: oblikovali smo spletno stran projekta, pripravili več novic za spletne in Facebook strani in poročali o projektu v različnih medijih (lokalna glasila, radio) ter izpeljali zaključno delavnico. Rezultate smo predstavili na Gozdarskih študijskih dnevih 2022 in na več posvetovanjih v tujini. V sklopu projekta je bilo izdelanih več zaključnih del, izsledke smo prenesli v pedagoški proces, kjer študentje uporabljajo stalne vzorčne ploskve, ki smo jih zastavili med izvajanjem projekta. Delavnice na temo situacijske nege, ki smo jih organizirali v sodelovanju z ZGS so se izkazale za uspešen način mreženja znanja med praktiki in stroko. Smiselno bi bilo takšne delavnice vpeljati v formalno obliko izobraževanja zaposlenih v gozdarskem sektorju.

Izsledki raziskave o preverjanju uspešnosti obnove, novih načinov obnove in negi mladega gozda po velikopovršinskih ujmah so uporabni za praktično delo. Vse nove metode smo preskusili v praksi. Za raziskovalno in pedagoško delo pa je zelo pomembna mreža trajnih raziskovalnih ploskev za obnovo in nego gozdov. Veliko znanj smo prenesli v prakso tudi na številnih terenskih delavnicah za praktike, s katerimi smo ustvarili povratno zanko med

praktičnim in raziskovalnim delom. Zaradi dolgoročnih razvojnih procesov v gozdovih in okoljskih sprememb, dokončni odgovori na obravnavano problematiko v času trajanja projekta niso mogoči, zato je pomembno nadaljevati z spremljanjem obnove in učinkov nege na stalnih vzorčnih ploskvah.

## Summary

The intensity and frequency of extreme weather events have been increasing globally in recent decades. At the same time, forests are becoming less resilient to natural hazards such as windstorms and insect infestations, due to their altered structure, environmental pollution, neglected tending and consequent ageing. Environmental change and further abandonment of forest management will exacerbate the situation in the future. To prevent the decline of ecosystem services, it is necessary to improve the way forests are restored after storms. The storms of the last decade have affected large areas of forests, which will mostly be restored naturally; natural regeneration and tending of damaged areas require adapted ways of planning and implementing silviculture and forestry policies. In Slovenia, forest regeneration and tending is not being carried out on the physical scale required by forest management plans or is necessary for current and future forest restoration following large-scale disasters. The gap between the current implementation of restoration and the objectives or needs of forest restoration can be identified as a forest policy problem that requires action by public policy decision-makers. The gap may be caused by forest policy measures and/or their implementation, leading to the need for changes in forest policy in the area of forest regeneration and tending.

The project aimed to improve the restoration and tending of forests after large-scale natural disturbances, both in terms of silvicultural and technological approaches, as well as in terms of organisation and forest policy. The project pursued the following objectives: To develop a European comparable way of assessing the performance of natural regeneration and replanting using verifiable criteria; to analyse the causes of insufficient natural regeneration and develop a model for predicting regeneration; to test more rational ways of supplementing natural regeneration; to gather domestic and foreign experience in rationalising the tending of young forests after natural disturbances; make recommendations for the planning and implementation of the management of forests restored after large-scale disasters; carry out an ecologic-economic analysis of new approaches of supplementing natural regeneration and tending of young stands; check the effectiveness of the co-financing system for post-disturbance reforestation and forest tending, related to the emphasis on the ecological and social functions of forests, and to propose improvements and make proposals for amendments and additions to the forestry legislation.

The project was organised in seven work packages (WPs), which were designed in line with the project's objectives and are rounded off in terms of content. They involved researchers from the Department of Forestry and Renewable Forest Resources, Faculty of Biotechnology, University of Ljubljana, and researchers from the Slovenian Forestry Institute. In addition, the project involved, as external experts, the staff of the Slovenian Forest Service and other experts in the field of natural and artificial regeneration and forest tending from Slovenia and neighbouring countries.

As part of the WP1, we carried out a literature review on different tending possibilities. We compared situational thinning, group thinning, variable density thinning, and selective thinning used in practice. We provide guidance on how to combine thinning treatments and how to choose the appropriate thinning method and programme. Based on a synthesis of previous research, we highlight the importance of site experiments to inform the improvement of thinning methods. Situational thinning has been presented several times to the experts of the Slovenian Forest Service and is included in the regional forest management plans. Situational tending is particularly suitable for young forests created after disturbances. Several studies were carried out in the work package, three on assessing the differences between traditional selective thinning and situational thinning, and two on developing a method to assess the regeneration and tending in the developmental stage of thicket. For the latter, we developed a method based on the assessment of regeneration performance (proportion of regenerated area covered by young forest and proportion of pioneers) and tending (presence of suitable trees that can represent crop trees and proportion of crop trees that are released). In three studies comparing situational thinning with traditional selective thinning, we found that situational thinning better maintains the collective stability of stands while releasing a certain number of crop trees. The amount of removed basal area was lower in situational thinning than in selective thinning, as there are fewer crop trees tended and thus fewer competitors are removed, while the thinning intensity (number of competitors per selector) was slightly higher in situational thinning. A time study in the Kranj OE in beech coppice shows that the time taken for selecting trees for harvest in selection thinning was 3.7 times higher than in that in situational thinning. The energy consumption for working with an electric chainsaw was 3.8 times less in situational thinning compared to selection thinning.

Within WP2 we examined the response of young fir, spruce, beech, and maple trees to different levels of radiation (adult stand cover) at sites affected by ice damage and windthrow. The

response pattern was similar for both types of damage events, with greater intensity and later regeneration for sleet than for wind break. Due to the rapid change and reduction in competitive vigour of fir, the measured point of equivalent response (competitive vigour) between species shifted toward complete canopy cover and did not return to baseline even 8 years after the event. Regeneration of beech and maple is pronounced and successful.

The successional development of vegetation in areas damaged by natural disturbances is challenging to assess, and forest vegetation development simulators can help. In WP3, we modelled the development of forest vegetation with the ForClim gap model on the Črnivec windthrow area from 2008. We used data from permanent forest regeneration sample plots to parameterise and validate the model. The modelling proved to be useful in selecting tree species suitable for post-storm forest restoration. In addition to the species used, the model also suggested larch and Scotch pine as suitable species in terms of site and climatic envelope, based on the 1991-2020 climate. The analysis of the future evolution of the forest with climate change indicated a decline in the productive capacity of stands on the southern aspect. The model suggested that the decline in productive capacity and the economic risk could be mitigated by implementing young forest tending that promotes broadleaved trees. The initialization of the ForClim model is relatively simple and can be carried out in forestry practice with some additional knowledge of database management. It is necessary to prepare data on existing climate, projected climate change and vegetation. The knowledge required to use the programming language makes the model useful for stakeholders with computer skills. Further development of the ForSim graphical interface, which facilitates the programming of simulations, would also be useful.

Most important results of the WP4 are as follows: artificial regeneration of tree species not typical of the site where they are introduced is successful if tending measures are regularly applied and the seedlings are protected from browsing. On productive sites tending measures should be applied twice a year and should include cleaning and vegetation removal at least 3-4 years after planting. Species that can be successfully introduced on atypical sites to increase resilience to climate change while adding value to the forest include sessile oak, wild cherry, European wild pear, European crab apple and non-native Douglas fir. A good alternative to cultivated seedlings are wildlings. In our case, transplanting Douglas fir wildlings was almost 100% successful, and satisfactory survival was found also for the sessile oak and Turkey oak. We planted wildlings from seed stands in the karst area on locations near Ljubljanski vrh close

to Vrhnika and another part near Litija. Beech and spruce wildlings were also successfully planted in the altimontane altitude belt. The results of the first years after transplanting show that the adaptability of the tree species used is sufficiently high to withstand transplanting or replanting. The most important factor that has a major impact on the success of planting is the planting procedure and, in the case of altimontane sites, the selection of suitable provenances. Inside the project a detailed planting procedure that includes handling and conditions for obtaining wildlings, evaluation of the quality of the harvested material in terms of vitality and root retention, transport of wildlings, and instructions for quality planting was developed. Most results from several studies conducted under DS4 indicate that planting is only the first phase of reforestation. Whether forest development after planting or seeding is successful and goes towards the silvicultural goals depends almost entirely on the frequency and quality of silvicultural treatment in the area of planting. Most investments in regeneration are pointless if the plan does not include follow-up tending activities and the appropriate resources to carry it out. At the same time, increasing the diversity, resilience, and resistance capacity of the forest in the study areas cannot be achieved without protection from browsing. Fences are most effective, while repellents do not provide sufficient protection. It is imperative that protective measures must be included in reforestation plans, otherwise management goals are unrealistic.

As part of the WP5, we carried out a literature review on different tending possibilities. We compared situational thinning, group thinning, variable density thinning, and selective thinning used in practice. We provide guidance on how to combine thinning treatments and how to choose the appropriate thinning method and programme. Based on a synthesis of previous research, we highlight the importance of site experiments to inform the improvement of thinning methods. Situational thinning has been presented several times to the experts of the Slovenian Forest Service and is included in the regional forest management plans. Situational tending is particularly suitable for young forests created after disturbances. Several studies were carried out in the work package, three on assessing the differences between traditional selective thinning and situational thinning, and two on developing a method to assess the regeneration and tending in the developmental stage of thicket. For the latter, we developed a method based on the assessment of regeneration performance (proportion of regenerated area covered by young forest and proportion of pioneers) and tending (presence of suitable trees that can represent crop trees and proportion of crop trees that are released). In three studies comparing situational thinning with traditional selective thinning, we found that situational thinning better maintains the collective stability of stands while releasing a certain number of

crop trees. The amount of removed basal area was lower in situational thinning than in selective thinning, as there are fewer crop trees tended and thus fewer competitors are removed, while the thinning intensity (number of competitors per selector) was slightly higher in situational thinning. A time study in the Kranj OE in beech coppice shows that the time taken for selecting trees for harvest in selection thinning was 3.7 times higher than in situational thinning. The energy consumption for working with an electric chainsaw was 3.8 times less in situational thinning compared to selection thinning.

The main results of the survey within WP6 indicate that the extent of forest tending and restoration in private forests in Slovenia is declining. This decline is evident when compared to the period before the political changes in 1991. The Forest Act mandates certain legal obligations for forestry care, but the extent of tending being carried out is diminishing. Additionally, the subsidiary regulations governing the financing and co-financing of forest investments have undergone changes over time, which has had a notable impact on the implementation of silvicultural practices. The financing and co-financing system in Slovenia is characterized by its dispersed nature. The implementation of forest management plans at the field level depends on the personal qualities of district foresters who recognize the significance of forest management for the development of forests. However, implementation is occasionally hindered by various factors, such as time constraints, the age of forest owners, limited experience with co-financing payments, and administrative burdens. In countries like Sweden, Finland, Germany, Austria, and Switzerland, silvicultural measures that go beyond the legal obligations of forest owners are funded, with a focus on public interest issues like climate change and biodiversity. In these nations, the funding and co-financing system is oriented towards incentivizing voluntary actions by forest owners. Overall, the study underscores the necessity to streamline administrative procedures, augment funding for forest management, foster greater collaboration between forest owners and district foresters, and raise awareness about the role of silviculture in sustainable forest management in Slovenia.

The aim of DS7 was to put the results into practice and manage the project. All planned activities were carried out: The project website was designed, several newsletters for the website and Facebook pages were created, the project was reported in various media (local newsletters, radio) and a final workshop was organized. The results were presented at the Forestry Study Days 2022 and at several conferences abroad. Several scientific papers have been written and the results have been incorporated into lessons where students use the



permanent plots we set up as part of the project. The workshops on situational tending, organised in collaboration with the ZGS proved to be a successful way of networking knowledge between science and practice. It would be useful to introduce such workshops as a formal form of further training for forestry staff.

The results of research into the verification of regeneration success, new reforestation methods and the situational tending of young forests after large-scale natural disturbances are useful for practical work. All new methods have been tested in practice. The network of permanent research plots for the restoration and tending of young stands is very important for research and teaching. We have also put a lot of knowledge into practice through a series of field workshops for practitioners, creating a feedback loop between practice and research. Due to the long-term development processes in the forests and environmental changes, definitive answers to the problems are not possible during the lifetime of the project, so continued monitoring is important.

## **1 Uvod**

Delo na projektu se je odvijalo v sedmih delovnih sklopih (DS), ki smo jih oblikovali skladno z razpisanimi cilji projekta in so vsebinsko zaokroženi. V njih so sodelovali raziskovalci z Oddelka za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani in raziskovalci Gozdarskega inštituta Slovenije. Poleg njih so bili v projekt, kot zunanji eksperti, vključeni sodelavci Zavoda za gozdove Slovenije in drugi strokovnjaki s področja naravne in umetne obnove ter nege gozdov s področja Slovenije in sosednjih držav. V nadaljevanju prikazujemo opise problema in ciljev, povzetke ključnih ugotovitev iz literature, metode dela, rezultate raziskave, razpravo in zaključke ter priporočila naročniku ločeno po posameznih delovnih sklopih.

## **2 Presoja uspešnosti obnove gozda**

### **2.1 Opis problema in ciljev**

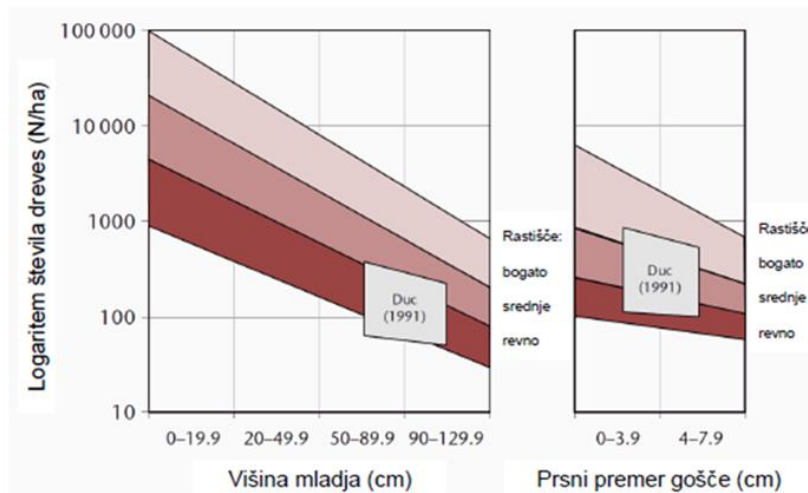
Kakovost bodočega gozda je močno odvisna od načina in kakovosti njegove obnove. Večina obnove v Sloveniji poteka po naravni poti, umetno uporabljamo samo tam, kjer prva ne zadostuje. Delež umetne obnove v Sloveniji je nizek, čeprav v zadnjih letih nekoliko narašča. Umetna obnova je v primerjavi z naravno zelo draga in ne upraviči vedno visokega vložka, zato mora biti odločitev zanjo dobro pretehtana in utemeljena. Pomembno vprašanje je, v katerih primerih se je smiselno in ekonomsko upravičeno odločiti za umetno in v katerih za naravno obnovo. V Sloveniji do sedaj nismo imeli vzpostavljenega sistema, ki bi preverjal in primerjal uspeh naravne in umetne obnove niti sistema, s pomočjo katerega bi se lahko odločali med eno in drugo. Cilj delovnega sklopa je bil pripraviti pregled najpomembnejše sodobne evropske literature na obravnavano temo in na izbranih objektih analizirati uspeh umetne in naravne obnove ter za obe preveriti, ali sledita zastavljenim gozdnogojitvenim ciljem.

### **2.2 Kratak povzetek ključnih ugotovitev iz literature**

Kriteriji, ki se uporabljajo za ocenjevanje uspešnosti obnove, so površina mladja, gostota osebkov/ha, zmes mladja in čas nastanka mladja. V primeru enomernega gozda je pomlajevanje uspešno, če je gostota sadik enaka kot ob sajenju ali če je na hektar vsaj 1000

sadik iglavcev ali 2000 sadik listavcev (najmanjša višina sadik 30 cm; enakomerno razporejene, vitalne in dobro zasajene (Diaci, 2021).

V primeru prebiralnega gozda se uporablja merilo logaritmem števila dreves na hektar glede na višino mladja ali prsni premer gošče. Drugi vplivni dejavnik je rastišče, ki je lahko bogato, srednje bogato ali revno (Slika 2.1) (Bachofen, 2009; Duc, 1991).



Slika 2.1: Prikaz različne uspešnosti pomlajevanja v prebiralnih sestojih (Prirejeno po Duc, 1991).

Da bi dobili vpogled v kriterije uspešnosti obnove gozdov po različnih državah, smo najprej opravili intervjuje s tujimi gozdarskimi strokovnjaki v Evropi (Češka, Avstrija, Nemčija – Bavarska in Posarje) o ocenjevanju uspešnosti naravne in umetne obnove v njihovih državah. V obeh zveznih deželah v Nemčiji se soočajo s podobno problematiko kot v Sloveniji. V zakonu ni opredeljenega sistema za ocenjevanje uspešnega pomlajevanja obnove po ujmi ali sečnji, ampak to ocenjevanje opravijo gozdarji, ki se nato pogosto znajdejo v konfliktu z lastniki gozdov, ker v zakonu tudi ni predpisov o gostotah in številu osebkov na določeno površino. Na Bavarskem v zakonu piše, da morajo v treh letih od krčitve ali ujme, površine pogozditi in da se mora po petih letih te površine ustrezno dopolnilno zasaditi, če pomlajevanje ni uspešno. Ker imajo visoke subvencije za pogozdovanje, to privede v skoraj 100 % pogozdene površine, se pa vedno več lastnikov odloča, da svoje gozdne površine prepušča naravni sukcesiji. Na Češkem je potrebno izsekano območje (prevladujejo goloseki) pogozditi v dveh letih po izvedeni sečnji, naslednjih 5 let pa ima to območje status zavarovane površine. Po 7-ih letih bi naj bilo to območje enakomerno poraslo z drevesi, visokimi med 1 in 1,8 m in ta drevesa naj bi ustrezala ciljni drevesni sestavi na območju. V Avstriji to področje ureja

avstrijski zakon o gozdovih. Pogozdovanje mora biti izvedeno do konca petega leta po izvedeni sečnji, v primeru naravne obnove mora biti površina uspešno pomlajena po 10-ih letih. Organ, ki preverja uspešnost pomlajevanja, lahko v nekaterih primerih rok podaljša za dve leti. Za zadostno število osebkov je določeno 2000 osebkov na hektar.

V ZDA in Kanadi so načini preverjanja uspešnosti obnove gozdov bolj razviti zaradi prevladujočega golosečnega gospodarjenja. Veliko je tudi znanstvenih raziskav, v katerih s pomočjo modelov za enomerne in raznomerne sestoje in za skupine rastišč izračunavajo končno število dreves, pričakovano mortaliteto in proizvodno dobo (Fei et al., 2006; McWilliams et al. 2015; Vickers et al. 2019). Na primer Vickers et al. 2019 so v 24 zveznih državah postavili mrežo točk, na kateri se izvajajo popisi. Na podlagi podatkov o mladju so izračunali sposobnost preživetja mladja in dopustno mortaliteto. Kot rezultat statistične analize so pridobili oceni za "negotovo naravno pomlajevanje" - kjer je dopustna mortaliteta manjša od pričakovane in za "uspešno naravno pomlajevanje" - kjer je dopustna mortaliteta višja od pričakovane (ciljno oz. referenčno stanje mladja). S kartami pa so prikazali uspešnost naravne obnove glede na različna rastišča in gozdne tipe.

### 2.3 Uporabljene metode dela

V okviru raziskav v DS1 smo za raziskave uspešnosti saditve na več objektih uporabili nabor različnih metod. Na ploskvah v GGE Spodnje Dravsko polje smo v štirih nasadih, ki so bili zasnovani v letih med 2017 in 2020, opravili popise vseh posajenih sadik ter njihove vitalnosti glede na oddaljenost od gozdnega roba. Na pobočju Črničca smo na površini vetroloma leta 2008 s podobnimi metodami primerjali uspeh naravne in umetne obnove. Na območju Postojne smo na skupaj 33 objektih analizirali uspeh saditve v letu 2018 in podrobneje analizirali tudi kakovost saditve. V poskusnem nasadu na Krasu pri Divači je bilo na šestih ploskvah posajenih šest avtohtonih listopadnih drevesnih vrst z namenom ugotavljanja, katere vrste so primerne za premeno dotrajanih gozdov črnega bora v ekološko stabilnejše listopadne gozdove. Delež preživetja in kakovost sadik smo v rednih časovnih razmikih spremljali v letih 2013, 2017 in 2021.

V sklopu DS1 smo razvili tudi štiri metode za preverjanje uspešnosti mladja za naravno in umetno obnovljene površine: a) metoda na podlagi primerjave z gostotami pri saditvi za enomerne sestoje, b) metoda ocene zastiranja, c) metoda na podlagi kombinirane ocene gostote

in zastiranja in d) metoda na podlagi mortalitete. Vse štiri metode smo uporabili na skupno 226 raziskovalnih ploskvah v GGO Kočevje in v GGO Kamnik ter jih pri tem ločili na naravno in umetno obnovljene. Pri metodah a), b) in c) smo uporabili kvadratne ploskve velikosti 8 x 8 m, pri metodi na podlagi mortalitete pa krožne ploskve polmera 2 m. Lokacije ploskev smo določili naključno znotraj vrzeli, v katerih se je odvijala naravna ali umetna obnova gozda.

Pri metodi a) smo punkturali zagotovljeno mladje po drevesnih vrstah in poškodovanosti. Zagotovljen osebek smo definirali kot osebek višji od 1 m, ki mora imeti vsaj tri kvadrante proste rasti (angl. *Free-to-grow*) v krožnici s polmerom enakim višini osebka. Terminalni poganjek osebka ni bil poškodovan ali objeden ter ima manj kot 30 % poškodb na stranskih poganjkih. Pri metodi b) smo za vsak osebek na ploskvi določili, kolikšen delež ploskve zastira. Ocenjo za celotno ploskev je predstavljal seštevek odstotkov zastiranja vseh osebkov. Kriterij za uspešno pomlajeno ploskev je bil 66 % delež zastrtosti ploskve. Pri metodi c) smo povzeli gostote zagotovljenih osebkov iz prve metode in izračunali delež glede na ciljno stanje (v %), pri čemer je bil cilj določen kot 2500 zagotovljenih osebkov na hektar ter ta delež primerjali z deležem pridobljenim po metodi b). Kombinirana ocena je bila povprečje ocen iz metod a) in b). Kriterij za uspešno pomlajeno ploskev je bil enak kot v metodi b) (66 %). Pri metodi d) smo popisali vsa drevesa do prsnega premera 10 cm. Drevesa smo prešteli in zabeležili po drevesnih vrstah in višinskih razredih. Določeni so bili višinski razredi ( 0-50 cm; 51-100 cm; 101-200 cm; 201-300 cm; več kot 300 cm). Ocenjeno je bilo objedanje, in sicer po 3. stopenjski lestvici (1. do 20% objedenih stranskih poganjkov; 2. do 50 % objedenih stranskih poganjkov ali objeden terminalni poganjek; 3. več kot 50% objedenih stranskih poganjkov + objeden terminalni poganjek). Preverili smo uspešnost mladja po zgledu metode povzete po Vickers in sod. (2019). Inventurno število osebkov v posameznem višinskem razredu smo pomnožili z višinskemu razredu dodeljeno utežjo. Vrednosti smo preračunali na hektar in jih vnesli v formulo, ki se je nanašala na posamezen kriterij. Prvi kriterij je bil uspešno obnovljen sestoj brez upoštevanja ciljnih drevesnih vrst in drugi z upoštevanjem drevesnih vrst, ki so določene v gozdnogojitvenem cilju.

Za vse 4 metode smo glede na metode različno postavili tudi kriterije za doseganje ciljev, pri čemer smo postavili 3 možne cilje. Cilj a) je ekološka obnova (EO) gozda, kjer smo upoštevali vse osebkove na ploskvah in dovolili 1/3 nepomlajene površine na ploskvi. Cilj b) in c) sta pomenila strukturno obnovo gozda (SO1 in SO2), pri čemer sta oba dovoljevala 30 % primes

pionirskih drevesnih vrst in 1/3 nepomlajene površine, s to razliko, da je cilj SO<sub>2</sub> dovoljeval še primes drevesnih vrst, ki niso v gozdnogojitvenem cilju, kot je v našem primeru smreka.

## 2.4 Rezultati raziskave

V GGE Spodnje Dravsko polje je bilo skupno število posajenih sadik na ploskvah 50.330. Delež listavcev je znašal 97 %, delež iglavcev pa 3 %. Delež vitalnih sadik je znašal 79 %, odmrlih sadik je bilo 21 %. Pri analizi vitalnosti sajenih dreves smo ugotovili, da je večji uspeh na robnih ploskvah in ploskvah, ki so bile sajene v jesenskem času. Ocenjevanje razrasti sadik je pokazalo, da je več kot polovica sadik z dominantno razrastjo, tretjina z vilasto, dobra desetina sadik pa ima metlasto razrast. Analiza poškodovanosti je pokazala, da je največji vzrok za poškodbe bolezen. Gostote naravne nasemenitve med sadikami so se kljub obžetvi gibale v razponu 8.000-40.000 na ha, vendar so v zmesi prevladovali beli gaber ter tujerodne in pionirske vrste (Belcl, 2021).

Na pobočju Črničca smo na površini vetroloma leta 2008 primerjali uspeh naravne in umetne obnove. Ugotovili smo, da sta se tako na naravno kot na umetno obnovljenih ploskvah med letoma 2012 in 2021 povečali višina in pokrovnost mladja, pri čemer je umetna obnova prednjačila pred naravno. Ploskve umetne obnove so pridobile več na kazalnikih, ki nakazujejo uspešno obnovo. Sadike umetne obnove so v 9 letih v višino prirasle 763 cm, dominantni osebki naravne obnove pa 484 cm. Pokrovnost umetne obnove se je med letoma 2012 in 2021 povečala za 91 odstotnih točk, naravne obnove pa za 49 odstotnih točk. Na ploskvah umetne obnove se je povečal delež smreke, gorskega javorja in bukke v zmesi, medtem ko so pionirji nazadovali. Medtem se je na naravno obnovljenih ploskvah delež pionirjev v zmesi povečal, smreka, bukev in jelka pa so nazadovale. Tako naravna kot umetna obnova sta bili uspešni, je pa potrebna pomoč pri obnovi še na posameznih vršnih delih Črničca, kjer obnovo omejuje pritalna vegetacija. V prihodnosti se bodo pojavile potrebe po posebej usposobljenih ekipah gozdarjev, ki bodo zadolženi za kontrolo in organizacijo obnove gozda (Blatnik, 2022).

Na območju Postojne smo preučevali uspešnost umetne obnove. Pregled 41.850 sadik na 33 objektih je pokazal, da je prvo vegetacijsko dobo preživelo le 67 % sadik. V zasebnih gozdovih je bil uspeh preživetja 72 %, v državnih pa samo 47 %. Uspeh saditve med drevesnimi vrstami je bil različen, najvišji je bil pri divji češnji (100 %), sledile so bukev (68 %), smreka (65 %), gorski javor (59 %) in jelka (48 %) (Kumše 2019). ZGS ocenjuje uspešnost obnove s saditvijo

prek deleža preživelih sadik po koncu prve vegetacijske dobe od leta 2020. Uspešnost saditve ob koncu prve vegetacijske dobe je bila v letu 2020 74 % in v letu 2021 80 %. Glavni vzrok za izpad sadik so predvsem neugodne vremenske razmere v obdobju po saditvi in neustrezno ravnanje s sadikami pred in med saditvijo (Kumše, 2019). Del slabšega uspeha saditve je mogoče pripisati tudi neustrezni kakovosti sadik, pri čemer je nujno opozoriti, da v Sloveniji še vedno nimamo sprejetega standarda kakovosti sadik gozdnega drevja, na podlagi katerega bi bilo mogoče objektivno oceniti kakovost sadik že ob prevzemu v drevesnici in sadike slabe kakovosti utemeljeno zavrniti. Pri tem imamo v mislih zlasti neposredno vidne lastnosti sadik, kot so višina, premer koreninskega vratu, tršatost (razmerje med višino in premerom koreninskega vratu), razmerje med nadzemnim delom in koreninami ter barvo in obliko sadik. Proizvodnja gozdnega reprodukcijskega materiala je sicer solidno organizirana, a ne poteka brez težav. Za saditev v Sloveniji sicer uporabljamo več kot 30 različnih drevesnih vrst, med katerimi ima smreka daleč najvišji delež, ki znaša med 40 in 50 %. Velika vrstna pestrost uporabljenih sadik je zaželena in nujna, vendar je število sadik pri mnogih drevesnih vrstah zelo nizko, pri nekaterih skoraj zanemarljivo. Nekaj optimizma zbuja povečevanje deleža hrastov in macesna ter počasno naraščanje deleža jelke v zadnjih letih. Sistem je še vedno premalo odziven in nemotena preskrba z zadostno količino sadik zelenih drevesnih vrst je težavna zaradi obstoječega načina sprotnega naročanja sadik (Brus in Jarni, 2022).

Nadaljevali smo redno spremljanje poteka uspešnosti umetne obnove borovih nasadov na Krasu. V letu 2017, to je po štirih ravnih sezonah, so imele vse sadike z izjemo bukve visok delež preživetja. Skupno je preživelo kar 70 % sadik. Glede na merjene parametre (preživetje, višina, višinski prirastek, premer 5 cm nad tlemi, vitalnost, kakovost) se je kot najuspešnejša izkazala divja češnja, kot najmanj uspešna pa navadna bukev z le 20-odstotnim deležem preživetja. Kakovost rastišča je najbolj vplivala na gorski javor. V premenah bo predvidoma najuspešnejši graden, saj je pokazal veliko odpornost proti lokalnim sušnim razmeram. V splošnem so vse vrste, z izjemo navadne bukve, izkazale potencial za prihodnjo premeno borovih gozdov (Škrk in sod. 2022). Nasad je bil po enaki metodologiji ponovno analiziran leta 2021. Skupno je do tega leta preživelo 56 % vseh posajenih sadik. Kot najuspešnejša vrsta se je z najvišjim deležem preživetja (72 %) in največjo povprečno višino ter premerom izkazala divja češnja. Visok delež preživetja je imel tudi navadni koprivovec (71 %). Kot najbolj kakovostne in vitalne so bile ocenjene sadike bukve, ki pa je imela najnižji delež preživetja (13 %). Kakovost rastišča je imela največji vpliv na merjene parametre pri bukvi, gorskem javorju in orehu, najmanjši pa pri gradnu (Leskovec, 2022).

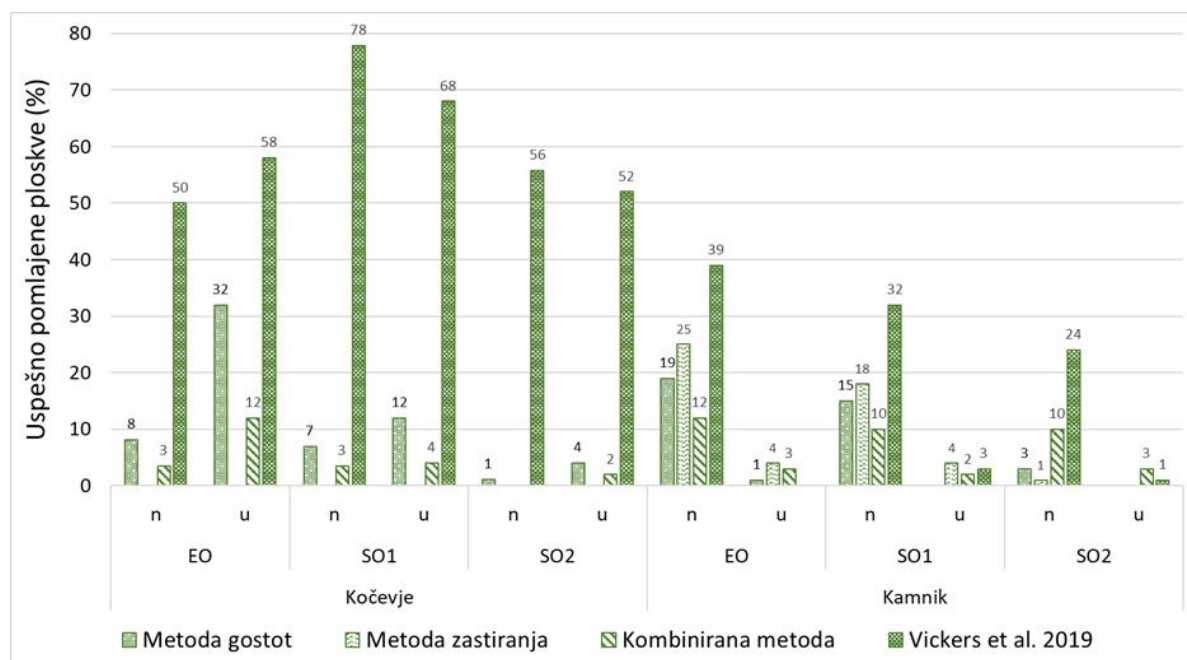
Po različnih ujmah, med katerimi izpostavljamo požar na Krasu julija 2022, poteka intenzivna obnova prizadetih gozdnih površin. V okviru CRP projekta smo sodelovali s svetovanjem ekspertov Oddelka za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire BF pri izdelavi sanacijskega načrta, ki ga je izdelal Zavod za gozdove Slovenije. Izpostavili smo problematiko ustrezne obnove, pri kateri sta pomembna izbira drevesnih vrst in zagotavljanje kakovostnega gozdnega reprodukcijskega materiala (GRM) z ustrezno genetsko pestrostjo.

V zvezi z uporabo GRM za obnovo gozdov je aktualno vprašanje uporabe tujerodnih drevesnih vrst in pomena njihovih provenienc. Sodelovali smo pri članku, v katerem so bila oblikovana priporočila o izvoru za sajenje petih tujerodnih drevesnih vrst v Evropi na podlagi informacij, pridobljenih iz dvajsetih evropskih držav, vključno s Slovenijo. Predstavljen je nabor priporočil o uporabi ustrezne provenience v različnih delih Evrope (Alizoti in sod., 2022). Preučevanje naravnega pomlajevanja v nasadu na Boču, kjer poleg domačih raste 23 tujerodnih drevesnih vrst, je pokazalo, da v mladju močno prevladujejo avtohtone vrste. Med tujerodnimi vrstami se pomlajujejo samo velika jelka, rdeči hrast, ameriška duglazija, kavkaški krilati oreškar in kavkaška smreka. Vse se pomlajujejo samo v bližini in večinoma pod zastorom semenskih dreves, medtem ko na odprtih površinah niso konkurenčne domačim vrstam mladja ter bujni zeliščni in grmovni plasti (Lesičar, 2023). Po drugi strani invazivne tujerodne drevesne vrste pri naravni obnovi lahko predstavljajo resno konkurenco domačim vrstam, kot je na primer pokazala raziskava širjenja pavlovnije na gozdnih posekah v Breginjskem kotu (Lenkič, 2021).

Pri primerjavi metod za ocenjevanje uspešnosti mladja na naravno in umetno obnovljenih površinah v GGO Kočevje in GGO Kamnik smo za posamezne metode in območji dobili raznolike rezultate. Metoda na podlagi mortalitete (Vickers et al., 2019) je na obeh območjih raziskav in pri vseh ciljnih rezultirala z daleč največ uspešno pomlajenimi ploskvami (med 24 in 78 % ploskev). Pri metodi gostot na območju Kočevja je bil delež uspešno pomlajenih ploskev večji na umetno obnovljenih površinah, pri čemer je bila največja razlika pri cilju ekološke obnove gozda. Na območju Kamnika zaradi pomanjkanja umetno obnovljenih ploskev ne moremo primerjati metode gostot med načinoma obnove, je bil pa delež uspešno pomlajenih ploskev v Kamniku pri ciljnih EO in SR1 večji kot v Kočevju pri ciljnih EO in SR1 (Slika 2.2). Po metodi zastiranja v Kočevju nobena ploskev ni bila uspešno pomlajena, medtem ko je bil delež v Kamniku za EO razmeroma visok (25 %), prav tako pri SO1 (18 %). Ker je kombinirana metoda povprečje metod gostot in zastiranja, je tako tudi delež uspešno pomlajenih ploskev po tej metodi večji na območju Kamnika (med 2 in 12 %). Razlog za manjši



delež uspešno pomlajenih ploskev po metodah gostot in zastiranja ter kombinirani metodi v Kočevju, lahko pojasnimo s časom od nastanka vrzeli oziroma ujme, saj so bile površine v Kočevju par let mlajše od površin v Kamniku, s čimer se posebej po naravni obnovi kot tudi pri umetni obnovi, težko doseže mejno število 2500 zagotovljenih osebkov na hektar (Brudar, 2023)



Slika 2.2: Primerjava različnih metod za preverjanje uspešnosti pomlajevanja.

## 2.5 Razprava, zaključki in priporočila naročniku

- Kakovost prihodnjega gozda v Sloveniji je odvisna od načina in kakovosti obnove. Večina obnove poteka naravno, umetno obnovo, ki je sicer dražja, uporabimo samo tam, kjer naravna ni zadovoljiva. Naše raziskave na več objektih so pokazale, da je v primerjavi z naravno obnovo ob kakovostni izvedbi in nadaljnji negi tudi umetna obnova lahko uspešna, v določenih primerih celo uspešnejša. V takih primerih je vložek v umetno obnovo upravičen.

- Stroške umetne obnove povečuje njena nizka uspešnost. Ugotavljamo, da je uspeh saditve marsikje preslab, zato bo treba v prihodnosti več pozornosti posvetiti kakovosti sadik in sprejetju ustreznih standardov, kontroli ravnanja s sadikami od izkopa do saditve in kakovosti saditve.

- Zaradi obstoječega načina sprotne naročanja sadik je sistem zagotavljanja gozdnega reprodukcijskega materiala še vedno premalo odziven in težko zagotovi nemoteno preskrbo z zadostno količino sadik zelenih drevesnih vrst.
- Umetna obnova borovih nasadov na Krasu s plemenitimi listavci je smiselna in dosedanji rezultati so spodbudni, saj je preživetje sadik šestih drevesnih vrst po devetih rastnih sezonah kar 56 %, pri najboljših vrstah celo nad 70 %, njihova kakovost pa je večinoma zadovoljiva.
- Pri umetni obnovi je v določenih primerih smiselno razmišljati tudi o uporabi tujerodnih drevesnih vrst, pri čemer pa je nujno upoštevati priporočila o uporabi ustrezne provenience in upoštevati nevarnost invazivnosti posameznih vrst.
- Metodi gostot in zastiranja bi bili zaradi hitre izvedbe primerni za oceno uspešnosti obnove gozdov, ki bi jo lahko izvajali revirni gozdarji in ostali gozdarski delavci. Z metodo bi ocenili, če je gostota mladja in kvaliteta osebkov po določenem času od ujme (5-7 let) zadovoljiva ali bi bilo smiselno na površini izvesti dopolnilno sadnjo in kakšen je vpliv rastlinojedih parkljarjev.
- Metoda na podlagi mortalitete (adaptirana po Vickerst et al, 2019) je uspešnejša zaradi veliko višinskih razredov in vsakemu razredu dodeljenih uteži ter zaradi tega primerna za izvedbo ne glede na število let po ujmi. Z izvedbo metode v sklopu snemanj stalnih vzorčnih ploskvah bi pridobili podatke o gostotah ter kakovosti mladja po celotni Sloveniji, delež objedenosti zaradi velikih rastlinojedih parkljarjev in uspešnost pomlajevanja gozdov po celotni Sloveniji. Metoda je enostavna, neinvazivna ter ne zahteva veliko časa.

## 2.6 Citirana literatura

- Alizoti in sod., 2022. Non-native forest tree species in Europe : the question of seed origin in afforestation. *Forests* 2, 273, s. 23.
- Bachofen H. 2009. Nachhaltige Verjüngung in ungleichförmigen Beständen. Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (CH). *Schweiz Z Forstwes* 160 (2009) 1: 2–10
- Belcl, G., 2021. Uspešnost saditve v gozdnogospodarski enoti Spodnje Dravsko polje v obdobju 2017-2020. Diplomsko delo. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, 66 s.

- Blatnik, F., 2022. Uspešnost obnove gozda na območju vetroloma leta 2008 na Črnicu. Diplomsko delo. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, 35 s.
- Brudar, S., 2023. Uspešnost pomlajevanja in nega mladovja na površinah, prizadetih po ujmah na kočevskem. Magistrsko delo. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, 124 s.
- Brus, R., Jarni, K., 2022. Stanje in perspektive gozdnega semenarstva in drevesničarstva v Sloveniji. V: Bončina, A. (ur.). Gospodarjenje z gozdovi v Sloveniji do leta 2030 : razvojni problemi in njihovo reševanje : XXXVIII. Gozdarski študijski dnevi : zbornik predavanj. Ljubljana: Biotehniška fakulteta, 122–127.
- Diaci, J., Roženberger, D., Fidej, G., and Arnič, D., 2021. Sodobna izhodišča redčenj: povezovanje načel izbiralnega redčenja, situacijskega redčenja, redčenja šopov in skupin ter redčenja spremenljive gostote. Gozdarski vestnik. 79, 9, 299-311.
- Duc, P., 1991. Untersuchungen zur Dynamik des Nachwuchses im Plenterwald. Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen. 142, 299–319
- Fei, S., Gould, P.J., Steiner, K.C., Finley, J.C., 2006. Aggregate height—A composite measure of stand density for tree seedling populations. Forest Ecology and Management. 223, 336–341
- Kumše, A., 2019. Uspeh jesenske saditve 2018 (ZGS OE Postojna). Zaključna naloga pripravništva. Ljubljana, 38 s.
- Lenkič, N., 2021. Subspontano pojavljanje pavlovnije (*Paulownia tomentosa* (Thunb.) Steud.) v Breginjskem kotu. Diplomsko delo. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, 44 s.
- Lesičar, M., 2023. Analiza nasada tujerodnih drevesnih vrst na Boču. Diplomsko delo. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, 68 s.
- Leskovec, L., 2022. Analiza uspešnosti saditve listavcev na posekah v sestojih črnega bora (*Pinus nigra* Arnold) pri Divači. Diplomsko delo. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, 46 s.
- McWilliams W.H., Westfall J.A., Brose P.H., Dey D.C., Hatfield M., Johnson K., Laustsen K.M., Lehman S.L., Morin R.S., Nelson M.D., Ristau T.E., Royo A.A., Stout S.L., Willard, T., Woodall C.W., 2015. A regeneration indicator for Forest Inventory and Analysis: history, sampling, estimation, analytics, and potential use in the midwest and northeast United States. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Northern Research Station, Newtown Square
- Škrk, N., Jarni, K., Brus, R., 2022. Dobro preživetje listopadnih drevesnih vrst v štiriletnem nasadu na slovenskem Krasu. Acta Silvae et Ligni. 127, 27–38.
- Vickers L.A., McWilliams W.H., Knapp B.O., D’Amato A.W., Dey D.C., Dickinson L.Y., Kabrick J.M., Kenefic L.S., Kern C.C., Larsen D.R., Royo A.A., Saunders M.R., Shifley

S.R., Westfall A.J., 2019. Are Current Seedling Demographics Poised to Regenerate Northern US Forests? *Journal of Forestry*. 117, 6, 592–612

### 3 Vzroki nezadostne naravne obnove

#### 3.1 Opis problema in ciljev

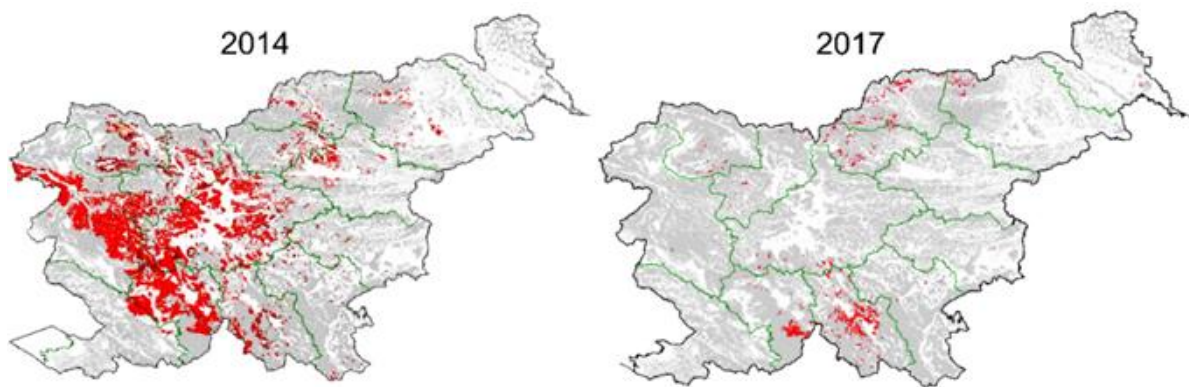
Klimatske spremembe in velikopovršinske motnje značilno vplivajo na razvoj gozdov (Usbeck s sod., 2010). Pomanjkljiva odpornost in prilagodljivost gozdnih ekosistemov se zaradi vse večjih okoljskih sprememb odraža v pomanjkljivi naravni obnovi, posebno v državah osrednje Evrope, kjer se soočajo z ekstremnimi vremenskimi (Nagel s sod., 2017). Obnova velikih površin po ujmah je manj zahtevna v državah s prevladujočim golosečnim načinom gospodarjenja zaradi utečenega sistema umetne obnove, prilagojenosti sadik na mikroklimatske razmere v večjih vrzelih (Pommerening in Murphy, 2004; Schütz s sod., 2016) in manjše odvisnosti od naravnega pomlajevanja. Po velikopovršinskih ujmah je velik poudarek namenjen predvsem naravni obnovi in sproščanju odraslih sestojev (Brang s sod., 2014, 2015).

Do sedaj je bilo posvečeno premalo pozornosti ekološkim razlikam med obnovo v razmerah rednega gospodarjenja, ki ga označuje predvsem postopno in kontrolirano sproščanje matičnega, odraslega sestoja (npr. v razmerah prebiralnega ali skupinsko postopnega gojitvenega sistema) in obnovi po motnjah, kjer pride do hitre in kontrastne spremembe gozdne klime (Schütz s sod., 2016). Motnjam sledi pogosto sanitarni posek, zato je kratkoročni kumulativni učinek okoljskih sprememb ekstremen. Ta vpliva na manjšo fotosintetsko učinkovitost in produktivnost sadik (Ruban, 2009; Čater in Diaci 2017; Čater 2021), upočasnjuje naravno obnovo predvsem sencozažnih vrst in prispeva k slabšim odločitvam glede načina obnove.

V hitro in intenzivno presvetljenih sestojnih razmerah po izvedeni sanaciji je ključna izbira in vzpodbujanje rastišču prilagojenih drevesnih vrst, ki jih hitra presvetljenost in večja intenziteta svetlobe ne zavirata. Izbira med naravno in umetno obnovo je odvisna od prisotnosti, številčnosti in kakovosti vrst v pomladku. Odziv mladih dreves je v veliki meri odvisen od njihove razvitosti krošnje in časa, preživetega pod zastorom (Greene s sod., 2000). Uspešen razvoj in stopnja preživetja se zmanjšujeta z dolžino obdobja pod zastorom; odzivna sposobnost med vrstami variira in je odvisna od številnih dejavnikov (Wright s sod., 2000; Greene s sod., 2000). Rastni odziv koreninskega sistema je takojšen, odziv nadzemnih delov pa zapoznel, upočasnjen in odvisen od vitalnosti, starosti, sestojnih posebnosti in

prilagoditvene sposobnosti posamezne drevesne vrste (Kneeshaw s sod. 2006; Nagel s sod., 2017).

V Sloveniji sloni način pomlajevanja na naravni obnovi in sproščanju odraslih sestojev. V preteklem obdobju sta slovenske gozdove prizadeli dve velikopovršinski ujmi - žled (2014) in vetrolom (2017/18). V februarju 2014 so bili prizadeti predvsem gozdovi na nadmorskih višinah med 500 in 1200 m na jugozahodu in zahodu države - iglavci (več kot 30 %) in listavci (60 %) v obsegu več kot 9.3 milijonov m<sup>3</sup> z ocenjeno škodo 214 mil. EUR (ZGS, 2014) (Slika 3.1, levo). Od decembra 2017, sta bila prizadeta 2.2 mil. m<sup>3</sup> na 20 % območju celotne gozdne površine, predvsem iglavcev (90 %) (Slika 3.1, desno).



Slika 3.1: Potreben sanitarni posek zaradi žleda (2014, levo) in vetroloma (2017/18, desno); vir: Zavod za gozdove Slovenije.

Intenziteta obeh ekstremnih dogodkov je presegla sposobnost kljubovanja gozdnih ekosistemov, saj je v primeru žleda količina ledu za 4-6 krat presegla biomaso delov dreves; v primeru vetroloma so največji sunki znašali več kot 200 km/h (ARSO). Vprašanje je ali lahko kakršnakoli struktura in/ali prilagodljiv način gospodarjenja omili oz. kljubuje takšni intenziteti motenj.

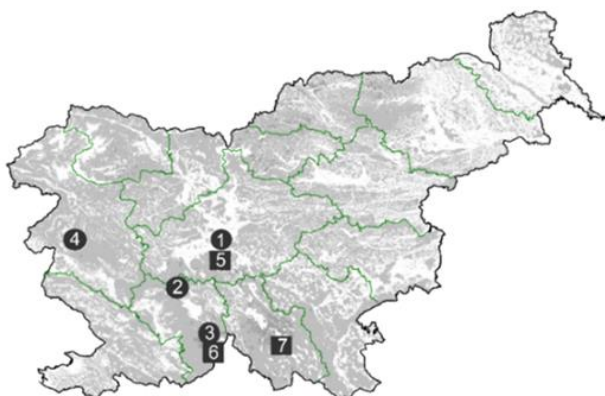
Razumevanje konkurenčnih interakcij med drevesnimi vrstami mešanih gozdov je ena osrednjih nalog ekoloških raziskav (Larocque s sod, 2013). Ohranjanje sonaravne strukture z vrstno raznolikostjo, ki je skladna s prevladujočimi ekološkimi razmerami je ključna za ohranjanje in podporo bodočega trajnostnega gospodarjenja z gozdovi (Bošela s sod., 2015). Poznavanje odziva obstoječih drevesnih vrst na hitro presvetljevanje je ključnega pomena za uspešno obnovo prizadetih površin z naravno obnovo (Čater in Diaci, 2017).

Za vpogled v dinamiko odziva po velikopovršinskih motnjah smo:

- primerjali odziv in številčnost prevladujočih drevesnih vrst mladja (bukve, smreke, jelke in gorskega javorja) na prizadetih površinah z različno intenziteto poškodb odraslega sestoja po žledu in vetrolomu,
- primerjali tekmovalno sposobnost prevladujočih drevesnih vrst mladja takoj in nekaj let po velikopovršinski motnji in,
- primerjali številčnost mladja posameznih vrst v času glede na tip motnje.

### 3.2 Uporabljene metode dela

Izbrali smo sedem stalnih vzorčnih ploskev, ki smo jih oblikovali takoj po nastalih motnjah: štiri po žledu (1-4) in tri po vetrolomu (5-7) (Slika 3.2, Tabela 3.1). Prevladovala so lokacije na visokem dinarskem krasu z mešanimi jelovo-bukovo-smrekovimi gozdovi, kjer je sanitarni posek presegal 30 m<sup>3</sup>/ha po nastalih dogodkih.



Slika 3.2: Lokacija vzorčnih ploskev prizadete zaradi žleda (1-4) in vetroloma (5-7).

Tabela 3.1: Lastnosti raziskovalnih ploskev (referenčno obdobje 1990-2020, vir: ARRS).

Lokacija	Lat. Deg (°)	Long. Deg (°)	Povprečna T (°C)	Povprečne padavine (mm)	Lz (m <sup>3</sup> /ha)
1-Ljubljana	46 <sup>0</sup> 03'	14 <sup>0</sup> 28'	10.9	1362	264
2-Unec	45 <sup>0</sup> 48'	14 <sup>0</sup> 16'	9.3	1500	236
3-Snežnik	45 <sup>0</sup> 50'	14 <sup>0</sup> 27'	6.4	1634	271
4-Gorica	46 <sup>0</sup> 04'	13 <sup>0</sup> 41'	9.1	2166	237
5-Ig	45 <sup>0</sup> 55'	14 <sup>0</sup> 29'	8.5	1430	330
6-Leskova dolina	45 <sup>0</sup> 38'	14 <sup>0</sup> 28'	5.8	1650	532
7-Stojna	45 <sup>0</sup> 37'	14 <sup>0</sup> 50'	7.2	1526	380

### 3.2.1 Asimilacijska učinkovitost (F) in preskrba s hranili

Odzive mladja smo merili v treh kategorijah potencialne intenzitete svetlobe na naključno izbranih osebkih bukve, jelke, smreke in gorskega javorja (ISF - %): pod 15 %, med 15 in 25 % ter v razmerah nad 25 %. Površina vsake svetlobne kategorije je znašala med 1000 m<sup>2</sup> in 1500 m<sup>2</sup>, oblika pa se je prilagajala terenskim razmeram (gozdnega roba) in prisotnosti/abundanci posameznih drevesnih vrst mladja (Slika 3.3). Za določitev svetlobnih razmer smo v vsaki potencialni kategoriji izdelali 18 hemisfernih posnetkov (Čater s sod., 2014).

Za meritve odziva smo izbrali naključno po 8 osebkov primerljive višine, ki so bili med sabo oddaljeni najmanj 1,5 m brez zastiranja. Meritve odziva smo opravili takoj in v letih po motnjah (Čater, 2021), starost osebkov je variirala med 5-10 leti; odzive prizadetih, hitro presvetljenih površin smo vzporejali z odzivi neprizadetih, kontrolnih lokacij istih svetlobnih razmer v bližini (Čater in Diaci, 2017; Čater, 2021). Meritve smo izvedli v kontroliranih okoljskih razmerah stalne temperature merilnega bloka (20 °C), CO<sub>2</sub> vhodne koncentracije 400 μmol/l, pretokom 500 μmols<sup>-1</sup> in različnimi svetlobnimi intenzitetami: 0, 50, 250, 600 in 1500 μmolm<sup>-2</sup>s<sup>-1</sup> med 7:30 in 11:30 uro v času optimalne razvitosti listja.

Maksimalno asimilacijsko učinkovitost (F) (Lamberts s sod., 1998) smo določili za vsako svetlobno kategorijo in vrsto; meritve smo opravili s prenosnim IR plinskim merilcem LI-6400.

Meritve na lokacijah prizadetih zaradi žleda smo opravili v letih 2014, 2015, 2016 in 2022, na lokacijah prizadetih zaradi vetroloma pa v letih 2018 - 2022. Preskrba s foliarnimi hranili za izbrane drevesne vrste je bila na omenjenih lokacijah optimalna (Čater, 2021).

### 3.2.2 Številčnost mladja

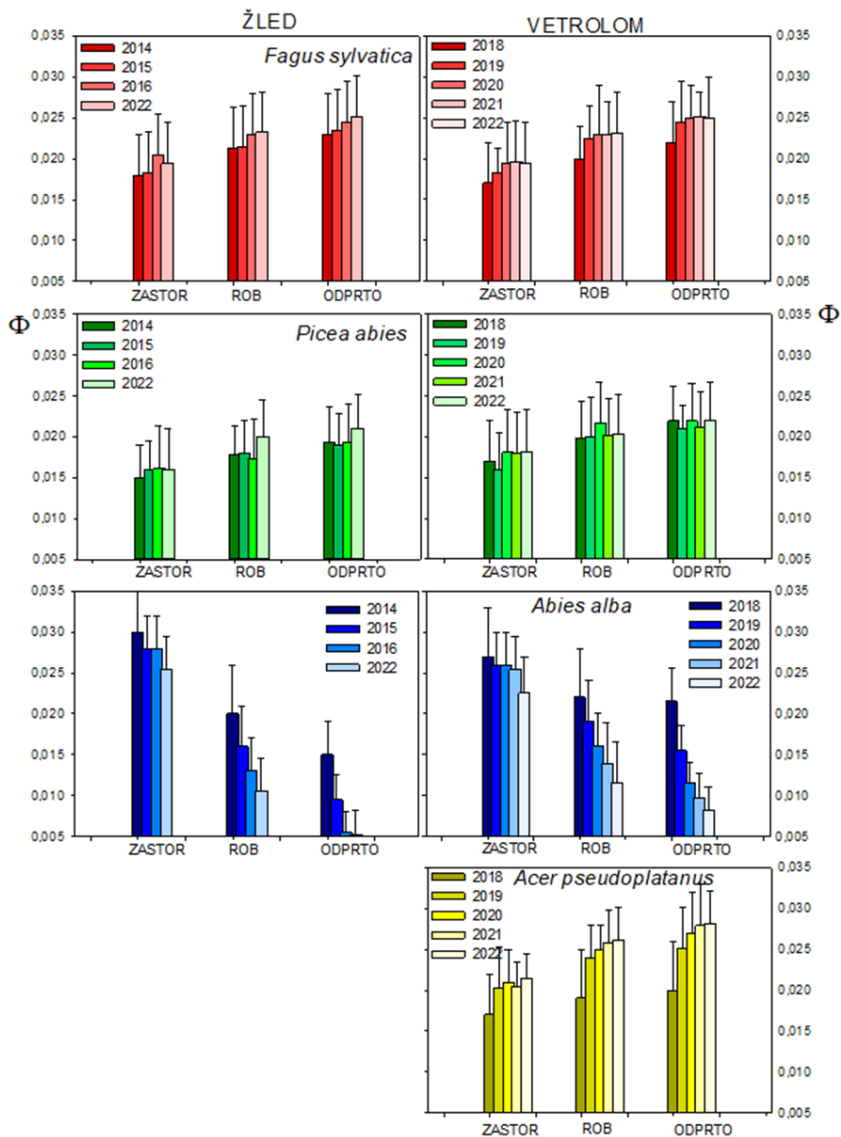
Na lokacijah popisa prisotnosti mladja smo izvedli vzorčni popis na transektu in preračunali število mladice na ha. Primerjali smo številčnost na ploskvah, ki jih je prizadel žled še dve leti, po vetrolomu pa 4 leta po dogodku.

## 3.3 Rezultati raziskave



**Odziv mladja po žledu** je potrdil postopno regeneracijo odziva pri bukvi in izrazito zmanjšanje učinkovitosti v času po ujmi pri jelki. Smreka ni pokazala značilnega odziva na motnjo. V vseh svetlobnih kategorijah potencialnega sevanja so meritve potrdile postopno regeneracijo asimilacijske učinkovitosti v letih po velikopovršinski ujmi (žledu). Raztros pri odzivu jelke se je v času zmanjševal, kar kaže na enoten odziv vseh osebkov na proučevanih lokacijah. Pri smreki se je učinkovitost neznačilno povečevala v letih po ujmi. Meritve v letu 2023 na istih objektih so potrdile popolno vzpostavitev referenčnega stanja pri bukvi in smreki. Na treh od štirih lokacij nismo v kategoriji odprtih svetlobnih razmer in v kategoriji gozdnega roba po treh letih odkrili nobenega od jelovih osebkov.

**Odziv mladja po vetrolomu** je bil podoben, v vseh svetlobnih kategorijah smo potrdili povečevanje odziva pri bukvi; zmanjševanje pri jelki je bilo od vseh proučevanih vrst najbolj izrazito, vendar manjše kot v primeru žleda. Po zmanjševanju odziva pri smreki smo v prvem letu po ujmi potrdili neznačilno povečevanje odziva. Največje izboljšanje odziva smo potrdili pri javorju med prvim in drugim letom po vetrolomu. Potrdili smo značilne razlike v odzivu med vrstami, leti in odzivi med kategorijami svetlobnih razmer.



Slika 3.3: Asimilacijska učinkovitost prevladujočih drevesnih vrst mladja po žledu (levo) in vetrolomu (desno). Na vseh lokacijah je bilo zadnje meritveno obdobje poletje 2022.

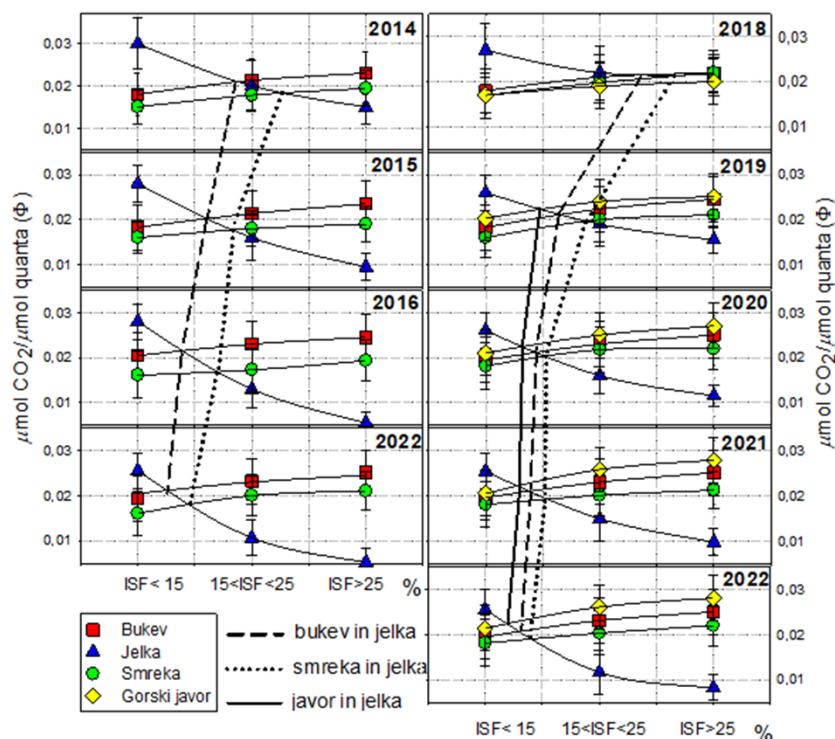
**Razlike med istimi svetlobnimi kategorijami** glede učinkovitosti odziva po žledu smo potrdili na kategoriji gozdnega roba in na odprtem za jelko za vsa tri leta po motnji in v istih kategorijah za bukev po vetrolomu za prvo in tretje leto po ujmi. Pri smreki smo potrdili razlike le v drugem in tretjem letu po vetrolomu. Za gorski javor veljajo podobne ugotovitve kot za bukev - potrjene razlike po prvem in tretjem letu po vetrolomu.

**Razlike med različnimi svetlobnimi kategorijami** (zastor, rob, odprto) so bile vidne in statistično značilne za vse drevesne vrste in tip motnje z izjemo smreke, kjer prvo leto po žledu nismo potrdili razlik v odzivu. Razlike so bile najznačilnejše med kategorijama gozdnega roba

in odprtega za bukev in jelko, izrazitejše po žledu kot po vetrolomu, kar kaže na večjo jakost motnje pri žledu.

**Ocena tekmovalne sposobnosti vrst** sloni na ločeni primerjavi odziva posameznih vrst znotraj izbranih istih let opazovanj. Primerjali smo povprečno vrednost učinkovitosti (F) ter interpolirani presek odziva med posameznimi izmerjenimi svetlobnimi kategorijami (Čater in Diaci 2017; Čater 2021). Mesta preseka označujejo izenačeno učinkovitost drevesnih vrst glede na potencialno intenziteto sevanja, oz. izenačeno tekmovalno moč. Prikazane so skupne povprečne vrednosti vseh lokacij za žled in vetrolom. Kljub razliki v številčnosti med posameznimi ploskvami nismo potrdili značilnih razlik (Slika 3.4).

Zaradi omejenih sredstev smo lahko izpeljali primerjavo na ploskvah prizadetih zaradi žleda v letu 2022, na ploskvah prizadetih zaradi vetroloma pa vsako leto do 2022. Veliko omejitev predstavlja veliko zmanjševanje deleža jelke na vseh opazovanih lokacijah.



Slika 3.4: F v opazovanih kategorijah potencialne intenzitete sevanja na lokacijah, ki jih je prizadel žled (levo) in vetrolom (desno). Črtkane oznake prikazujejo enake vrednosti F med bukvijo in jelko, točkaste oznake vrednosti med jelko in smreko ter polne črte vrednosti med gorskim javorjem in jelko.

Opazimo pomik vrednosti enakega odziva v času med vrstami po žledu od gozdnega roba proti zastoru, predvsem zaradi izgube tekmovalne moči pri jelki glede na bukev v razmerah zmerne

intenzitete svetlobe. Od leta 2016 do 2022 se razmere niso izboljšale, opazen je nadaljnji pomik v smeri popolnega zastora. Podoben, a nekoliko manj očiten odziv smo potrdili med smreko in jelko (slika 3.4, levo).

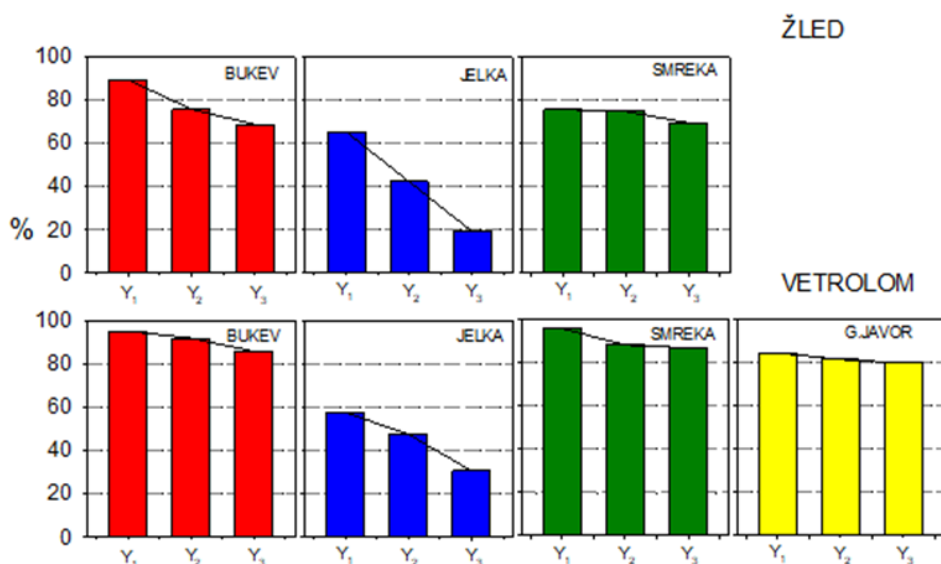
Po vetrolomu smo potrdili izrazitejši pomik v smeri popolne zastrtosti. Začetna točka je bila v razmerah večje svetlobne intenzitete zaradi boljše prilagoditve jelke na povečane svetlobne razmere. Največjo spremembo kažeta primerjavi jelka - bukev in jelka - smreka v prvem letu po vetrolomu in jelka - javor po letu 2019 (slika 3.4, desno).

Zmanjšanje tekmovalne moči pri jelki je zaskrbljujoče na vseh opazovanih lokacijah, posebno zaradi zmanjševanja razlik (manjše variabilnosti) v odnosu do drugih drevesnih vrst. Enoznačni odzivi na vseh lokacijah izpostavljajo vprašanje naravne obnove jelke na prizadetih rastiščih. Njeno preživetje na presvetljenih delih sestojev po ujmi je ogroženo in omejeno le na zastrte dele sestojev (Slika 3.4).

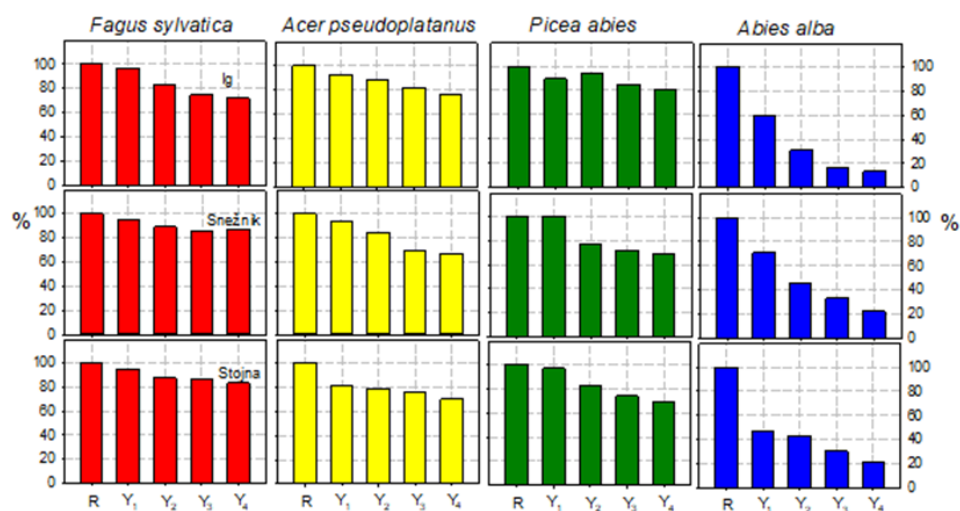
**Število osebkov mladja** je sledilo vzorcu asimilacijske učinkovitosti, posebno izrazito je bilo zmanjševanje jelke na lokacijah prizadetih zaradi žleda. Tabela 3.2 prikazuje število osebkov tri leta po motnji, Slika 3.5 pa zmanjševanje deleža v %.

Tabela 3.2: Število osebkov mladja po žledu in vetrolomu.

			Št/ha			
			kontrola	Y <sub>1</sub>	Y <sub>2</sub>	Y <sub>3</sub>
žled	bukev		31.650	28.150	23.920	21.670
	jelka		8.720	5.670	3.660	1.650
	smreka		31.650	24.000	23.670	22.000
vetrolom	bukev		6.130	5.820	5.620	5.250
	jelka		31.650	18.160	14.970	9.600
	smreka		3.850	3.690	3.400	3.350
	g. javor		31.650	26.730	25.760	25.220



Slika 3.5: Vznik na stalnih lokacijah po žledu in vetrolomu - zmanjševanje števila v %.



Slika 3.6: Spremembe deleža vrst po vetrolomu.

### 3.3.1 Setev jelovih semen

Na treh lokacijah, kjer smo proučevali učinke vetroloma smo jeseni vzdolž izbranih ploskev za ugotavljanje številčnosti posejali v liniji po 0,5 kg stratificiranega jeloviega semena na vsaki lokaciji. Kalivost semen je bila 75 %, uspeh vznika pa 20-25 %. Po enem letu je ostalo na lokacijah med 12-15 % sejank, ki so do leta 2023 izginile.

### 3.4 Razprava, zaključki in priporočila naročniku

Učinkovita obnova gozdov po motnjah je predpogoj za njihovo sposobnost obstoja in delovanja v času. Pod pritiskom vse večjih motenj in predvidenih okoljskih sprememb, ki bodo verjetno vplivale na gozdne ekosisteme - tako s postopnimi spremembami povprečnih podnebnih razmer kot s povečanjem pogostosti in obsegom ekstremnih vremenskih dogodkov (IPCC, 2018) - je njihova odpornost ključna. Z vidika blaženja prihodnjih vplivov podnebnih sprememb in krepitev sposobnosti prilagajanja gozdov na ekstremne vremenske pojave je vse več zanimanja za mešane gozdove, saj so ekološko odpornejši od gozdov s prevladujočo eno drevesno vrsto (Griess et al., 2012; Griess in Knoke, 2013; Lebourgeois et al., 2013).

Sencoadržne vrste kot sta bukev in jelka, ki prevladujeta v proučevanem gozdnem območju, so povezane s številnimi fiziološkimi, morfološki in strukturnimi prilagoditvami, ki dajejo prednost učinkoviti sečnji pri zmerni oz. majhni odprtosti sestojev (Ellsworth in Reich, 1992; Walters in Reich, 1996; Walters in Reich, 1999). Sencodržnost obenem vključuje zmanjšano fotosintetsko zmogljivost in povečano dovzetnost za fotoinhibitorne poškodbe pri večjih svetlobnih jakostih (Tucker et al., 1987; Henry in Aarssen, 1997), kar lahko vodi v nepopravljivo poškodbo reakcijskih centrov po obsežnih motnjah, kot sta žled ali vetrolom zaradi posledično hitrih presvetljenosti (Ruban, 2014).

Prilagoditev vključuje spremembe in fiziološke prilagoditve obstoječega listja/iglic, kot npr. zmanjšano alokacijo dušika, sintezo več fotozaščitnih spojin itd., ali nastanek novega, fiziološko spremenjenega listnega aparata s prilagojeno anatomsko strukturo (Givnish, 1988; Wyka et al., 2007). Od vseh proučevanih drevesnih vrst v raziskavi ima zlasti jelka največ težav in omejitev pri hitrem fotosintetskem privajanju na večjo intenziteto svetlobe: njeno prilagajanje je postopno (Robakowski et al., 2004), v letih, ko je privajanje razvitega listja (iglic) omejeno, kar potrjuje tudi naši raziskava. Bukev in gorski javor kažeta boljše prilagoditev zaradi vsakoletnega razvoja nove listne površine.

Vzorec odziva je bil pri proučevanih drevesnih vrstah mladja po obeh motnjah podoben, zlasti pri jelki. Po vetrolomu zmanjšanje učinkovitosti ni bilo tako izrazito, absolutne vrednosti učinkovitosti v istih svetlobnih kategorijah pa so ostale večje kot po žledolomu. Možna razlaga za upad bi lahko bila povezana predvsem s hitrim in obsežnim povečanjem svetlobe in

fotoinhibicijo (Tucker et al., 1987; Ruban, 2014). Pri spremenljivi intenziteti sevanja morajo biti vrste sposobne na prilagajanje takšnim nihanjem.

Pri bukvi je bilo okrevanje po vetrolomu boljše, tudi razlike med svetlobnimi kategorijami so bile izrazitejše, izkoristek v vseh svetlobnih kategorijah pa večji. Pri smreki je v letih po ujmah prišlo do povečanja asimilacijske učinkovitosti tako v kategorijah gozdnega roba kot na odprtem, medtem ko med kategorijama zastora in gozdnega roba po žledolomu nismo opazili takšnih razlik. Okrevanje gorskega javorja je bilo največje v vseh kategorijah brez zastora, posebno med prvim in drugim letom opazovanja (Slika 3.3).

Splošno je boljša prilagodljivost listavcev po motnjah lahko tesno povezana z njihovim letnim razvojem listja v primerjavi z iglavci in dolgoživostjo iglic jelke in smreke. Dve rastni obdobji sta prekratki, da bi se vrste iglavcev prilagodile, kot to poroča Brooks s sod. (1996), ki je proučeval senčenje svetlobno prilagojene *Abies amabilis*. Proces je verjetno neodvisen od staranja in nanj vplivajo razmerja znotraj posameznih osebkov (Brooks et al., 1994). Če zasenčimo asimilacijske površine prilagojene na večjo intenziteto sevanja, postanejo fiziološko podobne senčnim listom, morfološko pa ostajajo nespremenjene. Sencozdržnost ponavadi vključuje zmanjšano sposobnost asimilacije in povečano dovzetnost za fotoinhibicijo (Henry in Aarssen, 1997). Od vseh drevesnih vrst je smreka najmanj sencozdržna, kar potrjuje fiziološki odziv in redukcija števila mladice po obeh motnjah.

Številčnost sadik jelke po žledolomu se je od leta 2016 zmanjševala in izrazito upadla v letu 2017, ko na treh od štirih pregledanih lokacij ob robu in v kategoriji odprte svetlobe nismo našli nobenega osebka (Čater in Diaci 2017, Čater 2021). Zmanjšanje števila je bila posledica hitre izpostavljenosti svetlobi po motnjah, vendar pa nismo mogli izključiti vpliva objedanja in naravnega osipa začetnega števila sadik. Zmanjšanje asimilacijske učinkovitosti za jelko ustreza zmanjšanju  $N_{tot}$  v letih, opaženih po obeh motnjah.

Večja pogostost motenj bo vplivala v bodoče na uspešnost obnove, zlasti v gozdovih s pretežno sencozdržnimi vrstami. Kljub omejenemu prostorsko-časovnemu načinu in obsegu vzorčenja je bil odziv po obeh motnjah podoben. Glede na obseg zmanjševanja števila osebkov, odziv in boljšo regeneracijsko sposobnost dreves na gozdnem robu in na odprtem z izjemo jelke in povečujočim deležem neznačilnih razlik med svetlobnimi kategorijami (podatek ni prikazan) po vetrolomu, pripisujemo večjo intenziteto motnjam nastalim po žledu.

Rezultati kažejo, da se lahko enaka konkurenčna moč med jelko in drugimi proučevanimi drevesnimi vrstami ohrani med obdobjem okrevanja po motnjah v sestojnih razmerah z gostejšo krošnjo/manjšim deležem odprtosti, kar potrjujejo naše prejšnje raziskave (Čater s sod. 2014, Čater in Diaci 2017, Čater 2021). Opazovani vzorec po žledu nakazuje postopnejši premik proti zastoru v opazovanih letih v primerjavi z vetrolomom in večjo amplitudo asimilacijske učinkovitosti. Prisotnost mladja ima pomembno vlogo pri razvoju novih sestojev po velikih in intenzivnih motnjah (Szwagrzyk s sod., 2018), zlasti vetrolomih, ki navadno ne prizadene mladja (Franklin in sod., 2007). Kljub temu se v času te raziskave tekmovalna moč vrst ni izenačila zaradi izrazito slabe odzivnosti jelke po motnji.

Uspešna aklimatizacija dreves po velikopovršinskih motnjah je povezana z njihovo sposobnostjo razvoja asimilacijskih površin prilagojenih na večje intenzitete in amplitude sevanja. V času izvedbe nismo potrdili regeneracijo odziva pri jelki kljub okrevanju drugih drevesnih vrst. Trend sestave drevesnih vrst v odraslih mešanih gozdovih kaže na množično širitev bukve tudi na račun drugih vrst (Janík s sod., 2014; Keren s sod., 2014; Parobeková s sod., 2018), zato sta obnova in prihodnost jelke vprašljivi, zlasti po obsežnih motnjah. Za podporo in vzdrževanje jelke predlagamo fragmentirano strukturo gozdnega roba z večjim deležem zastrtosti.

### **3.4.1 Priporočila naročniku**

- Regeneracijska učinkovitost listavcev in iglavcev se po velikopovršinskih motnjah zaradi spremenjenih rastiščnih razmer razlikuje; listavci (bukev in g.javor) kažejo večjo tekmovalno moč in sposobnost obnove v naravnem mladju kot iglavci (jelka in smreka).
- Bukev in javor si opomoreta hitreje od iglavcev že dve leti po ujmi, jelka kaže regresijo še osem let po ujmi in stagnira. Pri smreki nismo potrdili značilnega odziva.
- Izmerjena učinkovitost javorja in bukve je največja v razmerah brez zastora, učinkovitost jelke pa v razmerah popolnega zastora.
- Številčnost osebkov mladja kaže podoben odziv zmanjševanja med posameznimi vrstami, kot izmerjeni odzivi na hitro presvetljevanje. Veliko večje je zmanjševanje učinkovitosti in številčnosti po žledu, kot po vetrolomu.



- Najbolj izrazito zmanjševanje učinkovitosti in številčnosti smo potrdili po žledu pri jelki v razmerah brez zastiranja. Na treh od štirih lokacij tri leta po ujmi ni bilo več zadostnega števila osebkov, da bi ponovili meritve odziva.
- Izenačena tekmovalna sposobnost proučevanih vrst se po ujmah nahaja v svetlobnih razmerah med gozdnim robom in popolnim zastorom odraslega sestoja, predvsem zaradi nazadovanja jelke. Ključno pri povečevanju naravne tekmovalne moči jelke je postopno odpiranje odraslega sestoja in zaščita jelovega mladja.
- Potrjeni enoznačni odzivi na vseh lokacijah izpostavljajo vprašanje naravne obnove jelke na prizadetih rastiščih. Njeno preživetje na presvetljenih delih sestojev po ujmi je ogroženo in omejeno le na zastrte dele sestojev.
- K zmanjševanju številčnosti poleg svetlobnega stresa največ prispeva objedanje divjadi. Na lokacijah prizadetih zaradi vetroloma je bila umetna obnova s setvijo jelke uspešna, preživetje je povsem zavrla rastlinojeda divjad (parkljarji).
- Bodoče ohranjanje jelke brez zaščite/odvračal in intenzivnejših vlaganj ne bo mogoče zaradi povečevanja števila ekstremnih dogodkov, manjše tekmovalne moči jelke in nerešenega vprašanja rastlinojedov.

### 3.5 Citirana literatura

- Bošela, M., Tobin, B., Šebeň, V., Petráš, R., Larocque, G.R., 2015. Different mixtures of Norway spruce, silver fir, and European beech modify competitive interactions in central European mature mixed forests. *Canadian Journal of Forest Research* 45, 1577-1586.
- Brang, P., Hilfiker, S., Wasem, U., Schwyzer, A., Wohlgemuth, T., 2015. Langzeitforschung auf Sturmflächen zeigt Potenzial und Grenzen der Naturverjüngung. *Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen* 166, 147-158.
- Brang, P., Spathelf, P., Larsen, J.B., Bauhus, J., Bončina, A., Chauvin, C., Drössler, L., García-Güemes, C., Heiri, C., Kerr, G., 2014. Suitability of close-to-nature silviculture for adapting temperate European forests to climate change. *Forestry: An International Journal of Forest Research* 87, 492-503.
- Brooks, J.R., Hinckley, T.M., Sprugel, D.G., 1994. Acclimation responses of mature *Abies amabilis* sun foliage to shading. *Oecologia* 100, 316-324.
- Brooks, J.R., Sprugel, D.G., Hinckley, T.M., 1996. The Effects of Light Acclimation during and after Foliage Expansion on Photosynthesis of *Abies amabilis* Foliage within the Canopy. *Oecologia* 107, 21-32.

- Čater, M., 2021. Response and mortality of beech, fir, spruce and sycamore to rapid light exposure after large-scale disturbance. *Forest Ecology and Management* 498, <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2021.119554>
- Čater, M., Diaci, J., 2017. Divergent response of European beech, silver fir and Norway spruce advance regeneration to increased light levels following natural disturbance. *Forest Ecology and Management* 399, 206-212.
- Čater, M., Diaci, J., Roženbergar, D., 2014. Gap size and position influence variable response of *Fagus sylvatica* L. and *Abies alba* Mill. *Forest Ecology and Management* 325, 128-135.
- Ellsworth, D.S., Reich, P.B., 1992. Leaf mass per area, nitrogen content and photosynthetic carbon gain in *Acer saccharum* seedlings in contrasting forest light environments. *Functional ecology*. 6, 423-435.
- Franklin, J., Mitchell, R., Palik, B., 2007. *Natural Disturbance and Stand Development Principles for Ecological Forestry*.
- Givnish, T., 1988. Adaptation to Sun and Shade: a Whole-Plant Perspective. *Functional Plant Biology* 15, 63-92.
- Griess, V.C., Acevedo, R., Härtl, F., Staupendahl, K., Knoke, T., 2012. Does mixing tree species enhance stand resistance against natural hazards? A case study for spruce. *Forest Ecology and Management* 267, 284-296.
- Griess, V.C., Knoke, T., 2013. Bioeconomic modeling of mixed Norway spruce—European beech stands: economic consequences of considering ecological effects. *European Journal of Forest Research* 132, 511-522.
- Henry, H., Aarssen, L., 1997. On the relationship between shade tolerance and shade avoidance strategies in woodland plants. *Oikos* 80, 575-582.
- Janík, D., Adam, D., Hort, L., Král, K., Šamonil, P., Unar, P., Vrška, T., 2014. Tree spatial patterns of *Abies alba* and *Fagus sylvatica* in the Western Carpathians over 30 years. *European Journal of Forest Research* 133, 1015-1028.
- Keren, S., Motta, R., Govedar, Z., Lucic, R., Medarevic, M., Diaci, J., 2014. Comparative Structural Dynamics of the Janj Mixed Old-Growth Mountain Forest in Bosnia and Herzegovina: Are Conifers in a Long-Term Decline? *Forests* 5, 1243-1266.
- Kneeshaw, D.D., Kobe, R.K., Coates, K.D., Messier, C., 2006. Sapling size influences shade tolerance ranking among southern boreal tree species. *Journal of Ecology* 94, 471-480.
- Lamberts, H., Chapin, F.S., Pons, T.L., 1998. *Plant physiological ecology*. Springer. New York.

- Larocque, G.R., Luckai, N., Adhikary, S.N., Groot, A., Bell, F.W., Sharma, M., 2013. Competition theory — science and application in mixed forest stands: review of experimental and modelling methods and suggestions for future research. *Environmental Reviews* 21, 71-84.
- Lebourgeois, F., Gomez, N., Pinto, P., Mérian, P., 2013. Mixed stands reduce *Abies alba* tree-ring sensitivity to summer drought in the Vosges mountains, western Europe. *Forest Ecology and Management* 303, 61-71.
- Metslaid, M., Ilisson, T., Vicente, M., Nikinmaa, E., Jõgiste, K., 2005. Growth of advance regeneration of Norway spruce after clear-cutting. *Tree Physiology* 25, 793-801.
- Nagel, T.A., Mikac, S., Dolinar, M., Klopčič, M., Keren, S., Svoboda, M., Diaci, J., Boncina, A., Paulić, V., 2017. The natural disturbance regime in forests of the Dinaric Mountains: A synthesis of evidence. *Forest Ecology and Management* 388, 29-42.
- Parobeková, Z., Pittner, J., Kucbel, S., Saniga, M., Filípek, M., Sedmáková, D., Vencurik, J., Jalovič, P., 2018. Structural Diversity in a Mixed Spruce-Fir-Beech Old-Growth Forest Remnant of the Western Carpathians. *Forests* 9, 379.
- Pommerening, A., Murphy, S.T., 2004. A review of the history, definitions and methods of continuous cover forestry with special attention to afforestation and restocking. *Forestry: An International Journal of Forest Research* 77, 27-44.
- Robakowski, P., Wyka, T., Samardakiewicz, S., Kierzkowski, D., 2004. Growth, photosynthesis, and needle structure of silver fir (*Abies alba* Mill.) seedlings under different canopies. *Forest Ecology and Management* 201, 211-227.
- Ruban, A.V., 2009. Plants in light. *Communicative & Integrative Biology* 2, 50-55.
- Ruban, A.V., 2014. Evolution under the sun: optimizing light harvesting in photosynthesis. *Journal of Experimental Botany* 66, 7-23.
- Schütz, J.-P., Saniga, M., Diaci, J., Vrška, T., 2016. Comparing close-to-naturesilviculture with processes in pristine forests: lessons from Central Europe. *Annals of Forest Science* 73, 911-921.
- Szwagrzyk, J., Maciejewski, Z., Maciejewska, E., Tomski, A., Gazda, A., 2018. Forest recovery in set-aside windthrow is facilitated by fast growth of advance regeneration. *Annals of Forest Science* 75, 80.
- Tucker, G.F., Hinckley, T.M., Leverenz, J., Jiang, S., 1987. Adjustments of foliar morphology in the acclimation of understory Pacific silver fir following clearcutting. *Forest Ecology and Management* 21, 249-268.

- Usbeck, T., Wohlgemuth, T., Dobbertin, M., Pfister, C., Bürgi, A., Rebetez, M., 2010. Increasing storm damage to forests in Switzerland from 1858 to 2007. *Agricultural and forest meteorology* 150, 47-55.
- Walters, M.B., Reich, P.B., 1996. Are Shade Tolerance, Survival, and Growth Linked? Low Light and Nitrogen Effects on Hardwood Seedlings. *Ecology* 77, 841-853.
- Walters, M.B., Reich, P.B., 1999. Low-light carbon balance and shade tolerance in the seedlings of woody plants: do winter deciduous and broad-leaved evergreen species differ? *New Phytologist* 143, 143-154.
- Wright, E.F., Canham, C.D., Coates, K.D., 2000. Effects of suppression and release on sapling growth for 11 tree species of northern, interior British Columbia. *Canadian Journal of Forest Research* 30, 1571-1580.
- Wyka, T., Robakowski, P., Zytowski, R., 2007. Acclimation of leaves to contrasting irradiance in juvenile trees differing in shade tolerance. *Tree Physiol* 27, 1293-1306.

## 4 Napovedovanje uspešnosti obnove gozda

### 4.1 Opis problema in ciljev

Odločanje o načinu obnove gozdov prizadetih zaradi naravnih ujm je zahtevno zaradi številnih ekoloških, ekonomskih in socialnih dejavnikov, ki vplivajo na končni izid (Diaci in sod., 2017). Okoljske spremembe predvidevanje prihodnjega razvoja sestojev še dodatno zaostrejejo. Modeli razvoja gozdne vegetacije lahko odločanje izboljšajo (Bugmann in Seidl, 2022). Med številnimi modeli so še posebej zanimivi takšni, ki so dovolj generalni, preverjeni ter omogočajo upoštevanje podnebnih sprememb in načinov gospodarjenja z gozdovi (Didion in sod., 2009; Rasche in sod., 2011). Pri preverjanju uporabnosti modelov za napovedovanje razvoja pomlajevanja po ujmah smo se odločali med modeloma ForestMAS in ForClim (Bugmann, 1996; Kolmanič in sod., 2014). Prvi omogoča večjo natančnost napovedi, je prostorsko določen in že uspešno uporabljen ter preverjen na primeru Mozirske Požganije. Model zaenkrat še ne upošteva podnebnih sprememb, poleg tega je modeliranje gozdnogojitvenih ukrepov z modelom ForestMAS sorazmerno zahtevno. Po preizkušanju obeh modelov smo se odločili za uporabo modela ForClim, ki upošteva podnebne spremembe, podmodel gospodarjenja pa je dobro razvit in sorazmerno enostaven za programiranje. Poleg tega je bil model ForClim v Sloveniji že uspešno uporabljen (Mina et al., 2017; Klopčič et al., 2017) in je še posebej primeren za simulacijo razvoja gozdov v gorskih regijah, kjer je pogostost naravnih ujm največja (Bugmann, 2001).

ForClim je dinamični model gozda, razvit za simulacijo in analizo rasti ter razvoja gozdov kot odziva na okoljske spremenljivke. Model se pogosto uporablja v gozdni ekologiji in gozdarstvu za razumevanje, kako podnebje, relief in drugi dejavniki vplivajo na rast in razširjenost drevesnih vrst. Je orodje za ocenjevanje vplivov podnebnih sprememb na gozdne ekosisteme in za informiranje o odločitvah pri gospodarjenju z gozdovi (Bugmann in Seidl, 2022).

Napovedovanje pomlajevanja sodi med najzahtevnejše naloge pri modeliranju razvoja gozdov. Procese pomlajevanja uravnavajo številni dejavniki, ki jih je težko določiti, poleg tega je delovanje nekaterih naključno (Käber in sod., 2023). Abiotske dejavnike kot npr. svetlobne in vlažnostne razmere ter relief, je lažje predvideti, medtem ko so biotski dejavniki manj predvidljivi. Takšni so na primer razširjenost drevesnih vrst, semenska leta, plenilci semena in objedanje mladja. Nedavna raziskava v Švici je potrdila primernost modela ForClim za

napovedovanje razvoja pomlajevanja po velikopovršinskih vetrolomih in hkrati izpostavila nekatere omejitve (Zweifel, 2023).

Zahtevno odločanje o načinu sanacije sestojev prizadetih po ujmah, npr. kdaj uporabiti naravno in kdaj umetno obnovo ter kakšne oblike zaščite mladega gozda so potrebne, smo želeli izboljšati z uporabo dinamičnega modela razvoja gozdnih sestojev ForClim. Namen raziskave je bil parametrizirati model na razmere testnega objekta vetroloma Črnivec iz leta 2008 in ga validirati. Slednje smo izpeljali s primerjavo napovedi modela z realnimi podatki iz trajnih raziskovalnih ploskev na vetrolomnem območju. Rezultate in napovedi modela smo primerjali z izsledki statističnih modelov (Fidej in sod., 2018; Cerioni in sod., 2022). Uporabili smo različne scenarije podnebnih sprememb in ukrepanja/nege mladega gozda. Glavni namen raziskave je bil preveriti natančnost modela za podporo odločanju glede biološke sanacije in ugotoviti ali je model lahko koristen za praktično delo pri načrtovanju bioloških sanacij sestojev poškodovanih po ujmah.

## 4.2 Uporabljene metode dela

### 4.2.1 Opis modela ForClim

ForClim je model vrzeli, ki vključuje preproste, vendar zanesljive formulacije podnebnih vplivov na ekološke procese, pri čemer uporablja le minimalno število ekoloških predpostavk (Bugmann, 1996). Model je sestavljen iz treh podmodelov: *plant*, *weather* in *water*. Prvi simulira nasemenitev, rast in mortaliteto za 30 evropskih drevesnih vrst na majhnih zaplatah (patch). Vhodne podatke za te procese zagotavljata podmodela *weather* in *water*, ki izračunavata najnižjo zimsko temperaturo, temperaturo vegetacijske dobe, vlago v tleh na podlagi dolgoročnih vremenskih podatkov in zmogljivosti zadrževanja vode v tleh za posamezno rastišče. Omenjenim podmodelom je dodan še podmodel *management*, ki omogoča simuliranje 16 različnih načinov gospodarjenja, vključno s saditvijo (Forest Ecology group ETH Zurich, 2019).

### 4.2.2 Podatki za parametriziranje in evaluacijo modela

Za parametriziranje in validacijo modela ForClim smo uporabili podatke iz trajnih raziskovalnih ploskev iz okolice prelaza Črnivec, kjer je vetrolom leta 2008 poškodoval obsežno območje gozdov (Cieroni in sod., 2022). Območje obsega del severno od ceste z južno

ekspozicijo in južno od ceste s severno ekspozicijo. Na ploskvah je bilo popisanih 19 različnih vrst, zadnji popis je bil izveden leta 2019. Ker ForClim ne zajema vseh vrst, ki so bile popisane na Črnicu smo morali iz modeliranja izločiti nekaj vrst. Te so *Prunus avium*, *Salix caprea*, *Salix eleagnos*, *Sambucus nigra* in *Sambucus racemosa*. Prva na trajnih raziskovalnih ploskvah ni bila pogosto zastopana, medtem ko je bil delež ive znaten. Vendar iva v sukcesijskem razvoju sorazmerno kmalu spontano nazaduje in ne predstavlja resnejšega tekmeca drugim vrstam (Diaci, 1996), zato ocenjujemo, da je tudi brez upoštevanja ive dolgoročno modeliranje razvoja gozdne vegetacije sorazmerno objektivno.

Na ploskvah so bile vrste popisane in porazdeljene po višinskih razredih:

- do 49 cm
- 50 do 149 cm
- 150 do 299 cm
- nad 300 cm, < 5 cm DBH
- nad 300 cm, > 5 cm DBH

Drevesom je bila določena naključna višina med spodnjo in zgornjo mejo višinskega razreda. Iz višin smo kasneje izračunali premer, določen s pomočjo funkcije povezave prsnega premera in drevesne višine. Uporabljena je bila triparametrna Weibull-ova funkcija:

$$H = 1.3 + \beta_1(1 - e^{-\beta_2 * D^{\beta_3}})$$

Pri čemer smo izračunali parametre  $\beta_1$ ,  $\beta_2$  in  $\beta_3$  iz meritev iz trajnih raziskovalnih ploskev na Ljubelju na primerljivi nadmorski višini (Kajdiž et al., 2015).

#### **4.2.3 Trajne raziskovalne ploskve**

Podatki so bili pridobljenih na 53 naključno izbranih vzorčnih ploskvah na območju vetroloma. Vzpostavljene so bile leta 2012. Ploskve so bile določene s pomočjo sistematčne mreže, velikosti ujme. Na vsakem preseku je bila določena točka velikosti 10 x 10 m, na kateri je bilo določeno ali gre za naravno ali umetno obnovo, izločene so bile točke, ki so se nahajale na območju dobro razvitega pomladka pred ujmo, sečnih ostankov, vlak ali visoke skalovitosti. V primeru, da je točka padla na območje, kjer je bila razvita naravna obnova je bila v okolici poiskana najbližja točkja, kjer je bilo možno vzpostaviti ploskev z umetno obnovo in obratno. Vsaki ploskvi je bila določena še manjša ploskev, velikosti 1 x 3 m, na kateri je bila v prvih dveh meritvah (2012 in 2014) ocenjena gostota drevesnih vrst starejših od enega leta. Zadnji

popis na ploskvi je bil izveden 2019, pri čemer je bila gostota drevja starejšega od enega leta ocenjena na celotni ploskvi (Fidej et al. 2018; Cerioni et al. 2022).

#### 4.2.4 Simuliranje gojenja gozdov

ForClim vsebuje tudi podmodel pri katerih lahko določimo gojitvena dela. Simulacijam lahko določimo naslednje gojitvene tehnike:

- Redčenje/*Thinning* – znižanje gostote drevja predvsem za izboljšanje rasti pri čemer lahko izbiramo med tehniko *Thinning from above* pri čemer odstranjujemo kodominantna drevesa in *Thinning from below* pri čemer odstranjujemo podstojno drevje;
- Golosek/*Clear cutting* – pri čemer odstranimo vso drevje določenega območja;
- Sečnja ciljnih premerov/*Target cutting* – Odstranitev dreves ciljnega premera;
- Sečnja vrzeli/*Group selection* – Vrzel, ki se postopoma širi;
- Sečnja v pasovih/*Strip felling* – Posek se izvaja periodično iz določene strani in se izvaja proti smeri vetra
- Zastorna sečnja/*Shelterwood felling* – Postopen posek, pri čemer obdržimo starševska drevesa za zaščito prsti in regeneracije;
- Prebiralno gojenje/*Continuous cover forestry (plentering)* – Raznodobno gospodarjenje, kjer ohranjamo konstantno temeljnico (Rasche et al., 2011).

Pri simulacijah določimo tudi ciljno vrsto in jakost redčenja, ki ga želimo izvesti. V našem primeru smo izpeljali redčenje, kjer smo v prvih treh dekadah izvedli šibko uravnavanje zmesi in izvedli redčenje smreke 25 % jakosti.

#### 4.2.5 Podatki o rastišču in podnebjju

V simulacije smo vključili podatke o rastišču, ki smo jih razdelili glede na prisojno in osojno lego. Vsi meteorološki podatki (temperature in količina padavin) so pridobljeni iz meteoroloških postaj med leti 1991 in 2020, program pa pri simulacijah uporablja povprečja vsakega meseca in korespondenčne standardne odklone. Ostali podatki, ki smo jih vnesli v model glede na ekspozicijo so prikazani v Tabela 4.1.



Tabela 4.1: Vhodni rastiščni podatki za prisojno in osojno lego

	Prisojna lega	Osojna lega
Bucket size (sposobnost vezave vode)	12	12
Geografska širina	46.27	46.27
Naklon in ekspozicija	2 (strma, prisojna)	-2 (strma, osojna)
Prisotnost objedanja	20	20
V zemlji dostopen dušik	80	80
V zemlji dostopen dušik	80	80

Klimatske spremembe smo prikazali z dvema scenarijema. Struktura podatkov je podobna rastiščnim podatkom s temperaturo, padavinami, navzkrižno korelacijo in pripadajočimi standardnimi odkloni za vsak letni čas. Podatki prikazujejo spremembo, glede na temperaturo in padavine, ki smo jih določili v datoteki o rastišču, pri čemer izrazimo spremembo temperature v °C, spremembo padavin pa relativno, v %. Vrednosti optimističnega in pesimističnega scenarija so prikazani v Tabela 4.2.

Tabela 4.2: Vhodni meteorološki podatki za klimatske spremembe

	SSP2 (4.5)	SSP5 (8.5)
Sprememba T pomlad	2.17	4.17
Sprememba T poletje	3.56	7.06
Sprememba T jesen	2.81	5.17
Sprememba T zima	2.29	4.58
Sprememba P pomlad	0.99	0.93
Sprememba P poletje	0.91	0.72
Sprememba P jesen	0.93	0.89
Sprememba P zima	1.05	1.14

Vsem ostalim spremenljivkam smo določili vrednost 0.

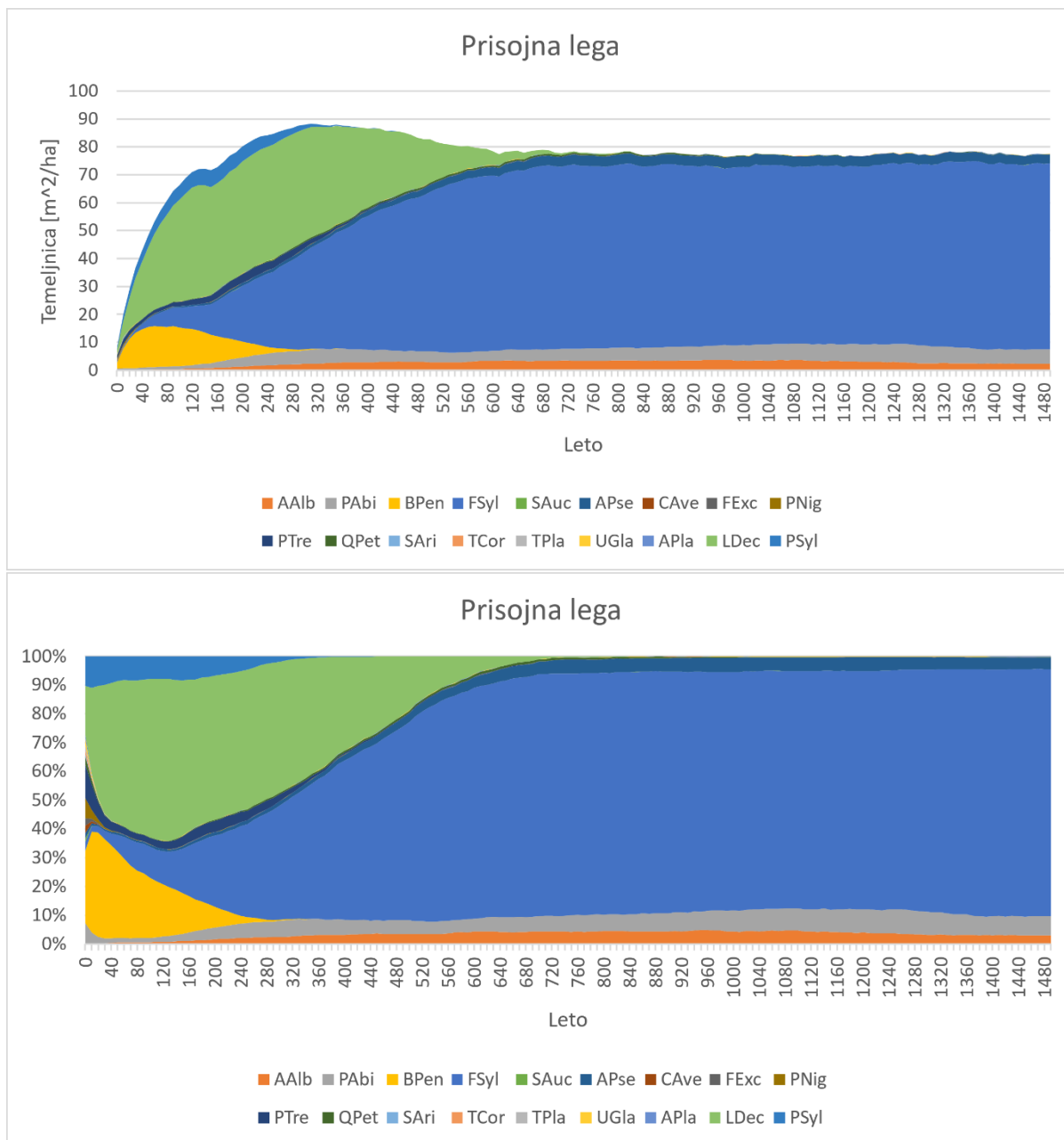
#### 4.2.6 Simulacije

Z modelom smo najprej simulirali scenarij, ki na prisojnem in osojnem območju predvideva razvoj vegetacije iz golih tal (*bare ground*). Slika 4.1 in Slika 4.2 prikazujeta modelni razvoj

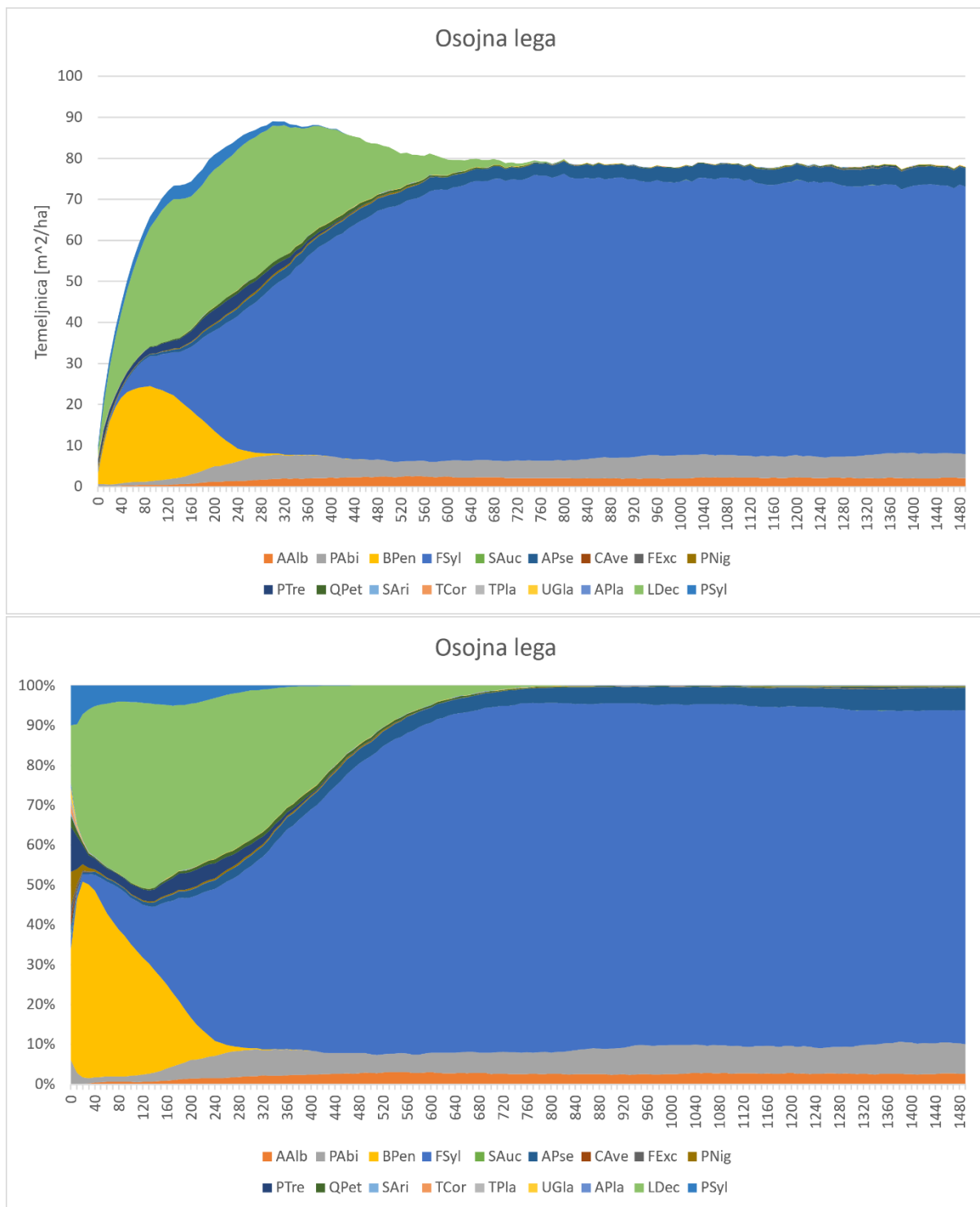
temeljnice drevesnih vrst na območju, brez predhodne zasnove. Rezultate razvoja po 10 in 20 letih smo primerjali z dejanskim stanjem na ploskvi (Slika 4.3). Slika 4.5 simulira stanje po 50 in po 100 letih upoštevajoč klimatske spremembe.

## 4.3 Rezultati

### 4.3.1 Dolgoročna simulacija razvoja sestoja iz »goli tal«



Slika 4.1: Simulacija temeljničnega stanja na prisojnim pobočju iz goli tal

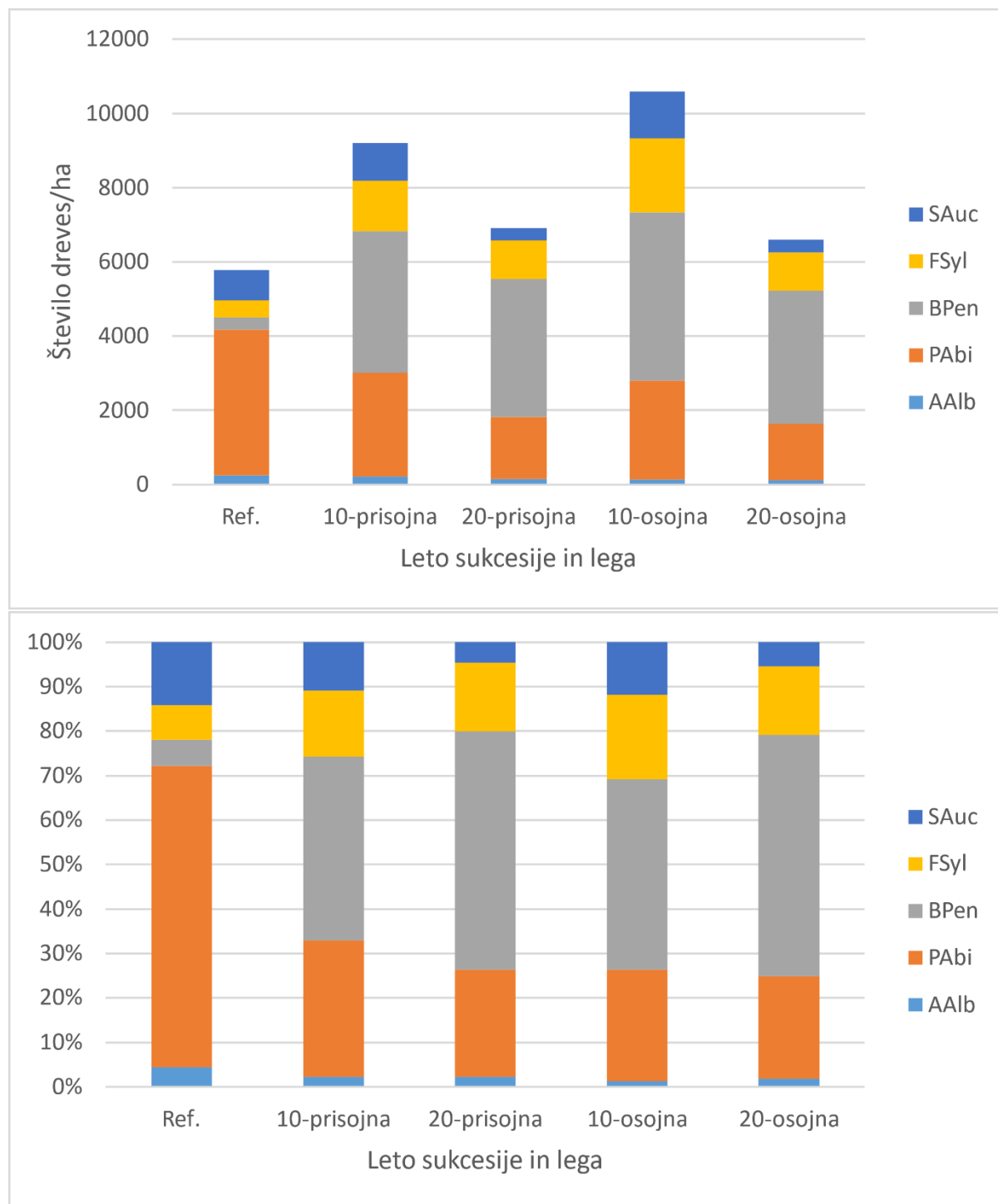


Slika 4.2: Simulacija temeljničnega stanja na osojnim pobočju iz golih tal

Model uravnovežene naravne vegetacije po 1500 letih sukcesije predvideva prevlado bukve na obeh ekspozicijah in le manjše deleže smreke in jelke (Slika 4.1, Slika 4.2), čeprav naj bi bilo območje kartirano kot gorski mešan gozd smreke, jelke in bukve (*Luzulo-Fagetum abietosum*). Sestoji pred vetrolomom so bili precej zasmrečeni (Pahovnik, 2011), zato je potencial semena iz preostalih sestojev in iz zaloge pomladka na vetrolomni površini z bistveno večjim deležem

smreke kot bi bil naravno. Ocenjujemo, da je model uravnotežene naravne vegetacije območja, glede na podnebne razmere 1991-2020 dokaj realen.

#### 4.3.2 Primerjava dejanskega stanja 10 let po simulaciji iz golih tal

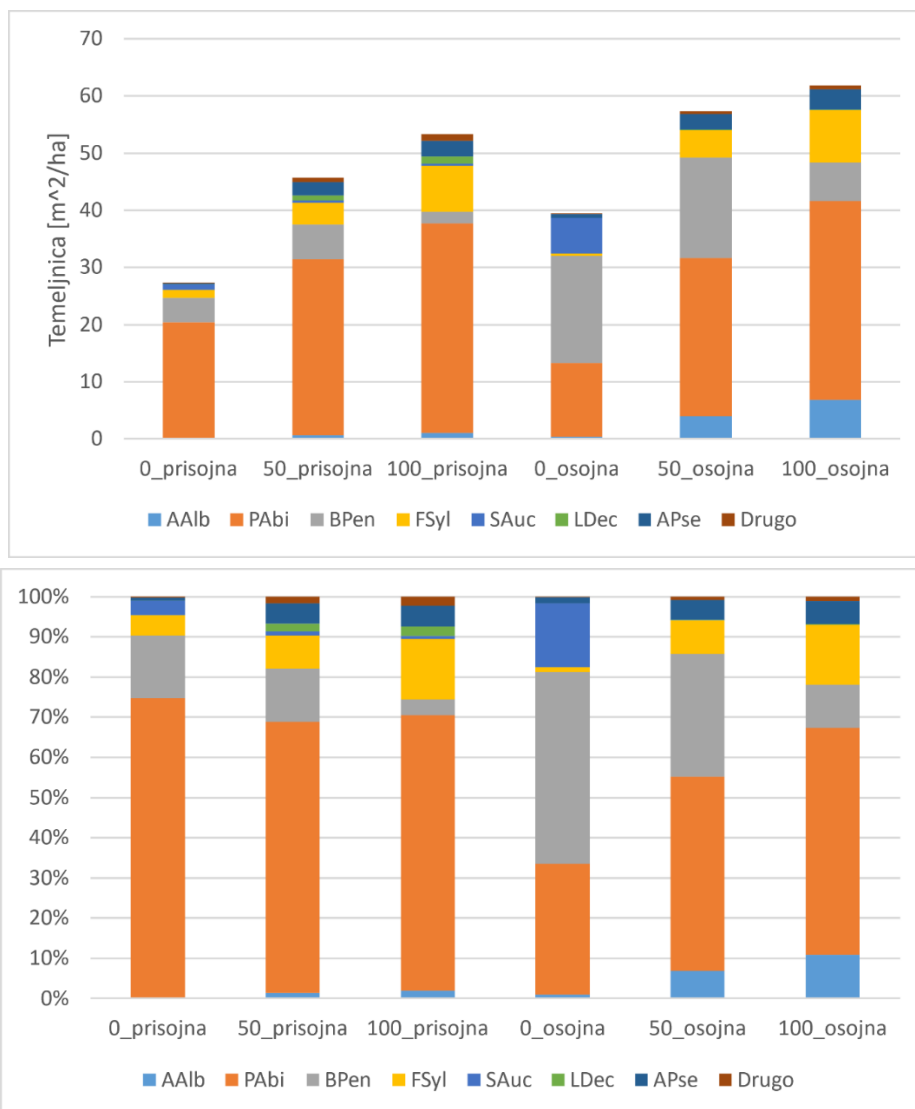


Slika 4.3: Primerjava gostote dreves 10 in 20 let po ujmi z modelom iz golih tal

Simulacija razvoja naravne vegetacije iz golih predvideva primerljivo gostoto dreves na preučevanem območju z obstoječim stanjem (slika 3.3). Najočitnejša razlika med dejanskim stanjem (Ref.) in simulacijami je delež smreke, ki je na Črnicu bistveno višji kot ga predvideva model. Višja gostota smreke je posledic sadnje in preteklega stanja, česar simulacija iz golih tal ne upošteva pri modeliranju. Prikaz s pomočjo gostote dreves smo izbrali zaradi mlajše razvojne faze, pri čemer je vredno omeniti tudi, da ima neglede na nižjo gostoto dreves na izmerjeni ploskvi (Ref.) ta višjo temeljnico, kot ploskve v simulaciji, kar nakazuje na večje prstne premere, kot jih predvideva simulacija iz golih tal.

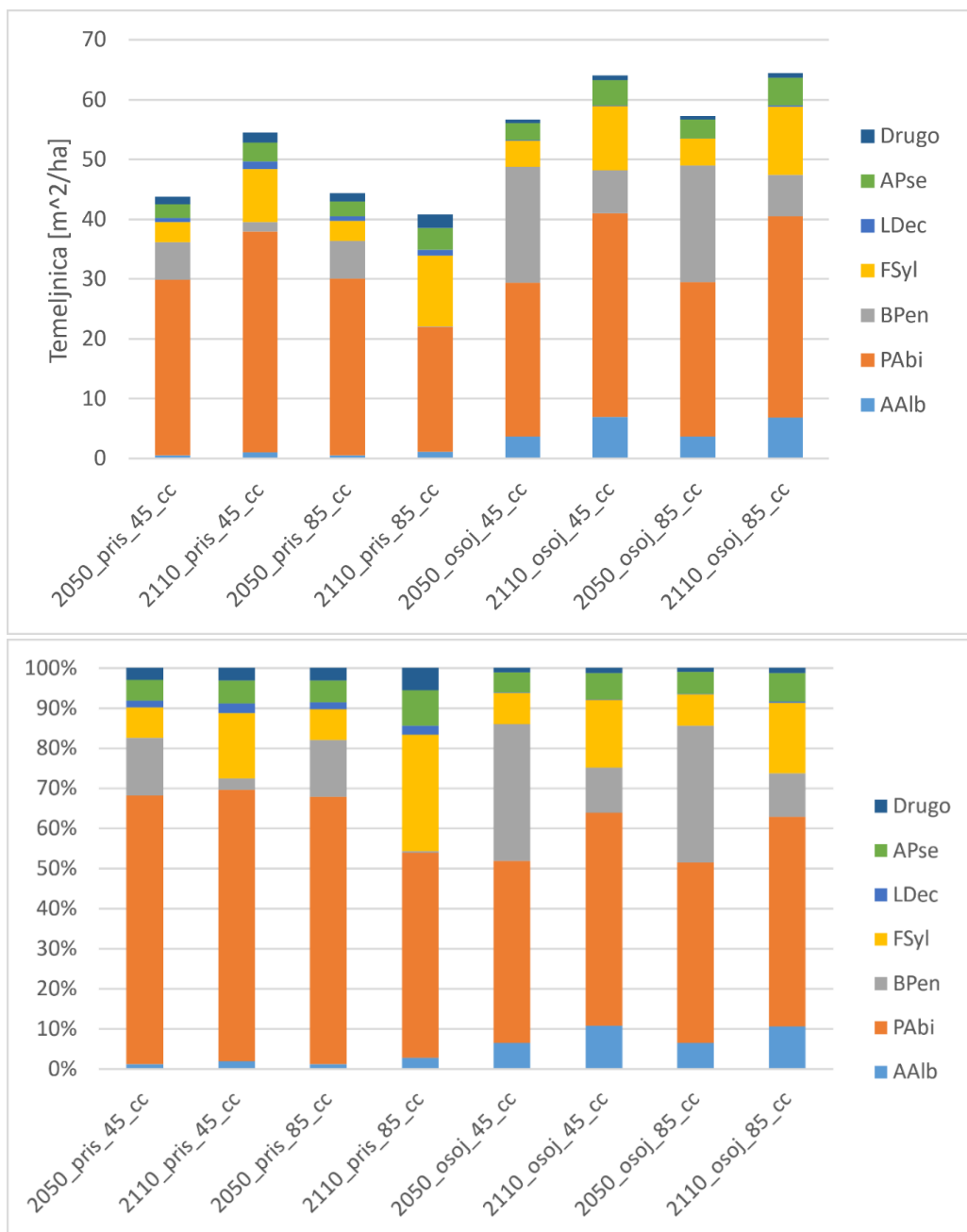
### 4.3.3 Simulacija razvoja sestoja iz podatkov stalnih vzorčnih ploskev

#### 4.3.3.1 Primerjava prisojnega in osojnega pobočja



Slika 4.4: Primerjava simulacije 100 let dejanskega stanja, ločenega na osojno in prisojno pobočje

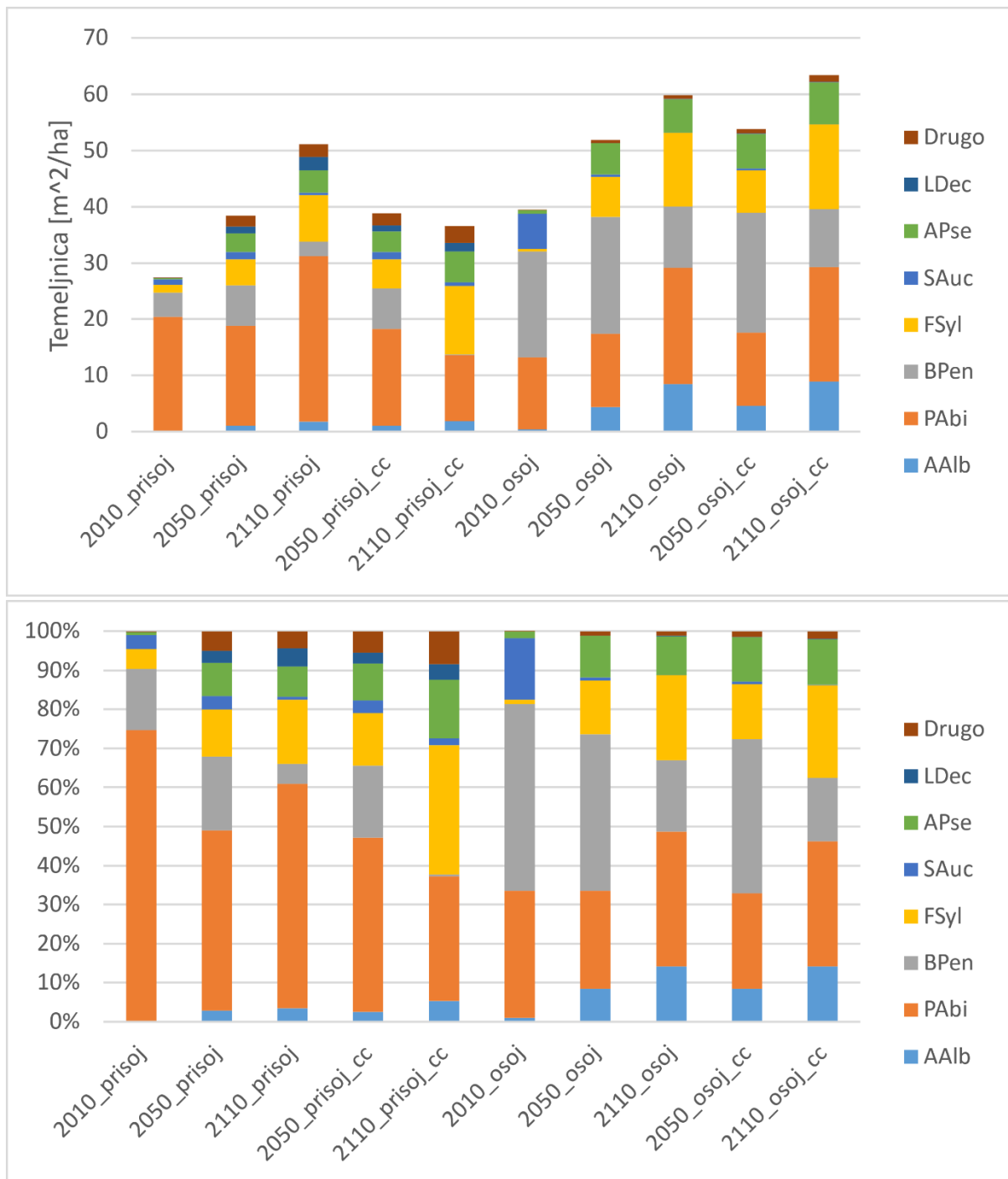
Slika 4.4 prikazuje primerjavo 100 letnega stanja simulacij na osojni in prisojni strani. Model na prisojnem pobočju nakazuje 2 % delež macesna, ki bi tudi lahko bil vrsta primerna za sadnjo na tovrstnih rastiščih. Slika 4.4 prikazuje, da je bilo osojno območje od ujme manj poškodovano. V letu 0 ima višjo temeljnico, pri čemer več kot 50 % vrst predstavljajo pionirji (48 % breze, 16 % jerebike). Pionirske vrste v naslednjih letih v simulaciji nadomestijo klimaksne vrste – na osojnem pobočju se na račun pionirjev poviša delež jelke in bukve, na prisojnem pa se zvišata deleža bukve in macesna.



Slika 4.5: Simulacija z upoštevanjem klimatskih sprememb

Na Slika 4.5 prikazujemo simulacijo z upoštevanjem klimatskih sprememb, pri čemer smo upoštevali dva scenarija – optimističnega (SSP2 – 4.5) in pesimističnega (SSP5 – 8.5). Večje razlike so vidne na prisojnim območju, kjer je zasnova po ujmi slabša. Razlika se kaže kot nižja temeljnica vrednost v pesimističnem scenariju. Upoštevanje globalnih sprememb v primerjavi z dejanskim stanje (Slika 4.4) predvideva tudi višjo zalogo gorskega javorja.

#### 4.3.4 Primerjava prisojnega in osojnega območja z gospodarjenjem



Slika 4.6: Simulacija s trikratnim 25 % redčenjem v prvih 30 letih.

Na Slika 4.6 je pri razvoju upoštevano še gospodarjenje. V prvih treh dekadah smo določili troje gojitvenih del, pri čemer smo v sestoji izvajali 25 % redčenje in za ta delež zmanjšali gostoto smreke. Sprememba je v primerjavi s Slika 4.5 očitna v višji temeljnični vrednosti gorskega javorja kot konkurenčni svetloljubni vrsti. V splošnem model nakazuje, da lahko z gospodarjenjem značilno povečamo delež listavcev, ki so na podnebne spremembe bolj prilagojeni, izboljšamo priraščanje in zmanjšamo rizičnost gospodarjenja.

#### 4.4 Razprava zaključki in priporočila naročniku

Uporaba modela ForClim za dolgoročno modeliranje razvoja gozdne vegetacije je nakazala ujemanje z merjenimi podatki in s tem dokaj zanesljivo napovedovanje razvoja gozdne vegetacije po velikopovršinskih ujmah. To je primerljivo s podobnimi raziskavami iz tujine (Zweifel, S., 2023).

Modeliranje razvoja gozdne vegetacije iz golih tal (*bare ground*) nakazuje potencialno naravno vegetacijo oz. njene spremembe v času zaradi podnebnih sprememb. Skladnost ali neskladnost rezultatov modeliranja s fitocenološkimi popisi je lahko indic o napačni inicializaciji modela ali o zastarelosti popisov. Modeliranje iz golih tal nas lahko opozori na širši nabor drevesnih vrst primernih za pogozdovanje. Na primer, nekatere drevesne vrste lahko manjkajo zaradi zgodovine gospodarjenja (bukev) ali daljšega obdobja brez večjih motenj (svetloljubne vrste), so pa primerne glede na talne razmere in klimatsko ovojnico. V primeru Črničca sta bila takšni vrsti macesen in rdeči bor.

Modeliranje je nakazalo počasnejšo/zahtevnejšo obnovo prisojne lege, kar je skladno s statističnimi modeli (Fidej et al. 2018; Cerioni et al. 2022). Razlika med osojnimi in prisojnimi legami se je stopnjevala s podnebnimi spremembami in njihovo intenzivnostjo (4.5 vs 8.5).

Model je nakazal kako lahko z usmerjeno nego/redčenji pospešimo prilagajanje sestojev na podnebne spremembe, kar vpliva tudi na skupno proizvodnjo sestojev (i.e. omilimo nazadovanje na prisojnih legah).

Model ForClim omogoča tudi scenarije s saditvijo različnih vrst, ki jih v tej študiji nismo uporabili. Smiselno pa bi bilo na ta način preverjati dolgoročne učinke umetne obnove na bodočo strukturo gozda. Po drugi strani je potrebno upoštevati, da model ne more predvideti



naravnih motenj, upošteva le "osnovno umrljivost" (background mortality). Iz tega sledi, da bo gozd v prihodnje verjetno še bolj nazadoval kot nakazuje model.

Model ni prezahteven za uporabo in ga priporočamo za nadaljnje preverjanje za uporabo v praksi. Inicializacija modela ForClim je sorazmerno preprosta in jo je mogoče izpeljati pri praktičnem delu ob določenem dodatnem znanju manipuliranja s podatki. Potrebno je pripraviti podatke o obstoječem podnebjju, predvidenih spremembah podnebja in rastišču. Zaradi znanja potrebnega za uporabo programskega jezika je model uporaben za deležnike večše uporabe računalnika. Koristen bi bil tudi nadaljnji razvoj programa ForSim, ki uporablja bolj prijazen grafični vmesnik.

#### 4.5 Citirana literatura

- Bugmann, H., 1996. A simplified forest model to study species composition along climate gradients. *Ecology* 77, 2055–2074.
- Bugmann, H., 2001. A Review of Forest Gap Models. *Climatic Change* 51, 259-305.
- Bugmann, H., Seidl, R., 2022. The evolution, complexity and diversity of models of long-term forest dynamics. *Journal of Ecology* 110, 2288-2307.
- Cerioni, M., Fidej, G., Diaci, J., Nagel, T.A., 2022. Dynamics and drivers of post-windthrow recovery in managed mixed mountain forests of Slovenia. *European Journal of Forest Research*, 1-12.
- Diaci, J., 1996. Untersuchungen in Slowenischen Totalwaldreservaten am Beispiel des Reservates "Požganija" (Brandfläche) in den Savinja-Alpen. *Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen* 147, 83-97.
- Diaci, J., Rozenberger, D., Fidej, G., Nagel, T.A., 2017. Challenges for uneven-aged silviculture in restoration of post-disturbance forests in Central Europe: A synthesis. *Forests* 8, 378.
- Didion, M., Kupferschmid, A.D., Zingg, A., Fahse, L., Bugmann, H., 2009. Gaining local accuracy while not losing generality—extending the range of gap model applications. *Canadian Journal of Forest Research* 39, 1092-1107.
- Fidej, G., Rozman, A., Diaci, J., 2018. Drivers of regeneration dynamics following salvage logging and different silvicultural treatments in windthrow areas in Slovenia. *Forest Ecology and Management* 409, 378-389.
- Forest Ecology group ETH Zurich, 2019. ForClim Documentation, Release 4.0., p. 26.

- Käber, Y., Hartig, F., Bugmann, H., 2023. Inferring the tree regeneration niche from inventory data using a dynamic forest model. *EGUsphere* 2023, 1-47.
- Kajdiž, P., Diaci, J., Rebernik, J., 2015. Modelling Facilitates Silvicultural Decision-Making for Improving the Mitigating Effect of Beech (*Fagus Sylvatica* L.) Dominated Alpine Forest against Rockfall. *Forests* 6, 2178.
- Klopčič, M., Mina, M., Bugmann, H., Bončina, A., 2017. The prospects of silver fir (*Abies alba* Mill.) and Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst) in mixed mountain forests under various management strategies, climate change and high browsing pressure. *European Journal of Forest Research* 136, 1071-1090.
- Kolmanič, S., Guid, N., Diaci, J., 2014. ForestMAS – A single tree based secondary succession model employing Ellenberg indicator values. *Ecological Modelling* 279, 100-113.
- Mina, M., Bugmann, H., Klopčič, M., Cailleret, M., 2017. Accurate modeling of harvesting is key for projecting future forest dynamics: a case study in the Slovenian mountains. *Regional Environmental Change* 17, 49-64.
- Pahovnik, A., 2011. Analiza vetroloma na območju Črničca leta 2008. Biotehniška fakulteta Univerze v Ljubljani, Diplomsko delo, Ljubljana, p. 38.
- Rasche, L., Fahse, L., Zingg, A., Bugmann, H., 2011. Getting a virtual forester fit for the challenge of climatic change. *J. Appl. Ecol.* 48, 1174-1186.
- Zweifel, S., 2023. Analyses of tree regeneration after wind throw in a central Swiss forest: testing a forest succession model's abilities. BSc thesis, ETH Zurich.

## 5 Novi načini obnove gozda

### 5.1 Opis problema in ciljev

Po velikih ujmah je naravna obnova praviloma najučinkovitejši in najcenejši ukrep sanacije poškodovanih gozdov, vendar je zaradi velike površine nastalih vrzeli, oddaljenosti semenskih dreves, poškodbe tal in erozijskih pojavov večkrat onemogočena. Zato se v gozdarski praksi, v primeru, ko je spontana nasemenitev nezadostna, izvaja kombinacija naravne obnove s sajenjem sadik ali setvijo semena. Pri tem je, ob upoštevanju rastiščnih razmer, pomembna ustrezna izbira drevesnih vrst, ki bodo zagotavljale uspešnost obnove in izboljšale odpornost gozdnih ekosistemov. Uspeh saditve ni odvisen samo od kakovosti sadik ob saditvi, ampak tudi od številnih drugih dejavnikov, med njimi časa saditve in rastiščnih razmer ob tem, izbire tehnike saditve, kakovosti saditve in nege nasada v prvih letih po saditvi.

Raziskavo smo izvedli na več različnih raziskovalnih objektih in z različnimi cilji:

1. raziskovalni objekt v okolici Vrhnike, na pobočju severno od Ljubljanskega vrha – ROV (Raida, 2021)
2. raziskovalni objekt na pobočjih nad Dravo v okolici Dravograda – ROD (Roger, 2021)
3. raziskovalni objekt na področju Kočevskega Roga – ROK (Oštir, 2021)
4. raziskovalni objekt na Pohorju na posestvu Pahernikove ustanove – ROP (Blažko, 2021; Muršec Pitamic, 2022; Podvinšek, 2022)
5. raziskovalni objekt na Spodnje Dravsko Polje – ROSDP (Tomasino, 2023)

Splošni cilj naloge na ROV je bil proučiti uspešnost naravne in umetne obnove na poškodovanih površinah po izvedbi sanacijskih ukrepov. Želeli smo ugotoviti, katere drevesne vrste so poleg naravno prisotnih za obnovo gozdov nad Vrhniko še primerne, oceniti uspešnost umetne obnove in mortaliteto sajenega mladja v ograji in na prostem, oceniti uspešnost naravnega pomlajevanja in ugotoviti vpliv objedanja na uspešnost naravne in umetne obnove.

Cilj raziskave na ROD je bil proučiti odziv in sposobnost okrevanja gozdnega ekosistema na poškodbe dve in pol vegetacijski sezoni po vetrolomu decembra leta 2017, ter ugotoviti razlike v reakciji med površinami, ki so jih prej prekrivali pretežno čisti sestoji smreke, ter mešanimi sestoji smreke in bukve.

Na ROP smo želeli ugotoviti, kako osnovne ekološke razmere znotraj vrzeli v visokogorskem gozdu vplivajo na uspeh različnih metod umetne obnove in različnih tretmajev gozdnih tal.



Slika 5.1: Uspešna saditev duglazije (levo) in ena od ograjenih raziskovalnih vrzeli na ROP (desno)

Raziskovalni cilji na ROSDP so bili: ponoviti meritve sadnje in analizirati uspešnost naravne in umetne obnove ter različne vrste zaščite mladja na območju Gozdnogospodarske enote Spodnje Dravsko polje, ter rezultate primerjati s tistimi iz prejšnjih meritev.

## 5.2 Uporabljena metoda dela

ROV se nahaja severno od Ljubljanskega vrha, na površinah, ki jih je leta 2017 prizadel vetrolom. Po vetrolomu je bila opravljena sanitarna sečnja, leta 2019 pa saditev na delno ograjeni površini. Sadili smo vrste graden, navadna jelka, navadna bukev, gorski javor, navadna ameriška duglazija, divja češnja, drobnica, lesnika in navadni oreh. Raziskava je bila opravljena julija 2020 na 30 vzorčnih ploskvicah ( $5 \times 5$  m). 10 vzorčnih ploskvic smo postavili na ograjeno (OS), 10 na neograjeno (NS) raziskovalno ploskev z umetno obnovo, ostalih 10 ploskvic pa na raziskovalno ploskev, ki je bila prepuščena naravni obnovi (NN).

V okviru raziskav na ROD smo raziskovane ploskve postavili na območju Dravograda na površinah prizadetih zaradi vetroloma leta 2017. Meritve smo izvajali v dveh stratumih gozdov. Enega so pred ujmo pokrivali čisti smrekovi sestoji, drugega pa mešani bukovi sestoji. V vsakem stratumu smo naključno postavili 12 ploskev, velikih  $10 \times 10$  m. Na ploskvah smo

popisali osnovne ekološke razmere, izmerili temeljnico, popisali mladje po drevesnih vrstah, poškodovanosti in višini. Ocenili smo zastiranje zelišč, pomladka, grmovnih vrst, kupov vejevja in sečnih ostankov, skalovitosti in odraslega drevja. S štetjem in meritvijo premerov panjev smo ugotavljali temeljnico in gostoto pred ujmo.

Na ROK smo na novomeški strani Kočevskega Roga izvedli tretjo zaporedno meritev v vrzelih, ki so bile izsekane leta 2001. Na 223 vzorčnih ploskvah velikosti 2,25 m<sup>2</sup> smo ocenjevali deleže zastrtosti tal, gostoto mladja, poškodovanost mladja, drevesno sestavo in rast dominantnih osebkov.

ROP se nahaja na Pohorju, znotraj gozdov Pahernikove ustanove. Eksperimentalne vrzeli se nahajajo na severnem pobočju pod Veliko Kopo na nadmorski višini med 1200–1400 m. V letu 2017 je bilo izsekanih 6 eksperimentalnih sestojnih vrzeli okrogle oblike z radijem 50 m. Izbranih je bilo tudi 6 kontrolnih ploskev znotraj sklenjenega sestoja. Vrzeli imajo severno lego, s povprečnim naklonom 20°. Znotraj vrzeli je postavljenih pet ploskev, ena je v centru in štiri v vseh nebesnih smereh. Znotraj vsake ploskve v vrzeli in kontroli smo postavili 14 manjših podploskev, na katerih smo izvajali setev in saditev izbranih drevesnih vrst. Podploskev za setev je velikosti 1 m x 1 m, podploskev za saditev pa 1,5 m x 1,5 m. Vrsto ukrepa na podploskvi (kontrola, prekopano, setev in saditev) smo določili naključno z žrebom. Vsaka podploskev je označena za dolgoročno spremljavo. Na vseh ploskvah smo sadili puljenke bukve, jelke in smreke, na manjšem vzorcu pa tudi puljenke duglazije. Puljenke smo pridobili v lokalnem okolju, v neposredni bližini ploskev. Sejali smo seme bukve, jelke, smreke, macesna in duglazije. Seme bukve smo prav tako nabrali v bližini ploskev, seme smreke in alpskega macesna smo dobili na Zavodu za gozdove Slovenije.

Raziskovalne ploskve na ROSDP so bile velikosti 10 x 10 m, naključno izbrane na sredini in na robu sajenih območij. Znotraj ploskev smo popisali naravno mladje na ploskvicah velikosti 1 x 3 m. Za preprečitev vpliva divjadi so bile vse ploskve ograjene, območja nasadov pa so bila tudi dvakrat letno obžeta. Popisali smo naslednje parametre: drevesna vrsta, vitalnost sadik, višina, enoletni prirastek, globino krošnje in premer koreninskega vratu sadike. Ocenili smo tudi poškodbe in določili možne konkurente. Kot kontrolo smo popisali tudi sestoje naravne obnove v neposredni bližini.

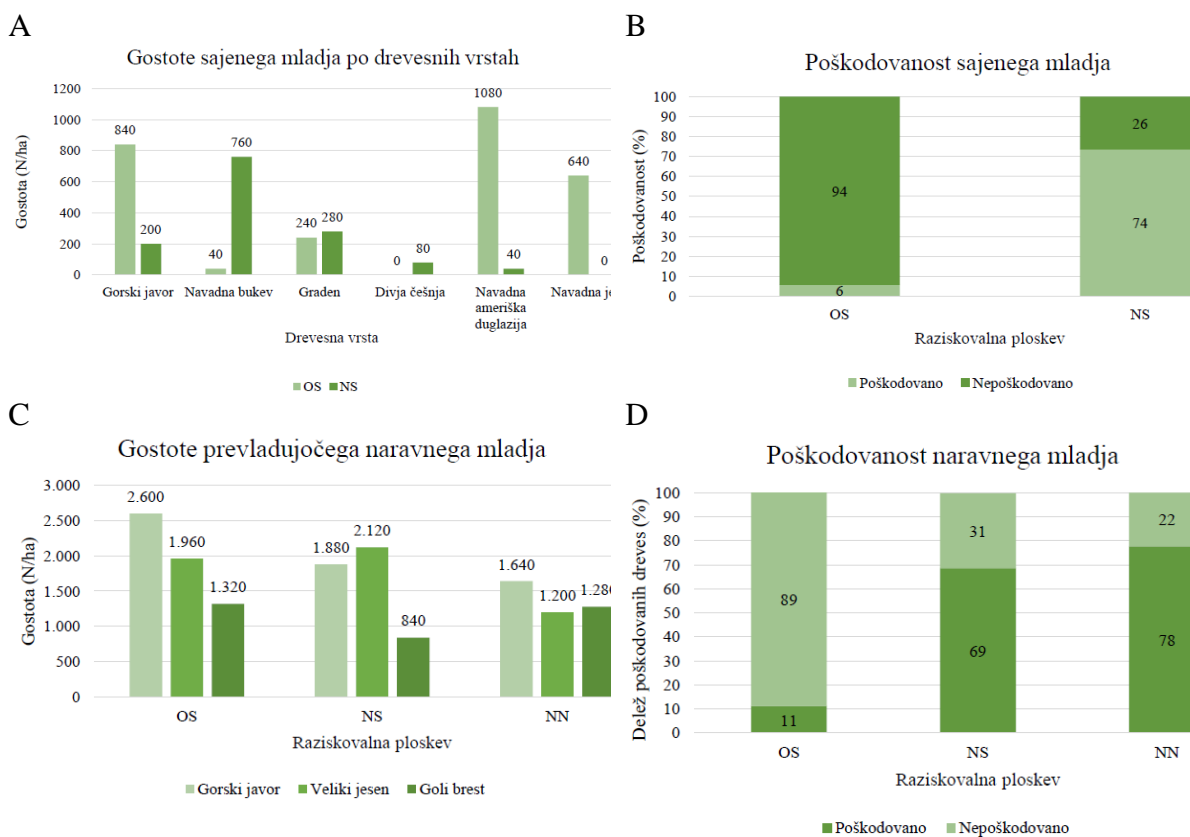
### 5.3 Rezultati raziskave

Uspešnost saditve na ROV je bila po eni rastni sezoni velika. V letu po saditvi je odmrlo 6,6 % posajenih sadik znotraj in 19 % sadik zunaj zaščitne ograde. Večina posajenih vrst je preživelo v številčnosti, ki še omogoča njihovo mešanje v bodoči sestoj (Slika 5.2 A). Slednje velja za lokacije znotraj zaščitne ograde, kjer je bila vitalnost sajenih osebkov značilno večja od tiste zunaj ograde (Tabela 5.1).

Tabela 5.1: Gostote in deleži dobro vitalnih dreves sajenega mladja na ROV na raziskovalnih ploskvah OS in NS.

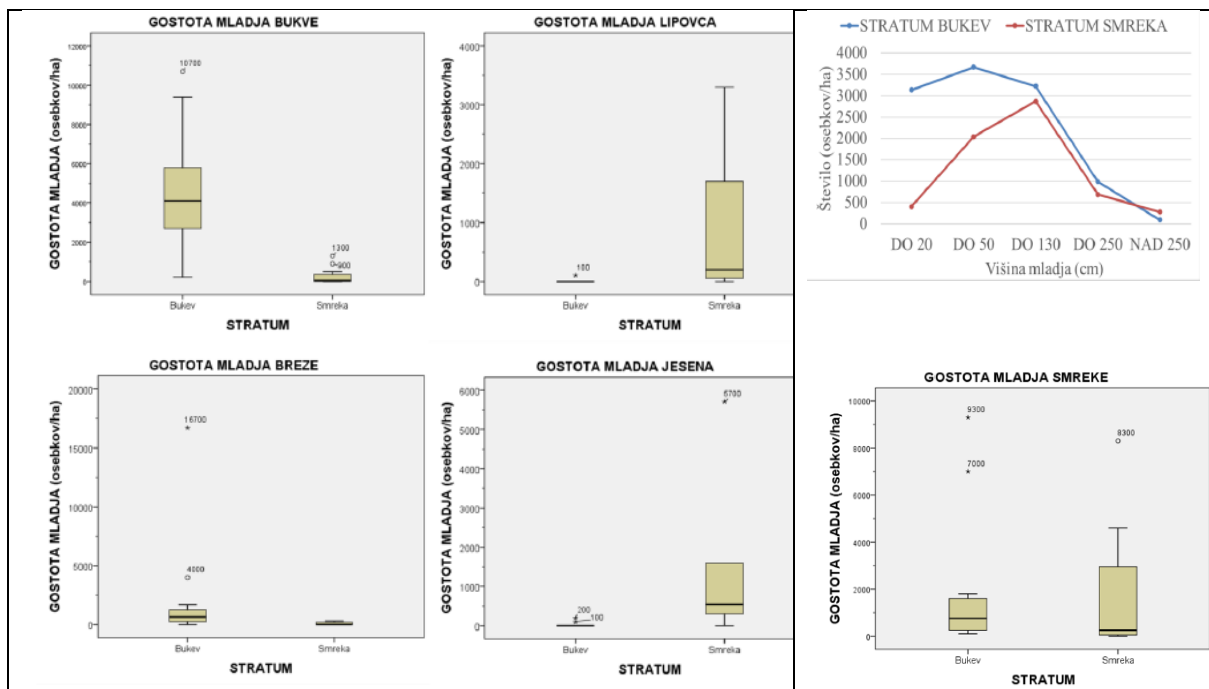
	Ploskev	Gorski javor	Nav. bukev	Graden	Divja češnja	Nav. am. duglazija	Nav. jelka
Dobro vitalna drevesa (N/ha)		800	40	200	0	1000	520
Skupaj (N/ha)	OS	840	40	240	0	1080	640
Dobra vitalnost (%)		95,2	100,0	83,3		92,6	81,3
Dobro vitalna drevesa (N/ha)		0	440	40	40	40	0
Skupaj (N/ha)	NS	200	760	280	80	40	0
Dobra vitalnost (%)		0,0	57,9	14,3	50,0	100,0	

Poškodbe zaradi objedanja so bile značilno večje izven ograde, kjer je bilo poškodovanih 74 % sajenih in med 69 % in 78 % naravnih osebkov mladja (Slika 5.2 B in D).



Slika 5.2: Gostote in poškodovanost sajenega in naravnega mladja na ROV v treh stratumih (OS – ograjeno sajeno, NS – neograjeno sajeno in NN – neograjeno naravno)

Na ROV smo zabeležili tudi naravno pomlajevanje zgolj nekaterih drevesnih vrst (Slika 5.2 C). Ugotovili smo, da na ROD v obeh stratumih na raziskovalnih ploskvah prevladuje zastiranje zeliščne plasti. Med stratumoma smo ugotovili razlike, in sicer v bukovem stratumu je bilo z 11.117 osebk/ha več mladja kot v smrekovem stratumu s 6292 osebk/ha. Bukov stratum je imel bolj ugodno višinsko strukturo in drevesno sestavo z manjšim deležem problematične smreke in velikega jesena (Slika 5.3).



Slika 5.3: Gostote mladja in višinska struktura (desno zgoraj) izbranih drevesnih vrst glede na stratum.

Gostota jelke, gorskega javorja in bukve v mladju na ROK se je v primerjavi z meritvijo leta 2006 zmanjšala. Delež zadržnosti tal z mladovjem se je povečal, zmanjšal pa se je delež zastiranja z zelišči, skalami in drevesnimi ostanki. Poškodbe terminalnega poganjka zaradi objedanja so se pri bukvi v primerjavi s prejšnjima meritvama zmanjšale in so bile zabeležene pri 5 % dreves, medtem pa sta se deleža močno poškodovanih osebkov jelke in gorskega javorja v primerjavi s prejšnjima meritvama povečala na 37 % za jelko in 38 % za gorski javor. Delež osebkov s pokončno razrastjo se je povečal (79 %), zmanjšala pa sta se deleža osebkov z deformacijo stebra (6 %) in osebkov s plagiotropno razrastjo (14 %). Obraten in nepričakovan trend je bil opažen pri analizi oblike poganjkov, kjer se je delež osebkov z enoosno rastjo terminalnega poganjka zmanjšal (56 %), delež osebkov z dvovrhato (36 %) in metlasto (8 %) rastjo pa se je povečal. HD razmerje se je od prejšnje meritve povečalo s 74 na 86,7. Po končani analizi podatkov smo ugotovili, da v izbranih vrzelih mladje jelke in gorskega javorja ne prerašča v zgornje višinske razrede zaradi močne poškodovanosti in vpliva objedanja (Oštir, 2021).

Analiza rezultatov pridobljenih na ROSDP kaže največjo mortaliteto sadik v letu 2020 (40 %), najverjetneje zaradi šoka pri presajanju ter najmanjša v letu 2017 (21 %). Ugotovili smo tudi, da je verjetno glavni dejavnik propadanja sadik sušni stres in neprimerno rokovanje z njimi. Vitalnost sadik se je skozi rastne sezone izboljševala, predvsem zaradi kompeticije in odmiranja slabo vitalnih ter poškodovanih sadik. Najboljšo vitalnost osebkov smo zaznali pri



gabru, izboljševanje vitalnosti smo zaznali tudi pri hrastu, ki pa ima veliko škodljivcev (glive in insekti) in potrebuje več ravnih sezon, da se uveljavi.

Naravno pomlajevanje visokogorskih gozdov na ROP je upočasnjeno. Nanj vplivajo številni dejavniki, njihovo poznavanje je pomembno za gozdnogojitveno ukrepanje in nadaljnje gospodarjenje. V visokogorskem smrekovem gozdu na severnem pobočju na Pohorju pod Veliko Kopo smo analizirali pet starih vrzeli, velikih od 0,09 do 0,16 ha in starih približno 34 let, ter mladje v njih. Mladje je bilo raznodobne strukture in glede na gostote, zastiranje, višine in višinsko priraščanje najbolj razvito v večjih vrzelih ter v osrednjem in severnem delu vrzeli. Izsledki tako potrjujejo velik pomen svetlobe za naravno obnovo na proučevanih rastiščih. Iz tega lahko sklepamo, da so v primerljivih razmerah za vpeljevanje mladja smiselne nekoliko večje vrzeli, oziroma vrzeli primerljive z večjimi v naši raziskavi, vendar bi jih bilo potrebno sukcesivno povečevati z robno sečnjo. Pri tem bi bilo smotno upoštevati ugodnejše toplotne razmere na južnih in zahodnih robovih vrzeli. Poleg velikosti vrzeli in položaja v vrzeli, je na pomlajevanje pomembno vplivalo zastiranje mladja z razkrojenimi drevesnimi ostanki, zato priporočamo puščanje čim več sečnih ostankov. Ugotovili smo tudi večjo pogostost pojavljanja mladja v skupinah, kar kaže na pomen medsebojne pomoči mladice v zahtevnih rastiščnih razmerah in upoštevanje facilitacije med mladjem pri gozdnogojitvenih ukrepih (Podvinšek, 2022).

Prav tako smo analizirali naravno pomlajevanje v večjih raziskovalnih vrzelih nekaj let po sečnji. Smreka se je izkazala kot dominantna vrsta; pojavljali sta se tudi jerebika in bukev, slednja kot redka vrsta – le v neposredni bližini semenskih dreves v združbi Luzulo-Fagetum. Poprečne gostote mladja so bile 6944 osebkov na ha. Največjo gostoto naravnega mladja smo popisali pod sestojem. Mladje je bilo neenakomerno porazdeljeno po površini, tvorilo manjša jedra na boljših mikrorastiščih in je bilo večinoma starejše od vrzeli. Analizirali smo tudi ekološke dejavnike: svetlobo, naklon, zračno vlago in temperaturo po posameznih položajih v vrzeli. Prišli smo do ugotovitev, da sta svetloba in temperatura pomembna dejavnika pri pomlajevanju in drevesni sestavi mladja. Severni položaj in sredina vrzeli na severnem pobočju sta imela najmanjše gostote mladja in tudi najmanjši delež smreke. Mikroklima sestaja pomembno vpliva na pomlajevanje, zato so bili najboljši pogoji za zgodnjo osemenitev pod matičnim sestojem. Ugotovitve kažejo, da se s povečanjem direktne svetlobe povečuje pokrovnost z zeliščno plastjo. Popisali smo tri vrste zelišča in mah, ki so se pojavljali v vseh vrzelih. Največji negativni vpliv na število mladja je imel rod šašuljic, mladja na ploskvicah in

deležem smreke. Pozitiven vpliv na vzklitje smo zaznali na prekopanih ploskvicah, kje smo odstranili zgornjo plast zemlje in zeliščno plast. Mladje se je na taki površini zelo dobro pomlajevalo, zato se ukrep kaže kot smiseln na delih vrzeli z veliko direktne svetlobe in razvito zeliščno plastjo. Ugotovili smo tudi pozitivno povezavo med zastiranjem mahu in drevesnih ostankov ter gostoto pomladka in vitalnostjo smreke (Tomasino, 2021).

Naravno pomlajevanje visokogorskih gozdov je zahtevno in se odvija počasi. Nanj vplivajo številni neugodni dejavniki, med njimi tudi bujna pritalna vegetacija. Ugotovili smo, da se ekološki dejavniki in struktura vegetacije spreminjajo glede na nadmorsko višino in položaje znotraj vrzeli. Med ograjenimi in neograjenimi vrzelmi smo ugotovili razlike v zastiranju mladja, kar je verjetno posledica objedanja divjadi. Na strukturo zeliščne plasti so vplivali ekološki dejavniki. Predvsem sta bila pomembni difuzna in direktna svetloba. Mladje je zastiralo več tal pod sestojem, dlakava in gozdna šašuljica pa v sredini vrzeli. Ugotovili smo tudi šibko negativno povezavo med zastiranjem mladja in obeh vrst šašuljic. Bujna zeliščna plast na prekopanih ploskvicah, nakazuje, da sukcesija nastopi hitro in močno. Zaradi bujno razvite zeliščne plasti na presvetljenih legah in boljšega uspevanja mladja pod sestojem je sestoj smiselno odpirati postopoma in počakati, da mladje dovolj zraste, da lahko konkurira zeliščni plasti. Pri določanju rastiščnih razmer je pri uporabi fitoindikacijskih vrednosti dobro biti previden, saj na vrstno revnejših rastiščih lahko ne odražajo realnih rastiščnih razmer (Muršec – Pitamic, 2022).

V raziskovalnih vrzelih smo preverili tudi uspešnost setve. Sejali smo seme smreke, jelke, bukve, macesna, duglazije in hrasta. Ploskve smo predhodno prekopali. Potrdili smo, da se uspešnost nasemenitve razlikuje med drevesnimi vrstami. Pri prvi meritvi je najuspešnejša alpska provenienca macesna. Pri drugi pa bukev. Graden se je pokazal kot najmanj uspešna drevesna vrsta. Najverjetnejši vzrok za neuspeh so plenilci semen in to kljub zaščiti ploskvic s kopreno in mrežami. Za graden so proučevana rastišča že precej skrajnostna zaradi visoke nadmorske višine in severne lege. Opazili smo, da večini drevesnih vrst predstavlja pritalna vegetacija konkurenco, saj je bilo preživetje slabše v centru vrzeli. Ploskvice so bile sicer prekopane, vendar se je na njih hitro ponovno naselila pritalna vegetacija, poleg tega je vegetacija na prostorih med ploskvicami in na sosednjih kontrolnih ploskvicah močno zastirala. Pri smreki je bilo nazadovanje v osrednjih položajih nekoliko manjše, kar lahko nakazuje nekoliko boljše prenašanje konkurence trav. Boljši uspeh smreke se nakazuje tudi na nižje ležečih vrzelih, torej pri nižjih nadmorskih višinah. Pri jelki so vsi osebki, ki so spomladi skalili

tudi preživel prvo zimo. Pri ostalih vrstah opazimo padec, najbolj izrazito pri duglaziji in macesnu. Bukev se dobro obnese ob robu vrzeli, kjer jo ščiti zastor odraslih dreves.

Tereni z majhnimi nagibi ugodno vplivajo na uspešnost setve. Seme moramo zaščititi pred plenilci semena ter mlada drevesa pred prekomernim objedanjem. Macesen potrebuje svetlobo ter ne prevelik naklon. Pri sudetski provenienci preživetje nakazuje, da bi lahko dobro uspevala v manj ostrih rastiščnih razmerah na nekoliko nižjih nadmorskih višinah. Za duglazijo lahko ocenimo, da problem kot pri večini vrst, predstavljata naklon in bujna pritalna vegetacija. Težava v zvezi z naklonom je predvsem problem spiranja zemljine pri močnih nalivih. Pred setvijo opravimo pripravo tal (prekopljemo) in s tem zemljo zrahljamo, kar ima za posledico spiranja zemljine ob močnih nalivih. Ko seme v teh prekopanih tleh vzkljuje, mlade korenine ravno odženejo, močni nalivi zemljo odnesejo in klice ostanejo brez opore, marsikatera tudi brez hranil in pogosto take klice propadejo. Zato bi bilo morda smiselno opraviti setev na terase (manj spiranja) oz. izbrana mesta. Ta izbrana mesta so predvsem dvignjene lege (prednost pred pritalno vegetacijo) oz. setev na bolj izravnana mesta (npr. okolica panjev) (Blažko, 2021).

Na izbrane lokacije v vrzelih smo sadili tudi lokalno pridobljene puljenke smreke, jelke in bukke. Uspeh saditve je bil najboljši pri bukvi, sledi ji smreka in na koncu jelka. Pri smreki smo opazili poškodbe velikega rjavega rilčkarja (*Hyllobius abietis*) in koreninarja (*Hylastes* spp.). Poškodbe povzročijo sušenje in odmiranje posušenih osebkov. Pri jelki so bile posajene puljenke nabrane v sestoku in niso bile prilagojene na svetlobne razmere v vrzelih. Rezultati za bukev nakazujejo zelo dobro toleranco na svetlobne in toplotne razmere v vrzelih. Še najbolj ji ustrezajo topli do zmerno topli deli vrzeli. V našem primeru so to severni in severo-vzhodni deli vrzeli, saj je na tej nadmorski višini toplota pomemben omejujoč faktor. Ravno obratno kažejo rezultati za smreko in jelko, saj je vitalnost obeh najvišja v manj toplih delih vrzeli in sestoku.

#### 5.4 Razprava zaključki in priporočila naročniku

Na ROV smo ugotovili, da so drevesne vrste, ki so bile uporabljene za izvedbo umetne obnove, in sicer gorski javor, navadna bukev, navadna jelka, graden, divja češnja, drobnica, lesnika in navadna ameriška duglazija, primerne za uporabo na podgorskih rastiščih (400 m nadmorske višine) na apnencu in jih je v prihodnje na podobnih lokacijah smiselno upoštevati. Saditev je smotrna samo v kombinaciji z zaščitnimi ogradami, saj je pritisk rastlinojede divjadi brez

zaščite prevelik. Divjad značilno povečuje smrtnost in močno zmanjša kakovost in vitalnost sadik. Slednje velja tudi za sadike zaščitene z repelentom Trico, ki je samo delno zmanjšal poškodbe zaradi objedanja. Gojitvena dela, ki smo jih izvajali so na ploskvah umetne obnove povečala vitalnost naravnega in sajenega mladja. Njihovo redno izvajanje (2x letno čiščenje in obžetev vsaj 3-4 leta po saditvi) je ključno za uspeh umetne obnove. Edina vrsta, kjer smo uporabili puljenke je bila navadna ameriška duglazija. Uspešnost saditve puljenk te vrste je bila skoraj 100 %.



Slika 5.4: Za uspešno obnovo je redno izvajanje nege ključnega pomena. Na sliki raziskovalna ploskev na ROV pred (zgoraj) in po (spodaj) izvedeni negi

Na ROD smo ugotavljali razlike med pretežno čistimi sestoji smreke in mešanimi sestoji bukve in smreke. Predvidevali smo, da je na površinah, kjer so se nahajali nasadi smreke, okrevanje

gozdnih površin slabše kot na površinah, ki so jih pokrivali mešani gozdovi smreke in bukve ali čisti sestoji bukve.

Glede na rezultate lahko sklepamo, da imajo mešani bukovi sestoji boljšo sposobnost okrevanja. Ugotovili smo, da ima bukov stratum večjo gostoto mladja, bolj ugodno višinsko strukturo mladja in drevesno sestavo z manjšim deležem problematične smreke in velikega jesena, zaradi česar lahko pričakujemo, da se bo v prihodnosti na tem mestu razvil sestoj, ki bo bolj odporen na ujme. Čeprav smo tudi na smrekovih rastiščih zabeležili nekatere ugodne znake, kot so manjši delež zastiranja talne vegetacije in večja drevesna raznolikost, menimo, da imajo sestoji v smrekovem stratumu kljub temu slabše možnosti za nemoteno sposobnost okrevanja po ujmah. Eden izmed ciljev raziskave je bil ugotoviti, ali imajo gozdovi po velikih ujmah ob spremembi klime še sposobnost povratka v stanje podobno kot pred ujmo. Lahko trdimo, da v prihodnosti na bukovem stratumu pričakujemo podobno drevesno sestavo (bukev, smreka) z večjo drevesno pestrostjo kot pri prvotnemu sestoju. Na smrekovem stratumu pa lahko pričakujemo spremenjeno vrstno sestavo v prihodnjih sestojih (manjši deleži smreke z večjo drevesno pestrostjo) z malo upočasnjeno naravno obnovo, zaradi česar je umetna obnova na smrekovem stratumu toliko bolj smiselna in bi pripomogla k hitrejši obnovi gozda. Še bolj pomembna kot dopolnilna saditev je pravočasno izvedena nega. Površine, ki smo jih analizirali imajo dobre potencialne in s pravočasno nego (uravnavanje zmesi, obžetev, pospeševanje pestre vertikalne strukture) lahko močno vplivamo na drevesno sestavo in strukturo sestojev, ki se bodo razvili na površinah poškodovanih gozdov (Roger, 2021).

Glede na zadostne deleže jelke in gorskega javorja v nižjih višinskih razredih bi bilo potrebno za njuno preraščanje v višje višinske razrede na ROK zmanjšati vpliv rastlinojede divjadi. Da bi preprečili velike deleže zastiranja z zeliščno plastjo v začetnih fazah razvoja mladja, bi bilo smiselno sprva vzgojiti mladje pod zastorom in ga šele nato sprostiti s sečnjo vrzeli (Oštir, 2021).

Obnova v visokogorskih gozdovih na ROP je počasna, upoštevati moramo naravne procese. Pospeševati je potrebno naravno mladje, ki se pojavlja na dvignjenih terenih (prednost pred pritalno vegetacijo). Umetno mladje je smiselno snovati v delih, kjer pritalna vegetacija ni tako bujna. Pri odpiranju gozdov oz. tvorbi vrzeli moramo biti pozorni na pojavljanje naravnega mladja, običajno se pojavlja v toplih delih vrzeli in postopno širiti vrzel v tej smeri. Pri umetni obnovi se mora upoštevati semenska leta, pomemben faktor za uspeh setve imajo predatorji

semena. Pri puljenkah je potrebno izbrati lokalno provenienco, prilagojeno na razmere v katere bodo sajene ter puljenke izbirati skrbno, ne premajhne in z dobro razvitim koreninskim sistemom.

Za umetno obnovo na ROSDP so zelo primerni tudi plemeniti listavci, ki imajo nizko stopnjo mortalitete, velike višinske prirastke in dobro konkurenčno sposobnost. Macesen mogoče ni najbolj primerna vrsta za to rastišče, ne glede na povprečno visoke prirastke, saj so vrhovi odmirali in se je vitalnost zmanjšala. Zaščita sadik je nujna, saj so sadike brez zaščite imele visoko stopnjo poškodb in mortalitete. Zaščita z ograjo in s tulci se je izkazala za zelo zanesljivo. Ocenjujemo, da se je umetna obnova izkazala za uspešno, saj so površine enakomerno pomlajene z ekonomsko zanimivimi drevesnimi vrstami. Kakovostne sadike, primerno hranjenje sadik in ustrezna sadnja so najbolj pomembni dejavniki za uspeh umetne obnove v začetnih fazah, v kasnejših fazah pa primerna zaščita. Tulci so najprimernejši z vidika vitalnosti, poškodovanosti in kakovosti sadik, a tudi najdražji in zato primerni za površine do 0,4 ha. Na večjih območjih bolj priporočamo zaščito z ograjo. Priporočamo tudi obžetje mladja dvakrat letno na območjih z bujno pritalno vegetacijo. V raziskavi se je dobro odrezal rdeči hrast, katerega mladice so bile vitalne in manj napadene s hrastovo pepelovko kot pri gradnu. Območja pomlajena z naravno obnovo je smiselno odpirati malopovršinsko in z zadržano obnovo gozda, s čimer pospešujemo avtohtono vegetacijo, predvsem beli gaber in ostale sencovzdržne vrste, ter preprečujemo razvoj pritalne vegetacije.

## 5.5 Citirana literatura

Blažko, A., 2021. Uspešnost setve v različnih položajih sestojnih vrzeli visokogorskega smrekovega gozda (Master's thesis). Biotechnical Faculty, Ljubljana.

Muršec Pitamic, J., 2022. Vpliv gozdne mikroklimе na sukcesijski razvoj pritalne vegetacije v eksperimentalnih sestojnih vrzelih (Diplomsko delo). Biotehniška fakulteta, Ljubljana.

Oštir, R., 2021. Dinamika razvoja mladovja v sestojnih vrzelih gospodarskih jelovo-bukovih gozdov na območju Kočevskega Roga (Diplomsko delo). Biotehniška fakulteta.

Podvinšek, S., 2022. Razvoj mladja v starih vrzelih v visokogorskem smrekovem gozdu na Pohorju (Magistrsko delo). Biotehniška fakulteta, Ljubljana.

Raida, D., 2021. Analiza uspešnosti naravne in umetne obnove po ujmah v gozdovih v okolici Ljubljanskega vrha (Magistrsko delo). Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta.

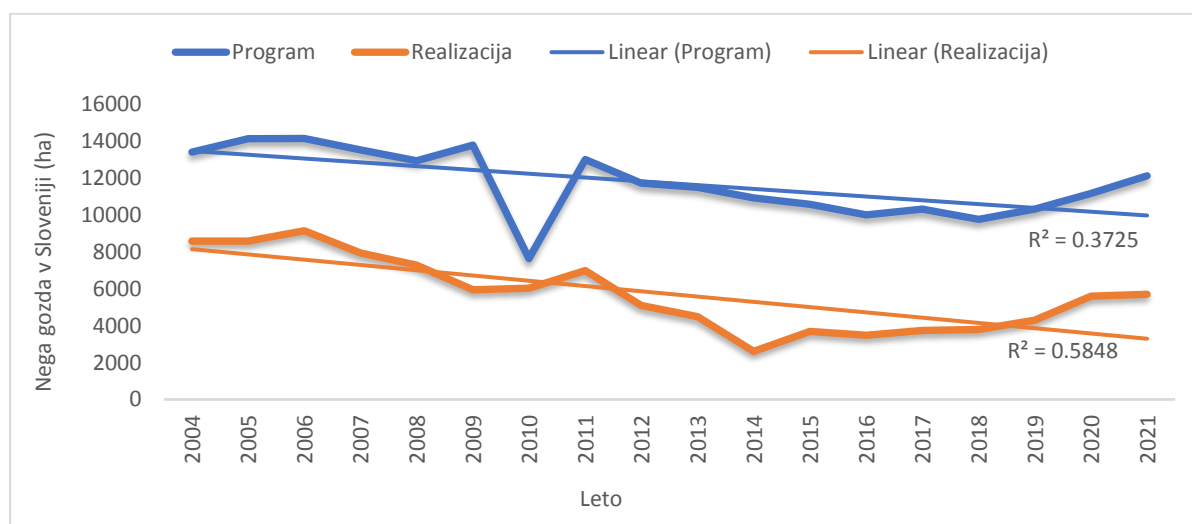
Roger, A., 2021. Uspešnost naravne obnove v čistih smrekovih in mešanih bukovih sestojih na površinah prizadetih zaradi vetroloma (Diplomsko delo). Biotehniška fakulteta, Ljubljana.

Tomasino, L., 2023. Analiza uspešnosti saditve v gozdnogospodarski enoti Spodnje Dravsko polje in primerjava z naravno obnovo (Master's thesis). Biotechnical Faculty.

## 6 Nega mladega gozda po ujmah

### 6.1 Opis problema in ciljev

Zmanjševanje realizacije načrtovane nege mladega gozda v državnih in zasebnih gozdovih (Slika 6.1) ob hkratnem povečanju obsega (obnovitvenih) sečenj vodi v dolgoročno nazadovanje kakovosti in stabilnosti gozda ter splošnokoristnih funkcij. Sočasno smo v zadnjih desetih letih bili priča pogostim in intenzivnim ujmam, ki so poškodovale tisoče hektarjev gozdov, kjer je (oz. bo) potrebna neposredna nega. V nasprotju z malopovršinskim načinom gospodarjenja, kjer je neposredne nege manj, po ujmah nastajajo velike razgaljene površine, kjer je usmerjanje razvoja gozda skoraj izključno odvisno od neposredne nege, kar predstavlja visoke finančne vložke. Zato se v takšnih razmerah srečujemo z vprašanjem kako z omejenimi sredstvi pravočasno negovati čim večje površine mladega gozda. Med najbolj učinkovite možnosti spada izpopolnjevanje načinov nege mladega gozda.



Slika 6.1: Prikaz predvidene (modro) in realizirane (rdeče) nege gozda za območje celotne Slovenije ter oceni trenda (Logar, 2023).

Cilj sklopa je bil izvesti analizo literature glede različnih pristopov pri negi gozdov ter njihove ekološke in ekonomske učinke.

### 6.2 Uporabljene metode dela

#### 6.2.1 Pregled literature na temo različnih načinov redčenj

Izvedli smo pregled literature na temo različnih načinov redčenj, ki je bil objavljen v Gozdarskem vestniku (Diaci in sod., 2021).



V delovnem sklopu smo izvedli več raziskav. Tri raziskave so se osredotočale na primerjavo situacijske nege in v praksi uveljavljenega izbiralnega redčenja gozdov, medtem ko sta se dve osredotočali na razvoj metode za oceno zasnove in uspešnost pomlajevanja sestojev v razvojni fazi letvenjaka.

### **6.2.2 Razvoj metode za oceno zasnove in uspešnost pomlajevanja sestojev v razvojni fazi letvenjaka**

Analiza sproščenosti izbrancev v letvenjakih glede na izbiralno in situacijsko redčenje je bila opravljena v GGO Kočevje (Brudar, 2023) in GGE Kamnik (Kurent, 2023, v delu). Na prvi lokaciji smo v izbranih sestojih označili tri trajne odkazilne ploskve, na drugi pa dve ploskvi velikosti  $30 \times 30$  metrov ( $900 \text{ m}^2$ ). Za oceno zasnove smo uporabili metodo s 36 celicami velikosti  $5 \times 5$  metrov (Slika 6.2), v vsaki celici smo najprej določili dominantno drevo (če so bile na ploskvi le grmovne vrste je bila celica prazna in smo jo obarvali rdeče). Nato smo ocenili ali je dominantno drevo primerno za izbranca. Če je bilo primerno, je celica dobila zeleno barvo kar pomeni, da je zasnova v celici ustrezna in ne potrebuje nege. V primeru, da dominantno drevo ni bilo primerno za izbranca, v celici pa je bilo tudi primerno drevo za izbranca, vendar bi potrebovalo sproščanje, smo celico obarvali rumeno, kar pomeni, da potrebuje nego. S to metodo smo pridobili deleže in prostorsko razporejenost uspešno ter neuspešno pomlajenih celic in delež celic, v katerih bi bilo potrebno izvesti sproščanje kakovostnejših in vrstno zanimivejših osebkov.

### **6.2.3 Primerjava izbiralnega in situacijskega redčenja**

Primerjavo smo izvedli v GGO Kočevje (Logar 2023, v delu), GGO Kranj (Udir, 2023) ter GGO Maribor (Vesenjak, 2022). Raziskava v GGO Kočevje je bila izvedena v bukovih letvenjakih oz. mlajših drogovnjakihi. Štiri ploskve (vsaka velikost  $20 \times 20 \text{ m}$ ) so bile namenjene prikazu izvedbe situacijske nege, druge štiri pa so bile namenjene prikazu izvedbe izbiralnega redčenja. Na istih ploskvah je bilo izvedeno 9 različnih odkazil s strani oseb zaposlenih na ZGS. Po teoretičnem odkazilu je bilo izvedeno redčenje glede na eno izmed izbranih odkazil. Izvedene so bile meritve izbrancev in konkurentov, izmerjene svetlobne razmere ter ocenjena kolektivna stabilnost po posegu. Slednjo smo ocenili po petstopenjski

lestvici glede na oddaljenost krošenj konkurentov od izbranca (0-popolnoma sproščena krošnja, 4-z vseh strani zastrta krošnja).

V poskusu v GGO Kranj (Udir, 2023) je bilo izločenih 10 ploskev, pet z izvedeno situacijsko nego ter pet z izbiralnim redčenjem, vsaka velikosti 20 x 20 m (400 m<sup>2</sup>). V tej raziskavi smo poleg ekoloških dejavnikov izvedli tudi časovno študijo in primerjavo glede odkazila in sečnje pri različnih načinih dela. Delo je bilo opravljeno z električno motorno žago, kjer smo merili porabo energije. Po končanem poseku smo prehodili vse ploskve in izbrancem določili sproščenost krošnje. Sproščenost smo določili glede na to, koliko četrтин oboda krošnje se niti v rahlem zibanju drevesa ne dotika sosednjih krošenj. Če je koeficient sproščenosti bližje 0, je sproščenost dreves na ploskvi slabša, če pa je koeficient bližje številu 1, kaže na to, da so drevesa na raziskovalni ploskvi po opravljeni sečnji bolj sproščena.

V poskusu v GGO Maribor (Vesenjak, 2022) sta bili v pretežno bukovem letvenjaku izločeni dve trajni raziskovalni ploskvi velikost 30 x 30 m (900 m<sup>2</sup>). Vsa drevesa v zgornji tretjini višin so bile premerjena in trajno označena, prav tako smo z napravo Field-Map posneli vse lokacije dreves na ploskvah. Vse podatke za analizo in obdelavo smo vnesli v program Martelage Sylvotheque (<https://martelage.sylvotheque.ch>). Na eni ploskvi Haloze 1 je bilo nadalje izvedeno odkazilo šestih gozdarskih strokovnjakov (v okviru delavnice za vodje gojenja gozdov iz vseh območnih enot ZGS dne 19.5.2022), na ploskvi Haloze 2 pa so pet odkazil izvedli zaposleni iz OE Maribor ter Centralne enote ZGS. Odkazilo je bilo izvedeno na situacijski ter izbiralni način.

## 6.3 Rezultati

### 6.3.1 Pregled literature na temo različnih načinov redčenj

Spodnji zapis je povzetek članka objavljenega v Gozdarskem vestniku (Diaci in sod., 2021)

V srednji Evropi obstaja veliko različnih načinov nege gozdov. Dolgoročnih raziskav o uporabi različnih načinov redčenja je malo, izsledki obstoječih raziskav pa niso vedno enoznačni. Hitre spremembe naravnih in socio-ekonomskih razmer terjajo prilagajanje načina gospodarjenja. V takšnih razmerah je smiselno uporabljati različna gozdnogojitvena orodja z zavedanjem, da ima vsako svoje prednosti glede na rastiščne, sestojne in družbeno-ekonomske razmere.

Glavne pomanjkljivosti tradicionalne nege obsegajo homogeniziranje sestoja in zaustavljanje samodiferenciacije, nazadovanje kolektivne stabilnosti in velik ekonomski vložek (Ammann, 2013). Kritiki redčenja ciljnih dreves izpostavljajo nevarnost zmanjševanja volumenskega in vrednostnega priraščanja, če izbiramo premalo vitalna drevesa na sicer optimalnih razdaljah. Poleg tega so v naravi drevesa redko pravilno geometrično razporejena, njihove krošnje niso na enakih višinah in se pogosto dopolnjujejo (Bastien in Otto, 1998). Redčenje ciljnih dreves lahko vodi v skrajno racionalizacijo, kjer tekmece pri prvem posegu izbira in poseka upravljavec stroja za sečnjo, kar lahko vodi v izbiro napačnih ciljnih dreves in tekmecev. Takšen način nege nas lahko zapelje v premočno ukrepanje, ki vodi v silaško razrast izbrancev v mladem gozdu ali razvoj epikormskih poganjkov pri odraščajočih drevesih. Kritiki redčenja skupin izpostavljajo potrebo po zagotavljanju vsaj najmanjših razdalj med izbranci, sicer nazadujeta kakovost sortimentov in priraščanje. Preveč utesnjene krošnje naj bi vplivale na asimetričnost rasti in s tem na nepravilno obliko debla ter slabše tehnične lastnosti sortimentov (Spellmann in Nagel, 1996).

Zaradi verjetnega nadaljnjega zaostrovanja ekonomskih razmer v gozdarstvu lahko pričakujemo postopno nazadovanje tradicionalne nege. Na skrajnostnih rastiščih, še posebno v visokogorju, v sestojih z izraženo skupinsko rastjo dreves ter v poškodovanih in nenegovanih sestojih jo lahko nadomesti nega šopov in skupin. Enako velja v primerih, ko so ekonomski vidiki gospodarjenja potisnjeni v ozadje, na primer v varovalnih, primestnih in rekreacijskih gozdovih. V tujini je veliko zgledov dobrih praks v vseh omenjenih razmerah, ki potrjujejo prednosti nege šopov in skupin. Za situacijsko nego se je smiselno odločiti v sestojih, ki so bolj izpostavljeni naravnim ujmam, kjer so veliki zaostanki pri negi oziroma velike površine enomernih sestojev; na primer v gozdnih predelih, ki so jih zelo prizadele ujme.

Za omenjene načine nege se odločamo v primeru bolj ali manj enomernih sestojev. Kadar pa želimo spremeniti zgradbo gozda, se odločimo za enega izmed načinov premenilnega redčenja (Diaci, 2006). Številni strokovnjaki sonaravnega gospodarjenja v sklopu organizacije Pro Silva izpostavljajo, da je od omenjenih načinov nege redčenje skupin najprimernejše za premeno enomernih enovrstnih sestojev v raznomerne in mešane sestojе oziroma v trajni gozd, saj ustvarja največ strukturne raznolikosti s pospeševanjem skupin in oblikovanjem vrzeli različnih velikosti (Schölch, 2017). Več študij potrjuje boljšo odpornost raznomernih mešanih sestojev proti ujmam in hitrejšo okrevanje po njih. Zato je v številnih primerih najboljša

odločitev za premenilno redčenje enomernih sestojev (Dvorak in sod., 2001; Lenk in Kenk, 2007).

Sodobno severnoameriško redčenje spremenljive gostote je podobno posredni premeni, kot jo razumemo v Evropi, saj vključuje različna redčenja in tudi obnovo. V obeh primerih je sicer ciljna predstava o malopovršinsko raznomernem in raznodobnem mešanem gozdu primerljiva. Redčenje spremenljive gostote je nastalo na podlagi primerjalnih študij habitatov pragozdov in gospodarskih gozdov, zato je večji poudarek na staroraslih značilnostih sestojev. Evropsko posredno premeno, ki je tudi razvojno bistveno starejša, so razvili s ciljem izboljšati odpornost in vrednost gozdov (Schütz, 2001), medtem ko naravovarstvene elemente uveljavljamo z dopolnilno nego, vendar je način primerljiv s severnoameriškim (Papež in sod., 1997; Diaci, 2021).

Možnost izbire med orodji nege se ne konča s predstavljenimi načini redčenj, ker jih je ob izvedbi nege, skladno z izhodišči sproščene tehnike gojenja gozdov, mogoče kombinirati tako po vsebini kot v prostoru. S situacijsko nego na primer lahko izberemo mrežo ciljnih dreves, ki ne bodo na enakomernih razdaljah zaradi prilagajanja sestojnim posebnostim. Prav tako lahko z utemeljenim razlogom pri izbiralnem ali situacijskem redčenju izberemo in pospešujemo skupine dreves. Naslednji primer se nanaša na sestoje, ki jih je poškodoval žled in so izbranci v skupinah, vmes so prazne celice. V takem primeru je smiselno vpeljati redčenje skupin. V delu, ki je manj poškodovan, pa opravimo situacijsko nego, ker je kandidatov za izbrance manj. Način nege naj bo primerno prostorsko razmejen na terenu (npr. označitev ciljnih dreves ali posek konkurentov na višini 1 m) in v gozdnogojitvenem načrtu. Poleg načina nege, ki opredeljuje splošna izhodišča, gostoto in porazdelitev izbrancev, je treba določiti tudi program nege, ki obsega vse potrebne negovalne ukrepe (začetek redčenja, jakost, ponavljanje) za doseganje gozdnogojitvenih ciljev. Z izbranim načinom in programom nege je namreč pomembno vztrajati oziroma izbrati manj zahteven program, če predvidevamo težave pri izvedbi. Za pospeševanje češnje v bukovem sestoju se na primer odločimo le v sestojih z odlično zasnovo in na najboljših rastiščih, ki so dobro odprta s prometnicami.

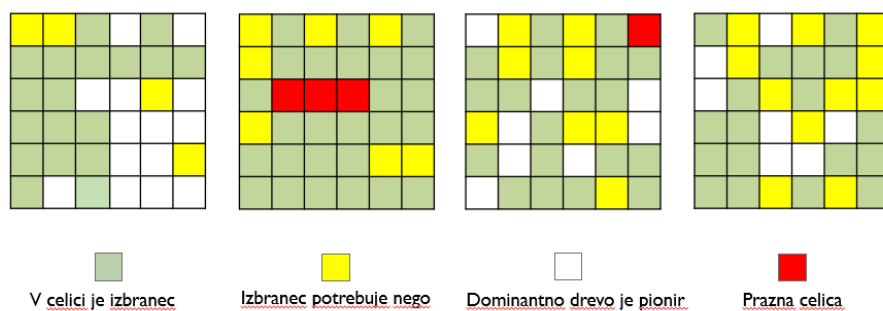
Poleg izpopolnjevanja načina redčenj so v določenih razmerah možnosti racionalizacije nege tudi na področju strokovno usmerjenega uvajanja strojne sečnje. Naše izkušnje s strojno sečnjo kažejo, da so v primeru dobrega sodelovanja med gojitelji in izvajalci solidni rezultati (Černe, 2016; Golobič, 2019). Zagotoviti pa bo treba več gozdnogojitvenega znanja pri upravljalcih

strojev (Judnič, 2006; Povhe, 2021). V zahodni Evropi izvajajo v nasadih tudi sistematična oziroma linijska redčenja s strojno sečnjo. Drevesa posekajo po vnaprej določenem sistemu, na primer vsako 5. ali 6. vrsto nasada brez upoštevanja prednosti posameznih dreves. Takih načinov nismo podrobno predstavljali, ker so v nasprotju z naravnimi procesi in vse bolj deležni kritike tudi tamkajšnjih gojiteljev (Kerr in Haufe, 2011).

Zaradi okoljskih in družbenih sprememb je gojenje gozdov, kot ga poznamo dandanes, na preizkušnji. Zelo verjetno se bodo razmere še zaostrovale, odločitve o negi gozdov pa so poleg tega izrazito dolgoročne. Za stabilne gozdove prihodnosti bo treba preišljeno uporabljati obstoječe negovalne modele, jih kombinirati z novejšimi in razvijati povsem nove. Slednje bo terjalo zastavitev poskusov v naravi, s katerimi nepristransko in utemeljeno medsebojno primerjamo različne načine nege. To je nenazadnje temeljna naloga raziskovalnih inštitucij in gozdarske operative, ki bo spodbudila tudi tesnejše sodelovanje.

### **6.3.2 Razvoj metode za oceno zasnove in uspešnost pomlajevanja sestojev v razvojni fazi letvenjaka**

Rezultati presoje uspešnosti obnove iz raziskave v OE Kočevje (Brudar, 2023) ter GGE Kamnik (Kurent, 2023) so podane v poglavju DS1, medtem ko se v tem poglavju osredotočamo na rezultate glede razvoja metode za oceno uspešnosti nege. Razvit koncept temelji na pokrovnosti površine s primernimi izbranci (zasnova), ki morajo biti primerno sproščeni. Primer je prikazan na sliki (Slika 6.2).



Ploskev	Kočevje 1	Kočevje 2	Kamnik 1	Kamnik 2
<u>Gozd-gojit. cilj</u>	Brez pionirskih DV	Zmes smreke, javorja in lipe	Brez pionirskih DV	Brez pionirskih DV
<u>Ekološka obnova (%)</u>	100	92	97	100
<u>Strukturna obnova (%)</u>	50	92	53	47
<u>Celice potrebne nege (%)</u>	11	19	22	30

Slika 6.2: Slika prikazuje štiri raziskovalne ploskve, ki so razdeljene na 36 celic v katerih smo ocenjevali zasnovano in uspešnost pomlajevanja. Zelena barva kaže celice z izbrancem, ki je sproščen, rumena barva prikazuje celice, kjer je potrebna nega, rdeče pa prazne celice, brez izbranca ali dominantnega drevesa.

Metoda presoje nege določa tudi cilje. Cilj:

- ekološka obnova (EO) gozda, kjer smo upoštevali vse osebkne na ploskvah in dovolili 1/3 nepomlajene površine na ploskvi.
- strukturna obnova gozda (SO1), pri čemer dovoljujemo do 1/3 nepomlajene površine in 30 % primes pionirskih drevesnih vrst
- strukturna obnova gozda (SO2), pri čemer dovoljujemo do 1/3 nepomlajene površine, 30 % primes pionirskih drevesnih vrst in do 20% primes drevesnih vrst, ki niso v gozdnogojitvenem cilju.

Iz tega je možnost sklepati o uspešnosti nege, ki je npr. na Kočevje 2 (Slika 6.2) znašala 92 %, saj so bile nepomlajene le 3 celice. V 26 celicah je dominantno drevo predstavljalo izbranca, kar pomeni sproščenost 72,2 %. Število celic, kjer bi bilo treba izvesti nego in sprostiti izbranca pa je znašala 7 celic oz. 19 % ploskve.

### 6.3.3 Primerjava izbiralnega in situacijskega redčenja

V raziskavi v GGO Kočevje je šlo za prvi ukrep, razlike med načinoma dela se bodo pokazale ob naslednji meritvi. Med različnima pristopoma ni bilo velikih razlik. Razlike so očitnejše, ko

primerjamo kandidate s konkurenti, prvi imajo v povprečju večje premere in višine. Dimenzijsko razmerje je ugodnejše (nižje) pri kandidatih. Socialni položaj in kvaliteta je prav tako višja za kandidate kot konkurente, povprečen delež razvite krošnje je tudi bil večji pri kandidatih. V primeru izvedbe situacijskega pristopa smo ukrepanje zgostili na plemenite listavce, prav tako nismo negovali poškodovanih dreves in nismo izvajali nizkega redčenja. Jakost redčenja je bila nižja, če primerjamo situacijsko nego (11-13 %) z izbiralnim redčenjem (18-22 %) medtem ko je bila intenziteta višja pri situacijski (2,5-5,0 konkurenta na izbranca) v primerjavi z izbiralnim redčenjem (2,4-7,8). Svetlobne razmere na ploskvah po izvedenem redčenju niso potrdile razlik med dvema različnima pristopoma na ploskvah. Zanimive razlike pa so se izkazale v kolektivnosti. Na ploskvah, kjer se je izvedla situacijska nega, so bile ocene kolektivnosti za drevesa v strehi sestoj (zgornja tretjina sestojne višine) manj spremenjene kot pri izbiralnem redčenju. Ponderirana kolektivnost je tu znašala 3,3 pri situacijski in 3,0 pri izbiralnem redčenju. Če pa primerjamo samo povprečja za izbrance oz. kandidate, pa je situacija bolj ugodna v primeru situacijske nege, saj je pri situacijskem pristopu izbrano drevo bistveno bolj sproščeno (1,8) kot kandidati pri izvedbi izbiralnega redčenja (2,7). Do očitnih razlik pride zaradi večje jakosti na izbranca pri izvedbi situacijske nege, saj imajo izbranci povprečno sproščeno krošnjo iz dodatne strani. Veliko dodano vrednost smo prepoznali tudi v višjem rezu konkurentov, predvsem pri prvem redčenju listavcev. Objekt te raziskave je bil uporabljen tudi kot demonstracijski objekt za delavnico na temo situacijske nege za zaposlene na OE ZGS Kočevje.

Rezultati časovne študije na OE Kranj kažejo, da pri odkazilu pri obeh načinih največ časa porabimo za izbiro izbrancev in konkurentov, in sicer pri obeh načinih izbira predstavlja več kot 50 % porabljenega časa na ploskvi. Poleg tega je bilo odkazilo na ploskvah s situacijsko nego veliko hitrejšo kot na ploskvah z izbiralnim načinom, saj je bilo odkazilo v povprečju opravljeno 3,7-krat hitreje, v povprečju smo za odkazilo na ploskvi situacijske nege porabili 4,94 minut.

Pri sečnji smo pri obeh načinih porabili največ časa za reševanje obvišelega drevesa, in sicer okrog 30 %. Tudi pri sečnji smo pri situacijskem načinu potrebovali manj časa za opravljeno delo, in sicer 4,6-krat manj časa kot pri izbiralnem načinu. Pri situacijskem načinu smo v povprečju za sečnjo na ploskev porabili 19,4 minut, pri izbiralnem načinu pa 88,6.

Pri merjenju porabe električne energije smo pri situacijskem načinu zaradi manjšega števila izbrancev ter posledično manjšega števila konkurentov, ki smo jih morali odstraniti, zabeležili značilno manjšo porabo, in sicer smo pri izbiralnem načinu v povprečju na raziskovalni ploskvi porabili 656,2 Wh električne energije, pri situacijskem načinu pa 169,6 Wh. Poraba pri situacijskem načinu je torej v povprečju za 3,82-krat manjša.

Pri odkazilu in sečnji smo prek merjenja pulza delavca ugotavljali tudi težavnost dela. Pri odkazilu smo ugotovili, da je pulz pri izbiralnem načinu dosegal višje vrednosti in je sam graf pulza veliko bolj razgiban kot pri situacijskem načinu. Povprečen pulz pri izbiralnem načinu je 121,4 u/min, pri situacijskem načinu pa 125,9 u/min, torej je odkazilo pri situacijskem načinu bolj zahtevno zaradi več prehodov in manj izbiranja dreves.

Pri sečnji se pri obeh načinih opazi največje povečanje pulza pri sproščanju obvislega drevesa, in sicer je pri tej delovni operaciji pri izbiralnem načinu povprečni pulz 162,8 u/min, pri situacijskem pa 153,0 u/min. Povprečni pulz pri izbiralnem načinu je 154,9 u/min, pri situacijskem pa 147,8 u/min.

Po končani sečnji smo izbrancem določili sproščenost. Le to smo določili glede na del krošnje, ki se niti v rahlem zibanju ne dotika vej sosednjega drevesa. Iz rezultatov smo izpeljali koeficient sproščenosti, pri katerem velja, da če je koeficient bližje številu 0, je sproščenost drevesa slabša, če pa je le-ta bližje številu 1, je sproščenost drevesa boljša. Pri izbiralnem načinu smo dobili koeficient sproščenosti 0,43, pri situacijskem načinu pa 0,37. To kaže, da so izbranci na ploskvah z izbiralnim načinom bolj sproščeni kot izbranci pri situacijskem načinu, kar je posledica tega, da pri izbiralnem načinu z odstranitvijo enega konkurenta v večini primerov sprostimo več izbrancev. Poleg tega smo ob popisu sproščenosti popisali tudi poškodovane izbrance po sečnji. Pri situacijskem načinu poškodovanih izbrancev nismo zabeležili, pri izbiralnem načinu pa so bili izmed 212 izbrancev poškodovani 4 izbranci.

V poskusu v GGO Maribor (Vesenjak, 2022) smo ugotovili, da se gozdarski strokovnjaki – tako pri tradicionalni kot pri situacijski negi – najbolj odločajo na podlagi vitalnosti in drevesne sestave, nato pa sledita tendenca in socialni položaj, odločajo pa se tudi na podlagi premera, saj so tako izbranci kot konkurenti imeli večji premer od povprečnega drevesa na sestaju. Gostota izbranih dreves pri tradicionalni negi je imela velike razpone na obeh ploskvah (153-1333 dreves/ha) in je precej odstopala v smeri manjših gostot od referenčnih vrednosti. Pri



situacijski negi je bila gostota izbrancev (78 in 356 dreves/ha) blizu okvirni referenčni gostoti glede na prevladujoče drevesne vrste. Intenziteta redčenj glede na temeljnico je pri tradicionalni znašala povprečno 14 %, pri situaciji pa 5,5 %. Jakost odkazila je bila pri tradicionalni negi na ploskvi Haloze 1 med 1 in 2, povprečno 1,4 konkurenta na izbranca, medtem ko je pri situacijski razpon znašal med 1 in 3, povprečje 2,1 konkurenta in izbranca.

Skladnost izbire različnih odkazil izbrancev je bila pri tradicionalni negi večja kot pri situacijski. Pri pogostosti izbire po drevesnih vrstah je pri obeh redčenjih prevladovala divja češnja, preostale manjšinske drevesne vrste (navadna jelka, navadni kostanj, gorski javor) so imele večjo pogostost izbire kot večinska navadna bukev, kar nakazuje, da so vsi odločevalci želeli zmanjšati delež navadne bukve v zmesi. Delno smo potrdili hipotezo, da so bila pri situacijski negi za konkurente izbrana vitalnejša drevesa, delno pa ovrgli saj so bila za izbranec v nasprotju s hipotezo manj vitalnejša kot pri tradicionalni negi. Potrdili smo hipotezo, da bo boljše ujemanje pri izbiri izbrancev kot konkurentov. Prav tako smo potrdili, da se odločevalci pri izbiri izbranca odločajo predvsem na podlagi vitalnosti in drevesne vrste. Ovrgli pa smo hipotezo, da so izbranci pri tradicionalni negi manj vitalni kot pri situacijski negi. Ovrgli smo tudi hipotezi, da bo ujemanje izbrancev pri situacijski negi večje kot pri tradicionalni ter da bodo odkazila pri situacijski negi podobna, ker je bila za večino udeležencev to nova metoda.

## 6.4 Razprava, zaključki in priporočila naročniku

### 6.4.1 Razvoj metode za oceno zasnove in uspešnost pomlajevanja sestojev v razvojni fazi letvenjaka

- Metoda temelji na presoji uspešnosti obnove (delež obnovljene površine, ki je pokrita z mladim gozdom in delež pionirjev) ter zasnove in nege (prisotnost primernih dreves, ki lahko predstavljajo izbranec ter delež negovanih izbrancev).
- Metoda presoje nege določa cilje. Okvirni cilji glede pomlajenosti in negovanosti:
  - a) ekološka obnova (EO) gozda, kjer smo upoštevali vse osebke na ploskvah in dovolili 1/3 nepomlajene površine na ploskvi.
  - b) strukturna obnova gozda (SO1), pri čemer dovoljujemo do 1/3 nepomlajene površine in 30 % primes pionirskih drevesnih vrst

- c) strukturna obnova gozda (SO2), pri čemer dovoljujemo do 1/3 nepomlajene površine, 30 % primes pionirskih drevesnih vrst in do 20% primes drevesnih vrst, ki niso v gozdnogojitvenem cilju.
- Metoda ima aplikativno vrednost, saj je primerna za hitro oceno uspešnosti pomladitve ter ocene negovanosti mladih sestojev, ki bi jo lahko npr. revirni gozdarji uporabljali v praksi v procesu odločanja o morebitni potrebi po dopolnilni saditvi (nepomlajeni predeli) ali izvedbi negovalnih del (predeli, kjer je negovanost nizka).

#### **6.4.2 Primerjava izbiralnega in situacijskega redčenja**

- Situacijska nega zagotavlja ohranjanje kolektivne stabilnosti sestojev ob sočasnem sproščanju določenega števila izbrancev.
- Jakosti redčenj so manjše pri situacijskem redčenju kot pri izbiralnem, saj negujemo manjše število izbrancev in s tem odstranjujemo manj konkurentov.
- Intenziteta redčenj (št. konkurentov na izbranca) je nekoliko večja pri situacijskem redčenju.
- Časovna študija v OE Kranj v bukovih drogovnjakih kaže, da je bila poraba časa za odkazilo pri izbiralnem redčenju 3,7-krat večje kot pri izbiri pri situacijskem redčenju.
- Pri situacijskem redčenju smo pri delu z električno motorno žago porabili 3,8-krat manj energije kot pri izbiralnem redčenju.

#### **6.5 Citirana literatura**

- Ammann P. 2013. Erfolg der Jungwaldpflege im Schweizer Mittelland? Analyse und Folgerungen. Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen, 164: 262-270. Bastien in Otto, 1998
- Černe M. 2016. Primernost dveh tehnologij sečnje in spravila v pomlajenih sestojih jelovo-bukovih rastišč na visokem krasu. Magistrsko delo. Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo, 91 s.
- Diaci J. 2006. Gojenje gozdov: pragozdovi, sestoji, zvrsti, načrtovanje, izbrana poglavja. Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo, Ljubljana, 348 s.

- Diaci J. 2021. Gozdna ekologija in nega. Univerzitetni učbenik. Univerza v Ljubljani, BF, Oddelek za gozdarstvo, Ljubljana, 434 s.
- Dvorak L., Bachmann P., Mandallaz D., 2001. Sturmschäden in ungleichförmigen Beständen. Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen. 152: 445-452.
- Golobič D., 2019. Vpliv dveh tehnologij sečnje in spravila na pomlajevanje raznomernih jelovo-bukovih sestojev. Magistrsko delo. Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo.
- Kerr G., Haufe J. 2011. Thinning practice: a silvicultural guide. Forestry Commission, 54 s
- Lenk E., Kenk G. 2007. Sortenproduktion und Risiken Schwarzwälder Plenterwälder. Allgemeine Forstzeitung/ Der Wald, 62: 136-139.
- Papež J., Perušek M., Kos I. 1997. Biotska raznolikost gozdnate krajine z osnovami ekologije in delovanja ekosistema. Gozdarska založba, Ljubljana.
- Schölch M. 2017. »Gruppendurchforstung«, Freising, Hochschule Weihenstephan-Triesdorf, (osebni vir, junij 2017).
- Schütz J.-Ph. 2001. Der Plenterwald und weitere Formen strukturierter und gemischter Wälder. Parey, Berlin.
- Spellmann H., Nagel J. 1996. Aspects concerning the thinning of Norway spruce and beech. Allgemeine Forst- und Jagdzeitung, 167: 6-15.

## **7 Izboljševanje sistema obnove in nege ter gozdarsko-politični ukrepi**

### **7.1 Opis problema in ciljev**

V Sloveniji se obnova in nega gozdov ne izvajata v fizičnem obsegu, ki je določen z gozdnogospodarskimi načrti ali je potreben zaradi sedanje in prihodnjih sanacij gozdov po veliko površinskih ujmah. Vzrok za nastanek vrzeli so lahko ukrepi gozdne politike in/ali njihovo izvajanje, kar vodi k potrebi po spremembah gozdne politike na področju obnove gozdov. Zato je prvi cilj raziskave na področju gozdne politike preveriti učinkovitost sistema gozdnopolitičnih ukrepov na področju obnove in nege gozdov.

Cilj raziskave je analiza finančnih ukrepov za spodbujanje izvajanja obnove in nege v obdobju 2011-2020 in analiza implementacije z vidika gozdnopolitičnih igralcev na terenski ravni (Zavod za gozdove in lastniki zasebnih gozdov) in na podlagi rezultatov raziskave izdelati predloge za spremembe predpisov o gozdovih v delu, ki se nanašajo na nego in obnovo gozdov.

#### **7.1.1 Povzetek ključnih ugotovitev iz literature**

Prva pozornost na terensko raven izvajanja gozdne politike sega že v leto 1960 (Kaufman 1960), ko je avtor ugotavljal, da se javna politika sicer razglaša z retoriko, izvaja pa z dejanji na najnižji upravni hierarhični ravni. Teoretični pristop področja je oblikoval Lipsky leta 1980 z uvedbo koncepta "ulične/terenske birokracije" ang. 'street level bureaucracy'. Poudaril je vlogo javnih uslužbencev na lokalni ravni kot "uličnih/terenskih uradnikov" in se osredotočil na njihovo vedenje. Razlike v izvajanju politik je pojasnil z mehanizmi spoprijemanja in rutinami, ki jih razvijejo izvajalci v svojem vsakdanjem delu. Lipsky je predstavil javno upravo kot sistem, v katerem uradniki povezujejo vladne politike in civilno družbo ter s tem vplivajo na oblikovanje politik. Ključen element njegovega pristopa je upoštevanje in opazovanje diskrecijske pravice, ki jo imajo terenski uradniki pri svojem vsakodnevnem delu in ki jim omogoča prilagajanje izvajanja politik različnim okoliščinam. Kljub temu da je pristop uličnega/terenskega uradništva zelo primeren za preučevanje izvajanje gozdne politike, ki se dobesedno izvaja na terenu, so se raziskave v gozdarstvu s pomočjo tega koncepta pojavile šele nedavno (npr. Maier, Winkel 2017).

Maier in Winkel (2017) sta preučevala integrirano gospodarjenje z gozdovi, ki je v Nemčiji eden od pomembnih pristopov za usklajevanje nasprotujočih si zahtev do gozdov. Ugotovila sta

veliko osebno pripravljenost in zavezanost revirnih gozdarjev za izvajanje integrativnih naravovarstvenih pristopov s celostnim gospodarjenjem z gozdovi. Vendar pa obstajajo tudi številni dejavniki, ki ovirajo njihovo izvajanje. Zlasti obstaja neskladje med zahtevami, s katerimi se srečujejo gozdarji in podpora za njihovo delo: čas, prožnejši cilji glede pridobivanja lesa ter finančni in kadrovske viri.

Putkowska-Smoter in Niedziałkowski (2021) za poljsko urbano gozdarstvo in upravljanje urbanih zelenih površin ugotavljata, da so zaradi okoljskih zahtev od spodaj navzgor in zakonodajnih sprememb od zgoraj navzdol 'okoljski' uradniki pod povečanim pritiskom. Na osnovi študij primera o upravljanju z jeleni in urbanih zelenih površin sta ugotovili, da se lahko okoljski uradniki na terenu oddaljijo od novih pričakovanj, če ta dojemajo kot "družbeno konstruirana" in potencialno moteča za njihove strokovne rutine. Okoljski uradniki na terenu skušajo usklajevati kompleksno krajino različnih, celo nasprotujočih si pritiskov. Ugotovitve razbijajo podobo monolitnega "odločevalca", ki pa dejansko deluje v kompleksni mreži različnih administrativnih enot in političnih struktur in se ji prilagaja. Prav tako rezultati kažejo na potrebo po novih oblikah okoljske (post-) birokracije, da se hkrati okrepi družbeno zaupanje vanje in se omogoči soočenje z nepredvidljivostjo narave.

Ota (2022) za Indonezijo ugotavlja, da je diskrecijska pravica gozdarskih uradnikov v t. i. 'prvi liniji' izvajanja gozdne politike vključevala tako ustvarjalne kot pasivne oblike in čeprav so uradniki poskušali uskladiti nasprotujoče si politične cilje varovanja gozdov in izpolnjevanje lokalnih zahtev po koristi iz gozdov, so se morali prilagoditi vse večji pogajalski moči lokalnih prebivalcev, ki je bila posledica procesov demokratizacije. Možnosti politike ali organizacijskih ukrepov za odpravo pogojev, ki povzročajo negativne vrste diskrecije, je treba obravnavati na podlagi dejanskih razmer, v katerih delujejo gozdarski uradniki v prvi liniji.

## 7.2 Uporabljena metoda dela

Analizo izvajanja obnove in nege smo izvedli z deskriptivno metodo, s katero smo analizirali izvedbo sofinanciranih projektov obnove in nege gozdov v zasebnih gozdovih v obdobju 2011-2020. Podatke za obdobje je posredoval ZGS. Primerjalno analizo gozdne politike smo uporabili pri pregledu javnopolitičnih ukrepov za spodbujanje obnove in nege gozdov v evropskih državah (Švedska, Finska, Nemčija (Zvezna dežela Bavarska), Avstriji (zvezna dežela Štajerska) in Švici (kanton Aargau). Za pridobivanje mnenj izbranih lastnikov gozdov,

revirnih gozdarjev ter vodij krajevnih enot ZGS (9 študij primera) smo uporabili vodeni strukturirani intervju in spletno anketo za raziskavo mnenje revirnih gozdarjev ZGS (vabilo za sodelovanje je bilo poslano 363 revirnim gozdarjem ZGS, stopnja odziva 48 %). Pridobljene podatke smo analizirali s prilagojenim Miles-Hubermanovim pristopom za analizo kvalitativnih podatkov (Punch 2004, 202–207), ki vključuje pojmovno kodiranje ter beleženje.

## 7.3 Rezultati raziskave

### 7.3.1 Gozdna politika na področju obnove in nege gozdov

Gojenje gozdov je formalno eden od ključnih elementov slovenskega gozdarstva. V obdobju med letoma 1985 in 1989, torej v zadnjih letih socialističnega samoupravljanja, sta se na letni ravni izvajala nega in čiščenje na 22.000 hektarjev gozda. To površino lahko primerjamo s povprečnim obsegom obžetve, nege mladja in nege gošče med letoma 1994 in 2021, ki znaša 4.800 hektarjev letno. To pomeni, da se je obseg nege v zadnjih 28 letih zmanjšal na 22 % obsega, ki je veljal pred politično spremembo, kjer je bila nega gozdov zakonsko obvezna in so nego izvedli ali lastniki gozdov za plačilo sami ali so jo tudi v zasebnih gozdovih brezplačno izvedla gozdarska podjetja.

Zakon o gozdovih je leta 1993 določil, da Zavod za gozdove izda lastnikom gozdov odločbo, ki določa potrebna gojitvena dela za obnovo gozdov in nego gozdov. Pred izdajo odločbe lastnikom svetuje Zavod za gozdove. Kaznovani so lastniki gozdov, ki ne izvedejo predpisanih gojitvenih del, z globo od 400 do 800 evrov. Kljub tem določbam ni jasno, kako se zakon izvaja v praksi in kako se izvaja obveznost izvajanja nege. Zakon o gozdovih je prav tako uvedel sofinanciranje gojitvenih del, ki je odvisno od vrste del, velikosti posesti in socialno-ekonomskega statusa lastnika. Sredstva za sofinanciranje se zagotavljajo v proračunu Republike Slovenije. Odredba o financiranju in sofinanciranju vlaganj v gozdove je bila izdana leta 1994 in kasneje Pravilnik o financiranju in sofinanciranju vlaganj v gozdove leta 2004.

V obdobju od leta 1994 do 2021 je površina izvedene nege v zasebnih gozdovih naraščala med letoma 1994 in 2000, v ostalem obdobju pa je prevladujoč trend zmanjševanja. V gozdovih v javni lasti je bil trend obsega izvajanja nege v tem obdobju padajoč, vendar je od leta 2014 dalje naraščal, predvsem zaradi obnove gozdov po žledu leta 2013.

Z vidika podzakonskih predpisov, ki urejajo financiranje in sofinanciranje vlaganj v gozdove, se je to področje v zadnjih desetletjih večkrat spremenilo. Podzakonski predpis, ki ureja financiranje in sofinanciranje vlaganj v gozdove, se je od leta 1994 spremenil 18-krat, pri čemer se je z nego gozdov povezana vsebina spremenila sedemkrat in ni imela opaznega vpliva na izvajanje nege. Skupno gledano, se je trend izvedbe nege v gozdovih v Sloveniji v zadnjem času zmanjševal, z izjemo obdobja po žledu leta 2013. Spremembam predpisov lahko pripišemo vpliv na začetku obdobja pri negi gošče in prvega redčenja, manj pa za obžetev in nego mladja, ki imata prevladujoč trend zmanjševanja obsega.

### **7.3.2 Količinski vidiki**

Analizirali smo financiranje in sofinanciranje vlaganja v zasebne gozdove v obdobju 2011-2020. Država je financirala ali sofinancirala delo lastnikov skupaj 98 vrst biomeliorativnih, varstvenih in gojitvenih ukrepov. Pri 86 ukrepih je bilo financirano ali sofinancirano delo ter pri 30 ukrepih material. Država je v opazovanem obdobju financirala ali sofinancirala 90.148 posameznih ukrepov na gozdni posesti 13.694 lastnikov gozdov.

V obnovo gozdov je bilo vključenih 6.560 (v obnovi po ujmi 2.808) lastnikov gozdov. Povprečno so lastniki izvedli 0,7 ha (po ujmi 9,3 ha) različnih ukrepov (mediana 0,25; po ujmi mediana 0,3 ha) in so prejeli povprečno 207 evrov (po ujmi 703 €) sofinanciranja (mediana 74 evrov; po ujmi mediana 125 €). Z vidika upravne učinkovitosti je pomemben podatek, da je deset odstotkov lastnikov gozdov prejelo manj kot 12 evrov sofinanciranja na posameznega lastnika gozda. Trideset odstotkov projektov obnove pri 1.968 lastnikih gozdov je bilo manjših kot 0,11 hektarja, lastniki pa so prejeli po manj kot 30 evrov.

Pri izvedbi sofinancirane nege gozdov je sodelovalo 9.270 (po ujmi 132) zasebnih lastnikov gozdov, ki so izvedli 40.864 (po ujmi 171) ukrepov. Povprečna površina nege posameznega lastnika v celotnem obdobju je bila 3,8 hektarja in mediana 0,7 hektarja. Lastniki gozdov (4.635), pri katerih je površina nege manjša kot 0,7 hektarja, je skupaj opravilo 4 odstotke površine nege. Povprečen znesek sofinanciranja na lastnika v desetletnem obdobju je bil 420 evrov. Polovica lastnikov (mediana) je prejela manj kot 150 evrov in manj kot 63 evrov četrtna lastnikov.

Obnova in nega gozdov sta količinsko in vrednostno razpršeni, kar pomeni veliko obremenjenost javne gozdarske službe pri izvedbi in usmerja pozornost na stroškovno

učinkovitost sistema spodbujanja obnove in nege v zasebnih gozdovih. Redistribucijskega učinka na družbeno blaginjo zaradi sistema financiranja in sofinanciranja vlaganj v zasebne gozdove ni mogoče pričakovati zaradi nizkega celotnega zneska sredstev države za vlaganja v gozdove in majhnih plačil na posameznega lastnika gozdov.

### **7.3.3 Postopkovni vidiki izvajanja sofinanciranja nege gozdov v Zavodu za gozdove RS**

Zakonska podlaga izvajanja obnove in nege je Pravilnik o financiranju in sofinanciranju vlaganj v gozdove in Uredba o ukrepih za sanacijo in obnovo gozda po naravni nesreči žledu med 30. januarjem in 10. februarjem 2014 iz Programa razvoja podeželja Republike Slovenije za obdobje 2014–2020 (neuradno prečiščeno besedilo št. 5). Operativni proces na terenu je bil v obdobju 2011–2020 določen z Navodili za izvajanje del po Pravilniku o financiranju in sofinanciranju vlaganj v gozdove, ki jih je leta 2009 sprejel direktor ZGS. Navodila na 161 straneh podrobno opredelijo vlogo organizacijskih enot ZGS v postopku izvajanja in sofinanciranja del (Shema postopkov od načrtovanja do izvedbe plačila financiranja in sofinanciranja vlaganj v gozdove; Shema odgovornosti v procesu vlaganj v gozdove). V procesu izvedbe sofinanciranja nege gozdov so vključene štiri enote/ravni Zavoda za gozdove (revir, krajevna enota, območna enota in centralna enota) in MKGP, ki na ZGS vključujejo šest nosilcev odgovornosti.

### **7.3.4 Lekcije iz tujine**

Glavni poudarki sistema financiranja ukrepov v gozdovih v Avstriji, Nemčiji in Švici ter na Finskem in Švedskem so:

- Financirajo se predvsem ukrepi, ki presegajo zakonsko določene obveznosti lastnikov gozdov. V Sloveniji se sofinancirajo tudi ukrepi, ki so del zakonskih obveznosti zasebnih lastnikov gozdov.
- Razlogi za financiranje ukrepov so javni interes, kot so podnebne spremembe, biotska raznovrstnost, stabilnost gozdov in ohranjanje genetskih virov gozdov.
- Obravnavane entitete imajo določen najmanjši znesek ali najmanjšo površino posameznega projekta nege gozdov, ki se financira.



- Financiranje je lahko usmerjeno v obdobje in vključuje več zaporednih posameznih ukrepov (npr. Švica).
- Sofinanciranje je v prikazanih entitetah pogodben odnos, v Sloveniji pa vključuje upravni odnos (odločba) in/ali pogodbo.

Švedska gozdna zakonodaja temelji na načelu "svobode z odgovornostjo" lastnikov gozdov pri gospodarjenju z gozdovi, pri čemer se odgovornost nanaša tudi na obveznost gospodarjenja z gozdovi, vključno z izvajanjem obnove in nege gozda. Država je leta 1993 prenehala financirati ukrepe v korist lastnikov gozdov (npr. nega) in se osredotoča na javni interes, vključno z ohranjanjem naravnih in kulturnih vrednot. Programi podpirajo prostovoljne ukrepe lastnikov gozdov, kot so varovalni požigi, saditev listavcev in vzdrževanje pohodnih poti.

Finska država financira projekte, ki niso zakonsko obvezni, vendar morajo biti vključeni v izvedbeni gozdarski načrt. Država finančno podpira čiščenje in redčenje mladovja ter vzdrževanje močvirnih gozdov. Najmanjša financirana površina za nego mladja je en hektar. Nemčija (Bavarska) usmerja financiranje ukrepov za doseganje klimatske stabilnosti, biotske raznovrstnosti in stabilnost sestojev. Država financira nego mladja in redčenje sestojev ter upošteva dodatke za varovalne in gorske gozdove ter območja Natura 2000. Najmanjši znesek financiranja je 200 € na projekt.

V Avstriji (Zvezna dežela Štajerska) je financiranje utemeljeno z razvojem "podnebju prijaznih" gozdov, biotski raznovrstnosti in ohranjanju gozdnih genetskih virov. Upravičenci vključujejo gozdne obrate, lokalne skupnosti in združenja lastnikov gozdov. Financiranje vključuje čiščenje, redčenje sestojev in upoštevanje dodatkov za posebne vrste gozdov.

V Švici je financiranje nege gozdov v pristojnosti kantonov. V izbranem kantonu Aargau se financira nega mladih gozdov v daljšem časovnem obdobju. Lastniki gozdov morajo izpolnjevati določene pogoje, vključno z izvedbenim načrtom gospodarjenja. Vse upravne in pogodbene postopke izvede revirni gozdar.

### **7.3.5 Izvedba nege gozdov na terenski ravni**

**Revirni gozdarji** so ključni igralci pri izvajanju projektov obnove in nege. Njihove **osebne lastnosti**, ki določajo odnos do nege gozdov, so najpomembnejši dejavnik izvajanja projektov

nege. Skoraj vsi (90 %) revirni gozdarji soglašajo, da je nega gozdov ključnega pomena za razvoj gozdov (soglašajo - 47 % in zelo soglašajo - 43 %). Za 30 % revirnih gozdarjev je nega gozdov tudi osebni cilj in si zato prizadevajo za večji obseg izvajanja nege v revirju, ker verjamejo, da je pomembna za razvoj gozdov. Zato so dejavni pri izvajanju nege gozdov, čeprav jih 71 % tudi soglašajo, da je izvedba nege predvsem odgovornost lastnikov gozdov. Dvajset odstotkov revirnih gozdarjev meni, da lastniki gozdov izvajajo nego zaradi državnega sofinanciranja. Po mnenju revirnih gozdarjev zelo spodbuja izvajanje nege osebni odnos revirnih gozdarjev z lastniki gozdov (90 %).

**Kontekst**, ki pomembno vpliva na izvajanje nege, je po mnenju revirnih gozdarjev status lastnikov gozda z vidika statusa kmeta oz. nekmeta. Kmečki lastniki gozdov so bolj naklonjeni gojenju gozdov kot nekmečki (soglašam – 21 % in zelo soglašam – 47 %). Solastnina gozdov je med največjimi zaviralci izvajanja nege po mnenju 88 % revirnih gozdarjev. Zaradi sanitarnih sečenj dobri polovici (55 %) revirnih gozdarjev zmanjkuje časa za nego gozdov. Med opisnimi odgovori izpostavljamo, da se nega gozdov ne izvaja zaradi preštevilne divjadi. Organiziranost lastnikov gozdov po mnenju tretjine (32 %) revirnih gozdarjev ni dejavnik spodbujanja izvajanja nege. Upravni postopki od odločbe do prevzema negovanih površin ovirajo izvajanje nege po mnenju polovice revirnih gozdarjev (49 %). Da je sedanja zakonodajna ureditev ustrezna za izvajanje nege meni 32 % vprašanih in 33 % jih s tem ne soglašajo. Po mnenju 83 % revirnih gozdarjev bi bilo treba zmanjšati administrativne postopke in podoben odstotek (82 %) jih meni, da bi bilo treba povečati obseg sredstev za celotno sofinanciranje nege gozdov kot tudi za posamezen ukrep.

Med **organizacijskimi dejavniki** je za izvajanje nege po mnenju 60 % revirnih gozdarjev pomembno spodbudno okolje v Zavodu za gozdove, kar vključuje tako spodbuden odnos vodje krajevne enote (49 %) kot odnos sodelavcev do izvajanja nege gozdov (64 %). Ovira pa so obremenitve na področju upravnih postopkov povezanih z izvajanjem nege, ki so se po mnenju 81 % vprašanih povečale v zadnjem obdobju. Med organizacijskimi ukrepi, ki so jih predlagali revirni gozdarji, izstopata povečanje kadrovske zmogljivosti ZGS (67 %) in stimulacija revirnih gozdarjev za uspešno izvajanje nege gozdov (76 %). Da so spremembe na ravni ZGS pomembne meni 44 % vprašanih.

**Zunanji dejavnik**, ki bi po mnenju revirnih gozdarjev vplival na izvajanje nege, je sistem zunanjih izvajalcev nege gozdov kot storitev na trgu (82 %). Nega gozdov bi morala biti bolj strokovno/znanstveno utemeljena po mnenju 46 % vprašanih.

Mnenja **zasebnih lastnikov gozdov**, ki so izvedli nego gozda (9 študij primerov), smo obravnavali z vidika notranjih in zunanjih dejavnikov, ki spodbujajo in/ali zavirajo izvajanje nege. Izstopajoči notranji spodbujevalni dejavniki so osebne lastnosti lastnikov gozda (skrb za gozd, veselje z delom v gozdu, odgovornost do gozda). Spodbujevalni zunanji dejavniki so sodelovanje z revirnim gozdarjem ter pomoč in motivacija od drugih lastnikov gozdov. Zaviralni notranji dejavnik so pomanjkanje časa za delo, starost in neusposobljenost za delo. Zaviralni zunanji dejavniki so predvsem slabe izkušnje s plačilom sofinanciranja in slabe izkušnje drugih lastnikov, neustrezna izvedba nadzora na terenu, divjad ter prenizko sofinanciranje.

**Vodje krajevnih enot** Zavoda za gozdove (9 študij primera) so med spodbujevalne dejavnike v ZGS (notranji dejavniki) izpostavili motivacijo revirnih gozdarjev ter njihova sposobnost prepričevanja lastnikov gozdov, vključno s prijaznostjo do lastnikov gozdov. Zunanji spodbujevalni dejavniki so mladost, višja izobraženost in motivacija na ravni lastnikov gozdov. Na sistemski ravni pa lokalni izvajalci v zasebnem sektorju, dobre prakse ostalih lastnikov gozdov ter vreme. Zaviralni notranji dejavniki so administrativne obremenitve in pomanjkanje časa revirnih gozdarjev ter nemotiviranost revirnih gozdarjev za povečan obseg gojitvenih del. Zunanji zaviralni dejavniki so 'smešno' prenizko sofinanciranje v primerjavi s kmetijstvom, gozdarjenje kot konjiček lastnikov in njihova starost, negotovost zaradi podnebnih sprememb ter prenizko znanje lastnikov gozdov ter njihova neopremljenost za delo v gozdu.

#### 7.4 Razprava, zaključki in priporočila naročniku

Analiza količinskih in vrednostnih vidikov izvajanja obnove in nege v zasebnih gozdovih kaže na stroškovno neučinkovitost izvajanja ukrepov z vidika razmerja med fizičnimi učinki v gozdu (hektarji izvedene obnove ali nege) in vloženi viri (čas in denar) javne gozdarske službe. Vzrok je v neselektivnem administrativnem obravnavanju projektov obnove in nege gozdov, ki ne upošteva velikosti načrtovanega ukrepa in/ali zneska sofinanciranja. Učinkovitost je mogoče povečati ali z zagotavljanjem večjega učinka v gozdu (predpisana najmanjša površina obnove ali nege) ali z zmanjšanjem virov s strani javne gozdarske službe (poenostavitev

postopkov). Mednarodni vpogled (Švedska, Finska) kaže na uporabo najmanjše površine oz. zneska kot merila za sofinanciranje. Zmanjšanje porabe virov s strani javne gozdarske službe pa bi dosegli s poenostavitvijo sistema odgovornosti pri dodeljevanju javnih sredstev z večjimi pristojnostmi in odgovornostmi revirnih gozdarjev pri sklepanju sporazumov z lastniki gozdov (primera Švica in Nemčija).

Lastniki gozdov se v sistemu (so)financiranja vlaganj v gozdove pojavljajo praviloma enkrat do dvakrat v desetletnem obdobju, kar odpira vprašanje o smiselnosti ukrepov, če le ti niso izvedeni v primernem času in primernem zaporedju. Kakšni so učinki na gozd tudi niso znani in treba je evalvirati uspešnost doseganja ciljev, zaradi katerega je bil ukrep (so)financiran. Desetletni gozdnogospodarski načrti, ki jih sprejemata vlada in ministrstvo, morajo zagotavljati pogoje (denarna sredstva) za svoje uresničevanje v obdobju veljavnosti načrtov in preseči vsako letno negotovost o višini razpoložljivih sredstev. Pogodbe z lastniki gozdov morajo biti dolgoročne in usmerjene v doseganje ciljev, ne pa izvajanja ukrepov.

Pristop 'uličnega/terenskega uradnika' (ang. street level bureaucracy) ocenjujemo kot koristno teoretično orodje za razumevanje procesov in dejavnikov izvajanja gozdne politike, ker usmerja pozornost v revirne gozdarje kot ključne igralce. Revirni gozdarji delujejo v Zavodu za gozdove, ki je zanje notranje okolje, o katerem pa ni raziskav iz različnih vidikov organizacij (kultura, procesi, človeški viri, socializacija, delovanje skupin ... ). Naslednje raziskave bi morale obravnavati Zavod za gozdove kot osrednjega igralca v izvajanju gozdne politike.

## 7.5 Citirana literatura

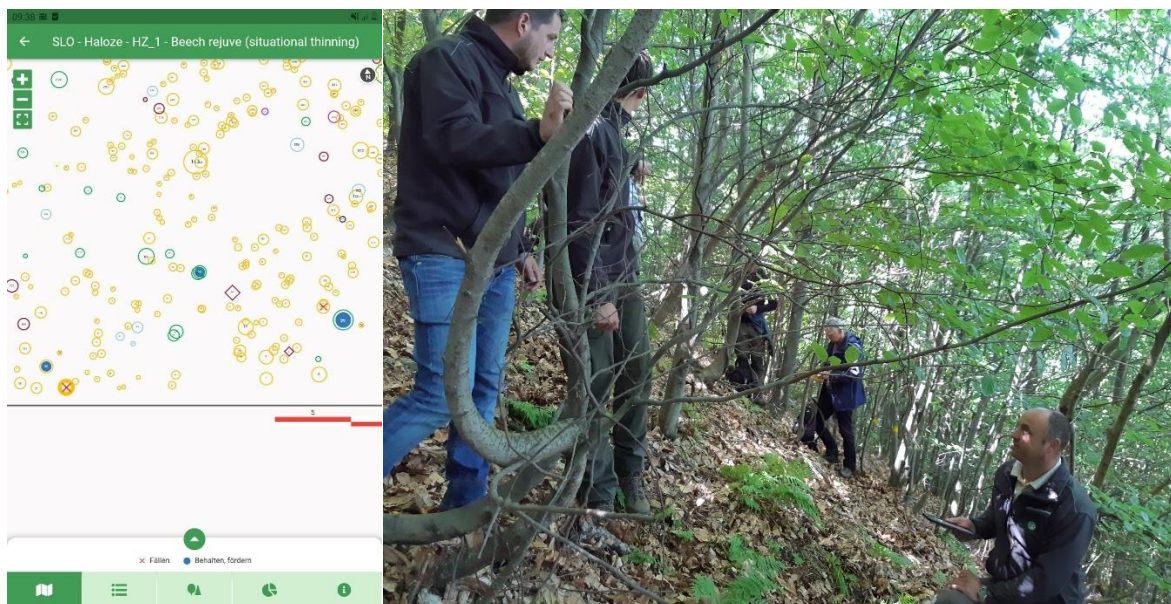
- Lipsky, M. 2010. Street-level bureaucracy : dilemmas of the individual and public services. Russell Sage Foundation, New York,
- Putkowska-Smoter R., Niedziałkowski K. 2021. Street level bureaucracy in response to environmental pressure. Insights from forestry and urban green space governance in Poland. *Environment and Planning C: Politics and Space*, 39, 5: 900-918.
- Ota M. 2022. Discretionary Operations of Frontline Forest Bureaucrats in Tropical Developing Countries: A Case Study from Java, Indonesia. *Forests*, 13, 7:
- Maier C., Winkel G. 2017. Implementing nature conservation through integrated forest management: A street-level bureaucracy perspective on the German public forest sector. *Forest Policy and Economics*, 82: 14-29.

Kaufman, H. 1960. The Forest Ranger. A Study in administrative behaviour. Resources for the future. Washington, D.C. s. 259

## 8 Prenos izsledkov v prakso in upravljanje projekta

Glavni namen DS7 je bila skrb za prenašanje izsledkov v prakso, oziroma za mreženje znanja ter upravljanje projekta. Izpeljali smo vse načrtovane aktivnosti: pripravili več novic za spletno stran Biotehniške fakultete in poročali o projektu v različnih medijih (lokalna glasila, spletni portali, radio), oblikovali smo spletno stran projekta (<https://www.bf.uni-lj.si/sl/raziskave/raziskovalni-projekti/2021030217371287>). O dogodkih in dosežkih v zvezi s projektom smo obveščali na Facebook strani Oddelka za gozdarstvo BF UL, objavili smo več strokovnih in znanstvenih člankov na temo nege gozdov, s tematiko sonaravnega gojenja gozdov smo sodelovali na Gozdarskih študijskih dnevih 2022, s tematiko preverjanja uspešnosti naravne obnove na več posvetovanjih v tujini. V sklopu projekta je bilo izdelanih več diplomskih in magistrskih del, najpomembnejše izsledke smo prenesli v pedagoški proces, kjer študentje obiskujejo in uporabljajo stalne vzorčne ploskve, ki smo jih zastavili med izvajanjem projekta.

Kot zelo dobra izkušnja za raziskovalce in praktike so se izkazale terenske delavnice, kjer smo skupaj z Zavodom za gozdove Slovenije pripravili objekte za primerjavo označevanja drevja za posek pri izbiralnem in situacijskem redčenju. Rezultate odkazila smo analizirali preko švicarske platforme za odkazilne ploskve (<https://martelage.sylvotheque.ch/>) (Slika 8.1). Skupaj smo izpeljali šest delavnic in sicer za Centralno enoto Zavoda za gozdove (19. 5. 2022) (Slika 8.2) in območne enote ZGS, Slovenj Gradec (5. 10. 2022), Bled (5. 6. 2023), Kranj (9. 5. 2023) in Kočevje (7. 6. 2023). Prvi del delavnice je vseboval predavanja o negi in njeni realizaciji v Sloveniji ter posebnostih situacijske nege, drugi - terenski del, pa analizo sestojev, izpeljavo označevanja drevja za posek in primerjavo odkazil med udeleženci in med načini redčenja ter končno razpravo.



Slika 8.1: Levo prikaz švicarske mobilne aplikacije za izvedbo interaktivnega odkazila in desno uporaba aplikacije na terenu.



Slika 8.2: Delavnica za centralno enoto Zavoda za gozdove (19. 5. 2022) v Halozah.

Povezave do dogodkov na fb:

[https://www.facebook.com/search/top/?q=SITUACIJSKA%20NEGA&locale=sl\\_SI](https://www.facebook.com/search/top/?q=SITUACIJSKA%20NEGA&locale=sl_SI)

Iz analiz in razprav na terenskih delavnicah lahko povzamemo:

- da so udeleženci izbirali nekoliko manjše število izbrancev pri izbiralnem redčenju, kar kaže na premike v smeri sodobnih gibanj redčenj v srednji Evropi,

- da se udeležencem zdi smiselno uvajati situacijsko nego na manjše površine oziroma manjše parcele, kjer lastniki zaradi nezainteresiranosti in pomanjkanja časa ne izvajajo nege,
- da manjkajo referenčne vrednosti za primerjavo rezultatov, za klasično nego obstajajo, za situacijsko nego pa jih je potrebno še razviti (ali ukrepati nekoliko močneje kot pri klasični negi zaradi nepreredčenih delov, po drugi strani je potrebna previdnost zaradi nevarnosti zaustavljanja čiščenja vej oz. spodbujanja nepravilne/silaške vzrasti),
- da je smiselno označevanje izbrancev, če so ti označeni npr. z rumeno barvo, lahko lastniki sami sproščajo izbrance,
- tudi mreža ciljnih dreves pri situacijski negi se lahko z razvojem sestoji spremeni, prilagaja, - v kolikor je možna izraba sortimentov, je smiselno izpeljati izbiralno redčenje,
- dodelati je potrebno sistem sofinanciranja situacijske nege.

Skupaj se je teh delavnic udeležilo več kot dvesto strokovnjakov iz različnih gozdarskih institucij ter predstavnikov lastnikov gozdov. Za kolege iz ZGS so bile delavnice zanimive zaradi praktične predstavitve novih načel nege in uporabe informacijske tehnologije pri odkazovanju, za raziskovalce pa so bile zelo dragocene praktične izkušnje načrtovalcev in revirnih gozdarjev glede označevanja drevja za posek, posebnosti rastišč in sestojev ter ocena slabosti in prednosti novega načina dela. Strinjali smo se, da je smiselno s takšnimi delavnicami nadaljevati tudi v prihodnje oziroma jih nadgraditi v bolj formalizirano obliko.

Zasnovo poskusov v naravi za izboljševanje nege in kontrolne metode smo na terenu in na webinarjih predstavili tudi tuji strokovni in znanstveni javnosti in odločevalcem, na primer v sklopu neformalnega srečanja EU generalnih direktorjev za gozdarstvo; 7th – 10th September 2021, na webinarju združenja Pro Silva, From concepts to implementation, 17. 2. 2022, na seminarju na Japonskem v sklopu poletne šole, 1.-9. november 2022, (Asian University Forest Network in Shizuoka University), na delavnici o sonaravnejšem gospodarjenju z gozdovi »EU Workshop on Closer-to-Nature Forestry«, 19.-20. april 2023, na webinarju »Close-to-nature forest management in Central Europe and Slovenia«, Nova Zelandija, Workshop on Wānanga Series, 8. 9. 2023.

V sklopu projekta smo 10. 11. 2023 izpeljali tudi zaključno posvetovanje, kjer smo predstavili najpomembnejše izsledke po delovnih sklopih in izpeljali delavnico, na kateri smo diseminirali



rezultate raziskave s področja oblikovanja gozdne politike za odločevalce. Na delavnici smo uporabili napredne tehnike, ki so udeležencem pomagale bolje razumeti in uporabiti rezultate raziskave, npr. interaktivno vizualizacijo podatkov, načrtovanje scenarijev in okroglo mizo za oblikovanje politik. Udeleženci so lahko dejavno sodelovali pri razmišljanju o novih političnih orodjih na podlagi ugotovitev raziskave. Uporabili smo tehniko oblikovanja razmišljanja, možganska nevihta, da bi udeležencem omogočili, da razvijajo nove ideje za politike in ukrepe.

## 8.1 Razprava, zaključki in priporočila naročniku

Kljub koronskem času v začetku izvajanja projekta, je bilo sodelovanje s prakso zelo dobro. Prvo delavnico o uspešnosti obnove gozdov po vetrolomu 2008 na Črnivcu nam je onemogočila Korona, v letu 2022 in 2023 pa smo izpeljali serijo delavnic na temo situacijske nege. Te so se izkazale za uspešen način mreženja znanja med praktiki in stroko. Za raziskovalce in pedagoge so zelo zanimive izkušnje kolegov iz prakse, za praktike pa vsebinske in tehnične novosti. S takšnim načinom prenosa znanja bi ustvarili povratno zanko med praktičnim in raziskovalnim delom. Smiselno bi bilo takšne delavnice vpeljati v formalno obliko izobraževanja zaposlenih v gozdarskem sektorju.

## 9 Najpomembnejše objave izsledkov projekta s povzetki zanimivimi za naročnika in uporabnike

### 9.1 Znanstveni članki

Alizoti, P., Bastien, J. C., Chakraborty, D., Klisz, M. M., Kroon, J., Neophytou, C., Schueler, S., Van Loo, M., Westergren, M., Konnert, M., Brus, R., et al. 2022. Non-native forest tree species in Europe : the question of seed origin in afforestation. *Forests*. 2, 273, 23. <https://doi.org/10.3390/f13020273>

Tujerodne drevesne vrste so bile v Evropo vnesene že v 16. stoletju, vendar je bil šele v drugi polovici 20. stoletja prepoznan pomen izvora semena za njihovo gospodarsko uporabo, kar je privedlo do uvedbe številnih provenienčnih poskusov na nacionalni, regionalni, evropski in mednarodni ravni, kot so tisti, ki jih vodi IUFRO. Po celotnem kontinentu so se začeli izvajati tudi vzgojitveni programi za gospodarsko najpomembnejše vrste. Cilj tega članka je oblikovanje priporočil o izvoru provenienc petih tujerodnih drevesnih vrst v Evropi (duglazija, orjaška jelka, sitka, obalni bor in robinija) na podlagi informacij, pridobljenih iz dvajsetih držav, v okviru cost action EU FP-1403 NNEXT. Raziskava je pokazala, da so bila uradna in neuradna nacionalna priporočila, ki temeljijo na rezultatih raziskav o izvoru, pripravljena in

upoštevana na različnih ravneh in v različnem obsegu za zgornjih pet vrst, vendar so le za duglazijo priporočila obstajala v skoraj vseh državah, ki so sodelovale v raziskavi. V tem delu je predstavljena zbirka priporočil o proveniencah po Evropi za vsako vrsto. Poleg priporočenih vnesenih izvorov semen so za sajenje primernejši tudi evropski izvori semena zaradi lažjega dostopa in velike razpoložljivosti gozdnega razmnoževalnega materiala. Evropski provenienčni poskusi, ki dajejo genetski material visoke produktivnosti in kakovosti, so trenutno najprimernejši vir semena za več vrst in držav. Združevanje podatkov o poskusih, pridobljenih v različnih državah, bo omogočilo skupno analizo, ki je nujno potrebna za oblikovanje trdnih zaključkov, in olajšalo razvoj "funkcij univerzalnega odziva" za zanimive vrste, kar bo omogočilo opredelitev genskega materiala, primerne za globalne spremembe. Nujno so potrebne nove serije provenienčnih poskusov, ki bodo testirali semenske vire iz celotnega podnebnega območja vrste, ki bodo vzpostavljeni na lokacijah znotraj in zunaj okoljskih okvirov njihovih naravnih območij, da bi določili in razumeli klimatske omejitve, značilne za vrsto, ter povezali funkcionalne lastnosti s poreklom semena in okoljskimi pogoji na testnih lokacijah, da bi lahko izvedli izbiro primerne gozdnega reprodukcijskega materiala tujerodnih drevesnih vrst ob upoštevanju podnebnih sprememb.

Arnič, D., Krč, J., Diaci, J. 2021. Modeling of time consumption for selective and situational precommercial thinning in mountain beech forest stands. *IForest*. vol. 14, iss. 2, str. 137-143, ilustr. ISSN 1971-7458.

Racionalizacija in optimizacija dela postajata vse pomembnejša v evropskem gozdarskem sektorju. V tej študiji je bilo uporabljeno orodje za modeliranje treh različnih pristopov v mladih bukovih gorskih sestojih na podlagi več terenskih študij. Pri simulaciji smo preučili tri osnovne vrste predkomercialnega redčenja: izbiralno redčenje in dve vrsti situacijskih redčenj. Preučevali smo vpliv števila kandidatnih dreves in vpliv intenzivnosti sečnje na strukturo in porabo proizvodnega časa. Ugotovili smo, da je z vidika stroškov situacijsko redčenje bolj racionalno kot izbiralno redčenje, da intenzivnost sečnje pomembno vpliva na porabo časa in da število kandidatov in konkurentov pomembno vpliva na porabo časa ter na razmerje med glavnim in pomožnim proizvodnim časom. Modeliranje je pokazalo, da je situacijsko redčenje alternativa izbiralnemu in da poleg tega, da zahteva manj sečnje, ponuja stroškovno učinkovito in ergonomsko možnost (več hoje, manj dela z motorno žago) za redčenje mladega gozda.

Cerioni, M., Fidej, G., Diaci, J., Nagel, T.A., 2022. Dynamics and drivers of post-windthrow recovery in managed mixed mountain forests of Slovenia. *European Journal of Forest Research*, 1-12.

Velikopovršinske naravne motnje lahko zmanjšajo odpornost gozdnih ekosistemov zmernega pasu in spremenijo dinamiko njihovega obnavljanja, zlasti ob globalnih okoljskih spremembah. Raziskovali smo srednjeročno okrevanje mešanih gorskih gozdov v Sloveniji po treh neodvisnih močnih vetrolomih leta 2008, ki so povzročili velike odprte gozdne površine. Na mreži 102 stalnih vzorčnih ploskev in v treh popisih smo v 11-letnem obdobju po vetrolomih spremljali trende v gostoti, sestavi in strukturi obnove, ki so ključni kazalniki odpornosti gozda. Ekološke dejavnike obnavljanja, vključno s topografijo, mikrolokacijami in biotske interakcije, smo analizirali z linearnimi mešanimi modeli. Kvantitativno smo ocenili strukturo obnovo s primerjavo gostot mladja s poprečnimi gostotami saditve, in obnovo zmesi s primerjavo s sestavo sestoja pred motnjo. Gostota obnove in struktura sta se med drevesi, ki so bila obnovljena po motnjah, približali (sajenje vs naravna obnova) 11 let po motnji. Učinek nekaterih dejavnikov obnove (npr. pritalna vegetacija in razdalja do gozda) se je v času

spreminjal, medtem ko je bil vpliv nadmorske višine na gostoto obnove dosledno negativen. Rezultati kažejo, da gozdna območja na splošno kažejo ustrezno odpornost na obsežne vetrolome v smislu strukturne obnove, manj pa v smislu hitrega okrevanja zmesi po ujmi saj se je delež pionirskih in svetloljubnih drevesnih vrst povečal v primerjavi s sestojem pred motnjami.

Čater, M., Dařenová, E., Simončič, P. 2021. Harvesting intensity and tree species affect soil respiration in uneven-aged Dinaric Forest stands. *Forest Ecology and Management*. [Print ed.]. vol. 480, article 118638, 9 str., ilustr.

Gospodarjenje z gozdovi, zlasti ukrepi redčenja in sečnje, pomembno vpliva na bilanco ogljika v gozdu, zlasti v gozdovih z dolgotrajno neprekinjeno pokrovnostjo z gozdom. Merili smo odtok CO<sub>2</sub> iz tal (Rs) v treh gozdnih kompleksih mešanih, raznodobnih dinarskih gozdov s prevladujočo jelko (*Abies alba* Mill.), bukvi (*Fagus sylvatica* L.) in smreko (*Picea abies* Karst.). Rs smo izmerili po odstranitvi 50 % in 100 % žive biomase ter ga primerjali z Rs na kontrolnih ploskvah brez uporabljenih gozdnogojitvenih ukrepov. Rs je bil merjen mesečno v treh zaporednih rastnih obdobjih v letih 2012, 2013 in 2014. Odtok CO<sub>2</sub> iz tal se je povečal po spravilu lesa z obema intenzivnostma redčenja v vseh preučevanih gozdnih sestojih. Največje povečanje je bilo izmerjeno v bukovih sestojih in je znašalo 47 % oziroma 69 % pri 50 % oziroma 100 % intenzivnosti sečnje. Vpliv sečnje na Rs v smrekovih in jelovih sestojih je bil podoben - do 26 % za 50 % intenzivnost sečnje in 48 % za 100 % intenzivnost sečnje. Kljub največjemu povečanju po sečnji se je Rs v bukovih sestojih najhitreje vrnil na raven neredčenega gozda in to obdobje izravnave (LP) je trajalo 14-17 mesecev z majhno zamudo pri sestojih s 100 % intenzivnostjo sečnje. LP za vse smrekove sestoje, smrekove sestoje s 50-odstotno intenzivnostjo sečnje in za en smrekov sestoj s 100-odstotno intenzivnostjo sečnje je bil 26-29 mesecev. V dveh smrekovih sestojih s 100-odstotno intenzivnostjo sečnje v triletni študiji nismo zabeležili izravnave Rs. V tej študiji so sodelovali gozdni sestoji treh prevladujočih drevesnih vrst, ki so rasli v enakih razmerah, kar nam je omogočilo določiti občutljivost odtoka CO<sub>2</sub> iz tal za posamezne vrste glede na različne intenzivnosti sečnje.

Čater, M. 2021. Response and mortality of beech, fir, spruce and sycamore to rapid light exposure after large-scale disturbance. *Forest Ecology and Management*. [Print ed.]. vol. 498, article 119554, 8 str., ilustr.

Fiziološki odziv na hitro izpostavljenost svetlobi zaradi razpadanja krošnje pri mladih drevesih bukve, jelke, smreke in platana smo merili v treh zaporednih letih po hudem žledolomu leta 2014 in po vetrolomu leta 2017. Količina dušika (N<sub>tot</sub>), največji asimilacijski odziv na svetlobo (A<sub>max</sub>) in kvantni prirastek ( $\Phi$ ) so bili izmerjeni v treh kategorijah različnih intenzivnosti svetlobe pod zaprto krošnjo s posrednim faktorjem rastišča (ISF) < 15 %, na gozdnem robu (15 % < ISF < 25 %) in na prostem (ISF > 25 %). Odzivi dreves s številom sadik na hektar so bili primerjani med poškodovanimi in nepoškodovanimi rastišči, pri čemer so se mlada drevesa v dveh letih po obeh motnjah postopoma prilagajala svetlobnim razmeram. Vsebnost dušika je bila za vse preučevane vrste v optimalnem območju. Hitra izpostavljenost povišani svetlobi je zmanjšala učinkovitost pri jelki in povečala učinkovitost pri bukvi in zlasti gorskem javorju. Pri smreki ni bilo opaziti razlik v odzivu. Učinkovitost asimilacije, kjer sta bili obe drevesni vrsti enaki, se je premaknila proti drevesu v senci. Okrevanje po obeh motnjah je bilo pri vseh preučevanih vrstah podobno: boljše po vetrolomu v primerjavi z žledolomom, kar kaže na obseg ujme. Zmanjšanje števila sadik je sledilo vzorcu, opaženemu pri fizioloških lastnostih.

Krajnc, L., Skudnik, M., Levanič, T., Čater, M., Marinšek, A., Zafran, J. 2022. Podlaga za izdelavo usmeritev pri gospodarjenju z navadno smreko v Sloveniji = Foundation for the preparation of the guidelines for the Norway spruce management in Slovenia. *Gozdarski vestnik : slovenska strokovna revija za gozdarstvo*. [Tiskana izd.]. letn. 80, št. 10, str. 332-351, ilustr.

V prispevku predstavimo podlago za izdelavo usmeritev pri gospodarjenju z navadno smreko v Sloveniji. Izvedli smo več ločenih analiz z istim ciljem: pripraviti strokovno utemeljene in s podatki podprte usmeritve za gospodarjenje z navadno smreko v Sloveniji v prihodnjih desetletjih. Tako smo v tem prispevku združili rezultate meritev nacionalne gozdne inventure, analizo priraščanja smreke, analize vrstne pestrosti ter pregled osnutkov načrtov za gozdnogospodarska območja. Namen tega prispevka je predstavitev rezultatov štirih ločenih sklopov analiz podatkov, ki so predstavljali osnovo za izdelavo usmeritev pri gospodarjenju z navadno smreko, objavljenih v naslednjem prispevku.

Lendvai, S., Diaci, J., Roženberger, D. 2020 Response of black alder (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.) to selective thinning of various intensitiess : a half-century study in northeastern Slovenia, *Šumarski list*. vol. 144, iss. 7/8, str. 367-378.

Čisti sestoji črne jelše so specifični in zahtevajo prilagojene gozdnogojitvene modele. Za določitev najboljše intenzivnosti selektivnega redčenja v takih sestojih so bile leta 1967 v Polanskem logu vzpostavljene raziskovalne ploskve. Izbrane so bile tri intenzivnosti redčenja: brez redčenja, zmerno redčenje in močno redčenje. Ti sestoji so trenutno v fazi zrelosti. V letih 1967, 1973, 1979, 1983, 1993, 1998 in 2018 je bil izmerjen premer v prsni višini ter ocenjen socialni položaj, vitalnost, tendenca, gozdnogojitvena vloga, dolžina krošnje in kakovost drevesa. Analizirane so bile razlike v odzivih črne jelše na intenzivnost redčenja, rezultati pa so bili primerjani s priporočili za močno izbiralno redčenje in novejšimi modeli situacijskega redčenja. Debelinski prirastki so bili manjši od pričakovanih ne glede na intenzivnost redčenja. Na zmerno redčenih ploskvah in ploskvah brez redčenja je bil debelinski prirastek enak (0,33 cm/leto), na ploskvah z visoko intenzivnostjo redčenja pa je bil debelinski prirastek večji (0,37 cm/leto). Dominantna drevesa so imela nekoliko večji prirastek ne glede na intenzivnost redčenja. V primerjavi z modeli redčenja z manjšim številom izbrancev, sta bila gostota in temeljnica proučevanih sestojev značilno večja, debelinski prirastek pa značilno manjši. Majhne debelinske prirastke in majhne razlike med modeli redčenja pripisujemo nezadostni intenzivnosti in delno nedoslednemu redčenju. Rezultati kažejo, da mora biti redčenje intenzivnejše in da je treba že od začetka spodbujati drevesa z večjimi prsnimi premeri. Ta so ponavadi najbolj vitalna, kakovostna in z najboljšo tendenco ter imajo dobro oblikovane in dolge krošnje.

Mason, W.L., Diaci, J., Carvalho, J., Valkonen, S., 2021. Continuous cover forestry in Europe: usage and the knowledge gaps and challenges to wider adoption. *Forestry: An International Journal of Forest Research*.

V Evropi se povečuje zanimanje za strategije gospodarjenja z gozdovi, ki spodbujajo vrstno in strukturno raznolikost z uporabo raznomernih gozdnogojitvenih sistemov - pristop, ki se pogosto označuje kot continuous cover forestry (CCF). Vendar je na voljo le malo informacij o deležu CCF, ki se izvaja po vsej celini, ter o vrzelih v znanju in drugih ovirah, ki omejujejo njegovo uporabo. Raziskava, v kateri so sodelovali anketiranci iz 33 evropskih držav, je

poskušala odgovoriti na ta vprašanja. Rezultati so pokazali, da so gozdnogojitveni sistemi, povezani s CCF, izbiralno redčenje, skupinsko postopno in zastorno gospodarjenje. Rotacijsko gospodarjenje z gozdovi (RFM) je bilo pogostejše od CCF v približno 66 odstotkih držav, medtem ko je bilo v 25 odstotkih držav obratno. Ocenili smo, da se s CCF gospodari v 22 do 30 odstotkih evropskih gozdov, čeprav dobrih podatkov nimamo. Glavne vrzeli v znanju so bile: negotovosti, ki izhajajo iz podnebnih sprememb (npr. ustrezna izbira vrst, shranjevanje ogljika v CCF), uporaba CCF za povečanje odpornosti gozdov, uvajanje mehaniziranih sistemov sečnje, pomanjkanje znanja o CCF med poklicnimi gozdarji in boljše informacije o gospodarskih posledicah tega pristopa. Glavne ovire so bile: slaba ozaveščenost lastnikov gozdov o CCF, omejena usposobljenost gozdarske stroke za CCF in pomanjkanje usposobljenih gozdnih delavcev za izvajanje tega pristopa, velika populacija parkljarjev, ki škoduje naravni obnovi, žagarski sektor, usmerjen v predelavo srednje velikih hlodov, subvencijski režimi, ki dajejo prednost praksam, povezanim z RFM, in pomanjkanje izkušenj pri preoblikovanju gozdnih nasadov v bolj raznolike strukture. Boljše informacije o uporabi različnih gozdnogojitvenih sistemov so bistvenega pomena, da lahko oblikovalci politik in druge zainteresirane strani spremljajo napredek pri uvajanju raznovrstnih gozdov. Vzpostavitev celinske mreže dolgoročnih operativnih poskusov (npr. razširitev obstoječe mreže Association Futaie Irrégulière) bi izboljšala strokovno razumevanje CCF, predstavila ta pristop lastnikom gozdov in drugim zainteresiranim stranem ter zagotovila dragoceno platformo za podporo raziskavam.

Nicolescu, V. N., Mason, W. L., Bastien, J. C., Vor, T., Petkova, K., Podrázský, V., Đodan, M., Perić, S., La Porta, N., Brus, R., et al. 2023 Douglas-fir (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco) in Europe : an overview of management practices. *Journal of forestry research*. 34, 4, 871–888. <https://doi.org/10.1007/s11676-023-01607-4>

Duglazija (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco), ena od komercialno najpomembnejših drevesnih vrst na zahodu Severne Amerike in katere les je eden najdražjih, je bila v Evropo vnesena leta 1827. Po drugi svetovni vojni je postala glavna vrsta za pogozdovanje v zahodni Evropi, trenutno raste v 35 državah na več kot 0,83 milijona ha in je ena najbolj razširjenih tujerodnih drevesnih vrst na celini. Zaradi manjše občutljivosti na sušo je duglazija potencialna alternativa bolj občutljivi smreki, zato je pričakovati, da se bo njen pomen v Evropi v prihodnosti še povečal. Je ena najhitreje rastočih vrst iglavcev, ki se gojijo v Evropi, z največjimi poročanimi dimenzijami 2,3 m premera in 67,5 m višine. Čisti sestoji imajo visok debelinski prirastek (do 20 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>) in lesno zalogo (več kot 1000 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>). Vrsta se običajno obnavlja z uporabo umetne obnove (začetna gostota nasada je od 1000 sadik ha<sup>-1</sup> do več kot 4000 ha<sup>-1</sup>), pri čemer se uporabljajo sadike evropske provenience, pridobljene v semenskih nasadih ali certificiranih semenskih sestojih. Ker je razpon končne uporabe lesa zelo širok, je dolžina proizvodne dobe duglazije zelo spremenljiva in se giblje med 40 in 120 leti. Kadar je cilj proizvodnja lesa velikih dimenzij brez napak v lesu, se redčenje vedno kombinira z obvejevanjem do višine 6 m. Zanimanje za gojenje duglazije v mešanih sestojih in upravljanje sestojev s sonaravnimi sistemi gojenja narašča, vendar je zaradi srednje sencozdržnosti z njo najbolje upravljati s skupinskim postopnim ali zastornim redčenjem.

Petek, I., Božič, G., Jurc, D., Jarni, K., Brus, R., 2022. Rast in kakovost metasekvoje (*Metasequoia glyptostroboides* Hu et Cheng) v živem arhivu pri Ljubljani = Growth and quality of dawn redwood (*Metasequoia glyptostroboides* (Hu et Cheng) in the living archive

near Ljubljana. *Gozdarski vestnik : slovenska strokovna revija za gozdarstvo*. 80, 3, 129-143

Analizirali smo živi arhiv metasekvoje (*Metasequoia glyptostroboides* Hu et Cheng) na obrečnem rastišču ob Savi pri Ljubljani. Osnovan je bil v letih 1993 in 1994 s sadikami, vzgojenimi iz originalnih semen z območja na Kitajskem, kjer je bila vrsta opisana (klasično nahajališče oz. locus classicus). Drevesa v nasadu so bila prvič izmerjena spomladi leta 2000 in nato še leta 2006, spomladi v letu 2020 pa smo meritve ponovili. V starosti 30 let je povprečno drevo merilo v višino 20,7 m, povprečni premer koreninskega vratu na višini debla 0,1 m je znašal 72,3 cm, povprečni premer debla na prsni višini pa 51,4 cm. Ugotovili smo, da je pogostnost reproduktivnih organov, torej storžev in moških cvetov, povezana s premerom in višino drevesa. Užlebljenost debla je zelo variabilna in povezana s premerom, zelo variabilno je tudi zmanjšanje premera z višino. Povezave med omenjenimi znaki in lego drevesa v nasadu nismo ugotovili. Svetloba oziroma lega v nasadu ni edini dejavnik, ki vpliva na lastnosti posameznega drevesa, vzrok je tudi genetska variabilnost med drevesi.

Škrk, N., Jarni, K., Brus, R., 2022. Good survival of broadleaf tree species in a four-year-old plantation in the Slovenian Karst = Dobro preživetje listopadnih drevesnih vrst v štiriletnem nasadu na slovenskem Krasu. *Acta Silvae et Ligni*. 127, 27-38.  
<https://doi.org/10.20315/ASetL.127.2>

Leta 2012 je bilo v poskusnem nasadu posajenih šest listopadnih drevesnih vrst (*Celtis australis* L. – navadni koprivovec, *Quercus petraea* (Matt.) Liebl. – graden, *Fagus sylvatica* L. – navadna bukev, *Prunus avium* L. – divja češnja, *Juglans regia* L. – navadni oreh, in *Acer pseudoplatanus* L. – gorski javor), ki je zajemal dve različni produktivni rastišči na Krasu v Sloveniji. Namen raziskave je bil ugotoviti katere drevesne vrste so primerne za premeno dotrajanih gozdov črnega bora v ekološko stabilnejše listopadne gozdove, hkrati pa tudi ugotoviti, ali so primerne za ostrejšje rastne razmere, ki so napovedane za prihodnost. Izbrane drevesne vrste so ekonomsko zanimive in dosegajo višje vrednosti lesa na trgu kot vrste, ki se na območju naravno pomlajujejo (npr. *Ostrya carpini-folia*, *Fraxinus ornus*, *Quercus cerris*). Meritve so bile opravljene leta 2017, po štirih rastnih sezonah. Vse posajene sadike, z izjemo bukve, so imele visok delež preživetja. Skupno je preživelo kar 70 % sadik, večji delež preživelih je bil na rastišču v ravnini v primerjavi z rastiščem na pobočju. Glede na merjene parametre (preživetje, višina, višinski prirastek, premer 5 cm nad tlemi, vitalnost, kakovost) se je kot najuspešnejša izkazala divja češnja s 83-odstotnim deležem preživetja, kot najmanj uspešna pa navadna bukev z le 20-odstotnim deležem preživetja. Najvišji odstotek preživetja je imel koprivovec (87 %). Pri gorskem javorju so se pokazale največje razlike v merjenih parametrih med bolj in manj produktivnim rastiščem med vsemi vrstami. V premenah bo predvidoma najuspešnejši graden, saj je pokazal veliko odpornost na lokalne sušne razmere. V splošnem so vse vrste, z izjemo navadne bukve, izkazale potencial za prihodnjo premeno borovih gozdov.

## 9.2 Strokovni članki

Diaci, J., Roženberger, D., Fidej, G., Arnič, D., 2021. Sodobna izhodišča redčenj: povezovanje načel izbiralnega redčenja, situacijskega redčenja, redčenja šopov in skupin ter redčenja spremenljive gostote. *Gozdarski vestnik* 79, 299-311.

V Evropi so razširjeni različni načini redčenj, ki so delno odgovor na različne cilje gospodarjenja; delno so posledica tradicije in različnih kulturnih okolij. S spremembami v okolju in zaostrovanjem družbeno-ekonomskih razmer ter splošnim nazadovanjem nege gozdov postajajo odločitve o najprimernejšem načinu in intenzivnosti redčenj vse pomembnejše. V prispevku primerjamo situacijsko redčenje, redčenje šopov in skupin, redčenje spremenljive gostote in pri nas ustaljeno izbiralno redčenje. Navajamo usmeritve, kako redčenja kombinirati ter kako izbrati primeren način in program redčenj. Na temelju sinteze dosedanjih raziskav izpostavljamo, da so za utemeljeno izboljšanje načinov redčenj pomembni poskusi v naravi.

Fidej, G., Roženberger, D., Cerioni, M., Nagel, T.A., Diaci, J., 2021. Razvoj mladja na izbranih površinah vetrolomov iz let 2008 in 2017 ter gozdnogojitvene smernice za obnovo. 79, 329-337

V prispevku smo analizirali in primerjali pomlajevanje po vetrolomih v letih 2008 in 2017. Ugotavljamo, da so gostote naravnega mladja med raziskovalnimi objekti in znotraj njih zelo različne in so posledica različnih ekoloških razmer v času ujme in po njej. Začetne gostote tri (vetrolom 2017) oz. štiri leta (vetrolom 2008) po ujmi so znašale približno 2100 do 23.000 osebkov na hektar. Zmes je bila bolj podobna, od klimaksnih vrst sta prevladovali smreka in bukev. Pomembno začetno gonilo sukcesije je precejšnja zastopanost pionirskih in svetloljubnih vrst, kot so iva, jerebika in breza. Avtorji izsledke raziskave dopolnjujemo z gozdnogojitvenimi smernicami za obnovo gozdov. Po ujmi smo pri tehnični sanaciji pozorni, da ne poškodujemo obstoječega pomladka, ki ima velik vlogo pri obnovi. Prevladuje naj naravna obnova gozdov, za umetno se odločamo v zaostrenih ekoloških razmerah, ko pričakujemo malo naravnega mladja ali to ni razvito. Pri umetni obnovi po zgledu iz tujine vnašamo jelko in hrast. Obžetev izvajamo točkovno in ne površinsko po celotni umetno obnovljeni površini, saj z njo odstranjujemo naravno mladje. V sistem obnove je treba vpeljati preverjanje uspešnosti saditve.

Diaci, J., De Groot, M., Ogris, N. 2021. Ohranjenost drevesne sestave in realizacija možnega poseka zmanjšujeta obseg sanitarnih sečenj v Sloveniji. *Gozdarski vestnik : slovenska strokovna revija za gozdarstvo*, ISSN 0017-2723. [Tiskana izd.]. letn. 79, št. 2, str. 28-32, ilustr

Splošno sprejeto stališče je, da s sonaravnim gospodarjenjem zmanjšujemo tveganja pri gospodarjenju z gozdovi. Za potrditev tega stališča obstajajo dobri zgledi gospodarjenja in posredni dokazi, primanjkuje pa znanstvenih študij, ki bi na podlagi kvantitativnih analiz to potrjevale. V Sloveniji smo potrdili pozitivne povezave med ohranjeno drevesno sestavo, rednim gospodarjenjem in manj sanitarnimi sečnjami. V dobi izrazitih okoljskih sprememb je smiselno spodbujati redno gospodarjenje z gozdovi. V prihodnosti bo zaradi socialno-ekonomskih sprememb še bolj izraženo opuščanje gospodarjenja. V članku razpravljamo o številnih prednostih rednega gospodarjenja. V prihodnje bo treba poleg vloge rednega gospodarjenja za preskrbo lesnopredelovalne verige večji poudarek nameniti pomenu dejavnega gospodarjenja za prilagajanje gozda na okoljske spremembe in za zdravje gozda.

### 9.3 Diplomske naloge

Blatnik, F., 2022. Uspešnost obnove gozda na območju vetroloma leta 2008 na Črnicu.

Diplomsko delo. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, 35 s.

V sklopu raziskave smo primerjali uspeh naravne in umetne obnove na površini vetroloma leta 2008 na pobočju Črnicca. Raziskovalno območje je obsegalo 20 ploskev na severni strani Črnicca, na katerih smo opravili meritve sadik in dominantnih osebkov naravne obnove v letih 2012 in 2021. Poudarek je bil na pokrovnosti in višini sadik ter dominantnih osebkov. Ugotovili smo, da sta se tako na naravno kot na umetno obnovljenih ploskvah povečali višina in pokrovnost mladja, pri čemer je umetna obnova prednjačila pred naravno. Ploskve umetne obnove so pridobile več na kazalnikih, ki nakazujejo uspešno obnovo, vendar tudi kazalniki na naravno obnovljenih ploskvah niso bili nezadovoljivi. Sadike umetne obnove so v 9 letih v višino prirasle 763 cm, dominantni osebki naravne obnove pa 484 cm. Pokrovnost umetne obnove se je med letoma 2012 in 2021 povečala za 91 odstotnih točk, naravne obnove pa za 49 odstotnih točk. Na ploskvah umetne obnove se je povečal delež smreke, gorskega javorja in bukve v zmesi, medtem ko so pionirji nazadovali. Medtem se je na naravno obnovljenih ploskvah delež pionirjev v zmesi povečal, smreka, bukev in jelka pa so nazadovale. Tako naravna kot umetna obnova sta bili uspešni, je pa potrebna pomoč pri obnovi še na posameznih vršnih delih Črnicca, kjer obnovo omejuje pritalna vegetacija. V prihodnosti se bodo pojavile potrebe po posebej usposobljenih ekipah gozdarjev, ki bodo zadolženi za kontrolo in organizacijo obnove gozda.

Leskovec, L., 2022. Analiza uspešnosti saditve listavcev na posekah v sestojih črnega bora

(*Pinus nigra* Arnold) pri Divači. Diplomsko delo. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, 44 s.

Na Krasu v okolici Divače je bilo leta 2012 na dveh rastiščih osnovanih 6 poskusnih ploskev s sadikami šestih različnih avtohtonih vrst listavcev: navadnega koprivovca (*Celtis australis* L.), gradna (*Quercus petraea* (Matt.) Liebl), navadne bukve (*Fagus sylvatica* L.), divje češnje (*Prunus avium* L.), navadnega oreha (*Juglans regia* L.) ter gorskega javorja (*Acer pseudoplatanus* L.). Z namenom ugotavljanja primernosti drevesnih vrst so bile sadike s to diplomsko nalogo po štirih letih znova popisane; izmerjena je bila njihova višina, premer 5 cm nad tlemi, dolžina terminalnega poganjka ter ocenjena vitalnost in kakovost. Skupno je preživelo 56 % vseh posajenih sadik. Kot najuspešnejša vrsta se je z najvišjim deležem preživetja (72 %) in največjo povprečno višino ter premerom izkazala divja češnja. Visok delež preživetja je imel tudi navadni koprivovec (71 %). Kot najbolj kakovostne in vitalne so bile ocenjene sadike bukve, ki pa je imela najnižji delež preživetja (13 %). Kakovost rastišča je imela največji vpliv na merjene parametre pri bukvi, gorskem javorju in orehu, najmanjši pa pri gradnu.

Muršec Pitamic, J., 2022. Vpliv gozdne mikroklimne na sukcesijski razvoj pritalne vegetacije

v eksperimentalnih sestojnih vrzelih Diplomsko delo. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, 46 s.

Antropogeni visokogorski gozdovi se zaradi sukcesijskih stadijev z bujno zeliščno plastjo in slabo razkrojenega organskega dela tal težko pomlajujejo. Pod Veliko Kopo je bilo v šestih vrzelih s premerom dveh drevesnih višin postavljenih 252 ploskvic velikosti 1 × 1 m, ki so bile znotraj vsake vrzeli razdeljene na šest položajev (na štiri smeri neba, center vrzeli in pod



sklenjenim sestojem). Ploskvice so bile treh vrst: naključno postavljene, s prisotnim mladjem in s prekopenim vrhnjim slojem tal. Tri od šestih vrzeli so bile ograjene. V nalogi so bile preučevane razlike v ekoloških dejavnikih (svetlobi, temperaturi, zračni in talni vlagi) in strukturi vegetacije med vrzelmi in med položaji znotraj vrzeli. Rezultati kažejo, da se ekološki dejavniki in zmes zeliščne vegetacije po vrzelih in posameznih položajih razlikujejo. Rod šašuljic je bil v zeliščni plasti najmočnejše zastopan in je najmočnejše zastiral tla v centru vrzeli ( $Me = 41,3 \%$ ), kamor prispe največ svetlobe. Največje zastiranje mladja je bilo pod sestojem. Zastiranje šašuljic in mladja je bilo v šibki negativni korelaciji ( $\rho = -0,27$ ). Pritalna vegetacije je v sukcesiji nastopila hitro in močno, zato naj bo odpiranje sestojev postopno. Ellenbergove fitoindikacijske vrednosti niso odražale realnih rastiščnih razmer.

Oštir, R., 2021. Dinamika razvoja mladovja v sestojnih vrzelih gospodarskih jelovo-bukovih gozdov na območju Kočevskega Roga. Diplomsko delo. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, 46 s.

Raziskava je potekala na območju Kočevskega Roga, ki predstavlja del Dinarskega gorovja v južni Sloveniji. Raziskovalne objekte so obsegale tri, leta 2001 izsekane vrzeli z razporeditvijo vzorčnih ploskev v mreži  $5 \times 5$  m, na katerih smo izvedli tretjo meritev razvoja mladovja. Na vzorčnih ploskvah velikosti 2, 25 m<sup>2</sup> smo ocenjevali deleže zastrtosti tal, gostoto mladja, poškodovanost mladja, drevesno sestavo in rast dominantnih osebkov. Gostota jelke, gorskega javorja in buke v mladju se je v primerjavi z meritvijo leta 2006 zmanjšala. Delež zastrtosti tal z mladovjem se je povečal, zmanjšal pa se je delež zastiranja z zelišči, skalami in drevesnimi ostanki. Poškodbe terminalnega poganjka zaradi objedanja so se pri buki v primerjavi s prejšnjima meritvama zmanjšale in so bile zabeležene pri 5 % dreves, medtem pa sta se deleža močno poškodovanih osebkov jelke in gorskega javorja v primerjavi s prejšnjima meritvama povečala na 37 % za jelko in 38 % za gorski javor. Delež osebkov s pokončno razrastjo se je povečal (79 %), zmanjšala pa sta se deleža osebkov z deformacijo stebela (6 %) in osebkov s plagiotropno razrastjo (14 %). Obraten in nepričakovan trend je bil opažen pri analizi oblike poganjkov, kjer se je delež osebkov z enoosno rastjo terminalnega poganjka zmanjšal (56 %), delež osebkov z dvovrhato (36 %) in metlasto (8 %) rastjo pa se je povečal. HD razmerje se je od prejšnje meritve povečalo z 74 na 86,7. Po končani analizi podatkov smo ugotovili, da v izbranih vrzelih mladje jelke in gorskega javorja ne prerašča v zgornje višinske razrede. To lahko v prihodnosti privede do biotskega in ekonomskega siromašenja teh gozdov.

Rihter, T. 2023. Analiza mladja na Pahernikovi posesti. Diplomsko delo. Ljubljana, Univ. v Lj., Biotehniška fakul., Odd. za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire, 2023

V diplomski nalogi smo preučili pomlajevanje na Pahernikovi posesti, s poudarkom na pojavu in razvoju mladja do prsnega premera 10 cm. Analizirali smo gostoto, razvojne faze, vpliv objedanja, zmes drevesnih vrst in vpliv temeljnice. Na 363 podploskvah smo popisali mladje na celotni posesti, ki se razprostira med 350 m in 1543 m nadmorske višine. Ugotovili smo precej nizko gostoto mladja na podploskvah A (276 osebkov/ha), B (994 osebkov/ha) in C (15.924 osebkov/ha), pri čemer se razlike med nadmorskimi višinami in prostorsko ločenimi deli posesti niso pokazale kot izrazite. V mladju je prevladovala smreka (38 %), sledili sta jelka (32 %) in bukev (26 %). Mladje je zastiralo 24 % površine tal, pritalna vegetacija pa 11 %. Rastlinojeda divjad je vplivala na nazadovanje jelke, še posebej v razredu do 1,3 m višine s stopnjevanjem po višinskih stopnjah, kar kaže na naraščajočo problematiko. Poprečno objedanje mladja do 1,3 m je znašalo 33 %, jelke pa 39 %. Gostota mladja se je zmanjševala z večjo velikostjo podploskev, saj se je tam popisovalo večja in starejša drevesca. Delež

drevesnih vrst v pomladku se je v primerjavi s prejšnjo inventuro ugodno spremenil v smeri zmanjševanja deleža smreke. Analiza vpliva temeljnice ni pokazala statistično povezane gostote mladja in višine temeljnice. Sklepamo, da je bila izvedena nega mladja smiselna, saj je delež sproščenih ciljnih osebkov zadovoljiv. Kakovostne informacije o mladju so ključne za načrtovanje ukrepov, spremljanje stanja in trajnostno gospodarjenje z gozdovi.

Udir R. 2023. Primerjava učinkovitosti klasičnega izbiralnega in situacijskega redčenja. Dipl. delo. (VS). Ljubljana, Univ. v Lj., Biotehniška fakul., Odd. za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire, 2023.

Zaradi vse višjih cen dela se nega gozda v Sloveniji opušča. V sklopu diplomske naloge je bila narejena primerjava klasičnega izbiralnega in situacijskega načina redčenja v bukovem drogovnjaku na območju GGE Besnica. V tem sestoji smo postavili 10 raziskovalnih ploskev velikosti 400 m<sup>2</sup>, petim ploskvam smo določili izbiralni način, preostalih pa situacijski način. Pri odkazilu smo opravili časovno študijo, izmerili težavnost dela s pomočjo merilnika utripa in izmerili prsni premer izbrancev ter konkurentov. Pri sečnji smo poleg časovne študije in težavnosti dela merili tudi porabo energije za polnjenje baterijske verižne žage. Po končani sečnji smo pregledali še sproščenost izbrancev. Glede težavnosti smo pri odkazilu ugotovili višji povprečni pulz pri situacijskem načinu, pri sečnji pa je višji povprečni pulz pri izbiralnem načinu. Iz časovne analize smo ugotovili, da je poraba časa pri odkazilu in sečnji pri situacijskem načinu občutno manjša kot pri izbiralnem, poleg tega je manjša tudi poraba električne energije.

Vesenjak A. 2022. Skladnost odkazila med različnimi subjekti in pri različnih zvrsteh redčenj. Dipl. delo. (VS). Ljubljana, Univ. v Lj., Biotehniška fakul., Odd. za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire, 2022

Z izbiro drevesa v gozdu, gozdarski strokovnjaki vplivajo na sestavo in obliko gozda v prihodnosti in tako skušajo uresničiti gozdnogojitvene cilje in smernice. Za uspešno izbiro je potrebno osvojiti gozdarska znanja, poleg tega imajo velik vpliv tudi izkušnje in subjektivna presoja. Namen diplomske naloge je raziskati na podlagi katerih drevesnih znakov se strokovnjaki odločajo za izbiro izbranca in konkurenta, ugotoviti strukturo izbrancev in konkurentov z najboljšim in najslabšim ujemanjem pri odkazilih ter oceniti vlogo odkazilne ploskve (marteloskop) za urjenje v odkazilu. Za raziskavo smo na območju Haloz postavili dve odkazilni ploskvi veliki 30 × 30m, kjer smo izmerili in označili drevesa. Na ploskvah so gozdarski strokovnjaki izvedli 16 odkazil po načelih tradicionalne (izbiralno redčenje) in situacijske nege. Rezultati nakazujejo boljše ujemanje odkazila pri tradicionalni negi, da so konkurenti pri situacijski negi bolj vitalni in da so izbranci pri tradicionalni negi bolj vitalni. Na skladnost odkazila sta značilno vplivali drevesna sestava in vitalnost. V splošnem so se odkazila precej razlikovala, kar je delno posledica prevladujoče bukve, podobne strukture in delno posledica uvajanja novosti, kar je vplivalo tudi na večjo raznolikost odkazila pri tradicionalni negi.

#### 9.4 Magistrske naloge

Brudar, S., 2023. Uspešnost pomlajevanja in nega mladovja na površinah, prizadetih po ujmah na kočevskem. Magistrsko delo. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, 124 s.

Naravne ujme v kombinaciji s podnebnimi spremembami postajajo pomemben vplivni dejavnik na gospodarjenje z gozdovi. V okviru magistrskega dela so bili na podlagi prejšnjih raziskav v prvem delu analizirani različni kvantitativni načini preverjanja uspešnosti obnove gozdov po naravnih ujmah. V drugem delu magistrskega dela so bili izbrani trije primeri sestojev, na katerih je bila primerjana tradicionalna in situacijska nega. Ugotovljeno je bilo, da je kvantitativne analize mladja možno izpeljati sorazmerno hitro, njihova izvedba pa je smiselna tudi v sestojih, poškodovanih po naravnih ujmah. V raziskavi je bilo ugotovljeno, da je kvantitativna analiza pomlajevanja poleg kvalitativnih analiz pomemben del načrtovanja obnove poškodovanega gozda. Ugotovljeno je bilo, da so bili objekti raziskave dobro obnovljeni, pri čemer je nujno ustrezno upoštevati pionirske vrste. Za ustrezno obnovo gozdov je ključnega pomena ustrezna nega mlajših razvojnih faz. Na treh izbranih primerih strukture sestojev je bilo ugotovljeno, da je za dobro pomlajene površine smiselno uporabiti situacijsko in prilagojeno tradicionalno nego z manj izbranci. Na slabše pomlajenih površinah je smiselna uporaba situacijske in skupinske nege. Rezultati nakazujejo tudi na možnost racionalizacije nege preko zmanjševanja števila izbrancev, usmerjene odsotnosti izvedbe redčenja pionirskih drevesnih vrst ter prilagoditve ukrepov pri leskovih šopih.

Kurent, G. 2023. Tradicionalna in situacijska nega mladega gozda na površinah prizadetih po ujmah na območju Kamnika. Ljubljana. Univ. v Lj., Biotehniška fakul., Odd. za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire, 2023 ( v izdelavi)

Raziskava obravnava izzive v gozdarstvu, povezane z zmanjšanjem načrtovane nege mladih gozdov v državnih in zasebnih gozdovih ter povečanim obsegom sečnje, kar dolgoročno negativno vpliva na kakovost in stabilnost gozda. Izpostavlja tudi vprašanje omejenih sredstev in potrebe po učinkovitem negovanju poškodovanih gozdov, še posebej po pogostih ujmah. Predstavljeni so pristopi za obnovo poškodovanih sestojev, ki vključujejo kombinacijo naravne in umetne obnove ter uporabo zaščitnih ukrepov, kot so ograje. Raziskava se osredotoča na dva glavna cilja, med katerimi je prvi oceniti uspešnost obnove gozdnih površin po ujmah, medtem ko drugi cilj preučuje primerjavo med različnimi pristopi nege. Raziskava izpostavlja pomen situacijske nege pri optimizaciji sanacije gozdov po ujmah, saj omogoča prilagodljivost na ekosistemski, ekonomski in ergonomski ravni.

Logar Š. 2023. Primerjava situacijskega in izbiralnega prvega redčenja na kočevskem. Magistrsko delo (v delu). Magistrsko delo. Ljubljana, Univ. v Lj., Biotehniška fakul., Odd. za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire, 2023 (v izdelavi)

V nalogi smo primerjali dva načina prvega redčenja: klasično izbiralno in situacijsko redčenje. Zanimala nas je struktura konkurentov, razlike v stabilnosti pri obeh načinih redčenja ter katerim kriterijem pri izbiri dreves se pri izvajanju obeh načinov v praksi najbolj sledi. Raziskavo smo izvedli v revirju Vrbovec, GGO Kočevje, na rastišču podgorskih gradnovih bukovij na nadmorski višini od 520 m do 695 m. Objekt raziskave je bil razdeljen na osem 0,04 ha kvadratnih ploskev. Prve štiri ploskve so namenjene analizi situacijske nege, druge pa izbiralnemu redčenju. Med obema načinoma redčenja nismo ugotovili velikih razlik v količini izmerjene svetlobe po izvedenem ukrepu. Razlike so bile očitnejše, ko smo primerjali kandidate s konkurenti. V primeru situacijskega redčenja je bilo ukrepanje usmerjeno na plemenite listavce, nega poškodovanih dreves ni bila izvedena. Če primerjamo situacijsko nego z izbiralnim redčenjem, je bila jakost redčenja nižja, sproščanje ciljnih dreves pa je bilo intenzivnejše. Razlike med načinoma so bile v kolektivnosti. Na ploskvah, kjer se je izvedla situacijska nega, je bila kolektivnost za drevesa v strehi sestoja bolj ohranjena. Če primerjamo

povprečne vrednosti ocen kolektivnosti za izbrance oz. kandidate, so bile razmere pri situacijski negi ugodnejše, saj so imeli izbranci pri situacijski negi v povprečju bolj sproščene krošnje. Veliko prednost situacijskega redčenja smo prepoznali tudi v višjem rezu konkurentov, predvsem pri redčenju listavcev.

Podvinšek, S., 2022. Razvoj mladja v starih vrzelih v visokogorskem smrekovem gozdu na Pohorju Magistrsko delo. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, 45 s.

Naravno pomlajevanje visokogorskih gozdov je upočasnjeno. Nanj vplivajo številni dejavniki, njihovo poznavanje je pomembno za gozdnogojitveno ukrepanje in nadaljnje gospodarjenje. Leta 2020 smo v visokogorskem smrekovem gozdu na severnem pobočju na Pohorju pod Veliko Kopo analizirali pet starih vrzeli, velikih od 0,09 do 0,16 ha in starih približno 34 let, ter mladje v njih. Mladje je bilo raznodobne strukture in glede na gostote, zastiranje, višine in višinsko priraščanje najbolj razvito v osrednjem in severnem (prisojnim) delu vrzeli. Iz analize lahko potrdimo velik pomen svetlobe za naravno obnovo naproučevanih rastiščih. Pomembni so tudi drevesni ostanki. Začetna velikost vrzeli je bila primerna za obnovo, vendar bi bilo vrzeli smiselno postopno širiti proti severu, pri tem je smotrno upoštevati ekološke dejavnike.

Raida, D., 2021. Analiza uspešnosti naravne in umetne obnove po ujmah v gozdovih v okolici Ljubljanskega vrha. Magistrsko delo. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, 64 s.

Namen magistrskega dela je bil oceniti uspešnost naravne in umetne obnove gozdov pri Vrhnikih, ki jih je leta 2017 prizadel vetrolom. Raziskava je bila opravljena julija 2020 na 30 vzorčnih ploskvah ( $5 \times 5$  m). 10 vzorčnih ploskvic smo postavili na ograjeno raziskovalno ploskev z umetno obnovo, 10 ploskvic na neograjeno raziskovalno ploskev z umetno obnovo, ostalih 10 ploskvic pa na raziskovalno ploskev, ki je bila prepuščena naravni obnovi. Najprej smo ocenili zastiranje zelišč, grmovnic, skalovitosti, vejevja in odraslega drevja. Po odpravi zeliščnega zastora smo prešli k štetju vseh osebkov sajenega in naravnega mladja po drevesnih vrstah, oceni njihovih višinskih razredov, poškodovanosti in vitalnosti. Na ploskvah umetne obnove je bila gostota sadnje 3.000 dreves na hektar. Gostota klimaksnih vrst naravnega mladja se je na raziskovalnem območju gibala med 6.440 in 4.600 dreves na hektar. Ugotovili smo, da so drevesne vrste, ki so bile uporabljene za izvedbo umetne obnove, in sicer gorski javor, navadna bukev, navadna jelka, graden, divja češnja in navadna ameriška duglazija, primerne za rastišče in jih je v prihodnje na podobnih lokacijah smiselno upoštevati. Na ograjeni ploskvi je bila zaradi izključitve velikih rastlinojedov uspešnost pomlajevanja večja in mortaliteta sajenih dreves manjša. Gojitvena dela so na ploskvah umetne obnove povečala vitalnost naravnega in sajenega mladja. Velika zastrtost s strani robid, zelišč in grmovnic je omejevala nasemenitev in nemoteni razvoj naravnega in sajenega mladja.

Tomasino, L., 2023. Analiza uspešnosti saditve v gozdnogospodarski enoti Spodnje Dravsko polje in primerjava z naravno obnovo. Magistrsko delo. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, 66 s.

Obnova s saditvijo ima posebno vlogo pri premenah gozdnih monokultur. V delu je obravnavana uspešnost saditve v gozdnogospodarski enoti Spodnje Dravsko polje v obdobju 2017-2020. Znotraj enote smo na devetih odsekih po letih razdelili in naključno izbirali ploskve. Na 21,17 ha smo izbrali 40 ploskev (24 ploskev v centru in 16 ploskev ob robu sajenih območij). Na obravnavanem območju so sadili predvsem hrast in beli gaber, v manjšem obsegu pa tudi lipo, češnjo, gorski in ostrolistni javor ter macesen. Uspeh saditve je bil največji pri belem gabru in macesnu, sledili so ostrolistni javor, lipa, gorski javor, hrast in češnja. Delež

živih osebkov vseh let je znašal 79 % in se med leti ni veliko razlikoval, medtem ko je bil delež najboljše vitalnosti višji pri starejših saditvah. Na robnih ploskvah in pri jesenski saditvi smo zabeležili večji delež odlične vitalnosti. Vzrok za poškodbe sadik so bili insekti, bolezni ter gojitvena dela. Gostote naravne nasemenitve med sadikami so se kljub obžetvi gibale v razponu 8.000-40.000 na ha, vendar so v zmesi prevladovali beli gaber, tujerodne in pionirske vrste. Uspeh saditve je odvisen od premišljenega izbora in vzgoje gozdnega reprodukcijskega materiala, pravilne in skrbne izpeljave vseh postopkov od vzgoje do saditve, pravočasne obžetve in ograditve ploskev. Zaradi velike ekonomske naložbe bi bilo smiselno razmišljati o skupinskih saditvah v kombinaciji s pospeševanjem naravne nasemenitve.

## 9.5 Ostali družbenoekonomski dosežki: Strokovni prispevki, predavanja, posterji

Brus, R. 2021. *Kakšen bo slovenski gozd prihodnosti? : predavanje preko Zoom platforme*, Knjižnica dr. Toneta Pretnarja, Tržič, 22. 3. 2021. <https://www.youtube.com/watch?v=FmmUJDBAog0> (24. oktober 2023)

Brus, R., Jarni, K. 2022. Stanje in perspektive gozdnega semenarstva in drevesničarstva v Sloveniji, V: BONČINA, Andrej (ur.). *Gospodarjenje z gozdovi v Sloveniji do leta 2030 : razvojni problemi in njihovo reševanje : XXXVIII. Gozdarski študijski dnevi : zbornik predavanj : Ljubljana, 24. november 2022 = Forest management in Slovenia until 2030 : developmental problems and solutions : XXXVIII. Forestry Study Days : lectures presented at the conference : Ljubljana, 24. november 2022*. Ljubljana: Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire. str. 122-127

Brus, R. 2022. Biotska raznovrstnost, temelj zdravega gozda, V: PAJK, Barbara (ur.). *Hortikultura - možnosti, priložnosti, prenos dobre prakse : zbornik 11. strokovnega posveta s temo Rastline in podnebne spremembe : Celje, 24. november 2022*. Celje: Šola za hortikulturo in vizualne umetnosti Celje, Višja strokovna šola, str. 11-15.

Brus, R., Jarni, K. 2022. Genetic variability as a basis for the management of forest tree populations. 2022. V: Zorc, M. (ur.), Dovč, P. (ur.). *Proceedings of Genetika 2022 : 9th Congress of the Genetic Society of Slovenia and [9th] meeting of the Slovenian Society for Human Genetics with international participation : Ljubljana, September 28-30, 2022*. Ljubljana: Genetic Society of Slovenia. Str. 82.

Cerioni, M., Fidej, G., Diaci, J., Nagel, T.A. Empirical studies on the resilience of European temperate forests to large and severe disturbances. 2022. V: KRAIGHER, Hojka (ur.), HUMAR, Miha (ur.). *Gozd in les v času in prostoru : Znanstveno srečanje Gozd in les 2022 : Ljubljana, 25. maj 2022*. 1. izd. Ljubljana: Gozdarski inštitut Slovenije, Založba Silva

- Slovenica. Str. 11-13. Studia Forestalia Slovenica, 182.  
<https://dirros.openscience.si/IzpisGradiva.php?id=15112>, DOI: 10.20315/SFS.182.
- Čater, M. 2023. Adaptive forest management with Norway spruce in Slovenia: lecture within the obligatory subject Silviculture under European Forestry master degree study program, Mendel University, Brno, Czech Republic, 27th March 2023.
- Čater, M. 2023. Close-to-nature forest approach: comparison of old growth and managed forests : lecture within the obligatory subject Silviculture under European Forestry master degree study program, Mendel University, Brno, Czech Republic, 27th March 2023.
- Čater, M. 2023. Ecophysiological background: support tor decisions in silviculture : lecture within the obligatory subject Silviculture under European Forestry master degree study program, Mendel University, Brno, Czech Republic, 27th March 2023.
- Diaci, J. 2021. Gozdna ekologija in nega : univerzitetni učbenik. Ljubljana: Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire. 434 str., ilustr.  
<https://repozitorij.uni-lj.si/IzpisGradiva.php?id=127430>.
- Fricelj, B., Diaci, J., Fidej, G., Pirc, T., Roženberger, D. Assessing the success of natural regeneration and artificial reforestation using verifiable criteria. V: KAPOVIĆ-SOLOMUN, Marijana (ur.), et al. Book of abstracts. Banja Luka: Faculty of Forestry, University of Banja Luka, 2022. Str. 39. ISBN 978-99938-56-51-1. <https://forsd.sf.unibl.org/en/wp-content/uploads/2022/10/Book-of-Abstracts-FORS2D.pdf>.
- Fricelj, B., Diaci, J., Fidej, G., Pirc, T., Roženberger, D. Testing methods for assessing the performance of natural regeneration and artificial afforestation using verifiable criteria. V: VRŠKA, T. (ur.), NAGEL, L. M. (ur.), PANCOVÁ ŠIMKOVÁ, P. (ur.). Uneven-aged silviculture : insights into forest adaptation in times of global change : international conference : Monday, September 18th - Wednesday, September 20th,2023 : patronage: IUFRO working groups 1.05 and 1.09. Brno: Mendel University, Faculty of forestry and wood technology; Křtiny: Mendel University, University Forest Enterprise Křtiny, 2023. Str. 73.
- Larsen, J. B., Angelstam, P., Bauhus, J., Carvalho, J. P. F., Diaci, J., Dobrowolska, D., Gazda, A., Gustafsson, L., Krumm, F., Knoke, Thomas, Konczal, A., Kuuluvainen, T., Mason, B., Motta, R., Pötzelsberger, E., Rigling, A., Schuck, A. 2022. Closer-to-nature forest management. [S. l.]: European Forest Institute. From science to policy, 12. ISBN 978-952-7426-19-7. ISSN 2343-1237. [https://efi.int/sites/default/files/files/publication-bank/2022/EFI\\_fstp\\_12\\_2022.pdf](https://efi.int/sites/default/files/files/publication-bank/2022/EFI_fstp_12_2022.pdf), <https://doi.org/10.36333/fs12>

Rantaša, B., Sever, K., Gregorič, A., Breznikar, A., Fidej, G., Roženbergar, D., Diaci, J. 2022.  
Teden gozdov 2022 : sodobna nega gozda. Gozdarski vestnik : slovenska strokovna revija  
za gozdarstvo. [Tiskana izd.]. letn. 80, št. 3, str. 144-158, ilustr. ISSN 0017-2723.

## **10 Morebitne priloge k poročilu**