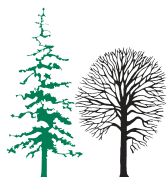




Silva Slovenica

Studia Forestalia Slovenica

180



GOZDARSKI INŠTITUT SLOVENIJE
SLOVENIAN FORESTRY INSTITUTE



Univerza v Ljubljani
Biotekniška fakulteta



Znanstveno srečanje

GOZD IN LES 2021:

PODNEBNE SPREMEMBE



Ljubljana, 25. maj 2021

Zbirka *Studia Forestalia Slovenica*, 180
ISSN zbirke 0353-6025

Izdajatelj: založba *Silva Slovenica*, Gozdarski inštitut Slovenije

Naslov: GOZD in LES 2021: Podnebne spremembe

Odgovorna urednika: prof. dr. Hojka Kraigher, prof. dr. Miha Humar

Uredniški odbor: prof. dr. Miha Humar, prof. dr. Hojka Kraigher, prof. dr. Robert Brus, prof. dr. Tomislav Levanič, prof. dr. Marko Petrič, doc. dr. Primož Simončič

Tehnični urednik: dr. Peter Železnik

Tisk: *Silva Slovenica*

Izdaja: 1. izdaja

Naklada: 50 izvodov

Cena: brezplačno

Elektronski izvod: <http://dx.doi.org/10.20315/SFS.180>

Sofinanciranje:

LIFESySTEMiC (LIFE18 ENV/IT/000124) s sofinanciranjem MOP, MKGP in programske skupine P4-0107 ARRS.

CIP - Kataložni zapis o publikaciji
Narodna in univerzitetna knjižnica, Ljubljana

630(082)
674(082)

GOZD in les (srečanje) (2021 ; online)

Gozd in les 2021 : Podnebne spremembe : znanstveno srečanje : Ljubljana, 25. maj 2021 / [uredniški odbor Miha Humar ... et al.]. - 1. izd.
- Ljubljana : Založba *Silva Slovenica*, Gozdarski inštitut Slovenije, 2021. - (*Studia Forestalia Slovenica*, ISSN 0353-6025 ; 180)

ISBN 978-961-6993-69-2
COBISS.SI-ID 63908611

Vsebina

PROGRAM.....	4
PREDGOVOR.....	5
PREDAVANJA	6
LIFEGENMON.....	7
Ohranjanje genskih virov lesnike (<i>Malus sylvestris</i> (L.) Mill.) in njen pomen za biodiverzitetu gozdov	8
SLOCLIM - slovenska baza rekonstruiranih dnevni podatkov za temperaturo in količino padavin z visoko prostorsko ločljivostjo	14
Okolju prijazna zaščita lesa proti gorenju in glivnemu razkroju s kombiniranjem termične modifikacije in mineralizacije lesa.....	19
PLAKATI.....	25
Spremljanje stanja gozdov s satelitskimi posnetki: Povezava med lesno zalogo in vegetacijskimi indeksi	26
Kako se ektomikorizne glive puhastega hrasta (<i>Quercus pubescens</i> Willd.) v slovenskem submediteranu odzivajo na spremembe v okolju?	30
Vpliv požara na razvoj listov in sekundarnih prevodnih tkiv pri puhastem hrastu	33
Značilnosti zasebnih lastnikov gozdov, ki vplivajo na upravljanje z gozdovi napadenimi s smrekovimi podlubniki po ekstremnih vremenskih razmerah in pri visoki gostoti gostiteljskih dreves	37
Vpliv nadmorske višine na lastnosti lesa smrekovine: preliminarni rezultati	39
Biološka odpornost lesa po naravnem in umetno pospešenem staranju.....	43
Uporaba novih postopkov zaščite lesa za izdelavo trajnejše lesene strešne kritine.....	48
PREDSTAVITEV PROJEKTOV	53
GenRes Bridge	54
ASFORCLIC	55
FORGENIUS.....	56
ONEforest	57
ValoFor	58
BIOGOV.....	59
REFOCuS	60
ALPTREES	61
DuraSoft.....	62
Fem4Forest.....	63
Forests in women's hands.....	63
LIFE SySTEMiC.....	64
RI-SI LifeWatch	65
LIFE-IP NATURA.SI.....	66

LIFE IP CARE4CLIMATE.....	67
VET4BioECONOMY	68
Net4Forest.....	69
Kakovost lesa za izdelke z visoko dodano vrednostjo	70
Poslovne priložnosti v gozdnem semenarstvu in drevesničarstvu.....	71
CRP Bukev.....	72
MOBILES	73
Pridobivanje ekstraktov grč in skorje z visoko vsebnostjo polifenolov iz manj izkoriščene biomase bele jelke	74
Razvoj kazalcev in metodologije spremljanja ponudbe gozdarskih storitev.....	75
ForKarst	76
Izboljšanje konkurenčnosti slovenske gozdno-lesne verige v kontekstu podnebnih sprememb in prehoda v nizko-ogljico družbo	77

PROGRAM**ZNANSTVENO SREČANJE****GOZD in LES: Gozd in podnebne spremembe**

po spletu

Torek, 25.5. 2021, od 9. do 14. ure

Zasnova enajstega posvetovanja, s skupnim naslovom GOZD in LES, bo v letu 2021 temeljila na podnebnih spremembah. Srečanje bomo zaključili z javno okroglo mizo o predstavljeni problematiki in aktualnih razvojnih problemih gozdarstva in lesarstva.

Vabljeni!

Moderatorja: Hojka Kraigher, Gozdarski inštitut Slovenije, izr. član. SAZU in Miha Humar, Biotehniška fakulteta Univerze v Ljubljani

Program znanstvenega srečanja:

9.00–9.05	Pozdrav gostitelja: Primož Simončič, Gozdarski inštitut Slovenije, direktor
9.05–9.10	Pozdravne besede: akademik Andrej Kranjc, predsednik Sveta za varovanje okolja SAZU
9.10–9.20	Otvoritev srečanja: Robert Režonja, MKGP, Direktorat za gozdarstvo in lovstvo, generalni direktor
<i>Predavanja</i>	
9.20–9.40	Marko Bajc: Priročnik za gozdni genetski monitoring in Smernice za izbrane drevesne vrste
9.40–10.00	Mateja Kišek: Ohranjanje genskih virov lesnike (<i>Malus sylvestris</i> (L.) Mill.) in njen pomen za biodiverzitetu gozdov
10.00–10.20	Nina Škrk: SLOCLIM - slovenska baza rekonstruiranih dnevnih podatkov za temperaturo in količino padavin z visoko prostorsko ločljivostjo
10.20–10.40	Rožle Repič: Okolju prijazna zaščita lesa proti gorenju in glivnemu razkroju s kombiniranjem termične modifikacije in mineralizacije lesa
10.40–11.00	<i>Odmor</i>
11.00–12.10	<i>Predstavitve plakatov in izbranih projektov</i>
12.10–13.00	<i>Odmor</i>
13.00–14.00	<i>Okrogla miza: Vpliv podnebnih sprememb na uspevanje gozda in kakovost lesa</i>
	Obnova gozdov in podnebne spremembe
	Kakovost lesa in podnebne spremembe
	Tujerodne drevesne vrste v slovenskih gozdovih – <i>pro et contra</i>
	Gozdno lesna vrednostna veriga – nove priložnosti v bioekonomiji, ekosistemske storitve

Prijave na: www.gozdis.si in/ali www.sazu.si

Prireditelji: Programska skupina Gozdna biologija, ekologija in tehnologija, prof. dr. Hojka Kraigher in Programska skupina Les in lignocelulozni kompoziti, prof. dr. Miha Humar, v sodelovanju s IV. razredom in Svetom za varovanje okolja Slovenske akademije znanosti in umetnosti, Gozdarskim inštitutom Slovenije, Oddelkom za gozdarstvo in obnovljive vire in Oddelkom za lesarstvo Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani.

Srečanje finančno podpira projekt LIFE SySTEMiC, sofinanciran s strani programa LIFE, MOP, MKGP in GIS

PREDGOVOR

Akademik Mitja Zupančič: Na rob simpozija o gozdu in podnebnih razmerah

O podnebnih razmerah se govori in piše že od nekdaj. Spominjam se, da sem o tem problemu že slišal kot otrok v tridesetih letih prejšnjega stoletja. Strah me je bilo, kaj se bo zgodilo ob napovedanih katastrofah. Bila so desetletja, ko so se napovedi o problemih podnebnih razmer nekoliko utišale. Bila je vojna in nato povojna obnova razrušene domovine. Prevladovala je izgradnja nove države. Ostal pa je problem o podnebnih razmerah, ki se je pri izgradnji domovine poslabšal. Naravne dobrine smo nekontrolirano izkoriščali. Med drugimi tudi gozd. Bile so prekomerne sečnje, celo goloseki. Prišla je doba zavedanja in na gozd smo postali bolj pazljivi in urejevalno-gojitveni načrti so zahtevali racionalnejšo vzajemno ekološko-gospodarsko pot. Sanacija slovenskih gozdov je uspela, dokler ni prišlo pred tridesetimi leti sproščeno individualno gospodarjenje, tudi mimo gozdnogojitvenih načrtov. V zadnjem času so nas prizadele še ujme, žled in lubadar. Gozd je bolj ali manj razredčen ali celo opustošen. Današnje stanje gozda bo v prihodnosti vplivalo na podnebne razmere, ki se bodo zrcalile v suši ali močnih prekomernih deževnih obdobjih in podobnih katastrofah. Sedaj in v bodoče moramo izkazati posebno pozornost za obnovo gozda in mu pomagati z ustreznimi gojitvenimi deli, tudi s sadnjo domačih in morda, v kritičnih primerih, s tujerodnimi drevesnimi vrstami, ki bolj ali manj ustrezajo našim ekološkim razmeram. Gozd je pomemben del regulacijskega sistema našega podnebja, ki je pri nas zelo raznovrstno.

Ni dovolj, da smo zaskrbljeni samo za naš gozd, velik problem zmanjševanja gozdnatosti je v svetu. Čas je, da gozdnogospodarsko načrtovanje v svetu in v Sloveniji poiščeta in razvijeta skupne točke.

PREDAVANJA

LIFEGENMON

Naslov: Priročnik in Smernice za gozdni genetski monitoring

Avtorji: Marko Bajc¹, Filippos A. Aravanopoulos², Marjana Westergren¹, Barbara Fussi³, Darius Kavaliauskas³, Paraskevi Alizoti², Fotios Kiourtsis⁴, Hojka Kraigher¹

Povezane ustanove:

¹ Gozdarski inštitut Slovenije; ² Aristotelova univerza v Solunu (AUTH), Grčija; ³ Bavarski urad za gozdno genetiko (AWG), Nemčija; ⁴ Decentralizirana uprava Makedonije in Trakije, Generalni direktorat za gozdarstvo in podeželje (GDDAY-DAMT), Grčija

Osnovni podatki projekta:

Ime: LIFE for European Forest Genetic Monitoring System / Akronim: LIFEGENMON
 Program: LIFE / Številka pogodbe: LIFE13 ENV/SI/000148
 Trajanje: julij 2014 do december 2020
 Financiranje: 5.484.162 €; financiranje EC 49,87%
 Projektni partnerji: Gozdarski inštitut Slovenije (vodilni partner); Zavod za gozdove Slovenije; Zavod Center za informiranje, sodelovanje in razvoj nevladnih organizacij (CNVOS), Slovenija; Bavarski urad za gozdno genetiko (AWG), Nemčija; Aristotelova univerza v Solunu (AUTH), Grčija; Decentralizirana uprava Makedonije in Trakije, Generalni direktorat za gozdarstvo in podeželje (GDDAY-DAMT), Grčija
 Koordinator projekta: prof. dr. Hojka Kraigher

Cilji projekta LIFEGENMON so bili razvoj, vzpostavitev in preizkus sistema za gozdni genetski monitoring v praksi. V projektu je sodelovalo skupno šest organizacij iz Slovenije, Nemčije in Grčije. V vsaki državi smo vzpostavili po dve pilotni ploskvi za gozdni genetski monitoring, eno za navadno bukev (*Fagus sylvatica* L.) in eno za belo jelko (*Abies alba* Mill.) ali Borisovo jelko (*Abies borisii-regis* Mattf.).

Glavni rezultat projekta LIFEGENMON so Priročnik in Smernice za gozdni genetski monitoring, ki povzemajo obstoječa znanstvena dognanja iz naslova genetskega monitoringa gozdov in spoznanja pridobljena in preizkušena v okviru projekta. Priročnik vsebuje specifične napotke za izvedbo vseh stopenj gozdnega genetskega monitoringa – od izbire ustrezne ploskve, postavitve ploskve, izvajanja terenskih opazovanj in meritev do molekularnih genetskih analiz in obdelave podatkov ter interpretacije rezultatov. Pri izvedbi gozdnega genetskega monitoringa lahko uporabnik izbira med tremi ravnmi monitoringa, odvisno od razpoložljivih finančnih in kadrovskih zmožnosti. Smernice, ki smo jih pripravili za 7 modelnih drevesnih vrst so jedrnat dokumenti z napotki za izvedbo terenskega dela v okviru gozdnega genetskega monitoringa in so na voljo tudi kot samostojni dokumenti.

Priročnik in Smernice za gozdni genetski monitoring so prvi objavljeni tovrstni dokumenti v svetovnem merilu in avtorji si želimo, da bi le-ti postali izhodišče za izvajanje genetskega monitoringa v evropskih gozdovih in drugod ter pripravili podlago za vključitev genetskega monitoringa v trajnostno gospodarjenje z gozdom in ohranjanje gozdnih genskih virov.

Ohranjanje genskih virov lesnike (*Malus sylvestris* (L.) Mill.) in njen pomen za biodiverzitetu gozdov

Mateja KIŠEK¹, Kristjan JARNI², Robert BRUS²

¹ Srednja lesarska in gozdarska šola Maribor, Lesarska ulica 2, 2000 Maribor, Slovenija

² Biotehniška fakulteta, Univerza v Ljubljani, Jamnikarjeva 101, 1000 Ljubljana, Slovenija

E-naslov: kisekmateja@gmail.com

POUDARKI

- Lesnika je manjšinska drevesna vrsta z izjemno velikim pomenom za gozdne ekosisteme.
- V naravnem okolju prihaja do hibridizacije med lesniko in žlahtno jablano.
- 73,91 % botanično določenih lesnik je prepoznanih kot lesnika tudi na podlagi genetske analize.
- Edini semenski objekt lesnike v Sloveniji ni ustrezen za uporabo v gozdarstvu.
- Obravnavamo smernice za prilagojeno gozdnogojitveno obravnavo lesnike v gozdovih v prihodnje.

1 UVOD

Lesnika (*Malus sylvestris* (L.) Mill.) je v evropskem prostoru edina avtohtona drevesna vrsta iz rodu *Malus*. Pri gospodarjenju z gozdom bi ji bilo potrebno v prihodnje nameniti več pozornosti. Je pomembna manjšinska drevesna vrsta, ki v primeru ekoloških motenj pomembno pripomore k hitrejši obnovi gozda (Spiecker, 2006). Poleg lesnike, tudi druge manjšinske drevesne vrste spadajo med pomembne dejavnike biotsko raznolikega in zdravega gozda, ki se zna prilagajati različnim spremembam v okolju (Brus, 1995). Lesnika spada med plodonosne drevesne vrste in je pomembna v prehrani številnih divjih živali in ptic (Perušek in sod., 2012). Ohranjanje naravnih populacij lesnike bo v prihodnje vse bolj pomembno tudi v programih žlahtnjenja žlahtne jablane (*Malus × domestica* Borkh.), saj lahko nekatere lastnosti, pomembne za sodobno pridelavo jabolk najdemo samo v divjih vrstah iz rodu *Malus* (Viršček Marn in Stopar, 1998).

V Evropi pa je sicer najpogostejša vrsta iz rodu *Malus* žlahtna jablana (*Malus × domestica* Borkh.), ki je predvsem za sadjarstvo izjemnega pomena. Žlahtna jablana je nastala s hibridizacijo med različnimi vrstami iz rodu *Malus*. Žlahtna jablana, kot jo poznamo danes je rezultat spontane hibridizacije vrste *Malus sieversii* (Ledeb.) M. Roem., z različnimi vrstami, s katerimi se je tekom svoje evolucije srečala, tudi z lesniko. Žlahtna jablana se je v Evropo razširila preko trgovske svilne poti (Robinson in sod., 2001). Hibridizacija je v preteklosti botrovala nastanku mnogih vrst, lahko pa posredno in neposredno tudi pospešuje izginjanje vrst, še posebej tistih, ki so redke in razpršene v prostoru. Hibridizacija predstavlja še posebej velik problem pri redkih vrstah, ki prihajajo v kontakt z drugimi, bolj razširjenimi vrstami in takšna vrsta je lesnika.

Hibridizacija med lesniko in žlahtno jablano ima za posledico introgresijo genov žlahtne jablane v genom lesnike. Ena od vidnih posledic hibridizacije je tudi izjemno kompleksno in nezanesljivo botanično določanje lesnike v naravi. Pojavljajo se namreč številna drevesa z izjemno raznolikimi morfološkimi značilnostmi in posledično ni mogoče definirati jasnih ločnic med obema vrstama. To predstavlja težavo pri implementaciji učinkovitih gozdnogojitvenih ukrepov, ki bi pripomogli k dolgoročni ohranitvi te vrste.

Za boljše razumevanje pojava hibridizacije med obema vrstama smo naredili natančno morfološko in genetsko analizo lesnik in ugotavljali skladnost med botaničnimi določitvami dreves ter rezultati morfometrijske in genetske analize. Analizirali smo tudi drevesa edinega semenskega objekta lesnike, za preverjanje kvalitete gozdnega semenskega materiala lesnike. Rezultati bi lahko pripomogli k oblikovanju prilagojene strategije ohranjanja te redke manjšinske drevesne vrste.

2 MATERIALI IN METODE

2.1 Vzorčenje dreves

Analizirali smo skupno 92 dreves, ki smo jih botanično določili kot lesnike (določitev s pomočjo morfoloških znakov na terenu). Vzorcene so bile v letu 2016 po vsej Sloveniji. V analizo smo z namenom ugotavljanja prisotnosti hibridizacije vključili še 18 dreves žlahtne jablane in 2 mnogocvetni jablani (*Malus floribunda* Van

Houtte). Dodatno smo analizirali še 10 dreves (populacija Ptuj), ki so na podlagi botanične določitve kazala netipične morfološke znake za lesnike in smo jih zaradi tega obravnavali kot verjetne hibride. Analizirali smo ustreznost vseh semenskih dreves (5 dreves) iz edinega semenskega objekta lesnike v Sloveniji (semenski objekt Zidanšek, skupina semenjakov, ID 213 (Seznam gozdnih..., 2021) in genetsko preverili 12 sadik, ki so izvirale iz tega semenskega objekta.

- Morfološka analiza dreves

Za morfološko analizo lesnike smo nabirali liste s kratkih poganjkov - po 50 popolnoma razvitih listov na drevo. Liste smo herbarizirali in jih prenesli v digitalno obliko. Morfometrijsko analizo smo izvedli s programsko opremo Winfolia Pro 2014. Merili smo 12 morfoloških znakov na listih (Kišek in sod., 2021). Za identifikacijo lesnik, hibridov in žlahtnih jablan s pomočjo računalniških programov smo uporabili Wardovo metodo hierarhičnega združevanja v skupine v programu DARwin ver. 6.0, pri kateri se razdalja med skupinama vrednoti iz izgubo informacij, ko jo povzroča združevanje dveh skupin v novo skupino. Rezultate smo primerjali z botanično določitvijo dreves ter z genetsko razvrstitvijo dreves.

- Genetska analiza dreves

Vsa drevesa smo z uporabo mikrosatelitskih markerjev analizirali na 10 lokusih. PCR reakcije so potekale v treh različnih multipleksih (Kišek in sod., 2021). Na podlagi genetskih podatkov smo ugotavljali kolikšen delež analiziranih dreves na podlagi genetske analize predstavlja lesniko, kolikšen je delež hibridov in žlahtnih jablan. Za identifikacijo in dodeljevanje posameznih dreves v skupine smo uporabili Bayesovo metodo razvrščanja v programu STRUCTURE 2.3.4. (Pritchard in sod., 2000). Ta metoda razvrščanja uporabi genetske informacije, da preveri pripadnost osebka določeni populaciji brez vnaprej določene populacije. Ocena stopnje mešanosti genov v populaciji se ocenjuje na podlagi primerjave frekvence alelov med dvema potencialnima (genetsko čistima) starševskima populacijama in hibridne populacije. Parametri razvrščanja z Bayesovo metodo v programu STRUCTURE 2.3.4. so naslednji: 20.000 burn – in periods in 10.000 Markov Chain Monte Carlo ponovitve, uporabili smo mešani model s koreliranimi aleli. Določili smo optimalno število populacij $K=2$ z izračunom parametra Evannov delta K (delta $K=28,95$). Za razlikovanje med skupinami smo določili koeficient mešanosti Q . Koeficient mešanosti $Q_{lesn} > 0,8$ predstavlja skupino lesnik, $0,2 < Q_{lesn} < 0,8$ predstavlja skupino križancev in $Q_{lesn} < 0,2$ predstavlja skupino žlahtnih jablan (Coart in sod., 2003; Wagner in sod., 2014; Reim in sod., 2013).

3 REZULTATI

Za 92 dreves, ki smo jih ob vzorčenju na terenu botanično določili kot lesnike smo naredili morfometrijsko in genetsko analizo. Drevesa smo na podlagi obeh analiz identificirali kot lesnike, hibride in žlahtne jablane. Tako smo dobili dve razvrstitvi, ki smo ju med seboj primerjali (Preglednica 1). Le 42,39 % dreves se je izkazalo kot lesnika tako na podlagi poglobljene morfometrijske in genetske analize. 73,91 % botanično določenih lesnik na terenu je identificiranih kot lesnika tudi na podlagi genetskih podatkov, 19,57 % dreves je genetsko identificiranih kot hibrid in 6,52 % je genetsko določenih kot žlahtna jablana. Še posebej problematična je prisotnost šestih dreves, ki so genetsko identificirana kot žlahtna jablana, botanično pa smo jih določili kot lesniko. To bi lahko bili podivjani osebki žlahtne jablane, pri katerih so prišle do izraza morfološke lastnosti jablan, iz katerih se je žlahtna jablana tekom evolucije pravzaprav razvila.

Glede na to, da smo za genetsko analizo uporabili mikrosatelitske markerje, ki so učinkoviti za prikazovanje in odkrivanje populacijskih značilnosti, niso pa optimalni za določanje taksonomskih enot posameznih osebkov, moramo izsledke genetske analize razumeti kot rezultat izbranih statističnih metod, ki bi se ob izbiri drugih metod lahko tudi nekoliko razlikoval.

Preglednica 1: Primerjava med razvrščenostima v tri skupine identifikacije na podlagi genetskih podatkov z identifikacijo na osnovi morfoloških podatkov. Analiziranih je 92 dreves, ki smo jih na terenu botanično določili kot lesnike.

	identifikacija dreves na podlagi genetskih podatkov (Bayesova metoda, program STRUCTURE 2.3.4)		identifikacija dreves na osnovi morfoloških podatkov (Wardova metoda, program DARwin ver. 6.0)			
	drevesa	(%)	lesnike (%)	križanci (%)	žlahtne jabolane (%)	skupaj (%)
lesnike	68	73,91	39 (42,39 %)	29 (31,52 %)	0 (0,00 %)	73,91 %
hibridi	18	19,57	9 (9,79)	7 (7,61 %)	2 (2,17 %)	19,57 %
žlahtna jabolana	6	6,52	4 (4,35 %)	0 (0,00 %)	2 (2,17 %)	6,52 %
skupaj	92	100				

Iz celotne morfometrijske analize lesnike lahko potrdimo, da posamezni morfološki znaki niso povsem zanesljivi za določanje vrste in imajo pri določanju vrst različno razlikovalno ostrino. Variabilnost znotraj posameznih morfoloških znakov je izjemno visoka in identifikacija dreves je posledično lahko napačna. Ugotovili pa smo pomembne razlike v oblikovanosti listov lesnik in žlahtnih jablan, ki jih v dosedanjih raziskavah še nihče ni obravnaval in o njih razpravljal. Žlahtne jabolane imajo bolj podolgovato eliptično obliko listov, medtem ko je oblika listov lesnik okroglasta. Dno listne ploskve pri lesnikah je zaobljeno, pri križancih in žlahtnih jablanah pa klinasto oblikovano.

Pri vzorčenju smo naleteli na skupino dreves, ki niso kazali tipičnih morfoloških znakov za lesnike (Preglednica 2). Opredelili smo jih za verjetne križance. Z poglobljeno morfometrijsko in genetsko analizo smo ugotovili, da je ta skupina dreves, ki smo jo poimenovali populacija Ptuj pravzaprav izjemno heterogena. Šest dreves smo na podlagi računalniške morfometrijske analize določili kot žlahtne jabolane, od tega so bila tri drevesa tudi genetsko potrjena kot žlahtne jabolane, dve kot lesniki in eno kot križanec. Štiri drevesa, ki so bila na podlagi računalniške morfometrijske analize določena kot lesnike so se genetsko izkazale za eno lesniko, dva hibridna osebka in eno žlahtno jabolano.

Preglednica 2: Primerjava med razvrščenostima v tri skupine identifikacije na podlagi morfoloških podatkov (Wardova metoda, program DARwin ver. 6.0) z identifikacijo na osnovi genetskih podatkov (Bayesova metoda, STRUCTURE 2.3.4.) za deset vzorčenih dreves iz populacije Ptuj.

	Identifikacija dreves na podlagi morfoloških podatkov (Wardova metoda, program DARwin ver. 6.0)		Identifikacija dreves na podlagi genetskih podatkov (Bayesova metoda, program STRUCTURE 2.3.4)		
	drevesa	(%)	čiste lesnike (%)	križanci (%)	žlahtne jabolane (%)
<i>lesnike</i>	4	40,00	1 (10,00 %)	2 (20,00 %)	1 (10,00 %)
<i>hibridi</i>	0	0,00	0 (0,00 %)	0 (0,00 %)	0 (0,00 %)
<i>žlahtna jabolana</i>	6	60,00	2 (20,00 %)	1 (10,00 %)	3 (30,00 %)
skupaj	10	100	30,00	30,00	40,00

Drevesa iz semenskega objekta (Preglednica 3) so bila na podlagi botaničnega določanja vsa opredeljena kot lesnike, prav tako na podlagi morfometrijske analize z računalniškimi programi.. Natančnejši genetska analiza pa sta vnesli dvome o ustreznosti tega semenskega objekta za uporabo v gozdarstvu. Niti eno semensko drevo

namreč ni identificirano kot lesnika. Od petih dreves sta dve drevesi genetsko žlahtni jablani, tri drevesa pa hibridi. Tudi analiza 12 sadik, ki prodajajo pod deklaracijo »Zidanšek«, pravzaprav kaže na to, da sadike z genetskega vidika niso ustrezne.

Preglednica 3: Oznake dreves iz semenskega objekta, identifikacija posameznih osebkov na podlagi morfoloških in genetskih podatkov ter koeficient mešanosti Q . Q_{lesn} predstavlja ugotovljeni delež genoma lesnike, Q_{zj} pa delež genoma žlahtne jablane.

	Identifikacija dreves na podlagi morfoloških podatkov (Wardova metoda, program DARwin ver. 6.0)	Identifikacija dreves na osnovi genetskih podatkov (Bayesova metoda, program STRUCTURE 2.3.4)	koeficient Q	
			Q_{lesn}	Q_{zj}
Semenjak 1	Lesnika	hibrid	0,277	0,723
Semenjak 2	Lesnika	žlahtna jablana	0,096	0,904
Semenjak 3	Lesnika	žlahtna jablana	0,188	0,812
Semenjak 4	Lesnika	hibrid	0,311	0,689
Semenjak 5	Lesnika	hibrid	0,623	0,377

4 RAZPRAVA

Podrobna genetska analiza lesnike in žlahtne jablane potrjuje, da sta lesnika in žlahtna jablana drevesni vrsti med katerima prihaja do hibridizacije. Ohranjanje redke, manjšinske drevesne vrste, ki je neprestano v križanju s sorodno vrsto, je posledično zapleteno. Hibridizacija se sicer dogaja v omejenem obsegu, a še zdaleč ni nepomembna za ohranjanje lesnike kot samostojne vrste. Ob upoštevanju koeficienta mešanosti ($Q_{lesn} > 0,8$) smo med vzorčenimi drevesi ugotovili 19,57 % križancev. V naravi lahko poleg križancev med obema vrstama najdemo tudi podivjane osebke žlahtne jablane, ki so še posebej problematični z vidika ohranjanja genskega sklada lesnike, saj takšnih osebkov na podlagi morfoloških znakov pravzaprav ni mogoče prepoznati. Posledično teh dreves ne moremo odstraniti iz gozdov in s tem preprečiti prenos cvetnega prahu in opráševanje lesnik. O pojavu podivjanih križancev v podobnem obsegu kot v naši raziskavi poročajo tudi iz drugih držav, kjer so proučevali lesniko (Ruhsam in sod., 2018; Wagner in sod., 2014; Cornille in sod., 2015; Reim in sod., 2013), kar kaže na določene še nepojasnjene zakonitosti dedovanja lastnosti pri jablanah. Z vidika ekologije gozda križanci in podivjani osebki žlahtne jablane pravzaprav niso problematični, saj opravljajo vse ekološke vloge enako tako kot lesnike. Tudi sama vitalnost hibridov ni zmanjšana (Kišek in sod., 2021). Ohranjanje genetsko čiste lesnike in vsi ukrepi, ki se na to navezujejo, so pomembni predvsem za zagotavljanje obstoja genetsko čiste lesnike kot samostojne vrste.

Poglobljena analiza dreves iz populacije Ptuj kaže na še eno veliko težavo, s katero se srečujemo pri ohranjanju čistega genskega sklada lesnike. Analizirana drevesa pravzaprav rastejo v strnjenem sestoji in so bila umetno zasajena pred cca. 30 leti. Genetska struktura populacije Ptuj ni homogena, kot prikazuje preglednica 2. Kot predvidevajo lokalni revirni gozdarji, sadike teh dreves verjetno res izvirajo iz gozdne drevesnice, kjer naj bi bila vzgojena kot podlage za cepljenje sort žlahtnih jablan. Podlage v drevesnicah največkrat pridobivajo iz semena dreves, ki jih prepoznajo kot lesnike, saj je seme teh dreves bolj kalivo. Če so semena nabirali iz večjega števila različnih dreves, je vsekakor možno, da so bila katera izmed dreves podivjani osebki žlahtne jablane ali križanci. Posledično je genetska struktura vzorčenih dreves v populaciji Ptuj zelo raznolika, česar pravzaprav nismo pričakovali. Za samo ohranjanje lesnike so takšni sestoji, ne glede na visoko genetsko raznolikost, povsem neprimerni. Populacija Ptuj je primer vnašanja sadik, ki niso preverjenega izvora in so neustrezne, takšnih primerov pa je po Sloveniji zagotovo še več.

Da bi čim bolj omejili vnos genetsko neustreznih dreves v gozdove, bi morali oblikovati preverjen semenski objekt. Drevesa semenskega objekta niso genetsko ustrezna, saj smo pri njih ugotovili velik delež genoma žlahtne jablane, prav tako je samo število semenskih dreves premajhno za zagotavljanje zadostnega prilagoditvenega potenciala vrste - potrebnih bi bilo minimalno med 30 in 50 dreves (Ballian in Kajba, 2011). Zadostna genetska pestrost je pogoj, da populacije gozdnih drevesnih vrst lahko preživijo, se prilagajajo in razvijajo pod vplivi spreminjajočega se okolja. Drevesa obstoječega semenskega objekta rastejo v neposredni bližini žlahtnih jablan in tako prihaja do neželenega opráševanja z žlahtnimi jablanami. Sadike iz tega semenskega objekta, bi bile primerne za prodajo le kot podlage za cepljenje žlahtnih jablane in ne kot lesnike, namenjene vnašanju v gozdni

prostor. Za oblikovanje ustreznega semenskega objekta lesnike bi morale biti zagotovljeno območje brez prisotnosti drugih vrst iz rodu *Malus* v pasu vsaj 500 metrov od semenskih dreves. S tem bi pomembno zmanjšali vpliv oprasha s pelodom drugih vrst jablan. Ker je lesnika drevesna vrsta, ki ne raste v strnjjenih sestojih, bi bilo smiselno razmisliti tudi o oblikovanju skupine semenjakov ali pa plus dreves lesnike. Zaradi pojavljanja hibridizacije z žlahtno jablano bi bilo potrebno pri lesniki nameniti predvsem zelo velik poudarek na preverjanju genetske strukture semenskih dreves. Na podlagi naših rezultatov bi lahko izpostavili območje populacije Kočevje kot prostor, kjer bi bilo najprimernejše izbirati plus drevesa lesnike. Stopnja gozdnatosti je izrazito višja kot v drugih delih Slovenije in posledično je prisotnost žlahtnih jablan manjša.

Ohranjanje genskih virov manjšinskih drevesnih vrst je še zahtevnejše kot ohranjanje genskih virov gospodarsko pomembnejših in pogostejših vrst (Brus, 1995). Manjšinske drevesne vrste zaradi svoje redkosti za svoje ohranjanje zahtevajo bistveno večje površine kot vrste, ki gradijo sklenjene sestoje. Razmnoževanje manjšinskih vrst je tudi manj uspešno, saj jih gospodarsko pomembnejše vrste hitro prerastejo in zasenčijo (Brus, 1995). Lesnika se v gozdovih pojavlja posamično, toda če obstaja možnost bi bilo željeno vnašanje večjih skupin po vsaj 20 do 30 dreves. S tem bi na dolgi rok zmanjšali možnosti genetskega zdrsa. V gozdnem prostoru bi bilo potrebno znotraj območij varovanja postopoma vzpostavljati mreže posameznih dreves in skupin dreves, med katerimi bi bilo omogočeno oprasha. Lesnika v naših gozdovih najde svoje mesto predvsem na gozdnih robovih, saj prav stopničasta zgradba gozdnega roba ponuja lesniki najustreznejše ekološke razmere. Ustrezne svetlobne razmere so tudi na gozdnih jasad in v svetlih mešanih gozdovih z malopovršinskim načinom gospodarjenja. V strnjjenih sestojih bi morale biti njene krošnje sproščene in dovolj osvetljene. Najprimerneje jo je na saditi v primesi z drugimi svetloljubnimi in plodonosnimi drevesnimi vrstami, ki ne dosežajo visokih višin odraslih dreves.

5 VIRI

- Ballian D., Kajba D. 2011. Oplemenjivanje šumskog drveća i očuvanje njegove genetske raznolikosti. Sarajevo - Zagreb, Šumarski fakultet: 299 str.
- Brus R., 1995. Možnosti ohranjanja genofonda minoritetnih drevesnih vrst. V: Prezrte drevesne vrste: zbornik seminarja. XVII. Gozdarski študijski dnevi, Dolenjske toplice, 9. in 10. november 1995. Kotar M. (Ur.). Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire: 93-108
- Coart E., Vekemans X., Smulders M.J., Wagner I., Huylenbroeck J., Van Bockstaele E., Roldan – Ruiz I. 2003. Genetic variation in the endangered wild apple (*Malus sylvestris* (L.) Mill.) in Belgium as revealed by amplified fragment length polymorphism and microsatellite markers. *Molecular Ecology*, 12: 845-857
- Cornille A., Feurtey A., Gelin U., Ropars J., Misvanderbrugge K., Gladieux P., Giraud T. 2015. Anthropogenic and natural drivers of gene flow in a temperate wild fruit tree: a basis for conservation and breeding programs in apples. *Evolutionary applications*, 8, 4: 373-384
- Kišek M., Jarni K., Brus R. 2021. Hybridisation of *Malus sylvestris* (L.) Mill. with *Malus × domestica* Borkh. and Implications for the Production of Forest Reproductive Material. *Forests*, 12, 3, 367: 1-17
- Perušek M., Božič G., Brus R., Kraigher H., 2012. Tehnične smernice za ohranjanje in rabo genskih virov – Lesnika in drobnica. Ljubljana, Zveza gozdarskih društev Slovenije: 8 str.
- Reim S, Höltken A, Höfer M. 2013. Diversity of the European indigenous wild apple (*Malus sylvestris* (L.) Mill.) in the East Ore Mountains (Osterzgebirge), Germany: II. Genetic characterization. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 60: 879-892
- Reim S., Proft A., Heinz S., Lochschmidt F., Hofer M., Trober U., Wolf H., 2015. Pollen movement in a *Malus sylvestris* population and conclusions for conservation measures. *Plant Genetic Resources: Characterization and Utilization*, 1-9
- Ruhsam M., Jessop W., Cornille A., Renny J., Worrell R. 2018. Crop – to- wild introgression in the European wild apple *Malus sylvestris* in Northern Britain. *An International Journal of Forest Research*, 92, 1: 85-96

- Robinson J.P., Harris S.A., Juniper B.E. 2001. Taxonomy of the genus *Malus* Mill. (Rosaceae) with emphasis on the cultivated apple, *Malus × domestica* Borkh. *Plant Systems Evolution*, 226: 35–58
- Seznam gozdnih semenskih objektov Slovenije. 2021. Ur. l. RS, št. 4/2018
- Spiecker H. 2006. Manjšinske drevesne vrste – izziv za večnamensko gozdarstvo. *Gozdarski vestnik*, 64, 3: 123–133
- Viršček Marn M., Stopar M. 1998. Sorte jabolk. Ljubljana, Založba Kmečki glas: 211 str.
- Pritchard J.K., Stephens M., Donnelly P. 2000. Inference of population structure using multilocus genotype. *Genetics*, 155, 2: 945-959
- Wagner I., Maurer, W.D., Lemmen P., Schmitt H.P., Wagner M., Binder M., Patzak P. 2014 Hybridization and Genetic diversity in Wild Apple (*Malus sylvestris* (L.) Mill.) from Various Regions in Germany and from Luxembourg. *Silvae Genetica*, 63, 3: 81–93

ZAHVALA

Za podporo pri raziskovalnem delu se zahvaljujemo Pahernikovi ustanovi. Del raziskave je bil izveden s pomočjo sredstev Raziskovalnega programa P4-0059, ki ga financira Javna agencija za raziskovalno dejavnost Republike Slovenije.

SLOCLIM - slovenska baza rekonstruiranih dnevni podatkov za temperaturo in količino padavin z visoko prostorsko ločljivostjo

Nina ŠKRK¹, Roberto SERRANO-NOTIVOLI², Martín DE LUIS³, Maks MERELA¹, Zalika ČREPINŠEK⁴, Lučka KAJFEŽ BOGATAJ⁴, Katarina ČUFAR¹

¹Oddelek za lesarstvo, Biotehniška fakulteta, Univerza v Ljubljani, Jamnikarjeva 101, SI-1000 Ljubljana, Slovenija

²Oddelek za geografijo, Avtonomna univerza v Madridu, Madrid, E-28049, Španija

³Oddelek za geografijo IUCA, Univerza v Zaragozi, E-50009, Španija

⁴Oddelek za agronomijo, Biotehniška fakulteta, Univerza v Ljubljani, Jamnikarjeva 101, SI-1000 Ljubljana, Slovenija

E-naslov: nina.skrk@bf.uni-lj.si

POUDARKI

- **Razvita je bila mreža rekonstruiranih meteoroloških podatkov SLOCLIM z visoko časovno in prostorsko ločljivostjo za obdobje 1950–2018.**
- **Vsebuje dnevne maksimalne, minimalne temperature in vsoto padavin na mreži 1 x 1 kilometer.**
- **Podatki so prosto dostopni preko repozitorija Zenodo (<https://doi.org/10.5281/zenodo.410854>) in preko www.sloclim.eu.**

UVOD

V Sloveniji v okviru Agencije Republike Slovenije za okolje ARSO deluje okoli 300 meteoroloških postaj, ki kljub relativno velikemu številu ne zajamejo vse specifikne raznolikega površja in klimatskih posebnosti naše države. Pri upravljanju naravnih sistemov in pri različnih raziskavah se pogosto kaže potreba po lokalnih meteoroloških podatkih tudi za območja, ki so slabše pokrita z meteorološkimi postajami. Sem sodi na primer večina visokogorskih, ruralnih in gozdnih območij. Tudi pri raziskavah, na primer v dendrokronologiji, obstaja potreba po dolgih nizih reprezentativnih lokalnih podatkov. Pri tem tradicionalno uporabo mesečnih podatkov v zadnjem času vse bolj nadomešča uporaba dnevni podatkov (Jevšenak, 2019).

Manjkajoče lokalne meteorološke podatke je mogoče rekonstruirati, za kar so bile razvite različne metode modeliranja. V zadnjih letih so bile pripravljene nekatere rekonstrukcije meteoroloških podatkov z visoko ločljivostjo tako v Evropi kot širše (Hiebl *et al.*, 2009; Serrano-Notivoli *et al.*, 2017, 2019; Lussana *et al.*, 2018). Pri tem se je kot posebej dobra izkazala metodologija za sestavo mreže padavin – SPREAD in temperatur – STEAD za Španijo (Serrano-Notivoli *et al.*, 2017, 2019). Metodologija se je zdela primerna tudi za rekonstrukcijo mreže podatkov za Slovenijo, zato smo se odločili, da jo uporabimo za pripravo baze SLOCLIM (Škrk *et al.*, 2021). Zaradi obstoječe mreže meteoroloških podatkov ARSO in obvladljive površine Slovenije smo se odločili za rekonstrukcijo dnevni meteoroloških podatkov za minimalne in maksimalne temperature in količino padavin (TMin, TMax, P) z ločljivostjo 1 km x 1 km.

BAZA SLOCLIM IN DOSTOP DO PODATKOV

Osnova za izračun baze SLOCLIM so bili meteorološki podatki 174 klimatoloških, padavinskih in avtomatskih postaj (ARSO, 2021). Pri rekonstrukciji smo sledili metodologiji, ki jo je predstavil Serrano Notivoli s sodelavci (2017, 2019), in upošteva razpoložljive parametre, ki so stabilni v času: geografsko širino in dolžino, nadmorsko višino ter oddaljenost od morja. SLOCLIM vsebuje dnevne maksimalne in minimalne temperature ter dnevno vsoto padavin za obdobje 1950–2018 na mreži 1 km x 1 km. Podrobneje je rekonstrukcija predstavljena v članku Škrk *et al.* (2021). Podatki so prosto dostopni in so na voljo preko repozitorija Zenodo <https://doi.org/10.5281/zenodo.4108543> (NetCDF format) ter jih

je mogoče citirati kot Škrk *et al.*, 2020c. Podatki so razdeljeni v 6 datotek, posebej za temperature, padavine in pripadajoče negotovosti (slika 1).

SLOCLIM: A high-resolution daily gridded precipitation and temperature dataset for Slovenia

Nina Škrk; Martin De Luis; Katarina Čufar; Zalika Črepinšek; Lučka Kajfež Bogataj; Roberto Serrano-Notivoli

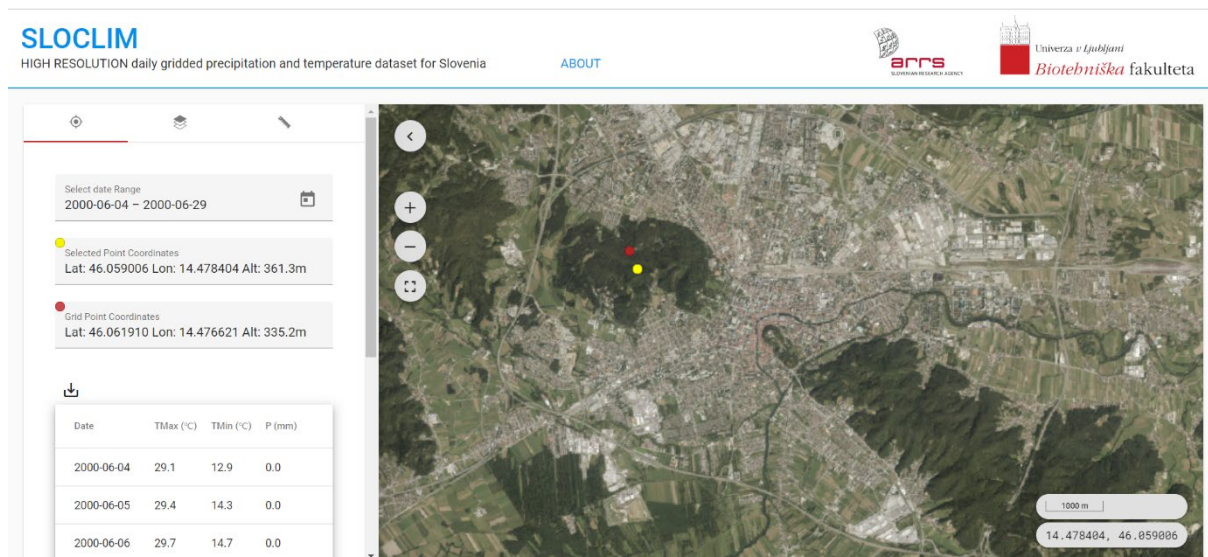
SLOCLIM is a new high-resolution daily gridded precipitation and temperature dataset for Slovenia, covering the whole territory of Slovenia from 1950 to 2018. A grid of 1x1 km spatial resolution consists of 20,998 points for which daily maximum and minimum temperature and precipitation was calculated. The observed climatic information was provided by Slovenian Environment Agency (ARSO).

Name	Size	
sloclim_pcp.nc	726.6 MB	Download
md5:b5f0fde66202241589675dfa3af6e2e		
sloclim_pcp_err.nc	477.8 MB	Download
md5:6c1a3435f49669d32b8db99496cf00c4		
sloclim_tmax_h.nc	1.8 GB	Download
md5:c47ec2db246727b2b10ec60918bc8f93		
sloclim_tmax_h_err.nc	634.1 MB	Download
md5:5c98181cd745a5192a43b6383b62cb71		
sloclim_tmin_h.nc	1.8 GB	Download
md5:36a109abefc24e26830e6e9fad5c729c		
sloclim_tmin_h_err.nc	703.9 MB	Download
md5:49fbd8f0c682dd2f2224e86ec22f2b88		

Slika 1: Podatkovna baza SLOCLIM na repozitoriju Zenodo

Zaradi velikosti datotek, velikega števila podatkov (dnevni podatki s 3 spremenljivkami za obdobje od 1950 do 2018) ter posebnega formata (*.nc) so za mnoge potencialne uporabnike datoteke težko obvladljive. Za lažji dostop do nabora podatkov po izbiri uporabnika smo v letu 2021 v sodelovanju z informacijskim podjetjem (Nina Prkić Požar, s. p.) oblikovali spletno stran www.sloclim.eu.

Spletna stran sloclim.eu je zasnovana tako, da lahko za poljubno lokacijo pridobimo niz dnevni temperaturnih in padavinskih podatkov za želeno obdobje. Ko na interaktivnem zemljevidu Slovenije izberemo lokacijo (slika 2), se samodejno označi najbližja točka na kilometrski mreži, za katero lahko pridobimo meteorološke podatke. Zaradi visoke ločljivosti mreže SLOCLIM katerakoli izbrana lokacija od točke z nizom podatkov ni oddaljena za več kot en kilometer. Po izbiri obdobja in lokacije se meteorološki podatki izpišejo na zaslonu, s klikom na ikono za prenos pa se podatki pretvorijo v široko uporabljan *.csv format. Na spletni strani lahko uporabnik najde tudi podrobnejša navodila za uporabo. Zaradi omejenih virov je glavni jezik spletne strani angleščina, navodila in nekateri ukazi pa so na razpolago tudi v slovenskem jeziku.

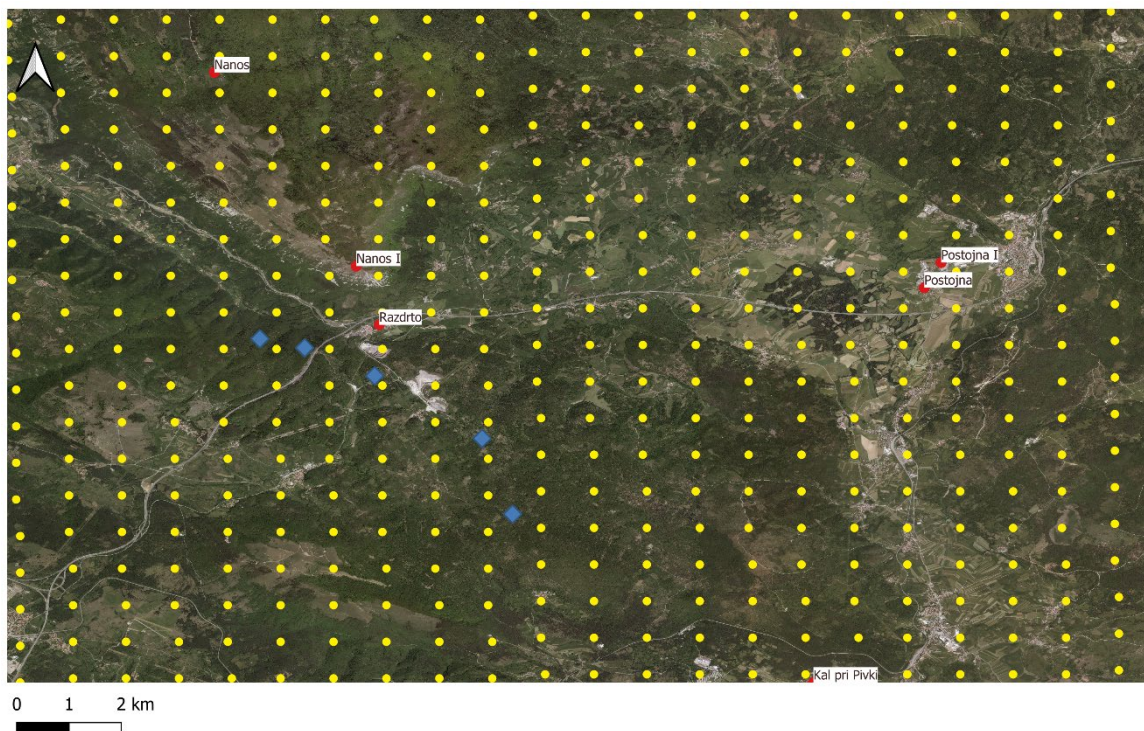


Slika 2: Primer uporabe spletne strani sloclim.eu za pridobitev dnevnih minimalnih in maksimalnih temperatur in padavin (TMax, TMin, P) za izbrano točko na območju Rožnika, ki jo označuje rumena pika. Ko izberemo lokacijo, se pojavi rdeča pika, ki označuje najbližjo točko s podatki. Ne levi strani lahko za obe točki odčitamo zemljepisne koordinate in nadmorsko višino, vidimo pa lahko tudi niz meteoroloških podatkov za izbrano časovno obdobje, ki se za prenos pretvorijo v *.csv format.

PRIMERI UPORABE

Prvi primer uporabe je prikazan za izbrano rastišče na Rožniku (slika 2), kjer med drugim potekajo tudi fenološka opazovanja (npr. Žust, 2015; Škrk *et al.*, 2020b, 2020a). Čeprav je za Ljubljano na razpolago dolg niz meteoroloških podatkov meteorološke postaje Ljubljana Bežigrad, predstavljeni primer kaže, da SLOCLIM nudi točko s podatki prav v neposredni bližini označenega rastišča.

Pomen mreže SLOCLIM je razviden tudi v primeru petih rastišč Vrhe iz bližine Razdrtega, ki smo jih izbrali za dendroekološke raziskave navadne bukve. Petim preučevanim lokacijam na območju gozdnogospodarske enote (GGE) Vrhe (slika 3) sta najbližji padavinski postaji Razdrto in Kal pri Pivki, najbližja samodejna postaja, ki beleži tudi temperature, pa se nahaja na Nanosu na nadmorski višini nad 1200 metrov. Postaja Nanos I zaradi visoke nadmorske višine ni reprezentativna za opis lokalnih vremenskih razmer za ploskve v GGE Vrhe, ki se nahajajo na nadmorskih višinah 570–690 m. Tudi podatki meteoroloških postaj Postojna in Postojna I, ki sta od lokacij oddaljeni več kot 10 km in sta na nižji nadmorski višini, niso povsem reprezentativni. Nasprotno pa lahko iz baze SLOCLIM za vsako od 5 točk pridobimo rekonstruirane meteorološke podatke iz lokacij v neposredni bližini posamezne točke (razdalja manj kot 1 km) in na primerljivi nadmorski višini (slika 3).



Slika 3: Raziskovalne ploskve na območju GGE Vrhe (modri rombi) v bližini Razdrtega, prostorska razporeditev najbližjih meteoroloških postaj agencije ARSO (rdeče pike) in točke mreže SLOCLIM z rekonstruiranimi meteorološkimi podatki (rumene pike).

Pri rekonstruirani bazi podatkov se vedno pojavlja vprašanje, kako dobro podatki ponazarjajo dejanske razmere na določeni točki. Zato smo zanesljivost rekonstrukcije testirali s statističnimi testi in ugotovili visoko zanesljivost podatkov (Škrk *et al.*, 2021). Kljub temu se moramo ob bazi SLOCLIM zavedati, da vsebuje izračunane in ne dejansko izmerjene vrednosti, zato se lahko zgodi, da rekonstruirani podatki ne zajemajo vseh specifik posamezne mikrolokacije, na primer specifičnih razmer na površinah ogolelih zaradi žledoloma (Nagel *et al.*, 2016). Kljub temu predstavlja rekonstruirana meteorološka baza velik potencial in odpira možnosti za uporabo pri upravljanju z naravnimi viri in za najrazličnejše študije, ki potrebujejo meteorološke podatke visoke časovne in prostorske ločljivosti. V prihodnosti želimo bazo posodabljanje in nadgrajevati z najnovejšimi podatki. Nadgradili bi jo radi tudi z dodatnimi možnostmi, ki bi omogočile poljubno združevanje podatkov, na primer v mesečna ali letna povprečja.

VIRI

ARSO. 2021. *Archival data on meteorological conditions in Slovenia*. Slovenian Environment Agency. Ministry of the Environment and Spatial Planning, Ljubljana, Slovenia.

Hiebl J, Auer I, Böhm R, Schöner W, Maugeri M, Lentini G, Spinoni J, Brunetti M, Nanni T, Tadić MP, Bihari Z, Dolinar M, Müller-Westermeier G. 2009. A high-resolution 1961-1990 monthly temperature climatology for the greater Alpine region. *Meteorologische Zeitschrift*, 18(5): 507–530. <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2009/0403>.

Jevšenak J. 2019. Daily climate data reveal stronger climate-growth relationships for an extended European tree-ring network. *Quaternary Science Reviews*, 221. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2019.105868>.

Lussana C, Tveito OE, Uboldi F. 2018. Three-dimensional spatial interpolation of 2 m temperature over Norway. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 144(711): 344–364. <https://doi.org/10.1002/qj.3208>.

Nagel TA, Firm D, Rozenbergar D, Kobal M. 2016. Patterns and drivers of ice storm damage in temperate forests of Central Europe. *European Journal of Forest Research*. Springer Berlin Heidelberg, 135(3): 519–530. <https://doi.org/10.1007/s10342-016-0950-2>.

Serrano-Notivoli R, Beguería S, de Luis M. 2019. STEAD: A high-resolution daily gridded temperature dataset for Spain. *Earth System Science Data Discussions*, 1–27. <https://doi.org/10.5194/essd-2019-52>.

Serrano-Notivoli R, Beguería S, Saz MÁ, Longares LA, de Luis M. 2017. SPREAD: A high-resolution daily gridded precipitation dataset for Spain. *Earth System Science Data Discussions*, 1–33. <https://doi.org/10.5194/essd-2017-35>.

Škrk N, Balzano A, Črepinšek Z, Čufar K. 2020a. Inter-tree variability of autumn leaf phenology of European beech (*Fagus sylvatica*) on a site in Ljubljana, Slovenia. *Les/Wood*, 69(2): 5–20. <https://doi.org/10.26614/les-wood.2020.v69n02a09>.

Škrk N, Črepinšek Z, Čufar K. 2020b. Phenology of leaf development in European beech (*Fagus sylvatica*) on a site in Ljubljana, Slovenia in 2020. *Les/Wood*, 69(1): 5–19. <https://doi.org/10.26614/les-wood.2020.v69n01a07>.

Škrk N, de Luis M, Čufar K, Črepinšek Z, Kajfež Bogataj L, Serrano-Notivoli R. 2020c. *SLOCLIM: A high-resolution daily gridded precipitation and temperature dataset for Slovenia [Dataset]*. <https://doi.org/10.5281/zenodo.4108543>

Škrk N, de Luis M, Čufar K, Črepinšek Z, Kajfež Bogataj L, Serrano-Notivoli R. 2021. SLOCLIM: A high-resolution daily gridded precipitation and temperature dataset for Slovenia. *Earth System Science Data Discussions*. Copernicus GmbH, 1–23.

Žust A. 2015. Fenologija v Sloveniji: Priročnik za fenološka opazovanja [Phenology in Slovenia: Manual for phenological observations]. Ministry of Environment, Slovenian Environment Agency: Ljubljana, Slovenia, 1–4.

ZAHVALA

Študija je bila financirana s strani ARRS: program P4-0015 in P4-0085 ter programa za usposabljanje mladih raziskovalcev (Nina Škrk).

Okolju prijazna zaščita lesa proti gorenju in glivnemu razkroju s kombiniranjem termične modifikacije in mineralizacije lesa

Rožle REPIČ¹, Andreja PONDELAK¹, Nataša KNEZ¹, Friderik KNEZ¹, Davor KRŽIŠNIK² Miha HUMAR²,
Andrijana Sever ŠKAPIN¹

¹ Zavod za gradbeništvo Slovenije, Dimičeva ulica 12, 1000 Ljubljana, Slovenija

² Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo, Rožna dolina, Cesta VIII/34, 1000 Ljubljana, Slovenija

E-naslov: rozle.repic@zag.si

POUDARKI

- **Mineralizacija poviša pH vrednost bukovine.**
- **Mineralizirana bukovina, termično modificirana bukovina in bukovina obdelana z obema postopkoma, izkazuje nižjo vlažnost od referenčne bukovine uravnovešane pri istih pogojih.**
- **Z mineralizacijo bukovini znatno izboljšamo odziv na ogenj.**
- **S termično modifikacijo in naknadno mineralizacijo je možno izboljšati odziv na ogenj, kot tudi biološko odpornost lesa – dokazali smo sinergijski učinek obeh modifikacij.**

UVOD

Les je naravni in obnovljivi material, ki ima odlične mehanske lastnosti in je lahko dostopen. Skozi zgodovino je les veljal za najpomembnejši gradbeni material (Eder, 2020). Glavne slabosti lesa so njegova nagnjenost k biološki razgradnji in gorljivost (Sandberg in sod., 2017). Z intenzivnejšo rabo lesa se povečujejo tudi potrebe po njegovi zaščiti. Zaradi okoljske ozaveščenosti in prepovedi večine konvencionalnih zaščitnih sredstev se razvoj usmerja proti tako imenovanim zelenim metodam zaščite lesa. Ena izmed najpomembnejših modifikacij lesa je termična modifikacija (TM) lesa, ki temelji na segrevanju lesa v odsotnosti kisika pri temperaturi med 160 °C in 240 °C. Izboljšana odpornost proti glivnemu razkroju je le ena izmed pozitivnih sprememb, ki jih dosežemo s termično modifikacijo (Hill, 2006; Humar in sod., 2020), hkrati se lesu spremenijo tudi požarne lastnosti. Avtorji poročajo o hitrejšemu gorenju smrekovine, modificirane pri temperaturah višjih od 160 °C (Čekovska in sod., 2017). Za zaščito lesa pred gorenjem je bilo skozi čas razvitih že več načinov zaščite, med katerimi je mineralizacija z anorganskimi materiali, kot so karbonati, najbolj okolju prijazna. Postopkov mineralizacije je več, razlikujejo se predvsem v načinu vnašanja mineralnih snovi, na primer karbonatov, v les (Pondelak in sod., 2021).

Namen raziskave je bil preučiti možnost izboljšanja biološke odpornosti in požarnih lastnosti s kombinacijo termične modifikacije in mineralizacije lesa.

MATERIALI IN METODE

Za izvedbo raziskav smo izbrali bukovino (*Fagus sylvatica*), saj je v tem delu sveta gospodarsko zelo pomembna. Bukev je najbolj zastopana vrsta listavca v Sloveniji in predstavlja približno 32 % slovenskih gozdov (Brus, 2012). Pripravili smo termično modificirane in mineralizirane vzorce bukovine ter vzorce, obdelane z obema postopkoma. Vzporedno smo testirali tudi netretirano oz. referenčno bukovino kot kontrolo. V raziskavi uporabljeni materiali so predstavljeni v Preglednica .

Preglednica 1: Okrajšave vzorcev in njihov pomen.

Okrajšava	Opis
B	Bukovina
B Ca	Mineralizirana bukovina
BT	Termično modificirana bukovina
BT Ca	Termično modificirana in mineralizirana bukovina

Les smo **termično modificirali** pri temperaturi 220 °C v skladu s komercialnim postopkom Silvapro® (Rep in Pohleven, 2002; Rep in sod., 2012). Izguba mase po modifikaciji je bila med 11 % in 15 %. Celotni postopek modifikacije, vključno z ohlajanjem, je trajal približno 24 ur. Po končani modifikaciji se je les pred nadaljnjo obdelavo tri tedne kondicioniral pri standardnih laboratorijskih pogojih (T = 20 °C; relativna vlažnost = 65 %).

Mineralizacijo smo vodili po postopku, ki so ga predlagali Pondelak in soavtorji (2019). Postopek temelji na impregnaciji lesa z raztopino kalcijevega acetoacetata, ki se pri naknadni obdelavi pretvori v kalcijev karbonat. Postopek naknadne obdelave traja 80 ur in sestoji iz izmeničnih ciklov sušenja in navlaževanja pri temperaturi 80 °C in relativni zračni vlažnosti 40 % oz. 80 %. Po končani naknadni obdelavi se je les tri tedne kondicioniral pri laboratorijskih pogojih (T = 20 °C; relativna vlažnost = 65 %). Suhi navzem karbonatov v les je znašal 12 % ± 4 %. Pri vzorcih, obdelanih z obema postopkoma, smo vzorce najprej termično modificirali in nato mineralizirali.

METODE

Vlažnost lesa smo določili z gravimetrično metodo na 5 vzorcih posameznega materiala. Vzorce, dimenzij 50 mm × 25 mm × 15 mm, smo sušili 48 ur pri temperaturi 103 ± 2 °C in jim določili maso v absolutnem suhem stanju. Vzorce smo nato izpostavili pogojem: T = 20 °C in relativna vlažnost = 65 % v okoljski komori (Kambič, Slovenija). Ko so vzorci dosegli ravnovesno stanje (t.j. ko se masa ni več spreminjala) smo določili maso in vsebnost vlage po formuli (1).

$$MC [\%] = \frac{m_u [g] - m_o [g]}{m_o [g]} \times 100 \% \quad (1)$$

Kjer je:

- MC = vsebnost vlage,
 m_u = masa vzorca, ki se je kondicioniral pri T = 20 °C in relativni vlažnosti = 65 %,
 m_o = masa absolutno suhega vzorca.

Vrednost pH smo določili s Titratorjem Titrimo (Metrohm, Švica) z ravno elektrodo pri laboratorijskih pogojih (T = 20 °C; relativna vlažnost = 65 %). Vzorci so bili pred meritvijo uravnovešeni v laboratorijskih pogojih, obrušeni in očiščeni s krpo. Na površino, kjer se sonda dotakne lesa, smo nanesti 3 mL deionizirane vode. Rezultate smo odčitali na dve decimalki natančno. Meritev je bila zaključena, ko se izmerjena vrednost v 30 s ni spremenila. Meritev smo izvedli na 5 vzorcih istega materiala.

Odpornost proti glivam razkrojevalkam smo določili v skladu s standardom EN 113:2002. Uporabili smo dve različni glivi. Od tega belo trohnobo predstavlja Pisana ploskocevka (*Trametes versicolor*) (TV), rjavo trohnobo pa Tramovka (*Gloeophyllum trabeum*) (GT). Za pripravo hranilnega gojišča, smo uporabili krompirjev agar (PDA- DIFCO), ki smo ga po 15 mL vlili v steklene kozarce. Na ohlajeno in sterilno gojišče smo inokulirali izbrani glivi, ter ju za en teden shranili v rastni komori pri temperaturi 25 °C in relativni zračni vlažnosti 85 %. Pred izpostavitvijo vzorcev glivam, smo le-tem določili absolutno suho maso in jih sterilizirali v avtoklavu (25 min; 120 °C; 1,2 bar). Sterilne vzorce smo nato za 16 tednov vstavili v kozarce in izpostavili glivnemu razkroju. Po 16 tednih smo vzorce očistili, jih posušili do

absolutno suhega stanja, stehali ter jim določili izgubo mase. Izpostavili smo po 5 vzorcev istega materiala.

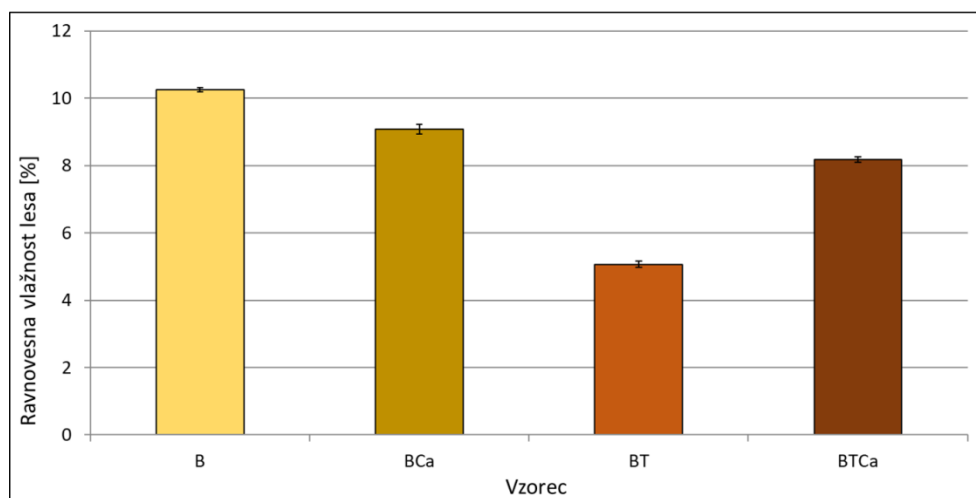
Požarne lastnosti smo določili s konusnim kalorimetrom (FTT, Velika Britanija) v skladu s standardom SIST ISO 5660-1:2018. V laboratorijskih pogojih kondicionirane vzorce, dimenzij 100 mm × 100 mm × 10 mm, smo zavili v aluminijasto folijo in jih izpostavili enakomernemu sevanju 50 kW m⁻². Požarne lastnosti smo določili za 5 vzorcev istega materiala, posamezna meritev je trajala 600 s. Z uporabo programske opreme ConeTools (RISE, Švedska) smo izmerjene podatke uporabili za simulacijo meritve po SIST EN 13823:2020 (SBI), ter tako določili vrednosti dveh ključnih kriterijev za klasifikacijo odziva na ogenj po SIST EN 13501-1:2019. Ta kriterija sta THR_{600s} - total heat release (celotna sproščena toplota v prvih 600 s preskusa) in FIGRA - fire growth rate index (stopnja naraščanja požara). Merili smo tudi čas vžiga vzorca.

REZULTATI IN RAZPRAVA

Vlažnost lesa

Vlažnost lesa ima zelo pomembno vlogo pri trajnosti lesa, saj je poleg temperature eden izmed glavnih dejavnikov, ki vplivajo na pojav glivnega razkroja (Thybring in sod., 2018). Kot je razvidno s Slika , je vlažnost termično modificirane bukovine (BT) najnižja od vseh materialov (5,1 ± 0,1) %, kar je pričakovano, saj je nižja ravnovesna vlažnost poleg izboljšane odpornosti ena izmed ključnih lastnosti TM lesa. Referenčna bukovina (B) izmed vseh izmerjenih vzorcev izkazuje najvišjo ravnovesno vlažnost (10,2 ± 0,1) %. Mineralizirana bukovina (BCa) in kombinirano termično modificirana in mineralizirana bukovina (BTCa) imata v danih pogojih nižjo vlažnost od referenčne bukovine in višjo od TM bukovine (BCa = (9,1 ± 0,15) %; BTCa = (8,2 ± 0,1) %).

Po mineralizaciji se ravnovesna vlažnost bukovini nekoliko zniža (za 1,1 %), TM bukovini pa zviša (za 3,1 %).



Slika 1: Ravnovesna vlažnost lesa, izpostavljenega pri laboratorijskih pogojih (T = 20 °C; relativna vlažnost = 65 %)

Požarne lastnosti

V Preglednica so predstavljeni izmerjeni čas vžiga ter rezultati simulacije, vrednosti THR_{600s} in FIGRA. Čas vžiga smo določili od začetka izpostavitve vzorca sevanju 50 kW m⁻² pa do trenutka, ko se pojavi plamen. Simulirani parameter THR_{600s} predstavlja celotno sproščeno toploto v prvih 600 s preskusa, parameter FIGRA pa stopnjo naraščanja požara. Oba parametra sta ključna za določanje klasifikacije odziva materiala na ogenj. Materiali z nižjimi vrednostmi THR_{600s} in FIGRA se uvrščajo v boljši razred

odziva na ogenj in imajo boljše požarne lastnosti. Prav tako lahko daljši čas vžiga smatramo za izboljšavo požarnih lastnosti.

Preglednica 2: Izmerjen čas vžiga, celotna sproščena toplota v 600 s (THR_{600s}), hitrost rasti požara (FIGRA) in izmerjena pH vrednost lesa.

Vzorec	Čas vžiga [s]	THR_{600s} [MJ]	FIGRA [Ws^{-1}]	pH vrednost
B	$29,8 \pm 3,8$	$43,5 \pm 2,7$	$530,3 \pm 51,0$	$5,4 \pm 0,5$
BCa	$46,8 \pm 6,2$	$31,8 \pm 2,1$	$217,2 \pm 9,4$	$8,1 \pm 0,3$
BT	$26,5 \pm 0,7$	$46,0 \pm 1,0$	$662,9 \pm 0,6$	$5,2 \pm 0,4$
BTCa	$46,3 \pm 4,0$	$25,5 \pm 2,3$	$198,6 \pm 20,2$	$7,9 \pm 0,1$

Kot je razvidno iz Preglednica , smo najdaljši čas vžiga izmerili pri vzorcih BCa ($46,8 \pm 6,2$) s in BTCa ($46,3 \pm 4,0$) s, kar je skoraj dva-krat daljši čas kot smo ga izmerili pri referenčni bukovini ($29,8 \pm 3,8$) s. Najkrajši čas vžiga smo določili pri BT ($26,5 \pm 0,7$) s. Tudi primerjava THR_{600s} vrednosti vzorcev pokaže, da se pri mineralizirani bukovini med gorenjem sprosti znatno manj toplote kot pri gorenju referenčnega oz. termično modificiranega lesa. Najnižjo sproščeno toploto (THR_{600s}) smo določili pri BTCa ($25,5 \pm 2,3$) MJ, najvišjo pa pri BT ($46,0 \pm 1,0$) MJ. Enak trend lahko opazimo pri hitrosti širjenja požara (FIGRA).

Iz tega lahko sklepamo, da ima mineralizacija izrazit vpliv na požarne lastnosti lesa. Najboljši odziv na ogenj od testiranih materialov izkazuje kombinirano, termično modificirana in mineralizirana bukovina (BTCa), najslabši pa termično modificirana bukovina (BT), kar je razvidno iz vseh treh proučevanih parametrov. Zaradi negativnega vpliva vlažnosti na gorenje lesa, slabši odziv na ogenj (krajši čas vžiga, večje vrednosti THR_{600s} in FIGRA) TM bukovine pripisujemo nizki ravnovesni vlažnosti (Slika). Kombinacija obeh obdelav se odraža v najboljših požarnih lastnosti, torej mineralizacija in termična modifikacija imata sinergijski vpliv na izboljšanje odziva na ogenj bukovine. Zaključujemo, da je z vidika požarnih lastnosti mineralizacija bolj učinkovita na termično modificiranem lesu kakor na neobdelanem lesu.

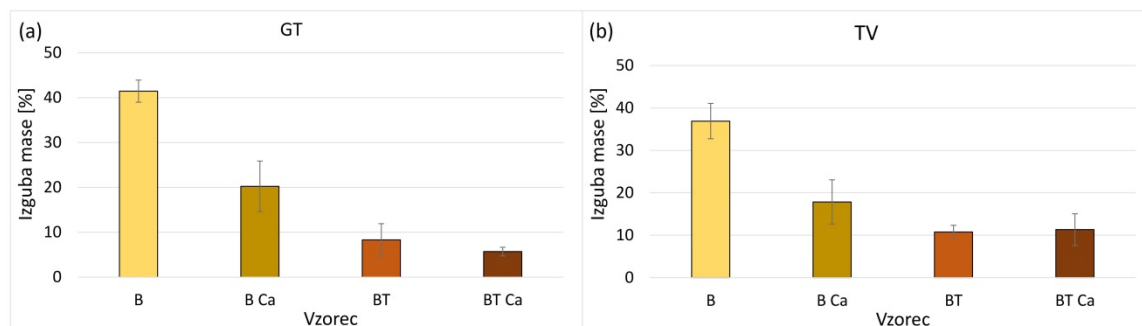
pH vrednost

Na splošno za les velja, da je nekoliko kisel, pri termični modifikaciji pa se pH vrednost lahko še nekoliko zniža, kar lahko vpliva tudi na glivni razkroj (Boonstra in sod., 2007). S postopkom mineralizacije se lesu pH vrednost znatno zviša. Ta podatek je pomemben z vidika zaščite pred glivami, saj glive za razkroj zahtevajo rahlo kisel les. Rezultati merjenja pH vrednosti vzorcev so predstavljeni v Preglednica . Mineralizirani vzorci imajo višje pH vrednosti: BCa ($8,1 \pm 0,3$) in BTCa ($7,9 \pm 0,1$), kot referenčna bukovina ($5,4 \pm 0,5$) in TM bukovina ($5,2 \pm 0,4$). Zvišanje pH vrednosti mineraliziranega lesa pripisujemo vgradnji $CaCO_3$, ki je bazičen (pH = 9) (Martín-Martínez, 2002).

Maurice in sod. (2011) so pokazali, da je nekoliko kisló okolje optimalno za glivni razkroj, kar pomeni, da je bazičen mineraliziran les potencialno manj dovzeten za razkroj kot TM ali neobdelan les.

Odpornost proti glivam razkrojevalkam

Da bi določili odpornost lesa proti glivam razkrojevalkam, smo vzorce različno modificirane bukovine izpostavili dvema glivama in jim po 16 tednih izpostavitve določili izgubo mase. Izguba mase vzorcev je v odstotkih prikazana na Slika. Na Sliki 2a so predstavljeni podatki izgube mase bukovine po izpostavitvi Tramovki (GT), na Sliki 2b pa po izpostavitvi Pisani ploskocevki (TV).



Slika 2: Izguba mase vzorcev referenčne in različno modificirane bukovine, izpostavljenih (a) Tramovki (*Gloeophyllum trabeum*) (GT) in (b) Pisani ploskocevki (*Trametes versicolor*) (TV).

V obeh primerih smo najvišjo izgubo mase določili pri referenčni bukovini, kar nakazuje na učinkovitost obeh obdelav proti glivnemu razkroju. Najbolj očitne spremembe pri referenčni bukovini (B) so po izpostavitvi glivi GT, kjer je bila izguba mase kar $(41,5 \pm 2,5)$ %, medtem ko so vzorci kombinirano termično modificirane in mineralizirane bukovine (BTCa) izgubili le $(5,7 \pm 1)$ % svoje začetne mase. Vzorci, ki so bili le mineralizirani (BCa) so izgubili $(20,2 \pm 5,6)$ %, vzorci, ki so bili le TM (BT) pa $(8,3 \pm 3,6)$ % svoje začetne mase. Po izpostavitvi glivi TV so izgube mase pri vzorcih B in BCa primerljive s tistimi, ki smo jih izmerili po izpostavitvi GT, medtem ko je izguba mase vzorca BTCa $(11,3 \pm 3,7)$ % nekoliko višja kot pri vzorcu BT $(10,8 \pm 1,6)$ %. Termična modifikacija ima pri testih z obema glivama izrazit vpliv na glivni razkroj, saj je v primerjavi z referenčnimi vzorci izguba mase izrazito manjša (za 33,1 % pri GT in za 26,1 % pri TV). Rezultati izgube mase po izpostavitvi glivam se ujemajo z rezultati vlažnosti lesa - opazimo lahko podoben trend med vlažnostjo lesa in izgubo mase. Izboljšana odpornost mineralizirane bukovine bi lahko bila tudi posledica zvišane pH vrednosti (mineralizirana bukovina ima povprečno za približno 2,5 višjo pH vrednost kakor nemineralizirana bukovina).

ZAKLJUČEK

Ugotovili smo, da mineralizacija bukovine s topnimi kalcijevimi spojinami izrazito izboljša odziv na ogenj in biološko odpornost. Mineraliziran les je nekoliko bazičen in ima nižjo ravnovesno vlažnost. Znatno izboljšanje požarnih lastnosti bukovine po mineralizaciji (čas vžiga se namreč podaljša za skoraj dva-krat), nakazuje na velik potencial mineralizacije za zaščito lesa pred ognjem. Dokazali smo tudi sinergijski učinek termične modifikacije in mineralizacije, ki smo ju kombinirali: najboljši odziv na ogenj (najdaljši čas vžiga, najmanjše vrednosti THR600s in FIGRA) smo dosegli s kombinacijo obeh obdelav. Zaradi dobrih požarnih lastnosti, izboljšane odpornosti proti glivam razkrojevalkam in obenem ekološke sprejemljivosti obeh uporabljenih metod modifikacije, mineralizacije in termične modifikacije sklepamo, da imajo tovrstni lesno-anorganski kompoziti velik potencial za uporabo.

VIRI

- Boonstra M.J., van Acker J., Kegel E., Stevens M. 2007. Optimisation of a two-stage heat treatment process: durability aspects. *Wood Sci Technol* 41. 31–57. <https://doi.org/10.1007/s00226-006-0087-4>.
- Brus R. 2012. *Drevesne vrste na slovenskem*. 2nd edition. Ljubljana. Self-published.
- Čekovska H., Gaff M., Osvald A., Kačik F., Kubš J., Kaplan L. 2017. Fire resistance of thermally modified spruce wood. *BioResources*. 12(1). 947-959.
- Eder, M., Schäffner, W., Burgert, I., Fratzl, P. 2020. Wood and the Activity of Dead Tissue. *Adv. Mater* 2001412. <https://doi.org/10.1002/adma.202001412>.
- Hill, C.A.S. 2006. *Wood Modification: Chemical, Thermal and Other Processes*. John Wiley and Sons: Hoboken, NJ, USA. ISBN 9780470021729.
- Humar, M., Repič, R., Kržišnik, D., Lesar, B., Cerc Korošec, R., Brischke, C., Emmerich, L., Rep, G. 2020. Quality Control of Thermally Modified Timber Using Dynamic Vapor Sorption (DVS) Analysis. *Forest*, 11, 666. <https://doi.org/10.3390/f11060666>.

- Martín-Martínez M. J. 2002. Rubber base adhesives. *Adhesion Science and Engineering*, 573–675. doi:10.1016/b978-044451140-9/50013-5.
- Maurice S., Coroller L., Debaets S., Vasseur V., Le Floch G., Barbier G. 2011. Modelling the effect of temperature, water activity and pH on the growth of *Serpula lacrymans*. *Journal of Applied Microbiology*. Vol. 111(6).
- Pondelak A., Sever Škapin A., Knez N., Škrlep L., Knez F., Pazlar T., Legat A. 2019. The process of wood mineralization by using acetoacetate solutions for improved essential properties. Patent application no. P 201900260. Ljubljana The Slovenian Intellectual Property Office.
- Pondelak A., Sever Škapin A., Knez N., Knez F., Pazlar T. 2021. Improving the flame retardancy of wood using an eco-friendly mineralisation process. *Green Chem.*, 23, 1130. DOI: 10.1039/d0gc03852k.
- Rep G., Pohleven F. 2002. Wood modification—A promising method for wood preservation = Modifikacija lesa – obečavajuća metoda za zaščito drva. *Drvna industrija* 52(2). 71-76.
- Rep G., Pohleven F., Košmerl S. 2012. Development of the industrial kiln for thermal wood modification by a procedure with an initial vacuum and commercialisation of modified Silvapro wood, in: *Proceedings of the 6th European Conference on Wood Modification*, University of Ljubljana, Slovenia, pp. 11–17.
- Sandberg, D.; Kutnar, A.; Mantanis, G. 2017. Wood modification technologies - a review. *Iforest -Biogeosciences and Forestry*, 10, 895-908.
- SIST EN 113:2002. Zaščitna sredstva za les - Preskusna metoda za ugotavljanje preventivne učinkovitosti zaščitnih sredstev proti glivam odprtrotrošnicam - Ugotavljanje toksičnih vrednosti
- SIST EN 13501-1:2019. Požarna klasifikacija gradbenih proizvodov in elementov stavb - 1. del: Klasifikacija po podatkih iz preskusov odziva na ogenj.
- SIST EN 13823:2020. Preskusi odziva gradbenih proizvodov na ogenj - Gradbeni proizvodi razen talnih oblog, izpostavljeni toplotnemu delovanju enega samega gorečega predmeta.
- SIST ISO 5660-1:2018. Preskusi odziva na ogenj - Sproščanje toplote, nastajanje dima in stopnja izgube mase - 1. del: Hitrost sproščanja toplote (metoda konusnega kalorimetra) in nastajanja dima (dinamično merjenje).
- Thybring E.E., Kymäläinen M., Rautkari L. 2018. Moisture in modified wood and its relevance for fungal decay. *iForest*. 11: 418-422. doi: 10.3832/ifor2406-011.

ZAHVALA

Študija je bila financirana s strani ARRS (osnovno raziskovalno financiranje št. P2-0273, financiranje Mladega raziskovalca 51944 in podoktorski projekt Z4-9298). Del predstavljene raziskave sta podprla tudi Ministrstvo za izobraževanje, znanost in šport Republike Slovenije ter Evropski sklad za regionalni razvoj, Evropska komisija (projekt WOOLF, številka nepovratnih sredstev 5441-2 / 2017/241).

PLAKATI

Spremljanje stanja gozdov s satelitskimi posnetki: Povezava med lesno zalogo in vegetacijskimi indeksi

Jernej JEVŠENAK^{1, *}, Koffi Dodji NOUMONVI², Mitja SKUDNIK^{3, 4}, Mitja FERLAN⁵

¹ Gozdarski inštitut Slovenije, Oddelek za prirastoslovje in gojenje gozdov, Večna pot 2, 1000 Ljubljana, Slovenija

² Švedska univerza za kmetijsko znanost, Oddelek za gozdno ekologijo in gospodarjenje, Skogsmarksgränd 17, 901 83 Umeå, Švedska

³ Gozdarski inštitut Slovenije, Oddelek za načrtovanje in monitoring gozdov in krajine, Večna pot 2, 1000 Ljubljana, Slovenija

⁴ Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire, Univerza v Ljubljani, Jamnikarjeva 101, 1000 Ljubljana, Slovenija

⁵ Gozdarski inštitut Slovenije, Oddelek za gozdno ekologijo, Večna pot 2, 1000 Ljubljana, Slovenija

*korespondenca: jernej.jevsenak@gozdis.si

Ključne besede: velikoprostorski monitoring gozdov, monitoring gozdov in gozdnih ekosistemov, satelitski posnetki, NDVI, EVI, sestojna mešanost

POUDARKI

- Primerjali smo podatke o lesni zalogi in spremembi lesne zaloge na ploskvah monitoringa gozdov in gozdnih ekosistemov na sistematični mreži 4 km x 4 km in vegetacijskima indeksoma NDVI ter EVI
- Rezultati so pokazali značilne korelacije med vegetacijskima indeksoma in lesno zalogo ploskev čistih bukovih oziroma smrekovih sestojev
- Medtem ko so listavci pokazali pozitivne vrednosti med NDVI/EVI ter lesno zalogo, je bila ta korelacija pri iglavcih negativna
- Satelitski posnetki z višjo prostorsko resolucijo so pokazali boljše rezultate
- Vegetacijski indeks EVI je pokazal boljše ujemanje kot NDVI, čeprav so rezultati odvisni od drevesne vrste

UVOD

Poznavanje značilnosti gozdnih ekosistemov, njihovo prostorsko in časovno dinamiko, je ključno za spremljanje stanja gozdov, ustrezno gozdnogospodarsko načrtovanje in poročanje o stanju slovenskih gozdov v okviru sprejetih mednarodnih zvez. Gozdovi so kompleksen ekosistem in jih je zaradi njihove obsežnosti težko natančno opisati, kar še posebej velja za gozdove v Sloveniji, kjer prevladujejo raznomerni in raznodobni sestoji (Diaci, 2006). Opis gozdov tako danes temelji na statističnih metodah, stalnih vzorčnih ploskvah in opisu sestojev, ki se izvedejo ob obnavljanju gozdnogospodarskih načrtov (Kovač in sod., 2010). Pomembnejši omejitvi vseh omenjenih načinov zbiranja podatkov sta relativno visok strošek terenskega dela in časovna neusklajenost zbiranja podatkov.

Nove tehnologije in viri podatkov, kot so visoko ločljive satelitske slike, ponujajo časovno in prostorsko vse bolj natančen vpogled v gozd oz. sestojno streho. V zadnjih desetletjih je področje opazovanja Zemlje iz satelitov doživelo pomemben razvoj, in danes ponuja prosto dostopne, prostorsko, spektralno, radiometrično in časovno visoko ločljive posnetke. Danes imajo najbolj natančni komercialni satelitski posnetki kot so npr. GeoEye in QuickBird, katerih cene so v zadnjih letih močno padle, prostorsko ločljivost pod 0,5 m, medtem ko največja ločljivost prosto dostopnih satelitskih posnetkov Sentinel-2 znaša 10 m. Tovrstni viri podatkov omogočajo edinstven vpogled v spremljanje ogljikovega cikla, ekosistemske spremembe, produktivnost in vitalnosti gozdov (Goetz in sod., 2005). Ključni izziv na tem področju je kalibracija potencialnih modelov z uporabo podatkov iz nacionalnih gozdnih inventur, stalnih vzorčnih ploskev in dendrokronoloških študij (Pearl in sod., 2020). Različne študije so že pokazale, da je mogoče iz satelitskih posnetkov in s pomočjo metod strojnega učenja zadovoljivo oceniti nadzemno biomaso, starost sestojev, njihovo gostoto in višino (Ahmadi in sod., 2020; Muukkonen in Heiskanen, 2005). Tovrstne študije bi poenostavile in objektivizirale ocenjevanje sestojnih značilnosti za območja, za katera sicer nimamo neposrednih meritev. Tovrstne karte bi bile zelo koristne za spremljanje časovne in prostorske dinamike različnih gozdnih tipov in ovrednotenje vpliva okoljskih dejavnikov na ključne komponente gozdnih sestojev.

V naši študiji smo tako primerjali vrednosti vegetacijskih indeksov NDVI in EVI, pridobljenih na podlagi satelitskih posnetkov Landsat 8, Sentinel-2 in MODIS z izračunano lesno zalogo na ploskvah monitoringa gozdov in gozdnih ekosistemov (MGGE) za leto 2012 in 2018 ter razliko v lesni zalogi med omenjenima letoma. V prispevku želimo odgovoriti na naslednja raziskovalna vprašanja: 1) kako natančno lahko zaznavamo lesno zalogo in njene spremembe iz satelitskih posnetkov, 2) kateri tipi gozdov so primernejši za tovrstne analize, in 3) kateri vir satelitskih posnetkov in kateri vegetacijski indeks (NDVI ali EVI) dajejo boljše rezultate.

METODE

V naši študiji smo uporabili podatke o lesni zalogi na ploskvah MGGE iz leta 2012 in 2018 (Kovač in sod., 2014). Slednji je zasnovan na sistematični vzorčni mreži 4 km × 4 km preko celotne površine Slovenije. Trajne vzorčne ploskve so sestavljene iz treh koncentričnih krožnih ploskev, na katerih spremljamo različne znake, med najpomembnejše sodijo drevesna vrsta, prsni premer in socialni položaj drevesa, medtem ko se višina dreves in višina krošnje izmeri samo na podvzorcju dreves. Za vsako ploskev smo z uporabo enoparametrskih tarifnih funkcij izračunali lesno zalogo v letih 2012 in 2018 ter razliko med njima. Glede na delež drevesnih vrst v lesni zalogi smo ploskve razdelili na čiste smrekove in bukove ter čiste listnate in iglaste ploskve. Vse tri spremenljivke (LZ2012, LZ2018 in LZ2018-LZ2012) smo primerjali z vegetacijskima indeksoma NDVI in EVI, izračunanimi iz treh različnih virov satelitskih podatkov: MODIS, Landsat 7 in 8 ter Sentinel-2 (Mondal in sod., 2020) (Preglednica 1). Uporabili smo samo slike med začetkom leta 2012 in koncem leta 2018. Za izračun vegetacijskih indeksov iz Landsat podatkov smo v obdobju januar 2013 – april 2013 uporabili satelitske posnetke Landsat 7. Za primerjavo med lesno zalogo in vegetacijskima indeksoma smo izračunali povprečno vrednost indeksov med letoma 2012 in 2018, pri čemer smo za vsako leto upoštevali vrednosti indeksov samo od začetka junija do konec septembra.

Preglednica 1: Osnovne značilnosti različnih virov satelitskih slik

		Landsat 8	Sentinel-2 (S2A / S2B)	MODIS
Začetek opazovanja		april 2013	junij 2015	februar 2000
Časovni interval		8 dni	5 dni (od marca 2017)	16 dni
Spekter	Značilnosti			
ultra-modri	valovna dolžina (nm)	435 - 451		
	resolucija (m)	30		
modri	valovna dolžina (nm)	452-512	496 / 492	459 – 479
	resolucija (m)	30	10	500
zeleni	valovna dolžina (nm)	533-590	560 / 559	545 – 565
	resolucija (m)	30	10	500
rdeči	valovna dolžina (nm)	636-673	664 / 665	620 – 670
	resolucija (m)	30	10	250
bližnji infrardeči	valovna dolžina (nm)	851-879	835 / 833	841 – 876
	resolucija (m)	30	10	250
kratkovalovni infrardeči 1	valovna dolžina (nm)	1566-1651	1613 / 1610	1230-1250
	resolucija (m)	30	20	500
kratkovalovni infrardeči 2	valovna dolžina (nm)	2107-2294	2202 / 2185	1268-1652
	resolucija (m)	30	20	500

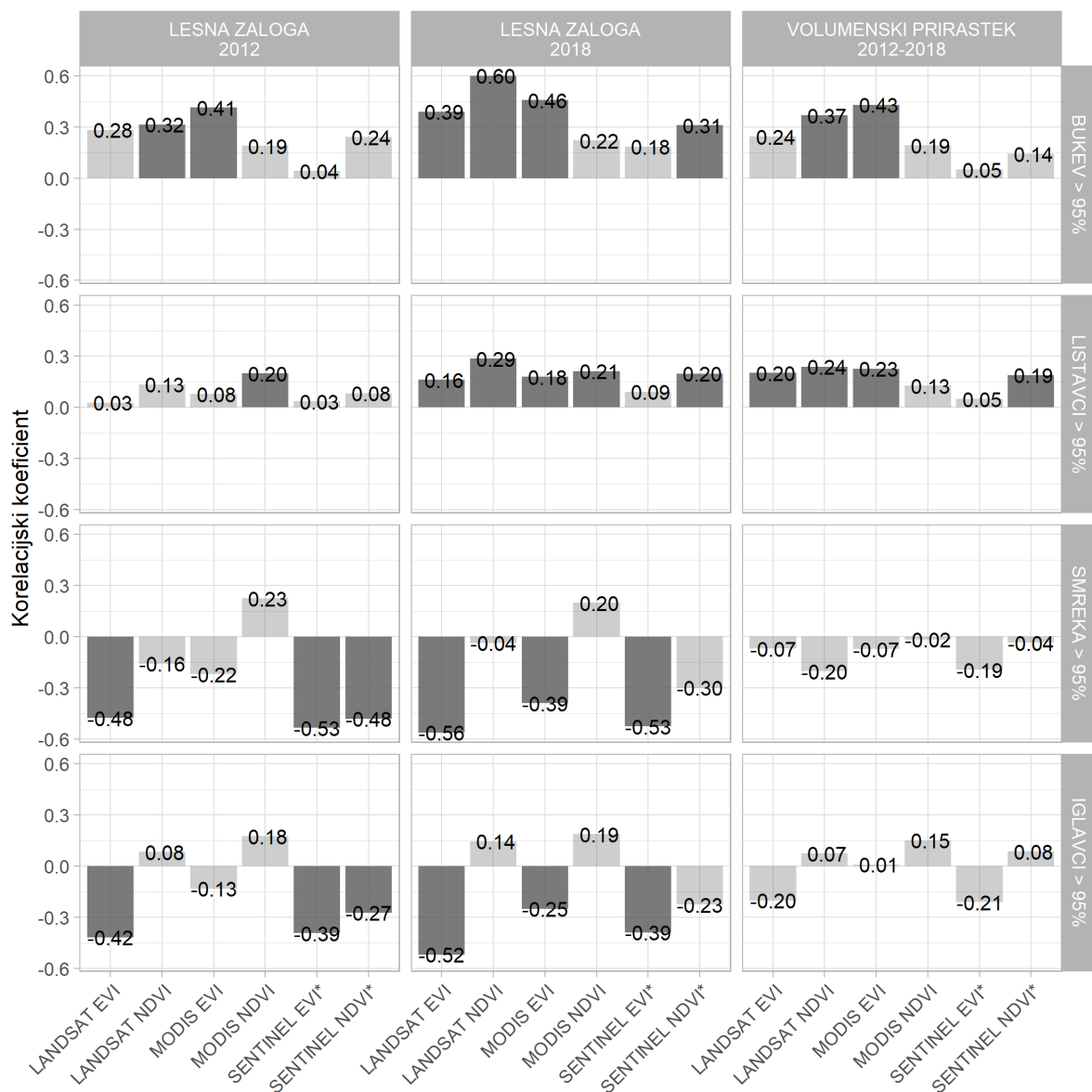
Uporabili smo dva najpogosteje uporabljena vegetacijska indeksa, NDVI (ang. *Normalized Difference Vegetation Index*) (Carlson in Ripley, 1997) ter EVI (ang. *Enhanced Vegetation Index*) (Jiang in sod., 2008). NDVI se izračuna kot $NDVI = (NIR - RED) / (NIR + RED)$, pri čemer RED predstavlja vrednosti spektralnega odboja v rdečem delu spektra, NIR pa v bližnjem infrardečem delu spektra. Vrednosti NDVI se gibljejo med -1 do 1, pri čemer višje vrednosti kažejo na bujno listno vegetacijo. EVI poleg

rdečega in infrardečega dela spektra vključuje tudi modri del spektra (BLUE) in ga izračunamo kot $EVI = 2,5 \times [(NIR - RED) / ((NIR) + (6 \times RED) - (7,5 \times BLUE) + 1)]$.

Vrednosti NDVI ter EVI smo izračunali za vse ploskve MGGE, pri čemer smo upoštevali vse slikovne točke v radiju 45 m od središča ploskve. Čeprav imajo ploskve MGGE, na katerih se spremlja debelejša drevesja od 10 cm, manjši polmer ($r = 13,82$ m), smo povečali radij za zajem slikovnih točk z željo po zmanjšanju šuma v spektralnem odzivu. Pri tem smo izhajali iz predpostavke, da se značilnosti gozdov nekaj 10 metrov izven ploskev ne spremenijo bistveno.

REZULTATI

Primerjava med vegetacijskimi indeksi ter oceno lesne zaloge na ploskvah je pokazala značilne korelacije z vrednostmi do 0,60 (Slika 1). Najvišje vrednosti korelacijskih koeficientov smo dobili za čiste bukove in smrekove gozdove, medtem ko so se z večanjem vrstne pestrosti korelacijski koeficienti zmanjševali. Vrednosti korelacijskih koeficientov za listavce so bili pozitivni, medtem ko je bila korelacija med višjo lesno zalogo iglavcev in vrednostjo obeh vegetacijskih indeksov negativna.



Slika 1: Korelacijski koeficienti med vegetacijskima indeksoma NDVI in EVI, pridobljena iz različnih virov satelitskih podatkov (MODIS, Landsat in Sentinel-2), ter izračunanimi lesnimi zalogami in njihovimi razlikami (ocena za volumenski prirastek) glede na delež prisotnih drevesnih vrst. Podatki za Sentinel-2 so na voljo le od junija 2015.

RAZPRAVA

Rezultati kažejo na potencialno možnost spremljanja stanja in sprememb gozdne lesne zaloge neposredno iz visoko ločljivih satelitskih posnetkov. Kljub vsemu, ujemanje med lesno zalogo in NDVI/EVI je bilo sprejemljivo le za ploskve, kjer močno prevladuje le ena drevesna vrsta (bukev ali smreka). Različne drevesne vrste imajo različne spektralne odzive, zato bo potrebno razumeti njihov odboj na ravni gozdnih tipov. Pri listavcih je pomembna tudi listna fenologija vrste.

Noben od virov satelitskih podatkov ni pokazal konsistentno boljših rezultatov. Indeksi, izračunani iz Landsat satelitskih posnetkov, so dali najboljše rezultate, kar še posebej velja za spremenljivko LZ2018, ki je pokazala najboljše ujemanje s satelitskimi posnetki. Pri smreki smo opazili konstantno boljše ujemanje z EVI indeksom, medtem ko pri bukvi korelacije niso bile tako enoznačne, saj smo za MODIS dobili boljše rezultate za EVI, pri Landsat in Sentinel-2 posnetkih pa boljše rezultate za NDVI.

Najvišje korelacijske koeficiente smo dobili med lesno zalogo v letu 2018 in vegetacijskima indeksoma. Korelacijski koeficienti z lesno zalogo iz leta 2012 so bili praviloma nižji, medtem ko so bile vrednosti korelacij za razlike v lesni zalogi med letoma 2012 in 2018 precej nižje. Iz slednjega lahko sklepamo, da je signal iz obeh vegetacijskih indeksov predvsem povezan z značilnostmi krošenj in fotosintetsko aktivnostjo, medtem ko prirastka neposredno na ta način ne moremo spremljati in so značilni korelacijski koeficienti predvsem posledica posredne povezave med višjim prirastkom in višjo lesno zalogo.

V prihodnje bomo preučili možnost uporabe preostalih vegetacijskih indeksov, prav tako pa ostaja neraziskana možnost uporabe posameznih spektralnih odzivov v kombinaciji s strojnimi učenjem. Dolgoročno bi tovrstno znanje pripomoglo pri digitalizaciji in avtomatizaciji procesov pri zbiranju podatkov o stanju gozdov za potrebe gozdnogospodarskega načrtovanja in gozdarske politike.

ZAHVALA

Študija je bila financirana v okviru evropskega projekta LANDSUPPORT (H2020-RUR-2017-2 po sporazumu o dodelitvi sredstev št. 774234) ter podprta s strani ARRS raziskovalnega programa P4-0107 "Gozdna biologija, ekologija in tehnologija". MGGE je v okviru naloge JGS4 finančno podprlo Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano.

VIRI

- Ahmadi K., Kalantar B., Saeidi V., Harandi E. K., Janizadeh S., Ueda N. 2020. Comparison of Machine Learning Methods for Mapping the Stand Characteristics of Temperate Forests Using Multi-Spectral Sentinel-2 Data. *Remote Sensing*, 12, 18: 3019
- Carlson T. N., Ripley D. A. 1997. On the relation between NDVI, fractional vegetation cover, and leaf area index. *Remote Sensing of Environment*, 62, 3: 241-252
- Diaci J. 2006. Nature-based silviculture in Slovenia: origins, development and future trends. *Nature-Based Forestry in Central Europe*: 119
- Goetz S. J., Bunn A. G., Fiske G. J., Houghton R. A. 2005. Satellite-observed photosynthetic trends across boreal North America associated with climate and fire disturbance. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 102, 38: 13521-13525
- Jiang Z., Huete A. R., Didan K., Miura T. 2008. Development of a two-band enhanced vegetation index without a blue band. *Remote Sensing of Environment*, 112, 10: 3833-3845
- Kovač M., Kušar G., Hočvar M., Simončič P., Poljanec A., Skudnik M., Gartner A., Kozorog E. 2010. Control sampling method in Slovenia-history, characteristics and use. *Studia Forestalia Slovenica*, 136
- Kovač M., Skudnik M., Japelj A., Planinšek Š., Vochl S., Batič F., Kastelec D., Jurc D., Jurc M., Simončič P. 2014. Monitoring gozdov in gozdnih ekosistemov: priročnik za terensko snemanje podatkov.
- Mondal P., McDermid S. S., Qadir A. 2020. A reporting framework for Sustainable Development Goal 15: Multi-scale monitoring of forest degradation using MODIS, Landsat and Sentinel data. *Remote Sensing of Environment*, 237: 111592
- Muukkonen P., Heiskanen J. 2005. Estimating biomass for boreal forests using ASTER satellite data combined with standwise forest inventory data. *Remote Sensing of Environment*, 99, 4: 434-447
- Pearl J. K., Keck J. R., Tintor W., Siekacz L., Herrick H. M., Meko M. D., Pearson C. L. 2020. New frontiers in tree-ring research. *The Holocene*, 30, 6: 923-941

Kako se ektomikorizne glive puhastega hrasta (*Quercus pubescens* Willd.) v slovenskem submediteranu odzivajo na spremembe v okolju?

Tanja MRAK¹, Philip BRAILEY-JONES¹, Nataša ŠIBANC¹, Ines ŠTRAUS¹, Mitja FERLAN¹, Jožica GRIČAR¹,
Hojka KRAIGHER¹

¹ Gozdarski inštitut Slovenije, Večna pot 2, 1000 Ljubljana, Slovenija

E-naslov: tanja.mrak@gozdis.si

POUDARKI

- Časovno dinamiko združbe ektomikoriznih gliv puhastega hrasta smo spremljali dve leti
- Raziskava je zajela dve poletni suši in požar
- Razmerje med vitalnimi in odmrli ektomikoriznimi vršički se je spreminjalo v času
- Najbolj pogosti ektomikorizni rodovi so bili *Cenococcum*, *Tomentella* in *Sebacina*
- Sestava združba je bila stabilna v času, na vrstno bogastvo pa so vplivali okoljski dejavniki

Uvod

Puhasti hrast ima v slovenskem submediteranu pomembno ekološko vlogo, saj preprečuje odnašanje tal z vetrom. Za submediteransko podnebje so že sedaj značilna velika vremenska nihanja, ki pa se s klimatskimi spremembami lahko še povečajo. Pričakovati je, da se bo verjetnost za vročinske valove, suše in posledično tudi požare v prihodnosti povečala (Sutanto et al. 2020), kar bo povečalo pritisk na sestavo, strukturo in biogeografsko razširjenost gozdov (Allen et al. 2020). Drevesa so razvila številne anatomske in fiziološke prilagoditve, ki jim omogočajo uspešnejše spopadanje s spremenljivimi vremenskimi pogoji, v primeru suše so to z dlačicami prekrite listi, oblika in velikost listov, v globlje sloje tal segajoče korenine, prilagoditve prevajalnega sistema, regulacija prevodnosti listnih rež, alokacija asimilatov, itd. (Vodnik et al. 2019). Čeprav drevesa kar 20-40% asimilatov namenijo mikoriznim glivam v zameno za izboljšano preskrbo s hranili in vodo (Smith in Read 2008), je vloga ektomikoriznih gliv pri obrambi pred sušo še relativno neraziskana. Preden lahko pričnemo z ugotavljanjem vloge ektomikoriznih gliv pri obrambi pred sušo, moramo poznati sestavo združbe ektomikoriznih gliv izbrane drevesne vrste in njen odziv na obstoječe spremembe v okolju. S tem namenom smo spremljali časovno dinamiko združbe ektomikoriznih gliv puhastega hrasta na Podgorskem krasu v obdobju dveh let ter parametre združbe povezali z okoljskimi parametri.

Material in metode

Na Podgorskem krasu smo vzpostavili tri raziskovalne ploskve s puhastim hrastom, ki so bile med sabo oddaljene cca. 50 m. Dve ploskvi sta se nahajali na apnenčastih tleh, ena pa na flišu. V obdobjih, ko tla niso bila zamrznjena, smo vsaka dva meseca med junijem 2016 in majem 2018 z vsake ploskve odvzeli po pet vzorcev tal v bližini debel puhastega hrasta. Skupaj smo v dveh letih izvedli 11 vzorčenj. Vitalne ektomikorizne vršičke smo pod lupo razvrstili na morfotipe, jih kvantificirali in nato še molekularno identificirali s pomočjo Sangerjevega sekvenciranja. Kvantificirali smo tudi odmrle ektomikorizne vršičke. Za analizo združbe ektomikoriznih gliv smo uporabili analizo PERMANOVA v R paketu 'vegan'. Okoljske parametre smo zajeli z bližnjih meteoroloških postaj (podatki ARSO, 2020), nekaj pa z lastnimi meritvami na ploskvah. Vpliv okoljskih parametrov na parametre ektomikorizne združbe smo ugotavljali s pomočjo generaliziranih linearnih modelov v programu R (R Core Team, 2020).

Rezultati

Poletji 2016 in 2017 sta bili bolj sušni v primerjavi s 25-letnim povprečjem. Območje je v avgustu 2016 prizadel tudi požar. Datum vzorčenja je značilno vplival na razmerje med vitalnimi in odmrli ektomikoriznimi vršički, to razmerje se je gibalo nad 1 samo v juniju 2016 in od januarja 2018 dalje. V celotnem obdobju smo na območju identificirali 93 morfotipov oz. taksonov ektomikoriznih gliv, ki so pripadali 32 rodovom in 21 družinam. Samo 16 taksonov smo našli na vseh treh ploskvah. Najbolj

pogosti rodovi so bili *Cenococcum*, *Tomentella* in *Sebacina*. Največ taksonov, 17, je pripadalo rodu *Tomentella*. Največ taksonov smo zasledili na ploskvi na flišu. Največjo pestrost na enoto vzorčenja smo zasledili v maju 2018, ko je bila značilno višja v primerjavi z obdobjem med junijem 2017 in novembrom 2017. Variabilnost znotraj ploskev je bila velika in združbe ECM gliv so se med ploskvami značilno razlikovale, niso pa se razlikovale v času. Na delež vitalnih ektomikoriznih vršičkov okoljski dejavniki niso neposredno vplivali. Ugotovili smo značilen vpliv povprečne temperature tal in zraka, relativne zračne vlage in sončnega obsevanja na vrstno bogastvo. Dominanca je bila povezana s povprečno temperaturo tal.

Diskusija

V obdobju vzorčenja ektomikoriznih gliv puhastega hrasta na Podgorskem krasu smo zajeli dve sušni poletji in požar. Razmerje med vitalnimi in starimi ektomikoriznimi vršički se je značilno spreminjalo v času, kljub temu pa ga nismo mogli statistično povezati z nobenim od merjenih okoljskih parametrov. Sklepamo, da bi na gibanje razmerja med vitalnimi in starimi ektomikoriznimi vršički lahko vplivalo zaporedje stresnih dejavnikov, ki so povzročili zmanjšan tok ogljikovih hidratov v korenine. Razmerje se je namreč znižalo po suši in požaru poleti 2016 ter se kljub normalni količini padavin jeseni 2016 in spomladi 2017 ni zvišalo, čemur je sledila še suša poleti 2017. Drevesa, ki so bila prizadeta v požaru, so septembra 2016 ogljikove hidrate namenila za ponovno olistanje, običajno pa se jeseni ogljikovi hidrati usmerijo v korenine.

Za ektomikorizna rodova *Cenococcum* in *Tomentella*, ki sta bila najbolj pogosta na območju raziskave, so značilne melanizirane celične stene, ki naj bi ščitile pred sušo (Fernandez in Koide 2013, Tedersoo et al. 2006). Sestava združbe se s časom ni značilno spreminjala, kar je skladno z ugotovitvami drugih raziskovalcev za ektomikorizne glive hrastov v Mediteranu (Smith et al. 2007, Richard et al. 2011). Vrstno bogastvo je bilo negativno povezano s povprečno temperaturo zraka in sončnim obsevanjem ter pozitivno z relativno vlažnostjo zraka, dominanca pa negativno s temperaturo tal. Temperatura in količina padavin do neke mere določata vrstno pestrost ektomikoriznih gliv globalno (Tedersoo et al. 2012, Shi et al. 2014), naša raziskava pa kaže tudi na lokalni vpliv teh dejavnikov.

Sklepi

Predvidevamo, da je na razmerje med vitalnimi in odmrliimi ektomikoriznimi vršički vplival tok ogljika v tla. Ugotovili smo, da je bila sestava združbe ektomikoriznih gliv puhastega hrasta v času raziskave stabilna v času, se pa je značilno razlikovala med proučevanimi ploskvami. Na vrstno bogastvo so vplivali meteorološki parametri.

VIRI

- Allen CD et al. 2010. A global overview of drought and heat-induced tree mortality reveals emerging climate change risks for forests. *Forest Ecol Manag* 259:660-684.
- Fernandez CW, Koide RT. 2013. The function of melanin in the ectomycorrhizal fungus *Cenococcum geophilum* under water stress *Fungal Ecology* 6:479-486.
- Mrak T, Šibanc N, Brailey-Jones P, Štraus I, Gričar J, Kraigher H. 2021. Extramatrical Mycelium and Ectomycorrhizal Community Composition of *Quercus pubescens* in a Sub-Mediterranean Stress-Prone Environment. *Front. For. Glob. Change* 4: 6 str.
- Richard F, Roy M, Shahin O, Sthultz C, Duchemin M, Joffre R, Selosse M-A. 2011. Ectomycorrhizal communities in a Mediterranean forest ecosystem dominated by *Quercus ilex*: seasonal dynamics and response to drought in the surface organic horizon *Annals of Forest Science* 68:57-68.
- Shi L, Mortimer PE, Ferry Slik JW, Zou X-M, Xu J, Feng W-T, Qiao L. 2014. Variation in forest soil fungal diversity along a latitudinal gradient. *Fungal Divers* 64:305-315.
- Smith ME, Douhan GW, Rizzo DM. 2007. Ectomycorrhizal community structure in a xeric *Quercus* woodland based on rDNA sequence analysis of sporocarps and pooled roots *New Phytol* 174:847-863.
- Smith SE, Read D. 2008. Growth and carbon allocation of ectomycorrhizal symbionts. V: *Mycorrhizal Symbiosis*. 3. izdaja. Academic Press, London, str. 295-320.
- Sutanto SJ, Vitolo C, Di Napoli C, D'Andrea M, Van Lanen HAJ. 2020. Heatwaves, droughts, and fires: Exploring compound and cascading dry hazards at the pan-European scale. *Environment International* 134:105276.

- Tedersoo L, Bahram M, Toots M, Diédhiou AG, Henkel TW, Kjølner R, Morris MH, Nara K, Nouhra E, Peay KG, Põlme S, Ryberg M, Smith ME, Kõljalg U. 2012. Towards global patterns in the diversity and community structure of ectomycorrhizal fungi. *Molecular Ecology* 21: 4160-4170.
- Tedersoo L, Suvi T, Larsson E, Kõljalg U. 2006. Diversity and community structure of ectomycorrhizal fungi in a wooded meadow. *Mycological Research* 110:734-748.
- Vodnik D, Gričar J, Lavrič M, Ferlan M, Hafner P, Eler K. 2019. Anatomical and physiological adjustments of pubescent oak (*Quercus pubescens* Willd.) from two adjacent sub-Mediterranean ecosites. *Environ Exp Bot* 165:208-218.

ZAHVALA

Študija je bila financirana s strani ARRS v okviru projektov J4-7203 in J4-9297 in raziskovalnega programa P4-0107.

Vpliv požara na razvoj listov in sekundarnih prevodnih tkiv pri puhastem hrastu

Polona HAFNER¹, Martina LAVRIČ¹, Mitja FERLAN¹, Nives OGRINC², Bor KRAJNC², Klemen ELER^{1,3}, Dominik VODNIK³, Jožica GRIČAR¹

¹ Gozdarski inštitut Slovenije, Večna pot 2, 1000 Ljubljana, Slovenija

² Odsek za znanosti o okolju, Institut "Jožef Stefan", Jamova 39, 1000 Ljubljana, Slovenija

³ Oddelek za agronomijo, Biotehniška fakulteta, Univerza v Ljubljani, Jamnikarjeva 101, 1000 Ljubljana, Slovenija

Poudarki

- Poškodbe zaradi vročine kot posledice požara lahko v drevesih sprožijo mehanizme, ki vplivajo na njihovo fiziologijo.
- Kljub temu da so bili vplivi požara omejeni na poškodbe listja pri proučevanih drevesih puhastega hrasta in niso povzročili nekroze kambija in floema, so se njegove posledice pri prizadetih drevesih pokazale v spremenjenih vzorcih razvoja sekundarnih tkiv.
- Požar je povzročil spremembe v značilnostih prevodnih elementov floema, medtem ko so dimenzije trahej ranega lesa ostale nespremenjene.
- Čepprav so tkiva lesa in floema med seboj povezana, strukturne spremembe v njihovih transportnih sistemih kot posledica požara niso nujno usklajene.

Uvod

Kras je eno najbolj ogroženih območij v Sloveniji, z vse pogostejšimi požarnimi dogodki in velikim obsegom požganih površin od leta 2003 dalje (Veble in Brečko Grubar 2016). Ker se v Sredozemlju povečuje nevarnost požarov tudi zaradi podnebnih sprememb, povezanih s povečano intenzivnostjo in pogostostjo vročinskih valov in dolgotrajno sušo (Schröter in sod. 2005), je za razumevanje odziva ekosistema in razvoj prilagoditvenih strategij ključnega pomena, da jih podrobno proučimo in ovrednotimo. S tem namenom smo na območju Podgorskega Krasa, ki ga je avgusta 2016 zajel požar, proučevali njegov vpliv na rast in odziv dreves puhastega hrasta v rastni sezoni 2017. Predpostavili smo, da se bo vpliv požara v preteklem letu odražal v a) v razvoju in izotopski sestavi ogljika ($\delta^{13}\text{C}$) listov, b) sezonski dinamiki debelinske rasti ter v c) anatomiji lesa in floema v različnih delih drevesa (deblo, veje).

Materiali in metode

Raziskavo smo izvedli na območju Podgorskega Krasa, ki je zaradi opustitve obdelavo pred približno 30 leti v zaraščanju. Ena od dominantnih drevesnih vrst na tem območju je puhasti hrast (*Quercus pubescens* Willd), ki raste posamično ali v manjših zaplatah.

Požar, ki je območje zajel v obdobju od 7. do 10. 8. 2016, je drevesa različno poškodoval. Za preverbo naših hipotez smo izbrali dve skupini šestih dreves, starih 55 ± 5 let, primerljivih prsnih premerov (20 ± 1.5 cm), višin (10 ± 1.5 m) in debeline skorje na prsni višini (1.53 ± 0.29 cm). Skupina neprizadetih dreves (H-drevesa / H-trees) ni imela vidnih poškodb debela in krošnje po požaru. Poškodovana drevesa (F-drevesa / F-trees) pa so bila izbrana na podlagi prisotnosti ožganin debela do višine 2 m nad tlemi, izgube listne biomase do višine 7 m ter prisotnosti jesenskih poganjkov.

V rastni sezoni 2017 smo v 7-10 dnevni intervalih posneli listno fenologijo, indeks listne površine (LAI) ter vzeli vzorce listov za analizo njihove izotopske sestave ($\delta^{13}\text{C}$). V različnih obdobjih debelinske rasti in razpoložljivosti vode v tleh smo štirikrat izvedli meritve izmenjave plinov v listih ter meritve njihovega vodnega potenciala vseh proučevanih dreves. V 7-10 dnevni intervalih smo vsem drevesom s Treforjem (Rossi et al. 2006) odvzeli mikroizvrtke premera 2,4 mm z namenom analize sezonskega razvoja floema, kambija in lesa. Novembra 2017 smo s Treforjem vzeli še dodatne vzorce teh tkiv v različnih delih drevesa, in sicer na deblu 1,5 m in 3 m nad temi ter 3 m od konice veje.

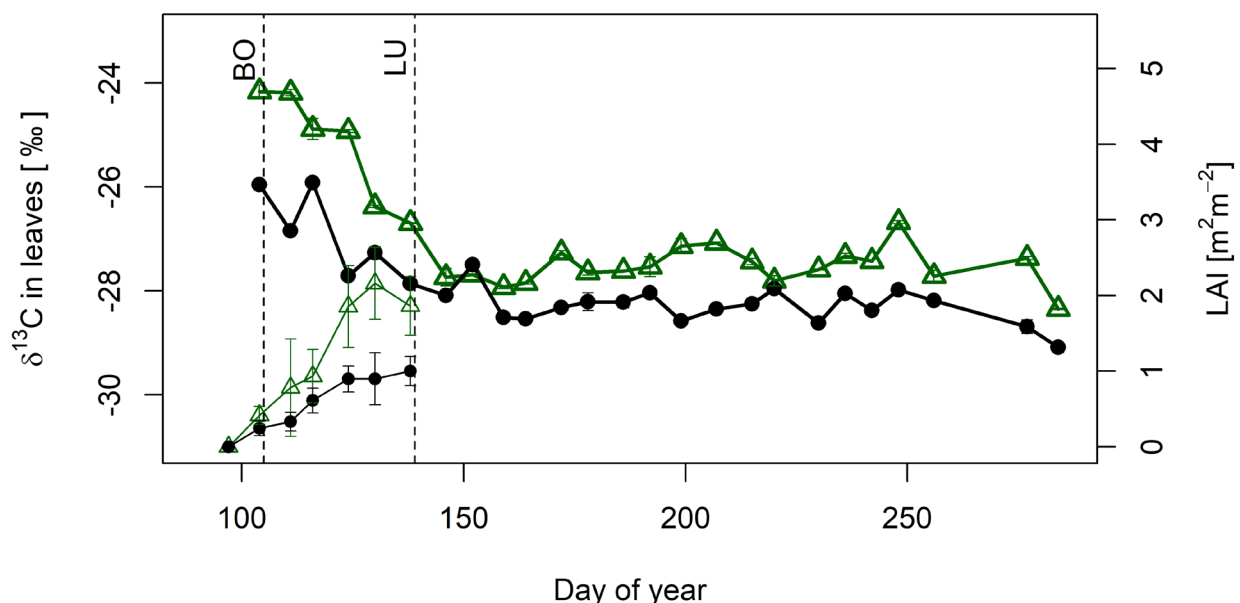
V Laboratoriju za anatomijo lesa na Gozdarskem inštitutu Slovenije smo po ustaljenem postopku pripravili prečne prereze tkiv (Gričar in sod. 2017). Na mikroskopskih preparatih smo analizirali število celic kambija ter širino nastalega lesa in floema. Ocenili smo razvojne faze nastajanja lesa in floema: 1) začetek in zaključek kambijeve celične produkcije, 2) obdobja maksimalne produkcije lesnih in floemskih celic, 3) prehod iz ranega v kasni les in iz ranega v kasni floem ter (4) zaključek nastajanja lesa. Na vzorcih odvzetih iz različnih delov drevesa smo na podlagi popolnoma razvitih lesnih in floemskih tkiv analizirali hidravlične lastnosti prevodnih elementov ranega lesa (traheje) in ranega floema (sitaste cevi). Vpliv požara na hidravlične lastnosti lesa smo ocenili na podlagi anatomije prirastkov zadnjih treh let (2015-2017), s čimer smo zajeli obdobje pred in po požaru. Analizirali smo tangencialni premer trahej ranega lesa (MVD), njihovo površino (MVA) in gostoto (VD; št. celic / 1 mm²). To smo opravili ločeno za prvi venec trahej ranega lesa in skupno za vse ostale traheje ranega lesa. Pri floemu smo analizirali njegov prirastek v letu 2017. Izmerili smo tangencialni premer (MSD) in površino (MSA) 30 naključno izbranih sitastih cevi ranega floema. Vse statistične analize so bile opravljene v okolju R (package nlme) (R Core Team 2018).

Rezultati

Pri obeh skupinah dreves je bil potek razvoja listov primerljiv, hkrati pa je popolnoma razvita krošnja F-dreves dosegla le polovico vrednosti LAI, izmerjene v H-drevesih. Popki so se odprli v prvi polovici aprila, povprečne LAI vrednosti za H-drevesa so bile $0,42 \pm 0,12 \text{ m}^2\text{m}^{-2}$, za F-drevesa $0,25 \pm 0,10 \text{ m}^2\text{m}^{-2}$. Popoln razvoj listov je sledil v sredini maja, s povprečnimi LAI vrednostmi $1,86 \pm 0,39 \text{ m}^2\text{m}^{-2}$ za H-drevesa in $1,00 \pm 0,19 \text{ m}^2\text{m}^{-2}$ za F-drevesa (Slika 1).

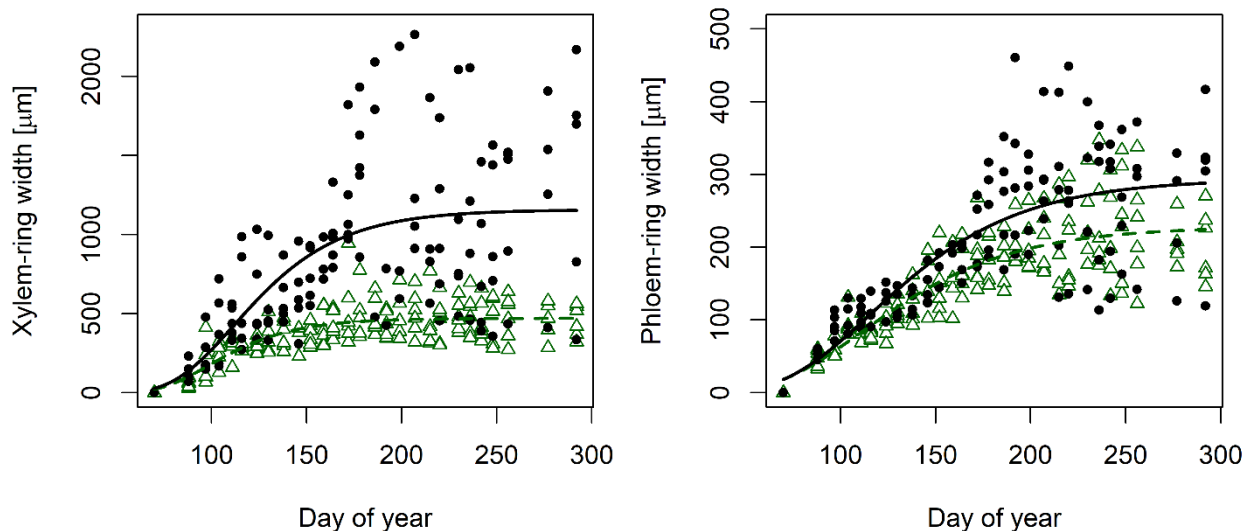
Listje F-dreves je imelo v povprečju bolj negativne $\delta^{13}\text{C}$ vrednosti kot iste H-dreves. Pri obeh skupinah so bile najvišje izmerjene vrednosti $\delta^{13}\text{C}$ v času pojava prvih listov, in sicer med $-24,9\text{‰}$ in $-24,2\text{‰}$ za H-drevesa ter od $-26,9\text{‰}$ do $-25,9\text{‰}$ za F drevesa. V obdobju razvoja listov so vrednosti $\delta^{13}\text{C}$ padle na -28 in -27‰ pri H-drevesih ter na -29 in -28‰ pri F-drevesih. Od tega obdobja naprej do zaključka vzorčenja so bile vrednosti za obe drevesni skupini dokaj stabilne (Slika 1).

Skozi celotno rastno sezono so imela F-drevesa značilno višji vodni potencial in stomatalno prevodnost ter so dosegala višjo stopnjo fotosinteze v primerjavi z H-drevesi.



Slika 1: Sezonsko spreminjanje LAI (tanka črta) in izotopske sestave ogljika ($\delta^{13}\text{C}$, odebeljena črta) za liste H (zeleno) in F (črno) dreves puhastega hrasta v letu 2017. Točke predstavljajo povprečja \pm standardna napaka. BO - odprtje popkov, LU - popoln razvoj listov

Pri vseh drevesih so bili letni prirastki ranega lesa in ranega floema večji na deblu kot na vejah. Pri F-drevesih so bili vsi prirastki lesa in floema večji kot pri H-drevesih. Pri obeh skupinah dreves so bili prirastki v letu 2017 manjši kot v letu 2016. Tako pri F- kot H-drevesih nismo opazili značilnega vpliva požara v dimenzijah trahej ranega lesa. Nasprotno pa so bile dimenzije floemskih sitastih cevi značilno višje pri H-drevesih: 21,4 % večje v deblu in 28,4 % večje v vejah (Slika 2).



Slika 2: Dinamika nastajanja lesa in floema pri H (zeleno) in F (črno) puhastega hrasta v letu 2017. Točke predstavljajo posamezne meritve, polni in črtkani liniji pa prilagojeno Gompertzovo funkcijo.

Diskusija

V požaru 2016 poškodovana drevesa (F-drevesa) so skozi celotno rastno sezono 2017 izkazovala nižje LAI vrednosti kot H-drevesa. Zmanjšana listna površina ima lahko vpliv na razmerje med vezanim ogljikom in porabo vode. Listi v požaru prizadetih dreves imajo zaradi višjega razmerja med koreninami in listi ter med beljavo in listno površino boljši dostop do vode. Istočasno je bila zaradi manjše konkurence (požgana grmovna in zeliščna plast) boljša dostopnost vode F-dreves. Z večjo razpoložljivostjo vode se poveča tudi prevodnost listnih rež in stopnja fotosinteze.

V celotni rastni sezoni so bile $\delta^{13}\text{C}$ vrednosti listov F-dreves nižje kot pri H-drevesih. To bi lahko pripisali dejstvu, da je bil njihov nastanek v celoti odvisen od vezanih ogljikovih hidratov, nastalih v tekoči rasti sezoni, medtem ko je bila vsaj začetna rast nepoškodovanih H-dreves v večji meri odvisna tudi od ogljikovih hidratov, vezanih v poznem poletju in jeseni preteklega leta. Večja prevodnost listnih rež F-dreves je dodatno prispevala k bolj negativnim vrednostim $\delta^{13}\text{C}$, saj višja koncentracija CO_2 v listih omogoča večjo diskriminacijo proti težjemu izotopu ^{13}C .

Opazili smo manjše dimenzije prevodnih celic lesa in floema v vejah kot v deblu, kar sovpada z rezultati drugih raziskav in je delno posledica kompenzacije učinka višine dreves na hidravlični upor (Petit et al. 2010).

Med H- in F-drevesi ni bilo značilnih razlik v dimenzijah trahej ranega lesa, pač pa smo pri F-drevesih opazili pojav til v trahejah ranega lesa 3 tedne prej kot pri H-drevesih. Tile, ki predstavljajo vrastke trahej sosednjih parenhimskih celic v lumne trahej ranega lesa, običajno nastanejo ob koncu rastne sezone (Kitin and Funada 2016), njen predčasni nastanek pri drevesih prizadetih v požaru pa so opazili že v predhodnih študijah (Bigio et al. 2010). Predvideva se, da proces otiljenja sproži hormonski signal iz ožgane krošnje, na kar nakazujejo tudi naši rezultati. Negativen vpliv prezgodnjega nastanka til se kaže pri zmanjšani hidravlični prevodnosti F-dreves, ki so ta pojav kompenzirala z daljšim obdobjem nastajanja lesa in posledično širšo braniko ter večjim deležem kasnega lesa. Traheje kasnega lesa v primeru otiljenih trahej ranega lesa pomembno prispevajo k prevodni funkciji, čeprav je njeno učinkovitost zaradi manjših premerov precej manjša.

Pri F-drevesih so bile dimenzije floemskih prevodnih elementov manjše, hkrati pa je bil prirastek kasnega floema za 50 % večji kot pri H-drevesih. Kasni floem vsebuje veliko celic aksialnega parenhima, ki imajo pomembno vlogo založnega organa za nestrukturirane ogljikove hidrate. Te zaloge so ključnega pomena za preživetje listopadnih dreves v obdobju mirovanja in pri spopadanju s stresnimi situacijami, kot je npr. tudi požar (Martínez-Vilalta et al. 2016).

Razlike med F- in H-drevesi v anatomiji floema bi lahko pripisali manjši listni masi in morebitnim poškodbam starejših sitastih cevi pri F-drevesih. V preteklem letu nastale sitaste cevi imajo namreč pomembno vlogo pri transportu fotoasimatov in drugih biomolekul iz listov do mesta njihove porabe (npr. meristemi, rastoča tkiva) predvsem na začetku nove rastne sezone (Prislan et al. 2018). Hitra obnova sitastih cevi v primeru njihovih poškodb je ključnega pomena za preživetje dreves. Poleg tega floemska (skorjina) tkiva ležijo na zunanji strani kambija in so bolj izpostavljena neposrednim zunanjim vplivom v primerjavi z notranje ležečimi lesnimi celicami. Vse naštetu bi lahko pojasnilo večjo razliko med F-in H-drevesi v anatomiji floema kot pri anatomiji lesa.

Viri

- Veble D in Brečko Grubar V (2016) Pogostost in obseg požarov v naravi na Krasu in v slovenski Istri. *Geografski vestnik*: 88:9–20.
- Schröter D in sod. 2005. Ecosystem service supply and vulnerability to global change in Europe. *Science*: 310:1333–1337.
- Gričar J in sod. 2017. Intra-annual leaf phenology, radial growth and structure of xylem and phloem in different tree parts of *Quercus pubescens*. *European Journal of Forest Research* 136:625–637.
- Gričar J in sod. 2020. Post-fire effects on development of leaves and secondary vascular tissues in *Quercus pubescens*. *Tree physiology* 40(6): 796-809.
- R Core Team. 2018. R: a language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <http://www.R-project.org/>
- Kitin P in Funada R. 2016. Earlywood vessels in ring-porous trees become functional for water transport after bud burst and before the maturation of the current-year leaves. *IAWA* 37(2):315-331.
- Bigio E in sod. 2010. Fire-related features of wood anatomy in a sweet chestnut (*Castanea sativa*) coppice in southern Switzerland. *Trees* 24:643–655.
- Martínez-Vilalta J in sod. 2016. Dynamics of non-structural carbohydrates in terrestrial plants: a global synthesis. *Ecological Monographs* 86:495–516.
- Prislan P in sod. 2018. Intra-annual dynamics of phloem formation and ultrastructural changes in sieve tubes in *Fagus sylvatica*. *Tree Physiology* 39:262–274.

Zahvala

Študija je bila financirana s strani ARRS, programa Mladi raziskovalec (ML), programskih skupin P4-0085 in P4-0107 ter projektov J4-7203 in J4-9297.

Značilnosti zasebnih lastnikov gozdov, ki vplivajo na upravljanje z gozdovi napadenimi s smrekovimi podlubniki po ekstremnih vremenskih razmerah in pri visoki gostoti gostiteljskih dreves

Maarten DE GROOT¹, Jurij DIACI², Kaja KANDARE³, Nike KRAJNC¹, Rok PISEK³, Špela ŠČAP¹, Darja STARE¹, Nikica OGRIS¹

¹Gozdarski inštitut Slovenije, Večna pot 2, 1000 Ljubljana, Slovenija

²Biotehniška fakulteta, Univerza v Ljubljani, Večna pot 83, 1000 Ljubljana, Slovenija

³Zavod za gozdove Slovenije, Večna pot 2, 1000 Ljubljana, Slovenija

E-naslov: maarten.degroot@gozdis.si

POUDARKI

- **Raziskali smo vpliv zasebnih lastnikov gozdov na upravljanje z gozdovi napadenimi s podlubniki glede na njihove značilnosti.**
- **Starost zasebnih lastnikov gozdov, oddaljenost in velikost gozdne parcele, žledolom in gostota dreves navadne smreke so dejavniki, ki so vplivali na pojav prenamnožitev podlubnikov.**
- **Število zasebnih lastnikov gozdov, velikost gozdne posesti, število članov gospodinjstva, žledolom in sanitarna sečnja so dejavniki, ki so vplivali na čas izvedbe sanitarne sečnje v poletnem času.**
- **Velikost gozdne posesti, sanitarna sečnja in medsebojni odnos med oddaljenostjo gozdne parcele, gostoto dreves navadne smreke in žledolomom pa so dejavniki, ki vplivajo na čas izvedbe sanitarne sečnje v zimskem času.**
- **Zasebni lastniki gozdov z omenjenimi značilnostmi potrebujejo več pomoči in podpore pri gospodarjenju z gozdom v primeru prenamnožitve podlubnikov.**

GLAVNO BESEDILO

V zadnjih desetletjih gozdove Evrope in Severne Amerike pesti vedno večje število in intenzivnost prenamnožitve podlubnikov. Upravljanje s podlubniki je neposredno povezano z značilnostmi lastnikov gozdov, čeprav ta odnos ni dobro raziskan. Namen raziskave je bil analizirati vpliv značilnosti zasebnih lastnikov gozdov na količino in čas sanitarne sečnje pod različnimi režimi naravnih ujm in pri različnih količinah prisotnosti dreves navadne smreke. Združili smo različne zbirke podatkov o sanitarni sečnji, času sanitarne sečnje in značilnostih lastnikov gozdov za Slovenijo od leta 2014 do 2018 ter analizirali količino in čas sanitarne sečnje glede na značilnosti lastnikov gozdov. Ugotovili smo, da sta bila čas sanitarne sečnje pozimi in količina sanitarne sečnje pozitivno povezana z oddaljenostjo prebivališča zasebnega lastnika gozda do gozdne parcele. Večje gozdne parcele so bile močnejše prizadete s podlubniki, vendar to ni vplivalo na časovni zamik v izvedbi sanitarne sečnje v poletnem času, kot smo domnevali. Čas sanitarne sečnje se je skrajšal z manjšanjem velikosti posesti, medtem ko je bil pri verjetnosti sanitarne sečnje vpliv velikost posesti odvisen od prizadete površine (zaradi žledoloma) in lesnega zaloga dreves navadne smreke. Velikost naselja, stalni naslov prebivališča zasebnega lastnika gozda in čas sanitarne sečnje so bili pozitivno povezani, odvisni pa so bili tudi od gostote dreves navadne smreke. Spol in starost zasebnih lastnikov gozdov nista imela pomembnega vpliva na količino in čas izvedbe sanitarne sečnje. Zasebni lastniki gozdov so pomemben dejavnik pri učinkovitem upravljanju z gozdovi napadenimi s podlubniki. Naša raziskava izpostavlja značilnosti zasebnega lastništva gozdov, ki so pomembne pri ukrepanju ob pojavu prenamnožitve podlubnikov v razmerah večjih naravnih ujm. Politika bi morala imeti vzrode za dodatno podporo zasebnim lastnikom gozdov, katerih gozdovi predstavljajo večje tveganje za pojav prenamnožitve podlubnikov in so hkrati manj učinkoviti pri njihovem obvladovanju. Poleg tega bi bilo smotno značilnosti zasebnih lastnikov gozdov upoštevati tudi pri napovedovanju pojava prenamnožitev podlubnikov.

VIRI

de Groot M., Diaci J., Kandare K., Krajnc N., Pisek R., Ščap Š., Stare D., Ogris N. 2021. Private Forest Owner Characteristics Affect European Spruce Bark Beetle Management under an Extreme Weather Event and Host Tree Density. *Forests*, 12, 3: 346.

ZAHVALA

Raziskava je bila izvedena s podporo Javne gozdarske službe, ki jo financira Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano in raziskovalnega programa »Gozdna biologija, ekologija in tehnologija« (P4-0107), ki ga financira Javna agencija za raziskovalno dejavnost RS.

Vpliv nadmorske višine na lastnosti lesa smrekovine: preliminarni rezultati

Luka KRAJNC¹, Alojz LIPNIK², Polona HAFNER¹, Jožica GRIČAR¹

¹ Gozdarski inštitut Slovenije, Oddelek za prirastoslovje in gojenje gozda, Večna pot 2, 1000 Ljubljana, Slovenija

² Zavod za gozdove Slovenije, Večna pot 2, 1000 Ljubljana, Slovenija

E-naslov: luka.krajnc@gozdis.si

POUDARKI

- **Nadmorska višina vpliva na debelinski prirastek pri smreki ter na razmerje med ranim in kasnim lesom.**
- **Nadmorska višina značilno vpliva na fizikalne in mehanske lastnosti lesa.**

UVOD

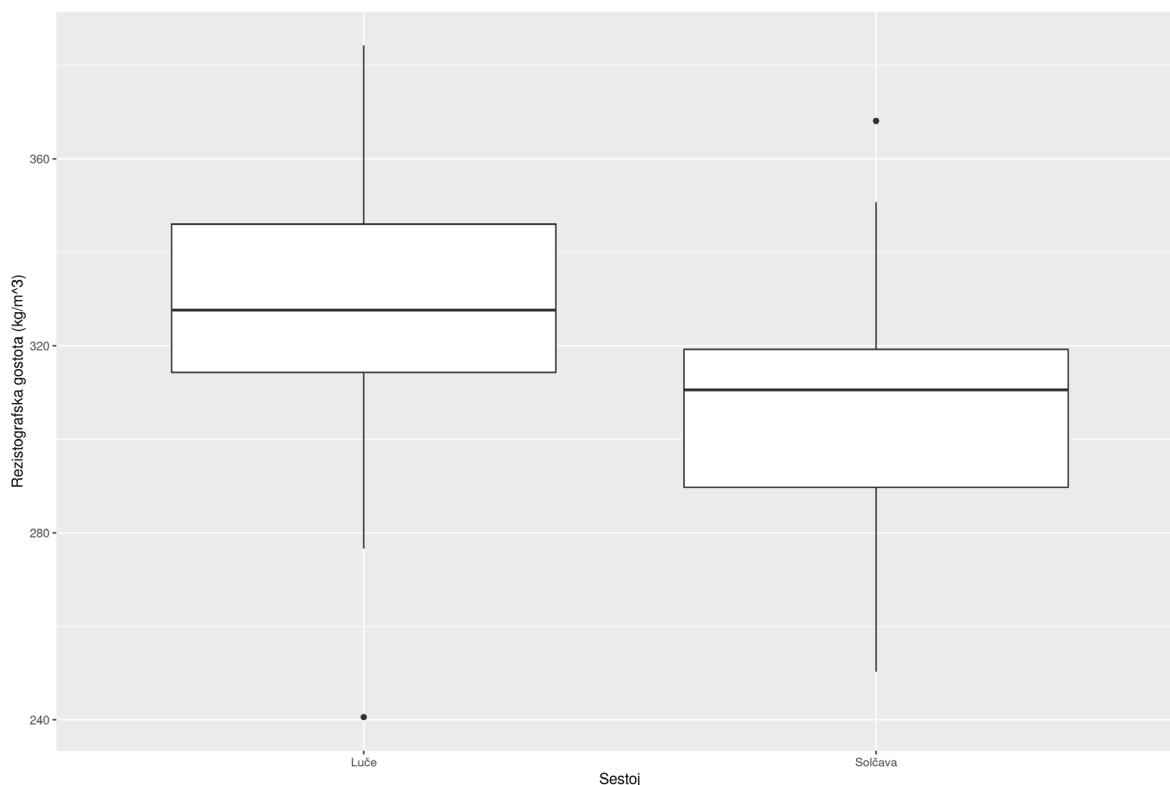
Navadna smreka (*Picea abies* (L.) H. Karst.) je ena izmed številčno najbolj zastopanih drevesnih vrst v Sloveniji ter hkrati ena izmed gospodarsko najpomembnejših vrst (ZGS 2020). V prihodnosti se bo njen delež predvsem na rastiščih izven naravnega areala verjetno zmanjševal zaradi podnebnih sprememb (Hanewinkel et al., 2013) in ekstremnih vremenskih dogodkov, ki ogrožajo njeno odpornost in s tem povečajo dovzetnost oslabljenih dreves za napad podlubnikov ali drugih škodljivih organizmov (de Groot in Ogris, 2019). V Sloveniji je o vplivu zunanjih dejavnikov (npr. nadmorska višina) na lastnosti lesa relativno malo znanega. Pred več kot desetimi leti so se lastnosti t.i. »gorskega lesa« smreke prvič začele sistematično zbirati in preučevati (Lipnik et al., 2009), a se znotraj omenjenega projekta niso opravile dejanske meritve fizikalnih in mehanskih lastnosti lesa z različnih nadmorskih višin. Načeloma velja, da se pri smreki branike ožajo s krajšanjem rastne sezone (Zobel in van Buijtenen, 1989), ki je pod neposrednim vplivom nadmorske višine. Ožje branike naj bi vsebovale večji delež kasnega lesa, posledično naj bi bila gostota lesa višja. Pričujoč prispevek predstavlja delne rezultate raziskave, katere namen je ovrednotiti razlike v fizikalnih in mehanskih lastnostih lesa pri smreki z višje in nižje ležečih rastišč.

MATERIAL IN METODE

Na začetku raziskave smo identificirali dva med seboj primerljiva čista smrekova sestoja na dveh različnih nadmorskih višinah: okolica Luč (»Luče«, ~500 m) in okolica Pavličevega sedla (»Solčava«, ~1500 m). Sestoja sta med seboj primerljiva po prsni premerih, višinah dominantnih dreves ter boniteti rastišča in po načinu gospodarjenja v preteklosti. V obeh sestojih smo na vzorcu 30 dreves izmerili rezistografsko gostoto, t.j. je gostota lesa, določena z vrtnjem tanke igle v stoječe drevo (Krajnc et al., 2020). Sledil je odvzem prirastoslovnih izvrtkov na vzorcu 15 dreves za analizo pretekle rasti. Na podvzorcju petih dreves v posameznem sestoju smo na višini prvega sortimenta (4 m) odvzeli kolot dolžine 40 cm za analizo mehanskih lastnosti lesa. Koloti so bili nato prepeljani na žago, kjer so bili nažagani na deske debeline 24 mm. Deske smo nato posušili do zračno suhega stanja in jih razrezali na majhne, čiste preizkušance brez grč, s presekom 20 mm x 20 mm in dolžine 300 mm. Mehanske lastnosti preizkušancev smo ovrednotili s pomočjo upogibnega tritočkovnega testa, gostoto pa s pomočjo izmerjenih dimenzij ter mase posameznega preizkušanca. Prirastoslovne izvrtke smo obdelali po standardnem dendrokrološkem postopku. Nato smo izvrtke zajeli v računalnik s pomočjo sistema Atrics (Levanič, 2007) ter izmerili širine branik, ranega in kasnega lesa s programom Coorecorder (Cybis Elektronik & Data AB, Saltsjöbaden, Švedska).

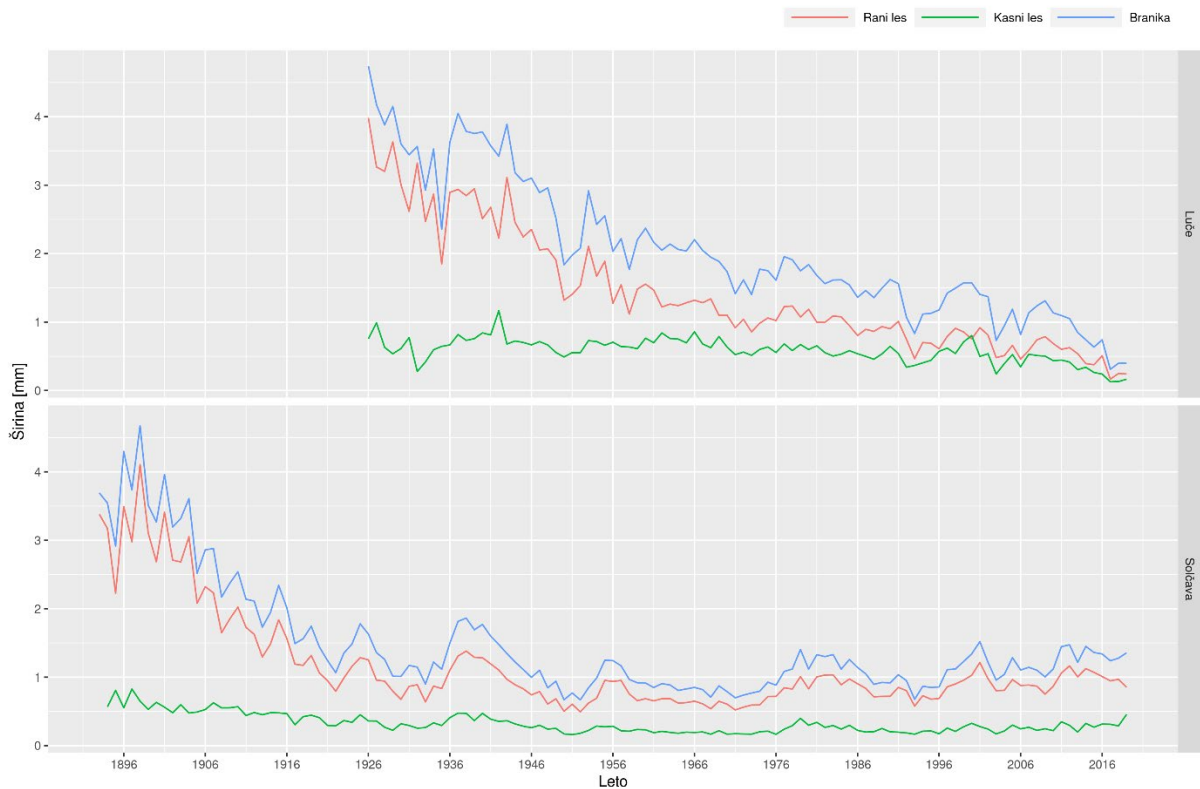
REZULTATI IN RAZPRAVA

Primerjava rezistografske gostote med izbranimi rastiščema je prikazana na Sliki 1. Rezultat je deloma nepričakovan, saj ima nižje ležeče rastišče višje gostote kljub pričakovano širšim prirastkom.



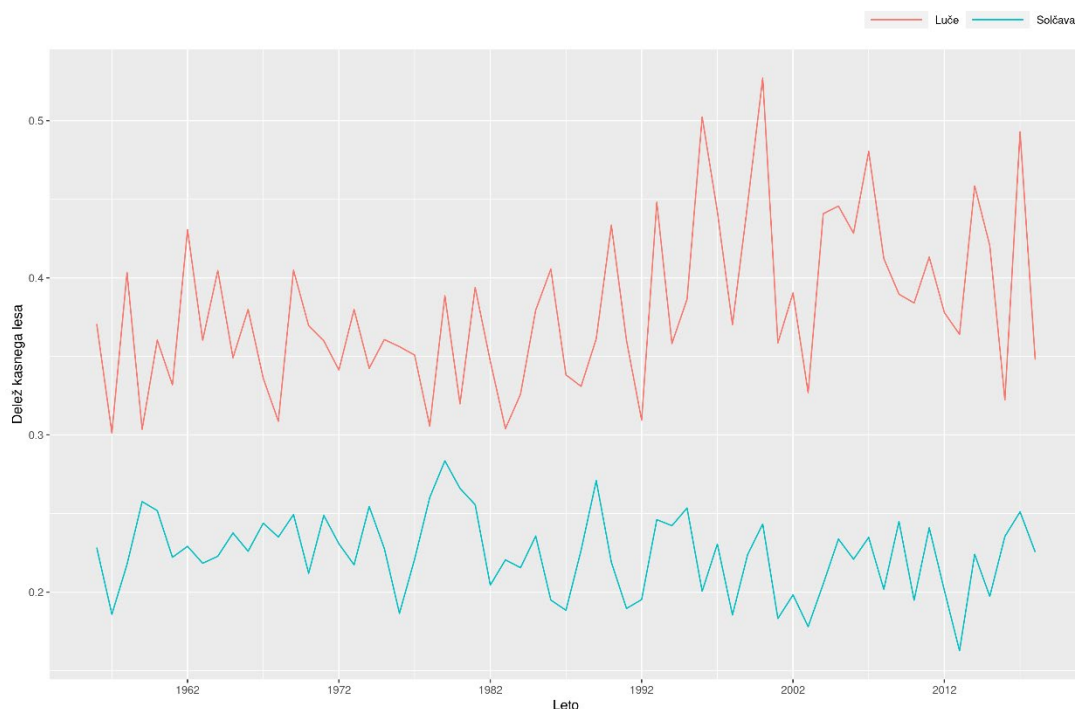
Slika 1: Primerjava rezistografske gostote izbranih sestojev

V nadaljevanju prikazujemo rezultate analize debelinske rasti iz obeh sestojev, Luče in Solčava. Na podlagi izmerjenih širin smo izračunali kronologije na ravni posameznih sestojev za vse tri merjene parametre, ki so prikazane na Sliki 2. Iz le-te je razvidno, da je sestoj v Lučah mlajši kot sestoj v Solčavi, hkrati pa so bili v Lučah izmerjene višje povprečne vrednosti prirastka (1,48 mm) kot v Solčavi (1,06 mm). Enako razmerje je bilo opaženo pri absolutnih širinah kasnega lesa (0,54 v Lučah in 0,24 mm v Solčavi). Opazna je tudi različna heterogenost debelinske rasti med sestojema, tako v širinah branik kot v širinah kasnega lesa. Ta je eden izmed boljših pokazateljev kakovosti lesa, saj ima velik vpliv na celokupno vrednost gostote lesa. V obeh primerih je bil višji koeficient variacije izmerjen v Lučah (32% pri branikah in 30% pri kasnem lesu) kot v Solčavi (21% pri branikah in 23% pri kasnem lesu). Zanimivo je, da je variacija širin kasnega lesa v Lučah za kar 30% večja kot v Solčavi, kar je verjetno neposredna posledica bolj homogenih rastnih razmer ter krajše rastne sezone na slednjem rastišču.

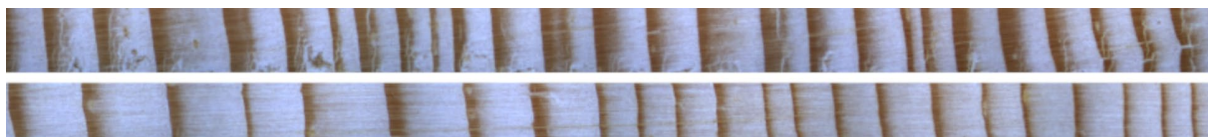


Slika 2: Širina branik, ranega in kasnega lesa, kronologije za posamezna rastišča.

Med sestojema se je razlikoval tudi delež kasnega lesa v branikah, kar prikazujemo na Sliki 3, primer fotografij niza branik dveh smrek z različnih rastišč je prikazan na Sliki 4. Pri prikazu na Sliki 3 smo zaradi preglednosti odstranili obdobje prisotnosti juvenilnega lesa (prvih cca. 25 let rasti dreves). V Lučah je povprečni delež kasnega lesa v branikah znašal 38%, v Solčavi pa 22%. Koeficient variacije je bil prav tako nižji v Solčavi, kar nakazuje na večjo homogenost rasti. Višji delež kasnega lesa tako pojasnjuje višjo izmerjeno gostoto na nižje-ležečem rastišču. Za podrobnejšo analizo pa bo potrebno v raziskavo vključiti še več dodatnih rastišč in in testirati tudi mehanske lastnosti. Te so pod relativno velikim vplivom homogenosti rasti in glede na opaženo razliko med sestojema pričakujemo, da bodo vrednosti elastičnega modula in upogibne trdnosti vsaj deloma naraščale z nadmorsko višino.



Slika 3: Delež kasnega lesa v zrelem lesu, primerjava med rastišči.



Slika 4: Primer branik dveh izbranih dreves, zgoraj Luče, spodaj Solčava

Rezultatov primerjave mehanskih lastnosti med rastišči v prispevku ne prikazujemo, saj so meritve še v teku. Pričakovano bodo rezultati na voljo do konference, kjer bodo tudi premierno predstavljeni.

VIRI

- de Groot, M., Ogris, N., 2019. Short-term forecasting of bark beetle outbreaks on two economically important conifer tree species. *Forest Ecology and Management* 450, 117495. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2019.117495>
- Hanewinkel, M. et al. 2013. Climate change may cause severe loss in the economic value of European forest land, *Nature Climate Change*, 3 (3). doi: 10.1038/nclimate1687.
- Levanič, T., 2007. Atrics – A New System for Image Acquisition in Dendrochronology. *Tree-Ring Research* 63, 117–122. <https://doi.org/10.3959/1536-1098-63.2.117>
- Lipnik, A., Medved, M., Torelli, N., Robek, R., Poličnik, T., Slapnik, M., 2009. Solčavski gorski les : študija o značilnostih in prednostih solčavskega gorskega lesa ter njegovi uporabnosti. Gozdarski inštitut Slovenije, Ljubljana, Slovenia.
- Krajnc L., Hafner P., Gričar J., Simončič P.: Umerjanje rezistografskih meritev gostote lesa na stoječih drevesih: pretvorba v osnovno gostoto; *Gozdarski vestnik*, 78/2020, št. 13.
- Zavod za gozdove Slovenije. 2020. Poročilo Zavoda za gozdove Slovenije o gozdovih za leto 2019; Zavod za gozdove Slovenije: Ljubljana, 123 strani.
- Zobel, B., van Buijtenen, J., 1989. *Wood Variation Its causes and Control*. Springer-Verlag, Berlin.

ZAHVALA

Študija je bila financirana v okviru Ciljnega raziskovalnega projekta V4-2017, programske skupine P4-0107 in projekta WOOLF (Les in leseni izdelki v življenjski dobi; javni razpis Spodbujanje izvajanja raziskovalno-razvojnih projektov (TRL 3-6); prednostno področje S4: Pametne stavbe in dom z lesno verigo).

Biolška odpornost lesa po naravnem in umetno pospešenem staranju

Eli KERŽIČ¹, Miha HUMAR¹

¹ Oddelek za lesarstvo, Biotehniška fakulteta, Univerza v Ljubljani, Jamnikarjeva 101, 1000 Ljubljana, Slovenija

E-naslov: eli.kerzic@bf.uni-lj.si

POUDARKI

- **Naravna odpornost posamezne lesne vrste pomembno vpliva na možnosti njene uporabe.**
- **Staranje lesa v zunanjih pogojih in umetno pospešeno staranje povzročata očitne spremembe v biološki odpornosti lesa.**
- **Zaradi izpiranja naravno prisotnih biološko aktivnih snovi se odpornim lesnim vrstam s staranjem lahko odpornost znatno zmanjša. Obstaja dobra korelacija med izgubo mase zaradi staranja in izgubo mase pri kasnejšem glivnem razkroju.**
- **Z modifikacijo lesa in vnašanjem biocidov lahko dalj časa ohranimo visoko odpornost proti škodljivcem kot pri neobdelanih odpornih lesnih vrstah. Obe vrsti obdelave delujeta sinergistično.**

UVOD

Naravni materiali, med katere uvrščamo tudi les, so na prostem izpostavljeni številnim dejavnikom, ki povzročajo njihov razkroj. Z vidika kroženja snovi v naravi je to željen proces, kadar tak material uporabljamo v izdelkih, se mu želimo izogniti oziroma ga vsaj upočasniti. Klasično se v ta namen uporablja bolj odporne tropske lesne vrste ali se v manj odporen les vnaša biocide, katerih uporaba je zaradi skrbi za okolje in zdravje vedno bolj omejena. Evropske lesne vrste v večini niso dobro odporne proti razkroju (CEN 2016), zato je potrebno boljše razumeti njihove lastnosti in/ali razviti alternativne postopke obdelave za izboljšanje njihovih relevantnih lastnosti (npr. modifikacija lesa (Rep in sod. 2012)).

Standard EN 350 (CEN 2016) definira naravno odpornost kot dovzetnost lesa v naravnem zdravem stanju za škodljivce. Večina testov odpornosti je bila do sedaj izvedena na sveže posekanem lesu. Les v uporabi (predvsem zunanji) je izpostavljen tudi drugim biotskim in abiotskim dejavnikom. Le-ti povzročajo spremembe v kemični in morfološki strukturi površine lesa, nastanek razpok po celotnem materialu ter izpiranje biološko aktivnih snovi, kot so naravno prisotni ekstraktivi ali biocidi, ki jih v les vnesemo z impregnacijo. Med ekstraktive uvrščamo veliko različnih spojin. Glede na njihovo polarnost jih lahko razdelimo na lipofilne in hidrofilne ekstraktive, torej spojine, topne v nepolarnih in polarnih topilih. Te spojine, predvsem tiste s polifenolnim značajem, s svojimi antioksidativnimi, protimikrobnimi in fungicidnimi lastnostmi pomembno vplivajo na odpornost lesa proti razkroju (Vek in sod. 2020). Ker so te snovi podvržene izpiranju, se lahko sčasoma njihov učinek zmanjša ter se posledično omogoči razkroj.

Cilj študije je bil razjasniti vpliv naravnega in umetno pospešenega staranja na klasifikacijo trajnosti po EN 350 (CEN 2016). Poleg tega nas je zanimala korelacija med izgubo mase povzročene s staranjem in izgubo mase zaradi delovanja testne glive – *Gloeophyllum trabeum* (Keržič in Humar 2021).

MATERIAL IN METODE

V raziskavo smo vključili enajst različnih materialov. Uporabili smo izbrane komercialno pomembne evropske lesne vrste (Preglednica 1) in iz njih pripravili orientirane vzorce dimenzij 1,5 cm × 2,5 cm × 5,0 cm, skladno s standardom EN 113 (CEN 2006), za vsak material in postopek staranja po pet ponovitev. Nekatere materiale smo termično modificirali (Silvapro® postopek (Rep in sod. 2012)) in/ali impregnirali s komercialnim baker-etanolaminskim zaščitnim pripravkom (Silvanolin, Silvaprodukt) (Preglednica 1). Impregnacija je bila izvedena s postopkom polnih celic (30 min podtlaka (8 kPa), 120 min nadtlaka (900 kPa), 15 min podtlaka (8 kPa) in 20 min potapljanja pri sobnih pogojih).

Preglednica 1: Materiali in postopki obdelave materialov

Lesna vrsta	Latinsko ime	Postopek obdelave		Oznaka
		Termična modifikacija	Cu-EA	
Smreka	<i>Picea abies</i>	230 °C		Pa PaTm
			0,5 %	PaCu
Rdeči bor (beljava)	<i>Pinus sylvestris</i>	230 °C		PaTmCu PsS
			0,5 %	PsH
Evropski macesen	<i>Larix decidua</i>			Ld
Bukev	<i>Fagus sylvatica</i>	215 °C		Fs
Hrast	<i>Quercus sp.</i>			FsTm
Kostanj	<i>Castanea sativa</i>			Q Cs

Vzorci smo izpostavili dvema vrstama staranja, umetno pospešenemu in naravnemu. Pri slednjem smo jih izpostavili na testnem polju Oddelka za lesarstvo, Biotehniške fakultete. Izpostavitve je ustrezala pogojem v 3. razredu izpostavitve (nad tlemi, nepokrito, pogosto močenje) (CEN 2013) ter trajala 9 (Out-A), 18 (Out-B) in 27 mesecev (Out-C). Umetno pospešeno staranje smo izvedli v komori (ATLAS UP, Suntest XXL+, Linsengericht, Nemčija), ki je bila nastavljena na najostrejšje pogoje, v skladu s prilagojenim standardom SIST EN ISO 16474-2 (2014). Z vzpostavljenimi pogoji smo simulirali vremenske vplive na prostem brez vpliva biotskih dejavnikov, saj močno UV sevanje omejuje rast gliv. Vzorci so bili 1000 ur izpostavljeni izmeničnim ciklom UV-sevanja (0,35 W/m²; 102 min) in umetnega dežja (18 min) (pri 38 °C in relativni zračni vlažnosti 68 %). Po koncu izpostavitve smo vzorcem določili izgubo mase zaradi delovanja vremenskih dejavnikov.

Za oceno biološke odpornosti smo kontrolne in starane vzorce izpostavili glivi rjave trohnobe – navadni tramovki (*Gloeophyllum trabeum*). Test je potekal na trdnem gojišču iz krompirjevega glukoznega agarja (PDA-DIFCO), po modificiranem postopku CEN/TS 15083-1 (CEN 2005). Inkubacija je trajala 16 tednov (25 °C in 80 % relativne zračne vlažnosti). Na podlagi podatkov o povprečni spremembi mase smo posamezne različno starane materiale v skladu z EN350 (CEN 2016) razvrstili v odpornostne razrede.

REZULTATI IN RAZPRAVA

Najosnovnejši pokazatelj sprememb materiala zaradi delovanja vremenskih dejavnikov je sprememba mase. Po naravnem ali umetno pospešenem staranju so v povprečju nastale relativno velike izgube mase (Preglednica 2), ki so domnevno predvsem posledica izpiranja ekstraktivnih snovi ter delno mikrobne razkroja in degradacije lahko dostopnih sladkorjev. Na podlagi melaminskih madežev na površini razkrojenega lesa, ki jih zlahka opazimo pod mikroskopom, je bilo mogoče zaznati tudi kolonizacijo gliv modrivk. Izguba mase se je s časom staranja povečala. Na primer, izguba mase kostanja (Cs) se je iz 2,5 % po 9 mesecih staranja (Out-A) povečala na 5,7 % po 27 mesecih staranja (Out-C). Največje izgube mase smo opazili pri macesnu (Ld), ki je v 27 mesecih izgubil 7,5 % prvotne mase (Out-C), najmanjše pa pri vzorcih smreke (Pa) in beljave bora (PsS), ki so imeli po 27 mesecih staranja (Out-C) v povprečju 3,0 % izgube mase. Izguba mase termično modificiranega lesa je bila večja kot pri nemodificiranih kontrolah, kar je verjetno posledica izpiranja delno razgrajenih komponent celične stene. Prav tako je velike izgube mase povzročilo umetno pospešeno staranje. Izgube so bile primerljive z 9–18 meseci naravnega staranja.

Preglednica 2: Vpliv naravnega (Out) in umetno pospešenega staranja (AAW) na izgubo mase vzorcev

Material ^a	Postopek staranja				
	Kontrola	Out-A	Out-B	Out-C	AAW
	Izguba mase (%) ^b				
Pa	0,0 (a)	1,1 (b)	2,2 (c)	3,0 (c)	2,9 (c)
PaCu	0,0 (a)	3,7 (b)	4,9 (c)	5,1 (c)	4,1 (b)
PaTm	0,0 (a)	1,8 (b)	2,3 (b)	3,2 (c)	2,8 (b,c)
PaTmCu	0,0 (a)	3,8 (b)	5,6 (c)	6,0 (c)	5,9 (c)
PsS	0,0 (a)	1,8 (b)	2,9 (c)	3,3 (c)	2,5 (b,c)
PsH	0,0 (a)	1,4 (b)	2,0 (b,c)	3,0 (c)	2,6 (b,c)
Ld	0,0 (a)	5,1 (b)	7,3 (c)	7,5 (c)	4,2 (b)
Fs	0,0 (a)	1,6 (b)	3,9 (c)	7,3 (d)	2,8 (c)
FsTm	0,0 (a)	1,8 (b)	3,5 (b,c)	5,8 (c)	2,9 (b,c)
Q	0,0 (a)	3,2 (b)	4,0 (b)	5,4 (c)	4,6 (b,c)
Cs	0,0 (a)	2,5 (b)	4,3 (b,c)	5,7 (c)	3,2 (b)

^a Legenda uporabljenih materialov se nahaja v Preglednici 1.

^b Različne črke označujejo statistično značilne razlike med obravnavanji pri 95,0 % zaupanju.

Navadna tramovka, ki smo jo uporabili za test biološke odpornosti lesa, je ena najpogostejših gliv rjave trohnobe v Srednji Evropi, ki razkrajata predvsem les iglavcev ter razgradi tudi les listavcev. Izgube mase kontrolnih, netrajnih lesnih vrst smreke, bora in bukve so presegle 30 %, kar dokazuje, da je bila gliva vitalna in je lahko razkrajala les (CEN 2005). Izgube mase drugih lesnih vrst so bile bistveno manjše. Pri kontrolnih PaCu, PaTm, PaTmCu, FsTm, Cs in Q so bile pod 3 %, kar standard definira kot zanemarljivo izgubo mase (CEN 2005). Nekoliko višje izgube mase sta imela les macesna (Ld; 5,5 %) in jedrovina bora (PsH; 6,0 %), vendar ju kljub temu lahko uvrstimo med vrste z dobro naravno odpornostjo proti preizkušeni glivi (Preglednica 3).

Preglednica 3: Vpliv naravnega (Out) in umetno pospešenega staranja (AAW) na srednjo izgubo mase vzorcev, v laboratorijskih pogojih izpostavljenih glivi rjave trohnobe *Gloeophyllum trabeum*

Material ^a	Postopek staranja				
	Kontrola	Out-A	Out-B	Out-C	AAW
	Izguba mase (%) ^b				
Pa	42,6 (a)	39,1 (a)	40,9 (a)	32,2 (b)	31,2 (b)
PaCu	0,2 (a)	1,0 (a)	1,2 (a)	3,6 (b)	0,5 (a)
PaTm	0,3 (a)	4,1 (b)	10,3 (c)	9,2 (c)	1,6 (a,b)
PaTmCu	0,5 (a)	0,5 (a)	0,3 (a)	0,6 (a)	0,7 (a)
PsS	42,6 (a)	32,3 (a,b)	24,7 (a)	37,6 (b)	24,6 (a)
PsH	6,0 (a)	28,1 (b)	42,3 (c)	40,8 (c)	28,3 (b)
Ld	5,5 (a)	8,7 (b)	10,0 (b)	11,1 (b)	9,2 (b)
Fs	38,4 (a)	35,9 (a)	40,2 (a)	44,3 (a)	36,2 (a)
FsTm	1,9 (a)	1,3 (a)	7,7 (b)	16,2 (c)	1,4 (a)
Q	0,9 (a)	1,5 (a)	3,5 (a,b)	6,9 (c)	2,0 (a)
Cs	1,0 (a)	8,8 (b)	15,4 (c)	17,9 (c)	7,2 (b)

^a Legenda uporabljenih materialov se nahaja v Preglednici 1.

^b Različne črke označujejo statistično značilne razlike med obravnavanji pri 95,0 % zaupanju.

Pri predhodno staranih materialih so se pokazali trije različni vzorci odziva na delovanje testne glive. Samo termično modificirani in hkrati z bakrom impregnirani vzorci so po 27 mesecih naravnega staranja ohranili svojo naravno odpornost. To lahko pripišemo sinergijskemu učinku termične modifikacije lesa in biocidov, o katerem so že poročali po petih letih testiranja na prostem (Humar in

sod. 2019). Drugi vzorec smo opazili pri relativno odpornih lesnih vrstah (Q, Cs, Ld, PSH), termično modificiranem lesu (PaTm, FsTM) in lesu, impregniranem z bakrovim pripravkom (PaCu). Odpornost vseh teh materialov se je po delovanju vremenskih vplivov zmanjšala. Zmanjšanje odpornosti je bilo najbolj opazno pri lesu kostanja. Pri kontrolnih vzorcih je izguba mase znašala 1,0 %, medtem ko se je s časom staranja povečala. 27 mesecev staran les kostanja (Out-C) je po izpostavitvi glivi rjave trohnobe izgubil 17,9 % mase (Preglednica 3). Spremembe v trajnosti je verjetno mogoče pripisati izpiranju ekstraktivnih snovi med delovanjem vremenskih vplivov (5,7 %; Out-C) (Preglednica 2). Obstaja tudi dobra statistična korelacija ($r = 0,7978$; $p < 0,0001$) med izgubo mase zaradi staranja in izgubo mase zaradi razkroja z glivo rjave trohnobe. Podobno povezavo smo ugotovili tudi pri drugih lesnih vrstah, ki vsebujejo biološko aktivne ekstraktive, kot so jedrovine macesna, rdečega bora in hrasta. Pri neodpornih lesnih vrstah bukvi, smreki in beljavi rdečega bora smo opazili tretji vzorec. Glivni razkroj teh lesnih vrst je bil bistveno večji kot pri drugih preizkušanih materialih. Izguba mase starane beljave bora in smreke je bila v povprečju manjša od izgube mase kontrolnih vzorcev. Nismo popolnoma prepričani, vendar sklepamo, da je to lahko posledica prisotnosti drugih gliv ali bakterij v lesu, ki bi lahko antagonistično vplivale na rast gliv rjave trohnobe ali izpiranja hranil. Učinek umetno pospešenega staranja je bil primerljiv z 9 meseci naravnega staranja.

Na podlagi mediane izgube mase standard EN 350 (CEN 2016) omogoča razvrščanje lesa v 5 razredov odpornosti. Kot je bilo pričakovano, smo rdeči bor, smreko in bukev uvrstili med neodporne vrste (DC 3). Ta razvrstitev je ostala razmeroma nespremenjena tudi po staranju, z izjemo beljave rdečega bora, ki smo ga po 18 mesecih naravnega staranja ali umetno pospešenem staranju uvrstili v DC 4 (Preglednica 4). Nasprotno se je odpornost naravno odpornih jedrovin znatno zmanjšala. Na primer, jedrovino macesna, ki smo jo sprva uvrstili med odporne vrste (DC 2), smo po določenem času staranja (Out-C) uvrstili med zmerno odporne vrste (DC 3). Še bolj opazno zmanjšanje odpornosti smo zaznali pri jedrovini rdečega bora, ki se je s staranjem zmanjšala iz DC2 na DC5 (neodporen les). Primerljive rezultate smo dobili tudi pri jedrovini kostanja (sprememba iz DC1 na DC4). Odpornost se je zmanjšala tudi termično modificiranemu lesu, vendar manj opazno kot pri kostanju. Klasifikacija jedrovine hrasta (Q) in lesa, impregniranega z bakrovim pripravkom, v odpornostne razrede je s staranjem ostala nespremenjena (Preglednica 4). Sklepamo, da so, kljub izpiranju, ekstraktivi ali baker ostali v lesu in tako zagotovili dobro odpornost.

Preglednica 4: Razvrstitev v razrede odpornosti na osnovi EN 350 (CEN, 2016)

Material ^a	Postopek staranja				
	Kontrola	Out-A	Out-B	Out-C	AAW
Pa	5	5	5	5	5
PaCu	1	1	1	1	1
PaTm	1	1	3	2	1
PaTmCu	1	1	1	1	1
PsS	5	5	4	5	4
PsH	2	4	5	5	4
Ld	2	2	2	3	2
Fs	5	5	5	5	5
FsTm	1	1	2	3	1
Q	1	1	1	2	1
Cs	1	2	3	4	2

^a Legenda uporabljenih materialov se nahaja v Preglednici 1.

Če na kratko povzamemo vpliv staranja na odpornost lesa, sta tako naravno kot tudi umetno pospešeno staranje povzročila izpiranje ekstraktivov iz lesa, kar je negativno vplivalo na njegovo odpornost. Spremembe so bile najbolj opazne pri termično modificiranem lesu, jedrovini bora, macesna in kostanja.

VIRI

- CEN, 2005. European Standard CEN/TS 15083-1, Durability of wood and wood-based products. Determination of the natural durability of solid wood against food-destroying fungi, test methods. Basidiomycetes
- CEN, 2013. European standard EN 335, Durability of wood and wood-based products - Use classes: definitions, application to solid wood and wood-based products. 18
- CEN, 2016. European Standard EN 350, Durability of wood and wood-based products. Testing and classification of the durability to biological agents of wood and wood-based materials
- Humar M, Kržišnik D, Lesar B, Brischke C. 2019. The performance of wood decking after five years of exposure: Verification of the combined effect of wetting ability and durability. *Forests*, 10(10). <https://doi.org/10.3390/f10100903>
- Keržič E, Humar M. 2021. Studies on the material resistance and moisture dynamics of wood after artificial and natural weathering. *Wood Material Science & Engineering* 0(0), 1–7. <https://doi.org/10.1080/17480272.2021.1902388>
- SIST EN ISO 16474-2 (2014) Barve in laki - Metode izpostavljanja laboratorijskim virom svetlobe, 2. del: Ksenonske obločne svetilke
- Rep G, Pohleven F, Kosmerl S. 2012. Development of the industrial kiln for thermal wood modification by a procedure with an initial vacuum and commercialisation of modified Silvapro wood. In: D. Jones, H. Militz, M. Petrič, F. Pohleven MH and MP (ed) *Proceedings of the 6th European Conference on Wood Modification*. University of Ljubljana, Ljubljana, pp 11–17
- Vek V, Poljanšek I, Humar M, Willför S, Oven P. 2020. In vitro inhibition of extractives from knotwood of Scots pine (*Pinus sylvestris*) and black pine (*Pinus nigra*) on growth of *Schizophyllum commune*, *Trametes versicolor*, *Gloeophyllum trabeum* and *Fibroporia vaillantii*. *Wood Science and Technology*. 54: 1645-1662.

ZAHVALA

Prispevek je rezultat več med seboj povezanih projektov, ki jih je financirala Javna agencija za raziskovalno dejavnost Republike Slovenije (ARRS): P4-0015 – Programska skupina les in lignocelulozni kompoziti, 0481-09 Infrastrukturni center za pripravo, staranje in terensko testiranje lesa ter lignoceluloznih materialov (IC LES PST 0481-09) in program za usposabljanje mladih raziskovalcev (Eli Keržič). Del raziskav je bil podprt tudi s projektom, financiranim v okviru skupnega programa EU Ministrstva za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano ter Slovenske raziskovalne agencije (V4-2017).

Uporaba novih postopkov zaščite lesa za izdelavo trajnejše lesene strešne kritine

Davor KRŽIŠNIK¹, Andraž AMBROŽIČ¹, Miha HUMAR¹, Boštjan LESAR¹

¹ Biotehniška fakulteta, Univerza v Ljubljani, Jamnikarjeva 101, 1000 Ljubljana, Slovenija

E-naslov: davor.krzisnik@bf.uni-lj.si

POUDARKI

- Lesene strešne kritine so tradicionalni arhitekturni element, ki se še vedno uporablja predvsem v alpskem svetu.
- Odpornost proti navlaževanju žaganih in cepljenih skodel je primerljiva.
- Les, ki ima boljšo odpornost proti navlaževanju, ima tudi daljšo življenjsko dobo.
- Uporaba novih postopkov zaščite lesa lahko izboljša izbrane lastnosti skodel in podaljša življenjsko dobo izdelka.
- Testiranje na terenskem polju Oddelka za lesarstvo se bo še nadaljevalo.

UVOD

Lesene strešne kritine so tradicionalni arhitekturni element v Sloveniji, ki se je in se še vedno uporabljaja predvsem v alpskem svetu. O leseni strešni kritini je pisal že Janez Vajkard Valvasor, ki je zapisal, da so bile poleg slamnatih streh tisti čas najpogostejše lesene strehe (Šarf 1976). Skodla je glavni gradbeni element lesenih streh. S tem izrazom označujemo cepljeno smrekovo, jelovo ali macesnovo deščico, ki se uporablja kot strešna kritina.

V tem prispevku so med seboj primerjani različni načini priprave skodel ter tudi kako uporaba novejših postopkov zaščite lesa vpliva na lastnosti lesene strešne kritine.

MATERIALI IN METODE

Za pripravo skodel smo uporabili les smreke (*Picea abies*). Uporabili smo žagan in cepljen smrekov les ter termično modificiran smrekov les. Izdelali smo vzorce dveh dimenzij, in sicer večje vzorce s presekom 150 × 15 mm² in dolžine 1 m (po en vzorec). Ter manjše vzorce, ki so imeli presek čela 100 × 15 mm² in dolžine 195 mm (po 10 vzorcev). Termična modifikacija je bila izvedena po komercialnem postopku Silvapro® (Silvaprodukt, Slovenija) z najvišjo doseženo temperaturo 220 °C. Del žaganih skodel je imel na spodnji strani tudi utore, izdelane z rezkanjem. Utori so bili 5 mm globoki in med seboj razmaknjeni 2 cm. Nekatere vzorce smo po pripravi površinsko zaščitili z baker-etanolaminskim pripravkom (c_{Cu} = 0,25 %), tako da smo čela potopili v pripravek za 10 minut, ostale površine pa so bile trikrat premazane s čopičem, čas med nanosi je bil 30 minut, da se je površina deloma osušila. Drug tip površinske obdelave je bil s 5 % suspenzijo montanskega voska. Čela vzorcev so bila potopljena v suspenzijo voska 10 minut, sledilo je ploskovno premazovanje vzorcev s čopičem in sušenje 2 uri pred drugim, končnim nanosom. Po zračnem sušenju z montanskim voskom premazanih vzorcev je sledilo razlivanje voska s fenom za vroči zrak GHG 23-66 Bosch Professional, s katerim smo z zrakom segretim do 180 °C stalili vosek (**Napaka! Vira sklicevanja ni bilo mogoče najti. in Napaka! Vira sklicevanja ni bilo mogoče najti.**).

Preglednica 2: Oznake in opisi postopkov priprave vzorcev skodel.

Oznaka vzorcev	Postopek priprave vzorcev
Za	Žagana skodla
ZaUt	Žagana skodla z rezkanimi utori na spodnji strani
ZaCu	Žagana skodla površinsko zaščitena z baker-etanolaminskim pripravkom
TmCu	Termično modificirana skodla površinsko zaščitena z baker-etanolaminskim pripravkom
TmW	Termično modificirana skodla površinsko zaščitena s suspenzijo montanskega voska
Ce	Cepljena skodla
CeW	Cepljena skodla površinsko zaščitena s suspenzijo montanskega voska

Izpostavitev vzorcev dejavnikom razkroja na prostem

Večje in manjše vzorce smo po pripravi izpostavili naravnim procesom staranja na terenskem polju Oddelka za lesarstvo. Vzorce smo pritrdili na stojali, ki sta bili orientirani proti jugu, z naklonom 45°. Izpostavitev na prostem se je začela 21. 5. 2020.

Monitoring vlažnosti lesa na prostem

Na prvo stojalo smo pritrdili po en večji vzorec (skupaj 8 vzorcev) in zaščitili zgornje čelo pred padavinami in ostalimi vremenskimi vplivi (**Napaka! Vira sklicevanja ni bilo mogoče najti.**, desno). Vzorce smo opremili s senzorjema za merjenje temperature in relativne zračne vlažnosti. Vlažnost lesa smo merili vsakih 12 h z električno uporovno metodo, z izoliranimi elektrodami. Podrobnejši opis monitoringa vlažnosti je opisan v Kržišnik in sod. (2018).

Spremljanje prisotnosti gliv na površini lesa

Na drugem stojalu smo izpostavili po pet manjših vzorcev (skupaj 40 vzorcev). Na manjših vzorcih smo v tedenskih intervalih ocenjevali površino vzorcev in spremljali prisotnost gliv. To smo opravili po dveh različnih metodah, in sicer po standardni preskusni metodi ASTM D3273-12 (2012), kjer smo obarvanosti površine ocenjevali z lestvico od 0 do 5 in po metodi, ki jo predlaga Johansson s sodelavci (2012). Pri tej metodi smo uporabili lestvico z ocenami med 0 in 4.



Slika 2: Izpostavitveni stojali za vzorce lesa. Levo: po pet manjših vzorcev za spremljanje prisotnosti gliv na površini lesa. Desno: stojalo z večjimi vzorci za spremljanje vlažnosti lesa na prostem.

Laboratorijski preskusi**Stični kot destilirane vode s površino lesa**

Hidrofobnost površine lesa smo določali z meritvami stičnega kota destilirane vode na površini vzorcev lesa. Za meritve smo uporabili optični goniometer Theta (Biolin Scientific, Oy, Finska). Merili smo dinamično spreminjanje stičnega kota v času 60 s. Na vsak vzorec smo nanesti po tri kapljice, torej smo za posamezen pripravljen material opravili 15 meritev. Meritve smo po treh mesecih izpostavitve na prostem ponovili pri enakih pogojih.

Potapljanje vzorcev in navzem destilirane vode

Merili smo tudi sposobnost navzemanja vode v odvisnosti od časa. Vzorcem smo pred začetkom testa izmerili maso in jih za eno minuto potopili v destilirano vodo. Z vzorcev smo obrisali površinsko prisotno vodo in jim ponovno izmerili maso. Postopek smo še dvakrat ponovili, le da je bil čas potopitve v vodo drugič 10 minut, tretjič 60 minut. Vzorce smo po treh cikih potapljanja pri sobnih pogojih pustili tri ure in jim ponovno izmerili maso.

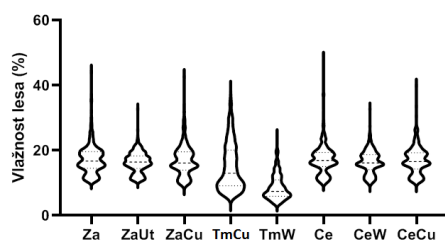
Simulacija izpostavljenosti padavinam

Vzorcem smo pred izpostavitvijo v komoro za simulacijo dežja (površina komore $1,35 \times 0,7 \text{ m}^2$) izmerili maso in jih po tem 10 minut izpostavili simuliranim deževnim dogodkom. Pretok vode je bil približno 10 litrov na minuto. Z vzorcev smo po preteku časa obrisali površinsko prisotno vodo in jim ponovno izmerili maso. Test smo ponovili po 14-dnevnem sušenju vzorcev pri sobnih pogojih še enkrat tako, da je simulacija deževnih padavin ob istih pogojih trajala 60 minut.

REZULTATI IN RAZPRAVA

Monitoring vlažnosti lesa na prostem

V tem prispevku so predstavljeni rezultati monitoringa vlažnosti od 26. 5. 2020 do 22. 11. 2020 (180 dni meritev). **Napaka! Vira sklicevanja ni bilo mogoče najti.** prikazuje rezultate meritev trimesečnega monitoringa vlažnosti večjih skodel. Meritve kažejo, da ima najnižjo mediano vlažnosti TmW – z montanskim voskom površinsko zaščiteno termično modificiran smrekov les (7,4 %), ki mu sledi TmCu – z baker-etanolaminskim pripravkom zaščiteno termično modificiran smrekov les (13,0 %). Vsi ostali vzorci imajo mediane vlažnosti zelo primerljive med seboj (od 16,1 % do 16,9 %), zato je pomemben podatek tudi odstotek meritev, kjer vlažnost lesa presega določeno vrednost. Le TmW – z montanskim voskom površinsko zaščiteno termično modificiran smrekov les ni imel nobene meritve, kjer bi vlažnost lesa presegala 25 %, ki je vlažnost, kjer glivni razkroj poteka najoptimalnejše. Največ meritev (11 %) smo izmerili pri TmCu – z baker-etanolaminskim pripravkom zaščiteno termično modificiranem smrekovem lesu, kar kaže na to, da je tak les sicer večino časa relativno suh, kar opazimo iz mediane meritev, se pa les hitro tudi navlaži.

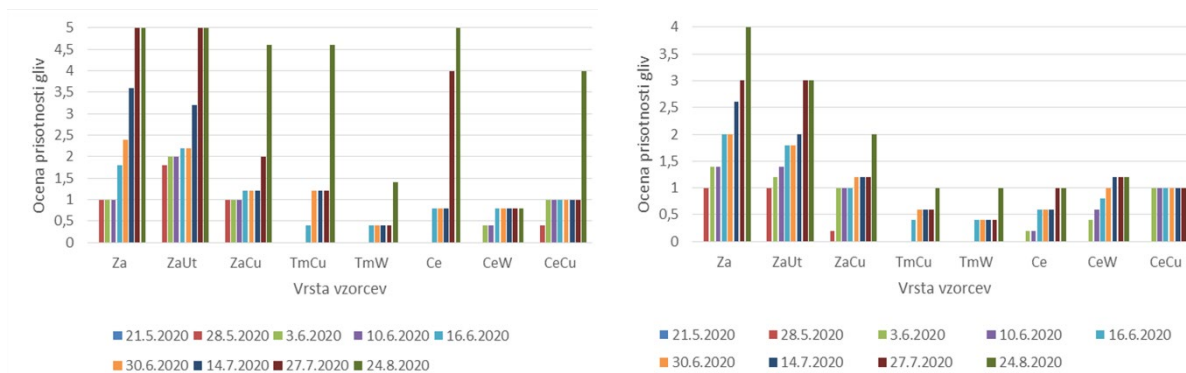


Lastnosti/ vrsta lesa	Za	ZaUt	ZaCu	TmCu	TmW	Ce	CeW	CeCu
Število meritev	372	372	372	372	372	372	372	372
Povprečje	17,2 %	16,3 %	16,9 %	15 %	8,7 %	17,2 %	16,4 %	17 %
Mediana	16,7 %	16,4 %	16,1 %	13 %	7,4 %	16,9 %	16,2 %	16,6 %
Minimalna vlažnost	10,3 %	10,1 %	8,7 %	5,5 %	3,5 %	9,5 %	9,3 %	9,4 %
Maksimalna vlažnost	44,1 %	32,7 %	42,6 %	37,2 %	24,3 %	48,4 %	32,7 %	39,8 %
Odstotek meritev z $u > 20 \%$	21 %	11 %	22 %	25 %	1 %	19 %	15 %	19 %
Odstotek meritev z $u > 25 \%$	5 %	1 %	5 %	11 %	0 %	3 %	1 %	3 %
Odstotek meritev z $u > 30 \%$	2 %	0 %	1 %	3 %	0 %	1 %	0 %	1 %

Slika 3: Rezultati meritev monitoringa vlažnosti lesa na prostem. Levo: Grafični prikaz meritev. Desno: tabelarni prikaz meritev.

Spremljanje prisotnosti gliv na površini lesa

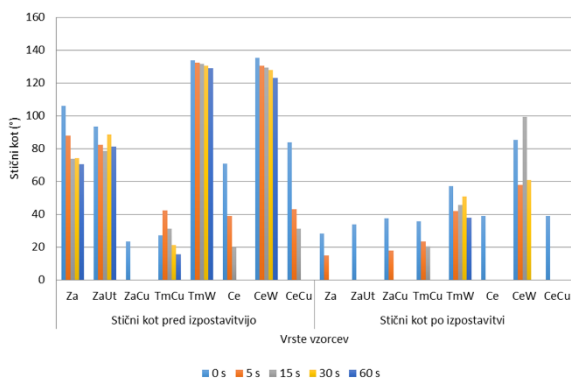
Napaka! Vira sklicevanja ni bilo mogoče najti. kaže primerjavo metod ocenjevanja prisotnosti gliv na površini vzorcev. Če primerjamo žagane (Za) in cepljene (Ce) skodel med seboj, lahko ugotovimo, da se na cepljenih pojav plesnenja na površini pojavi kasneje, kljub temu pa sta oba materiala ob zadnjem ocenjevanju po standardni metodi dobila enako, najvišjo oceno, kar pomeni, da so bili po enaki površini prisotni znaki plesnenja. Ocene po Johansson (2012) kažejo, da so bile plesni na površini žaganih skodel bolj razvite, ker so bili prisotni konidiofori. Za zelo učinkovito površinsko zaščito se je izkazal montanski vosek, ki je močno zavrl rast plesni.



Slika 4: Ocene prisotnosti gliv na površini lesa izpostavljenih na terenskem polju Oddelka za lesarstvo. Levo: rezultati ocenjevanja preraščenosti površine z glivam po standardni metodi ASTM 3273-12 (2012). Desno: rezultati ocenjevanja preraščenosti površine z glivami po metodi Johansson (2012)

Stični kot destilirane vode s površino lesa

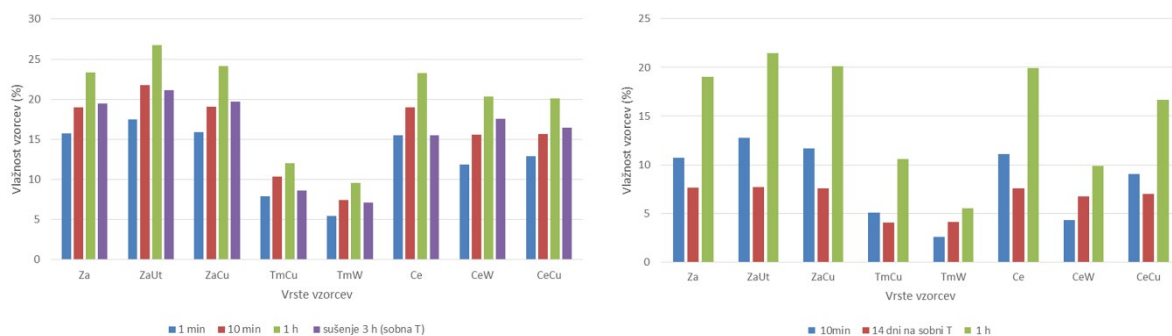
Napaka! Vira sklicevanja ni bilo mogoče najti. prikazuje rezultate meritev stičnega kota na površini skodel. Rezultati pred staranjem na terenskem polju kažejo, da površinska zaščita z montanskim voskom (TmW in CeW) naredi površino lesa hidrofobno, zaščita z baker-etanolaminskim pripravkom (TmCu in CeCu) pa bolj hidrofilno. Te razlike pa se precej izenačijo po trimesečnem naravnem staranju lesa v zunanjih pogojih, čeprav je stični kot destilirane vode na z voski zaščitenih skodlah, še vedno najvišji.



Slika 5: Meritve stičnih kotov destilirane vode na površini lesa v različnih časovnih intervalih pred izpostavitvijo zunanjim dejavnikom razkroja in po trimesečni zunanji izpostavitvi.

Potapljanje vzorcev in navzem destilirane vode ter simulacija izpostavljenosti padavinam

Napaka! Vira sklicevanja ni bilo mogoče najti. prikazuje povprečne vlažnosti vzorcev pri testu potapljanja in pri testu simulacije izpostavljenosti padavinam. Pri obeh testih se je izkazalo, da so skodle narejene iz termično modificiranega lesa imele najnižjo vlažnost, tiste z utori pa najvišjo.



Slika 6: Vlažnosti vzorcev. Levo: sprememba vlažnosti pri testu namakanja. Desno: Sprememba vlažnosti vzorcev pri testu simulacije izpostavljenosti padavinam.

ZAKLJUČEK

Lesene strešne kritine in skodle so še vedno tradicionalni arhitekturni element, ki se uporablja, zato je pomembno, da poznamo lastnosti različno pripravljenih skodel in da z uporabo novih tehnik in postopkov zaščite izboljšamo življenjsko dobo take kritine. Izkazalo se je, da ni večjih razlik pri odpornosti proti navlaževanju med žaganimi in cepljenimi skodlami. Ugotovili smo tudi, da novi postopki zaščite, predvsem termična modifikacija lesa in površinska zaščita s suspenzijo montanskega voska pozitivno vplivata na sposobnost proti navlaževanju. Testiranje skodel se bo na Oddelku za lesarstvo še nadaljevalo, da dobimo več podatkov za boljšo primerjavo med materiali.

VIRI

ASTM (2012) ASTM D3273-12 - Standard Test Method for Resistance to Growth of Mold on the Surface of Interior Coatings in an Environmental Chamber

Johansson P, Ekstrand-Tobin A, Svensson T, Bok G (2012) Laboratory study to determine the critical moisture level for mould growth on building materials. *Int Biodeterior Biodegradation* 73:23–32.

<https://doi.org/10.1016/j.ibiod.2012.05.014>

Kržišnik D, Lesar B, Thaler N, Humar M (2018) Micro and material climate monitoring in wooden buildings in sub-Alpine environments. *Constr Build Mater* 166:188–195.

<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.01.118>

Šarf F (1976) Lesene strehe v Sloveniji. *Slov Etnogr* 29:53–74

ZAHVALA

Prispevek je rezultat več med seboj povezanih projektov, ki jih je sofinancirala Agencija za raziskovalno dejavnost RS: V4-2017 - Izboljšanje konkurenčnosti slovenske gozdno-lesne verige v kontekstu podnebnih sprememb in prehoda v nizkoogljično družbo; P4-0015 - Programska skupina les in lignocelulozni kompoziti in 0481-09 Infrastrukturni center za pripravo, staranje in terensko testiranje lesa ter lignoceluloznih materialov (IC LES PST 0481-09).

PREDSTAVITEV PROJEKTOV

GenRes Bridge

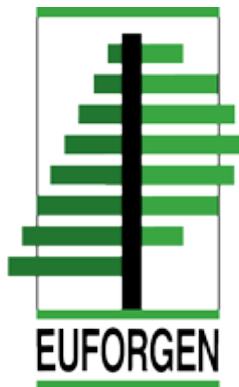
Genski viri za prehransko varno in gozdno Evropo (H2020, januar 2019 – december 2021, 3 M€, koordinator EFI; <http://www.genresbridge.eu/>)

Cilj projekta GenRes Bridge je okrepiti ohranjanje in trajnostno rabo genskih virov s spodbujanjem skupnih prizadevanj in večanjem kapacitet na področju genskih virov kmetijskih rastlin, rejnih živali in godnega drevja (GenRes).

Genski viri podpirajo proizvodnjo v kmetijstvu in gozdarstvu; bistvenega pomena so za dolgoročno zanesljivo preskrbo s hrano, dobavo neživilskih izdelkov in prilagajanje na spreminjajoče se podnebje. Kljub temu njihov potencial ostaja večinoma neizkoriščen. Sodelovanje med GenRes in širšimi akterji biotske raznovrstnosti bo povečalo zmogljivosti in učinkovitost trajnostnega upravljanja z genskimi viri s pripravo integrirane strategije o genskih virih, orodji in uporabniško usmerjenimi storitvami ter priporočili za odločevalce in politiko.

Tri področja delujejo v okviru pan-Evropskih mrež – programov: ECPGR (Evropski program za rastlinske genske vire), EUFORGEN (Evropski program za gozdne genske vire) in ERFP (Evropski program za domače živali). Sodelovanje med 17 partnerji iz 12 držav in z drugimi organizacijami na področju biotske raznovrstnosti bo prispevalo k trajnostnim praksam pri upravljanju z genskimi viri.

Sodelavci Gozdarskega inštituta Slovenije vodimo Delovno skupino z naslovom Genski viri v akciji, organizirali smo dve delavnici, in sodelujemo pri pripravi končnega rezultata projekta, Evropske strategije o genskih virih.



ASFORCLIC

Cel naslov: Strategije prilagajanja v gozdarstvu pod vplivom globalnih podnebnih sprememb / Adaption strategies in forestry under global climate change impact

Trajanje: 1.1.2021 – 31.12.2024

Vrednost projekta, financer (deleži): 895.000,00€, H2020 (100% EU)

Št. sodelujočih partnerjev in držav: 8 partnerjev, 5 držav (Češka -koordinator, Švedska, Nemčija, Avstrija in Slovenija – vodja Milan Šernek)

Kratka predstavitev glavnih ciljev in/ali glavnih rezultatov

V prihodnosti bodo v gozdarstvu in lesni industriji potrebne določene prilagoditve zaradi podnebnih sprememb, ki vplivajo na sestavo gozdov in asortiment lesa. V slovenskih gozdovih se zaradi zviševanja povprečne letne temperature, spremenjene razporeditve padavin in drugih dejavnikov, spreminja relativno razmerje med iglavci in listavci. Delež smreke se zmanjšuje, medtem ko se povečuje delež bukve, ki je bolj prilagodljiva.

Projekt ASFORCLIC bo analiziral in pripravil gozdno-lesno vrednostno verigo na izzive, ki izvirajo iz globalnih podnebnih sprememb. Te vplivajo na sestavo gozda in procese nastajanja lesa ter na njegove lastnosti, ki so relevantne za uporabo in nadaljnjo predelavo. Ukvarjal se bo tudi s prepoznavnostjo in uporabo manj znanih vrst lesa.

V okviru projekta bodo sodelujoče institucije raziskovale v treh delovnih skupinah: (WG1) Gozdna proizvodnja in okolje; (WG2) Količina in lastnosti lesa; (WG3) Trg, ekonomija in politika. WG1 se bo osredotočala na učinke spreminjajočega se okolja na spekter drevesnih vrst in strukturno sestavo, zdravje in rast ter analizirala različne strategije prilagajanja. WG2 bo proučevala uporabo novega/drugačnega lesa v skladu s pričakovanimi spremembami v sortimentu in lastnostih, ki ga je mogoče prilagoditi in spremeniti ali celo uporabiti za popolnoma nove izdelke na trgu. Raziskave bodo osredotočene na manj znane ali komercialno redko uporabljene lesne vrste. WG3 bo spremljala spremembe v gozdovih in lesnih izdelkih z ekonomskega vidika in raziskala, kako politične odločitve podpirajo obetavne strategije prilagajanja.

Projekt bo opredelil skupne raziskovalne poti in se posvetil podpori raziskovalcem na začetku kariere. Potekal bo v različnih oblikah sodelovanja: kratki in daljši raziskovalni obiski predavateljev in mladih raziskovalcev med inštitucijami, tematske delavnice in konference, administrativno, tehnično in znanstveno usposabljanje ter širjenje in publiciranje raziskovalnih rezultatov.

FORGENIUS

Naslov: Improving access to forest genetic resources information and services for end-users

(Izboljšanje dostopa do informacij o gozdnih genskih virih in z njimi povezanih storitev za uporabnike)

Trajane projekta: 1. 1. 2021 – 31. 12. 2026

Vrednost: 7.000.000 EUR, za GIS 616.157 EUR, financiranje EC 100%

Program financiranja: H2020

Partnerji: V projektu sodeluje 19 partnerjev iz desetih držav, dva partnerja sta mednarodni organizaciji. Ti so: Francija - Institut National de la Recherche Agronomique (INRAe), Office National des Forêts (ONF), INRAe Transfert, Italija - Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR), Agenzia Veneta per l'Innovazione del Settore Primario, Španija - Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (INIA), Centro de Investigación Ecológica y Aplicaciones Forestales (CREAF), Finska - Luonnonvarakeskus (Luke), University of Helsinki, Slovenija – Gozdarski inštitut Slovenije, Velika Britanija - United Kingdom Research and Innovation, Forest Research, Avstrija - Austrian Research Centre for Forests BFW, Romunija - Institutul Național de Cercetare-Dezvoltare în Silvicultură Marin Drăcea, Nemčija - Philipps-Universität Marburg, Turčija - Tokat Gaziosmanpasa University, mednarodne organizacije - European Forest Institute (EFI), Joint Research Centre (JRC)

Cilj in rezultati: FORGENIUS bo razvil metode in orodja za boljši vpogled v značilnosti in vrednost pristopov gozdnih genskih virov, ki trenutno obstajajo v 35 evropskih državah in so povezani prek informacijskega sistema EUFGIS (<http://portal.eufgis.eu>). FORGENIUS bo ustvaril nove storitve za uporabnike in izboljšal količino in kakovost podatkov v informacijskem sistemu o evropskih gozdnih genskih virih EUFGIS. Na novo razvite storitve bodo končnim uporabnikom omogočile, da opredelijo potencialne nove enote varovanja gozdnih genskih virov. Za izpolnitev teh potreb bo FORGENIUS uporabil najsodobnejše pristope, od genomike in fenotipizacije do daljinskega zaznavanja in modeliranja. FORGENIUS bo dosegel naslednje cilje: I) ocenil genetsko, fenotipsko in okoljsko raznolikosti enot varovanja gozdnih genskih virov; II) na podlagi znanstvenih podatkov pomagal pripraviti orodja za gospodarjenje z gozdnimi genskimi viri v luči klimatskih sprememb; III) opredelil enote varovanja genskih virov, ki sodo posebj pomembne za programe žlahtnjenja in pridobivanja gozdnega reprodukcijskega materiala; IV) razvil inovativne storitve za dostopanje do podatkov in modelov za uporabnike.

ONEforest

Naslov:

Multi-criteria Planning System for a Common Forest Management: Strengthen Forest Resilience, Harmonizing Stakeholders' Interests and Ensuring Sustainable Wood Material Flows

Trajanje: 1.7.2021 – 1.7.2024

Vrednost projekta, financer (deleži): 8.000.000 €

Št sodelujočih partnerjev in držav: 19 partnerjev / 8 držav

Kratka predstavitev

Cilj projekta je ustvariti večkriterijski sistem za podporo odločanju pri vključujočem gospodarjenju z gozdovi. Namen tega pristopa je, okrepiti odpornost gozdov na podnebne spremembe, uskladiti interese vseh deležnikov in zagotoviti trajnostno dobavo lesa.

V skladu z evropskimi geografskimi regijami bodo izvedene štiri študije primerov za preučevanje praks gozdnogojitvenega gospodarjenja z gozdovi, ki temeljijo na pristopih, uporabnih tudi v obdobju podnebnih sprememb. Ta pristop upošteva nove pristope sadnje in pogozdovanja z uporabo inovativne rešitve za zaščito zgornjega sloja zemlje na osnovi lesnih vlaken. Ustrezni gozdarski postopki in koncepti bodo razviti v skladu z izbranimi trajnostnimi merili. Informacije bodo združene v model dinamične vrednostne verige, da se oceni vpliv gozdno lesne vrednostne na regionalni razvoj. Kot kriterij bomo izbrali niz ekonomskih, okoljskih in socialnih kazalnikov.

Razvit bo nov sistem na osnovi večkriterijskega odločanja, ki bo vizualiziral odločanje, upoštevajoč trajnostno upravljanje gozdov, sinergijske učinke gozdnih ekosistemov, zanesljivo oskrbo z lesom in interese deležnikov. Za zainteresirano strokovno javnost, bo razvita tudi nova aplikacija. Rezultati projekta ONEforest bodo vključeni tudi v nove modele za gospodarjenje z gozdovi v okviru združenja: International Model Forest Network.

ValoFor

Naslov:

Small Forests - Big Players: Valorising small scale forestry for a bio-based economy

Trajanje: 1. 2. 2019 – 31. 1. 2022

Vrednost projekta, financer (deleži): 1.816.100,00 € (GIS 210.000,00 €), Program ERA-NET ForestValue, Obzorja 2020 (EU 90 %, MIZŠ 10 %)

Države: Avstrija, Švedska, Nemčija, Finska, Slovenija

Partnerji: Bundesforschungs- und Ausbildungszentrum für Wald, Naturgefahren und Landschaft, Umeå University, Department of Geography and Economic History, Johann Heinrich von Thünen Institute, Natural Resources Institute Finland, Gozdarski inštitut Slovenije

Glavni cilji glavni outputi: Cilj projekta ValoFor je razumeti prispevek lastnikov gozdov manjših gozdnih posesti v Sloveniji, Avstriji, Nemčiji in na Švedskem ter Finskem pri prehodu v bio-ekonomijo, z upoštevanjem njihovega pogleda in njihove strategije gospodarjenja z gozdom. Rezultati projekta ValoFor bodo pomembno prispevali k oblikovanju prihodnje gozdarske politike in načinov gospodarjenja z gozdom.

BIOGOV**Naslov projekta:** Celebrating Biodiversity Governance**Trajanje:** 1.6. 2018 – 31.5.2022**Vrednost projekta, financer (deleži):** 1.535.669,00 EUR (GIS: 197.741,00 EUR); INTERREG EUROPE (85%, Lastna sredstva 15%)**Spletna stran:** <https://www.interregeurope.eu/biogov/>

Št. sodelujočih partnerjev in držav: V projektu sodeluje 9 partnerjev iz 8 držav. Švedska: County Administrative Board of Västra Götaland; Nizozemska: Province of Fryslân; Belgija: Flemish Land Agency; Španija: Territorial Studies Institute (Environment and Territorial Planning Ministry); Poljska: Lodzkie Region; Slovenija: Gozdarski inštitut Slovenije; Romunija: ADEPT Transylvania Foundation in Mures Environmental Protection Agency ter Bolgarija: Bulgarian Management Association.

Opis projekta

Namen projekta je uporaba participativnega pristopa kot orodja za izboljšanje politik in procesov priprave politik s področja naravne dediščine. To hočemo doseči z medsebojnim deljenjem informacij, pravočasnim dialogom, deliberacijo in raziskovanjem novih modelov skupnega odločanja. Pričakovani rezultati so učinkovitejše politike zaradi izboljšane upravljanja in široke podpore zainteresiranih strani. BIOGOV v Sloveniji se osredotoča na izboljšanje participativnega pristopa pri pripravi gozdnogospodarskih načrtov. Cilj projekta je sprejeti dva gozdnogospodarska načrta s čim širšo podporo interesnih skupin. V ta namen je projekt že izvedel moderirane delavnice, rezultati pa so bili posredovani načrtovalcem razvoja gozdov na izbranih gozdnogospodarskih enotah. Projekt BIOGOV vzpodbuja sodelovanje in diskusijo med deležniki po modelu večdeležniškega partnerstva (ang. *Multi-Stakeholder Partnership*).

Cilj projekta v Sloveniji:

Za uspešno participativno načrtovanje so potrebne tako institucionalne kot kadrovske zmogljivosti. Izboljšanje veščin in znanj o participativnih pristopih načrtovalcev razvoja gozdov ter institucionalna podpora participativnim procesom v okviru gozdnogospodarskega načrtovanja sta pomembna temelja za izmenjavo informacij o izzivih, ciljih in strategijah, za reševanje problemov z lokalnimi deležniki in za boljše sprejemanje rezultatov participativnega procesa.

Splošni cilj projekta BIOGOV v Sloveniji je prispevati k implementaciji učinkovite participacije v proces načrtovanja gospodarjenja z gozdovi, s poudarkom na vključevanju vidikov biotske pestrosti v gozdnogospodarska načrta dveh gozdnogospodarskih enot. Projektna ekipa prav tako sodeluje kot opazovalec v procesu obnove območnih gozdnogospodarskih načrtov, ki poteka v letu 2021.

REFOCuS

Naslov:

Resilient riparian forests as ecological corridors in the Mura-Drava-Danube Biosphere Reserve (Odporni obrečni gozdovi kot ekološki koridorji v biosfernem rezervatu Mura-Drava-Donava)

Trajanje projekta: 1.6.2018 – 31.10.2021

Vrednost projekta, financer (deleži): 1.652.201,78 EUR (GIS 544.170,67 EUR), Interreg Danube Transnational Programme (ERDF in IPA 85%, lastna sredstva 15%)

Partnerji: V projektu sodeluje pet partnerjev iz petih držav. Ti so: Slovenija – Gozdarski inštitut Slovenije, Avstrija - Austrian Research Centre for Forests BFW, Madžarska - University of Sopron, Forest Research Institute, Hrvaška - Croatian Forest Research Institute, Srbija - University of Novi Sad, Institute of Lowland Forestry and Environment. V projektu sodeluje tudi šest pridruženih partnerjev iz petih držav (brez financiranja): Slovenija – Slovenski državni gozdovi d.o.o. OE Murska Sobota, Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano, Avstrija - State Office of the Government of Styria, Regional Office Southeastern Styria, Office for NATURA2000 and Forests, Madžarska - Mecsek Forestry Co. Ltd., Hrvaška - Public Institution for Management of Protected Natural Areas in the Koprivnica Križevci County, Srbija: Ministry of Agriculture and Environmental Protection, Directorate of Forests

Cilj in rezultati

Cilj projekta REFOCuS je preprečiti nazadovanje gozdov v čezmejnem biosfernem rezervatu Mura-Drava-Donava z vgraditvijo odpornosti v obrečne gozdove z zagotavljanjem 1) novih gozdnogojitvenih metod za gospodarjenje in ohranjanje gozdov ter 2) povečanjem razpoložljivosti ustreznega sadilnega materiala, za primere, ko naravna regeneracija izostane. Pričakovani rezultati projekta, ki ga vodi Gozdarski inštitut Slovenije so: 1) priporočila o potencialnih drevesnih vrstah, s katerimi gospodariti, 2) prostorska analiza obrečnega koridorja, 3) priročnik za gospodarjenje z ogroženimi obrečnimi gozdovi, 4) razvoj informacijskega sistema in identifikacijskega orodja za škodljivce in bolezni obrečnih gozdov, 5) transnacionalna provenienčna območja za drevesne vrste poplavnih gozdov 6) zbirka podatkov o sadilnem materialu za obrečne gozdove, 7) postopek transnacionalnega prenosa sadilnega materiala, 8) smernice za uporabo in ohranjanje sadilnega materiala, 9) genska banka za drevesne vrste obrečnih gozdov v regiji, 10) celostna smernice za odporne obrečne gozdove v kontekstu participativnega dialoga in 11) demonstracijski objekti za izobraževanje o obrečnih gozdovih.

ALPTREES

Naslov:

Transnacionalno sodelovanje za trajnostno upravljanje s tujerodnimi drevesnimi vrstami na urbanih, pri-mestnih in gozdnih ekosistemih v Alpski regiji

Trajanje: 1.10.2019-30.6.2022

Vrednost projekta, financer (deleži): 2.348.664,00€ (GIS 215.212,00€), INTERREG Območje Alp (EU 85%)

Države: Slovenija, Avstrija, Nemčija, Italija, Francija

Partnerji:

- **Federal Research and Training Centre for Forests, Natural Hazards and Landscape (BFW), Avstrija (vodilni partner),**
- City of Klagenfurt (KLU), Avstrija,
- National Research Institute of Science and Technology for Environment and Agriculture (INRAE), Francija,
- Gozdarski inštitut Slovenije (GIS), Slovenija,
- Edmund Mach Foundation (FEM), Italija,
- Forest Research Institute Baden-Wuerttemberg (FVA), Nemčija,
- International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA), Avstrija,
- Centre d'études et d'expertises sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement (CEREMA), Francija,
- Mestna občina Maribor, Slovenija,
- Razvojna agencija Sora d.o.o., Slovenija,
- LAMORO Development Agency, Italija,
- Municipality of Trento, Italija.

Tujerodne drevesne vrste (v nadaljevanju TDV) so že dolgo časa del alpske regije, njihovo razumevanje, dojetanje in upravljanje pa se razlikuje med posameznimi deležniki.

Osnovni cilj projekta **ALPTREES** je **razviti enotno transnacionalno strategijo za odgovorno ravnanje in upravljanje s tujerodnimi in invazivnimi tujerodnimi drevesnimi vrstami na območju Alp**. Strategija bo osnovana na pilotnih primerih dobrih praks in vzpostavitvi odprte mreže znanja partnerjev in ključnih deležnikov iz Slovenije, Avstrije, Nemčije, Francije in Italije (država opazovalka: Švica). V okviru projekta se bo razvila celovita baza podatkov o tujerodnih drevesnih vrstah v mestnih, primestnih in gozdnih ekosistemih, ugotavljala se bo sedanja in potencialna razširjenost TDV v alpskem prostoru v različnih scenarijih klimatskih sprememb, ugotovil se bo njihov invazivni potencial, analizirale se bodo različne ekosistemske storitve, ki jih nudijo TDV ter se ocenilo tveganja in koristi, ki jih prinašajo TDV v alpski prostor. ALPTREES projekt bo oblikoval priporočila za upravljanje TDV v različnih podnebnih in gospodarskih scenarijih.

Projekt z različnimi interaktivnimi dogodki in delavnicami povečuje ozaveščenost javnosti za krepitev konstruktivnega dialoga med znanstveniki, naravovarstveniki in gozdarskimi strokovnjaki, javno upravo ter ostalimi deležniki. ALPTREES bo pomagal okrepiti trajnostno rabo naravnih virov v različnih scenarijih klimatskih sprememb z reševanjem sporov med gozdarskim in okoljskim sektorjem.

DuraSoft

Cel naslov:

Inovativne tehnologije za izboljšanje trajnosti tradicionalnih lesenih struktur v socialno-ekološko občutljivih okoljih

Trajanje: 01.03.2020 - 28.02.2022

Vrednost projekta, financer (deleži): 866.384,19 €, INTERREG Italija – Slovenija (EU 95%)

Št sodelujočih partnerjev in držav: 2 državi, 7 partnerjev

Kratka predstavitev glavnih ciljev in/ali glavnih rezultatov:

Splošni cilje je avtohtonemu lesu in trsju zagotoviti željeno odpornost in s tem povezano življenjsko dobo. To bo omogočilo večjo uporabo teh naravno obnovljivih materialov, kar bo v sozvočju s trajnostnimi pristopi in popolnoma združljivo z ohranjanjem okolja, kulturne krajine in potrebami po ohranjanju kulturne dediščine lesa. Na ta način so lahko med seboj povežejo gospodarske družbe, ki proizvajajo rešitve za zaščito lesa in tiste ki takšen les uporabljajo. S trajnostno rabo teh proizvodov srbimo za tradiciionalne panoge v na teh območjih, kot so: kmetijstvo, pomorski promet in turizem.

Ribolovne in agro-pastoralne dejavnosti so v tisočletjih nastajale v italijanskih lagunah in v slovenskih visokogorjih ,edinstvene tipologije stanovanj, v katerih prevladuje uporaba lesa. V zvezi s tem so povezane storitvene infrastrukture, kot so pomoli, privezi, piloti in ograje. Obstoj teh struktur in kulturne znanosti, ki je del njih, je podvrženo stalnemu vzdrževanju, ki ni več ekonomsko vzdržljiv predvsem v vlažnih in obalnih okoljih, kjer je degradacija lesa ogromna in hitra. Da bi bili temu kos, smo v zadnjem stoletju uporabljali zascitne tehnike, ki so naravi škodljive ali z uporabo neprimernih materialov. Namen projekta je zato preizkusiti nekatere inovativne tehnike in izdelke, ki so jih razvili in izdelali partnerji in ki povečujejo trajnost tradicionalnih vrst lesa. Tako obdelan les se bo lahko uporabljal v tradicionalnih konstrukcijah in infrastrukturah v socialno-ekoloških občutljivih okoljih, kar bo prispevalo gospodarski in okoljski vzdrznosti in trajnosti predvsem v Alpskem (EUSALP) ter Jonsko Jadranskem obmocju (EUSAIR). Okoljska vzdrznost teh tehnik bo evalvirana preko najnovejših znanstvenih spoznanj, ki so predmet uporabe protokolov, razvitih s strani partnerjev, in prenosljivi na celotno programsko območje.

Fem4Forest**Naslov projekta:**

Forests in women's hands

Spletna stran: <http://www.interreg-danube.eu/approved-projects/fem4forest>**Trajanje projekta** (mesec in leto začetka in zaključka): 1.07.2020 – 31.12.2022**Vrednost projekta, financer (deleži):** 1.622.544,45 € (GIS 20 %), Interreg Danube Transnational Programme**Koordinator:** Gozdarski inštitut Slovenije (dr. Nike Krajnc);**Partnerji:** Forest Trainings Center PICHL (Austria)

NOWA Training Counselling Project management (Austria)

Bavarian State Institute of Forestry (Germany)

Forest Owner Association Styria (Austria)

PRIZMA Foundation for Improvement of Employment Possibilities (Slovenia)

Croatian Chamber of Forestry and Wood Technology Engineers (Croatia)

Croatian Union of Private Forest Owners Associations (Croatia)

Agency for sustainable development of the Carpathian region "FORZA" (Ukraine)

Forestry and Environmental Action (Bosnia and Herzegovina)

University of Belgrade-Faculty of Forestry (Serbia)

University Ștefan cel Mare of Suceava (Romania)

Czech University of Life Science Prague (Czech Republic)

Association Economy and Democracy (Bulgaria)

Kratek povzetek projekta (problem, namen, cilji,..):

Projekt »Gozdovi v ženskih rokah« Fem4Forest (Forests in Women's Hands) je financiran v sklopu programa Interreg Danube Transnational Programme. V projekt je vključenih 14 partnerjev iz 10 držav (Slovenija, Hrvaška, Avstrija, Nemčija, Bosna in Hercegovina, Srbija, Romunija, Češka, Bolgarija, Ukrajina). Vodilni partner projekta je Gozdarski inštitut Slovenije, vodja projekta pa dr. Nike Krajnc.

V projektu Fem4Forest bomo osvetlili različne vloge žensk v gozdarstvo in širše v gozdno lesnih verigah. Raziskovali bomo različne možnosti bolj aktivnega vključevanja žensk tako v samo gospodarjenje z gozdovi kot tudi na trg dela in v različne nivoje odločanja. Z vrsto pilotnih projektov na območju Podonavja želimo s prenosom idej in primerov dobre prakse predstaviti različne možnosti bolj aktivne vloge žensk.

Glavni cilj projekta je okrepitev gozdarskega sektorja na območju Podonavja na lokalnem, regionalnem in mednarodnem nivoju s pomočjo večjega vključevanja žensk. Projekt ponuja nov in inovativen pristop pri izobraževanju in mentorstvu, ki bo omogočil bolj dejavno vlogo žensk v gozdarskem sektorju.

LIFE SySTEMiC

Naslov:

Close-to-Nature forest sustainable management practices under climate changes

(LIFE18 ENV/IT/000124)

Spletna stran projekta: <https://www.lifesystemic.eu/>

Trajanje projekta: 5 let, od 01.09.2019 do 31.08.2024

Vrednost projekta, financer (deleži): 2.976.245,00 EUR, LIFE programme (EU 55%, 10% MOP, 35 % GIS in MKGP)

Partnerji: V projektu sodeluje sedem partnerjev iz treh držav. Iz Slovenije Gozdarski inštitut Slovenije in Zavod za gozdove Slovenije, iz Hrvaške Croatian Forest Research Institute in iz Italije: Dipartimento di Scienze e Tecnologie Agrarie, Agroalimentari, Ambientali e Forestali (UNIFI-DAGRI); D.R.E.AM. Italia sco. coop. agricolo forestale; Ente Parco Regionale Migliarino, San Rossore, Massaciuccoli ter Unione dei Comuni Montani del Casentino.

Glavni cilji projekta so:

01. Proučiti povezavo med načinom gospodarjenja z gozdom in genetsko raznolikostjo za osem vrst gozdnih dreves v treh evropskih državah (Hrvaška, Italija, Slovenija), da bi prepoznali gozdnogojitvene sisteme, ki ohranjajo visoko stopnjo genetske raznolikosti.
02. Razviti inovativni genetski biodiverzitetni gojitveni model (Genetic Biodiversity and Silvicultural model (GenBioSilvi), ki temelji na kombinaciji napredne krajinske genomike, uporabne genetike in gozdnogojitvenih modelov za podporo gospodarjenju z gozdovi.
03. Prenos znanja uporabe modela v gozdarski praksi z vključevanjem različnih vrst deležnikov.

RI-SI LifeWatch

Naslov:

Izvedba operacije »RAZVOJ RAZISKOVALNE INFRASTRUKTURE ZA MEDNARODNO KONKURENČNOST SLOVENSKEGA RRI PROSTORA – RI-SI-LifeWatch« v okviru Operativnega programa za izvajanje evropske kohezijske politike v obdobju 2014 – 2020

Trajanje: 23. 12. 2019 – 31. 8. 2021

Vrednost projekta, financer (deleži): 3.299.976,75 € (GIS 295.270,74 €), LIFE programme (EU 80 %)

Partnerji: ZRC SAZU, NIB, Univerza v Ljubljani, Univerza v Mariboru, Gozdarski inštitut Slovenije

Glavni cilji:

Cilj mednarodnega projekta je raziskovanje glavnih okoljskih sprememb in značilnosti v vseh habitatih ter ekosistemih širom Evrope, v povezavi s socio-ekološkimi sistemi. Na nacionalnem nivoju bomo zagotavljali podatke iz izbranih sladkovodnih in kopenskih ekosistemov ter morskega ekosistema (Morska biološka postaja), ki se bodo zbirali v osrednjem centru (Inštitut za raziskovanje krasa). Distribuirana infrastruktura je trenutno organizirana pri devetih formalnih partnerjih, združenih v konzorcij LifeWatch-SI ter mreži LTER-Slovenija, ki prispevata h globalnima raziskovalnima infrastruktura: LifeWatch in eLTER. Partnerske zmogljivosti, povezane s skupnim vozliščem na Inštitutu za raziskovanje krasa ZRC SAZU (Postojna), predstavljajo funkcionalno vključevanje slovenske infrastrukture v mednarodno infrastrukturo. Združeni v konzorcij bodo partnerji z obstoječo in predvideno raziskovalno razvojno opremo opravljali raziskave in-situ, na mestih posameznih raziskav spremljali procese (monitoring), opravljali inventarizacijo favne in flore in tako podatke iz dolgoročnih posamezno pridobljenih raziskav in spoznanj integrirali v širšo celoto.

LIFE-IP NATURA.SI

Naslov:

LIFE integrirani projekt za okrepljeno upravljanje Nature 2000 v Sloveniji



Trajanje projekta: 5.9.2018-31.12.2026;

Vrednost projekta, financer (deleži): 17.007.204,00 € (GIS 674.132,00 €); LIFE programme (EU 60 %)

Partnerji: 15 inštitucij v Sloveniji, vodilni partner Ministrstvo za okolje in prostor RS, sodelujoči partnerji iz različnih sektorjev, kot so npr. varstvo narave, gozdarstvo, kmetijstvo, vodarstvo, ribištvo, znanost in izobraževanje.

Projekt LIFE-IP NATURA.SI temelji na sodelovanju med različnimi sektorji in deležniki z namenom izboljšanja upravljanja in izvajanja Programa upravljanja območij Natura 2000 (PUN 2000).

Projekt zasleduje naslednje cilje:

1. Izboljšanje stanja ohranjenosti izbranih vrst in habitatnih tipov (tipična naravna okolja), kot je opredeljeno v PUN 2000.
2. Izboljšanje upravljanja in izvajanja Nature 2000 s krepitvijo zmogljivosti ključnih deležnikov pri upravljanju Nature 2000.
3. Izboljšanje znanja o izbranih Natura 2000 vrstah, habitatnih tipih in območjih. Vzpostavljanje bolj učinkovitega monitoringa z grajenjem dolgoročne nacionalne sheme.
4. Krepitev informiranosti o Natura 2000 vrstah, habitatnih tipih in območjih.

Gozdarski inštitut Slovenije (GIS) v okviru projekta intenzivno sodeluje z Zavodom za gozdove Slovenije. Vključeni smo v aktivnosti za ugotavljanje in izboljšanje ohranitvenega stanja vseh Natura 2000 gozdnih habitatnih tipov in treh izbranih vrst mahov ter v analizo in pripravo novega PUN 2000 za te habitatne tipe in vrste. Pri tem ugotavljamo vrzeli v znanju, pripravljamo predloge za izboljšanje ter proučujemo možnosti uporabe obstoječih monitoringov gozdov in mahovnih vrst.

V Natura 2000 pilotnih območjih (Ličenca pri Poljčanah, Boč-Haloze-Donačka gora, Kamniško-Savinjske Alpe) ugotavljamo izhodiščno stanje, kartiramo območja razširjenosti in pripravljamo predloge za izvajanje ohranitvenih ukrepov za izboljšanje stanja dveh prednostnih gozdnih habitatnih tipov, 9180* Javorovi gozdovi v grapah in na pobočnih gruščih ter 91E0* Obrečna vrbovja, jelševja in jesenovja. Sestoji obeh habitatnih tipov so ogroženi zaradi različnih dejavnikov in so v veliki meri v neugodnem ali celo slabem stanju.

V okviru projekta pripravljamo in testiramo predlog protokola monitoringa za izbrana Natura 2000 habitatna tipa in mahove. Za prostorsko analizo in upravljanje gozdnih habitatnih tipov bomo razvijali tudi kombinacijo metod terenskega kartiranja in daljinskega zaznavanje podatkov.

V sodelovanju z Nacionalnim inštitutom za biologijo izdelujemo tudi modele habitatne primernosti za izbrane gozdne živalske vrste, in sicer za dve vrsti sov in pet vrst hroščev.

Sodelavci GIS se udeležujemo in organiziramo različne delavnice za usposabljanje zaposlenih za izboljšano upravljanje Natura 2000 območij ter za boljše komuniciranje in ozaveščanje javnosti.

LIFE IP CARE4CLIMATE

Št. projekta: LIFE17 IPC/SI/000007

Polno ime:

Boosting greenhouse gas emissions reduction by 2020 with a view to 2030 – promoting sustainable transport, energy efficiency, renewable energies and sustainable, climate protecting land use in the transition to low carbon society

Trajanje: 1.1. 2019 – 31. 12. 2026

Vrednost projekta, financer (deleži): 27.272.129 EUR, LIFE programme (EU 25,60%)

Partnerji: 15 slovenskih partnerjev iz javnega, nevladnega in zasebnega sektorja (vodilni partner MOP)

Splošni cilji projekta:

- podpreti izvajanje Operativnega programa ukrepov zmanjšanja emisij toplogrednih plinov 2020 (OP TGP 2020) in Akcijskega načrta za energetska učinkovitost za obdobje 2008–2016 (AN URE), ki sta ključna načrta za doseganje ciljev po Odločbi 406/2008/ES;
- zmanjšati vrzeli pri izvajanju OP TGP 2020, kar bo omogočilo hitrejše in cenejše doseganje cilja zmanjšanja emisij toplogrednih plinov do leta 2030;
- povečati kadrovske zmogljivosti in kompetence, ki bodo omogočile kakovostno pripravo ukrepov in njihovo izvajanje ter s tem zmanjšanje emisij TGP do leta 2030;
- usposabljanje kadrov za hitrejši prehod v nizkoogljično družbo (NOD);
- zagotoviti zmanjšanje emisij na način, ki bo prispeval k doseganju drugih podnebnih in okoljskih ter sektorskih ciljev, med drugim prilagajanje na podnebne spremembe, zmanjševanje emisij onesnaževal zraka, zagotavljanje zanesljivosti oskrbe z energijo idr.;
- omogočiti aktivacijo in uporabo drugih, komplementarnih virov financiranja ukrepov;
- povečati stroškovno učinkovitost pri izvajanju ukrepov, doseči večje dodatne koristi in hitrejše izvajanje ukrepov.

VET4BioECONOMY

Naslov projekta:

Innovative VET for key competences in the emerging field of forest bioeconomy / Inovativni program za poklicno izobraževanje na področju bioekonomije v gozdarstvu

Spletna stran: <http://vet4bioeconomy.sumins.hr>

Sestava konzorcija in koordinator

CROATIAN FOREST RESEARCH INSTITUTE (koordinator); INSTITUTE FOR DEVELOPMENT AND INTERNATIONAL RELATIONS; ALGEBRA University College; Zavod za gozdove Slovenije; Gozdarski inštitut Slovenije; AUSTRIAN RESEARCH CENTRE FOR FORESTS; UNIVERSITY OF NATURAL RESOURCES AND LIFE SCIENCES

Trajanje projekta (mesec in leto začetka in zaključka): 1.9.2018 – 31.8.2021

Vrednost projekta, financer (deleži): 196.378 EUR (SLO 15 %), Erasmus+

Kratek povzetek projekta

Biogospodarstvo na področju gozdarstva povezuje celotno gozdno-lesno verigo: od trajnostnega gospodarjenja z gozdom do dobave izdelkov in storitev z višjo dodano vrednostjo. Biogospodarstvo postaja ena vodilnih paradig gozdarskega sektorja, vendar na tem področju primanjkuje izobraževalnih priložnosti za poklicno izobraževanje in usposabljanje, vsaj v programih poklicnega izobraževanja in usposabljanja v državah partnericah projekta – Sloveniji, Avstriji in na Hrvaškem. Zato ta projekt ponuja edinstven učni načrt in e-izobraževanje o biogospodarstvu na področju gozdarstva, kar bo v skladu s prednostnimi nalogami politike, opredeljenimi v strategijah EU.

Cilji projekta:

- Izboljšati nivo znanja in zagotoviti ključne kompetence v biogospodarstvu za strokovnjake na področju gozdarstva.
- Izboljšati in povečati bazo programov poklicnega izobraževanja in usposabljanja (PIU) ter vseživljenjskega učenja (VŽU) v partnerskih državah z inovativnim in celovitim programom usposabljanja o biogospodarstvu na področju gozdarstva.

Glavne dejavnosti projekta so povezane z oblikovanjem novega programa usposabljanja o biogospodarstvu na področju gozdarstva (kurikulum in e-izobraževanje). Poseben poudarek je na uporabi inovativnih metod prenosa znanja z uporabo sistema za upravljanje učenja (LMS, angl. Learning Management System) in razvijanju digitalnih učnih gradiv in orodij.

Inovativen kurikulum in spletno izobraževanje bosta zagotavljala celovit pregled vsebin o biogospodarstvu na področju gozdarstva, kar bo deležnikom s področja gozdarstva omogočalo pridobitev znanja in ključnih kompetenc. Glavne ciljne skupine so strokovnjaki s področja gozdarstva in predelave lesa, pa tudi drugi strokovnjaki, ki so posredno povezani z gozdom ali biogospodarstvom (farmacevtska industrija, medicina, prehrabena industrija), lokalni in nacionalni odločevalci, ponudniki poklicnega izobraževanja in usposabljanja ter projektni partnerji. Spletni program bo prosto dostopen v štirih jezikih: v angleščini, slovenščini, hrvaščini in nemščini.

1. Rezultati, dosežki (če je projekt že zaključen):
 - a. Kurikulum / Curriculum on forest based bioeconomy
<https://vet4bioeconomy.sumins.hr/curriculum-on-forest-based-bioeconomy/>
 - b. Spletno izobraževanje / E-course on forest based bioeconomy
<https://vet4bioeconomy.sumins.hr/content-of-e-learning-in-moodle/>

Net4Forest**Naslov projekta:**

Network of knowledge for efficient private forests / Mreža znanja za učinkovitejše gospodarjenje z zasebnimi gozdovi

Spletna stran: <https://www.gozdis.si/projekti/net4forest/>

Sestava konzorcija in koordinator:

Koordinator: Gozdarski inštitut Slovenije (dr. Nike Krajnc);
 partnerji: Foundation Centre for Support of Forest Owner Cooperation (Latvija),
 Estonian Private Forest Centre (Estonija)
 Swedish University of Agricultural Sciences (Švedska)
 Forest Science and Technology Centre of Catalonia (Španija)

Trajanje projekta (mesec in leto začetka in zaključka): 36 mesecev, 1. 9. 2018 do 31. 12. 2021

Vrednost projekta, financer (deleži): 326.460 € (SLO 24 %), Erasmus+

Kratek povzetek projekta (problem, namen, cilji,..):

Glavni namen projekta je izobraževanje svetovalne službe ter lastnikov gozdov. Zasebni lastniki imajo v lasti glavnino gozdov v večini evropskih držav in posledično pride na trg velik delež lesa iz teh gozdov. Literatura o ustreznem trženju gozdnih proizvodov in ocenjevanju storitev je v EU načeloma na voljo, vendar je opaziti velik primanjkljaj informacij, smernic in gradiva za praktično izobraževanje, svetovanje in uporabo lastnikom gozdov. Da bi bile njihove odločitve čim bolj ustrezne in strokovno podkovane, da bi dosegli čim večji donos iz svojih gozdov ob hkratni optimizaciji stroškov in spoštovanju okoljskega vidika, je bil oblikovan projekt s sodelovanjem strokovnjakov iz večih držav.

Cilj projekta je izmenjava izkušenj in skupno učenje ter oblikovanje inovativnih in javno dostopnih materialov, ki bodo svetovalcem in lastnikom gozdov omogočili pridobitev ustreznih znanj za učinkovito upravljanje z gozdom.

Glavni rezultati (priročnik, praktične smernice, orodje za učenje, primeri dobre prakse) bodo ciljnim skupinam predstavljeni na organiziranih dogodkih, objavljeni bodo na spletnih straneh projektnih partnerjev in drugih obstoječih komunikacijskih kanalih.

Kakovost lesa za izdelke z visoko dodano vrednostjo

Akronim: Raziskovalci-2.1-UL-BF, Pogodba št. C3330-19-952011

Trajanje: 1. 4. 2019 - 31. 3. 2022

Vrednost projekta, financer (deleži): 20% sredstva MIZŠ, 80% sredstva Evropskega sklada za regionalni razvoj, 171.684,00 EUR

Št. sodelujočih partnerjev in držav: 2 partnerja, 1 država (Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo, Jamnikarjeva 101, 1000 Ljubljana – koordinator, dr. Klemen Novak; Jeles d. o. o., Poslovna cona Komenda, Pod hrasti 21, 1218 Žeje pri Komendi – partner na projektu)

Kratka predstavitev glavnih ciljev in/ali glavnih rezultatov

Projekt "Kakovost lesa za izdelke z visoko dodano vrednostjo" stremi k izboljšanju prepoznavnosti najbolj kakovostnega lesa za izdelke z najvišjo dodano vrednostjo za gradnjo in bivalno okolje. Njegova vsebina sodi na področje "Pametne zgradbe in dom z lesno verigo", kot tudi "Mreže za prehod v krožno gospodarstvo". Namen projekta je slediti kakovost lesa v delu lesne verige od dreves preko hlodovine do (pol)izdelka, predvsem pri lesnih vrstah kot so smreka in izbrani listavci iz Slovenije. Za sledenje in vrednotenje kakovosti zgradbe in lastnosti lesa uporabljamo dendrokronologijo, ki jo nadgrajujemo z uporabo nedestruktivnega testiranja, predvsem na osnovi akustičnih in ultrazvočnih metod. Pri slednjih razvijamo aplikacijo metod, kar je tudi eden od ciljev projekta.

Projekt se izvaja v sodelovanju raziskovalne organizacije Oddelka za lesarstvo, Biotehniške fakultete, Univerze v Ljubljani s partnerjem na projektu podjetjem Jeles d. o. o. Raziskovalec na projektu je dr. Klemen Novak, ki je končal doktorski študij s področja dendrokronologije na Univerzi Alicante v Španiji.

Ustrezno prepoznavanje lastnosti lesa omogoča večjo ter bolj racionalno uporaba lesa kot naravnega vira.

Poslovne priložnosti v gozdnem semenarstvu in drevesničarstvu**Akronim: Šifra V4 2015****Trajanje: 1.11. 2020 – 31.10.2023****Vrednost projekta: 100.000 EUR; od tega 100% Javna agencija za raziskovalno dejavnost RS****Spletna stran:** <https://www.gozdis.si/projekti/Poslovne-priloznosti-v-gozdnem-semenarstvu-in-drevesnicarstvu/>**Partnerji: Gozdarski inštitut Slovenije**

Načrtovanje pridobivanja semena in sadik mora temeljiti na dolgoročnih in srednjeročnih potrebah načrtovanja obnove gozdov, poznavanju potreb lastnikov in večji vključenosti gozdnih drevesničarjev v načrtovanje. Pri cca. 10 % obnovi slovenskih gozdov s sadnjo in setvijo bi letno potrebovali predvidoma okoli 3 milijone sadik gozdnega drevja, ki izvirajo iz GRM, pridobljenega iz ustreznih višinskih pasov in provenienčnih območij. Na kasnejše značilnosti GRM vplivajo tudi razmere v okolju, kjer so bile sadike vzgojene, kar ima dolgoročne posledice na delovanje bodočih sestojev. Kljub pomenu gozdnega semenarstva in drevesničarstva, sta bili obe panogi v slovenskem gozdarstvu v zadnjih 30 letih močno podhranjeni. Vse gozdne drevesnice v Sloveniji so po velikosti srednje in manjše drevesnice, so privatna podjetja in ne morejo zadovoljivo pokrivati potreb na področju razvoja semenarstva in drevesničarstva, uvajanja novih vzgojnih metod, izobraževanja, vzgoje minoritetnih vrst in zagotavljanja sadilnega materiala v majhnih količinah za privatne lastnike.

Za pokritje potreb po GRM je treba povečati kapacitete obstoječih drevesnic, dopolniti njihovo proizvodnjo v različnih območjih, oz. osnovati nove, ki bodo zagotavljale količinsko in kakovostno ustrezen GRM za sadnjo v slovenskih gozdovih.

Cilji projekta:

- analizirati stanje in ugotoviti potrebe po sadikah in semenu za obnovo gozdov in obnovo gozdov po ujmah glede na drevesno vrsto, provenienčno ustreznost, ...
- določiti potrebe po drevesnicah v Sloveniji (lokalno oz. pokrajinsko) in kapacitete za vsako drevesnico. Glede na potrebe vključiti razmislek o ustanovitvi drevesnice v okviru družbe Slovenski državni gozdovi d. o. o. ter določiti, koliko bi jih potrebovali za gozdove RS in koliko za gozdove v zasebni lasti,
- oceniti proizvodni potencial v Sloveniji in potencialni uvoz iz drugih držav,
- preveriti ustreznost veljavnih pogojev glede strokovne usposobljenosti in opreme dobaviteljev ter pripraviti predloge sprememb,
- finančno ovrednotiti potrebe po investicijah v obstoječe in morebitne nove drevesnice, v opremo ter kadre,
- finančno ovrednotiti pridelavo sadik in semena za obnovo gozdov in obnovo gozdov po ujmah ter predlagati vire financiranja.

CRP Bukev

Naslov projekta:

Bolezni, škodljivci in sušni stres pri navadni bukvi v različnih scenarijih podnebnih sprememb

Spletna stran: <https://www.zdravgozd.si/projekti/bukev/>

Sestava konzorcija in koordinator:

Koordinator: Gozdarski inštitut Slovenije (dr. Nikica Ogris)

Partnerji: Kmetijski inštitut Slovenije, Zavod za gozdove Slovenije

Trajanje projekta (mesec in leto začetka in zaključka): 36 mesecev, 1. 11. 2020 do 31. 10. 2023

Vrednost projekta: 130.000,00 €

Kratek povzetek projekta

V zadnjem času po vsej Sloveniji opažamo hitro hiranje navadne bukve (*Fagus sylvatica*). Gre za zaskrbljujoč trend, kateremu se nujno moramo posvetiti, saj gre za našo najpogostejšo drevesno vrsto z najvišjim deležem v lesni zalogi (32,6%).

Vzrokov hiranja bukve ne poznamo. Domnevamo pa, da je hiranje bukve posledica podnebnih sprememb, višjih temperatur, pogostejših sušnih stresov in sočasnega delovanja kompleksa fakultativnih parazitov oziroma endofitov ter sekundarnih škodljivcev, tj. kompleksne bolezni. Domneva še ni raziskana.

Za verodostojno analizo vzrokov hiranja bukve bo odvzetih zadostno število vzorcev navadne bukve iz vseh območij v Sloveniji. Projekt bo osredotočen samo na zdravstveno stanje bukve, tj. na bolezni in škodljivce, za katere predpostavljamo, da so najverjetnejši vzrok hiranja navadne bukve. V analizo bo vključen tudi vpliv sušnega stresa in naraščanja temperature, iz že zbranih (obstoječih) podatkov ARSO, GIS in ZGS.

V okviru projekta bomo uresničili naslednje cilje:

- določiti bolezni in škodljivce, ki so vpleteni v hiranje navadne bukve, tj. določiti vzroke hiranja navadne bukve,
- na podlagi obstoječih meteoroloških podatkov in podatkov iz stalnih vzorčnih ploskev Gozdarskega inštituta Slovenije ter Zavoda za gozdove Slovenije ugotoviti vpliv suše na zdravstveno stanje navadne bukve,
- oceniti potencialno ogroženost navadne bukve v Sloveniji zaradi bolezni, škodljivcev in vpliva suše v prihodnjih 10–50 letih glede na tri scenarije podnebnih sprememb (RCP2.6, RCP4.5 in RCP8.5),
- razviti model naravne razširjenosti bukve v Sloveniji in na njegovi podlagi narediti projekcijo potencialne razširjenosti navadne bukve v prihodnjih 10–50 letih glede na tri scenarije podnebnih sprememb (RCP2.6, RCP4.5 in RCP8.5; v model razširjenosti navadne bukve integrirati vpliv škodljivih dejavnikov (bolezni, škodljivcev in suše) ter rezultate modela integrirati v obstoječi elektronski informacijski sistem za varstvo gozdov,
- izdelati priporočila in usmeritve za dolgoročno gospodarjenje z navadno bukvijo z vidika njenega zdravja, vključno s predlogi ukrepov za izboljšanje zdravstvenega stanja navadne bukve; predlagani ukrepi in navodila bodo pripravljene tako, da bodo lahko neposredno uporabljene v gozdnogospodarskih in gozdnogojitvenih načrtih.

MOBILES**Naslov projekta:**

Učinkovitejše gospodarjenje z zasebnimi gozdovi v podporo večji mobilizaciji lesa

Spletna stran: <https://www.gozdis.si/projekti/MobiLES/>

Sestava konzorcija in koordinator:

Koordinator: Gozdarski inštitut Slovenije (dr. Nike Krajnc); partnerji:

Inštitut za javno upravo pri Pravni fakulteti v Ljubljani;

Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire

Trajanje projekta (mesec in leto začetka in zaključka): 36 mesecev, 1. 11. 2020 do 30. 10. 2023

Vrednost projekta: 260.000 €

Kratek povzetek projekta

V Sloveniji gospodarjenje z gozdovi temelji na načelih trajnosti, sonaravnosti in večnamenskosti, kar se uresničuje s celovitim in načrtnim usmerjanjem razvoja gozdov. Za gospodarjenje z gozdovi in rabo svoje lastnine so odgovorni lastniki gozdov. Ker pa se Slovenija sooča z majhno in razdrobljeno zasebno gozdno posestjo, velikim številom solastnikov, velikim številom deležnikov, neoptimalno izkoriščenim potencialom gozdov, nepovezanimi člani gozdno lesnih verig ter izrazito izvozno naravnano industrijo, se pojavljajo številni izzivi in dileme, kako povečati mobilizacijo lesa iz zasebnih gozdov in hkrati zagotavljati družbene, okoljske in gospodarske vidike gozda.

S projektom želimo odgovoriti predvsem na vprašanja, ki se nanašajo na odnos zasebnih lastnikov gozdov do gozda, vprašanja povezana z lastninsko pravico ter možnostmi poslovnega povezovanja in pripravljenostjo zasebnih lastnikov gozdov za poslovno povezovanje.

Tako je glavni cilj projekta povečanje konkurenčnosti gozdarskega sektorja z učinkovitejšim gospodarjenjem v zasebnih gozdovih ter z večjo mobilizacijo lesa iz zasebnih gozdov.

Pridobivanje ekstraktov grč in skorje z visoko vsebnostjo polifenolov iz manj izkoriščene biomase bele jelke

Trajanje

1.9.2020-31.8.2023

Financer, cel budget, % EU

ARRS, Ars Pharmae, 400000€

Št sodelujočih partnerjev in držav

Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo, Katedra za kemijo lesa in drugih lignoceluloznih materialov

prof. dr. Primož Oven, izr. prof. dr. Ida Poljanšek, doc. dr. Viljem Vek (prijavitelj in vodja projekta) in Urša Osolnik

Ars Pharmae d.o.o.

Marko Domazet in Urška Zaloker

Kratka predstavitev glavnih ciljev in/ali glavnih rezultatov

Projektno skupino sestavljata Oddelek za lesarstvo (Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta) in podjetje Ars Pharmae d.o.o, ki je tudi sofinancer projekta. Projekt je zasnovan tako, da temelji na uporabi obnovljive biomase za proizvodnjo izdelkov z visoko dodano vrednostjo, ob tem pa sledi konceptu krožnega gospodarstva. V času podnebnih sprememb, onesnaževanja okolja s plastiko in drugimi emisijami, je nujno potrebna zamenjava fosilnih goriv in fosilnih materialov z materiali naravnega izvora brez ali z nizkoogljičnim odtisom. V rastlinskem svetu imajo drevesa iglavcev eno izmed največjih koncentraciji polifenolov prav v tistih delih drevesa, ki predstavljajo ostanek oziroma odpadek gozdno lesne verige. Skorja in grče iglavcev vsebujejo velike količine flavonoidov, lignanov, stilbenov in taninov, ki izkazujejo biološke, farmakološke in klinične učinke, kot so preprečevanje bolezni srca in ožilja, preprečevanje raka ter protivnetno, antidiabetično in protimikrobno delovanje. Vsebnost polifenolnih ekstraktivov v drevesu je odvisna od vseh dejavnikov, ki vplivajo na rast dreves, prav tako pa tudi od načina rokovanja, skladiščenja in ekstrakcije biomase ter od skladiščenja ekstraktov. Za proizvodnjo dobro definiranih polifenolnih ekstraktov je potrebno razumeti vlogo vseh vplivnih dejavnikov, kar pa zahteva poglobljeno raziskavo. Primarna cilja aplikativnega projekta sta neposredno povezana z dejanskimi industrijskimi dejavnostmi sofinancerja Ars Pharmae, in to sta (1) opredelitev in optimizacija celotnega procesa proizvodnje ekstraktov skorje in grč bele jelke ter (2) priprava dveh ekstraktov z dobro definirano polifenolno sestavo. S projektnimi aktivnostmi bomo preučili tehnološke in metodološke načine učinkovitega pridobivanja skorje in grč iz debel bele jelke, vpliv letnega časa in različnih rastišč na vsebnost in sestavo polifenolne frakcije v biomasi, vpliv načina rokovanja in skladiščenja biomase na kakovost in količino ekstraktov, ter določitev optimalnega oziroma »zelenega« postopka ekstrakcije ciljnih polifenolov. Proučili bomo tudi antioksidativne lastnosti ter obstojnost pridobljenih ekstraktov. Rezultati raziskave bodo projektne partnerju iz gospodarstva omogočili proizvodnjo dovolj velikih količin in permanentno kakovost polifenolnih ekstraktov iz bele jelke za razvoj novih prehranskih dopolnil, nutracevtikov, ter zagotavljali osnovo za prehod na višji tehnološki nivo (TRL). V sodelovanju s podjetjem Ars Pharmae bo vzpostavljena nova veriga vrednosti, v kateri bodo dragocene spojine iz drevesne biomase uporabljene za izboljšanje počutja, zdravja in zmanjšanje obolenosti, kot enega največjih bremen naraščajoče in starajoče populacije.

Razvoj kazalcev in metodologije spremljanja ponudbe gozdarskih storitev

Development of indicators and methodology for monitoring of forest contractors

Spletna stran: <http://mehan.gozdis.si/>

Sestava konzorcija in koordinator:

Koordinator: Gozdarski inštitut Slovenije (dr. Nike Krajnc)

Partnerji: Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire

Trajanje projekta (mesec in leto začetka in zaključka): 36 mesecev, 1. 11. 2018 - 31. 10. 2021**Vrednost projekta, financer (deleži):** 105.000 €**Kratek povzetek projekta**

S potekom koncesij za gospodarjenje v državnih gozdovih se je število, struktura in organiziranost gozdarskih podjetij spremenila pod vplivom novih tržnih zakonitosti, ki jih je uvedel Zakon o gospodarjenju z gozdovi v lasti Republike Slovenije (ZGGLRS, 2016). Več starejših in tudi nekaj novejših raziskav med zasebnimi lastniki kaže, da večino del v gozdovih opravijo lastniki sami ali v okviru medsosedske pomoči. Dandanes je nemogoče pričakovati, da bodo vsi lastniki gozdov aktivno izvajali dela v svojem gozdu ali še pomembneje, da bi bili vsi ustrezno opremljeni in usposobljeni za varno, zdravju neškodljivo in ekonomsko učinkovito delo. Zato predvidevamo, da se bo trg gozdarskih storitev v prihodnosti še razvijal in širil, kar pa zahteva prenovo sistema spremljanja stanja in prilagoditve v politikah spodbud in podpor. Poleg tega v Sloveniji trenutno ni mogoče oceniti dejanske učinke ukrepov za izboljšanje ponudbe gozdarskih storitev v državi v okviru PRP.

Glavni cilj projekta je povečanje konkurenčnosti gozdarskega sektorja z izboljšanjem načina spremljanja stanja na področju izvajanja del v gozdovih ter vrednotenja ukrepov Programa razvoja podeželja (PRP).

Glavni rezultat projekta bodo predlogi za izboljšave obstoječega sistema spremljanja stanja in predlogi za spremljanje učinkov ukrepov PRP v prihodnosti.

ForKarst

Naslov: Procesi infiltracije v gozdnatih kraških vodonosnikih ob spremenljivih okoljskih pogojih

Trajanje: 1.7.2019-30.6.2022

Financiranje skupaj za GIS: 120.031,13 €

Partnerji: Inštitut za raziskovanje krasa ZRC SAZU, Gozdarski inštitut Slovenije

Glavni cilji

Namen projekta je preučiti vpliv okoljskih sprememb (podnebne spremembe, velikopovršinske motnje v gozdovih) na kraške vodonosnike ter razviti inovativen sistem zgodnjega opozarjanja o količini in kakovosti vode ter strokovna priporočila za prilagojeno upravljanje kraških vodnih virov, ki bodo vključevale smernice za gospodarjenje z gozdovi na vodovarstvenih območjih.

V izbranih ožjih območjih bosta kvantifikacija vloge prsti in vegetacijskega pokrova pri infiltracijskih procesih ter ocena transporta izbranih onesnaževal potekali po celotnem profilu, ki bo vključeval območja atmosfera – vegetacija – prst – nezasičeni – zasičeni del vodonosnika. Procese bomo modelirali s združevanjem vegetacijskih in hidroloških modelov. S pomočjo orodij daljinskega zaznavanja bomo razmere napajanja ugotovljene v lokalnem merilu prenesli na območje celotnega zaledja. Zato bodo predvideni različni scenariji sprememb vegetacije in ocenjeni njihovi vplivi na mehanizme napajanja vodonosnikov. Rezultati bodo novost na področju kraške hidrologije in v svetovnem merilu edinstven pristop k reševanju aktualne teme.

Izboljšanje konkurenčnosti slovenske gozdno-lesne verige v kontekstu podnebnih sprememb in prehoda v nizko-ogljico družbo**Trajanje:** 01.11.2020 - 31.10.2023**Vrednost projekta, financer (deleži):** 180.000,00 €**Št sodelujočih partnerjev in držav:** 3 partnerji iz Slovenije**Kratka predstavitev glavnih ciljev in/ali glavnih rezultatov**

Podnebne meritve kažejo trend dvigovanja temperature zraka. Zadnjih deset let sodi med najtoplejša leta, kar v Sloveniji opazujemo vreme. Poleg tega smo vse pogosteje priča vedno intenzivnejšim ekstremnim vremenskim dogodkom: žledu, viharjem, toči itd. Vse to ima vpliv na drevesno sestavo in kvantiteto in kvaliteto lesa. Namen projekta je analizirati stanje gozdno-lesne verige, z vidika povezanosti in opredeliti ključne možnosti za izboljšanje delovanja s poudarkom na lokalnih razvojnih možnostih in novih verigah vrednosti. Tako bomo določili vpliv klimatskih sprememb na razpoložljivost in kakovost lesnih vrst v prihodnosti. Poseben poudarek bo na vplivu klimatskih sprememb na relevantne lastnosti lesa (odpornost lesa proti razkroju in navlaževanju, mehanske lastnosti, kemijsko in anatomsko zgradbo ...). V te namene bomo ovrednotili tudi uporabo nove opreme in naprav, ki bi potencialno omogočili hitre in zanesljive ocene ključnih lastnosti lesa v različnih postopkih obdelave (npr. gostota, napake itd.) V sodelovanju z izbranimi deležniki bomo razvili oziroma optimizirali nove materiale (impregniran les, modificiran les, novi kompoziti in hibridi) na osnovi lesa manj uporabljanih lesnih vrst za uporabo v gradbeništvu, za infrastrukturne namene v avtomobilski industriji, farmaciji ... V kolikor želimo v celoti izkoristiti potencial slovenskih gozdov, bo v prihodnje potrebno razviti tudi nove načine uporabe lesa. Še posebno veliko priložnost predstavlja koncept biogospodarstva. Določanje biorafinerijskega potenciala relevantnih lesnih vrst za izdelavo nanoceluloze, finih kemikalij bo ena od petih pomembnih nalog projekta.