

Gozdarski vestnik

Letnik 82, številka 7-8

Ljubljana, 2024

ISSN 0017-2723

Dolgoletno spremljanje
kakovosti zraka
v gozdnih sestojih
Slovenije, s poudarkom
na ozonu

Rezultati dvajsetletnega
spremljanja fenoloških
faz dreves na
ploskvah intenzivnega
monitoringa gozdnih
ekosistemov v Sloveniji

Letna in sezonska
debelinska rast
dreves na ploskvah
intenzivnega
monitoringa v Sloveniji

Popis povzročiteljev
poškodb drevja na
ploskvah intenzivnega
monitoringa gozdnih
ekosistemov v Sloveniji

Osutost dreves na
ploskvah intenzivnega
monitoringa gozdnih
ekosistemov
v Sloveniji v zadnjih
dveh desetletjih

Sredica:
Makroskopske
in mikroskopske
značilnosti lesa



ZVEZA
GOZDARSKIH
DRUŠTEV
SLOVENIJE



UVODNIK	278	Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano Republike Slovenije 30 let javne gozdarske službe
ZNANSTVENI ČLANEK	279	Daniel ŽLINDRA Dolgoletno spremljanje kakovosti zraka v gozdnih sestojih Slovenije, s poudarkom na ozonu <i>Long-term monitoring of ambient air quality in forest stands in Slovenia, with a focus on ozone</i>
ZNANSTVENI ČLANEK	284	Gal OBLIŠAR, Urša VILHAR Rezultati dvajsetletnega spremljanja fenoloških faz dreves na ploskvah intenzivnega monitoringa gozdnih ekosistemov v Sloveniji <i>Results of twenty years of monitoring phenological phases of trees in intensive forest ecosystem monitoring plots in Slovenia</i>
ZNANSTVENI ČLANEK	293	Tom LEVANIČ, Matej RUPEL, Andreja VEDENIK Letna in sezonska debelinska rast dreves na ploskvah intenzivnega monitoringa v Sloveniji <i>Annual and seasonal radial growth of trees on the intensive monitoring plots in Slovenia</i>
ZNANSTVENI ČLANEK	303	Nikica OGRIS Popis povzročiteljev poškodb drevja na ploskvah intenzivnega monitoringa gozdnih ekosistemov v Sloveniji <i>Inventory of tree damage agents in intensive monitoring plots of forest ecosystems in Slovenia</i>
ZNANSTVENI ČLANEK	308	Anže Martin PINTAR, Mitja SKUDNIK Osutost dreves na ploskvah intenzivnega monitoringa gozdnih ekosistemov v Sloveniji v zadnjih dveh desetletjih <i>Tree defoliation on the plots for intensive monitoring of forest ecosystems in Slovenia over the last two decades</i>
GOZDARSTVO V ČASU IN PROSTORU	319	Silvo PRITRŽNIK Hubert Dolinšek - ob 90-letnici rojstva
	321	Jože PRAH Komisija za evropske pešpote v Sloveniji prevzema organizacijo 50. obletnice Evropske pešpote E6 (Ciglarjeve poti)
	324	Tadeja PEPELNJAK II. konferenca slovenskega kmetijstva in gozdarstva doma in po svetu
	325	Maja PETEH Izid novega učbenika Ohranjanje gozdnih genskih virov s semenarskim praktikumom in njegova predstavitev v okviru projekta Beremo v gozdnih knjižnicah
	326	Maja PETEH Zaključek projekta Beremo v gozdnih knjižnicah
MIKROSKOPSKE IN MAKROSKOPSKE ZNAČILNOSTI LESA		Jožica GRIČAR, Peter PRISLAN VRBE (<i>Salix</i> spp.)

30 let javne gozdarske službe

Slovenija spada med najbolj gozdnate države v Evropi, saj gozd pokriva skoraj 60 odstotkov površine države, kar nas uvršča v sam vrh evropskih držav, takoj za skandinavskimi državami. Dolgo in izjemno tradicijo ima tudi sonaravno in trajnostno naravnano gospodarjenje z gozdovi. Gozd opravlja tako proizvodne, kot tudi ekološke in socialne funkcije, zato ga nedvomno lahko uvrstimo med naša največja naravna bogstva. Kot skladišče ogljika je gozd tudi eden naših najpomembnejših partnerjev v boju proti podnebnim spremembam.

V letošnjem letu 30-letnico delovanja praznuje javna gozdarska služba, ki jo izvajata Zavod za gozdove Slovenije in Gozdarski inštitut Slovenije. Javna gozdarska služba se je razvila v dobro organizirano službo z velikim strokovnim, tudi mednarodnim, ugledom. Njeno delovanje je ključno pri gospodarjenju z gozdom, torej z več kot polovico slovenskega ozemlja. Gozdarski strokovnjaki Zavoda za gozdove Slovenije izdelujejo načrte za gospodarjenje z gozdovi in upravljanje z divjadjo, zbirajo in razpolagajo z vsemi ključnimi podatki o gozdovih, izdelujejo strokovne podlage s področja gojenja in varstva gozdov, s področja gozdnih prometnic in s področja divjadi in lovstva. Svetujejo lastnikom gozdov, kako optimalno gospodariti z gozdom in ozaveščajo različne skupine javnosti o pomenu gozda in gozdarstva. Sodelujejo pri raziskovalnih projektih in so tisti, ki rezultate teh projektov prenašajo v prakso. Javna gozdarska služba, ki jo izvajajo na Gozdarskem inštitutu Slovenije, pa obsega usmerjanje in vodenje spremljanje stanja razvrednotenja in poškodovanosti gozdov, vodenje poročevalsko, prognostično – diagnostično službe, gozdnega semenarstva in drevesničarstva, informacijskega sistema za gozdove in izdelavo strokovnih podlag za opravljanje del v gozdovih.

Tako kot mnoge druge stroke in dejavnosti se tudi v gozdarstvu soočamo s številnimi izzivi. Kakšni bodo gozdovi v prihodnje, nam v veliki meri narekujejo podnebne spremembe, ki se v gozdu odražajo kot veliko število izjemnih vremenskih pojavov, kot naravne ujme rekordnega obsega, kot prekomerna namnožitev škodljivih organizmov in pojavljanje novih, doslej neznanih škodljivih organizmov. Dopolnjujejo jih usklajevanja med rastlinsko in živalsko komponento gozda, razhajanja med obiskovalci gozdov in njihovimi lastniki ter iskanje širšega trajnostnega ravnotežja med številnimi interesi v gozdu. Zato bo ključno v prihodnje najti smer, kako gospodariti z gozdovi, da bodo čim bolj odporni, in kako ob naravnih ujmah hitro in učinkovito ukrepati.

Na Ministrstvu za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano si bomo tudi v bodoče prizadevali za povezovanje in sodelovanje med institucijami, ki izvajajo javno gozdarsko službo, ter deležniki na področju gozda in gozdarstva, da bomo dosegli zastavljene cilje in ukrepe gozdne politike. S trajnostnim, sonaravnim in večnamenskim gospodarjenjem z gozdom ter rabo in predelavo lesa v najrazličnejše izdelke prispevamo k doseganju skupnih ciljev EU na področju podnebja, biotske raznovrstnosti, razvoja podeželja, energetike in okolja ter za prehod v podnebno nevtravno, krožno, zeleno in digitalno gospodarstvo.

Tri desetletja delovanja javne gozdarske službe je priložnost, da se s ponosom ozremo na opravljeno delo in povemo, da z gozdom ravnamo skrbno, v dobro narave in ljudi. Slovenski gozdovi so, kljub stalnim izzivom, v dobrem stanju. Skladno s svojim poslanstvom pa si vsi sodelujoči prizadevamo za dobrobit našega največjega naravnega bogstva.

Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano Republike Slovenije

Dolgoletno spremljanje kakovosti zraka v gozdnih sestojih Slovenije, s poudarkom na ozonu

Long-term monitoring of ambient air quality in forest stands in Slovenia, with a focus on ozone

Daniel ŽLINDRA¹



Izvleček:

Ozon je močan oksidant. Njegova prisotnost v stratosferi varuje Zemljo pred ultravijoličnimi žarki. V zraku, ki nas obkroža, pa ni zaželen. V visokih vsebnostih je še bolj kot za ljudi in živali škodljiv za rastline. Ravno zaradi njegovega vpliva na rastline, predvsem drevice, ga na Gozdarskem inštitutu Slovenije spremljamo v gozdnem prostoru s pasivnimi vzorčevalniki že dvajset let. Vsebnost ozona v zraku je odvisna od njegovih prekurzorjev, gibanja zraka in meteoroloških dejavnikov. Ploskev, ki je z njim v rastnih sezonah najbolj obremenjena, je ploskev Borovec pri Kočevski Reki. Najmanj ozona smo zabeležili na raziskovalnih ploskvah, ki se nahajata v nižinskih poplavnih gozdovih.

Ključne besede: Ozon, pasivni vzorčevalniki, intenzivni monitoring gozdov, raziskovalne ploskve

Abstract:

Ozone is a strong oxidant. Its presence in the stratosphere protects the Earth from ultraviolet rays. But it is not desirable in the ambient air. At high levels, it is even more harmful to plants than to humans and animals. It is precisely because of its impact on plants, especially trees, that the Slovenian Forestry Institute has been monitoring it in forest areas with passive samplers for the last twenty years. The level of ozone in the air depends on its precursors, air movement and meteorological factors. The plot with the highest ozone load during the growing seasons is Borovec near Kočevska Reka. The lowest ozone levels were recorded in the two study plots located in lowland floodplain forests.

Key words: ozone, passive samplers, intensive forest monitoring, research plots

1 UVOD

1 INTRODUCTION

Ozon je triatomna molekula kisika in je zelo močan oksidant, ki ne nastaja neposredno pri izogrevanju fosilnih goriv ali industrijskih procesih, ampak je produkt okoljskih dejavnikov (visoke temperature, sončno obsevanje) in prisotnosti prekurzorjev ozona (ogljikovodikove spojine in dušikovi oksidi) (How ..., b. l.). Spremljanje kakovosti zraka, ki vključuje predvsem merjenje vsebnosti ozona, opravljamo na Gozdarskem inštitutu Slovenije že vse od začetka intenzivnega spremljanja stanja gozdnih ekosistemov leta 2004.

Ozon naj bi bil letno v svetu odgovoren za smrt okrog milijon ljudi (Zhang in sod., 2019), škodljiv pa je tudi za živali ter rastline. Za škodljivo raven ozona za rastline veljajo vsebnosti nad 40 ppb oz. 80 $\mu\text{g O}_3/\text{m}^3$. Dlje časa kot traja izpostavljenost ozonu in višja kot je njegova raven, več poškodb povzroči, ali na respiratornih organih ali listnem

tkivu. V primeru rastlin o stopnji poškodb odloča še en dejavnik, t. j. odprtost listnih rež. Do večjih poškodb na listih pride v primeru, kadar so listne reže bolj odprte. V primeru vodnega stresa, visokih temperatur in sušnega ozračja (Stomatal ..., b. l.), so listne reže zaprte, zato ozon v občutljivo listno tkivo težje prodre in so poškodbe malo verjetne.

Ko je poškodovan asimilacijski aparat lista, se to na nivoju rastline opazi kot slabši prirastek ali pridelek, počasnejša rast ali celo uvelost.

Ocene zmanjšanja prirastka biomase v gozdovih na globalni ravni naj bi znašala okrog 7 % (Ainsworth in sod., 2012). Kolikšen je, pa je odvisno tudi od odpornosti drevesne vrste in celo njenega genoma na njegove učinke (Agathokleous in sod., 2022).

Največji učinek zmanjšanja produkcije biomase ima ozon na mlada listopadna drevesa, bolj kot na starejša. Vpliv ozona je manjši na iglavce kot na listavce (Franz in sod. 2018). Razlika je tudi

¹ D. Ž., Gozdarski inštitut Slovenije, Oddelek za gozdno ekologijo, Večna pot 2, SI-1000 Ljubljana, Slovenija, daniel.zlindra@gozdis.si

med zimzelenimi in listopadnimi listavci, kjer so slednji bolj občutljivi (Calatayud in sod., 2011). V nasprotju s splošno ugotovljenimi negativnimi posledicami visoke vsebnosti ozona v zraku v nekaterih študijah ugotavljajo tudi nasprotno, da odziv vseh dreves ni vedno zmanjšan prirastek, ampak lahko povišane vsebnosti ozona v zraku vodijo celo do povečanja prirastka ampak je to prej izjema kot pravilo (Wang in sod., 2016).

Zaradi vpliva ozona na rast in vitalnost drevja je bilo spremljanje vključeno v nabor obveznih parametrov intenzivnega spremljanja gozdnih ekosistemov.

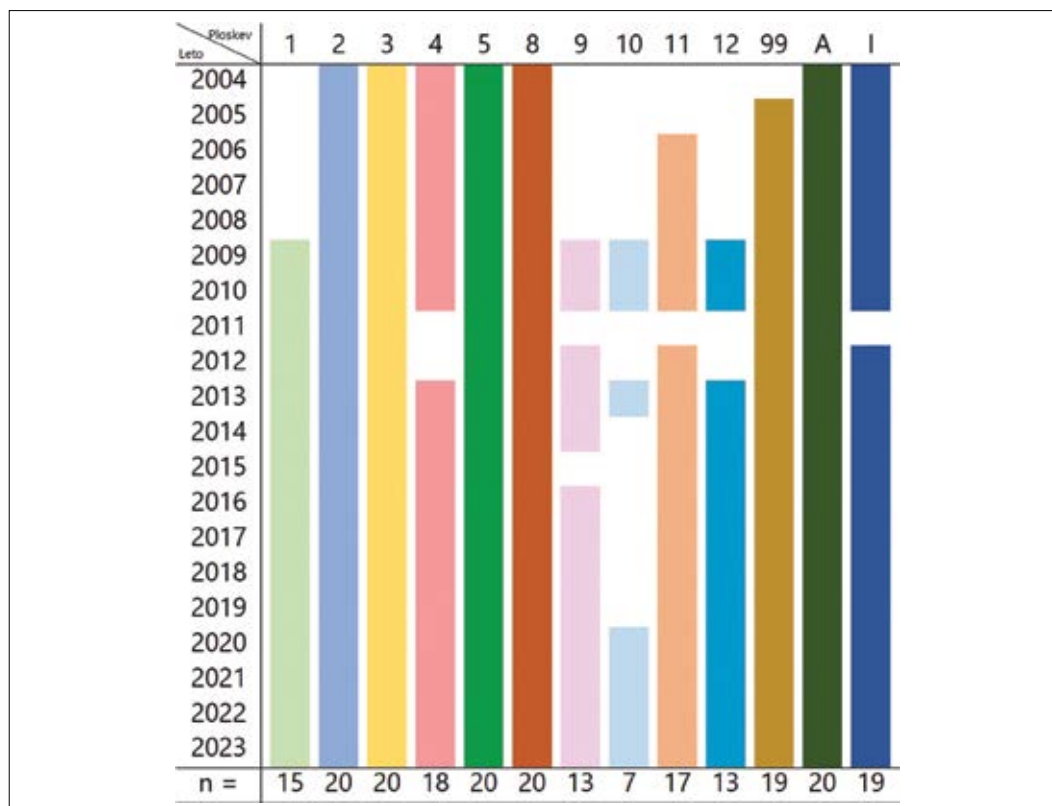
2 RAZISKOVALNE PLOSKVE IN METODE

2 RESEARCH PLOTS AND METHODS

Spremljanje kakovosti zraka, predvsem vsebnost ozona, je obvezna dejavnost v sklopu intenzivnega

monitoringa znotraj programa International Cooperation Program on Forests (ICP Forests) on Forest (Schaub in sod., 2020), zato jo izvajamo že od samega začetka programa v Sloveniji, od leta 2004 (Slika 1). Sprva smo ozon merili le na ploskvah, kjer smo predvidevali visoke vsebnosti v zraku (Fondek, Gropajski bori, Brdo, Borovec in Lontovž). Kasneje smo v odvisnosti od razpoložljivih sredstev število ustrezno prilagajali, vendar na štirih ploskvah spremljamo vsebnosti ozona neprekinjeno (Fondek, Gropajski bori, Borovec, Lontovž).

Za spremljanje vsebnosti ozona v zraku s tehniko pasivnih dozimetrov smo se odločili zaradi stroškov in predvsem infrastrukturnih omejitev kontinuirnih vzorčevalnikov za ozon, saj je potrebno za njihovo delovanje električna energija, ki v gozdu na naših merilnih mestih ni na voljo. Na trgu obstaja več različnih izvedb dozimetrov. Odločili smo se za



Slika 1: Zastopanost meritev ozona po posameznih letih po ploskvah

Figure 1: Ozone measurements by year by plot

Ogawa tip dozimetra (Slika 2). Ta je sestavljen iz v sredini zaprtega valja, z vsake strani pa je med nosilno mrežico vpet aktivni papir, prekrit z luknjičastim pokrovčkom. Molekule ozona, ki prehajajo skozi luknjice do aktivnega papirja, oksidirajo nitritne ione v nitratne. Kvantitativno jih določimo v Laboratoriju za gozdno ekologijo Gozdarskega inštituta Slovenije z ionsko kromatografijo. Eden ali dva seta dozimetrov sta vedno postavljena poleg aktivnih vzorčevalnikov (npr. ARSO postaji v Ljubljani in Iskrbi na Kočevskem), ki služita za kalibracijo.

Takšen set sestavljata po dva dozimetra, ki sta izpostavljena 14 dni, nato ju zamenjamo z novim. Ozon spremljamo v takšnih 14-dnevnih periodah skozi celotno vegetacijsko obdobje. Praviloma začnemo v sredini marca in končamo konec septembra ali v začetku oktobra.

Na Sliki 3 smo predstavili povprečne 14-dnevne vrednosti vsebnosti ozona iz vseh let spremljanja, združene po posameznih lokacijah.

3 REZULTATI IN DISKUSIJA

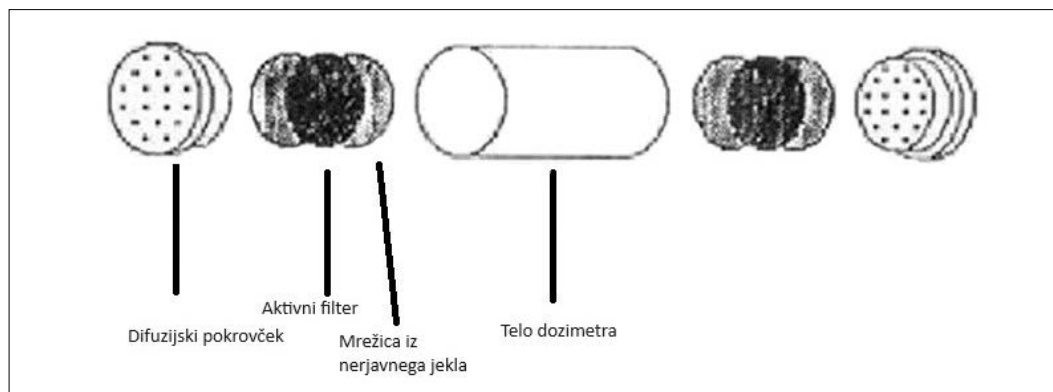
3 RESULTS AND DISCUSSION

Vsebnosti ozona v zraku na posamezni ploskvi so odvisne vsebnosti njegovih prekurzorjev v zračnih masah, ki pridejo nad Slovenijo z daljinskim transportom, vsebnosti samega ozona v njih in lokalnih klimatoliških pogojev, zaradi katerih ozon razpada ali dodatno nastaja. Vrh vsebnosti ozona zaradi daljinskega transporta (oz. njegovih

prekurzorjev) je ponavadi lepo viden konec junija oz. v začetku julija, ko na vseh ploskvah beležimo maksimalne vrednosti za posamezno leto, kar ustreza najvišjim ravnem UV sevanja. Drugi maksimum zaznamo v Sloveniji konec avgusta ali v začetku septembra.

Za najbolj obremenjeno z ozonom se je izkazala ploskev Borovec pri Kočevski Reki, saj je dolgoletno štirinajst-dnevno povprečje v rastnih sezonah $94 \mu\text{g O}_3/\text{m}^3$, s posameznimi maksimumi prek $160 \mu\text{g O}_3/\text{m}^3$. Sledita ji ploskev Lontovž nad Trbovljami in Tratice na Pohorju. Nekaj nižje vrednosti smo zasledili na dveh ploskvah na Primorskem - Fondek na Trnovski planoti in Gropajski bori pri Sežani. Kljub precejšnji razliki v nadmorski višini so vsebnosti ozona na teh dveh ploskvah primerljive in znašajo v povprečju okrog $81 \mu\text{g O}_3/\text{m}^3$. Še manjše vrednosti beležimo na ploskvi Brdo pri Kranju in Gorica pri Loškem Potoku (v povprečju 73 in $70 \mu\text{g O}_3/\text{m}^3$), sledijo ji Krucmanove konte na Pokljuki ($50 \mu\text{g O}_3/\text{m}^3$) ter dve ploskvi v nižinskih poplavnih gozdovih - Krakovski gozd in Murska šuma (35 in $38 \mu\text{g O}_3/\text{m}^3$).

Za primerjavo med večjimi gozdnimi sestoji in mestnim gozdom imamo ploskev, ki se nahaja ob Gozdarskem inštitutu Slovenije v Ljubljani. Kljub temu, da ploskev stoji na obrobju urbanega okolja, smo tu izmerili malenkost višje vrednosti kot na pokljuški planoti ($52 \mu\text{g O}_3/\text{m}^3$) (Slika 3). Na ploskvi, ki stoji sredi mestnega okolja pri sedežu ARSO v Ljubljani za Bežigradom, je bila izmerjena vrednost nekaj višja ($61 \mu\text{g O}_3/\text{m}^3$).

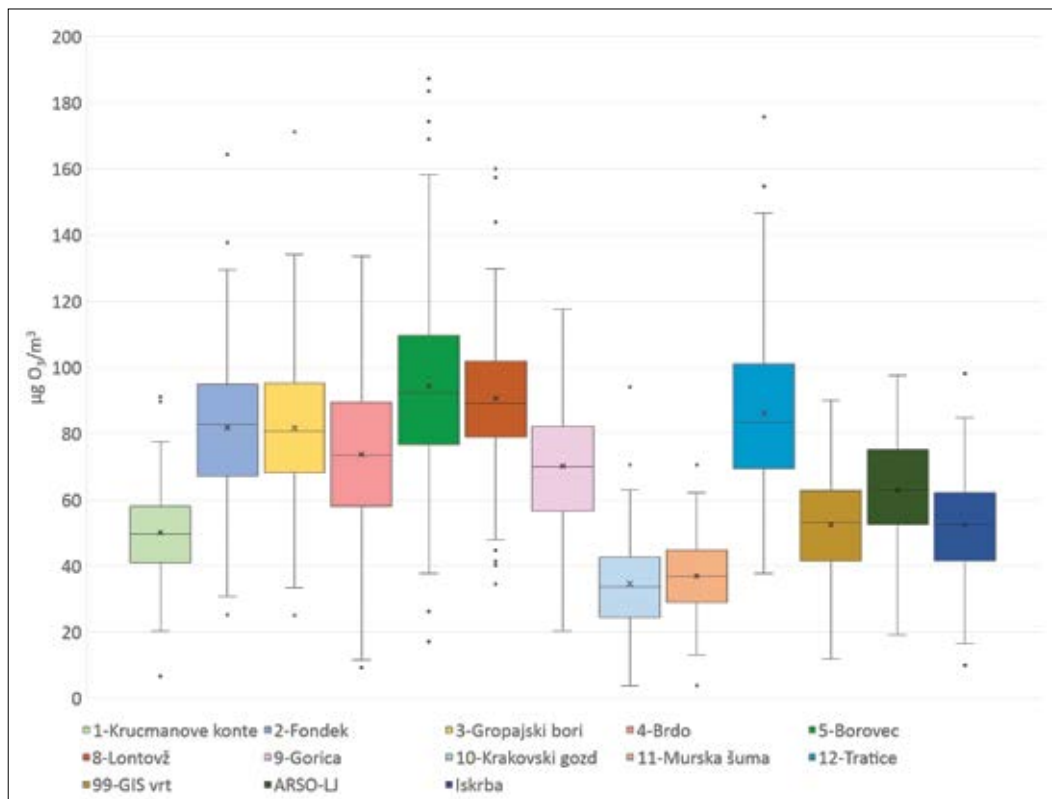


Slika 2: Shema dozimetra (povzeto po Koutrakis in sod., 1993)

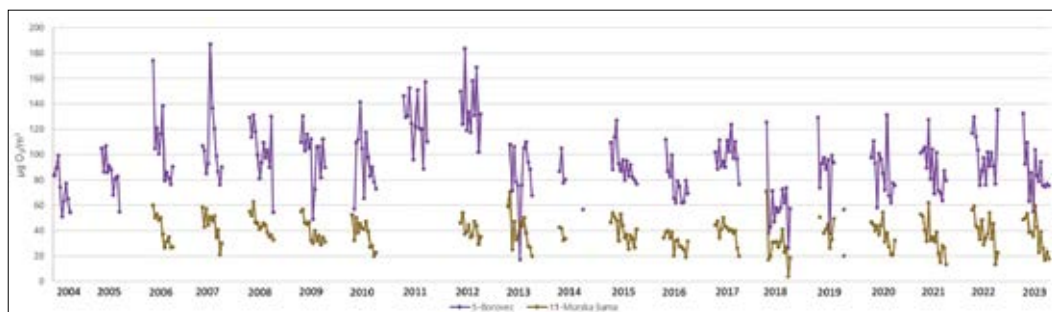
Figure 2: Dosimeter schematic (adapted from Koutrakis et al., 1993)

Primerjava 20-letnih gibanj vsebnosti ozona (Slika 4) med najbolj onesnaženo ploskvijo (5-Borovec) in drugo najmanj onesnaženo (11-Murska šuma) nam pokaže, da so vsebnosti ozona v Murski šumi konstantno nizke z nekaj oscilacijami tekom rastnih sezon (daljinski transport prekursorjev

ozona in ozona v kombinaciji z meteorološkimi pogoji), na Borovcu pa so ti odkloni veliko bolj izraziti, s trendom naraščanja do leta 2012 in so od leta 2013, ko so se vrednosti spustile na raven iz let 2004/2005, zopet v trendu naraščanja.



Slika 3: Združene vsebnosti ozona po posameznih ploskvah v vseh letih (glej sliko 1) spremljanja
Figure 3: Combined ozone concentrations by plot over all monitoring years (see Figure 1)



Slika 4: 20-letno sezonsko gibanje vsebnosti ozona na ploskvah 5-Borovec (vijolična) in 11-Murska šuma (rjava)
Figure 4: 20-year seasonal trends in ozone at plots 5-Borovec (purple) and 11-Murska šuma (brown)

4 ZAKLJUČKI

4 CONCLUSIONS

Spremljanje vsebnosti ozona v zraku s pasivnimi dozimetri se je izkazalo kot zelo učinkovita in ekonomsko sprejemljiva metoda. Njena slabost je nezmožnost detekcije posameznih dnevnih maksimumov, ki pa v 14-dnevno povprečje vseeno doprinesejo dovolj, da se jih lahko opazi. V dvajsetletnem spremljanju vsebnosti ozona v zraku na desetih ploskvah po Sloveniji smo ugotovili, da je z ozonom najbolj obremenjena ploskev na Borovcu (Kočevska Reka), sledita ji dve na višjih nadmorskih višinah (Lontovž - Kum, Tratice - Pohorje) ter dve primorski (Fondek, Gropajski bori). Ploskvi, najmanj obremenjeni z ozonom sta Krakovski gozd in Murska šuma, kjer uspevajo nižinski, poplavni gozdovi. Nihanja vsebnosti ozona so veliko bolj izrazita na lokacijah, kjer so vsebnosti visoke, z zelo izrazitim vrhom prav ob začetku vsakokratne rastne sezone.

5 ZAHVALA

5 ACKNOWLEDGEMENT

Meritve se še vedno izvajajo v okviru Intenzivnega monitoringa stanja gozdov v Sloveniji, ki je del EU programa ICP Forests. Raziskavo v okviru nalog Javne gozdarske službe GIS - JGS 1/3 (Intenzivno spremljanje vpliva onesnaženosti zraka na gozdove v skladu s Pravilnikom o varstvu gozdov in Konvencije UNECE CLRTAP) - podpira Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano RS, za kar se jim lepo zahvaljujemo. Zahvaljujemo se vsem revirnim gozdarjem - skrbnikom ploskev, ki so skozi leta izvajali in še izvajajo vzdrževanje infrastrukture na terenu in vzorčenje ter sodelavcem Laboratorija za gozdno ekologijo Gozdarskega inštituta Slovenije za pripravo, transport in analizo dozimetrov. Program je bil deloma izveden v okviru pripravljalnega projekta eLTER faze (eLTER PPP), projekta eLTER Advanced Community Project (eLTER PLUS) in projekta „Razvoj raziskovalne infrastrukture za mednarodno konkurenčnost slovenskega RRI prostora - RI-SI-LifeWatch, ki ga financira Republika Slovenija, Ministrstvo za izobraževanje, znanost in šport ter Evropska unija iz Evropskega regionalnega Evropskega sklada za regionalni razvoj”.

6 VIRI IN LITERATURA

6 REFERENCES

- Agathokleous E., Feng Z., Saitanis C. J., 2022. Effects of Ozone on Forests. V: Akimoto, H., Tanimoto, H. (ur.) Handbook of Air Quality and Climate Change. Springer, Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-15-2527-8_24-1
- Ainsworth E. A., Yendrek C. R., Sitch S., Collins W. J., Emberson L. D., 2012. The effects of tropospheric ozone on net primary productivity and implications for climate change. *Annual Review of Plant Biology*, 63, 637–661.
- Calatayud, V., Cervero, J., Calvo, E., Garcia-Breijo, F.J., Reig-Arminana, J., Sanz, M.J., 2011. Responses of evergreen and deciduous Quercus species to enhanced ozone levels. *Environ. Pollut.* 159, 55–63.
- Franz M., Alonso R., Arneth A., Büker P., Elvira S., Gerrosa G., Emberson L., Feng Z., Le Thiec D., Marzuoli R., Oksanen E., Uddling J., Wilkinson M., Zaehle S. 2018. Evaluation of simulated ozone effects in forest ecosystems against biomass damage estimates from fumigation experiments. *Biogeosciences*, 15, 6941–6957. <https://doi.org/10.5194/bg-15-6941-2018>.
- How is Ozone Formed? (b. l.) <https://scdhec.gov/environment/your-air/most-common-air-pollutants/about-ozone/how-ozone-formed> (8. 5. 2024)
- Koutrakis, P., Wolfson, J. M., Bunyaviroch, A., Froehlich, S. E., Hirano, K., Mulik, J. D. 1993. Measurement of ambient ozone using a nitrite-coated filter. *Analytical Chemistry*, 65: 209–214.
- Schaub M., Calatayud V., Ferretti M., Pitar D., Brunialti G., Lövblad G., Krause G., Sanz M. J. 2020. Part XV: Monitoring of air quality. Version 2020-1. In: UNECE ICP Forests Programme Co-ordinating Centre (ed.): Manual on methods and criteria for harmonized sampling, assessment, monitoring and analysis of the effects of air pollution on forests. Thünen Institute of Forest Ecosystems, Eberswalde, Germany, 11 p. + Annex [<http://www.icp-forests.org/manual.htm>]
- Stomatal Opening and Closure. (b. l.) [https://bio.libretexts.org/Bookshelves/Botany/Botany_\(Ha_Morrow_and_Algers\)/04%3A_Plant_Physiology_and_Regulation/4.05%3A_Transport/4.5.01%3A_Water_Transport/4.5.1.02%3A_Transpiration/4.5.1.2.02%3A_Stomatal_Opening_and_Closure](https://bio.libretexts.org/Bookshelves/Botany/Botany_(Ha_Morrow_and_Algers)/04%3A_Plant_Physiology_and_Regulation/4.05%3A_Transport/4.5.01%3A_Water_Transport/4.5.1.02%3A_Transpiration/4.5.1.2.02%3A_Stomatal_Opening_and_Closure) (28. 8. 2024)
- Wang B., Shugart H. H., Shuman J. K., Lerdau M. T. 2016. Forests and ozone: productivity, carbon storage and feedbacks. *Nature: Scientific Reports*, 6: 22133. <https://doi.org/10.1038/srep22133>
- Zhang J., Wei Y. in Fang Z. 2019. Ozone pollution: a major health hazard worldwide. *Frontiers in Immunology*. 10:2518. doi: 10.3389/fimmu.2019.02518

Rezultati dvajsetletnega spremljanja fenoloških faz dreves na ploskvah intenzivnega monitoringa gozdnih ekosistemov v Sloveniji

Results of twenty years of monitoring phenological phases of trees in intensive forest ecosystem monitoring plots in Slovenia

Gal OBLIŠAR¹, Urša VILHAR²



Izvleček:

Fenološka opazovanja dreves v gozdovih so pomemben vir podatkov za ugotavljanje vpliva podnebnih sprememb na gozdove in druge naravne ekosisteme. V naši raziskavi smo analizirali nastop fenoloških faz prvih listov in iglic ter splošnega rumenjenja listov za listavce ter dolžino vegetacijskega obdobja na osmih ploskvah intenzivnega monitoringa gozdnih ekosistemov v Sloveniji. Obravnavali smo drevesne vrste bukev, dob, rdeči bor, črni bor in smreko v letih od 2004 do 2023. Ugotavljamo, da je nastop fenološke faze prvih listov na večini ploskev zgodnejši kot pred leti. Značilno zgodnejši nastop fenološke faze prvih iglic med leti smo ugotovili tudi za rdeči bor na ploskvi Brdo in črni bor na ploskvi Gropajski bori. Pri bukvi smo ugotovili značilne razlike med ploskvami. Nastop fenološke faze prvih listov bukve je bil najkasnejši na ploskvah Lontovž in Gorica, medtem ko je bil na ploskvah Fondek in Borovec v povprečju sočasen. Za fenološko fazo splošnega rumenjenja listov pri bukvi so razlike med ploskvami manjše kot pri fenološki fazi prvih listov. Naši rezultati na ploskvah Borovec, Fondek in Gorica nakazujejo daljšanje vegetacijskega obdobja, pri čemer je na ploskvi Gorica daljšanje dolžine vegetacijskega obdobja manj izrazito in ni statistično značilno.

Ključne besede: gozd, fenologija, drevesa, intenzivno spremljanje stanja gozdov, Slovenija

Abstract:

Phenological observations of trees in forests are an important source of information for determining the impact of climate change on forests and other natural ecosystems. In our study, we analyzed the onset of the phenological phases of first leaves and needles and general leaf yellowing for deciduous trees, as well as the length of the growing season in 8 intensive forest ecosystem monitoring plots in Slovenia. We looked at the tree species beech, oak, Scots pine, Austrian pine and spruce from 2004 to 2023. We find that the onset of the phenological phase of the first leaves is earlier in most plots than it was a few years ago. A typically earlier onset of the phenological phase of the first needles between years was also found for Scots pine in the Brdo plot and Austrian pine in the Gropajski pine plot. For beech, we found characteristic differences between the plots. The onset of the phenological phase of the first leaves of beech was the latest in the Lontovž and Gorica plots, while in the Fondek and Borovec plots it was on average simultaneous. For the general leaf yellowing phenological phase of beech, the differences between plots are smaller than for the first leaf phenological phase. Our results in the Borovec, Fondek and Gorica plots indicate a lengthening of the growing season, whereas in the Gorica plot the lengthening of the growing season is less pronounced and not statistically significant.

Key words: forest, phenology, trees, intensive monitoring of forest ecosystems, Slovenia

1 UVOD

1 INTRODUCTION

Fenološka opazovanja rastlin so pomembna za ugotavljanje vpliva podnebnih sprememb na naravne ekosisteme. V zadnjih desetletjih podnebne spremembe zelo vplivajo na fenologijo rastlin in živali (Menzel in sod., 2006; Parmesan, 2006; Thomas in sod., 2006). Življenjski cikli številnih rastlinskih in živalskih vrst so namreč usklajeni z okoljskimi dejavniki, kot sta na primer tempe-

ratura in svetloba (Donnelly in sod., 2004). Zato lahko vsaka sprememba temperature zraka vpliva na njihove fenološke faze (Tylianakis in sod., 2008). V zadnjih desetletjih se je povprečna temperatura zraka zvišala, več je tudi temperaturnih ekstremov (IPCC, 2023). Posledično so v številnih regijah opazili premik območij razširjenosti rastlinskih vrst proti severu in na višje nadmorske višine ter časovne premike v fenološkem razvoju (Menzel in sod., 2006; Bertin, 2008; Doi in Katano, 2008;

¹ G. O., Gozdarski inštitut Slovenije, Oddelek za gozdno ekologijo. Večna pot 2, SI-1000 Ljubljana, Slovenija

² U. V., Gozdarski inštitut Slovenije, Oddelek za gozdno ekologijo. Večna pot 2, SI-1000 Ljubljana, Slovenija

Lenoir in sod., 2008; Chen in Xu, 2012). V fenologiji lahko ti premiki faz pomembno vplivajo na interakcije med vrstami in povzročajo motnje v odnosih med rastlinami ter živalmi (Bale in sod., 2002; Van Asch in Visser, 2007). Zato so v sklenjenih gozdnih ekosistemih fenološka opazovanja dreves izredno pomembna za proučevanje vpliva podnebnih sprememb na gozdove (Vilhar in sod., 2013a; Vilhar in sod., 2018).

Z raziskavo želimo predstaviti rezultate fenoloških opazovanj gozdnega drevja v sklenjenih gozdnih ekosistemih, ki potekajo v okviru Programa intenzivnega monitoringa gozdnih ekosistemov (IMGE). V strnjenih gozdovih, oddaljenih od urbanih območij in toplotnih otokov v mestih, fenološka opazovanja dreves namreč redko potekajo, zato so še posebno pomemben podatek o vplivu podnebnih sprememb na gozdne ekosisteme (Vilhar in Kajfež-Bogataj, 2003). V prispevku obravnavamo nastop fenoloških faz prvih listov in iglic (BGS) za iglavce in listavce ter splošnega rumenjenja listov (EGS) za listavce na ploskvah IMGE v Sloveniji v letih od 2004 do 2023. Ugotavljamo tudi, ali se je med leti spreminjala dolžina vegetacijskega obdobja (LGS) za bukev in dob.

2 METODE

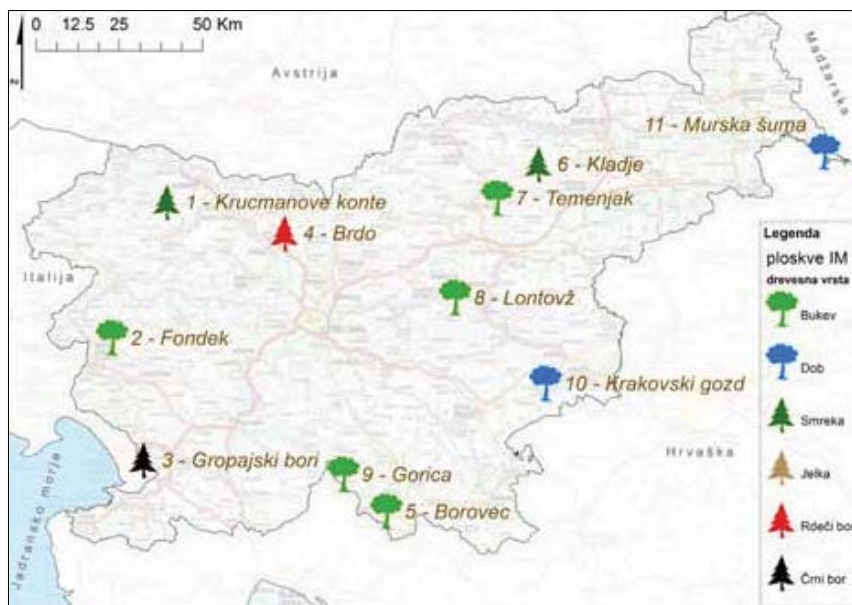
2 METHODS

2.1 FENOLOŠKA OPAZOVANJA DREVES

2.1 PHENOLOGICAL OBSERVATIONS OF TREES

V naši raziskavi smo analizirali nastop fenoloških faz prvih listov in iglic ter splošnega rumenjenja listov za listavce na osmih ploskvah intenzivnega monitoringa gozdnih ekosistemov v Sloveniji (Slika 1.) v letih od 2004 do 2023. Na vsaki ploskvi so fenološka opazovanja potekala na dvajsetih različnih drevesih enkrat na teden ali na štirinajst dni. Opazovali smo zgornji del krošnje, če pa ni bil viden, pa osrednji del drevesne krošnje. Fenološka opazovanja so opravljali skrbniki ploskev, ki so hkrati gozdarji Zavoda za gozdove Slovenije. Na Gozdarskem inštitutu Slovenije smo opazovanja koordinirali, nadgrajevali obstoječe podatkovne baze, postopke prenosa, kontrole in hranjenja podatkov.

Začetni datum vegetacijskega obdobja (angl. *beginning of growing season* – BGS) smo zabeležili, ko so postale listne ploskve listov vidne na do 33 %



Slika 1: Ploskve intenzivnega monitoringa gozdnih ekosistemov (IMGE), na katerih potekajo fenološka opazovanja.
Figure 1: Intensive Monitoring Plots of Forest Ecosystems (IMGE), where phenological observations are conducted.

opazovanega dela krošnje. Datum končanja vegetacijskega obdobja (angl. *end of growing season* – EGS) smo zabeležili, ko so jesensko obarvani listi postali vidni na več kot 66 % opazovanega dela krošnje. Metode so podrobneje opisane v Priročniku za fenološka opazovanja (Vilhar, 2010) in prispevkih (Vilhar in sod., 2013b; Vilhar in sod., 2014; Vilhar in sod., 2018). Fenološke faze za dob (*Quercus robur* L.) smo obravnavali na ploskvi Murska šuma; za bukev (*Fagus sylvatica* L.) na ploskvah Lontovž pod Kumom, Borovec v Kočevski Reki, Fondek v Trnovskem gozdu, Gorica v Loškem Potoku; za smreko (*Picea abies* (L.) Karst.) na ploskvi Krucmanove Konte na Pokljuki; za rdeči bor (*Pinus sylvestris* L.) na ploskvi Brdo pri Kranju; za črni bor (*Pinus nigra* Arnold) na ploskvi Gropajski bori pri Sežani.

2.2 STATISTIČNE ANALIZE

2.2 STATISTICAL ANALYSES

Na podlagi fenoloških opazovanj izbranih fenoloških faz (BGS, EGS) za opazovana drevesa na posamezni ploskvi smo izračunali povprečne letne nastope fenoloških faz prvih listov in iglic za listavce in iglavce (BGS) ter splošnega rumenenja listov za listavce (EGS) na obravnavanih ploskvah. Opazovane datume pojava posamezne fenološke faze (BGS oz. EGS) smo pretvorili v julijanski dan oz. doy (0–365 – angl. »day of year«), tj. dan v posameznem letu, v katerem se je fenološka faza pojavila. Za obravnavana listavca, bukev in dob, smo iz razlike med BGS in EGS izračunali povprečno letno dolžino vegetacijskega obdobja (angl. length of growing season – LGS) v dnevih.

Preglednica 1: Povprečni julijanski dan (doy) nastopa fenološke faze prvih listov (BGS), splošnega rumenenja (EGS) in dolžina vegetacijskega obdobja (LGS) na obravnavanih ploskvah intenzivnega monitoringa gozdnih ekosistemov (IMGE) v letih od 2004 do 2023

Table 1: Mean Julian day (doy) of the onset of the phenophase of the first leaves (BGS), the general yellowing (EGS), and the length of the growing season (LGS) in the intensive monitoring of forest ecosystems (IMGE) plots from 2004 to 2023

Ploskev (drevesna vrsta)	BGS (julijanski dan – doy)					EGS (julijanski dan – doy)					LGS (dan)				
	Pov.	Min	Maks	Std. dev	δ_{povpr}	Pov.	Min	Maks	Std. dev	δ_{povpr}	Pov.	Min	Maks	Std. dev	δ_{povpr}
Borovec (bukev)	117	103	126	7,4	–0,011	304	291	318	13,9	0,51 ***	198	175	224	12,0	0,180 ***
Fondek (bukev)	119	104	128	8,9	–0,288 ***	312	299	321	8,3	–0,152 *	209	182	238	11,0	0,229 ***
Gorica (bukev)	126	112	138	7,8	–0,147 **	303	281	321	10,9	–0,099 *	192	168	223	13,5	0,029
Lontovž (bukev)	129	105	137	8,9	0,171 ***	298	279	308	8,7	0,166 **	182	161	212	11,3	–0,06
Murska šuma (dob)	110	86	124	9,5	0,075	323	305	340	9,7	0,418 ***	226	196	252	13,9	0,242 ***
Brdo (rdeči bor)	118	101	153	12,1	–0,370 ***										
Gropaj- ski bori (črni bor)	113	118	172	10,9	–0,675 ***										
Kru- cman. konte (smreka)	160	146	174	7,4	0,150 **										

* $p < 0,05$, ** $p < 0,01$, *** $p < 0,001$

Ugotavljali smo povprečne vrednosti in standardni odklon posameznih spremenljivk (BGS, EGS, LGS) po ploskvah za obdobje od leta 2004 do 2023. Za ugotavljanje povezav med pojavom fenoloških faz (povprečje za vsa opazovana drevesa na ploskvi) in leti smo uporabili Spearmanov koeficient korelacije (δ povp), ki prikazuje neparametrške stopnje povezanosti dveh spremenljivk oziroma meri jakost povezave med dvema spremenljivkama. Za statistične analize smo uporabili program R, različico 4.2.3 (R Core Team, 2024).

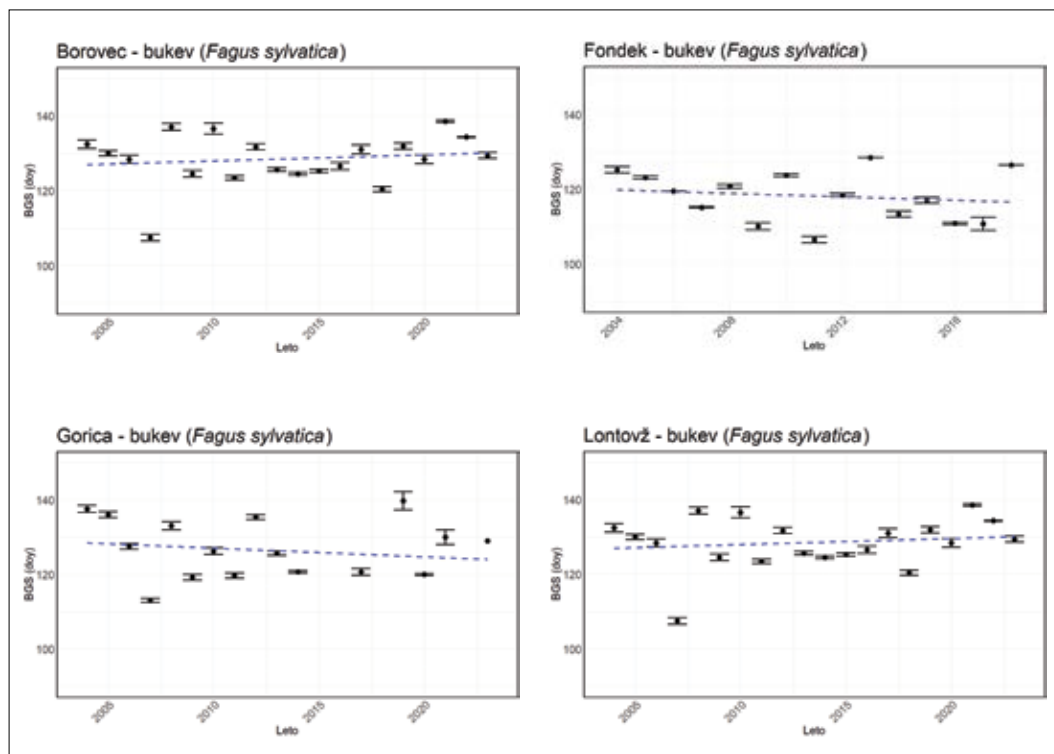
3 REZULTATI

3 RESULTS

3.1 FENOLOŠKA FAZA PRVIH LISTOV ZA LISTAVCE OZIROMA PRVIH IGLIC ZA IGLAVCE

3.1 FIRST LEAF UNFOLDING PHENOPHASE FOR DECIDUOUS AND CONIFERS TREES

Na obravnavanih ploskvah je bil v opazovanem obdobju povprečen nastop fenološke faze prvih listov (BGS) pri buki med 117. in 129. julijanskim dnem. Povprečen nastop je bil najzgodnejši v letu 2016, in sicer na 103. julijanski dan na ploskvi Borovec, najkasnejši pa na 138. julijanski dan leta 2019 na ploskvi Gorica (Slika 2.). V obravnavanem obdobju je δ povp med BGS in leti na treh



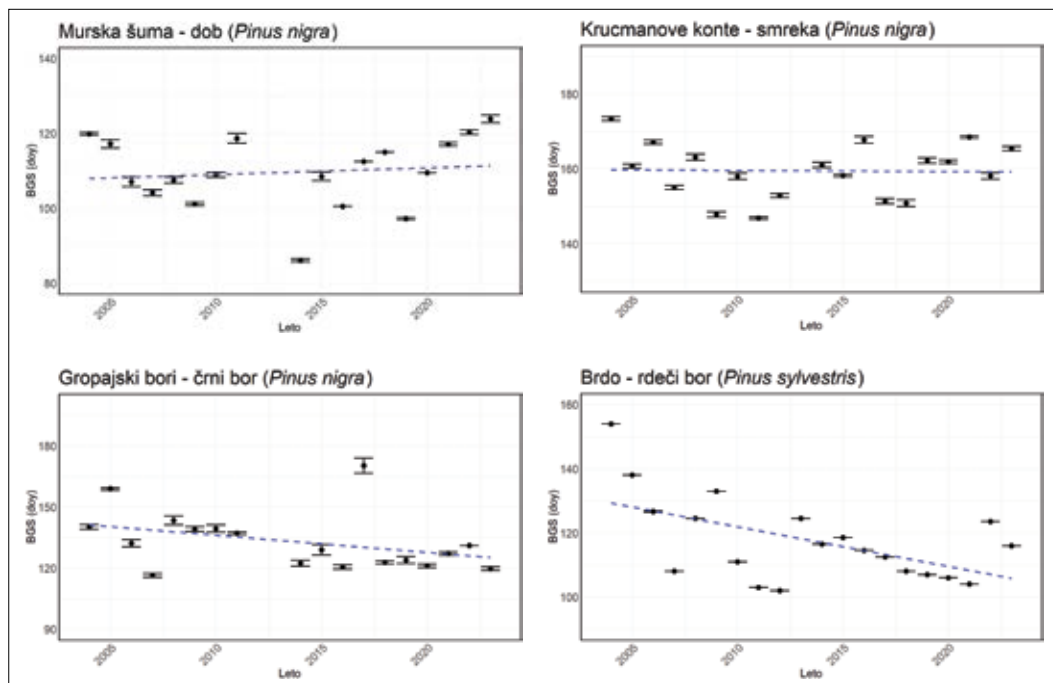
Slika 2: Povprečni letni nastop fenološke faze prvih listov (BGS) bukke na ploskvah Borovec (zgoraj levo), Fondek (zgoraj desno), Gorica (spodaj levo) in Lontovž (spodaj desno) v letih od 2004 do 2023. Ročaji označujejo 99 % interval zaupanja, modra črtkana črta pa regresijsko linijo

Figure 2: Mean annual onset of the first leaf phenophase (BGS) of beech in the Borovec (top left), Fondek (top right), Gorica (bottom left) and Lontovž (bottom right) plots from 2004 to 2023. The handles indicate the 99% confidence intervals and the blue dashed line indicates the regression line

ploskvah statistično značilen, le na postaji Borovec ni. Na ploskvi Fondek je δ povp med BGS in leti negativen in statistično značilen ($p < 0,001$), kar nakazuje na zgodnejši nastop fenološke faze BGS v obravnavanem obdobju. Na postaji Lontovž je δ povp pozitiven in statistično značilen ($p < 0,001$), kar nakazuje na kasnejši nastop fenološke faze prvih listov v obravnavanem obdobju (Preglednica 1). Povprečen nastop fenološke faze prvih listov (BGS) pri dobu na ploskvi Murska šuma v obravnavanem obdobju je 110. julijanski dan, najkasneje, povprečno 124. julijanski dan, pa je nastop te fenološke faze leta 2023.

Povprečni nastop fenološke faze prvih iglic (BGS) rdečega bora na ploskvi Brdo je bil v obravnavanem obdobju med 101. julijanskim dnevom v letu 2011 in 153. julijanskim dnevom v letu 2004.

V obravnavanem obdobju je δ povp med BGS in leti negativen statistično značilen ($p < 0,001$), kar nakazuje na zgodnejši nastop fenološke faze BGS. Povprečni nastop fenološke faze BGS smreke na ploskvi Krucmanove konte je bil v istem obdobju med 146. julijanskim dnevom v letu 2011 in 174. julijanskim dnevom v letu 2004. V obravnavanem obdobju je δ povp med BGS in leti statistično značilen ($p < 0,01$). Na ploskvi Gropajski bori z drevesno vrsto črni bor je bil povprečni nastop fenološke faze BGS v opazovanem obdobju med 118. julijanskim dnevom leta 2007 in 174. julijanskim dnevom v letu 2017 (slika 3.). V obravnavanem obdobju je δ povp med BGS in leti negativen statistično značilen ($p < 0,001$), kar nakazuje na zgodnejši nastop fenološke faze prvih iglic v obravnavanem obdobju (Preglednica 1).



Slika 3: Povprečni letni nastop fenološke faze prvih listov (BGS) na ploskvi Murska šuma (zgoraj levo), smreke na ploskvi Krucmanove konte (zgoraj desno), črnega bora na ploskvi Gropajski bori (spodaj levo) in rdečega bora na ploskvi Brdo (spodaj desno) v letih od 2004 do 2023. Ročaji označujejo 99 % interval zaupanja, modra črtkana črta pa regresijsko linijo

Figure 3: Mean annual onset of the first leaf phenophase (BGS) in the Murska šuma plot (top left), spruce in the Krucmanove konte plot (top right), black pine in the Gropajski bori plot (bottom left) and red pine in the Brdo plot (bottom right) from 2004 to 2023. The arms indicate the 99% confidence intervals and the blue dashed line indicates the regression line

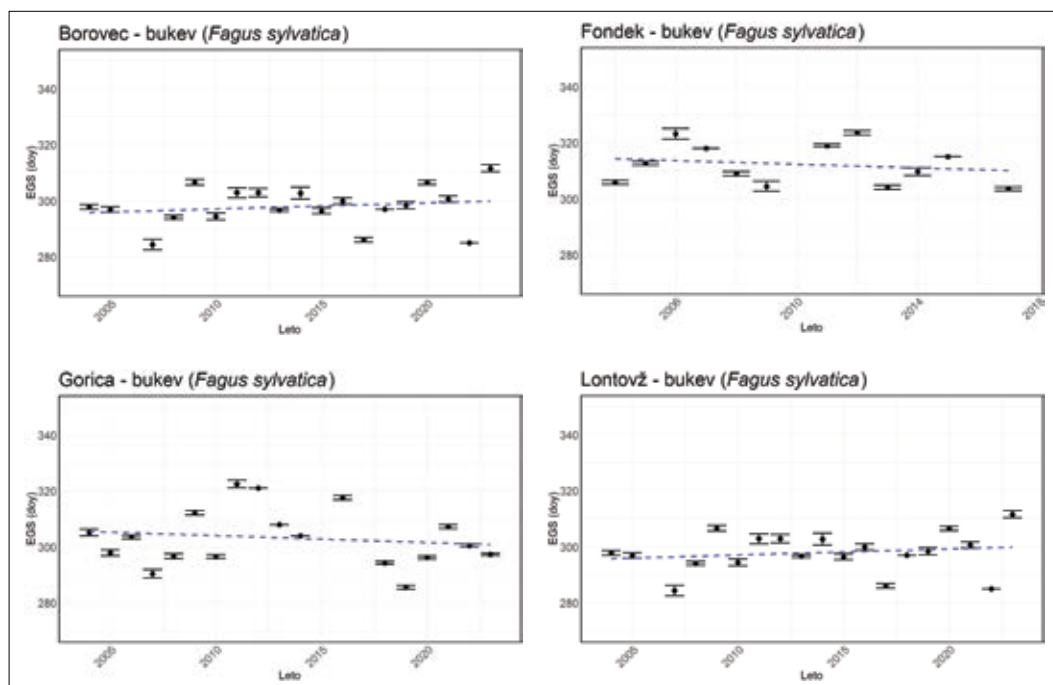
3.2 FENOLOŠKA FAZA SPLOŠNEGA RUMENENJA IN DOLŽINA VEGETACIJSKEGA OBDOBJA ZA LISTAVCE

3.2 AUTUMN LEAF COLOURING PHENOPHASE AND GROWING SEASON LENGTH FOR DECIDUOUS TREES

Na obravnavanih ploskvah se je v obravnavanem obdobju povprečen nastop fenološke faze splošnega rumenjenja listov (EGS) pri bukvi začel med 279 in 321 julijanskim dnevem. Najkasneje se je fenološka faza EGS pojavila na ploskvi Fondek leta 2006 in ploskvi Gorica leta 2011. V enakem obdobju se je pri dobu na ploskvi Murska šuma fenološka faza splošnega rumenjenja listov začela povprečno med 305 in 340 julijanskim dnevem. V

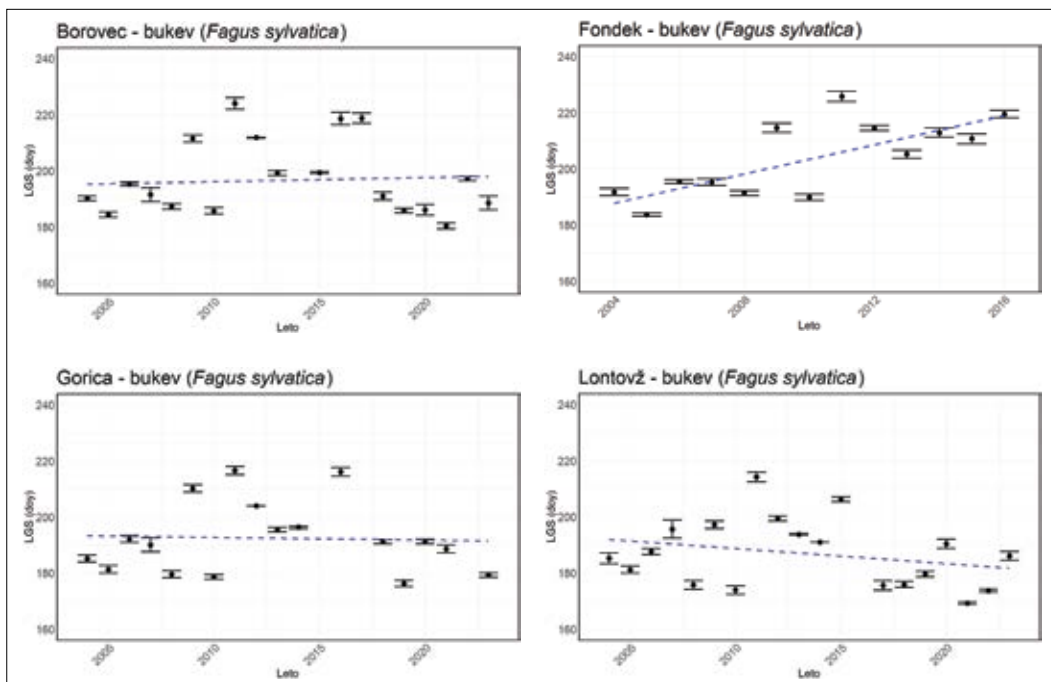
obravnavanem obdobju je δ povp med EGS in leti na vseh obravnavanih ploskvah statistično značilen. Na ploskvah Borovec, Lontovž in Murska šuma je δ povp med EGS in leti pozitiven in statistično značilen (Borovec in Murska šuma $p < 0,001$; Lontovž $p < 0,01$), kar nakazuje na poznejši nastop fenološke faze splošnega rumenjenja listov v obravnavanem obdobju.

V obravnavanem obdobju je bila na obravnavanih ploskvah dolžina vegetacijskega obdobja (LGS) pri bukvi povprečno dolga med 161. in 238. dnevi. V obravnavanem obdobju je bila najkrajša dolžina vegetacijske dobe na ploskvi Lontovž leta 2022, najdaljša pa na ploskvi Fondek leta 2011. Na ploskvah Borovec in Fondek je δ povp med LGS in leti pozitiven ter statistično značilen ($p < 0,001$), kar nakazuje na daljšanje vegetacijskega



Slika 4: Povprečni letni nastop fenološke faze splošnega rumenjenja (EGS) bukve na ploskvah Borovec (zgoraj levo), Fondek (zgoraj desno), Gorica (spodaj levo) in Lontovž (spodaj desno) v letih od 2004 do 2023. Ročaji označujejo 99 % interval zaupanja, modra črtkana črta pa regresijsko linijo

Figure 4: Mean annual onset of the general yellowing phenophase (EGS) of beech trees in the Borovec (top left), Fondek (top right), Gorica (bottom left) and Lontovž (bottom right) plots from 2004 to 2023. The handles indicate the 99% confidence intervals and the blue dashed line indicates the regression line



Slika 5: Povprečna letna dolžina vegetacijskega obdobja (LGS) buke na ploskvah Borovec (zgoraj levo), Fondek (zgoraj desno), Gorica (spodaj levo) in Lontovž (spodaj desno) v letih od 2004 do 2023. Ročaji označujejo 99 % interval zaupanja, modra črtkana črta pa regresijsko linijo

Figure 5: Mean annual length of the growing season (LGS) of beech trees in the plots Borovec (top left), Fondek (top right), Gorica (bottom left), and Lontovž (bottom right) from 2004 to 2023. The handles indicate the 99% confidence intervals and the blue dashed line indicates the regression line

obdobja. Na ploskvah Gorica in Lontovž špovp ni statistično značilen. V obravnavanem obdobju je bila pri dobi na ploskvi Murska šuma dolžina vegetacijskega obdobja med 196. in 252. dnev (Slika 5). Spearmanov koeficient korelacije špovp med LGS in leti je na omenjeni ploskvi pozitiven in statistično značilen ($p < 0,001$), kar nakazuje na daljšanje vegetacijskega obdobja. Spremenljivost dolžine vegetacijskega obdobja med leti je povprečno večja, kot je spremenljivost fenološke faze splošnega rumenjenja listov (EGS) in fenološke faze prvih listov (BGS).

4 ZAKLJUČKI

4 CONCLUSIONS

Trendi v nastopu obravnavanih fenoloških faz se razlikujejo zaradi raznolikih vplivov podnebja na posamezno razvojno fazo drevesa pa tudi zaradi različnih časovnih trendov vremenskih dejavnikov

v posameznem letu (Gordo in Sanz, 2009). V Evropi se je vegetacijsko obdobje drevesnih vrst podaljšalo za približno enajst dni od leta 1960 do konca 20. stoletja (Vitasse in sod., 2011) predvsem zaradi zgodnejšega začetka vegetacijskega obdobja in manj zaradi zamika konca vegetacijskega obdobja (Davi in sod., 2006). Začetek fenološke faze olistanja pri listavcih uravnavajo predvsem regionalne in lokalne temperaturne razmere (Davi in sod., 2011) ter dolžina dneva (Vitasse in Basler, 2012). Zato so odstopanja od povprečja začetka te fenološke faze v posameznih letih večja v zmernem pasu in na višjih nadmorskih višinah (Menzel in sod., 2007). Spremembe jesenskih fenoloških faz so bolj heterogene, manj izrazite v primerjavi s spomladanskimi (Menzel in sod., 2007) in niso neposredno povezane s podnebnimi dejavniki (Dragoni in Rahman, 2012). Rezultati naše raziskave kažejo, da je nastop fenološke faze

prvih listov na večini ploskev zgodnejši kot pred leti. Pri bukvi smo ugotovili značilne razlike med ploskvami, kar je pričakovano, saj so ploskve na različnih nadmorskih višinah med 700 in 1000 metri ter v različnih ekoloških regijah. Nastop fenološke faze prvih listov bukve je bil najkasnejši na ploskvah Lontovž in Gorica, medtem ko je bil na ploskvah Fondek in Borovec v povprečju sočasen. Značilno zgodnejši nastop fenološke faze prvih iglic med leti smo ugotovili tudi za rdeči bor na ploskvi Brdo in črni bor na ploskvi Gropajski bori. Za fenološko fazo splošnega rumenjenja listov (EGS) pri bukvi so razlike med ploskvami manjše kot pri fenoloških fazah prvih listov, kar se ujema z ugotovitvami prejšnjih študij (Menzel in sod., 2007). Naši rezultati nakazujejo daljšanje vegetacijskega obdobja z leti na ploskvah Borovec, Fondek in Gorica, pri čemer je na ploskvi Gorica daljšanje LGS manj izrazito in ni statistično značilno.

5 ZAHVALA

5 ACKNOWLEDGEMENT

Raziskava je potekala v okviru Intenzivnega monitoringa stanja gozdov v Sloveniji, ki je del programa EU ICP Forests. Raziskavo je v okviru nalog Javne gozdarske službe GIS - JGS 1/3 (Intenzivno spremljanje vpliva onesnaženosti zraka na gozdove v skladu s Pravilnikom o varstvu gozdov in Konvencije UNECE CLRTAP) podprlo Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano RS. Raziskavo je finančno delno podprla Javna agencija za znanstvenoraziskovalno in inovacijsko dejavnost Republike Slovenije v okviru Raziskovalne/programske skupine za gozdno biologijo, ekologijo in tehnologijo (P0404-009). Raziskava je bila deloma izvedena v okviru pripravljalnega projekta eLTER faze (eLTER PPP), projekta eLTER Advanced Community Project (eLTER PLUS) in projekta Razvoj raziskovalne infrastrukture za mednarodno konkurenčnost slovenskega RRI prostora - RI-SI-LifeWatch, ki ga financirata Republika Slovenija, Ministrstvo za izobraževanje, znanost in šport, ter Evropska unija iz Evropskega regionalnega Evropskega sklada za regionalni razvoj.

6 VIRI IN LITERATURA

6 REFERENCES

- Bale, J. S., Masters, G. J., Hodkinson, I. D., Awmack, C., Bezemer, T. M., Brown, V. K., Butterfield, J., Buse, A., Coulson, J. C., Farrar, J., Good, J. E. G., Harrington, R., Hartley, S., Jones, T. H., Lindroth, R. L., Press, M. C., Symnioudis, I., Watt, A. D., Whittaker, J. B. 2002. Herbivory in global climate change research: direct effects of rising temperature on insect herbivores. *Global Change Biology*, 8, 1: 1–16.
- Bertin, R. I. 2008. Plant Phenology And Distribution In Relation To Recent Climate Change. *The Journal of the Torrey Botanical Society*, 135, 1: 126–146.
- Chen, X., Xu, L. 2012. Temperature controls on the spatial pattern of tree phenology in China's temperate zone. *Agricultural and Forest Meteorology*, 154–155, 0: 195–202.
- Davi, H., Dufrêne, E., Francois, C., Le Maire, G., Loustau, D., Bosc, A., Rambal, S., Granier, A., Moors, E. 2006. Sensitivity of water and carbon fluxes to climate changes from 1960 to 2100 in European forest ecosystems. *Agricultural and Forest Meteorology*, 141, 1: 35–56.
- Davi H., Gillmann M., Ibanez T., Cailleret M., Bontemps A. in sod. 2011. Diversity of leaf unfolding dynamics among tree species: New insights from a study along an altitudinal gradient. *Agricultural and Forest Meteorology*, 151, 12: 1504–1513
- Dragoni D., Rahman A. F. 2012. Trends in fall phenology across the deciduous forests of the Eastern USA. *Agricultural and Forest Meteorology*, 157, 0: 96–105
- Doi, H., Katano, I. 2008. Phenological timings of leaf budburst with climate change in Japan. *Agricultural and Forest Meteorology*, 148, 3: 512–516.
- Donnelly, A., Jones, M., Sweeney, J. 2004. A review of indicators of climate change for use in Ireland. *International Journal of Biometeorology*, 49, 1: 1–12.
- Gordo O., Sanz J. J. 2009. Long-term temporal changes of plant phenology in the Western Mediterranean. *Global Change Biology*, 15, 8: 1930–1948
- IPCC. 2023. Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Geneva, Switzerland, IPCC: str. 35–115.
- Lenoir, J., Gégout, J. C., Marquet, P. A., De Ruffray, P., Brisse, H. 2008. A Significant Upward Shift in Plant Species Optimum Elevation During the 20th Century. *Science*, 320, 5884: 1768–1771.
- Menzel, A., Estrella, N., Schleip, C. 2007. Impacts of Climate Variability, Trends and NAO on 20th Century European Plant Phenology. V: *Climate Variability and*

- Extremes during the Past 100 Years. S. Brönnimann, J. Luterbacher, T. Ewen, H. F. Diaz, R. S. Stolarski, U. Neu, Springer Netherlands: 33: 221–233.
- Menzel, A., Sparks, T. H., Estrella, N., Koch, E., Aasa, A., Ahas, R., Alm-Kübler, K., Bissolli, P., Braslavská, O. G., Briede, A., Chmielewski, F. M., Crepinsek, Z., Curnel, Y., Dahl, Å., Defila, C., Donnelly, A., Filella, Y., Jatczak, K., Måge, F., Mestre, A., Nordli, Ø., Peñuelas, J., Pirinen, P., Remišová, V., Scheifinger, H., Striz, M., Susnik, A., Van Vliet, A. J. H., Wielgolaski, F.-E., Zach, S., Züst, A. 2006. European phenological response to climate change matches the warming pattern. *Global Change Biology*, 12, 10: 1969–1976.
- Parmesan, C. 2006. Ecological and Evolutionary Responses to Recent Climate Change. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 37, 637–669.
- R Core Team. 2024. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.
- Thomas, C. D., Franco, A. M. A., Hill, J. K. 2006. Range retractions and extinction in the face of climate warming. *Trends in Ecology & Evolution*, 21, 8: 415–416.
- Tylianakis, J. M., Didham, R. K., Bascompte, J., Wardle, D. A. 2008. Global change and species interactions in terrestrial ecosystems. *Ecology Letters*, 11, 12: 1351–1363.
- Van Asch, M., Visser, M. E. 2007. Phenology of forest caterpillars and their host trees: the importance of synchrony. *Annu Rev Entomol*, 52, 37–55.
- Vilhar, U. 2010. Priročnik za fenološka opazovanja v okviru Intenzivnega spremljanja stanja gozdnih ekosistemov (Raven II). Dopolnitve in prilagoditev za Slovenijo. Ljubljana, International Co-operative Programme on Assessment and Monitoring of Air Pollution Effects on Forests. Expert Panel on Meteorology and Phenology. Gozdarski inštitut Slovenije: 17 str.
- Vilhar, U., Beuker, E., Mizunuma, T., Skudnik, M., Lebourgeois, F., Soudani, K., Wilkinson, M. 2013a. Chapter 9. Tree Phenology. V: *Forest Monitoring. Terrestrial Methods in Europe with Outlook to North America and Asia*. M. Ferretti, R. Fischer. (ur.). Amsterdam, Elsevier: 12: 169–182.
- Vilhar, U., De Groot, M., Züst, A., Skudnik, M., Simončič, P. 2018. Predicting phenology of European beech in forest habitats. *iForest - Biogeosciences and Forestry*, 11, 1: 41–47.
- Vilhar U., Kajfež-Bogataj L. 2003. Odvisnost med nastopom fenofaz pri bukvi in navadnem divjem kostanju v Kočevju ter povprečnimi mesečnimi temperaturami zraka v obdobju od leta 1961 do 1990. *Zbornik gozdarstva in lesarstva*, 72, 63-68: 223–250.
- Vilhar, U., Skudnik, M., Ferlan, M., Simončič, P. 2014. Influence of meteorological conditions and crown defoliation on tree phenology in intensive forest monitoring plots in Slovenia. Vpliv vremenskih spremenljivk in osutosti krošenj na fenološke faze dreves na ploskvah intenzivnega monitoringa gozdnih ekosistemov v Sloveniji. *Acta Silvae et Ligni*, 105, 1–15.
- Vilhar, U., Skudnik, M., Simončič, P. 2013b. Fenološke faze dreves na ploskvah Intenzivnega monitoringa gozdov v Sloveniji. Phenological phases of trees on the Intensive monitoring plots in Slovenia. *Acta Silvae et Ligni*, 100, 5–17.
- Vitasse, Y., François, C., Delpierre, N., Dufrêne, E., Kremer, A., Chuine, I., Delzon, S. 2011. Assessing the effects of climate change on the phenology of European temperate trees. *Agricultural and Forest Meteorology*, 151, 7: 969–980.
- Vitasse Y., Basler D. 2012. What role for photoperiod in the bud burst phenology of European beech. *European Journal of Forest research*, 1–8.

Letna in sezonska debelinska rast dreves na ploskvah intenzivnega monitoringa v Sloveniji

Annual and seasonal radial growth of trees on the intensive monitoring plots in Slovenia

Tom LEVANIČ¹, Matej RUPEL², Andreja VEDENIK¹



Izvleček:

V okviru intenzivnega monitoringa gozdnih ekosistemov že od leta 2009 s pomočjo ročnih dendrometrov spremljamo debelinsko priraščanje dreves na letnem nivoju. Gre za dopolnilni podatek o debelinskem priraščanju dreves, ki ga pridobimo v okviru petletnih inventur na ploskvah intenzivnega monitoringa. Letno dinamiko debelinskega priraščanja spremljamo z dvema tipoma ročnih dendrometrov: plastičnimi, nemškega proizvajalca, in nerjavnimi, češkega proizvajalca. S spremljanjem debelinske rasti z ročnimi dendrometri želimo ugotoviti vpliv okoljskih in podnebnih dejavnikov na rast dreves med dvema petletnima inventurama. Tako dobimo bistveno boljše podatke o stanju priraščanja dreves kot s petletnimi inventurami, kjer ekstremni dogodki izginijo v povprečju.

V letu 2022 smo dodatno na vse ploskve namestili tudi elektronske dendrometre z visoko frekvenco spremljanja spreminjanja debelinskega prirastka na ploskvah intenzivnega monitoringa v Sloveniji. Z njimi želimo ugotoviti vplive okoljskih in podnebnih dejavnikov na znotraj sezonsko dinamiko debelinskega priraščanja. To je ključno za razumevanje vpliva negativnih podnebnih dejavnikov na debelinsko priraščanje dreves.

Ključne besede: podnebne spremembe, bukev, *Fagus sylvatica*, dob, *Quercus robur*, smreka, *Picea abies*, ročni dendrometer, elektronski dendrometer

Abstract:

As part of the intensive monitoring of forest ecosystems, we have been using girth bands since 2009 to monitor the annual radial growth of trees. That provides supplementary data on the radial growth of trees, which we collect as part of the 5-year inventories on intensive monitoring plots. We track the annual dynamics of radial growth using two types of girth bands – plastic ones from a German manufacturer and stainless-steel ones from a Czech manufacturer. The purpose of monitoring radial growth with girth bands is to determine the impacts of environmental and climatic factors on tree growth between the two 5-year inventories. That gives us significantly better data on tree growth conditions than the 5-year inventories, where extreme events are averaged out.

Additionally, in 2022, we installed electronic dendrometers with high-frequency monitoring of radial growth changes on all plots within the intensive monitoring network in Slovenia. The goal is to determine the impacts of environmental and, especially, climatic factors on the intra-seasonal dynamics of radial growth. That is crucial for understanding the effects of negative climatic factors on the radial growth of trees.

Key words: climate change, European beech, *Fagus sylvatica*, pedunculate oak, *Quercus robur*, Norway spruce, *Picea abies*, girth band, electronic dendromete

1 UVOD

1 INTRODUCTION

Spremembe v debelinskem priraščanju dreves lahko ugotavljamo s pomočjo periodičnih meritev istih dreves vsakih nekaj let (npr. pet let), lahko pa na določeno število dreves namestimo ročne ali elektronske dendrometre in debelinsko priraščanje spremljamo v poljubnem časovnem intervalu ali pri elektronskih dendrometrih v zelo kratkih časovnih intervalih (npr. na trideset minut).

Tak način spremljanja debelinskega priraščanja imenujemo intra-annualno spremljanje debelinske rasti. S takšnim načinom pridobimo bistveno več informacij o letnem debelinskem prirastku kot z inventurnimi metodami, ki jih opravljamo na letni ali večletni ravni. Tako lahko npr. ugotovimo, kaj se dogaja z debelinskim priraščanjem drevesa, ko v času rasti nastane mrzlo ali zelo vroče obdobje, ugotovimo, kako se drevo odziva na pomanjkanje vode in podobno, ugotovimo tudi, kdaj se začne

¹ Odd. za prirastoslovje in gojenje gozdov, Gozdarski inštitut Slovenije, Večna pot 2, 1000 Ljubljana

² Odd. za gozdno ekologijo, Gozdarski inštitut Slovenije, Večna pot 2, 1000 Ljubljana

in konča debelinska rast. Podatki o debelinski rasti na znotrajletnem nivoju so uporabni tudi za modeliranje rasti.

2 MATERIAL IN METODE

2 MATERIAL AND METHODS

Na vseh desetih ploskvah intenzivnega monitoringa (IM) stanja gozdih ekosistemov v Sloveniji smo leta 2009, skladno z metodologijo ICP Forest (EP Forest Growth), namestili ročne dendrometre na skupno 229 dreves (glej npr. Drew in Downes, 2009) – Preglednica 1. Drevesa za spremljanje sezonske dinamike debelinskega priraščanja smo izbrali v varovalni coni ploskve intenzivnega spremljanja stanja gozdnih ekosistemov tako, da smo zamejili določeno površino, oštevilčili vsa drevesa in na njih namestili ročne dendrometre – Slika 2. Znana velikost ploskve in število dreves na ploskvi omogočata preračunavanje parametrov na hektarske vrednosti za izračun npr. lesne zaloge in/ali hektarskega debelinskega prirastka ter številnih drugih sestojnih parametrov. Ker smo se pri postavitvi ploskvic morali prilagoditi zahtevam intenzivnega spremljanja stanja gozdov

in ne posegati v središče ploskve, so ploskvice različnih velikosti in oblik. Njihova velikost, število dreves na njih in drevesna sestava so podani v Preglednici 1. Referenčne odčitke smo ugotovili takoj ob namestitvi dendrometrov v maju 2009. Od leta 2009 do 2023 smo na večini ploskev IM redno terensko odčitavali debelinske prirastke. Na nekaterih ploskvah pa se je obseg spremljanja zaradi omejenih finančnih sredstev zmanjšal na minimum in ročnih dendrometrov (in tudi številnih drugih parametrov) nismo več spremljali.

Intra-annualne meritve debelinskega priraščanja najpogosteje opravljamo z ročnimi dendrometri, ki so na voljo v različnih izvedbah. V Sloveniji na ploskvah intenzivnega monitoringa uporabljamo dve vrsti ročnih dendrometrov: iz termostabilne plastike z absolutno merilno skalo (UMS München) in iz nerjavnega jekla z relativno merilno skalo (EMS Brno). Ročni dendrometer je relativno preprost in poceni inštrument, ki ga na drevo namestimo tako, da skorjo (razen pri bukvi in gorskem javorju) najprej nekoliko stanjšamo (pazimo, da ne preveč, kajti pri iglavcih lahko začne iztekati smola, ki trak prilepi na deblo), nato pa

Preglednica 1: Podatki o ploskvah, kjer smo leta 2009 začeli spremljati sezonsko dinamiko debelinskega priraščanja dreves

Table 1: Data on plots where we began monitoring the seasonal dynamics of tree radial growth in 2009

Ime lokacije	#	Starost	Velikost ploskvic	Št. debel	Drevesna sestava
Krucmanove konte	1	120	20 x 30	23	SM = 23
Fondek	2	90–100	20 x 30	27	BU = 27
Gropajski bori	3	105–110	30 x 15	23	ČBO = 13, OTL = 10
Brdo	4	120	30 x 10	15	RBO = 15
Borovec	5	70–80	25 x 15	23	BU = 20, GJV = 2, HR = 1
Lontovž	8	70–80	20 x 15	22	BU = 20, GJV = 2
Gorica	9	250; 80–100*	20 x 30	29	JE = 4, BU = 22, OTL = 3
Krakovski gozd	10	140	24 x 30	26	HR = 9, OTL = 12, OML = 5
Murska šuma	11	100	20 x 27	22	HR = 12, GJV = 6, OTL = 4
Tratice	12	60–80	20 x 30	19	SM = 10, BU = 9
SKUPAJ				229	

*Jelke, stare približno 250 let, bukke pa od 80 do 100 let.

dendrometer namestimo na drevo, in sicer tako, da ga okoli debla napnemo v prsni višini. Gibljivost mu zagotavlja vzmet. Ko drevo prirašča, se trak zaradi vzmeti premika po merilni skali levo in desno (Slika 1). Periodični odčitki omogočijo izračun sprememb v premeru ali obsegu drevesa.

Priporočljiv interval za odčitavanje je eden do dva meseca, pri tem pa je pomembno, da so v obdobju intenzivne rasti odčitki pogostejši. Ne glede na pogostnost odčitkov pa mora biti en odčitek vedno pred začetkom rastne sezone in eden po zaključku.



Slika 1: Spremembe v premeru debla odčitavamo na desetinko milimetra natančno, kar omogoča nonijska skala. Na sliki levo je ročni dendrometer nemškega proizvajalca UMS München, ki kaže absolutne spremembe premera, na sliki desno pa ročni dendrometer češkega proizvajalca EMS Brno, ki kaže spremembo obsega, premer pa moramo izračunati posebej

Figure 1: Changes in trunk diameter are measured to an accuracy of one-tenth of a millimetre, made possible by the vernier scale. The image on the left shows a girth band from the German manufacturer UMS München, which displays absolute diameter changes, while the image on the right shows a girth band from the Czech manufacturer EMS Brno, which shows circumference changes, requiring the diameter to be calculated separately



Slika 2: Ročni dendrometri so nameščeni na deblo v prsni višini (= 1,30 m nad tlemi), so rjave barve, zato jih je težko opaziti na deblu. Na fotografiji je eno od dreves z dendrometrom padlo zaradi burje

Figure 2: Girth bands are installed on the trunk at breast height (1.30 m above the ground). They are brown, making them difficult to spot on the trunk. In the photograph, we can see that one of the trees with a girth band has fallen due to the strong wind

3 REZULTATI IN DISKUSIJA

3 RESULTS AND DISCUSSION

Do decembra 2023 smo dobili podatke o debelinskem priraščanju dreves na ploskvah intenzivnega spremljanja stanja gozdov za obdobje 2009–2023. V tem prispevku se omejujemo na debelinsko priraščanje vodilnih drevesnih vrst v Sloveniji – smreke, bukke in hrasta.

V povprečju so smreke na ploskvi IM na Pohorju debelejšje od smrek na Pokljuki (Slika 3), vendar pa se smrekam na ploskvi IM Pokljuka nekoliko hitrejšje povečuje premer kot smrekam na Pohorju – koeficient nagiba regresijske črte je 13° (0.2326) na Pokljuki in 10° (0.1835) na Pohorju.

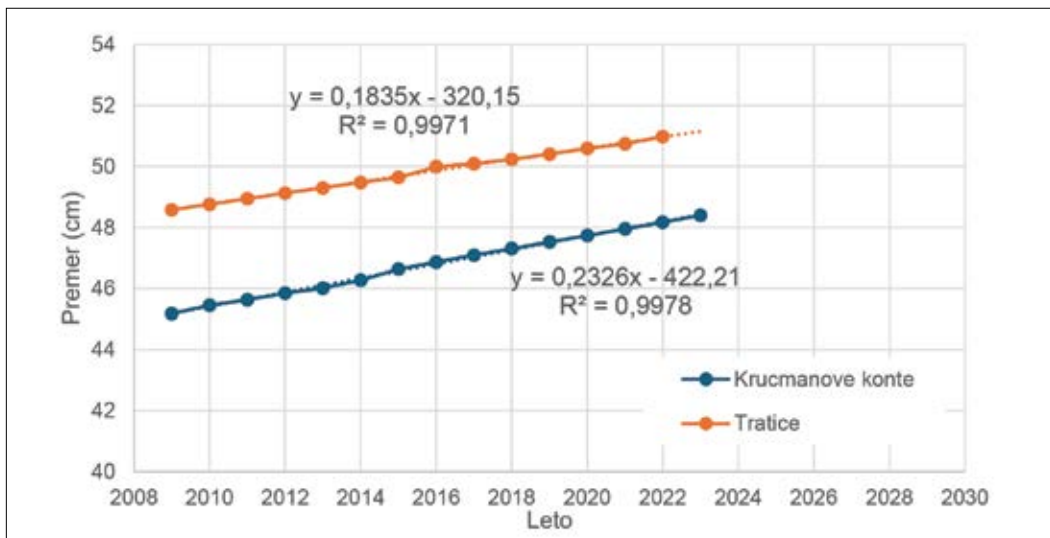
Debelinsko priraščanje smreke na dveh ploskvah je relativno stabilno. Na sliki 4 sicer vidimo dva precej velika nihljaja debelinskega prirastka v letu 2015 na ploskvi IM Krucmanove konte na Pokljuki in v letu 2016 na ploskvi IM Tratice na Pohorju, ki sta zelo verjetno povezana s ponastavitvijo ročnih dendrometrov in bi jih bilo treba pred končno obdelavo podatkov odstraniti, sicer pa ni večjih odstopanj. Za razliko od bukke se smreka na obeh ploskvah IM ni odzvala na sušno leto 2022. Obe ploskvi IM sta namreč v visokogorju

in relativno dobro oskrbljeni z vodo, hkrati pa nista podvrženi velikim nihanjem temperature.

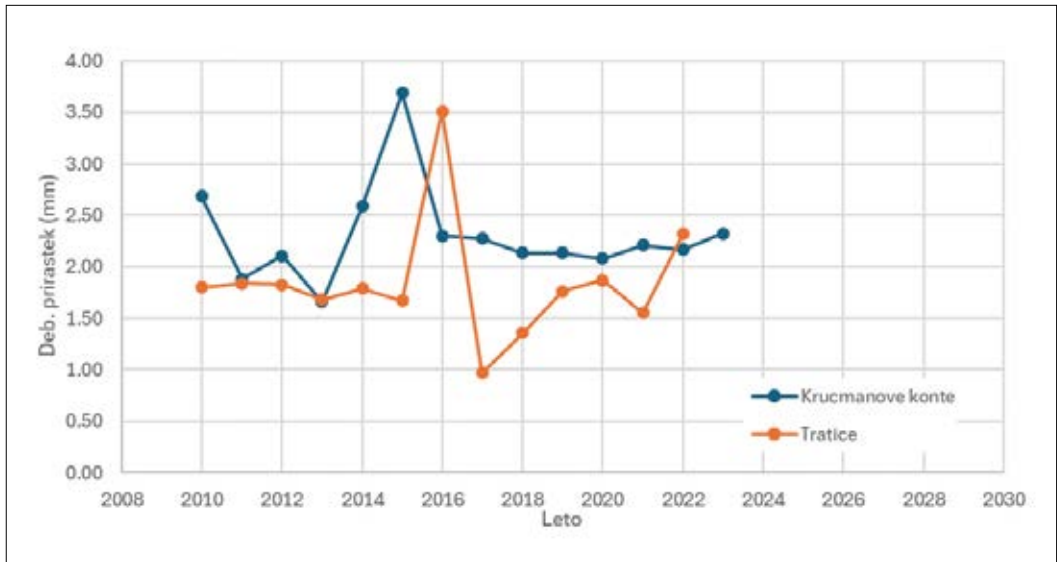
Bukev spada med naše najpogostejše drevesne vrste, zato jo najdemo kar na petih ploskvah intenzivnega spremljanja stanja gozdnih ekosistemov

Glede na povprečni premer so najdebelejšje bukke na ploskvi IM Fondek (Trnovski gozd), sledi ploskev IM Tratice (Pohorje), ploskve IM Lontovž, Gorica in Borovec pa so si glede na povprečni premer analiziranih dreves zelo blizu skupaj – Slika 5.

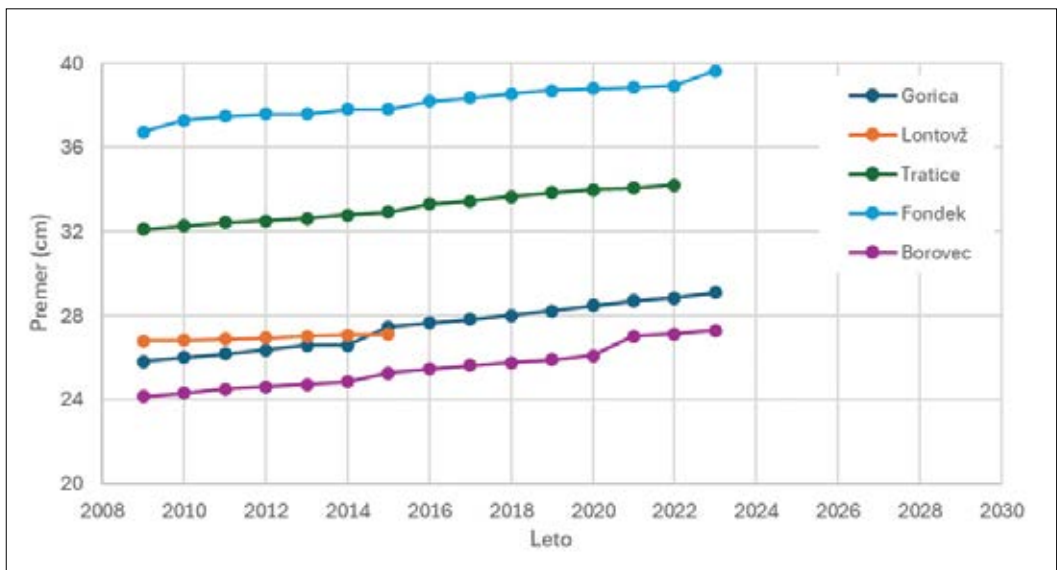
Debelinski prirastek bukke je najbolj stabilen na ploskvi IM Borovec, največja nihanja pa so na ploskvah IM Tratice (Pohorje) in Fondek (Trnovski gozd). Najmanjši debelinski prirastki so bili na ploskvi IM Lontovž (Slika 6). Z ročnimi dendrometri smo v določenem letu zaznali zelo majhne spremembe v debelinskem priraščanju. Na dveh ploskvah – IM Fondek in Tratice – je bila sprememba med dvema zaporednima letoma skoraj nič, kar pomeni, da so bili debelinski prirastki vseh spremljanih bukev zelo majhni. Razlogi za tako majhne debelinske prirastke so različni, lahko so povezani z manj primernim rastiščem, lahko pa tudi s starostjo dreves, saj je znano, da se debelinski prirastek manjša s starostjo.



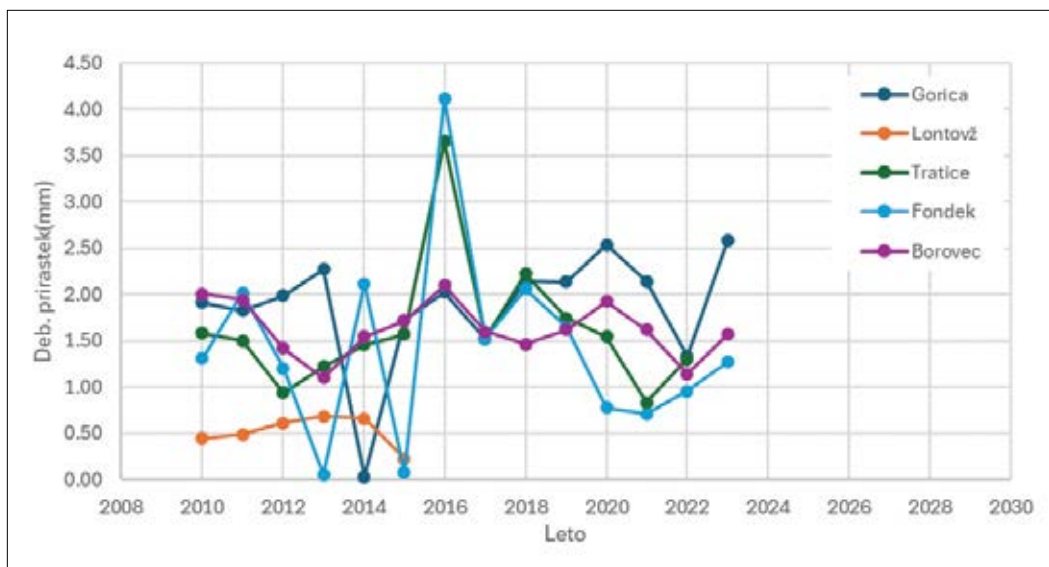
Slika 3: Sprememba povprečnega premera smrek na ploskvah intenzivnega spremljanja stanja gozdov na Pokljuki (Krucmanove konte) in Pohorju (Tratice) v obdobju 2009 – 2023; leto 2009 je vzeto kot referenčno leto
 Figure 3: Change in the mean diameter of spruce trees in the plots of intensive forest monitoring on Pokljuka (Krucmanove konte) and Pohorje (Tratice) during the period 2009–2023, with the year 2009 taken as the reference year



Slika 4: Povprečni debelinski prirastek smrek na ploskvah intenzivnega spremljanja stanja gozdov na Pokljuki (Krucmanove konte) in Pohorju (Tratice) v obdobju 2009–2023, leto; 2009 je vzeto kot referenčno leto
 Figure 4: Mean radial increment of spruce trees in the plots of intensive forest monitoring on Pokljuka (Krucmanove konte) and Pohorje (Tratice) during the period 2009 – 2023, with the year 2009 taken as the reference year

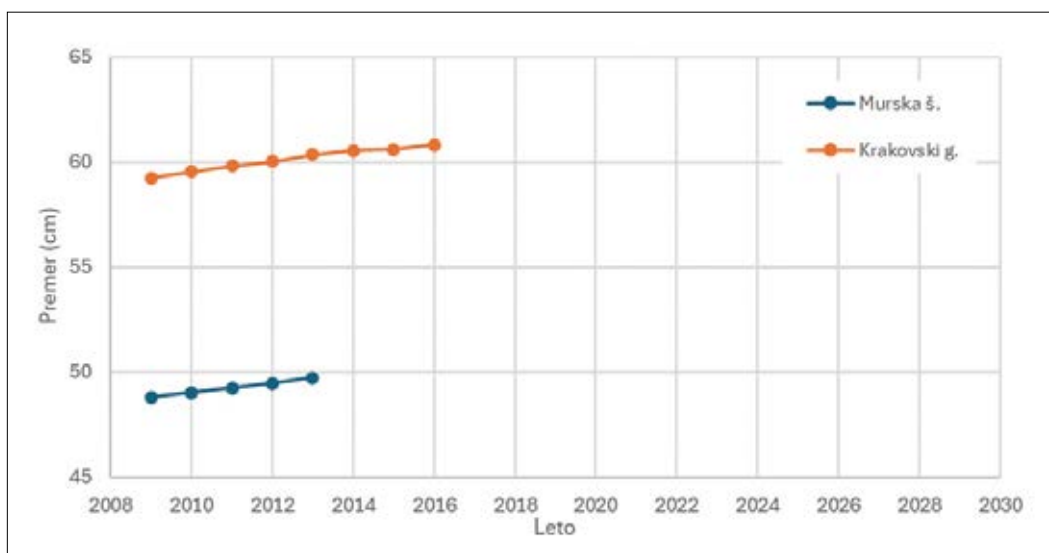


Slika 5: Sprememba povprečnega premera bukev na petih ploskvah intenzivnega spremljanja stanja gozdov – Trnovski gozd (Fondek), Gorica (Stari trg pri Ložu), Kočevska Reka (Borovec), Zasavje (Lontovž) in Pohorje (Tratice) – v obdobju 2009–2023; leto 2009 je vzeto kot referenčno leto. Na dveh ploskvah – Lontovž in Tratice – smo prenehali spremljati debelinski prirastek v letih 2015 in 2022
 Figure 5: Change in the mean diameter of beech trees in five plots of intensive forest monitoring – Trnovski gozd (Fondek), Gorica (Stari trg pri Ložu), Kočevska Reka (Borovec), Zasavje (Lontovž), and Pohorje (Tratice) during the period 2009–2023, with the year 2009 taken as the reference year



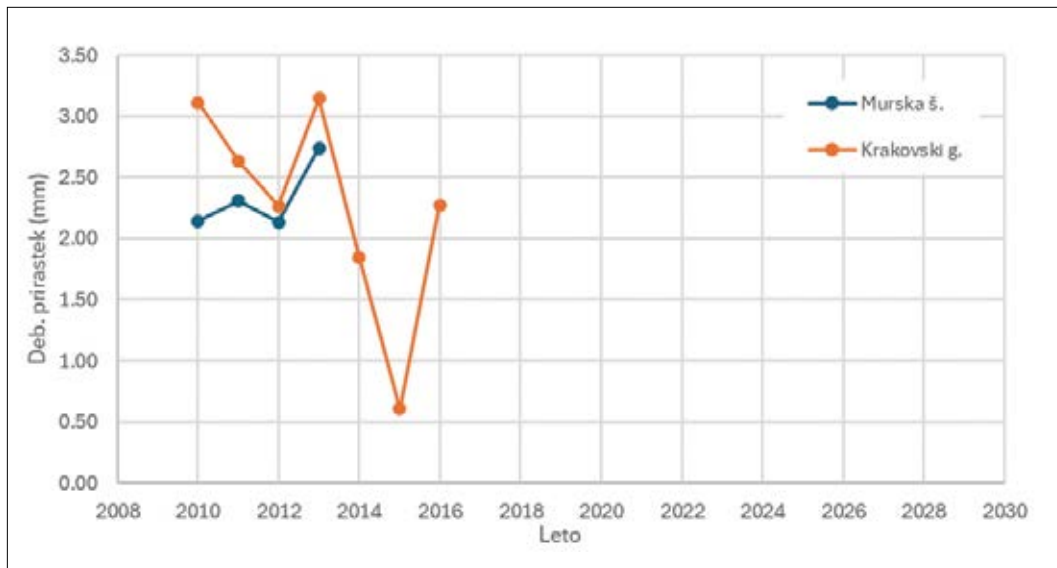
Slika 6: Povprečni debelinski prirastek bukve na petih ploskvah intenzivnega spremljanja stanja gozdov – Trnovski gozd (Fondek), Gorica (Stari trg pri Ložu), Kočevska Reka (Borovec), Zasavje (Lontovž) in Pohorje (Tratice) – v obdobju 2009–2023; leto 2009 je vzeto kot referenčno leto

Figure 6: Mean radial increment of beech trees in five plots of intensive forest monitoring – Trnovski gozd (Fondek), Gorica (Stari trg pri Ložu), Kočevska Reka (Borovec), Zasavje (Lontovž), and Pohorje (Tratice) during the period 2009–2023, with the year 2009 taken as the reference year



Slika 7: Povprečna sprememba premera hrasta na dveh ploskvah intenzivnega spremljanja stanja gozdov – Kostanjevici na Krki (Krakovski gozd) in Lendavi (Murska Šuma) v obdobju 2009–2016; leto 2009 je vzeto za referenčno leto. Meritve v Murski Šumi so potekale samo od leta 2009 do 2013

Figure 7: Change in the mean diameter of oak trees in two plots of intensive forest monitoring – Kostanjevica na Krki (Krakovski gozd) and Lendava (Murska Šuma) during the period 2009–2016, with the year 2009 taken as the reference year. Measurements in Murska Šuma were conducted only from 2009 to 2013



Slika 8: Povprečni debelinski prirastek hrasta na dveh ploskvah intenzivnega spremljanja stanja gozdov – Kostanjevici na Krki (Krakovski gozd) in Lendavi (Murska Šuma) v obdobju 2009–2016; leto 2009 je vzeto za referenčno leto. Meritve v Murski Šumi so potekale samo od leta 2009 do 2013

Figure 8: Mean radial increment of oak trees in two plots of intensive forest monitoring – Kostanjevica na Krki (Krakovski gozd) and Lendava (Murska Šuma) during the period 2009–2016, with the year 2009 taken as the reference year. Measurements in Murska Šuma were conducted only from 2009 to 2013

Z ročnimi dendrometri smo zaznali tudi veliko zmanjšanje debelinskega prirastka v letu 2022, to je v enem najtoplejših in najbolj sušnih let v zgodovini meteoroloških meritev v Sloveniji – Slika 6.

Rast hrastov dobov spremljamo na dveh ploskvah IM v Krakovskem gozdu in Murski Šumi. Dobi spadajo med drevesne vrste, ki lahko dosežejo zelo velike premere, vendar je posledica tega manj dreves v sestoji. Na ploskvi IM Krakovski gozd je relativno malo dobov, vendar imajo zelo velike premere. Na ploskvi IM Murska šuma so dobi v primerjavi s Krakovskim gozdom precej tanjši – Slika 7.

Debelinski prirastek je dokaj primerljiv med obema ploskvama IM v Krakovskem gozdu in Murski Šumi. Na ploskvi IM v Krakovskem gozdu beležimo precejšnje zmanjšanje debelinskega prirastka v letih 2014 in 2015 – Slika 8. Razloga za manjši debelinski prirastek na ploskvi IM v Krakovskem gozdu sta zelo vroče poletje in vroča pozna pomlad, torej obdobji, ki sta zelo pomembni za debelinsko rast dobov.

4 SEZONSKA DINAMIKA DEBELINSKE RASTI – MERJENJE DEBELINSKEGA PRIRAŠČANJA Z ELEKTRONSKIMI DENDROMETRI

4 SEASONAL DYNAMIC OF RADIAL GROWTH - MEASURING RADIAL INCREMENT WITH ELECTRONIC DENDROMETERS

Debelinsko priraščanje dreves lahko merimo tudi z elektronskimi dendrometri, ki so zelo natančni instrumenti in lahko spreminjanje obsega debla ali premera merijo na stotinko ali celo tisočinko milimetra natančno v različnih časovnih intervalih. Najpogostejši interval je 15 ali 30 minut. Elektronske dendrometre smo v letu 2022 namestili na izbrano število dreves na vseh ploskvah IM v Sloveniji. Na vsaki ploskvi IM smo izbrali do šest dreves vodilne drevesne vrste za namestitev elektronskega dendrometra. Na posameznih ploskvah je lahko nameščenih od 6 do 12 elektronskih dendrometrov – Slika 9.



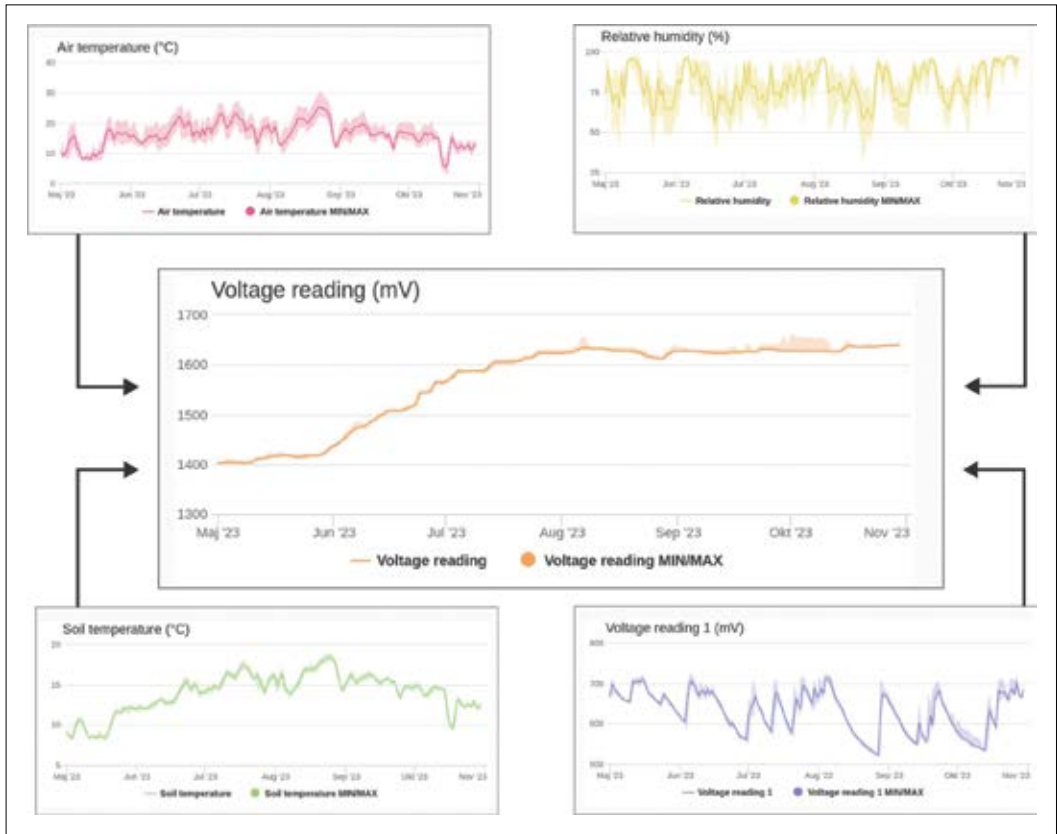
Slika 9: Tipično merilno mesto z elektronskim dendrometrom, zbiralnikom podatkov in različnimi okoljskimi senzorji. Senzorji za vsebnost vode v tleh in temperaturo tal na globini 30 cm niso vidni, ker so zakopani v tla
Figure 9: A typical installation of a monitoring site with an electronic dendrometer, a data logger, and various environmental sensors. Sensors for soil moisture content and soil temperature at 30 cm depth are not visible as they are buried in the ground

Na sliki 10 je koncept merjenja debelinskega priraščanja drevesa z elektronskimi dendrometri na ploskvi IM v Sloveniji. Osnova merjenja je podatkovni zapisovalnik (ang. data logger), ki ima pet merilnih vhodov za različna tipala, modul GSM za prenašanje podatkov v oblak na GIS in sončno celico za polnjenje baterije. Na vsak podatkovni zapisovalnik je priključenih pet različnih tipal: (1) temperatura zraka, (2) zračna vlaga, (3) temperatura tal (na globini 30 cm), (4) vsebnost vlage v tleh (na globini 30 cm) in (5) elektronski dendrometer. V kontekstu elektronskih dendrometrov merijo senzorji s številkami od 1 do 4 t.i. »spremljajoče podatke«, to je podatke, ki jih merimo hkrati s priraščanjem in pomagajo pojasnjevati nihanja v poteku debelinskega priraščanja v odvisnosti od ključnih okoljskih dejavnikov. Zato bistveno bolje razumemo dinamiko debelinskega priraščanja dreves in dejavnike, ki ga spodbujajo oz. zavirajo.

Spremljanje sezonske dinamike debelinskega priraščanja dreves z elektronskimi dendrometri (Slika 11) omogoča (vsaj) dva zelo prepletena podatka: prvi je dejanska debelinska rast, drugi pa je spreminjanje oskrbljenosti debla (lesa in skorje) z vodo, zaradi česar opazamo diurnalna nabrekanja in skrčke debla v rastni sezoni (Zweifel in sod.,

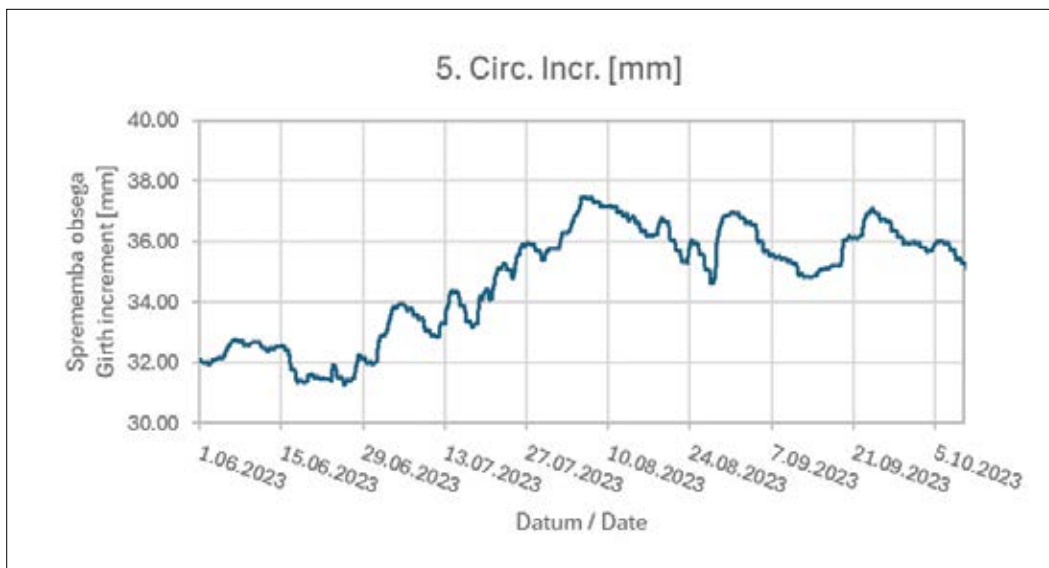
2021). Mogoči so tudi »negativni prirastki«, torej izmere, ki kažejo, kot bi se drevo krčilo. Takšne izmere niso povezane z negativno debelinsko rastjo, ampak s pomanjkanje vode v lesu in skorji. Da gre res za pomanjkanje vode v deblu, najbolje ponazarja podatek, da debela nabreknejo po obilnejših padavinah ali da se obseg debla spreminja po končani rastni sezoni (Slika 11).

Čeprav so podatki z okoljskih senzorjev »spremljajoči podatki« za interpretacijo meritev z elektronskimi dendrometri, nič ne preprečuje, da ne bi podatkov z okoljskih senzorjev uporabili tudi za druge analize. Še več, ker je na vsaki ploskvi IM nameščenih več merilnih postaj z enakim naborom senzorjev, lahko tako dobimo zelo dobro sliko spreminjanja mikrometeoroloških parametrov na ploskvi IM in tudi spreminjanja temperature ter vsebnosti vode v tleh. Vse podatke lahko koristno uporabimo v hidroloških modelih, kot je npr. LWF-Brook90 (Schmidt-Walter in sod., 2020) ali pa kot enega od mnogih vhodnih podatkov, potrebnih za modeliranje razvoja gozdnih ekosistemov (Pretzsch in sod., 2007) ali za akumulacijo ogljika v odvisnosti od podnebnih dejavnikov (Liski in sod., 2005).



Slika 10: Meritve sezonskega priraščanja dreves z elektronskimi dendrometri in »spremljajoči podatki«. V sredini je graf debelinskega priraščanja v letu 2023, merjen z elektronskim dendrometrom, zgoraj in spodaj pa so prikazani »spremljajoči podatki«: temperatura zraka, relativna zračna vlažnost, temperatura tal na globini 30 cm in vsebnost vode v tleh na globini 30 cm

Figure 10: Measurements of seasonal tree growth with electronic dendrometers and „accompanying data.“ In the middle is the graph of radial growth in the year 2023 measured with an electronic dendrometer, while the „accompanying data“ – air temperature, relative humidity, soil temperature at a depth of 30 cm, and soil moisture content at a depth of 30 cm – are shown above and below



Slika 11: Sezonski debelinski prirastek smreke na ploskvi IM Krucmanove konte (Pokljuka) v rastni sezoni 2023
Figure 11: Seasonal radial increment of spruce trees in the IM Krucmanove konte plot (Pokljuka) in the 2023 growing season

5 ZAHVALA

5 ACKNOWLEDGEMENTS

Program je deloma potekal v okviru pripravljalnega projekta eLTER faze (eLTER PPP), projekta eLTER Advanced Community Project (eLTER PLUS) in projekta Razvoj raziskovalne infrastrukture za mednarodno konkurenčnost slovenskega RRI prostora - RI-SI-LifeWatch, ki ju financirata Republika Slovenija, Ministrstvo za izobraževanje, znanost in šport, ter Evropska unija iz Evropskega regionalnega Evropskega sklada za regionalni razvoj in programske skupine P4-0107, ki jo financira agencija za znanstvenoraziskovalno in inovacijsko dejavnost Republike Slovenije.

6 VIRI

6 REFERENCES

- Drew DM, Downes GM (2009) The use of precision dendrometers in research on daily stem size and wood property variation: A review. *Dendrochronologia* 27: 159-172. doi:<https://doi.org/10.1016/j.dendro.2009.06.008>.
- Liski J, Palosuo T, Peltoniemi M, Sievänen R (2005) Carbon and decomposition model Yasso for forest soils. *Ecological Modelling* 189: 168-182. doi:<https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2005.03.005>.
- Pretzsch H, Grote R, Reineking B, Rötzer T, Seifert S (2007) Models for Forest Ecosystem Management: A European Perspective. *Annals of Botany* 101: 1065-1087. doi:<https://doi.org/10.1093/aob/mcm246>.
- Schmidt-Walter P, Trotsiuk V, Meusburger K, Zacios M, Meesenburg H (2020) Advancing simulations of water fluxes, soil moisture and drought stress by using the LWF-Brook90 hydrological model in R. *Agricultural and Forest Meteorology* 291: 108023. doi:<https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2020.108023>.
- Zweifel R, Sterck F, Braun S, Buchmann N, Eugster W, Gessler A, Häni M, Peters RL, Walthert L, Wilhelm M, Ziemińska K, Etzold S (2021) Why trees grow at night. *New Phytologist* 231: 2174-2185. doi:<https://doi.org/10.1111/nph.17552>.

Makroskopske in mikroskopske značilnosti lesa

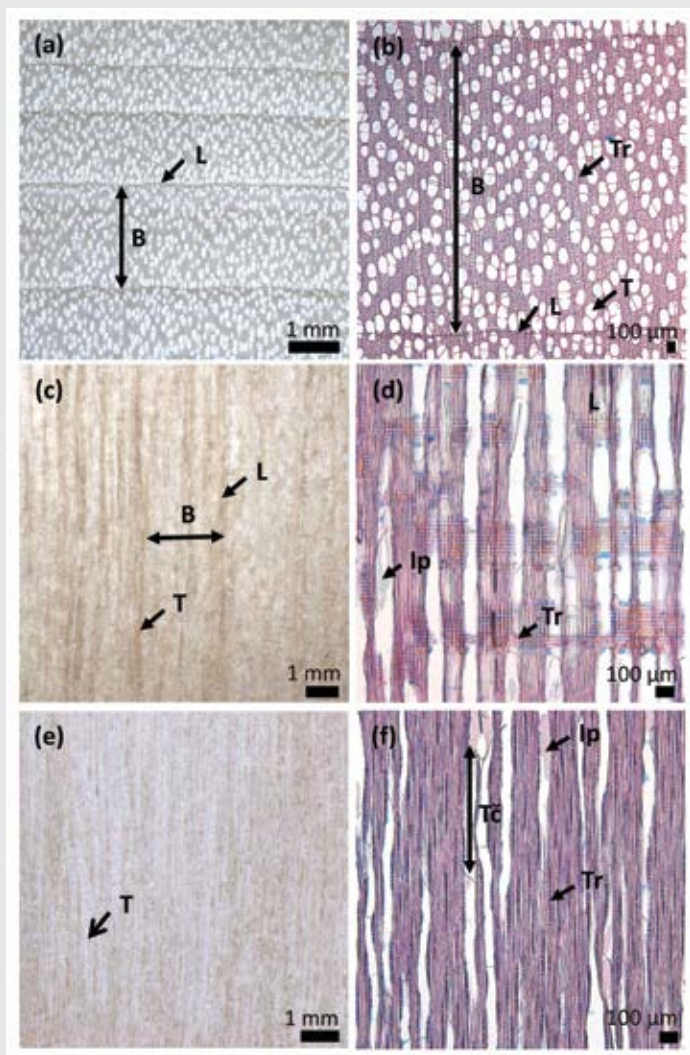
VRBE (*Salix* spp.)

dr. Jožica Gričar (jozica.gricar@gozdis.si), dr. Peter Prislan (peter.prislan@gozdis.si)
Gozdarski inštitut Slovenije

Vrbe (*Salix* spp.) imajo velik ekološki pomen: utrjujejo rečne bregove, stabilizirajo pobočja v bližini vodnih poti ali na vlažnih območjih, nekatere pa s svojimi plazečimi poganjki vežejo strma tla v gorah in tako ščitijo zemeljsko površino pred erozijo. Mnoge vrste opravljajo pionirsko vlogo na rečnih in hudourniških prodiščih, nekatere pa se kot prve lesnate rastline pojavljajo na posekah, pogoriščih ali zapuščenih travnikih. K vrbam spada okoli tristo vrst v hladnih in zmernih predelih severne poloble. V Sloveniji raste več kot dvajset vrst. Bela vrba (*Salix alba* L.), krhka vrba, krhlica (*Salix fragilis* L.) in beka (*Salix viminalis* L.) so potencialno primerne za gojenje v nasadih s kratko obhodnjo. Med vrstami, ki uspevajo pri nas, so še: povešava vrba, vrba žalujka (*Salix babylonica* L.), mandljasta vrba (*Salix triandra* L.), siva vrba (*Salix eleagnos* Scop.), rdeča vrba (*Salix purpurea* L.), rakita (*Salix aurita* L.), iva (*Salix caprea* L.), peteroprašniška vrba (*Salix pentandra* L.), volčinasta vrba (*Salix daphnoides* Vill.), pokopališka vrba (*Salix x sepulchralis* Simonk.), rožmarinolista vrba (*Salix rosmarinifolia* L.), velikolistna vrba (*Salix appendiculata* L.), pepelnatosiva vrba (*Salix cinerea* L.), gola vrba (*Salix glabra* Scop.), Waldsteinova vrba (*Salix waldsteiniana* Willd.), kopjasta vrba (*Salix hastata* L.), alpska vrba (*Salix alpina* Scop.), topolistna vrba (*Salix retusa* L.), timijanovolistna vrba (*Salix serpyllifolia* Scop.), zelnata vrba (*Salix herbacea* L.) ter mrežolistna vrba (*Salix reticulata* L.). Veliko je gojenih, okrasnih vrb in križancev, saj se vrbe pogosto križajo. Nekatere vrste zelo hitro priraščajo, zato jih gojimo v zunajgozdnih nasadih za pridelavo lesne biomase ali kot surovino za celuložno/papirno industrijo, kjer uporabljajo tudi tuje, selekcionirane, umetne križance vrb.

Na vrbah lahko nastanejo naslednji znaki poškodovanosti zaradi žuželk: (a) defoliatorjev (vključno z listnimi zavijači): *Leucoma salicis*, *Agelastica alni* in *Galerucella salicis* ter (b) škodljivcev vejic, vej in debla: *Cryptorhynchus lapathi* in *Paranthrene tabaniformis* ali *Sciapteron tabaniformes*. Poleg tega se lahko pojavita še glivni bolezni: pepelovka (*Uncinula* spp.) in rja listov (*Melampsora populina*).

Vrbovina sodi med najredkejša domača lesna vrsta (gostota absolutno suhega lesa $\rho_0 = 270\text{--}330\text{--}380\text{ kg/m}^3$). Les je lahek in zelo mehak. Zaradi homogene strukture se dobro suši, les je le malo nagnjen k pokanju in veženju. Zviža se v primeru prisotnosti tenzijskega lesa, ki v večjem deležu negativno vpliva na obdelovalne lastnosti (vlaknata površina). Če ne vsebuje tenzijskega lesa, je vrbovino mogoče dobro obdelovati z ostrimi rezili. Dobro se rezbari. Tlačna trdnost ($18\text{--}34\text{ N/mm}^2$) in upogibna trdnost ($30\text{--}71\text{ N/mm}^2$) sta majhni, ravno tako modul elastičnosti ($4400\text{--}7200\text{--}10100\text{ N/mm}^2$). Les se dobro luži, površinska obdelava je zmerno dobra, težje se lakira. Vrbovina ni odporna proti atmosferilijam, glivam in insektom. Naravno odpornost po standardu SIST EN 350-2 uvrščamo v razred pet (netrajen). Ker je les neodporen, je nagnjen k obarvanju zaradi gliv, trohnenju in napadom škodljivcev. V Sloveniji je gospodarski pomen vrbe, v primerjavi z drugimi drevesnimi vrstami, majhen. Na trgu je vrbovina na voljo v glavnem kot žagan les in luščen furnir, občasno tudi kot rezan furnir. Les se uporablja v splošnem mizarstvu, za vezan les za središče, za nevidne dele pohištva, kot les za rezbarjenje in struženje, za modele, srednje in manj obremenjene notranje konstrukcije, za košare, obutev, športne naprave, lesno volno, embalažo, vžigalice, zobotrebece, igrače, risalno ogledalo, kot les za kemično predelavo (celuloza, papir) ter vlaknene in iverne plošče. Gibki poganjki se uporabljajo za vezanje trt. Iz skorje pridobivajo tanin za strojenje kože in salicilno kislino (zniževanje temperature). Kot že omenjeno, določene vrste vrb uporabljajo za zasajanje različnih nasadov. Nazadnje je pomembno omeniti še vrbe kot okrasna drevesa, ki so pogosto posajena v bližini voda.



Slika 1: Makroskopska (a, c, e) in mikroskopska (b, d, f) zgradba vrbovega lesa: (a) Za vrbo je značilna raztresena (difuzna) razporeditev trahej na prečnem prerezu. Prirastne plasti ali branike (B) in letnice (L) so na prečnem prerezu vidne s prostim očesom zaradi ozkega in nekoliko temnejšega pasu sploščenih terminalnih vlaken ter manjšega števila por. (b) Pod mikroskopom so letnice razločne zaradi razlik v velikostih ter debelinah celičnih sten vlaken ranega in kasnega lesa. Traheje (T) so lahko posamične ali v kratkih radialnih skupkih, sestavljenih iz dveh do štirih trahej ter rahlo oglate. V ranem lesu je njihov premer okoli 100 µm, v kasnem pa pogosto manjši od 50 µm. Trakovi so enoredni. Aksialni parenhim je redek, v terminalnem delu branike je prisoten kot prekinjen tangencialni pas (apotrachealen marginalen parenhim). (c) Na radialnem prerezu so branike (B) in letnice (L) slabo razločne. Trakovi so kot fina svetleča zrcala, ki so s prostim očesom slabo vidna. (d) Trahejni členi (TČ) so podolgovati z enostavnimi perforacijami. Trak je heterogen, sestavljen iz dveh tipov trakovnih celic (podolgovatih in kvadratastih) in visok od pet do petnajst celic. (e) Tangencialni prerez je brez posebnosti, zaznamujejo ga predvsem podolgovati kanali por ali trahej. (d, f) Na radialnem in tangencialnem prerezu so vidni trahejni členi s številčnimi intervaskularnimi piknjami (lp). (Foto: S. Ogorevc, P. Prislan.)

MAKROSKOPSKI OPIS LESA

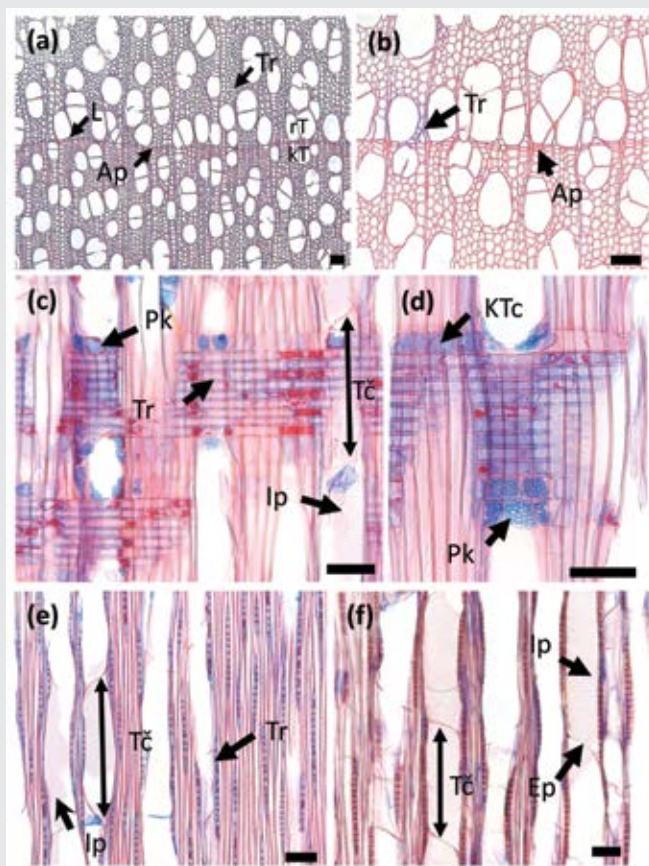
Struktura vrbovega lesa je difuzno porozna. Les je svetel, rumenkaste do rdečkasto rjave barve. Lahko je delno progast. Glede jedrovine se navedbe v literaturi razlikujejo. Richter in sodelavci (2018) navajajo, da se beljava in jedrovina barvno ne razlikujeta, lahko pa ob mehanskem poškodovanju nastane diskoloriran les. Nasprotno Grosser (1977) poroča, da vrba tvori pravo jedrovino svetlo rjave do svetlo rdečkaste barve, beljava pa je po navadi široka in belkaste barve. Meja med sosednjima branikama (letnica) je razločna zaradi nekoliko gostejšega kasnega lesa. Tekstura lesa je homogena, fino porozna in nedekoratívna. Srednji tangencialni premer por oziroma trahej v prečnem prerezu je navadno manjši od 100 µm, zato le-te niso vidne s prostim očesom. V ranem lesu so pore nekoliko

številčnejše in na vzdolžnih prerezhih vidne kot fine raze. Tudi trakov ne vidimo s prostim očesom, saj so ozki in v radialnem prerezu vidni kot nežna zrcala in ne vplivajo na videz lesa.

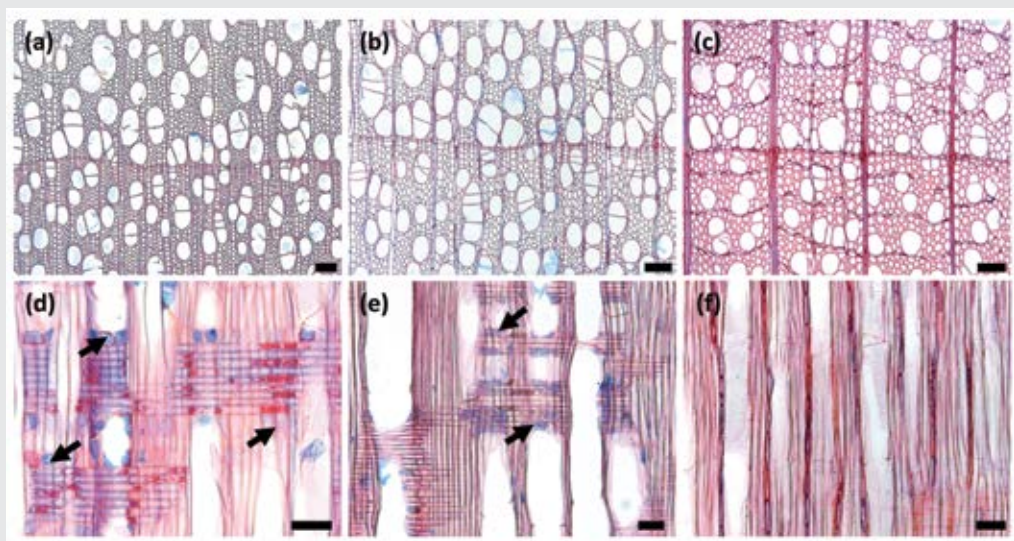
MIKROSKOPSKI OPIS LESA

Lesu vrb ni mogoče razlikovati na podlagi anatomskih značilnosti. Kot že omenjeno, je les difuzno porozen, včasih je lahko tudi polvenčasto porozen. Letnice so dokaj razločne. V ranem lesu so traheje velike 60–84–117 µm in so nekoliko številčnejše in večje kot v kasnem lesu, kjer merijo 40–53–80 µm. Na splošno so traheje dokaj enakomerno razporejene po braniki. Na prečnem prerezu so pore oziroma traheje posamične ali v kratkih radialnih nizih, sestavljenih iz dveh do štirih





Slika 2: Mikroskopska zgradba vrbovega lesa. (a, b) Prečni prerez: (a) Letnice so različne zaradi sploščenih terminalnih vlaken. Traheje so posamične, rahlo oglate ali v kratkih radialnih nizih, sestavljenih od dveh do štirih trahej. Premer traheje v ranem lesu (rT) je od 60 do 117 μm , v kasnemu (KT) pa od 40 do 80 μm . Traheje so pogosto zatiljene. Aksialni parenhim (Ap) je apotrahealen, difuzen in redek. Pogosto je v terminalnem delu branike v obliki prekinjenega tangencialnega traka (apotrahealen marginalen). Tračkovi (Tr) so izključno enoredni. (b) Pri vrbi so prisotna libriformna vlakna z velikimi lumni in relativno tankimi celičnimi stenami. Aksialne parenhimske celice (Ap) prepoznamo po pogosto zapolnjenih lumnih. (c, d) Radialni prerez: (c) Tračkovi (Tr) so heterogeni, v osrednjem delu sestavljeni iz podolgovatih parenhimskih celic, ob straneh pa je po navadi po ena vrsta kvadratnih celic (KTc). Trač je visok od 5 do 15 celic. V križnem polju (Pc) (med tračkovi in trahejami) so piknje zelo velike in okrogle. Intervaskularne piknje, ki so v bočnih stenah trahej in jih povezujejo med seboj, so razvrščene izmenično. Perforacije (Ep) med posameznimi trahejnimi členi so enostavne. (e, f) Tangencialni prerez z dobro vidnimi trahejnimi členi (Tc) s številnimi intervaskularnimi piknjami (Ip) in enostavnimi perforacijami (Ep). Dolžina merilne daljice je 100 μm . (Foto: P. Prislan, G. Skoberne.)

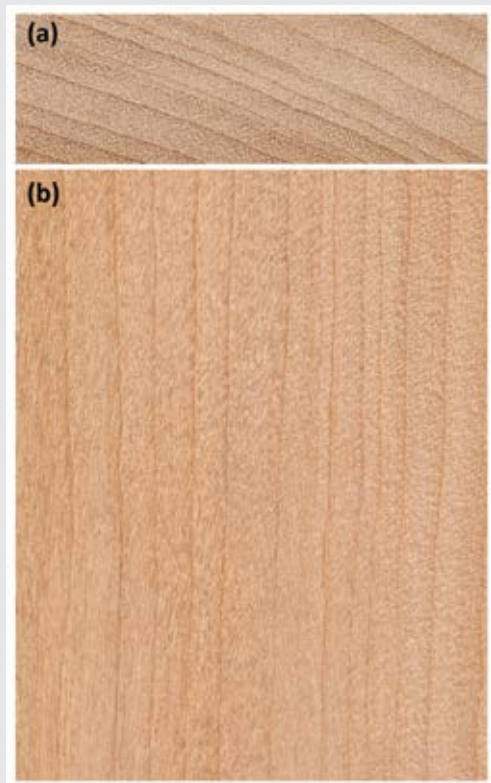


Slika 3: Les vrbovine (*Salix* spp.) je podoben topolovini (*Populus* spp.). Prečna prereza obeh vrst sta zelo podobna, saj ima vrba (a) tako kot topol (b) difuzno razporejene traheje s povprečnim premerom okoli 100 μm . Podobno razporeditev trahej lahko opazimo tudi pri lipi (*Tilia* spp.) (c), ki ima večreden trak in obilnejši aksialni parenhim. Razlike med vrbo in topolom so najočitnejše na radialnem prerezu: pri vrbi je namreč trak heterogen z značilnimi kvadratnimi parenhimskimi celicami (d), pri topolu pa homogen (e). Na radialnem prerezu lipe lahko opazimo helikalne odebelitve trahej (f). (Foto: P. Prislan, G. Skoberne.)

trahej. Občasno so traheje lahko v skupkih, včasih so lahko otiljene. Celične stene so brez helikalnih odebelitev. Perforacije oz. odprtine med sosednjima trahejnima členoma so enostavne – tj. ena odprtina v perforirani ploščici na končnih stenah trahejnih členov (radialni prerez). Intervaskularne piknje, ki so v bočnih stenah trahej in povezujejo sosednje traheje med seboj, so nasprotno razvrščene in

velike. Osnovno tkivo sestavljajo libriformska vlakna, ki imajo v ranem lesu tanjše celične stene in večje lumne, v terminalnem delu branike pa so celične stene debelejšje.

Trakovi so ozki, izključno enoredni in po navadi visoki 5 do 15 (do 20) celic (tangencialni prerez). Trakovno tkivo je heterogeno, tj. sestavljeno iz ležečih trakovnih parenhimskih celic in iz kvadratastih parenhimskih celic ob robu trakov. Piknje med trakovi in trahejami so zelo velike in okrogle (radialni prerez). Aksialni parenhim je redek in difuzen, pretežno apotrahealen, kar pomeni, da ni v stiku s trahejami. Pogosto je prisoten ob letnici v obliki prekinjenega tangencialnega traka (t.i. marginalen parenhim).



Slika 4: Prečni (a) in radialni (b) prerez vrbovine. (Foto: G. Skoberne, P. Prisljan.)

LOČEVANJE VRBOVINE OD DRUGIH VRST LISTAVCEV

Les bele vrbe (*Salix alba* L.), ive (*Salix caprea* L.) in drugih vrst iz rodu *Salix*, ki uspevajo pri nas, makroskopsko in mikroskopsko ni mogoče razlikovati. Vrbovina je makroskopsko zelo podobna topolovini (*Populus* spp.), zato med obema vrstama ni mogoče popolnoma zanesljivo makroskopsko razločevanje. Na mikroskopskem nivoju je glavna razlika med vrbo in topolom v strukturi trakov, ki so pri vrbi heterogeni, pri topolu pa praviloma homogeni. Poleg tega je les vrbe in topola makroskopsko podoben lesu lipe (*Tilia* spp.), ki ima tudi podobne fizikalne lastnosti, vendar ima lipa širše trakove ter največkrat ožje branike. Mikroskopsko jih ločimo predvsem po obilnejšem aksialnem parenhimu pri lipi ter helikalnih odebelitvah v celičnih stenah trahej. Les vrbovine bi lahko na prvi pogled zamenjali tudi z jelševino (*Alnus* spp.), a so za slednjo značilni agregirani trakovi in parenhimske pege.

Viri

- Grosser D. 1977. Die Hölzer Mitteleuropas - Ein mikrophotographischer Lehratlas. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York.
- IAWA Committee. 1989 IAWA list of microscopic features for hardwood identification. IAWA Bulletin n.s. 10: 219–322.
- Richter H.G., Oelker M., Koch G. 2018. macroHOLZdata: descriptions, illustrations, identification, and information retrieval. In English and German. Version: 07-2018. delta-intkey.com.
- Wheeler E.A., Baas P., Gasson P.E. 1989. IAWA list of microscopic features for hardwood identification. IAWA Bulletin 10: 219–332.
- Schweingruber F.H. 1990. Microscopic wood anatomy, Mikroskopische Holz Anatomie. Eidgenössische Anstalt für das Forstliche Versuchswesen, Birmensdorf.

- Torelli N. 1990. Les in skorja. Slovar strokovnih izrazov. Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo, Ljubljana.
- Torelli N. 1991. Makroskopska in mikroskopska identifikacija lesa (ključi). Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo, Ljubljana.
- UN ECE, CLRTAP, ICP. 2006. Assessment and Monitoring of Air Pollution Effects on Forests: Priročnik za ugotavljanje povzročiteljev poškodb. Dopolnitve in prilagoditve za Slovenijo: D. Jurc in M. Jurc. Gozdarski inštitut Slovenije, Ljubljana.
- Varstvo gozdov Slovenije. <https://www.zdravgozd.si/>
- Wagenführ R. 1996. Holzatlas. 4. neuarbeitete Auflage. Fachbuchverlag Leipzig. Carl Hanser Verlag, München Wien: 688 str.

Zahvala

Preparati so bili pripravljeni v Laboratoriju za lesno anatomijo na Gozdarskem inštitutu Slovenije. Za podporo v laboratoriju se zahvaljujemo Gregorju Skobernetu, Saši Ogorevc in Poloni Hafner. Pripravo prispevka so omogočili Javna agencija za znanstvenoraziskovalno in inovacijsko dejavnost Republike Slovenije (ARIS), raziskovalni program P4-0430 in projekti: V4-2222, J4-4541 in J4-50130 ter projekt REWINNUSE (Norveški finančni mehanizem in Finančni mehanizem EGP).



Popis povzročiteljev poškodb drevja na ploskvah intenzivnega monitoringa gozdnih ekosistemov v Sloveniji

Inventory of tree damage agents in intensive monitoring plots of forest ecosystems in Slovenia

Nikica OGRIS¹



Izvleček:

Popis povzročiteljev poškodb drevja na ploskvah intenzivnega monitoringa gozdnih ekosistemov (IMGE) se je začel leta 2009 in od takrat poteka vsako leto. Popis povzročiteljev poškodb drevja na ploskvah IMGE poteka po mednarodno sprejeti metodologiji ICP Forests. Pri vseh najpogostejših drevesnih vrstah (bukev, smreka, črni bor, rdeči bor, beli gaber) zaznavamo trend večje povprečne osutosti krošnje. Najpomembnejši povzročitelj poškodb drevja na ploskvah IMGE so glive (bolezni), na drugem mestu povprečne poškodovanosti krošnje v letu 2022 so bile žuželke, na tretjem pa je bila kategorija povzročiteljev "drugo", kjer je bila izpostavljena konkurenca kot povzročiteljica osutosti in poškodb krošnje. Ker popis poteka vsako leto na istih lokacijah, je mogoče izračunati trende razvoja poškodovanosti dreves v proučevanih gozdnih ekosistemih ter raziskovati vzroke in učinke stresnih dejavnikov, kar je tudi osnovni namen ploskev IMGE.

Ključne besede: spremljanje poškodovanosti gozdov, bolezni, škodljivci, poškodba, zdravje, trend

Abstract:

The inventory of tree damage agents in the Intensive Monitoring of Forest Ecosystems (IMGE) plots started in 2009 and has been carried out annually since then. The inventory of tree damage agents in IMGE plots is carried out according to the internationally accepted ICP Forests methodology. For all the most common tree species (beech, spruce, Austrian pine, Scots pine, common hornbeam), there is an increasing trend in defoliation. The most important cause of tree damage in IMGE plots are fungi (diseases). Insects were the second most important cause of average canopy damage in 2022. The third largest causal agent category was 'other', where competition was highlighted as a causal agent of both defoliation and canopy damage. As the monitoring is carried out in the same locations every year, it is possible to calculate trends in tree damage in the forest ecosystems studied and to investigate the causes and effects of stress factors, which is the primary purpose of IMGE plots.

Key words: forest damage monitoring, disease, pest, damage, health, trend

1 UVOD

1 INTRODUCTION

Poškodbe drevja vplivajo na zdravje dreves in s tem na njihove funkcije, razvoj, vitalnost in dolgoživost. Ker so lahko pomemben moteč dejavnik, tako akutno kot kronično, jih moramo nujno upoštevati pri gospodarjenju z gozdom. Za ta namen jih stalno spremljamo po mednarodno sprejeti metodologiji International Cooperative Programme of Forests (ICP Forest) (Eichhorn J. in sod., 2020).

Eden izmed ključnih mednarodno uveljavljenih kazalnikov za ocenjevanje življenjske moči dreves oz. njihove vitalnosti je osutost drevesnih krošenj. Kazalnik so razvili v okviru mednarodne skupine raziskovalcev ICP Forest in je med-

narodno primerljiv. Osutost je definirana kot (Kovač M. in sod., 2014): „Osutost je okularno ocenjen delež (%) manjkajočih asimilacijskih organov (listov, iglic) v primerjavi z namišljenim normalnim drevesom istega socialnega položaja, iste drevesne vrste in z enakega rastišča. Ocenjuje se na 5 % natančno.“

Gozdne ekosisteme spremljamo na dveh ravneh: na sistematični mreži vzorčnih ploskev 16 × 16 km (raven I) in intenzivni monitoring (raven II). Večina ploskev intenzivnega monitoringa gozdnih ekosistemov (IMGE) je bila vzpostavljena v letu 2003. Ploskve so del evropske mreže raziskovalnih ploskev ICP Forests (raven II). Velikost posamezne ploskve IMGE je 50 × 50 metrov.

¹ Dr. N. O., Gozdarski inštitut Slovenije, Oddelek za varstvo gozdov, Večna pot 2, SI-1000 Ljubljana, Slovenija, nikica.ogris@gozdis.si

Popis povzročiteljev poškodb drevja na ploskvah IMGE se je začel leta 2009 in od takrat poteka vsako leto. Popis povzročiteljev poškodb drevja na ploskvah IMGE poteka po navodilih oz. priročniku (Jurc D. in Jurc M., 2014). Navodila so povzeta in za slovenske razmere prirejena po uradni metodologiji ICP Forests (Eichhorn J. in sod., 2020). Zabeležimo najmanj glavno kategorijo povzročitelja poškodb, kot so: divjad in objedanje, žuželke, glive, abiotični dejavniki, neposredni človekovi vplivi, ogenj, onesnažen zrak, drugi dejavniki in raziskovano, vendar nedoločeno. V kategoriji neposredni človekov vpliv so vključene predvsem poškodbe zaradi gojitvenih ukrepov in gospodarjenja z gozdovi. V kategorijo drugi dejavniki pa so vključene poškodbe zaradi zajedavskih rastlin, bakterij, nematod, konkurence, zasenčenosti idr. Poleg povzročitelja beležimo še veliko drugih spremenljivk, npr. obseg poškodbe, simptome, poškodovani del drevesa, starost poškodb idr. Obseg poškodbe je definiran kot (Jurc D. in Jurc M., 2014): „Obseg poškodb prikazuje velikost – obseg, količino (v %) prizadetega dela drevesa,

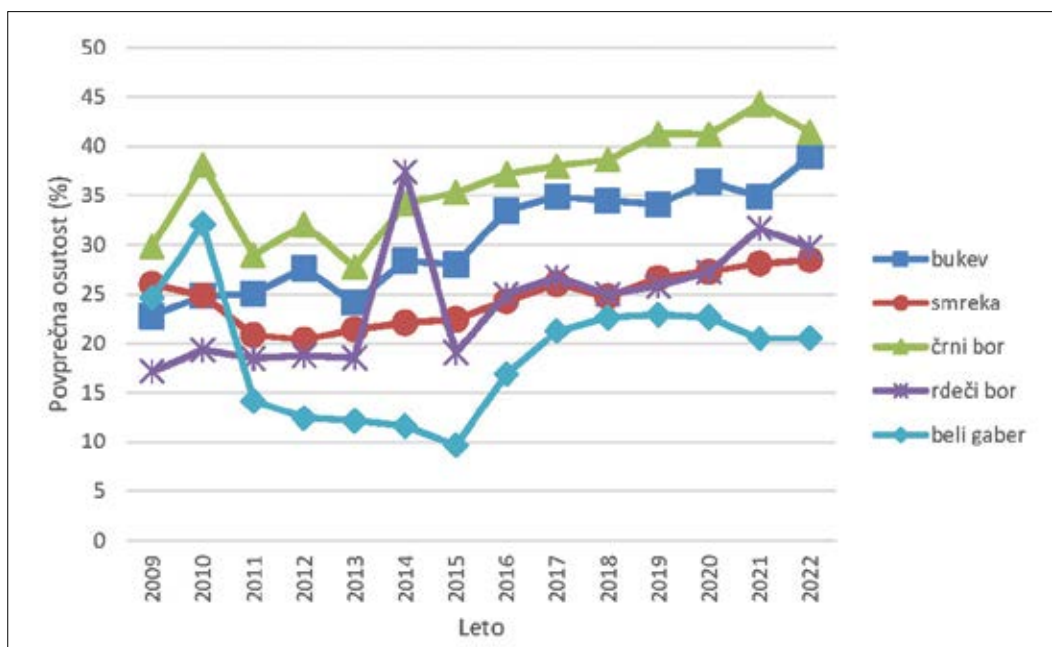
ki ga je prizadel škodljiv dejavnik. Skupni obseg krošnje izražamo z deležem (%) površine listnega aparata krošnje in je tisti del skupne osutosti, ki jo je mogoče nedvoumno pripisati znanim povzročiteljem. Poškodbe vej so izražene kot odstotek vseh vej, poškodbe debla so izražene kot odstotek obsega debla.“ Obseg poškodbe prav tako ocenjujemo na 5 % natančno.

Ker popis poteka vsako leto na istih lokacijah, je mogoče izračunati trende razvoja poškodovanosti dreves v proučevanih gozdnih ekosistemih in raziskovati vzroke ter učinke stresnih dejavnikov, kar je tudi glavni namen ploskev IMGE.

2 TRENDI POŠKODOVANOSTI NAJPOGOSTEJŠIH DREVESNIH VRST

2 TRENDS IN DAMAGE TO THE MOST COMMON TREE SPECIES

Leta 2009 je popis povzročiteljev poškodb drevja potekal na enajstih ploskvah IMGE. V obdobju 2010–2022 smo povzročitelje poškodb popisali na desetih ploskvah IMGE (raven II) na drevesih



Slika 1: Povprečna osutost krošnje najpogostejših drevesnih vrst na ravni II v obdobju 2009–2022

Figure 1: Average defoliation of the most common tree species at Level II in 2009–2022

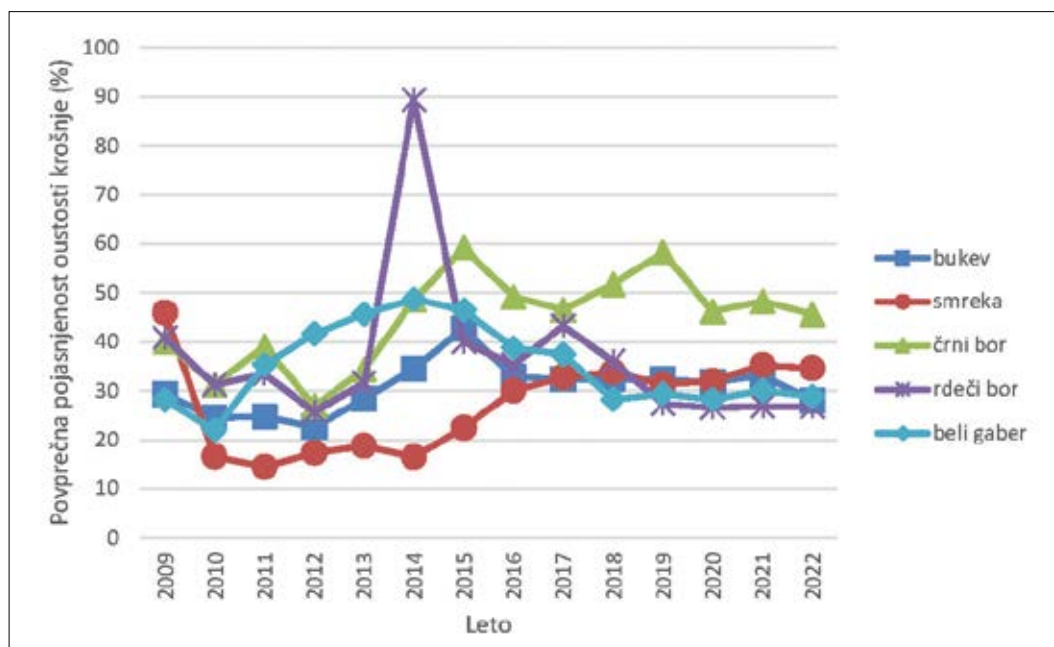
prvega, drugega in tretjega socialnega položaja (nadvladajoča, vladajoča in sovladajoča drevesa).

Če upoštevamo drevesne vrste, ki so imele v vzorcu vsaj petdeset enot, je bil v letu 2022 v povprečju najbolj osut črni bor (41,4 %), potem bukev (39,0 %) in rdeči bor (29,7 %) (slika 1). Povzročitelji poškodb drevja so najbolj pojasnili osutost krošnje pri črnem boru (povprečno 45,6 %), smreki (povprečno 34,6 %) in belem gabru (povprečno 28,8 %, slika 2). Pri bukvi, smreki in belem gabru se je povprečna osutost krošnje povečala, pri črnem in rdečem boru pa zmanjšala v primerjavi s prejšnjim letom (slika 1). Pri rdečem boru in smreki je pojasnjenost poškodovanosti krošnje ostala na približno enaki ravni kot v prejšnjem letu, pri črnem boru, belem gabru in bukvi pa se je za malenkost zmanjšala (slika 2). Pri vseh najpogostejših drevesnih vrstah zaznavamo trend večanja povprečne osutosti krošnje; pri belem gabru od leta 2015 naprej (Ogris N., 2023b).

3 TRENDI POŠKODOVANOSTI KROŠNJE PO KATEGORIJAH POVZROČITELJEV

3 TRENDS IN CANOPY DAMAGE BY CAUSATIVE AGENT CATEGORY

Glive so bile najpomembnejše povzročiteljice poškodb drevja na ploskvah raven II od leta 2016 naprej (slika 3). Povprečna poškodovanost krošnje zaradi bolezni se je večala od leta 2011 do 2015. V letu 2016 se je poškodovanost krošnje zaradi gliv nekoliko zmanjšala (iz 16,3 % na 13,9 %), v letih 2017–2019 pa se spet nekoliko povečala (na 18,2 %), v letih 2020–2022 je povprečna poškodovanost dreves zaradi bolezni nihala. V letu 2022 so bile na drugem mestu povprečne poškodovanosti krošnje (11,7 %) žuželke, katerih povprečna poškodovanost se je v letu 2022 zelo povečala s primerjavi z letom 2021; mogoče zaradi namnožitve bukovega rilčkarja skakača in bukove listne uši tistega leta po vsej Sloveniji (Kavčič A., 2022). Na tretjem mestu je bila kategorija povzročiteljev „drugo“ (10,9 %), kjer je bila izpostavljena konkurenca/tekmovanje



Slika 2: Povprečna pojasnjenost osutosti krošnje najpogostejših drevesnih vrst na ravni II v obdobju 2009–2022
Figure 2: Average explained defoliation of the most common tree species at Level II in 2009–2022

kot povzročiteljica osutosti in poškodb krošnje. Poškodovanost dreves zaradi škodljivih abiotičnih dejavnikov se manjša od leta 2014. V 2017 smo zaznali veliko povečanje poškodb zaradi divjadi – povprečna poškodovanost krošnje zaradi divjadi se je povečala iz 3,3 % v letu 2016 na 10 % v letu 2017. Vendar se je že v letu 2018 zmanjšala na 3,3 %, v letu 2019 pa se spet malenkostno povečala na 5,0 % in na tej ravni ostala tudi v letu 2022 (slika 3). Druge kategorije povzročiteljev poškodb drevja doprinejajo k povprečni poškodovanosti krošnje na ploskvah raven II manj kot 5 %; to so neposredni človekovi vplivi in požari. Pri vseh kategorijah povzročiteljev poškodb drevja smo zaznali pozitiven trend. Trend se najhitreje veča v kategorijah bolezni, divjad in drugo.

Podobne trende poškodovanosti dreves zaradi povzročiteljev ugotavljamo tudi na ploskvah na ravni I na sistematični mreži 16 × 16 km, kjer so glive med najpomembnejšimi povzročitelji poškodb dreves in njihov trend poškodb se izrazito veča (Ogris N., 2023b).

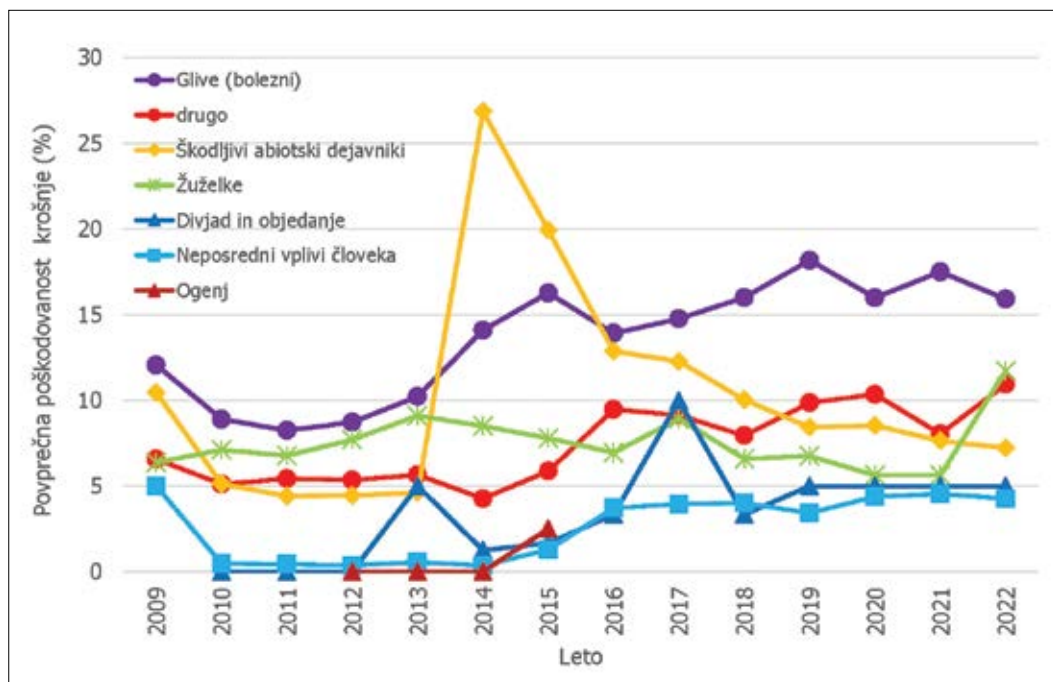
4 ZAKLJUČKI

4 CONCLUSIONS

Vsakoletni popis povzročiteljev poškodb drevja na ploskvah IMGE omogoča izračun trendov razvoja poškodovanosti dreves v proučevanih gozdnih ekosistemih ter raziskovati vzroke in učinke stresnih dejavnikov. Podatki so zelo uporabni in pomembni za dolgoročno, trajnostno in strokovno usmerjanje gospodarjenja z gozdovi.

Pri vseh najpogostejših drevesnih vrstah zaznavamo trend večanja povprečne osutosti krošnje, kar je zaskrbljujoče, še posebno, ker je povprečna osutost glavnih drevesnih vrst relativno velika, v letu 2022 je bila npr. povprečna osutost bukve že 39,0, doba 38,0 %, črnega bora 41,4 % in smreke 28,5 %.

Najpomembnejši povzročitelji poškodb drevja na ploskvah raven II v letu 2022 so bile glive (bolezni), na drugem so bile žuželke, na tretjem pa je bila kategorija povzročiteljev »drugo«, kjer je bila izpostavljena konkurenca/tekmovalstvo kot povzročiteljica osutosti in poškodb krošnje.



Slika 3: Povprečna poškodovanost krošnje za glavne kategorije povzročiteljev v obdobju 2009–2022

Figure 3: Average canopy damage for the main categories of causative agents 2009–2022

Podobne trende poškodovanosti dreves zaradi povzročiteljev ugotavljamo tudi na ploskvah na ravni I na sistematični mreži 16×16 km, kjer so glive ponovno med najpomembnejšimi povzročitelji poškodb dreves in njihov trend poškodb se izrazito veča (Ogris N., 2023b).

Glede na trende s popisa poškodovanosti gozdov bodo bolezni do konca 21. stoletja predvidoma povzročile veliko poškodovanost bukve (Ogris N., 2023a). Posledično se bo zato verjetno postopoma povečala varstveno-sanacijska oz. sanitarna sečnja bukve. Raziskava je potrdila, da je vzrok za hiranje bukve kompleksna bolezen, v katero je vključenih več škodljivih dejavnikov (Ogris N. in sod., 2023). V zdravih drevesih se pojavlja ista združba gliv in žuželk kot v poškodovanih. Zato so izjemno pomembni zunanji sprožilni dejavniki, ki spodbudijo patogeno delovanje teh vrst (Ogris N. in sod., 2023).

5 ZAHVALA

5 AKNOWLEDGEMENTS

Zahvaljujem se vsem sodelavkam in sodelavcem Oddelka za načrtovanje in monitoring gozdov in krajine na Gozdarskem inštitutu Slovenije, ki opravljajo terenski opis; to so v zadnjih letih predvsem Jure Žlogar, Anže Martin Pintar, dr. Gal Kušar, Saša Vochl, mag. Špela Planinšek in dr. Mitja Skudnik. Za pripravo podatkov se zahvaljujem Andreju Grahju. Spremljanje stanja gozdov poteka v okviru Javne gozdarske službe na Gozdarskem inštitutu Slovenije, ki jo financira Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano. Program je bil deloma izveden v okviru pripravljalnega projekta eLTER faze (eLTER PPP), projekta eLTER Advanced Community Project (eLTER PLUS) in projekta Razvoj raziskovalne infrastrukture za mednarodno konkurenčnost slovenskega RRI prostora - RI-SI-LifeWatch, ki ga financirata Republika Slovenija, Ministrstvo za izobraževanje, znanost in šport, ter Evropska unija iz Evropskega regionalnega Evropskega sklada za regionalni razvoj.

6 VIRI

6 REFERENCES

- Eichhorn J., Roskams P., Potočić N., Timmermann V., Ferretti M. in sod. 2020. Part IV: Visual Assessment of Crown Condition and Damaging Agents. V: UNECE ICP Forests Programme Coordinating Centre (ur.): Manual on methods and criteria for harmonized sampling, assessment, monitoring and analysis of the effects of air pollution on forests. (UNECE ICP Forests Programme Coordinating Centre (ur.): Manual on methods and criteria for harmonized sampling, assessment, monitoring and analysis of the effects of air pollution on forests, Eberswalde, Germany, Thünen Institute of Forest Ecosystems: 50
- Jurc D., Jurc M. 2014. Popis povzročiteljev poškodb drevja. V: Monitoring gozdov in gozdnih ekosistemov: Priročnik za terensko snemanje podatkov. Kovač M. (ur.). (Monitoring gozdov in gozdnih ekosistemov: Priročnik za terensko snemanje podatkov, Ljubljana, Gozdarski inštitut Slovenije, Založba Silva Slovenica: 143–177.
- Kavčič A. 2022. Močan napad bukovega rilčkarja skakača v Sloveniji v 2022. Novice iz varstva gozdov, 15, 6–7.
- Kovač M., Skudnik M., Japelj A., Planinšek Š., Vochl S. 2014. Gozdna inventura. V: Monitoring gozdov in gozdnih ekosistemov: Priročnik za terensko snemanje podatkov. Kovač M. (ur.). (Monitoring gozdov in gozdnih ekosistemov: Priročnik za terensko snemanje podatkov, Ljubljana, Gozdarski inštitut Slovenije, Založba Silva Slovenica: 7–111.
- Ogris N. 2023a. Bolezni, škodljivci in sušni stres pri navadni bukvi v različnih scenarijih podnebnih sprememb (V4-2026). Aktivnost 3.2: Vpliv bolezni in škodljivcev na hiranje bukve. (ur.) Ljubljana, Gozdarski inštitut Slovenije: 26 str.
- Ogris N. 2023b. Poročilo o popisu povzročiteljev poškodb drevja. V: Poročilo o spremljanju stanja gozdov za leto 2022. Planinšek Š. in sod. (ur.). (Poročilo o spremljanju stanja gozdov za leto 2022, Ljubljana, Gozdarski inštitut Slovenije: 14–18.
- Ogris N., Kavčič A., Zajc J., Brglez A., de Groot M. in sod. 2023. Bolezni, škodljivci in sušni stres pri navadni bukvi v različnih scenarijih podnebnih sprememb (V4-2026). Aktivnost 2.1: Vzroki hiranja navadne bukve v Sloveniji. (ur.) Ljubljana, Gozdarski inštitut Slovenije: 31 str.

Osutost dreves na ploskvah intenzivnega monitoringa gozdnih ekosistemov v Sloveniji v zadnjih dveh desetletjih

Tree defoliation on the plots for intensive monitoring of forest ecosystems in Slovenia over the last two decades

Anže Martin PINTAR¹, Mitja SKUDNIK^{2,3}



Izvleček:

Pred uporabo natančnejših fizikalno-kemijskih meritev (analitične meritve vsebnosti določenih elementov in padavinah in foliarnih vzorcih) za oceno poškodovanosti gozdov oz. odziv gozdov na onesnaženost so se v okviru programa ICP Forests uveljavile predvsem posredne oblike spremljanja vplivov onesnaženosti na gozdne ekosisteme oz. ocene posledic onesnažil na drevesa. Eden od pomembnejših kazalnikov je ocena osutosti krošnje, ki predstavlja okularno ocenjen delež manjkajočih asimilacijskih organov (listov oz. iglic) v primerjavi z normalno vitalnim drevesom enakega socialnega položaja, enake drevesne vrste in z enakega rastišča. Ocenjujemo ga na 5 % natančno. Za poškodovano velja drevo, katerega osutost drevesne krošnje je večja od 25 % (manjka ji vsaj četrtina listnega aparata). V prispevku so predstavljeni rezultati spremljanja stanja osutosti na desetih ploskvah intenzivnega monitoringa (ICP Forests) po letu 2003.

V zadnjih letih so bile najbolj osute krošnje dreves na ploskvah Fondek (bukev), Gropajski bori (črni bor), Gorica (bukev) in Lontovž (bukev). Na vseh štirih ploskvah, razen Gorice, se je v zadnjem obdobju povprečna osutost povečevala. Ploskev Gropajski bori je v prehodnem obdobju, kjer umetno nasajeni črni bor počasi nadomeščajo avtohtoni listavci. Med drevesnimi vrstami so v zadnjem obdobju med bolj osutimi predvsem črni gaber in črni bor na ploskvi Gropajski bori ter dob na ploskvah Krakovski gozd in Murska šuma ter tudi bukev na ploskvi Fondek. Od leta 2014 se povprečna osutost postopno slabša na več kot polovici ploskev, predvsem na ploskvah, kjer stari sestoj nadomešča mladovje. Predvidevamo, da je v letu 2022 na poslabšanje stanja v največji meri vplivala poletna suša s pripadajočimi dejavniki.

Ključne besede: stanje gozdov, osutost dreves, intenzivni monitoring, ICP Forests, iglavci, listavci

Abstract:

Before introducing more accurate physical-chemical measurements (analytical measurements of the content of certain elements in the precipitation and foliar samples) to evaluate forest damage or response of the forests to pollution, indirect forms of pollution impact the monitoring of the forest ecosystems or assessment of pollutant impacts on the trees were mostly enforced in the framework of the ICP forests. One of the important indicators is the crown defoliation assessment. It represents a visually assessed proportion of the missing assimilation organs (leaves or needles) compared to a normally vital tree of equal social status, same tree species, and equal site. The assessment has an accuracy of 5 %. A tree is considered damaged if more than 25 % of the tree crown is defoliated (at least a quarter of its foliage is missing). The article presents the results of the defoliation status monitoring on ten intensive monitoring plots (ICP Forests) after 2003.

In recent years, the plots most affected by crown defoliation were Fondek (European beech), Gropajski bori (Austrian pine), Gorica (European beech), and Lontovž (European beech). Defoliation has been increasing on all four plots except Gorica over the last few years. The Gropajski bori plot is experiencing a transition period; artificially planted Austrian pine is slowly being replaced by autochthonous broadleaves. Recently, the most defoliated trees have been European hophornbeam and Austrian pine on the Gropajski bori plot, pedunculate oak on the Krakovski gozd and Murska šuma plots, and European beech on the Fondek plot. Since 2014, the average defoliation has gradually worsened on over half of the plots, especially those where regeneration phase is replacing the old stand. In 2022, summer drought with its associated factors is hypothesised to have been the main contributor to the increased defoliation rate.

Key words: Forest condition, tree defoliation, intensive monitoring, ICP Forests, conifers, broadleaves

¹ A. M. P., mag. inž. gozd., Gozdarski inštitut Slovenije, Oddelek za načrtovanje in monitoring gozdov in krajine. Večna pot 2, SI-1000 Ljubljana, Slovenija. anzemartin.pintar@gozdis.si

² Dr. M. S., Gozdarski inštitut Slovenije, Oddelek za načrtovanje in monitoring gozdov in krajine. Večna pot 2, SI-1000 Ljubljana, Slovenija. mitja.skudnik@gozdis.si

³ Dr. M. S., Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire, Večna pot 83, SI-1000 Ljubljana, Slovenija.

1 UVOD IN METODE

1 INTRODUCTION AND METHODS

Pred uporabo natančnejših fizikalno-kemijskih meritev (analitične meritve vsebnosti določenih elementov v padavinah in foliarnih vzorcih) za oceno poškodovanosti gozdov oz. odziv gozdov na onesnaženost so se v okviru programa ICP Forests uveljavile posredne oblike spremljanja vplivov onesnaženosti na gozdne ekosisteme oz. ocene posledic onesnažil na drevesa. Eden od pomembnejših kazalnikov je ocena osutosti krošnje, ki predstavlja okularno ocenjen delež manjkajočih asimilacijskih organov (listov oz. iglic) v primerjavi z normalno vitalnim drevesom enakega socialnega položaja, enake drevesne vrste in z enakega rastišča (Eichhorn in sod., 2020). Kasneje so raziskovalci ugotovili, da lahko na stopnjo osutosti drevesa vplivajo različni dejavniki (abiotiski, biotski, fiziologija drevesa itn.) in z željo po razdelitvi osutosti na pojasnjen in nepojasnen delež smo k oceni osutosti dodali še popis povzročiteljev poškodb drevja (Ferlan in sod., 2023). Kazalnik osutost je še vedno eden ključnih kazalnikov za številna mednarodna poročila o vitalnosti evropskih gozdov, kot so Forest Europe (2020), OECD (2020), FAO (2022). Ocenjevanje osutosti je enostaven in časovno hiter proces. Posledično lahko kazalnik osutosti v primerjavi z drugimi kazalniki zajemamo na večjem vzorcu (gosta mreža opazovanj) in pogostejše (na letni ravni).

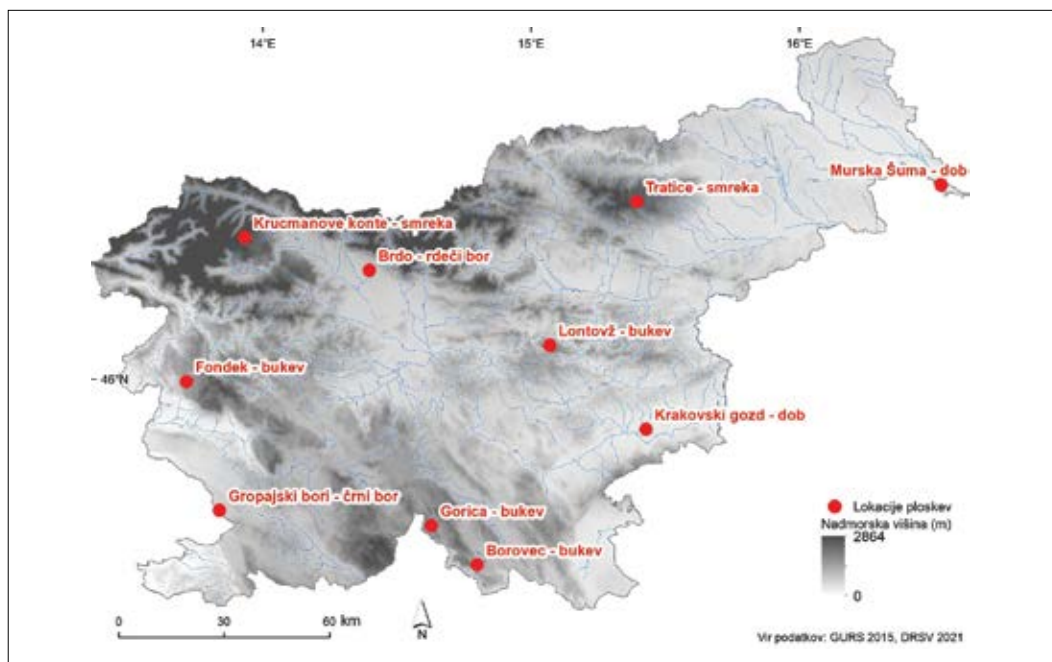
Tako ostaja osutost drevesnih krošenj eden od osnovnih kazalnikov za ocenjevanje življenjske moči dreves oziroma njene vitalnosti (posledično tudi sestojev in gozdov, ki prikazuje okularno ocenjen delež manjkajočih asimilacijskih organov (listov, iglic) izbranega drevesa v primerjavi z normalno olistanim primerkom iste vrste, istega socialnega položaja in na enakem rastišču. Ocenjujemo ga na 5 % natančno. Za poškodovano velja tisto drevo, katerega osutost drevesne krošnje je večja od 25 % (manjka ji vsaj četrtnina listnega aparata). Povzročitelji poškodb drevja in njihov vpliv na stanje krošenj so osrednji dejavniki, ki jih proučujejo raziskave vzročno-posledičnih mehanizmov v gozdu. Podatki pomagajo analizirati podatke o osutosti in porumenelosti.

V Sloveniji smo z željo, da bi bila vzorčna drevesa enakomerno razporejena po celotni državi, v popis

vključili drevesa na ploskvah na sistematični mreži 16 km × 16 km (tako imenovane ploskve Raven I) oz. občasno na mreži 4 km × 4 km (npr. 1985, 1987, 1991, 1995, 2000, 2007) (Kovač, 1996). Metodologija popisa s številnimi referenčnimi fotografijami osutosti dreves je podrobneje predstavljena v terenskem priročniku Monitoring gozdov in gozdnih ekosistemov (Kovač in sod., 2014), dostopnem tudi na spletni strani Gozdarskega inštituta Slovenije (<https://www.gozdis.si/publikacije/>).

Leta 2003 so bile pod okriljem programa ICP Forests vzpostavljene še ploskve Raven II (deset ploskev) velikosti enega hektarja z osrednjimi ploskvami velikosti 0,25 ha (50 x 50 m), ki so razmeščene po celotni državi. Ob vzpostavitvi ploskev na Ravni II smo izmerili vsa drevesa, katerih premer je bil enak ali večji od 5 cm. Vsa drevesa na ploskvi so oštevilčena in označena z barvo. Drevesa smo lokacijsko opredelili (azimut in razdalja od središča ploskve), določili smo drevesno vrsto, socialni položaj in izmerili prsni premer. Zaradi mortalitete se število popisanih dreves spreminja iz leta v leto. V letih 2010, 2015 in 2020 smo vsem drevesom izmerili prsni premer, višino in višino debla do krošnje, da bi pridobili podatek o prirastku. Osutost ocenjujemo nadvladajočim, vladajočim in sovladajočim drevesom. V prejšnjih letih so bili zaradi nacionalnih zakonodajnih potreb, mednarodnih zahtev in poročanj ter potreb stroke po novih znakih nekateri kazalniki vsebinsko in definicijsko spremenjeni, izpuščeni oz. smo jih razvili in vpeljali na novo. Celotno obdobje pa v popisih sledi smernicam delovne skupine ICP Forests (Eichhorn in sod., 2020). V Sloveniji poteka digitalni vnos terenskih podatkov, ki omogoča kakovostnejše podatke zaradi logičnih kontrol in prihranek časa pri zajemu in obdelavi podatkov (Skudnik in sod., 2020).

Prednost spremljanja stanja gozdov na dveh ravneh (Raven I in Raven II) je v tem, da je prva namenjena spremljanju stanja gozdov na državni ravni, medtem ko monitoring na ploskvah Raven II služi boljšemu razumevanju odvisnosti med vitalnostjo drevja in vzroki ter posledicami dejavnikov stresa (De Vries in sod., 2003; Skudnik in sod., 2011). Vsi na terenu pridobljeni podatki so predstavljeni v Letnih poročilih o stanju gozdov (npr. Ferlan in sod., 2023), ki so dostopna med



Slika 1: Lokacije ploskev intenzivnega monitoringa z njihovimi imeni in prevladujočo drevesno vrsto na ploskv
Figure 1: Locations of the intensive monitoring plots with their names and the predominant tree species on the plot



Slika 2: Oštevilčene smreke na ploskvi Krucmanove konte, ki jim vsako leto ocenimo osutost. (Foto: A. M. Pintar)
Figure 2: Numbered spruce trees on the Krucmanove konte plot, the defoliation of which is assessed every year (Photo: A.M. Pintar)

spletnimi publikacijami GIS (<https://www.gozdis.si/publikacije/>). Podatke posredujemo v skupno bazo podatkov o stanju evropskih gozdov ICP Forests, ki jo trenutno vzdržuje inštitut Johann Heinrich von Thünen v Eberswaldu (Nemčija).

V prispevku bomo predstavili rezultate spremljanja stanja osutosti na ploskvah intenzivnega monitoringa (Slika 1) v obdobju 2003–2022.

2 REZULTATI

2 RESULTS

V nadaljevanju bomo predstavili stanje osutosti dreves na posameznih ploskvah Raven II. Na ploskvi Krucmanove konte, ki je v enodobnem debeljaku smreke, je bila povprečna osutost smreke med leti dokaj stabilna (Sliki 5 in 6). Število dreves na ploskvi se je od leta 2003 do 2022 zmanjšalo z 90 na 80. Od leta 2003 do vključno leta 2018 se je povprečna osutost smreke na ploskvi zmanjšala s 23,2 % na 20,2 %, a se je od leta 2019 do leta 2022 večala – 25,3 % v letu 2022. Večja nihanja je mogoče opaziti pri indeksu osutosti, ki je bil najvišji v letu 2003 in najnižji v letu 2007. Po letu 2012 se je indeks osutosti precej nepravilno gibal in v letu 2022 dosegel visokih 33,8 % (Slika 4).

Ploskev Fondek v Trnovskem gozdu nad Novo Gorico je v starejšem debeljaku bukve. Ob vzpostavitvi ploskve je bilo popisanih 108 dreves, kar se je do leta 2022 zmanjšalo na 97 dreves (Slika 6). Od leta 2003 se povečuje povprečna osutost na ploskvi. V letih 2015–2022 se je bistveno zvišal tudi indeks osutosti, in sicer prek meje 70 %, v letih 2020–2022 tudi že prek meje 80 % (Sliki 4 in 5). To pomeni, da je bilo v letu 2022 na ploskvi več kot 80 % dreves osutih več kot 25 % in tako vključenih v kategorijo poškodovanih dreves. Ocenjujemo, da sta za tako slabo stanje kriva predvsem daljinski transport onesnaženega zraka iz Padske nižine in slabe rastiščne razmere (velika skalovitost rastišča in plitva tla).

Na ploskvi Gropajski bori je glavna drevesna vrsta črni bor, veliko je tudi črnega gabra, katerega število se je povečalo v prvem, drugem in tretjem socialnem položaju od leta 2003 do leta 2022 (Slika 7). V letu 2022 je bila povprečna osutost dreves na ploskvi 38,3 % in indeks osutosti 59,4 % (Slika 4). Povprečna osutost in indeks osutosti

sta se od leta 2020 do 2022 povečala. V obdobju spremljanja stanja krošenj se je na ploskvi število dreves črnega bora zmanjšalo s 93 na 72. Povečuje se predvsem število dreves polnilnega sloja. V tem delu Slovenije je bil črni bor umetno posajen in ga vse pogostejše napadajo različni škodljivci in glive. V zadnjih letih je različnim defolijatorjem zelo potrjen tudi črni gaber. Stanje te drevesne vrste je postalo celo slabše od črnega bora, in sicer je bila v letu 2021 povprečna osutost večja kot 45 % (Slika 7). V zadnjih letih sta se na tej ploskvi posledično povečala povprečna osutost in indeks osutosti. Od leta 2019 do 2020 je bilo opaziti nekolikšno izboljšanje stanja, od leta 2020 do 2022 pa zopet poslabšanje.

Na ploskvi Brdo prevladuje rdeči bor. V letu 2014 sta se zaradi žleda povprečna osutost in tudi indeks osutosti rdečega bora zelo poslabšala (Slika 7). Leta 2015 je bilo zaradi žleda 24 poškodovanih dreves odstranjenih s ploskve. Tako se je stanje krošenj vrnilo na raven pred letom 2014. Od leta 2018 se povečuje povprečna osutost (z 18,1 na 22,6 %), se je pa od leta 2021 do 2022 zmanjšal indeks osutosti (z 25,0 na 20,7 %) (Slika 4).

Na ploskvi Borovec prevladuje bukev, katere povprečna osutost je bila najslabša v letu 2014, ko je znašala 28,2 % (Slika 6). Na splošno je bukev na ploskvi Borovec bistveno manj osuta kot na ploskvi Fondek (Slika 6). Ploskev je tudi vrstno pestrejša, saj se poleg bukve na ploskvi pojavlja tudi gorski javor. Od leta 2018 do leta 2020 se je povprečna osutost nekoliko povečevala (z 22,8 na 26,3 %), bolj pa se je povečal indeks osutosti (s 30,0 na 44,4 %) (Slika 4). Od leta 2020 do leta 2021 sta se nato povprečna osutost in indeks osutosti zmanjšala na 23,8 oz. 34,2 % in v zadnjem letu spet nekoliko povečala na 25,4 oz. 36,7 %.

Na ploskvi Lontovž prevladuje bukev. V letu 2022 je bila osutost ocenjena 117 drevesom bukve (Slika 6). Indeks osutosti se je večal od leta 2017 do leta 2019 in se nato do leta 2020 nekoliko zmanjšal. Večje zmanjšanje indeksa osutosti je bilo zaznati od leta 2020 do leta 2021 (za 13,1 %). V obdobju 2018–2020 je bila povprečna osutost dokaj stabilna (od 25,1 do 25,5 %), do leta 2021 se je nekoliko zmanjšala (23,2 %) in se nato do leta 2022 zelo povečala (za 14,3 %) (Slika 4). Ocenjujemo, da je mortaliteta na tej ploskvi



Slika 3: Ocenjevanje osutosti na ploskvi Borovec. (Foto: A. Pintar)

Figure 3: Assessment of the tree defoliation on the Borovec plot (Photo: A. Pintar)

predvsem posledica velike gostote dreves in s tem povečane konkurence med drevesi za svetlobo. Skozi celotno obdobje smo do leta 2021 opazili relativno stabilno stanje glavnega sloja dreves bukve, medtem ko se je v letu 2022 njeno stanje precej poslabšalo, predvsem zaradi poletne suše s pripadajočimi dejavniki v letu 2022.

Glavna drevesna vrsta ploskve Gorica je bukev, pojavljajo se še gorski javor, jelka, gorski brest in veliki jesen (Slika 6). Indeks osutosti na ploskvi je zelo spremenljiv, medtem ko je bila povprečna osutost do leta 2014, ko je ploskev prizadel žled, razmeroma konstantna z rahlim trendom zmanjševanja. Leta 2014 je bilo posekanih osem dreves in indeks osutosti se je povečal s 17,4 % na 55,8 %. Tako je bila v letu 2014 ploskev Gorica najbolj poškodovana ploskev od vseh ploskev Raven II. Zaradi žleda so bila poškodovana predvsem drevesa gorskega bresta in bukve. Najmanjše spremembe je bilo opaziti pri jelki. V letih 2015–2022 si drevesa na ploskvi še vedno niso povsem opomogla. Od leta 2019 do 2020 se je stanje na ploskvi sicer nekoliko izboljšalo,

vendar indeks osutosti in povprečna osutost sta še vedno ostajala zelo velika, in sicer 55,8 % ter 31,0 % v letu 2022 (Slika 4).

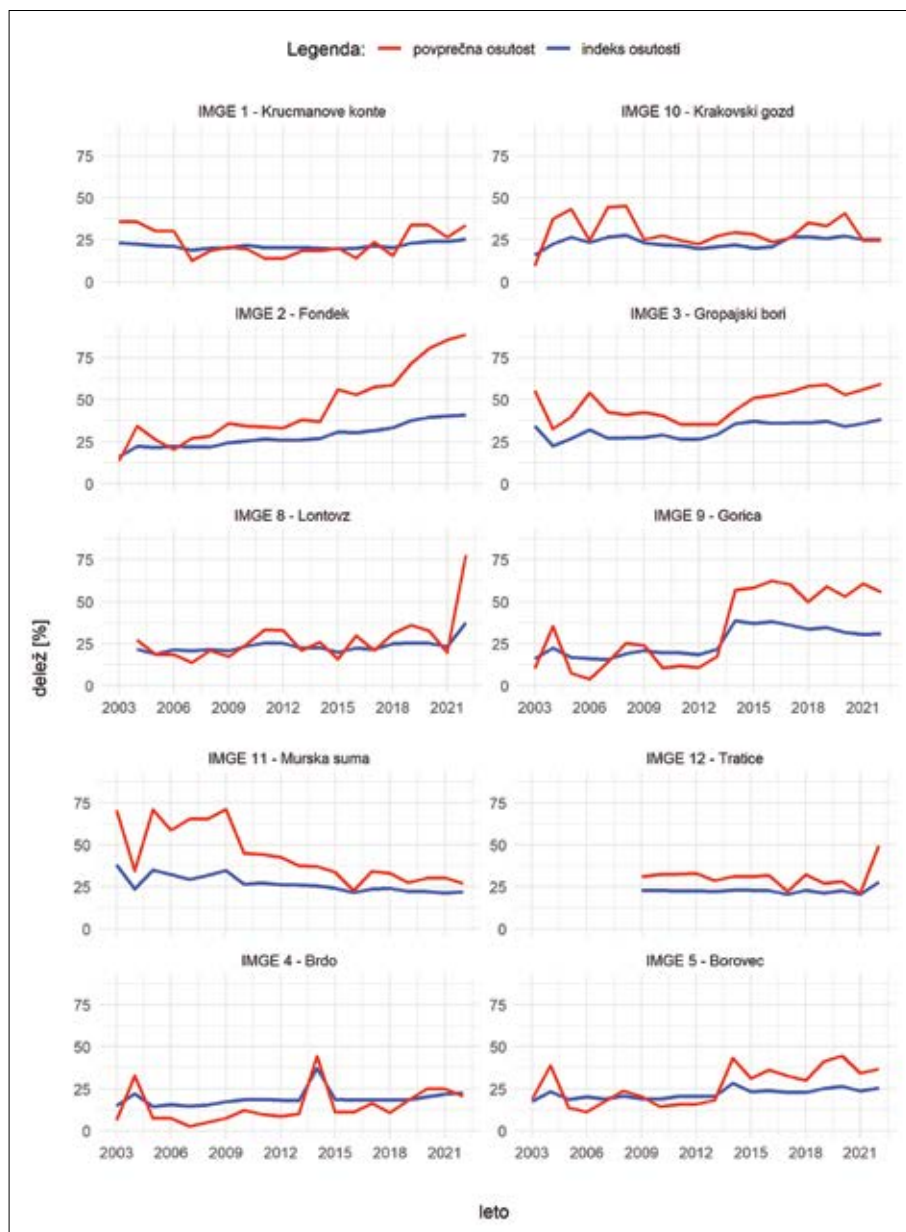
Streho sestoja ploskve Krakovski gozd tvori dob, vendar pa je, če upoštevamo vse socialne položaje, najštevilčnejši beli gaber. Glede osutosti je v najslabšem stanju dob, pri katerem je že od leta 2014 osutost višja od 40 % (Slika 7). V zadnjih treh letih sta najmanj osuti drevesni vrsti beli gaber in maklen. V zadnjih letih je povprečna osutost vseh dreves na ploskvi stabilna oz. se je od leta 2020 do 2021 zmanjšala s 27,1 na 25,0 % ter nato nekoliko povečala do leta 2022 (25,4 %). Od leta 2020 do 2021 se je zmanjšal tudi indeks osutosti s 40,7 na 24,5 % in ostal enak do leta 2022 (Slika 4).

Na ploskvi Murska šuma prevladuje dob, v polnilnem sloju pa beli gaber. Na ploskvi dobi postopno propadajo od leta 2003; medtem ko jih je bilo v prvih treh socialnih položajih 38, jih je bilo v letu 2022 le še 27. V letu 2016 se je povprečna osutost doba prvič zmanjšala pod 35 % in taka ostajala tudi v letu 2022 (Slika 7). V zadnjih letih je opaziti trend zmanjševanja indeksa osutosti

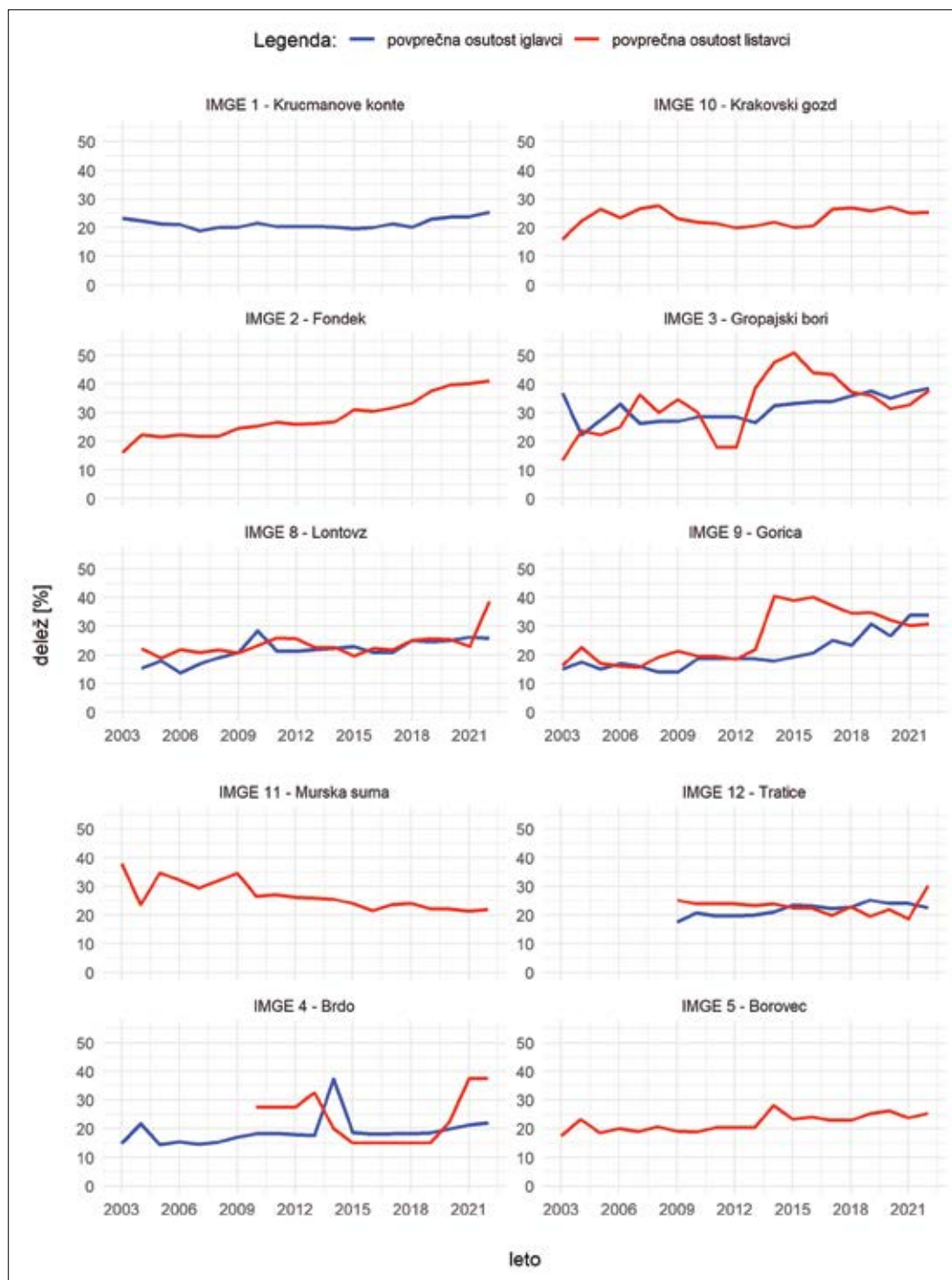
na ploskvi (od leta 2019 do 2021 se je malenkost povečal in do leta 2022 zopet zmanjšal) (Slika 4).

Na ploskvi Tratice prevladuje bukev, sledi ji smreka (Slika 6). V letu 2019 sta se povprečna osutost in tudi indeks osutosti nekoliko zmanjšala in nato do leta 2020 malenkost povečala. Od leta

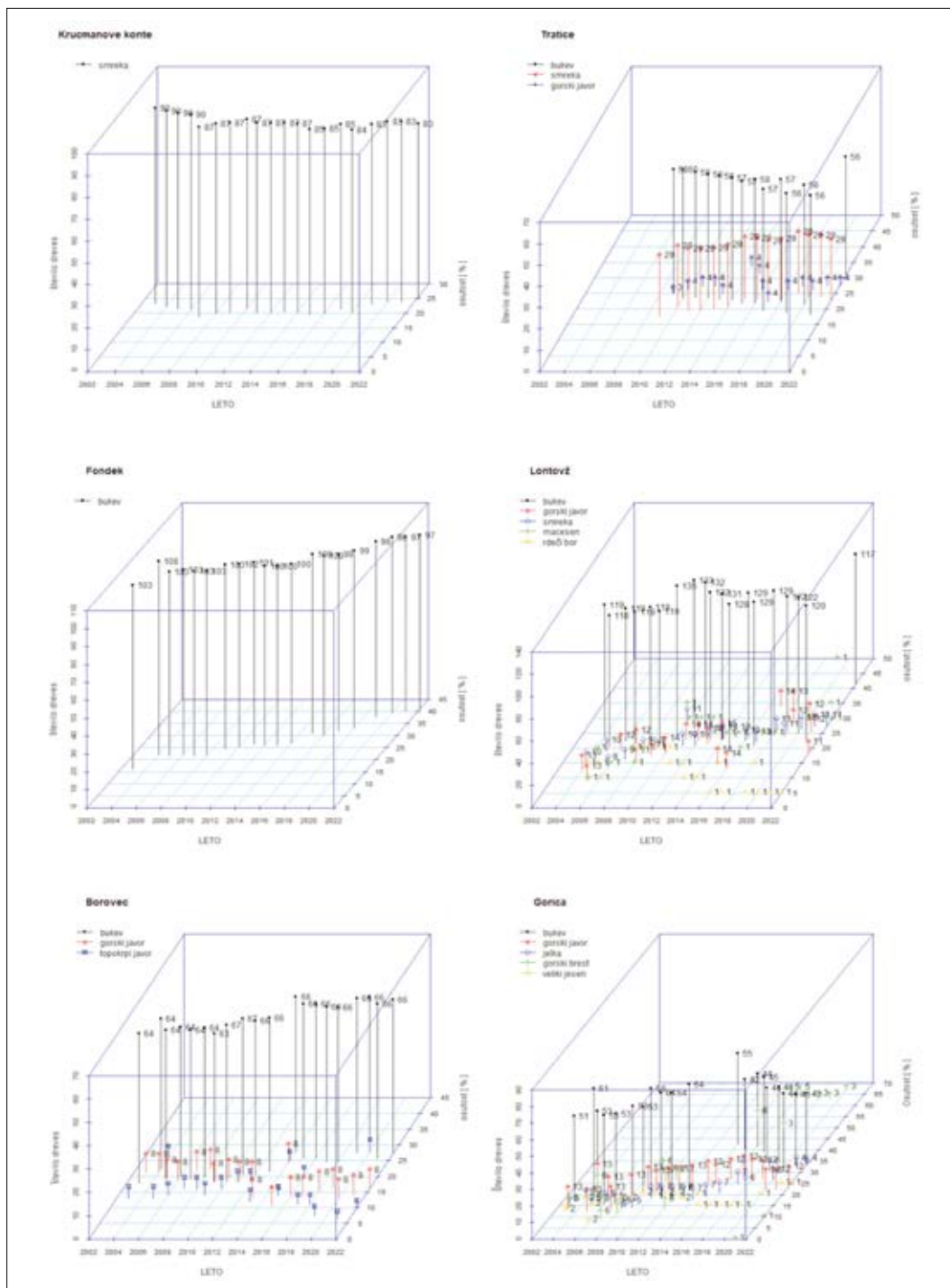
2020 do leta 2021 je ponovno nastalo zmanjšanje povprečne osutosti in indeksa osutosti (za 2,1 % oz. za 6,7 %). Od leta 2021 do leta 2022 je nastalo večje povečanje povprečne osutosti in indeksa osutosti z 20,5 na 27,8 % oz. z 21,4 na 49,4 % (Slika 4).



Slika 4: Povprečna osutost in indeks osutosti na ploskvah intenzivnega monitoringa
Figure 4: Average defoliation and defoliation index on the intensive monitoring plots

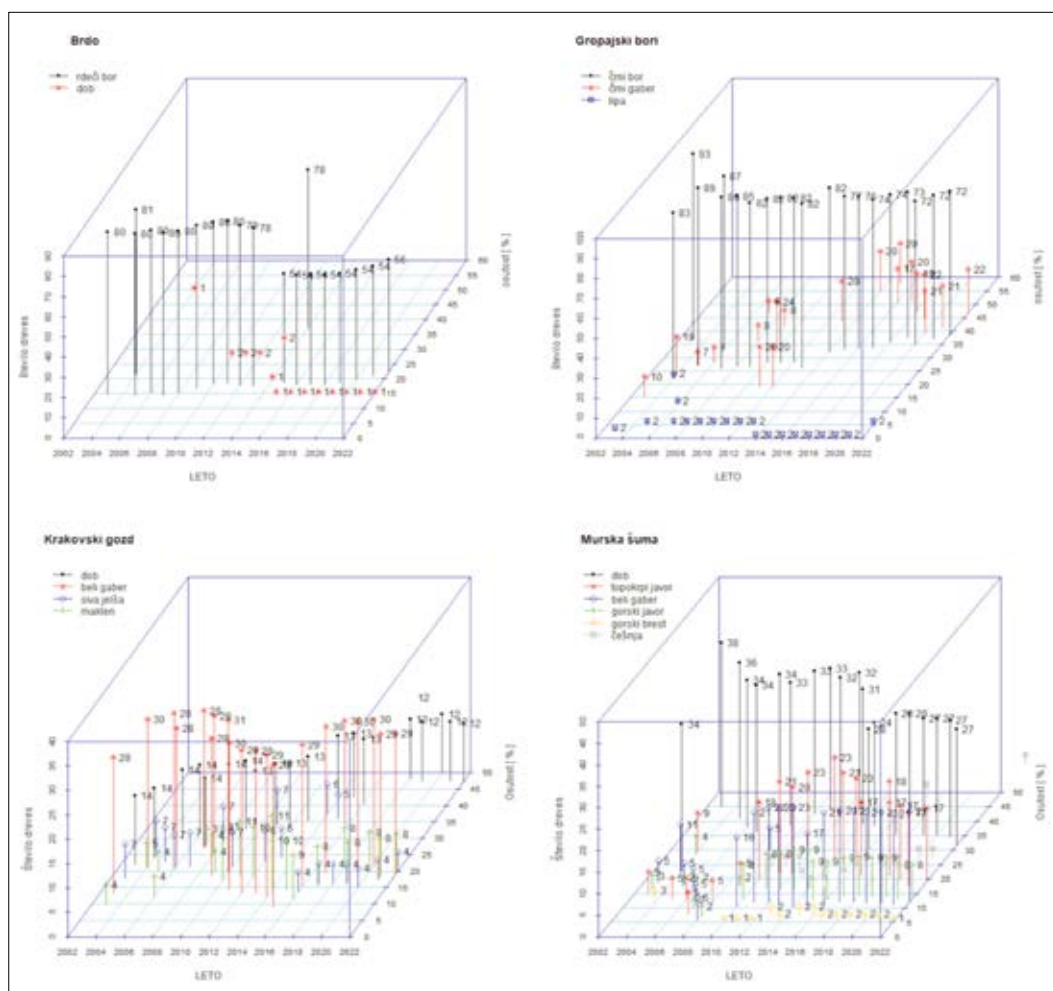


Slika 5: Povprečna osutost za iglavce in listavce na ploskvah intenzivnega monitoringa
Figure 5: Average defoliation for conifers and broadleaves on the intensive monitoring plots



Slika 6: Povprečna osutost in število dreves po drevesnih vrstah na ploskvah Krucmanove konte, Tratice, Fondek, Lontovž, Borovec in Gorica

Figure 6: Average defoliation and number of trees by tree species on the intensive monitoring plots Krucmanove konte, Tratice, Fondek, Lontovž, Borovec and Gorica.



Slika 7: Povprečna osutost in število dreves po drevesnih vrstah na ploskvah Brdo, Gropajski bori, Krakovski gozd in Murska šuma

Figure 7: Average defoliation and number of trees by tree species on the intensive monitoring plots Brdo, Gropajski bori, Krakovski gozd in Murska šuma

3 ZAKLJUČKI

3 CONCLUSIONS

V Sloveniji ocenjevanje osutosti poteka v okviru naloge Javne gozdarske službe, ki jo zakonsko določa Pravilnik o varstvu gozdov (Ur. l. RS št. 114/09, 31/16, 52/22 in 125/22 – popr.) in jo financira Ministrstvo za kmetijstvo gozdarstvo in prehrano. Zbiranje podatkov je skladno z metodologijo mednarodne delovne skupine ICP Forests (Mednarodni program za sodelovanje pri ocenjevanju in spremljanju vplivov onesnaženosti

zraka na gozdove) in je ključnega pomena za razumevanje vitalnosti gozdov, zlasti kot odziv na okoljske obremenitve, kot so onesnaženje, podnebne spremembe in škodljivci. Spremljanje defoliacije (izgube listov ali iglic) omogoča vpogled v vitalnost in odpornost dreves, saj je prisotnost fotosintetsko aktivnih listov in iglic bistvenega pomena za rast drevesa in vitalnost gozdov. Dosledna ocena defoliacije lahko pripomore k zgodnejši prepoznavi trenda zmanjševanja vitalnosti gozdov, kar omogoča pravočasne ukrepe za zmanjšanje nadaljnje škode. Podatki so ključni ne

le za zaščito gozdnih ekosistemov, temveč tudi za ohranjanje biotske raznovrstnosti in ohranjanje ekosistemskih storitev gozdov, kar je še posebno pomembno v času podnebnih sprememb, katerim so podvrženi gozdovi zmernege pasu (Kutnar in sod., 2021).

V Sloveniji in v Evropi osutost spremljamo na dveh ravneh. Raven I je namenjena spremljanju stanja gozdov na državni ravni, medtem ko monitoring na ploskvah Raven II služi boljšemu razumevanju odvisnosti med vitalnostjo drevja in vzroki ter posledicami dejavnikov stresa (De Vries in sod., 2003; Skudnik in sod., 2011). Na ploskvah Raven II tudi ni rednega gospodarjenja – poteka samo sanitarna sečnja. V letu 2022 je najmanjša osutost na ploskvah Raven II znašala 21,9 % (Murska šuma), največja pa 41,0 % (Fondek). Na ravni celotne Slovenije (Raven I) je osutost znašala 31,6 % (Pintar in Skudnik, 2023), na ravni Evrope (27 držav, v katerih so ocenjevali osutost) pa 23,8 % (Timmermann in sod., 2023).

V letu 2022 so bile najbolj osute krošnje dreves na ploskvah Fondek (41,0 %), Gropajski bori (38,3 %), Gorica (31,0 %) in Lontovž (37,5 %). Na vseh štirih ploskvah, razen Gorice, se je v zadnjem obdobju povečevala povprečna osutost. Ploskev Gropajski bori je v nekakšnem prehodnem obdobju, kjer črni bor, ki je bil umetno nasajen po letu 1885 na območju Krasa (Žgajnar, 1973), počasi nadomešča jo avtohtoni listavci. Umikanje črnega bora v korist avtohtonih listavcev v Submediteranski ekološki regiji, v kateri je ploskev Gropajski bori, so predstavili tudi Pintar in sod. 2024 na podlagi podatkov Nacionalne gozdne inventure 2020–2023.

Zelo slabo stanje bukovih dreves na ploskvi Fondek v Trnovskem gozdu se še slabša. Ocenjujemo, da je stanje slabše zaradi daljinskega transporta onesnaženosti zraka iz Padske nižine, slabih rastiščnih razmer (plitva tla) in napadov endofitskih gliv. Povečanje osutosti bukke na podlagi podatkov Raven I sta v obdobju 1993–2020 predstavila tudi Ogris in Skudnik (2021), in sicer iz 13,9 na 32,2 %. Prav tako se je povprečna osutost bukke hitreje večala na jugu in zahodu Slovenije, kjer je tudi ploskev Raven II Fondek. Značilen trend večanja osutosti je bil na ravni Evrope (Raven I) za obdobje 2003–2022 poleg

bukve ugotovljen tudi za rdeči bor, smreko in hraste (Timmermann in sod., 2023).

Ploskev Gorica, kjer prevladuje bukev, je bila najbolj prizadeta v žledenju leta 2014, kar je glavni vzrok za slabo stanje dreves na ploskvi. Temu pripisujemo veliko povečanje povprečne osutosti in indeksa osutosti, ki se sedaj počasi izboljšujeta. Dolgoročne posledice žledoloma iz leta 2014 na sestojih bukke sta na podlagi podatkov ploskev Raven I predstavila tudi Ogris in Skudnik (2021).

Med drevesnimi vrsti so v zadnjem obdobju med bolj osutimi predvsem črni gaber in črni bor na ploskvi Gropajski bori ter dob na ploskvah Krakovski gozd in Murska šuma in tudi bukev na ploskvi Fondek. Od leta 2014 se povprečna osutost postopno slabša na več kot polovici ploskev, predvsem na ploskvah, kjer stari sestoj nadomešča mladovje. V letu 2022 je na poslabšanje stanja vplivala predvsem poletna suša s pripadajočimi dejavniki.

4 ZAHVALA

4 ACKNOWLEDGEMENT

Prispevek je nastal v okviru naloge JGS 1 (Usmerjanje in strokovno vodenje spremljanja stanja razvrednotenja in poškodovanosti gozdov) na Gozdarskem inštitutu Slovenije, ki jo financira Ministrstvo za kmetijstvo gozdarstvo in prehrano Republike Slovenije, ter v okviru programske skupine P4-0107, ki jo financira Javna agencija za znanstvenoraziskovalno in inovacijsko dejavnost Republike Slovenije. Za delo pri terenskem zbiranju podatkov in pripravi podatkovne baze NGI se zahvaljujemo vsem sodelavcem Gozdarskega inštituta.

5 VIRI

5 REFERENCES

- Čater M., Ferlan M., Kobal M., Kovač M., Kutnar L., Levanič T., Marinšek A., Rupel M., Simončič P., Sinjur I., Skudnik M., Urbančič M., Vilhar U., Žlindra D. 2015. Program in metodologija ICP Forests v Sloveniji. V: 30 let spremljanja stanja gozdov v Sloveniji. Vilhar in Žlindra (ur.). Ljubljana, Založba Silva Slovenica, Gozdarski inštitut Slovenije: 59 str.
- De Vries W., Vel E., Reinds G.J., Deelstra H., Klap J., Leeters E.E.J.M., Hendriks C.M.A., Kerkvoorden M., Landmann G., Herkendell J., Haussmann T., Erisman

- J.W. 2003. Intensive monitoring of forest ecosystems in Europe. I. Objectives, set-up and evaluation strategy. *Forest Ecology and Management*, 174:77-95.
- Eichhorn J., Roskams P., Potočič N., Timmermann V., Ferretti M., Mues V., Szepesi A., Durrant D., Seletković I., Schröck H.-W., Nevalainen S., Bussotti F., Garcia P., Wulff S., 2020. Part IV: Visual Assessment of Crown Condition and Damaging Agents. Version 2020-3. In: UNECE ICP Forests Programme Coordinating Centre (ed.): Manual on methods and criteria for harmonized sampling, assessment, monitoring and analysis of the effects of air pollution on forests. Eberswalde, Germany Thünen Institute of Forest Ecosystems: 49 str.
- Ferlan M., Grah A., Kermavnar J., Krajnc N., Kutnar L., Ogris N., Pintar A.M., Rupel M., Skudnik M., Vilhar U., Žlindra D. 2023. Poročilo o spremljanju stanja gozdov za leto 2022: Vsebinsko poročilo o spremljanju stanja gozdov v skladu s Pravilnikom o varstvu gozdov (2009). Ljubljana, Gozdarski inštitut Slovenije: 89 str.
- FAO. 2022. The State of the World's Forests 2022. Forest pathways for green recovery and building inclusive, resilient and sustainable economies. Rome: 141 str.
- Forest Europe. 2020. State of Europe's Forests 2020. Zvolen: 392 str.
- Kovač M. 1996. Ten years of forest decline inventory in Slovenia : an overview. *Phyton*, 36, 3: 167-170.
- Kovač M., Skudnik M., Japelj A., Planinšek Š., Vochl S. 2014. I. Gozdna inventura. V: Monitoring gozdov in gozdnih ekosistemov - priročnik za terensko snemanje. (Studia forestalia Slovenica, 140). Kovač (ur.). Ljubljana, Založba Silva Slovenica: 7-113.
- Kutnar L., Kermavnar J., Pintar A.M. 2021. Climate change and disturbances will shape future temperate forests in the transition zone between Central and SE Europe. *Annals of Forest Research*, 64, 2: 67-86.
- OECD (2020). »Forest resources (Edition 2017)«. OECD Environment Statistics (database), <https://doi.org/10.1787/6a249105-en> (7. 5. 2020)
- Ogris N., Skudnik M. 2021. V Sloveniji se povečuje osutost bukove krošnje. *Gozdarski vestnik*, 79, 5/6: 226-237.
- Pintar A.M., Ferreira A., Krajnc L., Kušar G., Skudnik M. 2024. Pestrost in pojavljanje domačih in tujerodnih drevesnih in grmovnih vrst na ploskvah Nacionalne gozdne inventure v Sloveniji. *Acta Silvae et Ligni*, 134: 11-26.
- Pintar A.M., Skudnik M. 2023. Spremljanje stanja gozdov v letu 2022, Raven I. V: Poročilo o spremljanju stanja gozdov za leto 2022: Vsebinsko poročilo o spremljanju stanja gozdov v skladu s Pravilnikom o varstvu gozdov (2009). Pintar in Žlindra (ur.). Gozdarski inštitut Slovenije: 4-13.
- Pravilnik o varstvu gozdov (Ur. l. RS št. 114/09, 31/16, 52/22 in 125/22 – popr.)
- Skudnik M., Grah A., Pintar A.M., Planinšek Š. 2020. Digitalni zajem podatkov o stanju krošenj in poškodovanosti gozdov za namene poročanja ICP Forests. *Gozdarski vestnik*, 78, 4: 185-194.
- Skudnik M., Japelj A., Kovač M. 2011. Stanje osutosti dreves na ploskvah IMGE v letu 2009 in odvisnost osutosti od nekaterih izbranih kazalnikov. *Gozdarski vestnik*, 69, 5/6: 263-270.
- Timmermann V., Potočič N., Ognjenović M., Kirchner T., Hilgers S. 2023. Tree crown condition in 2022. V: Forest Condition in Europe: The 2023 Assessment. ICP Forests Technical Report under the UNECE Convention on Long-range Transboundary Air Pollution (Air Convention). Michel, Kirchner, Prescher, Schwärzel (ur.). Eberswalde, Thünen Institute: 42-56.
- Žgajnar A. 1973. Širjenje črnega bora (*Pinus nigra* var *austriaca* ARNOLD) na Krasu. *Zbornik gozdarstva in lesarstva*, 11, 2: 199-234.

Hubert Dolinšek - ob 90-letnici rojstva

Ko srečaš v Slovenj Gradcu uglajenega in spoštljivega moža, vedno pripravljenega za prijazen pogovor, veš, da je to lahko samo HUBERT DOLINŠEK, zapisan z velikimi črkami, med drugim tudi kot strokovnjak na področju gozdarstva na Koroškem, v Sloveniji in v svetu.

Gozdarstvo je njegovo gensko zapisano poslanstvo, ki je preskočilo eno generacijo, namreč že njegov dedek je bil gozdar in lovski čuvaj pri grofovski družini. Njegovo poslanstvo je Hubert nadaljeval z vpisom na srednjo gozdarsko šolo in potem leta 1952 s prihodom na Koroško kot mlad gozdar ter nato zaključil tudi gozdarsko fakulteto. Takrat se je neposredno povezal z gozdom, ki ga ima rad in ga spoštuje že celotno življenjsko obdobje.



Slika 1: Hubert Dolinšek

V takrat relativno neurejenih gozdovih po vojni je bil pomemben člen pri urejanju gozdov, gozdno-gojitvenem načrtovanju na Koroškem in eden izmed pomembnih akterjev pri postavitvi temeljev strokovnega, sonaravnega gospodarjenja v slovenskih gozdovih. Njegov strokoven pristop do narave, do gozda in spoštljiv odnos do ljudi, ga je pripeljal do vodilnega položaja na področju gozdarstva na Koroškem.

Vodenje Gozdnega gospodarstva Slovenj Gradec je prevzel leta 1974. V tistem turbulentnem času reorganizacij in političnih vplivov, je dosegal homogenost in se zavzemal za samostojnost gozdarstva kot stroke. Podpiral je izobraževanje in dopuščal inovativnost in strokovno delo svojim kolegom. V obdobju njegovega direktovanja je s svojo osebnostjo, povezanostjo z gozdom vseskozi deloval razvojno, trajnostno in dolgoročno, tako kot deluje gozd.

To so bili zlati časi slovenskega gozdarstva, ki je bilo strokovno na visokem nivoju in družbeno vrhunsko organizirano. Naši gozdovi so bili vrhunsko vzdrževani, tako v takrat državnem, kot v zasebnem sektorju. Gozdarji na Koroškem gozdnem gospodarstvu pod njegovim vodstvom niso delovali samo v gozdu. Povezovali in odpirali so kmetije z gozdno-kamionskimi cestami, razvijali kmečki turizem ter turistično infrastrukturo. Takrat je nastalo je smučarsko središče Kope. Razvijali so gozdarsko mehanizacijo z namenom zniževanja stroškov in prijaznejšega pridobivanja lesa iz gozda. Posebej je treba omeniti gozdarski traktor Woody, žičnice za spravilo lesa na krajših razdaljah Transvit. Gozdarji so kapital in znanje vlagali v lesno industrijo, nastalo je podjetje Lesna, ki je takrat povezovalo gozdarstvo z lesno industrijo.

Koroško in slovensko gozdarstvo je takrat res dihlo z enimi pljuči in bilo med seboj povezano preko Gozdarskega združenja, katerega izvršni član je bil tudi Hubert. V povezavi in sodelovanjem z gozdarsko fakulteto, predvsem s profesorjem Mlinškom, je Hubert dosegel slovenskega gozdarstva, z dobrim znanjem tujih jezikov in ponosom posredoval gozdarjem iz drugih delov sveta, ki so zavidljivo ter posnemljivo spremljali razvoj slovenskega gospodarjenja z gozdom.

Kot strokovnjak in promotor sonaravnega gospodarjenja z gozdovi je postal član izvršilnega organa mednarodne gozdarske zveze IUFRO. Leta 1986 je aktivno sodeloval na kongresu IUFRO, ki je bil organiziran v slovenskem gozdnem prostoru. Za njegovo življenjsko delo, strokovno in znanstveno delo na področju gozdarstva je prejel Jesenkovo nagrado, visoko priznanje, ki ga podeljuje Biotehniška fakulteta. Z njegovim strokovnim in osebnim odnosom do gozda in veseljem do dela v gozdarstvu je vseskozi vzor in zgled nam mlajšim gozdarjem.

Hubertovo veselje in življenjska vrednota ni samo gozdarstvo. Ves čas je čutil potrebo po iskanju drugačnosti in dinamičnosti, ki jo je našel v klasični glasbi in letenju, prebiranju zgodovinskih in poljudno znanstvenih knjigah. Je ljubitelj in poznavalec Mozarta, Liszta, Beethovna, Štrausa... Je reden obiskovalec gledališča, baleta, simfoničnih koncertov. Postal je letalec in doživiljal drugačnost in višino letenja ob drugačnosti in globini klasične glasbe.

Njegova stalna prisotnost v kulturnem dogajanju se kaže tudi v povezavi z njegovim debatnim prijateljem Karlom Pečkom, bil je tudi ustanovitelj Pečkove fundacije, ki podpira mlade talente na področju umetnosti in glasbe na Koroškem.

Hubert deluje tudi dobrodelno preko aktivnega članstva v Lions klubu, katerega je daljnega leta nazaj pomagal formirati in ustanoviti na Koroškem.

HUBERT DOLINŠEK z velikim spoštovanjem in res z velikimi črkami najlepše želje ob tvoji obletnici rojstva. Naj tvoja uglajenost in pripravljenost za prijazen pogovor kar traja.

Silvo PRITRŽNIK

Komisija za evropske pešpoti v Sloveniji prevzema organizacijo 50. obletnice Evropske pešpoti E6 (Ciglarjeve poti)

Na podlagi sklepa KEUPSa in potrditve Evropske popotniške zveze (ERA), je KEUPSu pripadla čast, da na 50. letnico odprtja Evropske pešpoti E6, pripravi v Sloveniji osrednje dogodke v počastitev E 6.

DOGODKI V LETU 2025, OB 50. OBLETNICI E6 V SLOVENIJI

1. Prvi pohod v počastitev 50. letnice E6, 18. januar 2025, Strunjan
2. Osrednji, večdnevni pohod v tednu gozdov v Sloveniji, od 24. maja 2025 s pričetkom na Mašunu, do konca tedna gozdov – do 31. maja 2025.
3. Srečanje objezerskih krajev, Markovci ob Dravi (pohod grad Borl – Markovci), 31. maja 2025
4. Dan planincev, 14. junij 2025, na Jančah
5. Otvoritev obnovljene table E6 na mejnem prehodu Radlje, 27. sept. 2025
6. Osrednja prireditev v počastitev 50. letnice E6, v Občini Radlje ob Dravi, v Domu Gozd je kultura, 27. septembra 2025
7. Mednarodni foto natečaj, na E6
8. Podpis listine županov občin, kjer poteka E6 v Sloveniji in večjih krajih v Evropi
9. Celoletno eno ali dvodnevno popotovanje po E6 v Sloveniji in Avstriji
10. V različnih krajih bomo pripravili razstavo in predavanja na temo E 6 in Evropskih pešpoti. Vsaka država, kjer poteka E6, pripravi predstavitevni pano.
11. Načrtni pohodi in Planincev (invalidi na planinskih poteh) na E6
12. Skupni dogodek KEUPS in Muzej pohodništva v sosednji Avstriji ob poti E6 v Eibiswaldu



Slika 1: Vuhred (predstavitvena fotografija evropske pešpoti E6 v Sloveniji)

Glavni moto prvega predsednika Evropske popotniške zveze dr. Georga Fahrbacha, na ustanovitvi 19. oktobra 1969, v kraju Raichberg, je bil: »Odprimo meje, pojdimo drug do drugega peš, kajti le tako se bomo med seboj najboljše spoznali in naučili spoštovati in ceniti sočloveka!« Ta moto je kaj kmalu našel velik odziv v Evropi in širše. Tudi v takratni Jugoslaviji in današnji Sloveniji.

Evropska pešpot E6 je bila odprta 22. junija 1975 v Mariazellu v Avstriji. Slovenski del poti E6 je bil odprt 24. maja 1975 na Mašunu v okviru tedna gozdov in proslave stoletnice prvega gozdarskega društva na Slovenskem. Pobudo za ureditev te

poti v Sloveniji je dal inženir gozdarstva dr. Milan Ciglar, po katerem se danes ta del poti tudi imenuje »Ciglarjeva pot od Drave do Jadrana«. E6 poteka zdaj od Baltika do Jadrana, rada pa bi segla po kopnem, seveda do Egejskega morja. Slovenski del E6 vodi od mejnega prehoda Radelj pa do Strunjana. Dolga je okoli 350 kilometrov, z 39 žigi.

Vse evropske pešpoti v Sloveniji so označene z rdeče-rumenimi markacijami. Za evropske pešpoti v Sloveniji skrbi Komisija za evropske pešpoti v Sloveniji (KEUPS <https://eupoti.com/>), ki so jo ustanovile: Turistična zveza Slovenije, Zavod za gozdove Slovenije, Planinska zveza Slovenije in Zveza gozdarskih društev Slovenije.



Slika 2: Trasa poti E6 v Evropi



Slika 3: Evropska pešpot E6 poteka v Sloveniji po večini po gozdu (predstavitvena fotografija za E6 v Sloveniji)

Poslanstvo Komisije za evropske pešpote v Sloveniji je vključevanje v evropske tokove pohodništva, sodelovanje z Evropsko popotniško zvezo, koordiniranje Kluba popotnikov po evropskih pešpotah v Sloveniji (organiziranje vsakoletnega srečanja slovenskih pohodnikov po evropskih pešpotah), seznanjanje, uveljavljanje, širjenje in promocija ideje hoje in pohodništva – s tem pa prispevati k spoznavanju etnoloških, kulturnih in zgodovinskih zanimivosti Slovenije, razvoju podeželja, trženju v turizmu in njegovem razvoju,

popularizaciji gozdov in zavedanju njihovega pomena. Skratka uveljaviti javni in državni interes za evropske pešpote, spodbujati varovanje narave, okolja in lastnine v naravnem okolju ter »sodelovati v medsebojnem spoznavanju ljudi v domovini in ljudi iz drugih držav zaradi sožitja, sporazumevanja in miru v svetu.

In glavni moto:

»Kdor hodi, je vedno pred časom. Kdor hodi po evropskih pešpotah, je nekaj desetletij pred časom. Kdor hodi po slovenskem delu treh evropskih pešpoti, je že četrto stoletje pred časom. In ta čas je vedno zdaj!«

Zavedamo se, da se Evropske pešpote vzpostavljajo z namenom sodelovanja brez meja, vzpodbujanja boljšega razumevanja in spoštovanja okolja, njegovega varovanja, poznavanja evropske zgodovine in kulture, ohranjanja dediščine in spodbujanja načel trajnostnega razvoja.

Besedilo in slike: Jože PRAH
Predsednik KEUPS



Slika 4: E6 v Sloveniji od Radelj ob Dravi do Strunjana

II. konferenca slovenskega kmetijstva in gozdarstva doma in po svetu

V soboto, 9. oktobra 2024, je potekala druga konferenca slovenskega kmetijstva in gozdarstva doma in po svetu. Dogodek je bil izveden v organizaciji Svetovnega slovenskega kongresa, Zadrúžne zveze Slovenije, Gozdarskega inštituta Slovenije, Kmetijskega inštituta Slovenije ter Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani. Izvedbo je podprl tudi Urad za Slovence v zamejstvu in po svetu. Zbrane so uvodoma pozdravili predsednik Svetovnega slovenskega kongresa Boris Pleskovič, minister za Slovence v zamejstvu in po svetu Matej Arčon, predsednik Zadrúžne zveze Slovenije Borut Florjančič ter ministrica za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano Mateja Čalušić. Vsi so v svojih nagovorih poudarili pomen kroženja znanja in izkušenj, še bolj pa pomembnost sodelovanja.

V uvodnih predavanjih sta bili predstavljeni podjetje M Sora ter primer upravljanja velike kmetije v Argentini, ki je za naše pojme kar nepredstavljen razsežnosti. Sledila je vrsta krajših predstavitev, združenih po posameznih temah. Osredotočale so se na težave in priložnosti mladih v kmetijstvu in gozdarstvu, kako jih privabiti v te poklice in zakaj se jim ne zdijo privlačni ter izzive v zvezi z razvojem in ohranjanjem podeželja. V tematskem sklopu klimatskih sprememb je bila pozornost namenjena možnim prihodnjim scenarijem ter potencialnim prilagoditvam nanje.

V zadnjem delu so bili predstavljeni različni projekti v kmetijstvu in gozdarstvu doma in po svetu, med drugim digitalizacija Zavoda za gozdove Slovenije, uporaba robotike v kmetijstvu ter uporabe modelov v pametnem kmetijstvu. S področja gozdarstva so bile skupno štiri predstavitve, dve sta obravnavali vlogo in odnos do žensk v gozdarstvu, ena upravljanje tveganj in prilagajanje na podnebne spremembe, ena pa že omenjeno digitalizacijo ZGS.

Skupno se je zvrstilo skoraj 30 predavateljev. Prisotni so bili predstavniki iz različnih organizacij slovenskih zamejcev, Zveze podeželske mladine Slovenije, nekaj jih je bilo celo iz evropskih institucij. Tako je dogodek poleg tega, da je osvetlil pereče težave in spopadanje z njimi ter primere dobrih praks, tudi pripeljal skupaj Slovence z vsega sveta. Marsikdo od zamejcev je poudaril, da je kmetovanje tam, kjer živijo, hkrati tudi simbol slovenstva in način, da se ohranjata naša kultura in jezik.

Zbornik ter zaključki konference so dostopni na spletni strani Svetovnega slovenskega kongresa (<https://www.slokongres.com/novica/o-prihodnosti-slovenskega-kmetijstva-in-gozdarstva/>).

Tadeja PEPELNJAK

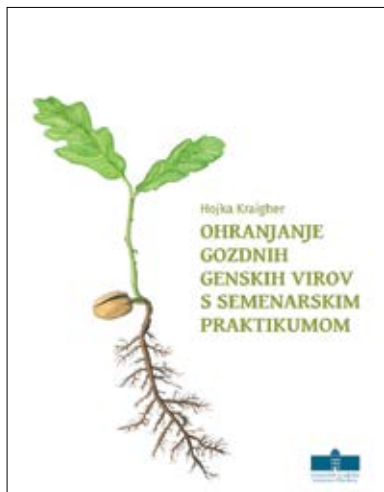


Slika 1: Dogodka se je udeležilo preko 70 obiskovalcev (foto: Metod Perme/SSK)



Slika 2: Predstavitvam po sklopih so sledile diskusije (foto: Metod Perme/SSK)

Izid novega učbenika Ohranjanje gozdnih genskih virov s semenarskim praktikumom in njegova predstavitev v okviru projekta Beremo v gozdnih knjižnicah



Slika 1: Učbenik Ohranjanje gozdnih genskih virov s semenarskim praktikumom je izšel pri Univerzitetni založbi Univerze v Mariboru v tiskani in odprto dostopni spletni različici (DOI 10.18690/um.fnm.3.2024, <https://dirros.openscience.si/IzpisGradiva.php?id=19193>)

Na Gozdarskem inštitutu Slovenije smo v okviru projekta Beremo v gozdnih knjižnicah izvedli predstavitev novo izdanega učbenika prof. dr. Hojke Kraigher, Ohranjanje gozdnih genskih virov s semenarskim praktikumom. V težko pričakovanem gradivu je predstavljena teorija gozdnega semenarstva in drevesničarstva, ki bo nedvomno v pomoč ne le študentom, ampak tudi gozdarskim strokovnjakom, ki se ukvarjajo z zagotavljanjem genetske pestrosti gozdnega drevja in pogozdovanjem, npr. po predlanskih obsežnih požarih na Krasu.

Predstavitev smo izvedli s sprehodom v gozdu in avtorica, prof. dr. Mojca Kraigher, nam je na poti predstavila pomen izbire semen za slovensko gozdarstvo in zagotavljanja njegove hrambe.

Maja PETEH

Vodja Gozdarske knjižnice -
knjižnice Gozdarskega inštituta Slovenije



Slika 3: Predstavitev knjige, v gozdu (foto: Gregor Skoberne)

Zaključek projekta Beremo v gozdnih knjižnicah

Gozd je učilna. Drevesa so čudesa našega sveta. Vsako posebej nas zna nagovoriti. Zato nas vabi, da mu prisluhnemo. Vstopimo v dvorano skrivnosti dreves s knjigo in besedo.

Turizem so potovanja, branje je potovanje. S spoznavanjem raznolikosti sveta se gradita strpnost in sodelovanje. In k temu veliko pripomore bralna kultura, ki je nadgradnja bralne pismenosti je danes temeljna kompetenca vsakega posameznika in tudi osnova za kakovostno življenje in delo.

Z namenom narediti branje vidno in ga pripeljati v javni prostor, je potekal projekt Beremo v gozdnih knjižnicah. Njegov namen je bil aktivirati skupine ljudi, da izvedejo dogodek branja v gozdnem prostoru in tako povezati branje in preživljanje prostega časa v gozdnem prostoru.

Projekt smo organizirali na Zavodu za gozdove Slovenije, Gozdarskem inštitutu Slovenije, Turistični zvezi Slovenije in Andragoškem centru Slovenije. Da bi bil projekt bil deležen pozornosti, kot

si je branje zasluži, ga je Turistična zveza vgradila v svojo akcijo Svetovni dan turizma, Andragoški center Slovenije pa v akcijo Nacionalni mesec skupnega branja, ki poteka vsako leto septembra.

Zamišljeno je bilo, da bi na izbrani dan, Svetovni dan turizma, 27. septembra 2024, različna društva, šole, podjetja, ustanove in knjižnice v gozdnem prostoru organizirala dogodek branja ali povezanega z branjem (predstavitev knjig, pogovor z avtorji ipd.). Organiziralo se je vsaj 60 skupin (prijavljenih preko spletnega obrazca), še več pa jih je organiziralo dogodek v dneh prej. 27. septembra je potekala tudi zaključna medijska prireditev v Zeliščarskem centru JV Slovenije, ki jo je podprlo tudi Ministrstvo za vzgojo in izobraževanje RS.

Besedilo in fotografije Maja PETEH

Vodja Gozdarske knjižnice - knjižnice Gozdarskega inštituta Slovenije



Slika 1: Direktorica GIS, dr. Nike Krajnc, je ob tej priložnosti gozdni knjižnici v Škocjanu, županu Občine Škocjan, podarila nekaj poljudnih knjig avtorjev GIS



Slika 2: Udeleženci dogodka v Škocjanu



Slika 3: Nagovor vodje projekta Jožeta Praha



Gozdarski vestnik, LETNIK 82 • LETO 2024 • ŠTEVILKA 7-8
Gozdarski vestnik, VOLUME 82 • YEAR 2024 • NUMBER 7-8

ISSN 0017-2723 / ISSN 2536-264X
UDK630* 1/9

Gozdarski vestnik je na Ministrstvu za kulturo vpisan
v razvid medijev pod zap. št. 610.

Glavni urednik/Editor in chief: dr. Aleš Poljanec

Urednik/Editor: Boris Rantaša; Spletni urednik/Online editor: Vasja Leban

Uredniški odbor/Editorial board

prof. dr. Andrej Bončina, prof. dr. Robert Brus, dr. Tine Grebenc, prof. dr. Miha Humar,
prof. dr. Klemen Jerina, mag. Marko Matjašič, dr. Nenad Potočič, dr. Janez Prešern,
prof. dr. Hans Pretzsch, dr. Klemens Schadauer, dr. Primož Simončič, Baldomir Svetličič,
Simon Kovšca, Gregor Meterc, mag. Alenka Korenjak, dr. Maja Peteh

Uredništvo in uprava/Editors address
ZGDS, Večna pot 2, 1000 Ljubljana, SLOVENIJA
Tel.: +386 (0)51 402 365

E-mail: gozdarski.vestnik@gmail.com

Spletna stran: <http://zgds.si/gozdarski-vestnik/>
TRR NLB d.d. 02053-0018822261

Poštnina plačana pri pošti 1102 Ljubljana
Letno izide 10 števil/10 issues per year

Posamezna številka 7,70 EUR.

Letna naročnina: fizične osebe 33,38 €, za dijake in študente 20,86 €, pravne osebe 91,80 €.

Gozdarski vestnik je referiran v bibliografskih zbirkah/
Abstract from the journal are comprised in the international bibliographic databases:
CAB Abstract, TREECD, AGRIS, AGRICOLA, EBSCO, COBBISS.SI

Trajna hramba objav je zagotovljena v repozitorijih / *Permanent archiving e-articles*
is ensured in repositories: DIRROS, DLIB.

Mnenja avtorjev objavljenih prispevkov nujno ne izražajo stališč založnika niti
uredniškega odbora / *Opinions expressed by authors do not necessarily reflect*
the policy of the publisher nor the editorial board

Oblikovanje in prelom: Urša Rezelj s.p., Gigi's design

Tisk: Euroraster d.o.o. Ljubljana

Izid številke sofinancira Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano s sredstvi
Gozdnega sklada.



Fotografija na naslovnici /
Front cover photography:
Doc. dr. Lado KUTNAR



Fotografija na zadnji strani /
Back cover photography:
dr. Aleksander MARINŠEK



Priznanje avtorstva-Deljenje pod enakimi pogoji 4.0 mednarodna (CC BY-SA 4.0)



REPUBLIKA SLOVENIJA
MINISTRSTVO ZA KMETIJSTVO,
GOZDARSTVO IN PREHRANO



GOZDNI
SKLAD



ZVEZA
GOZDARSKIH
DRUŠTEV
SLOVENIJE