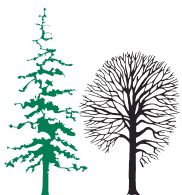




Silva Slovenica

Studia Forestalia Slovenica

141



Zbornik povzetkov znanstvenega srečanja

GOZD IN LES

Pametna specializacija v gozdarstvu, lesarstvu in papirništvu



www.gozdis.si

www.bf.uni-lj.si

Oblikovanje: akademik Hozo Dževad, Ljubljanska grafična šola



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

630*9(497.4)(082)

ZNANSTVENO srečanje Gozd in les (2014 ; Ljubljana)

Pametna specializacija v gozdarstvu, lesarstvu in papirništvu [Elektronski vir] : zbornik predavanj ob znanstvenem srečanju Gozd in les = Smart specialization in forestry and wood product chain : book of abstract of the Scientific Meeting Forest and Wood, [27. maj 2014 Ljubljana] / [glavna urednika Hojka Kraigher, Miha Humar]. - El. zbornik. - Ljubljana : Gozdarski inštitut Slovenije, Založba Silva Slovenica, 2014. - (Studia Forestalia Slovenica, ISSN 0353-6025 ; 141)

Način dostopa (URL): <http://eprints.gozdis.si/id/eprint/504>

ISBN 978-961-6425-75-9 (PDF)

1. Gl. stv. nasl. 2. Vzp. stv. nasl. 3. Kraigher, Hojka
274007808



Uvodnik

Gozd in les: Pametna specializacija v gozdarstvu, lesarstvu in papirništvu

prof. dr. Miha Humar in prof. dr. Hojka Kraigher

Gozdarski inštitut Slovenije skupaj z Oddelkom za lesarstvo Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani in Oddelkom za gozdarstvo in obnovljive vire Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani letos že petič zapored organizira enodnevno znanstveno srečanje s skupnim naslovom GOZD in LES.

Na letošnjem srečanju je vsebina predavanj povezana s pametno specializacijo. Strategija pametne specializacije Slovenije je eden ključnih dokumentov, ki bo usmerjal razvoj Slovenije v prihodnjem obdobju. Dokument je še v nastajanju in nadejamo se, da bo ustrezno prikazal pomen gozdarstva, lesarstva in papirništva za razvoj Slovenije.

Vsebine kratkih predstavitev, ki bodo prikazane tudi na plakatih, pa kažejo na širok nabor tematik, ki jih obravnavajo predvsem mlajši raziskovalci v svojih doktorskih in podoktorskih znanstveno-raziskovalnih projektih. Poseben poudarek je tudi na uporabi in razvoju raziskovalnih metod, merilnih tehnik in inovativnih pristopov k rabi gozdnega in zunaj-gozdnega prostora.

THE ROLE OF ECONOMIC MODELS IN FOREST PLANNING AND POLICY EVALUATION: contributions to smart specialization in forestry, wood science and paper industry

Donald G. Hodges*, James R. Cox

Department of Forestry, Wildlife and Fisheries, Natural Resources Policy Center, University of Tennessee, Knoxville, Tennessee, USA

Ključne besede: Gozdarstvo, ekonomika, načrtovanje

Keywords: Forestry, economics, forest planning

Forest management entails operating in the realms of ecology, economics, and social acceptability while addressing a number of critical issues that cut across political and disciplinary boundaries. These issues - including climate change, biodiversity protection, sustainability, multi-objective planning, and ecosystem services - greatly compound the basic concepts of forest management and production processes associated with forest goods and services considerably.

While economics cannot address all of the various aspects of these issues, it provides a process by which many of the tradeoffs can be explicitly examined. Moreover, economic analyses can provide insights into decisions related to smart specialization beyond simple financial returns. While not unique to economics, identifying all required steps in a production process (physical or biological), determining the optimal means of assessing the process and its components, highlighting the required information (including knowledge gaps), and evaluating the trade offs in alternative outcomes provides a strong framework for prioritization. Economics offers one characteristic - considering all components in a similar way (monetarily) - that can be a substantial advantage over other disciplines. It should be noted, however, that monetizing all components often is not without considerable difficulty and controversy, nor does the process imply that private returns are the only goal.

Economic approaches to smart specialization in forestry, wood science, and the paper industry can be extremely useful in at least four different ways. First, economics can be utilized to identify critical problems and key opportunities in supply chains from a wood processing perspective. We employed several economic tools, including input-output analysis and trend analysis, in the past three years to assess the effects of the 'Great Recession' on employment, production, regional economies, and forest management in the southern US. We currently are developing a process

to identify levels of resource utilization in the state of Tennessee due to the recession and identify regions that are experiencing unsustainable demand on their resource base or harvesting infrastructure due to shifting production, as well as those regions in which opportunities for enhanced production exist due to reduced demand. We also are assessing how these production shifts have affected forest management decisions.

The second way that economics can be useful in this effort is by providing insights into how new policy or changes in existing policies can affect resource demand, production levels, and economic conditions. An example of this will be presented related to how the carbon footprint of alternative fuels (wood pellets) is affected by the origin of the fuel and transportation. The presentation will also identify opportunities to utilize economic models in a third manner: assessing long-term impacts of forest management decisions on the forest sustainability and economic vitality. This will be discussed by examining issues such as understocked stands, indiscriminant harvesting, and land use change. Finally, economic assessments can provide an extremely effective means of identifying and evaluating emerging opportunities such as those offered by bioenergy and ecosystem services. Examples of efforts in Slovenia and the US will be discussed to explore how these can be incorporated into a larger framework and policy deliberations.

A framework then will be proposed that incorporates all facets of the forestry sector to assess the relationships between the inventory of existing forests, current and predicted forest growth and drain, demand for forest goods and services, production capacity, and economic outcomes. Attention will also be focused on identifying experiences with similar efforts in the US and information needs for a comprehensive analytical framework.

VKLJUČENOST GOZDARSTVA V STRATEGIJI PAMETNE SPECIALIZACIJE IN V PROGRAMIRANJE EVROPSKE KOHEZIJSKE POLITIKE 2014–2020

Inclusion of forestry in smart specialization strategies and programming of European Cohesion Policy 2014–2020

Milan Šinko*

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

Ključne besede: Evropska unija, pametna specializacija, gozdni sektor, kohezijska politika

Keywords: European union, smart specialization, forest sector, cohesion policy

1. Uvod

Evropska unija je leta 2014 vstopila v novo programsko obdobje 2014–2020, kar je vodilo tudi v pripravo ustreznih strateških dokumentov in programiranje njihove izvedbe. V prispevku obravnavamo proces oblikovanja in vsebino Strategije pametne specializacije z vidika z gozdom povezanih dejavnosti (gozdni sektor). Namen prispevka je seznaniti zainteresirane deležnike o SPS in možnostih sodelovanja v njenem oblikovanju. V ta namen bomo predstavili osnovne pojme s področja skladov Evropske unije in opisali sodelovanje z gozdom povezanih deležnikov v procesu oblikovanja SPS in programiranja njenega izvajanja. S pomočjo platforme pametne specializacije¹ oz. internetne baze podatkov so prikazani primeri vključenosti z gozdom povezanih dejavnosti v nacionalne in regionalne strategije pametne specializacije ter primerjava s Slovenijo.

2. Predstavitev pojmov s področja evropske kohezijske politike

Evropska unija za uresničevanje ciljev regionalne politike uporablja sredstva strukturnih in kohezijskih skladov, s katerimi izravnava razlike med regijami v dohodkih in priložnostih. Osnova za črpanje sredstev iz Evropskega sklada za regionalni razvoj, Evropskega socialnega sklada in Kohezijskega sklada bo v programskem obdobju 2014–2020 enotni Operativni program (OP), ki je izvedbeni načrt Partnerskega sporazuma (PS) med Slovenijo in Evropsko komisijo kot strateškega dokumenta izvajanja kohezijske politike. Partnerski sporazum natančno opredeljuje razvojne

potrebe in možnosti za rast in je podlaga za izbor tematskih ciljev operativnega programa. To je temeljna pogodba, ki jo podpišeta Evropska komisija in država članica, kjer je natančno opredeljeno, kako bo država investirala evropska sredstva, kakšne spremembe načrtuje in kakšne rezultate.

Partnerski sporazum vsebinsko sledi strategiji EU 2020 o pametni, trajnostni in vključujoči rasti in na nacionalni ravni izhaja (ex-ante pogojenost) iz Strategije pametne specializacije, ki v skladu z OECD govori o »usmerjanju investicij v znanje iz javnih virov v določene dejavnosti z namenom krepitev primerjalnih prednosti v obstoječih ali novih področjih« (Burger, Kotnik 2014). Strategija pametne specializacije je tudi proces na nacionalni ravni, v katerem se v obliki dokumenta nacionalne strategije določijo dejavnosti, v katere bi investicije virov verjetno spodbudile rast, ki temelji na znanju. Po RIS3 vodniku je njeno bistvo v koncentriranju virov znanja in njegovem povezovanju na omejeno število prioritarnih ekonomskih dejavnosti (Wostner 2014). Strategija pametne specializacije vsebuje področja, ki imajo jasen tržni potencial in je osredotočena na dejavnosti in ne gospodarske sektorje same po sebi (Jenko 2014). Strategija je specializacija, ker določa prednostna področja v obdobju omejenih virov, je usmerjena na napredovanje države v njenih posebnostih, osredotoča investicije na regionalne/nacionalne primerjalne prednosti in ustvarja kritično maso ter ni ne nujno osredotočanje na en sektor, ampak zagotavljanje medsektorskega križanja/žlahtnenja. In strategija je 'pametna', ker se nanaša na lastnosti: osnovana je na dokazih, upoštevan

* m. +386 41 826 263; e-naslov: milan.sinko@bf.uni-lj.si;

so vsi viri, ni odločitev od zgoraj navzdol, ampak je podjetniško odkrivanje, ki mora vključevati vse ključne deležnike, upošteva globalne poglede na potencialne konkurenčne prednosti regije/države in uporablja znanje (ang. sourcing knowledge) pri čemer ne odkriva 'tople vode' (Goddard 2012).

V Sloveniji pripravlja proces oblikovanja Strategije pametne specializacije Služba Vlade Republike Slovenije za razvoj in evropsko kohezijsko politiko (SVRK) in temelji na odprtem pristopu za doseganje čim širšega konsenza². Evropska komisija je maja leta 2012 v pomoč za pripravo strategije pametne specializacije pripravila državam vodič (ang. Guide to Research and Innovation Strategies for Smart Specialisation) (RIS 3), ki ga morajo države upoštevati in vsebuje šest bistvenih elementov: 1. analizo nacionalnega konteksta in možnosti za inovacije, 2. jasen sistem upravljanja procesa oblikovanja strategije (deležniki in njihova odgovornost, širina vključenosti deležnikov iz različnih področij, komuniciranje), 3. opredelitev skupne vizije, 4. identifikacija prednostnih področij, 5. kombinacija instrumentov politik in akcijskih načrtov in 6. priprava spremljanja in vrednotenja.

Odgovornost za pripravo Strategije pametne specializacije ima Ministrstvo za gospodarstvo, razvoj in tehnologije, ki je izbralo Gospodarsko zbornico Slovenije kot institucijo, ki lahko najbolje izvede proces »od spodaj navzgor« v obliki vodenih razprav in delavnic. Razprav in delavnic v obdobju maj – junij 2013 se je udeležilo 467 udeležencev, pri čemer ni znana njihova struktura po dejavnostih. Z gozdom povezane dejavnosti sta lahko zastopali predvsem interesni združenji za lesarstvo in gozdarstvo pri Gospodarski zbornici Slovenije in Lesarski grozd. Sodelovanja drugih organizacij nismo zasledili. V javni razpravi SPS leta 2013 smo s področja, povezanega z gozdom zasledili en prispevek, ki ga je podal posameznik³ in ne katera od organizacij, povezana z gozdarstvom. Razprav in delavnic se tudi nista udeležila z gozdom povezana oddelka Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani, čeprav je Evropska komisija pripravila poseben vodič za vključevanje univerz v pripravo SPS oz. regionalno rast (EK 2012).

Slovenija je novembra 2013 posredovala prvi osnutek SPS v neformalni pregled Evropski komisiji, ki ga je ocenila kot 'nedokončano delo' (Jenko 2014). Proces

Preglednica 1: Z gozdarstvom povezana vsebina Partnerskega sporazuma

Tematski cilji	Z gozdarstvom povezana vsebina
Krepitev raziskav, tehnološkega razvoja in inovacij	Horizontalna krepitev znanj in inovacij na podeželju Prenos tehnologij v prakso, povezanost med raziskovalnimi, akademskimi in strokovnimi službami
Izboljšanje dostopa do informacijsko-komunikacijskih tehnologij ter povečanje njihove uporabe in kakovosti	
Povečanje konkurenčnosti MSP, kmetijskega sektorja ter sektorja ribištva in akvakulture	Spodbujanje trajnostne oblike kmetovanja in upravljanja z gozdom
Podpora prehodu na gospodarstvo z nizkimi emisijami ogljika v vseh sektorjih	Povečanje deleža obnovljivih virov v končni rabi na 25 %
Spodbujanje prilagajanja podnebnim spremembam ter preprečevanje in obvladovanje tveganj	Prilagajanje kmetijstva in gozdarstva na podnebne spremembe, ohranjanje biotske raznovrstnosti in spodbujanje trajnostne rabe naravnih virov.
Ohranjanje in varstvo okolja in spodbujanje učinkovite rabe virov	Obsežno opisno poglavje o škodah v gozdovih
Spodbujanje trajnostnega prometa in odprava ozkih grl v ključnih omrežnih infrastrukturah	
Spodbujanje trajnostnega in kakovostnega zaposlovanja in mobilnosti delovne sile	Zaposlovanje v gozdarstvu v okviru izkoriščanja gozdnega potenciala države
Spodbujanje socialnega vključevanja ter boj proti revščini in kakršni koli diskriminaciji	
Vlaganje v izobraževanje, usposabljanje in poklicno usposabljanje za spretnosti ter vseživljenjsko učenje	Spodbujanje usposabljanja, izobraževanja in prenosa znanj v kmetijstvu, gozdarstvu, ...
Izboljšanje institucionalne zmogljivosti javnih organov in zainteresiranih strani ter prispevanje k učinkoviti javni upravi	Izboljšanje zakonodajnega okvira

oblikovanja SPS je zato pod vodstvom Službe vlade RS za razvoj in evropsko kohezijsko politiko potekal tudi v letu 2014⁴, vendar v tem obdobju nismo zasledili dejavnosti deležnikov iz gozdarstva.

3. Gozdarske vsebine v Strategiji pametne specializacije

Gozdarstvo ali z gozdom povezane dejavnosti v SPS niso izrecno omenjene. Osnutek SPS navaja kot ključne prioritete vlaganj v RRI v obdobju 2014–2020 proizvodne, procesne in informacijske komunikacijske tehnologije, 2. Rešitve za električne in elektronske komponente in 3. Materiale in tehnologije. Z vlaganji v ta področja naj bi se reševali ključni družbeni izzivi, ki so: trajnostna energija, trajnostna mobilnost, trajnostna graditev, učinkovita raba virov, zdravje, hrana in okolje, vključujoča in varna družba.

Evropska komisija je vzpostavila platformo za strokovno pomoč državam članicam in regijam pri pripravi SPS. Platforma vsebuje tudi grafični in vsebinski pregled izbranih prednostnih področij po državah oz. regijah. Slovenija navaja kot prednostna področja: alternativno energijo, inteligentno proizvodnjo, fotoniko, zdravo staranje in vključujočo sodobno družbo ter trajnostni turizem in ustvarjalne storitve, ki so osnovane na kulturi in dediščini. S pregledovalnikom lahko zaznamo, da je šest regij v Evropski uniji izbralo kot prednostno področje dejavnost, ki temelji na gozdu, in sicer tri v zahodnem delu Francije, po eno regijo pa na Švedskem, Finskem in Poljskem. Predelava in proizvodnja, ki temelji na lesu in papirju je prednostno področje v dveh regijah (na Poljskem in v S. Irski). S povištvom povezana proizvodnja je eno od prednostnih področij v treh regijah (dve na Poljskem in eno v Italiji).

4. Gozdarstvo v Partnerskem sporazumu

Partnerski sporazum je bil kot osnutek dokumenta meseca aprila 2014 poslan v formalno presojo Evropski komisiji. PS natančno opredeljuje razvojne potrebe in potencialne za rast, ki so osnova za določitev tematskih ciljev. Gozdarstvo se omenja v obravnavi petih tematskih ciljev, vsebinsko pa ga je mogoče določiti še v štirih ciljih.

5. Gozdarstvo v Operativnem programu za izvajanje Evropske kohezijske politike v obdobju 2014–2020 (Delovna različica 24. april 2014)

V delovni različici OP v obdobju 2014–2020 gozdarstvo in z gozdom povezane dejavnosti niso izrecno

navedene, kar je očitna razlika v primerjavi s PS, kjer je gozdarstvo konkretnije obravnavano.

Operativni program (OP) je dokument, ki ga država članica pripravi v sodelovanju z EK in vsebuje načrt črpanja evropskih sredstev iz posameznega evropskega sklada. Vsebuje konkretnije opise prednostnih osi, ki so oblikovani na podlagi temeljnih ciljev PS. Opis prednostne osi med drugim vsebuje specifične cilje, ukrepe in vodilna načela za izbor. OP opredeli kot ključne usmeritve in cilje: razvoj in izkoriščanje tržnega potenciala raziskovalnih in inovacijskih dejavnosti vseh akterjev, spodbujanje zaposlovanja in znanja, zmanjšanje deleža prebivalstva Slovenije, ki se soočajo s tveganjem revščine ter izkoriščanje naravnih potencialov ter potencialov učinkovite rabe energije in prehod v nizkoogljično, krožno gozdarstvo.

V delovni različici OP so temeljni cilji PS označeni kot prednostne osi. Analizirali smo nominalno prisotnost (neposredno omenjanje ali sklicevanje na gozd oz. gozdarstvo) z gozdarstvom povezanih vsebin. Ugotavljamo, da z višjo stopnjo konkretizacije ciljev in ukrepov v OP gozdarstvo izrecno ni več omenjeno, kar sicer velja tudi za večino ostalih dejavnosti. V OP je večji poudarek na horizontalnih načelih za izbor projektov, kar pomeni širšo možnost vključevanja vseh sektorjev, tudi gozdarstva, ki prispevajo k njihovemu uresničevanju. Ocenjujemo, da odsotnost konkretnjšega navajanja gozdarstva v OP v primerjavi s PS lahko razlagamo tudi z odsotnostjo načrtnega sodelovanja deležnikov gozdarskega sektorja v procesu programiranja evropske kohezijske politike in še posebej z njihovo odsotnostjo v fazi, ko se konkretizirajo ukrepi in z njimi razdelitev finančnih sredstev.

Viri:

- Neformalni osnutek Partnerskega sporazuma med Slovenijo in Evropsko komisijo za obdobje 2014–2020. 2014. http://www.svrk.gov.si/fileadmin/svrk.gov.si/pageuploads/Dokumenti_za_objavo_na_vstopni_strani/3.4.2014PS.pdf (9. 5. 2014).
- Burger A., Kotnik P. 2014. Strokovna analiza kot podlaga za Strategijo pametne specializacije. Dostopno na <http://www.eu-skladi.si/ostalo/metodologija-za-sps>. (8. 5. 2014).
- Evropska komisija. 2011. Connecting Universities to Regional Growth: A Practical Guide. Dostopno na http://ipts.jrc.ec.europa.eu/activities/research-and-innovation/documents/connecting_universities2011_en.pdf (9. 5. 2014).
- Goddard J. 2012. The role of universities in shaping and implementing regional smart specialisation strategies. Regional Studies Association. Dostopno na <http://www.regionalstudies.org/uploads/conferences/presentations/open-days-2012/john-goddard.pptx> (9. 5. 2014).
- Jenko A. 2014. Slovenska strategija pametne specializacije – kolo, ki se vrti v prazno. Dnevnik. 10. 2. 2014.
- Regional Innovation Strategies for Smart Specialisation (RIS3s). Dostopno na <http://www.slideshare.net/AgencialDEA/regional-innovation-strategies-for-smart-specialisation-ris3s> (8. 5. 2014).
- Wostner P. 2014. Pametna specializacija. Dogodek za dinamično, inovativno in odprto Slovenijo. 16. in 17. april 2014. Dostopno na <http://esiskladi.wix.com/strategijaps#!prezentacije/csx> (8. maj 2014).

¹ Eye@RIS3 (<http://s3platform.jrc.ec.europa.eu/map>) (dostop 8. maj 2014)

² <http://esiskladi.wix.com/strategijaps#!about/c1enr>

³ http://www.mgrt.gov.si/si/delovna_podrocja/evropska_kohezijska_politika/razvojno_nacrtovanje_in_programiranje_stratskih_in_izvedbenih_dokumentov/strategija_pametne_specializacije_2014_2020/

⁴ Več na <http://esiskladi.wix.com/strategijaps#!about/c1enr>

RAZISKAVE DINAMIKE OGLJIKA V EKOSISTEMIH – RAZVOJNI POTENCIALI LABORATORIJA ZA ELEKTRONSKE NAPRAVE

Ecosystem carbo-dynamic research-development potentials of the laboratory of Electronic Devices

Mitja Ferlan*

Gozdarski inštitut Slovenije, Laboratorij za elektronske naprave, Večna pot 2, 1000 Ljubljana

Ključne besede: ogljikov dioksid (CO₂), ekosistem, elektronika, mikrometeorologija

Keywords: carbon dioxide (CO₂), ecosystem, electronics, micrometeorology

V zadnjem obdobju se zaradi povečevanja izpustov toplogrednih plinov v atmosfero intenzivira preučevanje njihovega vpliva na različne ekosisteme. Eden izmed toplogrednih plinov, ki aktivno vstopa v kroženje snovi v ekosistemih, je tudi ogljikov dioksid (CO₂). Ekosistemi so lahko glede na njihove lastnosti in stanje, v katerem se nahajajo, potencialni vir oz. ponor CO₂. Ob predpostavki, da iz ekosistema ni drugih odtokov ogljika ali posebnih posegov v smislu odvzema biomase ali drugih večjih motenj, lahko privzamemo, da je neto izmenjava ogljika (Net ecosystem carbon exchange – NEE) enaka neto primarni produkciji ekosistema (NEP). Skoraj edini primarni producenti so avtotrofne rastline (GPP) in tako predstavljajo veliko večino produkcije biomase v ekosistemu. V ekosistemu tečejo tudi procesi razgradnje in v njem se gibljejo tudi heterotrofni organizmi, ki dihaajo; vse to lahko združimo pod skupno komponento dihanje ekosistema (Reco). NEP je torej razlika med GPP in Reco. V komponenti dihanja celotnega ekosistema (Reco) večji del predstavlja dihanje tal (Rs)

Pri raziskavah kroženja ogljika v kopenskih ekosistemih uporabljamo različne metode, od katerih bomo v prispevku omenili tri: metodo Eddy covariance, metodo komor in profilno metodo.

Za neposredno oceno neto izmenjave ogljika (NEE) med ekosistemom in ozračjem se najpogosteje uporablja metoda Eddy covariance, ki so jo uspešno uporabili v najrazličnejših vrstah ekosistemov. Prva uporaba omenjene metode sega v 70-a leta prejšnjega stoletja (Desjardins 1974; Baldocchi in sod. 1988). Število raziskav z uporabo te metode se je vsako leto povečevalo. Z metodo Eddy covariance dobimo vpogled v

izmenjavo ogljika za celoten ekosistem (NEE), ne pa tudi v posamezne segmente ogljikovega cikla. Meritve NEE med ekosistemom in atmosfero z metodo Eddy covariance potekajo nad ekosistemom, v plasti, kjer zračni tokovi niso več pod vplivom vegetacije. Metoda potrebuje vhodne podatke o hitrostih vetra v vseh treh smereh (x, y, z) in podatke o koncentraciji CO₂ ter temperaturi, posnete s frekvenco vsaj 10 Hz. Obdelava surovih podatkov poteka po ustaljenih in priznanih metodologijah, ki so jih predlagali številni raziskovalci (Aubinet in sod. 2000; Webb in sod. 1980; Foken in Wichura, 1996; Reichstein in sod. 2005; Papale in sod. 2006; Richardson in Hollinger, 2007; Lasslop in sod. 2010) in po uspešni obdelavi teh surovih podatkov dobimo polurne vrednosti NEE. Kot primera meritev in uspešne uporabe omenjene metode predstavljamo meritve na območju Podgorskega krasa na opuščeni, zaraščajoči se površini in na ekstenzivnem pašniku. V opazovanem obdobju (1. 7. 2008 – 30. 11. 2012) je bila zaraščajoča površina neto ponor ogljika (NEE = $-800 \pm 82 \text{ gCm}^{-2}\text{obdobje}^{-1}$), medtem ko je bil ekstenzivni pašnik vir ogljika (NEE = $1273 \pm 147 \text{ gCm}^{-2}\text{obdobje}^{-1}$). Pomembno vlogo pri uspešni izvedbi meritev ima pravilno vzdrževana elektronska terenska merilna oprema in zagotavljanje električne energije na oddaljenih merilnih mestih, ki niso opremljena z električnim omrežjem. Za vzdrževanje in servisiranje merilnih mest se je na Gozdarskem inštitutu Slovenije oblikoval Laboratorij za elektronske naprave (Laboratory for Electronic Devices).

Osnovni problem meritev v naravnih ekosistemih je heterogenost in ta je lahko še posebej izražena prav v tleh,

*e-naslov: mitja.ferlan@gozdis.si

kjer se dogajajo tudi procesi dihanja tal. Procese dihanja tal (R_s) najpogosteje spremljamo z metodo komor. Kljub široki uporabi komor za meritve R_s ni izdelanega standarda o dimenzijah in tipu komor za izvedbo teh meritev. Pumpanen in sod. (2004) so tako preizkusili 20 različnih izvedb komor za meritve R_s in jih primerjali s kalibracijskimi vrednostmi znanega toka CO_2 od 0.32 do 10.01 $\mu\text{molCO}_2\text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$. Ugotovili so, da v povprečju vse komore dosegajo dobre rezultate in od kalibracijskih vrednosti ne odstopajo za več kot 4 %. Večina raziskovalcev uporablja sistem, kjer se odpira le pokrov komore, njen obod pa ostane na merilnem mestu (npr.: McGinn in sod. 1998; Edwards in Riggs 2003; Delle Vedove in sod. 2007), kar potencialno lahko vpliva na spremembo talne temperature in talne vlage na merilnem mestu. Poleg meritev tokov NEE so v okviru raziskav na Podgorskem krasu potekale tudi meritve R_s . V Laboratoriju za elektronske naprave Gozdarskega inštituta Slovenije smo razvili sistem avtomatskih komor z izboljšanim mehanizmom odpiranja in zapiranja, ki minimalno vpliva na merilno mesto. Sistem vsebuje tako krmilno elektroniko in hranilnik podatkov kot tudi merilec koncentracije CO_2 LI-840 proizvajalca Li-Cor. Avtomatski sistem za meritve R_s z večjim številom merilnih komor lahko znatno prispeva k poznavanju časovne in prostorske variabilnosti R_s . Rezultat meritev dihanja tal v preučevanem obdobju od 1. 9. 2012 do 30. 11. 2012 z avtomatskim merilnim sistemom je srednja vrednost R_s 22.867 $\text{gCm}^{-2}\text{obdobje}^{-1}$, z največjim 0.204 $\text{gCm}^{-2}\text{obdobje}^{-1}$ (CV: 0.9 %) in najmanjšim 0.025 $\text{gCm}^{-2}\text{obdobje}^{-1}$ (CV: 0.1 %) standardnim odklonom za 2 oziroma 14 merilnih mest.

Nekatere študije s področja kroženja ogljika, izvedene na ekosistemih s karbonatno matično osnovo, opozarjajo na pomemben prispevek geogenega toka CO_2 iz tal oz. izpodriva biogenega CO_2 iz jam, kavern in por (Emmerich 2003; Kowalski in sod. 2008, Inghima in sod. 2009; Serrano-Ortiz in sod. 2010), kar vodi v še kompleksnejše in zahtevnejše raziskave. Za namen ovrednotenja komponente ventilacije CO_2 iz karbonatnih tal je večina raziskovalcev preučevala jamske sisteme. V okviru raziskav na Podgorskem krasu smo oktobra 2013 pričeli izvajati meritve koncentracij CO_2 in temperature zraka v jami Črnotiče 13. V ta namen smo v Laboratoriju za elektronske naprave Gozdarskega inštituta Slovenije razvili avtomatski multipleksterski sistem za meritve koncentracij CO_2 , namenjen meritvam po profilni metodi. Sistem vsebuje krmilno elektroniko, hranilnik podatkov in merilec koncentracije CO_2 LI-840 proizvajalca Li-Cor. Sistem smo namestili v vertikalni del jame Črnotiče 13 na 7 merilnih mestih in sicer v profilu od površja (0 m) do globine 30 m. Rezultati meritev kažejo na izrazito dinamiko koncentracij CO_2 , predvsem na globinah med 15 m in 30 m, ki je povezana z gibanjem zračnega tlaka in nihanjem zračne temperature. Gibanje in poznavanje mehaniz-

mov potencialnega izpodrivanja CO_2 iz merjene jame lahko prenesemo tudi na gibanje zraka v talnih porah in manjših kavernah v karbonatni matični podlagi. Raziskave dinamike kroženja snovi v ekosistemih so nujno povezane s terenskimi meritvami, pri katerih pogosto uporabljamo elektronske naprave za izvedbo kontinuiranih mikrometeoroloških meritev. Uspešna izvedba mikrometeoroloških meritev po že uveljavljenih metodah in testiranje novih inovativnih metod zahteva znanje elektrotehnike v povezavi s poznavanjem delovanja preučevanega ekosistema, kar je združeno v Laboratoriju za elektronske naprave Gozdarskega inštituta Slovenije.



Slika 1: Raziskovalna oprema za metodo Eddy covariance na ploskvi Zaraščanje (avtor: Iztok Sinjur)



Slika 2: Raziskovalna oprema za metodo zaprtih komor na raziskovalni ploskvi Pašnik (avtor: Mitja Ferlan)

Viri:

- Baldocchi D. D., Hicks B. B., Meyers T. P. 1988. Measuring biosphere-atmosphere exchanges of biologically related gases with micrometeorological methods. *Ecology*, 69, 5: 1331–1340
- Delle Vedove G., Alberti G., Zuliani M., Peressotti A. 2007. Automated Monitoring of Soil Respiration: an Improved Automatic Chamber System. *Italian Journal of Agronomy*, 4: 377–382
- Desjardins R. L. 1974. Technique to measure CO₂ exchange under field conditions. *International Journal of Biometeorology*, 18, 1: 76–83
- Edwards N. T., Riggs J. S. 2003. Automated monitoring of soil respiration: A moving chamber design. *Soil Science Society of America Journal*, 67, 4: 1266–1271
- Emmerich W. E. 2003. Carbon dioxide fluxes in a semiarid environment with high carbonate soils. *Agricultural and Forest Meteorology*, 116, 1–2: 91–102
- Foken T., Wichura B. 1996. Tools for quality assessment of surface-based flux measurements. *Agricultural and Forest Meteorology*, 78, 1–2: 83–105
- Inghima I., Alberti G., Bertolini T., Vaccari F. P., Gioli B., Miglietta F., Co-trufo M. F., Peressotti A. 2009. Precipitation pulses enhance respiration of Mediterranean ecosystems: the balance between organic and inorganic components of increased soil CO₂ efflux. *Global Change Biology*, 15, 5: 1289–1301
- Kowalski A. S., Serrano-Ortiz P., Janssens I. A., Sanchez-Moraic S., Cuezva S., Domingo F., Were A., Alados-Arboledas L. 2008. Can flux tower research neglect geochemical CO₂ exchange? *Agricultural and Forest Meteorology*, 148, 6–7: 1045–1054
- Lasslop G., Reichstein M., Papale D., Richardson A. D., Arneith A., Barr A., Stoy P., Wohlfahrt G. 2010. Separation of net ecosystem exchange into assimilation and respiration using a light response curve approach: critical issues and global evaluation. *Global Change Biology*, 16, 1: 187–208
- McGinn S. M., Akinremi O. O., McLean H. D. J., Ellert B. 1998. An automated chamber system for measuring soil respiration. *Canadian Journal of Soil Science*, 78, 4: 573–579
- Papale D., Reichstein M., Aubinet M., Canfora E., Bernhofer C., Kutsch W., Longdoz B., Rambal S., Valentini R., Vesala T., Yakir D. 2006. Towards a standardized processing of Net Ecosystem Exchange measured with eddy covariance technique: algorithms and uncertainty estimation. *Biogeosciences*, 3, 4: 571–583
- Pumpanen J., Kolari P., Ilvesniemi H., Minkkinen K., Vesala T., Niinistö S., Lohila A., Larmola T., Morero M., Pihlatie M., Janssens I., Yuste J. C., Grünzweig J. M., Reth S., Subke J.-A., Savage K., Kutsch W., Østregren G., Ziegler W., Anthoni P., Lindroth A., Hari P. 2004. Comparison of different chamber techniques for measuring soil CO₂ efflux. *Agricultural and Forest Meteorology*, 123, 3–4: 159–176
- Reichstein M., Falge E., Baldocchi D., Papale D., Aubinet M., Berbigier P., Bernhofer C., Buchmann N., Gilmanov T., Granier A., Grunwald T., Havrankova K., Ilvesniemi H., Janous D., Knohl A., Laurila T., Lohila A., Loustau D., Matteucci G., Meyers T., Miglietta F., Ourcival J. M., Pumpanen J., Rambal S., Rotenberg E., Sanz M., Tenhunen J., Seufert G., Vaccari F., Vesala T., Yakir D., Valentini R. 2005. On the separation of net ecosystem exchange into assimilation and ecosystem respiration: review and improved algorithm. *Global Change Biology*, 11, 9: 1424–1439
- Richardson A. D., Hollinger D. Y. 2007. A method to estimate the additional uncertainty in gap-filled NEE resulting from long gaps in the CO₂ flux record. *Agricultural and Forest Meteorology*, 147, 3–4: 199–208
- Serrano-Ortiz P., Roland M., Sanchez-Moral S., Janssens I. A., Domingo F., Godderis Y., Kowalski A. S. 2010. Hidden, abiotic CO₂ flows and gaseous reservoirs in the terrestrial carbon cycle: Review and perspectives. *Agricultural and Forest Meteorology*, 150, 3: 321–329
- Webb E. K., Pearman G. I., Leuning R. 1980. Correction of flux measurements for density effects due to heat and water-vapor transfer. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 106, 447: 85–100

ZDRUŽLJIVOST LESA S KOMPOZITOM IZ POLIMETILMETAKRILATA IN ALUMINIJEVEGA HIDROKSIDA

Compatibility of wood with a composite from polymethyl methacrylate and aluminium hydroxide

Matej Vovk^{1*}, Andrej Beličič¹, Milan Šernek²

¹ Kolpa, d.d., Rosalnice 5, 8330 Metlika

² Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo, Jamnikarjeva 101, 1000 Ljubljana

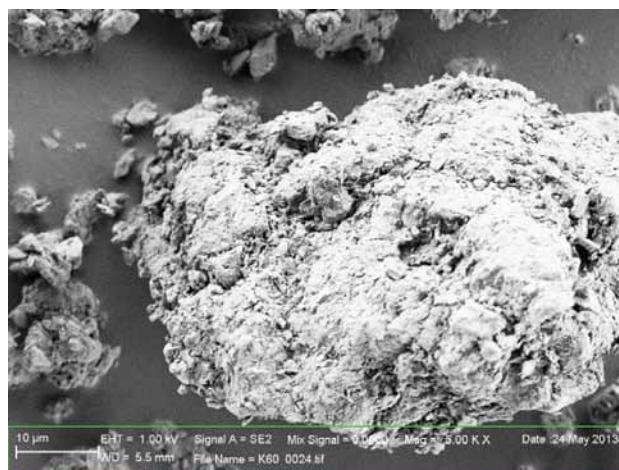
Ključne besede: kompoziti PMMA, KERROCK

Keywords: composites, PMMA, KERROCK

Kompozit iz polimetilmetakrilata (PMMA) in aluminijevega hidroksida (ATH; kompozit PMMA/ATH) je trd kompozitni material, uporaben pri opremljanju notranjih prostorov in kot fasadni element. Sestavljen je iz 40 % PMMA in 60 % ATH, vezni člen med njima pa je silan (oprijemalno sredstvo). Vsebnost PMMA omogoča kompozitu, da je termoformabilen, medtem ko ATH izboljša njegovo trdnost, odpornost proti ognju, reološke lastnosti in zmanjša stroške proizvodnje. Osnove za izdelavo kompozita PMMA/ATH opisujejo že Duggins in sodelavci (1974a; 1974b), v industriji po vsem svetu pa ga proizvajajo v obliki kompozitnih plošč, ki jih je možno obdelovati z običajnimi orodji za obdelavo lesa.

Pri proučevanju porabe materialov za proizvodnjo kompozitnih plošč PMMA/ATH v podjetju Kolpa d.d. (Metlika, Slovenija) so ugotovili, da je bil pri proizvodnji 3 mm debelih plošč delež odpadnega materiala kar 50 % (Kavčič 2010). Zaradi brušenja plošč v tem podjetju na letni ravni nastane približno 500 t – 600 t PMMA/ATH kompozitnih odpadkov v obliki prahu (Slika 1). Glede na dobre lastnosti in visoko dodano vrednost kompozita PMMA/ATH je smiselno, da se takšen odpadni produkt tudi reciklira. S to idejo so se sicer redki raziskovalci že spopadali in prišli do uporabnih rešitev. Nekateri postopki reciklaže kompozita PMMA/ATH, ki so dostopni v literaturi, temeljijo na metodah depolimerizacije, uporabi topil pri povišanih temperaturah ali na postopku pirolize (Kaminsky in sod. 2004). Naštete metode sodijo v tako imenovano kemijsko reciklažo in zahtevajo velik energijski vložek. Druga možnost reciklaže je predelava z dodajanjem smole, oziroma dru-

gega plastomera in predelavo zamreženih polimerov z dodatki razmreževalcev ter ponovnim taljenjem odpadka in preoblikovanjem (Kočevar in Beličič 2009). Takšen kompozitni prah je možno uporabiti tudi kot polnilo za asfalt (Tušar in sod. 2012; Šušteršič in sod. 2013). Iz prakse pa so znani primeri uporabe odpadnega kompozita PMMA/ATH kot polnila v plastomernih materialih, a tovrstni načini reciklaže v literaturi še niso zabeleženi.



Slika 1: Posnetek PMMA/ATH prahu z vrstičnim elektronskim mikroskopom.

Naša ideja reciklaže odpadnega kompozita PMMA/ATH je združitev slednjega z lesom v nek nov kompozit, podoben ivernim ali vlaknenim ploščam. Pri tem seveda nastopi glavni raziskovalni problem, ki se nahaja v združljivosti teh dveh materialov, saj je les nara-

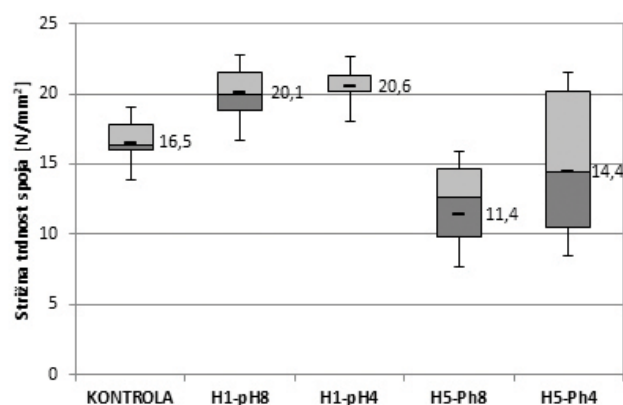
ven, porozen in higroskopen material, medtem ko je kompozit PMMA/ATH sintetičen, neporozen in plastomeren material. Osnovni cilj je torej ugotoviti, kakšna je ta združljivost in jo po možnosti še izboljšati. Zato smo se lotili proučevanja adhezije med lesom in kompozitom PMMA/ATH. Za zagotovitev adhezije med lesom in kompozitom PMMA/ATH je potrebno uporabiti dodatno vezivo oziroma lepilo. Preliminarni preizkusi so pokazali, da je smiselna uporaba določenih lepilnih smol, ki se v lesni industriji uporabljajo pri izdelavi furnirnih vezanih, ivernih in vlaknenih plošč. Tovrstna lepila so torej prilagojena za aplikacijo v kompozitih z lignoceluloznimi materiali, z našimi raziskavami pa želimo ugotoviti, kakšen je lepilni spoj med kompozitom PMMA/ATH in lesom. Želimo vzpostaviti čim boljše fizikalno adhezijo ali celo kemijsko vez med kompozitom PMMA/ATH in lepilom, zato smo se odločili, da uporabimo dodatna oprijemalna sredstva na osnovi tehnologije silanov (Plueddemann 1991), ki so s tem lepilom tudi kompatibilna. Predvidevamo namreč, da na površini kompozita PMMA/ATH obstajajo odprte površine ATH prahu, na katerem se nahajajo proste -OH skupine. Na slednje pa je možno vezati silane s primernimi funkcionalnimi skupinami.

V preliminarnih raziskavah smo iz kompozita PMMA/ATH izdelali lamele (12 mm debele, 120 mm široke in 500 mm dolge), ki smo jih izrezali iz belih plošč (barva 108) proizvajalca Kolpa, d.d., Metlika. Površine plošč kompozita PMMA/ATH smo modificirali z organofunkcionalnim silanom, ki smo ga z etanolom razredčili na 10 % raztopino. Tej smo dodali 3 mole vode na 1 mol silana, s čimer smo omogočili hidrolizo silanov. Iz te osnove smo pripravili dve različni raztopini z različno vrednostjo pH (pH 4 in pH 8), ki smo jo uravnavali z mravljično kislino. Tako pripravljene raztopine smo nato v steklenih čašah mešali z magnetnim mešalom. Po eni uri mešanja smo eno polovico plošče kompozita PMMA/ATH premazali z raztopino, ki je imela pH 4 (oznaka vzorca H1-Ph4), drugo polovico plošče pa smo premazali z raztopino, ki je imela pH 8 (oznaka vzorca H1-pH8). Po petih urah mešanja istih raztopin smo postopek ponovili na drugi plošči kompozita PMMA/ATH (vzorca z oznako H5-pH4 in H5-pH8). Tako pripravljene plošči smo za eno uro postavili v sušilnik na 75 °C, s čimer smo omogočili kondenzacijo silanov. Na ta način je bila izvedena modifikacija površine plošč PMMA/ATH.

Nadalje smo izdelali dvoslojne lepljence iz lesenih lamel in površinsko modificiranih lamel kompozita PMMA/ATH. Uporabili smo radialno usmerjene bukove lamele (5 mm debele, 120 mm široke in 500 mm dolge). Površinsko modificirane lamele kompozita PMMA/ATH smo očistili z etanolom, lesenim lamelam pa smo s skobljanjem tik pred lepljenjem aktivirali površino. Za zagotavljanje adhezije med lamelami smo uporabili 200 g/m² lepila za les. Temu smo tik pred nanosom dodali katalizator in takšno lepilno mešanico nanесли na lamelo kompozita PMMA/ATH ter jo

pokrili z leseno lamelo. Tako sestavljen lepljenec smo vstavili v vročo stiskalnico in stiskali 9 minut pri 135 °C in tlaku 15 barov. Pri enakih pogojih in z enakimi dimenzijami smo izdelali tudi kontrolni lepljenec, pri katerem smo uporabili nemodificirano ploščo kompozita PMMA/ATH. Naslednji dan smo lepljence razžagali po prilagojenem postopku glede na standard SIST-TS CEN/TS 13354:2004 in tako izdelali 17 mm debele, 50 mm široke in 40 mm dolge preizkušance. Slednje smo nato za en teden vstavili v komoro s standardno klimo (20 °C, 65 % relativne zračne vlage). Sledil je preizkus strižne trdnosti lepilnega spoja, ki smo ga izvedli na univerzalnem testirnem stroju Zwick Z100. Cilj te raziskave je bil proučiti vpliv vrednosti pH in časa hidrolize silanov na strižno trdnost lepilnega spoja med kompozitom PMMA/ATH in lesom. Pričakovali smo, da bo strižna trdnost lepilnega spoja značilno različna glede na pH in čas hidrolize silanov.

Strižna trdnost lepilnih spojev kontrolnih preizkušancev je v povprečju znašala 16,5 N/mm², koeficient variacije pa je bil 8,5 % (Slika 2). Takšna strižna trdnost je že ustrezna glede na zahteve standarda (10 N/mm²). Preizkušanci, pri katerih smo ploščo PMMA/ATH mo-



Slika 2: Povprečne vrednosti strižne trdnosti lepilnih spojev z intervali napak.

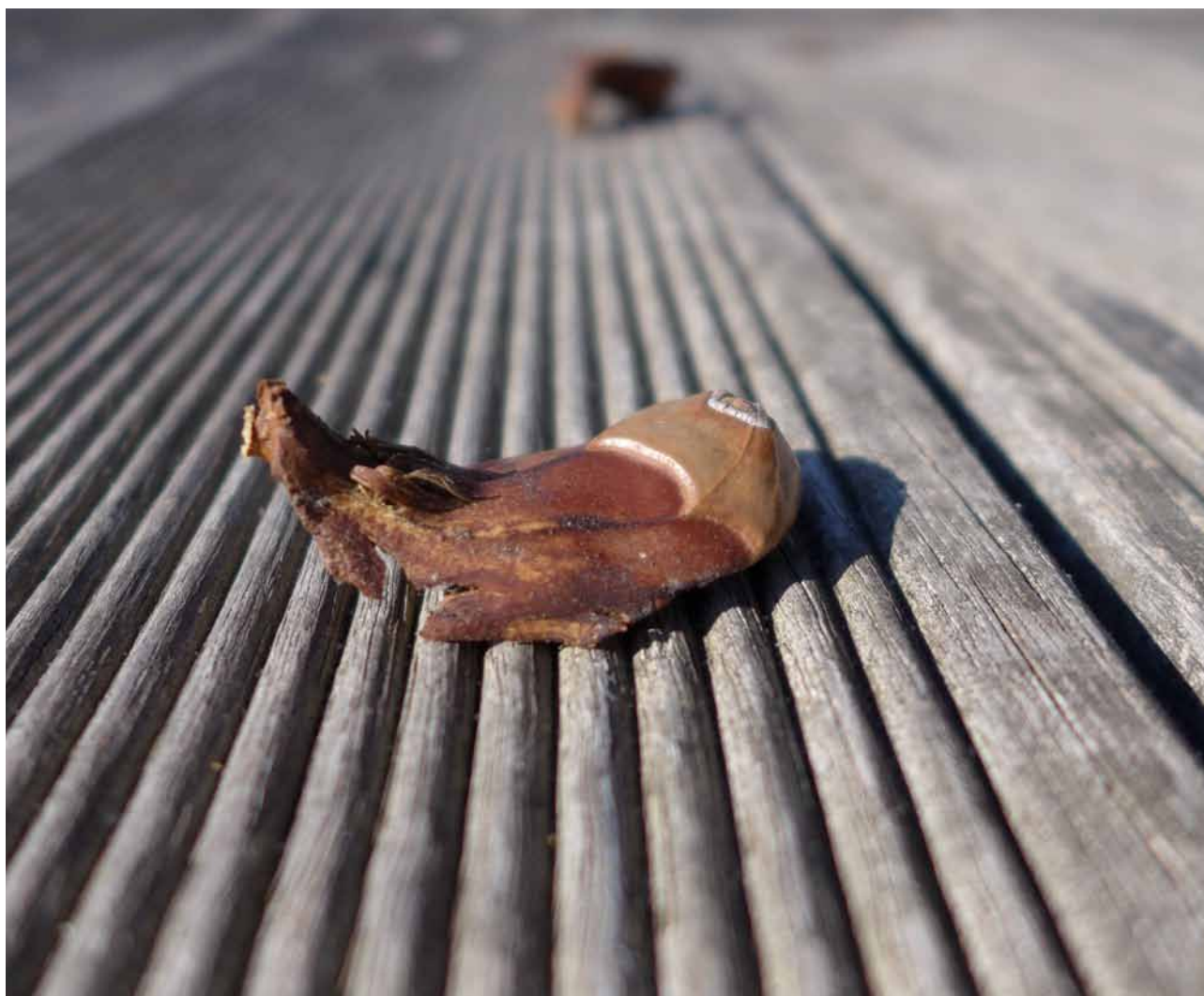
dificirali z raztopino silana, ki smo jo hidrolizirali 1 uro, so dosegali največje vrednosti strižne trdnosti. Ta je znašala 20,1 N/mm² pri raztopini s pH 8 (H1-pH8), oziroma 20,6 N/mm² pri raztopini s pH 4 (H1-pH4). Najmanjše strižne trdnosti so dosegali preizkušanci, pri katerih smo ploščo PMMA/ATH modificirali z raztopino silana, ki smo jo hidrolizirali 5 ur. Strižna trdnost pri teh je bila celo manjša kot pri kontrolnih preizkušancih. Pri lepljencih, modificiranih z raztopino, ki je imela pH 8 (H5-pH8), je strižna trdnost lepilnega spoja znašala 11,4 N/mm², koeficient variacije pa je bil kar 36,2 %. Pri lepljencih, modificiranih z raztopino, ki je imela pH 4 (H5-pH4), pa je bila strižna trdnost 14,5 N/mm², koeficient variacije pa je znašal zelo visokih 42,0 %.

Ugotavljamo, da strižna trdnost lepilnega spoja med lesom in kompozitom PMMA/ATH z uporabo lepila

za les že zadosti zahtevam standarda. Z modifikacijo kompozita PMMA/ATH s silanskim oprijemalnim sredstvom pa lahko to strižno trdnost še povečamo. Največji vpliv na učinkovanje oprijemalnega sredstva ima čas hidrolize, medtem ko vrednost pH raztopine oprijemalnega sredstva nima bistvenega vpliva. Strižna trdnost lepilnega spoja se namreč znižuje z daljšim časom hidrolize oprijemalnega sredstva.

Viri:

- Duggins R. B., Ford C., Miller H. C. 1974 a. Filled polymethyl methacrylate article and a process for its manufacture. United states patent us 3 827 933: 5 str.
- Duggins R. B., Ford C. 1974 b. Use of alumina trihydrate in a polymethyl methacrylate article. United states patent us 3 847 865: 6 str.
- SIST-TS CEN/TS 13354. 2004. Masivne lesne plošče – Kakovost zlepljenosti – Preskusna metoda: 10 str.
- Kaminsky W., Predel M., Sadiki A. 2004. Feedstock recycling of polymers by pyrolysis in a fluidised bed. Polymer degradation and stability, 85: 1045–1050.
- Kavčič R. 2010. Ekonomska upravičenost zamenjave tehnologije za izdelavo kompozitnih plošč. Diplomsko delo, visokošolski strokovni študij. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo: 53 str.
- Kočevar G., Beličič A. 2009. Postopek za izdelavo stisnjene plošče iz prahu kompozita polimetilmetakrilata in aluminijevega hidroksida. Patent SI 22995: 10 str.
- Plueddemann E. P. 1991. Silane coupling agents, second edition. New York, Plenum Press: 252 str.
- Šušteršič E., Tušar M., Valant A. Z. 2013. Rheological and mechanical characterization of waste PMMA/ATH modified bitumen. Construction and building materials, 38: 119–125.
- Tušar M., Beličič A., Prešeren M. 2012. Asfalt z dodanim PMMA/ATH: Patent: SI23670A. Ljubljana, Urad republike Slovenije za intelektualno lastnino.



Fotografija po izboru uredništva (avtor: Miha Humar)

NAČRTOVANJE VEČNAMENSKE RABE GOZDNEGA PROSTORA: FUNKCIJE GOZDA, PREDNOSTNA OBMOČJA IN EKOSISTEMSKE STORITVE

Multiple forest land use planning: forest functions, priority areas and ecosystem services

Tina Simončič*, Andrej Bončina

Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire, Večna pot 83, 1000 Ljubljana

Ključne besede: pomen gozdov, večnamenska raba, prostorska klasifikacija, gozdnogospodarsko načrtovanje in gospodarjenje

Keywords: forest values, multiple use, spatial classification, forest management planning

Uvod

Upoštevanje različnih družbenih vrednot do gozdov je izziv pri načrtovanju in gospodarjenju z gozdovi. Eden izmed načinov uresničevanja večnamenskega gospodarjenja je prostorska klasifikacija gozdnih površin glede na različne cilje upravljanja ali vrednote. Takšna območja lahko s krovnim izrazom poimenujemo »prednostna območja« (Simončič in Bončina 2012 Simončič in sod. 2013). Poglavitni razlogi za določanje prednostnih območij v gozdnem prostoru so (Simončič in Bončina 2012):

- (1) naravne danosti so v gozdnem prostoru različne,
- (2) zahteve lastnikov in javnosti so v gozdnem prostoru različne in se v času tudi spreminjajo,
- (3) upravljavske možnosti uresničevanja zahtev v gozdnem prostoru so različne, zato je z vidika učinkovitega upravljanja nekatere rabe gozdov oziroma dejavnosti v gozdnem prostoru smiselno pospeševati le na izbranih območjih.

Način določanja prednostnih območij označuje dva glavna pristopa večnamenskega gospodarjenja z gozdovi. Pri prvem različne funkcije gozda (cilje gospodarjenja) upoštevamo v istem gozdnem prostoru; takšen način gospodarjenja je opisan kot integracijski model (Borchers 2010; Bončina 2011). Razvit je v večini srednjeevropskih dežel, katerih skupne značilnosti so velika gostota naseljenosti, številne prostorske rabe na relativno omejeni površini, razdrobljena zasebna gozdna posest ter velik javni interes v vseh gozdovih. Pri drugem, t.i. segregacijskem pristopu

(Vincent in Binkley 1993; Koch in Skovsgaard 1999), razdelimo gozdni prostor na območja z enim ciljem gospodarjenja (npr. proizvodnja lesa, ohranjanje narave, rekreacija), večnamensko gospodarjenje pa je zagotovljeno (še) na širšem območju gozdov. Ta pristop je značilen za dežele z nižjo gostoto poseljenosti, večjimi površinami gozdov in večjim deležem velikih zasebnih posesti (npr. Skandinavija, ZDA in Kanada). Povsem čiste oblike obeh pristopov so v praksi redke; običajno se prepletajo značilnosti obeh pristopov, govorimo lahko le o prevladujočem pristopu.

Koncept prednostnih območij se zaradi spreminjajočih družbenih razmer, okvirnih pogojev gospodarjenja in drugih značilnosti spreminja in dopolnjuje. Izkušnje v tujini kažejo na povečan pomen koncepta prednostnih območij in hkrati znatne spremembe njegove zasnove. V Sloveniji v sedanji zasnovi večnamenskega gospodarjenja z gozdovi uporabljamo dve poglavitni skupini prednostnih območij: (1) območja s poudarjenimi funkcijami gozda (ali krajše kar »funkcije gozda«) in (2) varovalni gozdovi in gozdovi s posebnim namenom (ali skupno »zavarovana območja gozdov«). Vključevanje funkcij gozda v gozdnogospodarsko načrtovanje se je uveljavilo v zadnjih treh desetletjih; izdelana je bila klasifikacija gozdnih funkcij, razviti so bili podrobni kriteriji in postopki določanja območij s poudarjenimi funkcijami pri pripravi območnih gozdnogospodarskih načrtov in načrtov gozdnogospodarskih enot. Območja s poudarjenimi funkcijami so postala tudi podlaga za dodeljevanje



subvencij lastnikom gozdov za opravljena dela, s katerimi so vsaj posredno ugodno vplivali na izbrane, tradicionalno poimenovane »splošnokoristne« funkcije gozda. Koncept funkcij gozda je bil tako kot v drugih srednjeevropskih deželah (npr. Švici) dobro sprejet v gozdarskih krogih, funkcije gozda pa so postale pomembna podlaga za presojo posegov v gozdni prostor. Glede na trende in nekatere pomanjkljivosti, ki so se pokazale v praksi, pa ugotavljamo, da je koncept funkcij gozda treba preveriti, dopolniti in posodobiti. Z vidika upravljanja se zastavljajo predvsem vprašanja o primernosti sedanjega načina členitve gozdov na območja s poudarjenimi funkcijami, ki med drugim zadevajo poimenovanje, število, stopnje poudarjenosti in merilo prikaza ter kriterije za njihovo določanje (Simončič in Bončina 2012).

V raziskavi nas je zanimalo, kakšne so prednosti in slabosti koncepta prednostnih območij v Sloveniji, kakšne so izkušnje in trendi v tujini ter kako je mogoče koncept dopolniti. Predpostavili smo:

- 1) v srednjeevropskih državah je v ospredju integracijski pristop večnamenskega gospodarjenja z gozdovi, ki pa se med državami razlikuje,
- 2) obravnavanje funkcij gozda v srednjeevropskih državah in širše se razlikuje od obravnavanja funkcij gozda v Sloveniji,
- 3) potrebna je dopolnitev koncepta funkcij gozda v Sloveniji.

Metode

Z vodenimi intervjuji strokovnjakov (po eden iz vsake države) in študijami izbranih primerov smo analizirali obravnavanje funkcij gozda in drugih prednostnih območij v gozdnogospodarskem načrtovanju v devetih srednjeevropskih državah (Avstrija, Bavarska (Nemčija), Češka, Hrvaška, Madžarska, Slovaška, Slovenija, Trento (Italija) in Zürich (Švica)).

Dodatno smo z anketiranjem strokovnjakov (n=162), ki delujejo na področju načrtovanja in gospodarjenja v gozdnem prostoru (načrtovalci, revirni gozdarji), analizirali učinkovitost sedanjega pristopa

obravnavanja funkcij gozda in drugih prednostnih območij v gozdnogospodarskem načrtovanju v Sloveniji (Simončič 2013a). Rezultate analiz in predloge smo predstavili na delavnici, na kateri so sodelovali strokovnjaki s področja načrtovanja/upravljanja gozdov v Sloveniji (Simončič 2013b). Na delavnici smo oblikovali skupne zaključke in predloge za izboljšanje koncepta funkcij gozda v Sloveniji (Bončina in sod. 2014).

Z obiskom in študijo praks v tujini (pacifiški del ZDA) smo dobili širši pregled nad različnimi pristopi večnamenskega gospodarjenja.

Rezultati

V večini srednjeevropskih dežel je uveljavljen koncept funkcij gozda, ki pa se med deželami razlikuje (preglednica 1). Glavne razlike se kažejo v številu opredeljenih funkcij in rangiranju njihovega pomena. Pri tem sta opazna dva poglobljena pristopa: 1) normativni pristop, ki ga označuje veliko število funkcij, rangov in posledično podrobna klasifikacija celotne gozdne površine, ter 2) upravljavski pristop, kjer se vrednotenje in določanje funkcij gozda usmerja predvsem na predele z izrazitim pomenom in potrebam po drugačnem ukrepanju (npr. Švica). Izraz gozdne funkcije se je uveljavil predvsem v Švici, Avstriji, Nemčiji in Sloveniji, medtem ko v ostalih deželah govorijo o kategorijah ali gozdovih s posebnim namenom, ki se nadalje lahko členijo na podkategorije. Vsem deželam je skupno, da gozdarsko načrtovanje igra veliko vlogo pri določanju prednostnih območij, in da pri določanju prevladujejo elementi integracije (več funkcij na isti površini), čeprav so med deželami opazne znatne razlike. Nekateri sistemi (npr. Češka) vsebujejo več elementov segregacije: v številnih zavarovanih območjih gozdov se ne gospodarja, medtem ko so v znatnem delu t.i. gospodarskih gozdov neekonomski cilji manj pomembni.

Primerjava srednje Evrope in pacifiškega dela ZDA kaže na znatne razlike v aplikaciji koncepta prednostnih območij (preglednica 2). Zaradi velikih razlik v

Preglednica 1: Glavne značilnosti določanja območij s poudarjenimi funkcijami gozda v izbranih srednjeevropskih deželah (po Simončič in sod. 2013)

Dežela / območje	št. funkcij	št. stopenj poudarjenosti	minimalna velikost	merilo prikaza	ovrednotena površina
Avstrija	4	4	10 ha	1:50.000	cela
Bavarska (Nemčija)	12	2*	**	1:50.000	cela
Hrvaška	16	-	-	-	cela
Češka	13	-	**	1:10.000	cela
Madžarska	23	-	**	1:10.000	cela
Slovenija	17	3	**	1:25.000	cela
Slovaška	13	-	**	1:10.000	delna
Trentino (Italija)	2	-	**	1:25.000	delna
Zürich (Švica)	4	2	**	1:25.000	delna

* , rangiranje samo za rekreacijsko in hidrološko funkcijo

** , enako kot za gozdni prostor, v večini primerov v intervalu 0,1 – 0,5 ha

naravnih danostih, socio-ekonomskih značilnosti in prostorskem merilu bodo te razlike vedno prisotne, zato pristopov iz tujine ni primerno neposredno prenašati v prakso gospodarjenja z gozdovi v Sloveniji. Kljub temu pa lahko v tujih zgledih najdemo ideje, ki bi izboljšale aplikacijo prednostnih območij v Sloveniji.

Za dopolnjevanje koncepta funkcij gozda v Sloveniji so zanimive predvsem naslednje značilnosti prednostnih območij v Srednji Evropi in širše:

- velika vključenost javnosti in drugih deležnikov v določanje prednostnih območij,
- aktivno ukrepanje na prednostnih območjih,
- vpetost prednostnih območij v lokalno okolje,
- jasno ovrednotenje (kvalitativno ali kvantitativno) funkcij/storitev na prednostnih območjih z namenom obveščanja javnosti in politike o raznovrstnih učinkih gospodarjenja z gozdovi (npr. Smith in sod. 2011),

- ekonomsko ovrednotenje večnamenskega gospodarjenja za zagotavljanje različnih lesnih in nelesnih storitev iz gozdov.

Udeleženci delavnice o večnamenskem gospodarjenju z gozdovi v Sloveniji (Bončina in sod. 2014) so opredelili glavne prednosti in slabosti koncepta območij s poudarjenimi funkcijami v sedanji zasnovi večnamenskega gospodarjenja v Sloveniji (preglednica 3). Kot možne izboljšave koncepta funkcij gozda so izpostavili razjasnitev in poenotenje terminologije in razumevanja koncepta funkcij gozda, zmanjšanje števila funkcij gozda, poenostavitev prikazov območij s poudarjenimi funkcijami ter izboljšanje povezave med območji s poudarjenimi funkcijami in ukrepi za gospodarjenje.

Preglednica 2: Primerjava koncepta prednostnih območij (PO) v Srednji Evropi in pacifiškem delu ZDA

Značilnosti	Srednja Evropa	Pacifiški del ZDA
Poglavitni nameni	varstvo pred naravnimi nesrečami, rekreacija, varstvo voda, varstvo narave, varstvo okolja, izobraževanje in raziskovanje idr.	habitati poznih sukcesijskih vrst in procesov, rekreacija, varstvo voda, varovanje nedotaknjene narave, izobraževanje in raziskovanje idr.
Poimenovanje	območja s poudarjenimi funkcijami, gozdovi s posebnim namenom	alokacije, posebna območja ("special use areas")
Pomen ciljev	več ciljev na isti gozdni površini	prevladuje en poglavitni cilj, drugi so izključeni ali znatno manj pomembni
Prekrivanje PO	da	ne; lahko se določijo podobmočja znotraj večjih PO
Kdo določa	predvsem gozdnogospodarsko načrtovanje	predvsem predsednik države, kongres
Kdo upravlja	ena javna gozdarska služba	različne javne upravljavske institucije
Lastništvo	zasebni in javni gozdovi	javni gozdovi
Trajanje	predvsem srednjeročno	predvsem trajno ali dolgoročno
Merilo	nekaj 10 ha (sestoji) do nekaj 10,000 ha (gozdnogospodarska območja)	nekaj 100 ha (manjša krajina) do nekaj 100,000 ha (regije)
Gospodarjenje	relativno majhne razlike med PO in ostalim gozdnim prostorom	velike razlike med PO in ostalim gozdnim prostorom

Preglednica 3: Poglavitne prednosti in slabosti koncepta funkcij gozda v Sloveniji (Bončina in sod. 2014)

Poglavitne prednosti	Poglavitne slabosti
<ul style="list-style-type: none"> - je uporaben za načrtovanje in urejanje gozdnega prostora - je ustrezen za participacijo z različnimi deležniki - obravnava celoten gozdni prostor - omogoča pregled nad konfliktnimi območji v gozdnem prostoru 	<ul style="list-style-type: none"> - pomanjkanje in nejasna merila za vrednotenje funkcij gozda - preveliko število funkcij gozda - nepreglednost karte funkcij gozda - pomanjkljivo sodelovanje stroke z drugimi sektorji in lastniki gozdov - pomanjkljiva povezava med območji s poudarjenimi funkcijami in ukrepi za pospeševanje funkcij gozda - nesorazmernost med vložkom (določanje območij, izdelava kart) in učinkom za večnamensko gospodarjenje - nejasna definicija in različno (neenotno) razumevanje funkcij gozda

Razprava

V raziskavi smo ugotovili številne podobnosti v konceptu prednostnih območij v srednjeevropskih deželah (npr. prevladujoč pristop integracije več funkcij gozda na isti površini), hkrati pa tudi številne razlike, ki se kažejo predvsem v številu opredeljenih funkcij, rangiranju njihovega pomena ter namenu prednostnih območij. Obravnavanje funkcij gozda v Sloveniji je v nekaterih značilnostih bližje deželam, kjer je v ospredju upravljavski pomen prednostnih območij (npr. pomen za sodelovanje z deležniki in pomen za širše upravljanje s prostorom), v nekaterih značilnostih pa je naš pristop izrazito normativen (veliko število funkcij in rangov, vnaprej določeni kriteriji). Izvedeni postopki (anketa, participacijska delavnica) so opozorili na potrebe po dopolnitvi koncepta funkcij gozda v Sloveniji.

Glede na rezultate ankete, delavnico in dobro prakso iz tujih zgledov predlagamo nekatere izboljšave koncepta prednostnih območij (območij s poudarjenimi funkcijami in zavarovanih območij gozdov):

- zmanjšati število opredeljenih funkcij na 5–8 poglavitnih skupin ter poenostaviti rangiranje pomena funkcij (npr. določati prednostno funkcijo); s tem bi poenostavili prikaze, povečali preglednost nad pomenom gozdov in konfliktnimi območji,
- zavarovana območja gozdov podobno kot funkcije gozda deliti glede na namen,
- povečati objektivizacijo kriterijev predvsem za tista območja gozdov (npr. zavarovani zaščitni gozdovi), ki zahtevajo konsenz na višjih političnih ravneh,
- zmanjšati normativizem pri določanju nekaterih (npr. socialnih) funkcij gozda in povečati pomen strokovne presoje načrtovalcev; s tem bi območja s poudarjenimi funkcijami bolj kot do sedaj upoštevala lokalno problematiko, povečal bi se njihov pomen za upravljanje,
- aktivnejše vključiti javnost in druge deležnike v določanje območij s poudarjenimi funkcijami, saj le tako lahko zagotovimo legitimnost območij in uspešno izvajanje ukrepov,
- poenostaviti postopek prikazovanja območij s poudarjenimi funkcijami ter več pozornosti nameniti načrtovanju in izvedbi ukrepov na operativni ravni. Predlagamo projektno izvajanje predvsem na območjih, kjer gre za izrazito potrebo po spremenjenem gospodarjenju.

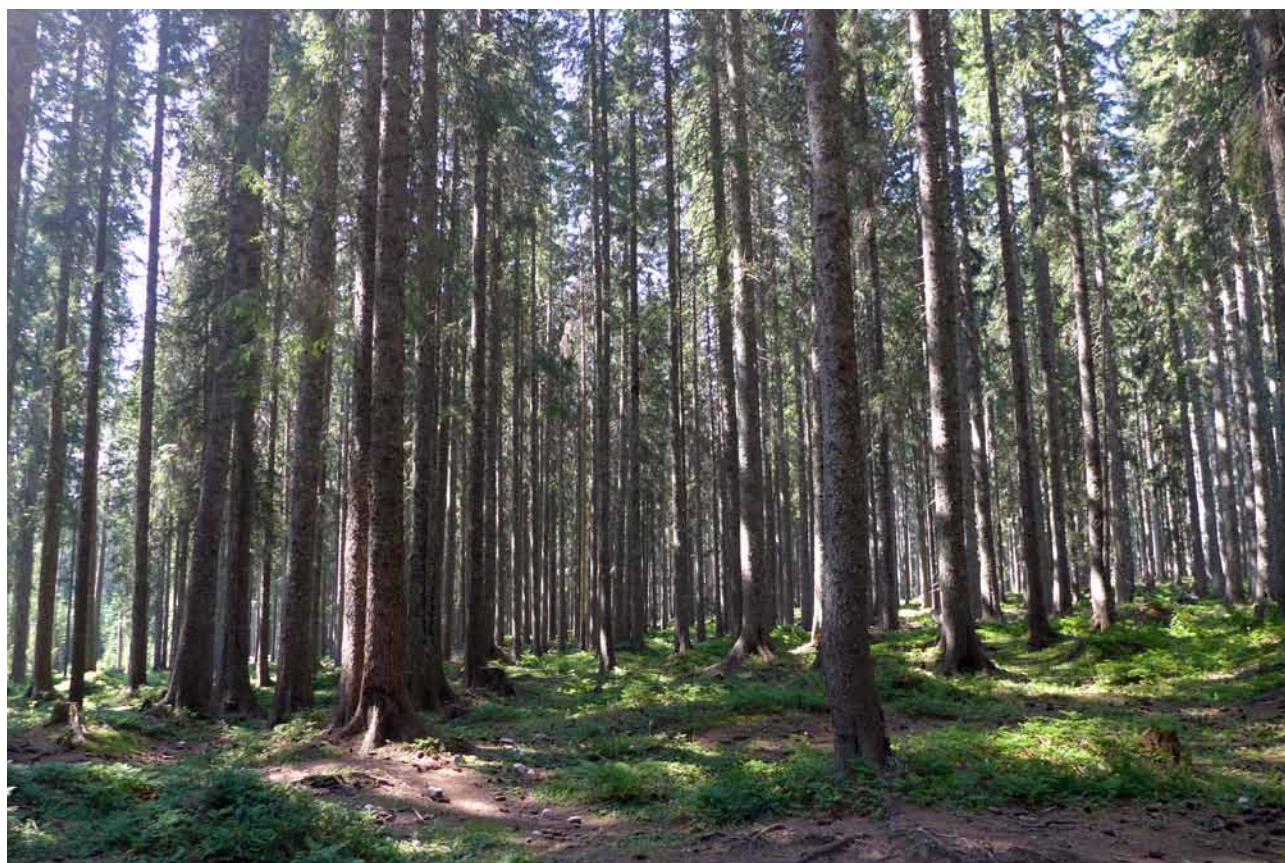
V zadnjih nekaj letih se v tujini pospešeno uveljavlja koncept ekosistemskih storitev (npr. MEA 2005), delno tudi zato, ker presega okvir gozdnega prostora. Aktualen je predvsem na področju klasifikacije okoljskih storitev, njihovega monetarnega vrednotenja in kartiranja (ang. ecosystem services mapping). Koncepta funkcij gozda in ekosistemskih storitev se razlikujeta v številnih značilnostih (npr. Pistorius in sod. 2012), poglavitna razlika pa je, da so funkcije gozda namenjene predvsem ureničenju večnamenskega gospodarjenja z gozdovi, to je upravljanju, medtem ko koncept ekosi-

stemskih storitev v ospredje postavlja kvalitativno in monetarno ovrednotenje vseh storitev iz gozdov za izboljšanje gospodarjenja z gozdovi. Ker je ta vidik pri določanju območij s poudarjenimi funkcijami zapostavljen, a pomemben in neizogiben pri vse bolj družbeno raznolikih okvirih gospodarjenja z gozdovi, je potrebno koncept funkcij gozda dopolniti tudi v smeri ekosistemskih storitev. Takšne spremembe nam narekujejo tudi višji politični in meddržavni dogovori, saj se na ravni Evrope že izvaja »kartiranje ekosistemskih storitev«. V deželah, kjer je tradicionalno uveljavljen koncept funkcij gozda (npr. Nemčija), so pričakovanja gozdarskega sektorja, da se bo gozdarstvo z valoriziranimi funkcijami gozdov vključevalo v napovedano »kartiranje« ekosistemskih storitev na regionalni in nacionalni ravni (npr. Bürger-Arndt 2013).

Globalne in lokalne socialne in okoljske spremembe prinašajo nove zahteve do gozdov in hkrati zahtevajo spremembe konceptov gospodarjenja z gozdovi. Na področju večnamenskega gospodarjenja so te spremembe še posebej aktivne in so izziv tudi za dopolnitve koncepta prednostnih območij pri večnamenskem gospodarjenju z gozdovi v Sloveniji. Pri dopolnitvah koncepta prednostnih območij je ključno izhodišče, za kaj sploh potrebujemo takšna območja pri načrtovanju in gospodarjenju z gozdovi. Območja s poudarjenimi funkcijami gozdov in zavarovana območja gozdov so instrument za večnamensko gospodarjenje, namen tega orodja pa definira kriterije za njihovo prostorsko določanje (Bončina in sod. 2014). Namen prednostnih območij v Sloveniji se lahko znatno razlikuje od drugih dežel, kar je smiselno upoštevati pri sledenju trendov iz tujine in uvajanju sprememb načina določanja prednostnih območij. Te naj bodo strokovno in znanstveno utemeljene, sprejete pri javnosti ter (predvsem) upravljavsko učinkovite.

Viri:

- Bončina A. 2011. Conceptual approaches to integrate nature conservation into forest management: a Central European perspective. *International Forestry Review*, 13, 1: 13–22.
- Bončina A., Matijašič D., Simončič T., Bogovič M., Devjak T., Havliček R., Klopčič M., Pirnat J., Pisek R., Poljanec A. (2014) Razvoj koncepta večnamenskega gospodarjenja z gozdovi: funkcije gozda, ekosistemske storitve in prednostna območja. *Gozdarski vestnik*, 72, 1: 44–46.
- Borchers J. 2010. Segregation versus Multifunktionalität in der Forstwirtschaft. *Forst und Holz*, 65, 7/8: 44–49.
- Bürger-Arndt R. 2013. Waldfunktionen und Ökosystemleistungen im wissenschaftlichen Diskurs. V Ring, I. (ed.): *Der Nutzen von Ökonomie und Ökosystemleistungen für die Naturschutzpraxis. Workshop III: Wälder. -BfN-Skripten 334*: 24–29.
- Koch N. E., Skovsgaard J. P. 1999. Sustainable management of planted forests: some comparison between Central Europe and the United States. *New Forests*, 17, 1–3: 11–22.
- MEA (Millennium Ecosystem Assessment). 2005. *Ecosystems and human well-being: Current state and trends*. Washington, D.C. – Island Press
- Pistorius T., Schaich H., Winkel G., Plieninger T., Bieling C., Kohnold W., Volz K-R. 2012. Lessons for REDDplus: A comparative analysis of the German discourse on forest functions and the global ecosystem services debate. *Forest Policy and Economics*, 18: 4–12.
- Simončič T., Bončina A. 2012. Koncept prednostnih območij pri načrtovanju večnamenskega gospodarjenja z gozdovi. *Gozdarski vestnik*, 70, 10: 415–429.
- Simončič T., Bončina A., Rosset C., Binder F., De Meo I., Čavlovič J., Gal J., Matijašič D., Schneider J., Singer F., Sitko R. 2013. Importance of priority areas for multi-objective forest planning: a Central European perspective. *International Forestry Review* 15, 4: 509–523.
- Simončič T. 2013a. Anketa o konceptu prednostnih območij pri večnamenskem gospodarjenju z gozdovi v Sloveniji
- Simončič T. 2013b. Rezultati ankete o prednostnih območjih pri večnamenskem gospodarjenju z gozdovi v Sloveniji. V Bončina A., Matijašič D., (ur.): *Razvoj koncepta večnamenskega gospodarjenja z gozdovi: funkcije gozda, ekosistemske storitve in prednostna območja. Zbornik prispevkov*: 37–41.
- Smith N., Deal R., Kline J., Blahna D., Patterson T., Spies T. A., Bennet K. (2011) *Ecosystem services as a framework for forest stewardship: Deschutes national forest overview. (General Technical Report PNW- GTR-852)*. USDA, Forest Services, Pacific Northwest Research Station
- Vincent J., Binkley C. 1993. Efficient multiple-use forestry may require land-use specialization. *Land Economics*, 69, 3: 370–376.



Fotografija po izboru uredništva (avtor: Miha Humar)

RAZVOJ NAPRAVE ZA IZOLACIJO MINIRIZOTRONOV IN MERJENJE TEMPERATURNIH PROFILOV V NJIH

Development of equipment for minirhizotron thermal insulation and temperature profile measurement

Peter Železnik*, Mitja Ferlan, Hojka Kraigher

Gozdarski inštitut Slovenije, Oddelek za gozdno fiziologijo in genetiko, Večna pot 2, 1000 Ljubljana

Ključne besede: minirizotron, temperature, temperaturni profil tal, dinamika rasti korenin

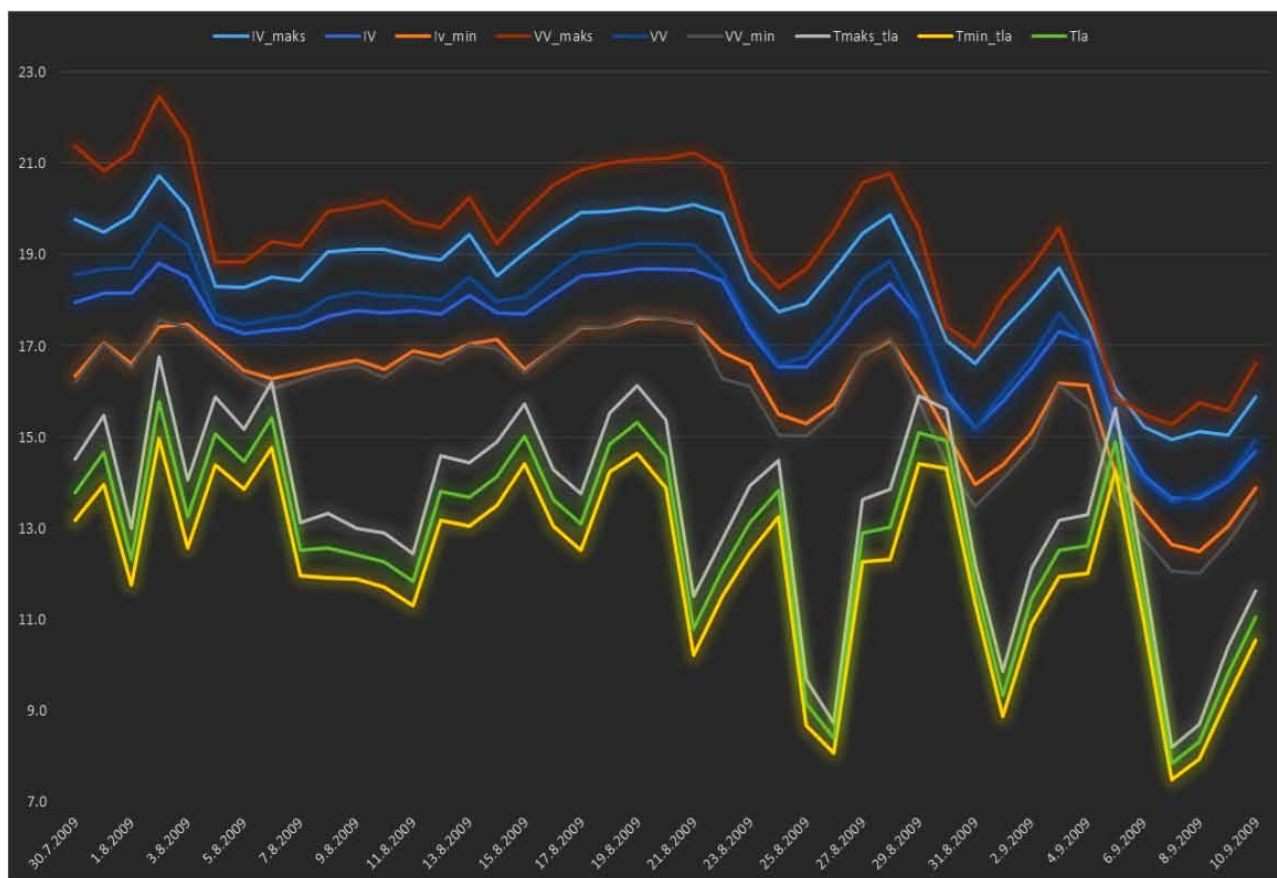
Keywords: minirhizotron, temperature, soil temperature profile, root growth dynamics

Minirizotroni so cevi iz prozorne inertne umetne mase, nameščene v vrtnice v tleh, ki omogočajo nedestruktivno opazovanje dinamike rasti korenin v daljšem časovnem obdobju. Opazovanje poteka tako, da v minirizotrone v poljubnih časovnih razmikih vstavimo kamero, s katero zajemamo slike korenin (Majdi 1996). Rast korenin v gozdni ekosistemi je odvisna od številnih okoljskih spremenljivk, med drugim tudi od temperature tal (Van Rees 1998). Na del minirizotropa, ki gleda iz tal, vpliva mikrokli-

ma nad tlemi ter neposredno sončno sevanje, kar lahko povzroči spremembe v temperaturnem profilu v cevi in v njeni bližnji okolici. Zaradi razlik v toplotni prevodnosti lahko prihaja do segrevanja globljih plasti tal v okolici minirizotropa s toplejšim zrakom v cevi ali pa do ohlajanja višjih plasti tal. Osvetlitev minirizotronske kamere in odpiranje cevi med zajemanjem posnetkov na temperaturni profil v cevi in njeni bližnji okolici nimata značilnega vpliva (Van Rees 1998). V raziskavah z minirizotroni je vpliv



Slika 1: Potek maksimalnih in minimalnih temperatur v minirizotronih in nepoškodovanih tleh na globini 5 cm konec leta 2008 in v začetku leta 2009.



Slika 2: Potek maksimalnih in minimalnih temperatur v izoliranih minirizotronih in nepoškodovanih tleh na globini 5 cm v avgustu in septembru 2009.

vstavljenih cevi na temperaturne razmere v tleh večino- ma zanemarjen in spregledan (Vamerali in sod. 2012). Edino priporočilo govori o barvanju iz tal štrlečega dela cevi najprej s črno in nato z belo (Majdi in sod. 1992). Kljub temu, da smo priporočilo o zaščiti cevi nad tlemi upoštevali, so meritve temperatur v minirizotronih pokazale značilno višje ekstreme v primerjavi z okoliškimi tlemi (Slika 1). Na osnovi teh ugotovitev smo za zaščito cevi pred vplivom nadzemne mikroklimе oblikovali in patentirali polnilo, katerega premer je bil nekoliko manjši od notranjega premera minirizotronov, ter ga opremili s sedmimi temperaturnimi tipali (DS18B20), ki so bila nameščena na višini 5 cm nad tlemi, v ravnini s površino tal ter na globinah od 5 do 40 cm pod površino tal. Vsaka polnilna cev je imela tudi samostojen shranjevalnik podatkov, izolirana pa je bila s poliuretansko peno (Ferlan in Železnik 2012).

Primerjavo med temperaturnimi profili v minirizotronih z vstavljenimi polnili ter okoliških tleh smo opravili na raziskovalni ploskvi mednarodnega provenienčnega poskusa z bukvijo na Kamenskem hribu, kjer smo temperature v treh minirizotronih primerjali s temperaturami tal, izmerjenimi s temperaturnimi gumbki 21G (ProgesPlus, Francija), izpostavljenimi v tleh na globini tal 5 cm in 20 cm.

V minirizotronih s patentiranimi vložki smo izmerili manjše nihanje temperatur v primerjavi s praznimi minirizotroni. V primerjavi s temperaturami nepoškodovanih tal so bile temperature v izoliranih minirizotronih višje za nekaj stopenj (Slika 2). Sklepamo, da je uporaba vložkov v mini-

rizotronskih raziskavah priporočljiva, vendar je potrebno izvesti dodatne dolgotrajnejše meritve z različnimi izvedbami toplotne izolacije vložkov, da bi zagotovili najboljši možni približek temperatur v minirizotronih temperatu- ram nepoškodovanih tal. S tem bi zmanjšali spremembe temperaturnih razmer v tleh, ki posredno vplivajo na rast in razvoj korenin, nastanejo pa z vstavljanjem minirizotro- nov v tla.

Zahvala:

Razvoj metode in naprave so omogočili raziskovalni pro- gram P4-0107, projekta L4-2265 in L4-4318, ki sta ju financirala ARRS in MKO, ter program MR (PŽ).

Viri:

- Majdi H. 1996. Root sampling methods- applications and limitations of the minirhizotron technique. *Plant and Soil*, 185: 255-258.
- Majdi H., Smucker, A. J. M., Persson, H. A. 1992. A comparison between minirhizotron and monolith sampling methods for measuring root growth of maize (*Zeamays L.*). *Plant and Soil*, 147: 127-134.
- Vamerali T., Bandiera, M., Mosca, G. 2012. Minirhizotrons in Modern Root Studies. V: *Measuring Roots*. Mancuso S. (Ur.), Springer Berlin Heidelberg: 341-361.
- Van Rees K. C. J. 1998. Soil temperature effects from minirhizo- tron lighting systems. *Plant and Soil*, 200, 1: 113-118.
- Železnik, P. and M. Ferlan 2012. A method for measuring the dynamics of root development and apparatus for carrying out said method, Google Patents. <http://www.google.com/patents/EP2289307B1?cl=en>

RAZISKAVE OBRATA IZVENKORENINSKEGA MICELIJA V GOZDNIH TLEH

Research of turnover of extramatrical mycorrhizal mycelia in forest soil

Ines Štraus*, Hojka Kraigher

Gozdarski inštitut Slovenije, Oddelek za gozdno fiziologijo in genetiko, Večna pot 2, 1000 Ljubljana

Ključne besede: ektomikoriza, vrstne mrežice, izotopske analize, minirizotroni

Keywords: Ectomycorrhiza, in-growth mesh bags, isotopic analyzes, minirhizotrons

Privzem hranil v borealnih gozdovih in gozdovih zmernega pasu je pogojen s simbiotskimi ektomikoriznimi glivami, ki s hifnim plaščem obdajajo drobne korenine dreves ter tvorijo izvenkoreninski micelij (angl. extramatrical mycelium - EMM) (Smith in Read 2008), ki prodira v okoliški substrat in v tleh ustvarja obsežno mrežo.

Ektomikoriza oz. EMM ima ključno vlogo pri ekoloških procesih, kot so privzem hranil iz tal (Harley 1989), kroženje dušika (N) (Hodge in Fitter 2010), kroženje ogljika (C) (Simard in sod. 1997), preperevanje mineralov (Landeweert in sod. 2001), tvorba organske snovi tal (Ekblad in sod. 2013), ukoreninjanje in preživetje sadik (Smith in Read 2008) in spreminjanje sestave koreninskih združb (Van Der Heijden in sod. 1998).

Ocene količin ogljika v gozdnih tleh se gibljejo med 25 % in 63 % bruto primarne produkcije glede na global-

ni nivo (Litton in sod. 2007) in lahko imajo velik vpliv na fizikalne, kemične in biološke lastnosti tal. Razporeditev talnega ogljika povezuje dogajanje v krošnjah dreves z aktivnostmi, ki potekajo v gozdnih tleh in zagotavlja tok organskega ogljika od poganjkov do tal preko drobnih korenin in mikoriznih hif (Ekblad in sod. 2013). Pot, po kateri organski ogljik vstopa v tla, je kompleksna, velik delež ogljika se izgubi z dihanjem, manjši delež pa se veže v organsko snov tal (Janssens in sod. 2001).

Za raziskovanje obrata EMM so v svetu trenutno v uporabi nekatere metode, katerih prednosti in slabosti so predstavljene v Preglednici 1. Glede na razpoložljivo raziskovalno opremo in cilj raziskave izberemo tisto, ki nam najbolj ustreza. Na Gozdarskem inštitutu Slovenije smo za raziskovanje obrata EMM v tleh uporabili metodo z vrstnimi mrežicami, ki je v nadaljevanju podrobno opisana.

Preglednica 1: Prednosti in slabosti metod za raziskovanje obrata (EMM) (povzeto po Wallander in sod., 2013)

Obrat EMM	Prednosti	Slabosti
Minirizotroni	Sledenje pojava (rojstvo) in izginotja (smrt) hif	Natančnost podatkov je pogojena s pogostostjo snemanja in velikostjo (opaznostjo) hif oz. rizomorfov Omejen čas raziskav
Micelijske vrstne mrežice	V območjih, kjer je produkcija EMM hitra, lahko s sekvenčnim vzorčenjem zajamemo celoten obrat EMM	Zamuda v kolonizaciji vrstnih mrežic je lahko prevelika, kar vpliva na zanesljivost podatkov Obrat EMM je lahko v pesku različen kot v tleh
Izotopske tehnike	Omogoča pulzno označevanje vzdolž rastline Vrstne mrežice, napolnjene s substratom C4, se lahko uporabljajo za meritve vnosa ogljika	Analize razsutega glivnega materiala lahko napačno pokažejo hiter obrat EMM. Težavo odpravimo z analizo izotopov v strukturnih komponentah. Metoda z uporabo C4 materiala ni najbolj natančna, za zanesljive rezultate so potrebni veliki vnosi C.

Za raziskovanje EMM v tleh uporabljamo mrežico z odprtini velikostnega razreda pod 50 μm . Na ta način preprečimo rast drobnih korenin v mrežico. Mrežice so lahko v obliki žepkov, ki jih vodoravno namestimo v tla na različnih globinah ali cevi, ki jih namestimo navpično v tla in omogočajo gradientno spremljanje rasti EMM v tleh. Navadno mrežice vstavljamo na meji med mineralnim in organskim horizontom tal, ker so mikorizne glive na tem predelu najbolj številne (Lindahl in sod. 2007). Kot substrat za polnjenje mrežic lahko uporabimo presejan naravni substrat, s kislino očiščen kremenčev pesek ali organski material C4 rastlin. Glede na hitrost rasti ločimo hitro in počasi rastoče vrste mikoriznih gliv in čas inkubacije mrežic v tleh prilagodimo glede na to, katere vrste želimo vzorčiti. Za izračun letne neto produkcije ostanejo mrežice v tleh izpostavljene eno leto (Wallander in sod. 2013). Po vzorčenju na terenu mrežice shranimo v plastične vrečke in v čim krajšem času pripeljemo do laboratorija, kjer jih zamrznemo na $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Količino micelija ocenimo s pomočjo lupe po naslednji lestvici (vizualna ocena): (0) micelij ni prisoten, (1) prisotne so posamezne hife, (2) prisotna je majhna količina micelija, (3) micelij splošno prisoten, skupkov peska ni, (4) veliko micelija in posamezni skupki peska, (5) veliko micelija in večji del peska v skupkih. Za natančno oceno biomase micelija je potrebno hife ločiti od peska, kar lahko naredimo na dva načina: s pobiranjem hif iz peska, pomešanega z vodo ali s precejanjem vode, v kateri je pesek s hifami. Hife prenesemo v stehane tehtiče, ki jih za 24 h postavimo v sterilizator oz. pečico, nastavljen(o) na $50\text{ }^{\circ}\text{C}$, da se hife posušijo, nato jih stehamo. Ker se pri ločevanju hif od peska vedno nekaj peska še vedno drži hif, na ta način še ne dobimo prave mase. Zato hife po sušenju preko noči žgemo v pečici pri $600\text{ }^{\circ}\text{C}$ ter potem stehamo preostanek (Wallander in sod. 2004).

Raziskovanje zalog EMM v tleh in vstopanje biomase vanje, ne da bi pri tem zajeli tudi drobne mikorizne in nemikorizne korenine, je velik izziv. Nekateri raziskovalci (Wallander in sod. 2004) menijo, da je potrebno vnos biomase v EMM zaloge s pomočjo drobnih mikoriznih in nemikoriznih korenin obravnavati skupaj, zato bo v prihodnje potrebno metodologijo, s katero preučujemo EMM v tleh, še bolj razviti in dodelati.

Raziskavo in razvoj metod so financirali projekti in program ARRS: L4-2265, L4-4318 (MKO), projekt MR (IŠ), raziskovalni program P4-0107 in projekt 7OP ET Capacities Regpot št. 315982: EUFORINNO.

Viri:

- Ekblad A., Wallander, H., Godbold, D. L., Cruz, C., Johnson, D., Baldrian, P., Björk, R. G., Epron, D., Kieliszewska-Rokicka, B., Kjeller, R., Kraigher, H., Matzner, E., Neumann, J., Plassard, C. 2013. The production and turnover of extramatrical mycelium of ectomycorrhizal fungi in forest soils: role in carbon cycling. *Plant and Soil*, 366, 1-2: 1-27.
- Harley J. L. 1989. The significance of mycorrhiza. *Mycological Research*, 92, 2: 129-139.
- Hodge A., Fitter, A. H. 2010. Substantial nitrogen acquisition by arbuscular mycorrhizal fungi from organic material has implications for N cycling. *Proc Natl Acad Sci USA* 107, 31:13754-13759.
- Janssens I. A., Lankreijer, H., Matteucci, G., Kowalski, A. S., Buchmann, N., Epron, D., Pilegaard, K., Kutsch, W., Longdoz, B., Grünwald, T., Montagnani, L., Dore, S., Rebmann, C., Moors, E. J., Grelle, A., Rannik, Ü., Morgenstern, K., Oltchev, S., Clement, R., Guðmundsson, J., Minerbi, S., Berbigier, P., Ibrom, A., Moncrieff, J., Aubinet, M., Bernhofer, C., Jensen, N. O., Vesala, T., Granier, A., Schulze, E. D., Lindroth, A., Dolman, A. J., Jarvis, P. G., Ceulemans, R., Valentini, R. 2001. Productivity overshadows temperature in determining soil and ecosystem respiration across European forests. *Global Change Biology*, 7, 3: 269-278.
- Landeweert R., Hoffland, E., Finlay, R. D., Kuyper, T. W., Van Breemen, N. 2001. Linking plants to rocks: ectomycorrhizal fungi mobilize nutrients from minerals. *Trends in Ecology & Evolution*, 16, 5: 248-254.
- Lindahl B. D., Ihrmark, K., Boberg, J., Trumbore, S. E., Höglberg, P., Stenlid, J., Finlay, R. D. 2007. Spatial separation of litter decomposition and mycorrhizal nitrogen uptake in a boreal forest. *New Phytologist*, 173, 3: 611-620.
- Litton C. M., Raich, J. W., Ryan, M. G. 2007. Carbon allocation in forest ecosystems. *Global Change Biology*, 13, 10: 2089-2109.
- Simard S. W., Perry, D. A., Jones, M. D., Myrold, D. D., Durall, D. M., Molina, R. 1997. Net transfer of carbon between ectomycorrhizal tree species in the field. *Nature*, 388, 6642: 579-582.
- Smith S. E., Read, D. J. 2008. *Mycorrhizal symbiosis*. Third edition. Elsevier, Academic Press, 1-3, 189-385.
- Van Der Heijden M. G. A., Klironomos, J. N., Ursic, M., Moutoglou, P., Streitwolf-Engel, R., Boller, T., Wiemken, A., Sanders, I. R. 1998. Mycorrhizal fungal diversity determines plant biodiversity, ecosystem variability and productivity. *Nature*, 396, 6706: 69-72.
- Wallander H., Ekblad, A., Godbold, D. L., Johnson, D., Bahr, A., Baldrian, P., Björk, R. G., Kieliszewska-Rokicka, B., Kjeller, R., Kraigher, H., Plassard, C., Rudawska, M. 2013. Evaluation of methods to estimate production, biomass and turnover of ectomycorrhizal mycelium in forest soils – A review. *Soil Biology and Biochemistry*, 57, 0: 1034-1047.
- Wallander H., Göransson, H., Rosengren, U. 2004. Production, standing biomass and natural abundance of ^{15}N and ^{13}C in ectomycorrhizal mycelia collected at different soil depths in two forest types. *Oecologia*, 139, 1: 89-97.

LASERSKA MIKRODISEKCIJA – MOST MED MIKROSKOPIJO IN MOLEKULARNIMI TER FIZIKALNO-KEMIJSKIMI METODAMI

Laser microdissection – the bridge linking microscopy with molecular methods and methods of physical chemistry

Tanja Mrak*, Hojka Kraigher

Gozdarski inštitut Slovenije, Oddelek za gozdno fiziologijo in genetiko, Večna pot 2, 1000 Ljubljana

Ključne besede: laserska mikrodisekcija, mikroskopija, analiza tkiv

Keywords: laser microdissection, microscopy, tissue analyses«

Laserska mikrodisekcija je orodje za izolacijo specifičnih tkiv, celic, subcelularnih struktur in organelov iz mikroskopskih preparatov kompleksnih heterogenih tkiv. Vzorci, pridobljeni na ta način, so primerni za ekstrakcijo DNK, RNK, proteinov in metabolitov (Emmert-Buck s sod. 1996; Day s sod. 2005; Moco s sod. 2009). Mikroskopske preparate, ki so lahko v nekaterih primerih pripravljene na običajnih objektivnih steklih ali pa na posebnih objektivnih steklih z membranami, opazujemo pod invertnim ali pokončnim mikroskopom, laserski žarek pa potuje skozi leče objektiva. Preparati morajo biti pripravljene brez krovnih stekel, če pa uporabljamo arhivske vzorce, je potrebno krovno steklo pred lasersko mikrodisekcijo odstraniti.

Prve aparature za lasersko mikrodisekcijo so delovale tako, da je IR laserski žarek aktiviral termoplastični film nad mikroskopskim preparatom, pri čemer so se izbrane celice pod filmom prilepile nanj (Emmert-Buck s sod. 1996) in ta način uporabljajo še danes. Poleg tega so na voljo aparati, pri katerih se izbrani del tkiva izreže s pomočjo UV laserskega žarka, nato pa izrezani del bodisi pade v zbirno posodico pod njim zaradi težnosti bodisi se s pomočjo defokusiranega laserskega žarka katapultira v zbirno posodico nad njim. Ta dva načina sta natančnejša od prej omenjenega, saj omogočata izrezovanje delov, manjših od 1 µm (Day s sod. 2007).

Ključna za uspešno lasersko mikrodisekcijo ter nadaljnje postopke ekstrakcije je priprava vzorca, pri čemer je potrebno ohraniti histološke podrobnosti, ki omogočajo izbor zelenega dela tkiva, hkrati pa

se morajo v vzorcu ohraniti tudi molekule, ki jih želimo v nadaljevanju analizirati. Za živalska tkiva se najpogosteje uporablja rezanje zamrznjenih tkiv s kriptomom, za rastlinska tkiva pa ta način ni najbolj primeren zaradi tvorbe ledenih kristalov v vakuolah in medceličnih prostorih, ki poškodujejo vzorec (Kerk s sod. 2003; Day s sod. 2005). Za fiksacijo tkiv se zaradi slabega izkoristka pri ekstrakciji nukleinskih kislin in proteinov izogibamo uporabi fiksativov, ki vsebujejo formalin. Namesto tega za rastlinska tkiva uporabljamo Farmerjev fiksativ (mešanica etanola in očetne kisline). Fiksacija poteka pri 4 °C, nadaljnji postopki dehidracije in vklapljanja v parafin pa kot pri pripravi klasičnih mikroskopskih preparatov. Odstranjevanje parafina izvedemo tik pred lasersko mikrodisekcijo (Kerk s sod. 2003). Namesto parafina, kjer težavo predstavlja tako kontaminacija z RNazami kot visoka temperatura, ki ji je izpostavljeno tkivo, lahko uporabljamo vklapljanje v vosek, ki ima nizko temperaturo tališča (Gomez s sod. 2009), ali v metakrilatno plastiko, ki polimerizira pri nizkih temperaturah (Klink in Thibaudeau 2014). Če želimo v nadaljevanju delati z RNK, moramo uporabljati reagente, pipetne nastavke in plastično posodje, ki ne vsebuje RNaz v kombinaciji s tretiranjem vodnih raztopin z 0.1 % dietilpirokarbonatom ter pogosto menjavati rokavice (Carl Zeiss Microscopy 2012). Za ekstrakcijo DNK in RNK uporabljamo komplete, namenjene majhnim vzorcem, na primer PicoPure DNA/RNA Extraction Kit (Life Technologies), QI-Amp DNA Micro Kit (Qiagen) ali RNeasy Micro Kit (Qiagen).



Slika 1: Sistem za lasersko mikrodisekcijo PALM MicroBeam z invertnim mikroskopom ZEISS ter izvorom laserske svetlobe PALM (avtorica: Tanja Mrak)

Pomnoževanje ekstrahirane DNK iz večjih vzorcev, pridobljenih z lasersko mikrodisekcijo, je relativno enostavno z uporabo verižne reakcije s polimerazo (PCR). Tako pomnožene markerje lahko nadalje analiziramo z več pristopi (sekvenciranje, fragmentna analiza, analiza polimorfizma posameznih nukleotidov, genotipizacija kratkih tandemskih ponovitev in drugo) (Day s sod. 2005).

Kvantifikacijo ekstrahirane RNK lahko opravimo spektrofotometrično ali z občutljivejšimi fluorescenčnimi sistemi detekcije. Za ocenjevanje kakovosti pridobljene RNK lahko uporabljamo mikrokapilarno elektroforezo ali PCR s predhodno obratno transkripcijo (RT-PCR), pri kateri pomnožujemo fragmente tako s 3' kot s 5' konca ter ugotavljamo njuno razmerje. Ker je količina RNK, izolirane z lasersko mikrodisekcijo, majhna, jo je običajno pred nadaljnji analizami transkriptov potrebno pomnožiti, npr. s PCR, in vitro-transkripcijo (IVT) ali z Ribo-Spia pomnoževanjem. Nadaljnje analize transkriptov zajemajo metode, kot so PCR, Northern blot, in-situ hibridizacija, konstrukcija reporterskih genov, mikromreže ter serijska analiza izražanja genov (SAGE) (Day s sod. 2007).

Analize proteinov (v zadnjem času pa tudi metabolitov) so omejene s količino posameznih tipov celic, ki jih lahko pridobimo z lasersko mikrodisekcijo in količino produktov v njih. Za analizo proteinov v vzorcih, pridobljenih z lasersko mikrodisekcijo, uporabljamo gelsko elektroforezo, metodo imunoblot in masno spektrometrijo (MS) (Day s sod. 2005), za analize metabolitov pa metode, ki temeljijo na MS in jedrski magnetni resonanci (NMR). Pred analizo z MS molekule ločimo z eno od separacijskih tehnik, kot so tekočinska in plinska kromatografija ter kapilarna elektroforeza (Moco s sod. 2009)

Možnosti uporabe laserske mikrodisekcije v gozdarstvu in lesarstvu so številne in zajemajo raziska-

ve interakcij med rastlinami in patogeni oz. simbionti v različnih fazah infekcije oz. kolonizacije, raziskave specializacije in diferenciacije celic, raziskave epigenetske regulacije ključnih genov, identifikacijo endofitov, identifikacijo komponent kompleksnih in heterogenih vzorcev, dendrokronologijo visoke ločljivosti v povezavi z izotopskimi analizami, izdelavo kromosomskih knjižnic ipd.

Zahvala:

Pripravo prispevka je financiral evropski projekt EU-FORINNO European Forest Research and Innovation (RegPot No. 315982), financiran iz 7 okvirnega infrastrukturnega programa ter sofinancirala programska skupina »Gozdna biologija, ekologija in tehnologija« (P4-0107).

Viri:

- Carl Zeiss Microscopy. 2012. LCM Protocols – RNA handling (http://www.zeiss.com/microscopy/en_de/products/laser-microdissection/laser-microdissection-microbeam.html#downloads, april 2014).
- Day R.C., Grossniklaus U., Macknight R.C. 2005. Be more specific! Laser-assisted microdissection of plant cells. *TRENDS in Plant Science* 10, 8: 397-406.
- Day R.C., McNoe L.A., Macknight R.C. 2007. Transcript analysis of laser microdissected plant cells. *Physiologia Plantarum* 129, 2: 267-282.
- Emmert-Buck M.R., Bonner R.F., Smith P.D., Chuaqui R.F., Zhuang Z., Goldstein S.R., Weiss R.A., Liotta L.A. 1996. Laser Capture Microdissection. *Science*, 274, 5289: 998-1001.
- Gomez S.K., Javot H., Deewatthanawong P., Torres-Jerez I., Tang Y., Blancaflor E.B., Udvardi M.K., Harrison M.J. 2009. *Medicago truncatula* and *Glomus intraradices* gene expression in cortical cells harboring arbuscules in the arbuscular mycorrhizal symbiosis. *BMC Plant Biology*, 9: 10.
- Kerk N.M., Ceresani T., Tausta L., Sussex I.M., Nelson T.M. 2003. Laser Capture Microdissection of Cells from Plant Tissues. *Plant Physiology*, 132, 1: 27-35.
- Klink V.P., Thibaudeau G. 2014. Laser Microdissection of semi-thin sections from plastic-embedded tissue for studying plant-organism developmental processes at single cell resolution. *Journal of Plant Interactions*, 9, 1: 610-617.
- Moco S., Schneider B., Vervoort J. 2009. Plant Micrometabolomics: The Analysis of Endogenous Metabolites Present in a Plant Cell or Tissues. *Journal of Proteome Research*, 8, 4: 1694-1703.

VEČNAMENSKA UPORABA GOMOLJIK

Multipurpose applications of truffles as organisms

Tine Grebenc*, Anita Mašek

Gozdarski inštitut Slovenije, Oddelek za gozdno fiziologijo in genetiko, Večna pot 2, 1000 Ljubljana, Slovenija

Ključne besede: gomoljke, gojenje, meritve v nasadih, inovativne tehnologije

Keywords: truffles, truffle seedlings plantation, environmental measurements in plantations, innovation technology

Gomoljike, širše znane kot »tartufi«, so trosnjaki ektomikoriznih gliv, ki jih najdemo v številnih gozdnih in grmovnih ekosistemih zmernih podnebij. Kot ektomikorizne glive uspevajo (rastejo in tvorijo trosnjake) v obveznem sožitju z večletnimi, pretežno lesnatimi rastlinami (Kirk in sod. 2008). Gomoljike poznamo pretežno iz gastronomije, kjer jih zaradi značilne arome uporabljamo kot začimbo ali dodatek k jedem (Talou in sod. 1987). Gomoljike kot celoten organizem pa lahko uporabimo tudi v druge namene. V predstavitvi želimo prikazati nekaj načinov, kako lahko gomoljike na osnovi poznavanja njihove biologije in vpetosti v ekosisteme uporabimo kot orodje za doseganje različnih okoljskih (ekosistemskih), socialnih in ekonomskih ciljev.

Pripravili smo kratek vsebinski pregled možnosti uporabe, ki so v tujini že vpeljane prakse, a jih v Sloveniji malo oziroma sploh ne uporabljamo, ter možnosti, ki jih razvijamo skupaj s partnerji iz tujine in vključujejo gomoljike kot objekt analiz ali vir informacij.

Gomoljike spadajo med askomicetne glive in rastejo v sožitju s številnimi drevesnimi in grmovnimi vrstami, povezave med njimi pa so znane in opisane (Agerer 1987–2008). Manj pa je znanega o interakcijah, v katere vstopajo gomoljike z drugimi skupinami organizmov. Med drugim je bilo ugotovljeno, da se na površini določenih vrst gomoljik pojavljajo specifične populacije bakterij (Marjanović in sod., 2008; Antony-Babu in sod. 2013). Gomoljike so vir hrane za številne živali (divje svinje, divjad, glodavce, veverice, ...). Pri nekaterih skupinah žuželk, živečih v tleh, pa imajo tudi pomembno vlogo v procesu razmnoževanja (Grebenc in sod. 2010).

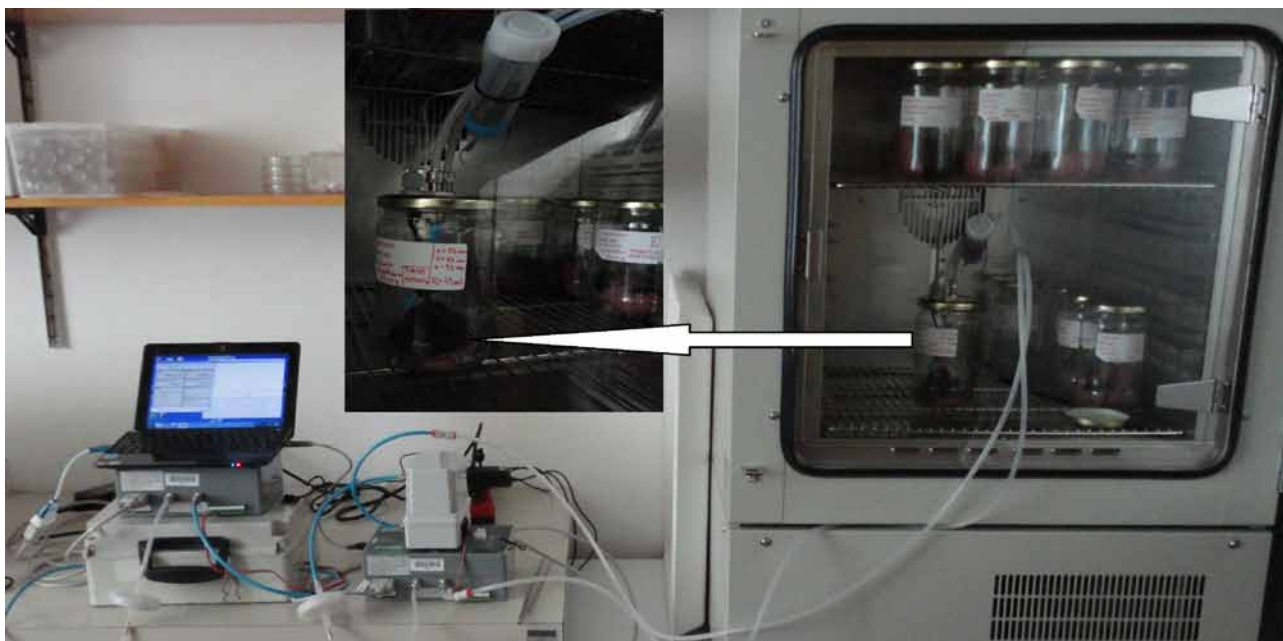
V kmetijskih ali kmetijsko-gozdarskih praksah so se gomoljike pojavile v prvih poskusih gojenja pred sto in več leti. Tako prakso gojenja so v večji meri začeli v 70-ih letih prejšnjega stoletja v Franciji (Chevalier in Frochot 2002), danes pa so uspešne plantaže osnovane že v več evropskih državah, v Avstraliji, ZDA, Čilu in drugje (Hall in sod. 2003). Tudi v Sloveniji je nekaj

manjših, a žal manj uspešnih poskusov gojenja gomoljik, vendar se kaže trend povečevanja zanimanja in tudi vlaganja v tovrstne sisteme, ne glede na dolge obhodne čase in nepredvidljivo produkcijo nasada (Vochl in sod. 2012). Kljub vzpostavljenim sistemom gojenja gomoljik pa ostajajo še dokaj neraziskane možnosti razvoja semenskih in genskih bank ali selekcije ter žlahtnjenja gomoljik. Tudi njihova uporaba v gozdarstvu je v Sloveniji še dokaj neizkoriščena, vključno z gojenjem ali nabiranjem gomoljik v naravnih rastiščih ter možnostjo revitalizacije gozdnih površin po naravnih motnjah (žledolomu, vetroloemu ali požaru).

V mnogih državah (Francija, Španija, Italija, Hrvaška) gomoljike izkoriščajo tudi za namene turizma oziroma agroturizma. Gre za večsmerno povezavo kulinarike, agroturizma in nekaterih demonstracijskih aktivnosti, ki vključujejo predvsem iskanje in uporabo gomoljik. Nezanemarljiv podatek je, da turistične aktivnosti, povezane z gomoljkarstvom, skupaj s prodajo inokuliranih sadik, gomoljik in različnih izdelkov iz gomoljik, predstavljajo do 300 milijonov evrov letnega prometa v EU (Vochl in sod. 2012).

Dokaj neizkoriščena možnost se kaže v uporabi gomoljik in z njimi povezanih dejavnosti v pedagoške namene na več ravneh izobraževanja. V teh primerih lahko gomoljike uporabimo kot modelno skupino gliv za razkrivanje biologije gliv, in sicer v okviru naravoslovnih dni ali seminarjev, kot je na primer »Gremo v gozd« (<http://www.srce-me-povezuje.si/gozdnapedagogika/index.php?Ing=sl>). S pomočjo gomoljik lahko razlagamo odnose med vrstami v ekosistemih (npr. sožitje) ali pa jih uporabimo za učenje dela domačih živali (psi za iskanje).

Poleg omenjenih pristopov predstavljamo še nekatere aktivnosti, vezane na gomoljike, ki jih v sodelovanju z več partnerji razvijamo na Gozdarskem inštitutu Slovenije. Na področju tehnoloških inovacij razvijamo multipleksno napravo za lovljenje in zbiranje spor gliv, ki bo omogočala energetske neodvisno zbiranje in časovno ločevanje zajetih spor in bo predvsem name-



Slika 1: Primer analize gomoljik – kontinuirano spremljanje dihanja trosnjakov pri različnih temperaturnih pogojih, v sredini – detajl komore (vzpostavitev sistema: Oddelek za gozdno fiziologijo in genetiko in Laboratorij za elektronske sisteme; delno z opremo Oddelka za varstvo gozdov).

njena analizam oddaljenih in težko dostopnih območij. Nadalje razvijamo prototip sledenja podzemnih gliv, ki temelji na upoštevanju več neodvisnih parametrov, ki kažejo na prisotnost podzemnih gliv (tudi gomoljik). Poleg tega stalno nadgrajujemo sisteme za spremljanje razmer (temperature, vlage, prevodnosti, pH, ...) na trajnih raziskovalnih ploskvah z rastišči gomoljik z namenom uporabe v pristopih modeliranja distribucije, potencialne razširjenosti in odziva posameznih vrst glede na razmere in predvidene spremembe v okolju. Gomoljike poznamo predvsem v ekološkem, socio-ekonomskem, finančnem in gastronomskem pomenu. Osvetliti je potrebno tudi druge možnosti uporabe, ki ob ustreznem znanju in prizadevanju na omenjenih območjih omogoča razvoj in diverzifikacijo dejavnosti tudi na področju gozdarstva.

Viri:

- Agerer R. 1987–2008. Colour atlas of ectomycorrhizae 1st-13th Edition. Einhorn-Verlag, Schwäbisch Gmünd, Germany.
- Antony-Babu S., Deveau A., Van Nostrand J.D., Zhou J., Le Tacon F., Robin C., Frey-Klett P., Uroz S. 2013. Black truffle-associated bacterial communities during the development and maturation of *Tuber melanosporum* ascocarps and putative functional roles. *Environmental Microbiology*, doi: 10.1111/1462-2920.12294.
- Chevalier G., Frochet H. 2002. La Truffe de Bourgogne (*Tuber uncinatum* Chatin). Levallois-Perret Cedex, France, Editions Petrarque: 257.
- Grebenc T., Mašek A., Dakskobler I. 2010. *Tuber aestivum* in Slovenia, its distribution and co-related biodiversity in natural stands. V: Kankaanpää A. (ur.). Second congress of the *Tuber aestivum/uncinatum* European scientific group : Juva, Finland : str. 27–28.
- Hall I.R., Yun W., Amicucci A. 2003. Cultivation of edible ectomycorrhizal mushrooms. *Trends in Biotechnology*, 21, 10: 433–438
- Kirk P.M., Cannon P.F., David J.C., Stalpers J. 2008. *Ainsworth and Bisby's dictionary of the fungi* (10th ed.). CAB International, Wallingford, UK, 771
- Marjanović Ž., Saljnikov E., Milenković M., Nikolić N., Grebenc T. 2008. Ecological features of *Tuber magnatum* Pico in the conditions of West Balkan - soil characterization. V: *Tuber 2008 : 3 Congresso Internazionale di Spoleto sul tartufo*, Spoleto, 25-28 Novembre 2008. str. 31.
- Talou T., Delmas M., Gaset A. 1987. Principal constituents of black truffle (*Tuber melanosporum*) aroma. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 35, 5: 774–777.
- Vochl S., Premrl T., Grebenc T., Ferreira A. 2012. Agroforestry system - its implementation in research and forestry practise in Slovenia. V: Humar M. (ur.). *Gozd in les : gozd in les - izjemni znanstveni dosežki in učinki : znanstveno srečanje : zbornik predavanj ob znanstvenem srečanju Gozd in les: izjemni znanstveni dosežki in učinki*. *Les*, 64, 5: 142–150.

VSEBNOST ANORGANSKIH ONESNAŽIL V LESNIH OSTANKIH SLOVENSKE POHIŠTVENE INDUSTRIJE

Concentrations of inorganic pollutants in wood residues from Slovenian wood manufacturing companies

Boštjan Lesar*, Miha Humar

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

Ključne besede: les, lesni ostanki, lesni kompoziti, onesnaževala

Keywords: wood, wood residues, wood based composites, contaminants

Uvod

Zaradi tehnološkega razvoja ogrevalnih sistemov (moderne kotli na sekance in pelete), povpraševanja v velikih energetskih sistemih (termoelektrarna Trbovlje in Šoštanj ter Termoelektrarna toplarna Ljubljana), potreb nekaterih sektorjev lesne industrije (proizvodnja vlaknenih in ivernih plošč) in povečanega izvoza v tujino postajajo lesni ostanki vse pomembnejša surovina, ki bo v prihodnosti še pridobivala svoj pomen. Piškur in Krajnc (2009) ocenjujeta, da letno v Sloveniji nastane med 650.000 in 850.000 ton lesnih ostankov, od tega več kot polovica pri proizvodnji žaganega lesa. Ta surovina ima široko uporabnost, ki pogosto zavisi od strukture in onesnaženosti ostankov. Največ lesnih ostankov v EU se uporabi v energetske namene in izdelavo plošč iz dezintegriranega lesa. Ostanki, ki ostanejo na žagarskih obratih, navadno niso kontaminirani (Vogt in sod. 2004). Povsem drugače pa je z ostanki v pohištveni

industriji. Tem lesnim ostankom so pogosto primešani ostanki, ki nastanejo pri brušenju površinsko obdelanih površin, jekleni ostružki, ostanki oplemenitenih plošč ... Na uporabo te surovine v energetske namene pa je v zadnjem času močno vplivala Uredba o predelavi nevarnih odpadkov v trdno gorivo (2008), ki predpisuje mejne vrednosti posameznih onesnažil v lesu, ki jih lahko uporabljamo v energetske namene (Preglednica 1).

Materiali in metode

V tipičnih predstavnikih slovenskih lesnopredelovalnih podjetij smo pridobili sedem vzorcev lesnih ostankov. Prejeli smo dva vzorca prahu, dva vzorca skobljancev, dva vzorca kosov ivernih plošč, zmešanih s prahom in vzorec dezintegriranega lesa (iverne plošče in MDF). Zbrane lesne ostanke smo dokumentirali, posušili (103 °C) in zmelili z laboratorijskim mlinčkom. Iz zmletega lesa smo s stiskalnico Chemplex izdelali

Preglednica 1: Mejne vrednosti za vsebnost nevarnih snovi v lesu, ki je obdelan z zaščitnimi sredstvi in premazi (UL RS 57/2008)

Onesnaževalo	Mejne vrednosti za obdelani les (ppm)	Priporočila EPF* (ppm)
B	30	/
As	3	25
Cd	/	50
F	30	100
Cu	20	40
Pb	/	90
Hg	0,4	2,5
Cl	Brez PVC oplemenitenja	1000
	S PVC oplemenitenjem	
PCP	/	0,5
Krozotno olje (benzo(a)pireni)	/	0,05

*EPF, 2004

tablete ($r = 16 \text{ mm}$; $d = 5 \text{ mm}$) za nadaljnje analize. Za izbrane elemente (Cl, Pb, Zn, Cu, Cr, Fe, Hg in Br) smo pripravili umeritvene krivulje in z rentgenskim fluorescenčnim spektrometrom kvantitativno analizirali lesne vzorce (XRF, TwinX, Oxford instruments). Večino meritev smo izvedli s PIN detektorjem ($U = 26 \text{ kV}$, $I = 115 \mu\text{A}$, $t = 300 \text{ s}$).

Rezultati in razprava

V vseh zbranih vzorcih lesnih ostankov smo odkrili povišane vrednosti onesnaževal glede na neobdelan les. Ta rezultat nas je presenetil, saj nismo pričakovali, da bodo vzorci iz pohištvene industrije, kjer se ne uporablja veliko kemikalij, tako onesnaženi. Iz preglednice 2 je razvidno, da glede na zahteve Uredbe o predelavi nenevarnih odpadkov v trdno gorivo (2008), nobenega izmed lesnih ostankov ne smemo neposredno uporabiti kot gorivo. Med zbranimi vzorci postavljene mejne vrednosti presegajo koncentracije klora, vsebnost ostalih elementov pa dovoljuje uporabo takšnega lesa v energetske namene.

Razlogi za presežene vrednosti onesnaževal v lesnih ostankih so raznoliki. Nizke koncentracije (pod mejo detekcije) kromovih in arzenovih elementov nakazujejo, da vzrok za povišano vsebnost kovin v lesnih ostankih niso biocidi oziroma zaščitna sredstva za les. Večina anorganskih zaščitnih sredstev namreč vsebuje bakrove, kromove, pogosto pa še arzenove spojine. Vzroki za visoke koncentracije železa v lesnih ostankih so verjetno obraba in ostanki jeklenih ostružkov, nastalih pri montaži, popravilih in vzdrževanju (Humar 2008). To razlago je potrdil tudi vizualni pregled ostankov, kjer smo med lesnimi ostanki opazili tudi kovinske opilke.

Verjetno so le-ti bolj ali manj pomotoma zašli v odsevalni sistem. Zavedati se moramo, da je volumen jeklenih delcev v celotni masi relativno majhen. Največ železa smo zasledili v vzorcih ivernih plošč, ki so bili povsem razmočeni. V vlažnem okolju še hitreje pride do korozije in onesnaženja lesne mase z železom. Predvidevamo, da je vzrok za omenjeno onesnaženje z železom zaradi manipulacije v tovarni in na deponiji in ne pri proizvodnji ivernih plošč.

Zanimivo je, da smo v lesnih ostankih določili tudi povišane koncentracije broma. Najvišje koncentracije smo zasledili v lesnem prahu. Ena od pomembnih aplikacij broma v industriji je uporaba v protipožarni zaščiti. Vsebujejo ga tako premazi, s katerimi je zaščitena notranjost brusilnih strojev in odsesovalnih sistemov, kot tudi brusni papir. Očitno ga med brušenjem del preide tudi v odsesovalni sistem in posledično v lesne ostanke. Po drugi strani se postavlja vprašanje, kje je razlog za povišane koncentracije svinca v lesnem prahu. Zanimivo je, da smo v prahu poleg svinca opazili tudi visoke koncentracije bakra in cinka. Ta podatek nakazuje, da vzrok za onesnaženje s temi elementi verjetno izhaja iz mehanske obdelave lesa oziroma lesnih kompozitov, saj je vsebnost teh onesnažil v izhodiščni surovini (kosi ivernih plošč) iz istega obrata bistveno nižja (preglednica 2).

Zahvala:

Raziskava je bila izvedena v sodelovanju z Združenjem lesne in pohištvene industrije GZS. Obenem se za sofinanciranje v okviru projekta REWOBIOREF iniciative WoodWisdom-Net+ zahvaljujemo Ministrstvu za izobraževanje, znanost in šport Republike Slovenije.

Preglednica 2: Koncentracija onesnaževal v lesnih ostankih iz slovenskih lesnopredelovalnih podjetij

Št. vzorca	Oblika vzorca	Onesnaževalo								
		Cl	Cr	Fe	Cu	Zn	As	Br	Pb	Hg
		Koncentracija *(ppm)								
1	skobljanje	472	0	126	0	24	0	3	0	0
2	skobljanje	1869	0	125	0	8	0	3	0	0
3	prah	1627	0	556	12	127	0	10	71	0
4	prah	643	0	329	5	42	0	8	14	0
5	kosi ivernih plošč	1061	0	77	0	9	0	0	0	0
6	kosi starih plošč	571	0	668	0	30	0	0	16	0
7	kosi starih plošč in prah	2284	0	523	0	28	0	0	5	0

* Vrednosti 0 pomenijo, da je bila koncentracija posameznega elementa pod mejo detekcije

Viri:

- EPF. 2004. EPF Industry standard. The use of recycled wood for wood-based panels. Bruselj, 3.
- Humar M. 2008. Anorganska onesnažila v odsluženem lesu in ploščah iz dezintegriranega lesa. Les, 60, 3: 98–102.
- Piškur M., Krajnc N. 2009. Viri in raba lesnih ostankov v Sloveniji. Lesarski utrip, 15, 126: 40–41.
- Uredba o predelavi nenevarnih odpadkov v trdno gorivo. 2008. Uradni list RS, 57: 6210–6224.
- Vogt M., Wylamrzy J., Schulze A. 2004. Fast detecting methods as instruments for the quality assurance of recovered wood. V: Management of Recovered Wood, Recycling, Bioenergy and other Options. University Studio Press: 157–168.

TERMIČNE LASTNOSTI SUŠENE NANOFIBRILIRANE CELULOZE

Thermal properties of dried nanofibrillated cellulose

Ida Poljanšek^{a*}, Vesna Žepič^b, Primož Oven^a, Romana C. Korošec^c, Aleš Hančič^b

^a Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo, Jamnikarjeva 101, 1000 Ljubljana

^b Univerza v Ljubljani, Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo, Aškerčeva 5, 1000 Ljubljana

^c Tecos Razvojni center orodjarstva Slovenije, Kidričeva 25, 3000 Celje

Ključne besede: nanofibrilirana celuloza, NFC, kristaliničnost, sušenje, TGA

Keywords: nanofibrillated cellulose, NFC, crystallinity, drying, TGA

Uvod

Celuloza je najbolj razširjen biopolimer na planetu. Sestavljena je iz nerazvejanih polimernih verig, kjer so med seboj povezane D-glukopiranozilne enote preko β (1 \rightarrow 4) vezi. V lesu in drugih ligno-celuloznih surovinskih virih je celuloza v obliki makro- in mikrofibril, ki jih je mogoče izolirati in/ali razgraditi s sodobnimi mehanskimi, kemijskimi ali encimatskimi postopki (Kalia in sod. 2011). Produkt, ki pri tem nastane, se najpogosteje označuje z izrazom nanofibrilirana celuloza (NFC), četudi običajno vsebuje različno velike delce, od vlaken in fragmentov vlaken, pa tudi makro in mikrofibrile ter fragmente teh bioloških struktur (glej npr. Chinga-Carrasco 2011). NFC se praviloma nahaja v obliki vodne suspenzije, kar lahko predstavlja resno tehnološko in ekonomsko omejitev. V mnogih tehnoloških procesih je zaželeno, da je NFC popolnoma suha. Proces sušenja NFC je kritična operacija, ker se pri tem tvorijo ireverzibilne vodikove vezi med celuloznimi nanofibrilami, kar vodi do nezaželenih aglomeracij. Za pravilno posušen vzorec NFC je zato treba izbrati primerno metodo sušenja in poznati vpliv parametrov sušenja na termične lastnosti produkta (Quiévy in sod. 2010; Žepič in sod. 2014). Termična stabilnost je pomembna lastnost v primeru uporabe NFC kot ojačitvene matrice v ekstrudiranih polimernih materialih, saj je pri ekstruziji material izpostavljen visokim temperaturam in tlakom. V tej študiji smo zato raziskovali termično stabilnost različno sušene nanofibrilirane celuloze.

Materiali in metode

Nanofibrilirano celulozo (NFC) smo prejeli v obliki vodne suspenzije, z vsebnostjo suhe snovi 1,6 %, od Centre for Biocomposite and Biomaterial Processing, University of Toronto, Canada. Premeri prevladujočih fibriliranih struktur so znašali od 20 nm do 60 nm. De-

lež celuloze v tem vzorcu je bil 91 %, vsebnost lignina < 0,3 %, ostalo so hemiceluloze.

Vodno suspenzijo NFC smo sušili na štiri različne načine: zračno (ad) pri sobni temperaturi in laboratorijski vlažnosti, 24 h; v laboratorijskem sušilniku (od) pri 105 °C s kroženjem zraka, 24 h; s postopkom liofilizacije (fd) v ModulyoD liofilizatorju (Thermo Fisher Scientific, ZDA), 16 ur (0,070 mbar tlaka, temperatura plošč 22 °C in temperatura kondenzatorja -50 °C) ter z razprševanjem (sp), kjer smo uporabili Büchi Mini Spray Dryer B-290 lab aparaturo (Büchi Corporation, Švica). Vstopna temperatura je bila od 160 °C do 170 °C, izstopna temperatura pa 40 °C do 60 °C. Koncentracija začetne suspenzije NFC je bila 0,5 %.

Termogravimetrično analizo (TGA) smo izvedli z Mettler Toledo TGA/SDTA 851e instrumentom (hitrost segrevanja 20 K min⁻¹ pri pretoku N₂ 100 ml min⁻¹ v temperaturnem območju od 25 °C do 500 °C). Natehtali smo približno 20 mg posušenega vzorca v Al₂O₃ lonček s premerom 8 mm.

Rezultati in diskusija

Rezultati kažejo, da je toplotna stabilnost različno posušene NFC močno odvisna od uporabljene sušilne tehnike. Različne tehnike sušenja vodijo do različnih interakcij med nanofibrilami in vodo (Quiévy in sod. 2010).

Prvo izgubo mase v temperaturnem območju med 50 °C in 180 °C pripisujemo odparevanju proste vode. Začetna temperatura razpada različno sušenih NFC vzorcev je približno 222 °C (Preglednica 1). Iz prvega odvoda termogramov (dTGA) razberemo temperaturo, pri kateri je hitrost razpada najvišja. Temperatura, pri kateri je hitrost razpada NFC najvišja, je odvisna od uporabljenega postopka sušenja (Preglednica 1). Vzorci, sušeni v laboratorijskem sušilniku, dosežejo maksimalno hitrost degradacije pri najnižji temperaturi

glede na ostale vzorce, medtem ko poteka razgradnja liofiliziranih vzorcev z maksimalno hitrostjo pri najvišji temperaturi. To navidezno anomalijo pripisujemo bolj-šemu prenosu toplote v bolj urejenih strukturah, kjer prevladujejo tudi inter- in intra-molekularne vodikove vezi. Zračno (ad) in v laboratorijskem sušilniku sušeni (od) vzorci so bolj termično stabilni kot NFC vzorci, sušeni z liofilizacijo oziroma z razprševanjem. Višjo stabilnost ad in od NFC vzorcev lahko pojasnimo z načinom dehidracije, kjer nastanejo gosto prepletene mreže nanofibril. Delež trdnega ostanka po degradaciji NFC vzorcev je prav tako odvisen od postopka sušenja in sledi vrstnemu redu toplotne stabilnosti vzorcev. Višja je toplotna stabilnost vzorcev, višji je trden ostanek po degradaciji (Preglednica 1).

Preglednica 1: Parametri termične stabilnosti različno sušene NFC (Žepič in sod. 2014)

Postopki sušenja	Termogravimetrična analiza (TGA)		dTGA
	Začetna T razpada (°C)	Trden ostanek (%)	T maksimalne hitrosti razpada (°C)
Zračno sušenje	223 ± 0,14	20 ± 1,69	353 ± 5,74
Lab. sušilnik	239 ± 0,14	22 ± 1,76	349 ± 3,74
Liofilizacija	211 ± 0,22	6 ± 0,42	376 ± 5,01
Razprševanje	214 ± 0,22	11 ± 0,22	365 ± 3,07

Viri:

- Chinga-Carrasco G. (2011) Cellulose fibers, nanofibrils and microfibrils: the morphological sequence of MFC components from a plant physiology and fibre technology point of view. *Nanoscale Research Letter*, 6: 417.
- Kalia S., Kaith B.S., Kaur I. (2011) Cellulose Fibers: Bio- and Nano- Polymer Composites, *Green Chemistry and Technology*. Heidelberg Dordrecht London, New York, Springer: 750.
- Quiévy N., Jacquet N., Sclavons M., Deroanne C., Paquot M., Devaux J. (2010) Influence of homogenization and drying on the thermal stability of microfibrillated cellulose. *Polymer Degradation and Stability*, 95: 306–314.
- Žepič V., Fabjan E. Š., Kasunič M., Korošec R.C., Hancič A., Oven P., Perše L., Poljanšek I. (2014) Morphological, thermal, and structural aspects of dried and redispersed nanofibrillated cellulose (NFC). *Holzforchung*, doi: 10.1515/hf-2013-0132.



Fotografija po izboru uredništva (avtor: Miha Humar)

VPLIV OBDELAVE IN IZVEDBE FASADE NA POJAV MODRENJA NA FASADI MODELNEGA OBJEKTA

Influence of treatment and facade implementation on the blue staining on facade of the model object

Mojca Žlahtič*, Nejc Thaler, Sergej Medved, Franc Pohleven, Luka Krže, Marko Željko, Boštjan Lesar, Miha Humar

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

Ključne besede: zaščita lesa, modifikacija lesa, glive modrivke, življenjska doba lesa, fasada

Keywords: Wood protection, wood modification, blue stain fungi, service life of wood, facade

Uvod

Slovenija je bogata z lesom. Žal razpoložljivega naravnega bogastva ne uspemo v celoti izkoristiti. Letno tako priraste več lesa, kot ga porabimo. En izmed neizkoriščenih potencialov je raba lesa v gradbeništvu. V zadnjem obdobju je posebej aktualna energetska sanacija stavb iz 60-ih in 70-ih let prejšnjega stoletja. Tu se skriva velik neizkoriščen potencial za les in ostale lignocelulozne materiale. Eden izmed ključnih podatkov, ki zavira širšo rabo lesa, je podatek o življenjski dobi uporabljenega lesa in intervalih vzdrževanja. Ti podatki so nujni za načrtovanje investicij. Ker so ti podatki močno odvisni od lokalnih razmer, jih moramo določiti za vsako pokrajino posebej (Thaler in Humar 2013). Te informacije so še zlasti pomembne za širšo Ljubljansko pokrajino, saj vremenske razmere v tem okolju sodijo med najbolj neugodne za rabo lesa na prostem. V mednarodni primerjavi različnih klim se je izkazalo, da klima v okolici Ljubljane sodi med najbolj ugodne za razvoj gliv razkrojevalk (Brischke in Rapp 2008). Zato smo se v sodelovanju s partnerskimi

podjetji odločili za postavitve modelnega objekta, kjer bomo v čim bolj realnih pogojih spremljali življenjsko dobo lesa. V našem podnebnem pasu les ogrožajo predvsem glive. V naravi so procesi razgradnje zaželeni, kadar les uporabljamo v komercialne namene, pa želimo razkroj čim bolj upočasniti ali ustaviti. To lahko storimo s primerno vgradnjo, predvsem pa z ustrezno impregnacijo lesa ali modifikacijo (Lesar in Humar 2010). Tako smo na dvorišču Oddelka za lesarstvo postavili modelni študijski objekt, na katerem spremljamo življenjsko dobo lesa najpomembnejših domačih vrst, ki smo jih zaščitili z biocidnim proizvodom Silvanolin, emulzijo voska Silvacera ali pa termično modificirali s postopkom Silvapro.

V osnovi ločimo dve obliki življenjske dobe lesa; funkcionalna (čas, ko izdelek opravlja svojo funkcijo) in estetska (čas, ko izdelek zadostuje estetskim kriterijem). Danes je glavni razlog za zamenjavo izdelkov njegov videz oziroma zastarelost. Izdelek pogosto zamenjamo veliko prej, preden je to potrebno z vidika uporabnosti (Lesar in Humar 2010). Ta prispevek je

Preglednica 1: Kriteriji vizualne ocene pomodrelosti/plesnivosti površine vzorcev lesa (prirejeno po EN 152-1 1996)

OCENA	OPIS POMODRELOSTI
0	Površina ni obarvana: madežev na površini ne opazimo
1	Površina je minimalno in zato nepomembno obarvana: največji dovoljeni premer madežev je 2 mm, vseh madežev ni več kot 50
2	Les je močno obarvan: če so madeži med seboj povezani, je lahko obarvano do 1/3 površine vzorca; če madeži med seboj niso povezani, je lahko obarvano do 1/2 površine vzorca
3	Les je močno obarvan: če so madeži med seboj povezani, je obarvano več od 1/3 površine vzorca; če madeži med seboj niso povezani, je pomodrelo več od 1/2 zgornje površine vzorca



Slika 1: Izgled modelnega objekta za spremljanje življenjske dobe lesa. Objekt se nahaja na vrtu Oddelka za lesarstvo in je bil postavljen poleti 2013, konec oktobra 2013 pa smo nanj pritrdili še fasado.

namenjen k osvetlitvi enega izmed vidikov, ki vplivajo na življenjsko dobo lesa, obarvanja zaradi delovanja gliv modrivk in plesni.

Materiali in metode

Na vrtu Oddelka za lesarstvo smo postavili modelni objekt. Objekt je zgrajen v skeletni zasnovi. Fasada objekta je skeletna, izdelana iz več različnih materialov, ki jih uporabljajo v lesarstvu. Objekt je bil postavljen poleti 2013, konec oktobra 2013 pa smo nanj pritrdili še fasado. V različnih časovnih obdobjih smo ocenili pojav gliv modrivk in plesni na fasadi v skladu z modificiranim standardom SIST EN 152-1 (1996).

Rezultati in razprava

Glive modrivke delimo v tri skupine: primarne (glive se pojavljajo na stoječih drevesih in hlodovini), sekundarne (pojavljajo se na sveže razžaganem lesu) in terciarne (pojavljajo se na izdelkih v uporabi). Prvi dve skupini sta omejeni predvsem na beljavo, tretja pa se pojavlja predvsem na zgornjem sloju lesa in živi tudi od prahu, ki se nabere na lesu. Kot je razvidno iz preglednice 2, so se prve glive modrivke pojavile relativno zgodaj, že en mesec po izpostavitvi. Omeniti velja, da je bila jesen zelo topla in vlažna, zato so bili pogoji za pojav gliv modrivk zelo ugodni (Anonymus 2014). Znaki modrenja so se že po enem mesecu pojavili na smrekovini, borovini in smrekovini, obdelani z voskom. Modrenje se je pojavilo na južni in severni strani, na z voskom zaščiteni smrekovini pa tudi na zahodni strani. Dva meseca po vgradnji sta bila brez

znakov modrenja le še dva materiala in sicer s Silvanolinom impregnirana smrekovina in toplotno modificirana (TMT) smrekovina, impregnirana s Silvanolinom. Po pričakovanju pa je najbolj pomodrela beljava rdečega bora iz jzjemo severne strani, ki je bila dobro zaščiten pred vlaženjem.

Tudi v tretjem obdobju ocenjevanja v marcu 2014 se je modrenje močno povečalo. Podobno, kot smo opisali za ocenjevanje v januarju, je le Silvanolin v celoti preprečil modrenje, najbolj pa je pomodrela beljava rdečega bora. Glive modrivke so se pojavile tudi na macesnovem lesu. Intenziteta glivnega obarvanja macesnovega lesa je bila primerljiva z obarvanjem smrekovega lesa. To nakazuje na precenjeno vrednotenje odpornosti lesa macesna v Sloveniji.

V kolikor med seboj primerjamo različne smeri neba, so najmanj pomodreli vzorci na severni fasadi (najboljša konstrukcijska zaščita z napuščem), najbolj pa vzorci na zahodni in južni fasadi, ki so bili praktično brez konstrukcijske zaščite. To se še posebej odraža na južni fasadi, prek katere je tekla vsa voda, ki je pritekla s strehe.

S spremljanjem delovanja gliv modrivk na lesu bomo nadaljevali. Poleg modrenja bomo spremljali še temperaturo lesa, vlažnost, padavine, ... Primerjava teh podatkov nam bo omogočila pojasniti dejavnike, ki vplivajo na modrenje ter odgovoriti na vprašanje ali je pojav gliv modrivk odvisen le od prisotnosti inhibitornih dejavnikov ali tudi od sorpcijskih lastnosti lesa. Natančnejša statistična analiza bo opravljena v eni prihodnjih objav.

Preglednica 2: Vpliv obdelave in orientiranosti na pojav obarvanj zaradi delovanja gliv modrivk. V preglednici so podane povprečne vrednosti 7 do 10 opazovanj

Lesna vrsta/obdelava	Smer neba	Datum ocenjevanja		
		29.11.2013	7.1.2014	18.3.2014
		Ocena pomodrelosti		
Smreka	jug	0,0	0,0	0,0
	sever	0,2	1,1	2,7
	vzhod	0,0	1,6	1,9
	zahod	0,0	1,7	2,4
Smreka + vosek	jug	0,8	2,0	3,2
	sever	0,4	0,7	1,0
	vzhod	0,0	1,8	2,0
	zahod	0,7	1,9	3,4
Smreka + lazura	jug	0,0	0,4	0,4
	sever	0,0	0,0	0,0
	vzhod	0,0	0,7	0,7
	zahod	0,0	0,7	1,3
Smreka + Silvanolin	jug	0,0	0,0	0,0
	sever	0,0	0,0	0,0
	vzhod	0,0	0,0	0,0
	zahod	0,0	0,0	0,0
Smreka + Silvanolin + vosek	jug	0,0	0,0	0,2
	sever	0,0	0,0	0,0
	vzhod	0,0	0,0	0,6
	zahod	0,0	0,1	0,2
Smreka TMT	jug	0,0	0,4	1,6
	sever	0,0	0,0	0,0
	vzhod	0,0	0,0	0,0
	zahod	0,0	0,4	0,6
Smreka TMT + vosek	jug	0,0	0,4	0,8
	sever	0,0	0,8	1,5
	vzhod	0,0	0,0	0,8
	zahod	0,0	1,0	1,0
Smreka TMT + lazura	jug	0,0	0,0	0,0
	sever	0,0	0,0	0,0
	vzhod	0,0	0,9	1,0
	zahod	0,0	0,6	0,8
Smreka TMT + Silvanolin	jug	0,0	0,0	0,0
	sever	0,0	0,0	0,0
	vzhod	0,0	0,0	0,0
	zahod	0,0	0,0	0,0
Macesen	jug	0,0	1,0	1,0
	sever	0,0	0,4	1,0
	vzhod	0,0	1,3	2,0
	zahod	0,0	0,3	2,0
Bor beljava	jug	0,8	2,0	3,0
	sever	0,0	0,0	2,0
	zahod	0,0	2,3	3,9



Slika 2: Pojav modrenja na lesenih fasadnih elementih (avtor: Miha Humar)



Slika 3: Konstrukcija modelnega lesenega objekta (avtor: Miha Humar)

Zahvala:

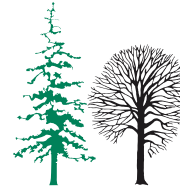
Izvedbo raziskave in postavitve objekta so v največji meri omogočili: Silvaprodukt d. o. o., Montažna gradnja Tadej Zimic s. p., Agencija za raziskovalno dejavnost RS v okviru programa P4 0015 in projekta L4 5517. Strešno kritino je doniralo podjetje Mrazles d. o. o., vrata in okno, izdelani iz termično modificiranega lesa, je darovalo podjetje M Sora d. d., strešno okno je donacija podjetja Velux, talne obloge je prispevalo podjetje Vektal.

Viri:

- Anonymus. (2014) Agencija RS za okolje, <http://www.arso.gov.si/> (1.5.2014).
- Brischke C., Rapp A.O. (2008) Dose-response relationships between wood moisture content, wood temperature and fungal decay determined for 23 European field test sites. *Wood Science and Technology*, 42, 6: 507–518.
- Lesar B., Humar M. (2010) Vrednotenje življenjske dobe lesa, zaščitnega z emulzijami voskov in baker-etanolaminskimi pripravki v tretjem razredu izpostavitve. *Zbornik gozdarstva in lesarstva*, 93: 23–35.
- SIST EN 152-1. (1996) Metode preizkušanja zaščitnih sredstev za les – Laboratorijska metoda za določanje preventivne učinkovitosti zaščitnega sredstva proti glivam modrivkam; 1. del: Nanašanje s premazovanjem.
- Thaler N., Humar M. 2013 Performance of oak, beech and spruce beams after more than 100 years in service. *International biodeterioration & biodegradation* 85: 305–310.



Postavitev objekta si lahko ogledate na povezavi
<http://www.youtube.com/watch?v=HwdWUCdWHYA>



GOZDARSKI INŠTITUT SLOVENIJE
SLOVENIAN FORESTRY INSTITUTE

European Forest Research and Innovation

(RegPot No. 315982)

EUFORINNO je projekt Gozdarskega inštituta Slovenije, ki ga v 7. okvirnem programu financira Evropska komisija za dvig znanstvene odličnosti in prepoznavnosti inštituta. GIS je nosilec projekta, zastavljene cilje pa bo realiziral skupaj z 8 priznanimi partnerji iz Evrope. Projekt se je začel oktobra 2013 in bo zaključen v 36 mesecih. Vrednost projekta, ki je v celoti financiran iz Evropske komisije, je 2,9 mio EUR. Projekt vodi prof. dr. Hojka Kraigher.

Projekt je sestavljen iz treh vsebinskih sklopov, četrti je namenjen vodenju. Prvi sklop je usmerjen v nadgradnjo laboratorijske opreme inštituta, drugi je namenjen dvigu znanstvene odličnosti zaposlenih na inštitutu in tretji prepoznavnosti inštituta v EU in širše.

Z nadgradnjo laboratorijske opreme si je inštitut zagotovil modernejšo opremo za raziskovanje gozda in z njim povezanih ekosistemov. Med najbolj odmevnimi je oprema za merjenje stabilnih izotopov v sledovih, oprema za merjenje razmerij med izoropsko sestavo v rastlinskih tkivih in oprema za mikroskopsko mikrodisekcijo.

Za dvig znanstvene odličnosti je v projektu predvidenih 43 izpopolnjevanj znanja sodelavcev GIS pri tujih partnerjih v projektu. Obiski in izpopolnjevanja na tujih inštitutih so različno dolga, od 15 do 90 dni. Hkrati v okviru projekta tuji partnerji vodijo seminarje na inštitutu, skupno 43 tečajev in seminarjev. Med predavatelji so tudi najbolj priznani raziskovalci na svojih področjih dela. Tako bo na inštitutu sredi avgusta 2014 predaval Prof. Dr. Reinhart Ceulemans, eden najbolj citiranih znanstvenikov na svojem raziskovalnem področju. V okviru poletne šole bo vodil seminar o znanstvenem publiciranju.

V tretjem vsebinskem sklopu se GIS povezuje z drugimi inštituti oziroma organizacijami v območju JV Evrope ter širše. Hkrati povečuje svojo prepoznavnost s harmonizacijo komunikacijskih orodij in dvigom prepoznavnosti založbe GIS, Založbe *Silva Slovenica*. V sklopu založbe je že vzpostavljen tudi repozitorij *SciVie*, v katerem so objavljeni in prispevki raziskovalcev GIS.

Projekt EUFORINNO je usmerjen v dvig znanstvene odličnosti GIS, hkrati pa ponuja številne možnosti za razvoj tudi drugih institucij in gozdarstva v celoti, tako v Sloveniji in na območju JV Evrope, kot širše. Povezovanje znanstvenih in strokovnih znanj je bilo preko projekta že izpeljano, saj inštitut v letu 2014 organizira večje število delavnic v tujini - na Japonskem, v Turčiji in v deželah JV Evrope.

Več o projektu si lahko preberete na <http://euforinno.gozdis.si/presentation/>.

Tina Drolc, Tehnični urednik Založbe *Silva Slovenica*



This project is funded by
the European Union



Kazalo

- 4 The Role of Economic Models in Forest Planning and Policy Evaluation
Donald G. Hodges, James R. Cox
- 5 Vključenost gozdarstva v Strategiji pametne specializacije in v programiranje Evropske kohezijske politike 2014-2020
Milan Šinko
- 8 Raziskave dinamike ogljika v ekosistemih – razvojni potenciali laboratorija za elektronske naprave
Mitja Ferlan
- 11 Združljivost lesa s kompozitom iz polimetilmetakrila in aluminijevega hidroksida
Matej Vovk, Andrej Beličič, Milan Šernek
- 14 Načrtovanje večnamenske rabe gozdnega prostora: funkcije gozda, prednostna območja in ekosistemске storitve
Tina Simončič, Andrej Bončina
- 19 Razvoj naprave za izolacijo minirizotronov in merjenja temperaturnih profilov v njih
Peter Železnik, Mitja Ferlan, Hojka Kraigher
- 21 Raziskave obrata micelija v gozdnih tleh
Ines Štraus, Hojka Kraigher
- 23 Laserska mikrodisekcija
Tanja Mrak, Hojka Kraigher
- 25 Večnamenska uporaba gomoljik
Tine Grebenc, Anita Mašek
- 27 Vsebnost anorganskih onesnažil v lesnih ostankih slovenske pohištvene industrije
Boštjan Lesar, Miha Humar
- 29 Termične lastnosti sušene nanofibrilirane celuloze slovenske pohištvene industrije
Ida Poljanšek, Vesna Žepič, Primož Oven, Romana C. Korošec, Aleš Hančič
- 31 Vpliv obdelave in izvedbe fasade na pojav modrenja na fasadi modelnega objekta
Mojca Žlahtič, Nejc Thaler, Sergej Medved, Franc Pohleven, Luka Krže, Marko Željko, Boštjan Lesar, Miha Humar