

UVODNIK	258	Niko TORELLI Monitoring gozdov v Sloveniji in Evropi – kako naprej?
STROKOVNA RAZPRAVA	259	Primož SIMONČIČ, Matej RUPEL, Marko KOVAČ Spremljanje stanja gozdov v Sloveniji
ZNANSTVENE RAZPRAVE	263	Mitja SKUDNIK, Anže JAPELJ, Marko KOVAČ Stanje osutosti dreves na ploskvah IMGE v letu 2009 in odvisnost osutosti od nekaterih izbranih kazalnikov <i>Tree Crown Defoliation on the IMGE Plots in 2009 and Dependence of the Crown Defoliation on some Selected Indicators</i>
	271	Lado KUTNAR Pestrost lesnatih rastlin na ploskvah za spremljanje stanja gozdov v Sloveniji <i>Diversity of Woody Species on Forest Monitoring Plots in Slovenia</i>
	279	Daniel ŽLINDRA, Mitja SKUDNIK, Matej RUPEL, Primož SIMONČIČ Meritve kakovosti padavin na prostem in v sestoju na ploskvah intenzivnega spremljanja gozdnih ekosistemov <i>Measuring of Precipitation Quality in the Open and in a Stand on the Plots for Intensive Monitoring of Forest Ecosystems</i>
	289	Matjaž ČATER Primerjava parametrov svetlobnih razmer na raziskovalnih ploskvah <i>Comparison of Light Condition Parameters on the Research Plots</i>
	294	Tom LEVANIČ, Gal KUŠAR Rast in prirastek na ploskvah intenzivnega spremljanja stanja gozdnih ekosistemov (IMGE) <i>Growth and Increment on the Plots of Intense Monitoring of Forest Ecosystem Condition (IMGE)</i>
	301	Iztok SINJUR, Mitja FERLAN, Miha DEMŠAR, Gregor VERTAČNIK, Primož SIMONČIČ Meritve padavin med orografskim proženjem na območju Travlanske gore 8. septembra 2010 <i>Precipitation Measurements during the Orographic Triggering on the Area of Travlanska gora on September 8, 2010</i>
	312	Franč BATIČ, Damijana KASTELEC, Mitja SKUDNIK, Marko KOVAČ Analiza stanja lišajev v popisu stanja gozdov v letu 2007 <i>Analysis of Epiphytic Lichen Vegetation in Forest Inventory Carried out in 2007</i>
	322	Marjana WESTERGREN, Hojka KRAIGHER Monitoring genetske pestrosti gozdov <i>Monitoring of Forest Genetic Diversity</i>
STROKOVNO IZRAZJE	327	Igor SMOLEJ Delo terminološke komisije Marjan LIPOGLAVŠEK Neprimeren strokovni izraz
GOZDARSTVO V ČASU IN PROSTORU	328	Tomaž HROVAT XXVIII. študijskim dnevom na rob

Monitoring gozdov v Sloveniji in Evropi – kako naprej?

Trajnostno in večfunkcijsko gospodarjen gozd opravlja več bistvenih, medsebojno povezanih oz. odvisnih ekoloških, ekonomskih in socialnih funkcij. Pri tem je še posebno pomembno vsestransko spremljanje stanja gozda. Ministrska konferenca za zaščito gozdov v Evropi (MCPFE) je v Helsinški resoluciji H1 (1993) prav nadzor postavila na začetek svoje definicije trajnostnega gospodarjenja: »Nadzor in raba gozdov na način in v obsegu, ki omogočata vzdrževati biološko raznovrstnost, proizvodnost, regeneracijsko sposobnost, vitalnost, kot tudi njihov potencial, zdaj in v prihodnosti ter izpolnjevati odgovarjajoče ekološke, ekonomske in socialne funkcije na lokalni, nacionalni in globalni ravni, ne da bi škodovali ostalim ekosistemom«. »Ključna akcija« št. 8 Gozdnega akcijskega načrta EU (2006), ki temelji na Gozdarski strategiji za EU (1999), je vzpostavitev evropskega gozdnega monitoringa. Začetek sistemskega evropskega gozdnega monitoringa sega v osemdeseta leta prejšnjega stoletja, ko so gozdovi začeli skrivnostno propadati. Tedaj je v okviru *Konvencije o daljinski, čezmejni zračni poluciji Ekonomske komisije ZN za Evropo* (UNECE CLRTAP, 1985) nastal *Mednarodni program sodelovanja za oceno in spremljanje učinkov zračne polucije na gozdove* (ICP Forests), ki sodi med največja harmonizirana biomonitoring omrežja na svetu.

V sodelovanju z EU je ICP Forests spremljal stanje gozdov na dveh intenzivnostnih monitorskih nivojih: (a) na sistemski »transnacionalni« mreži 16 km x 16 km (približno 5000 ploskev, pri nas 45) in (b) z intenzivnim monitoringom na reprezentativnih ploskvah gozdnih ekosistemov (vzpostavljeno je bilo približno 800 ploskev, pri nas pa 11). Gozdarski inštitut Slovenije je začel s poskusnim monitoringom na prvem nivoju leta 1985, od leta 1986 pa redno. Pri postavitvi intenzivnega monitoringa sta nam še pred vstopom v EU priskočila na pomoč nizozemska vlada in Alterra (projekt IMP-SI, 2003).

Leto po sprejetju programa ICP Forest je EU leta 1986 sprejela Uredbo (EEC) št. 3528/86 o zaščiti gozdov pred atmosfersko-atmosferskimi onesnažili in z njo zakonsko podlago za sofinanciranje monitorske dejavnosti. V letih 2003–2006 jo je nadomestila Uredba (EC) št. 2152/2003 *Forest Focus: Monitoring gozdov in medsebojnih okoljskih vplivov v Skupnosti*.

V okviru EU finančnega mehanizma Life+ (za implementacijo okoljske zakonadaje članic EU/Uredba (EC) št. 614/2007) je od leta 2009 do junija 2011 potekala naloga FutMon – »Further Development and Implementation of an EU-level Forest Monitoring System«.

Projekt se bo končal junija 2011 in sofinanciranje EC-razvoja gozdnega monitoringa se je tako (žal) končalo. Gozdni monitoring v Evropi je kot »večna« naloga ogrožen in nujno potrebuje nov način podpore. Na nedavni konferenci MCPFE v Španiji so dramatično pozvali k nadaljevanju programa spremljanja gozdov. Upanje zbuja *Zelena knjiga o zaščiti gozdov in informacij o gozdu v EU – priprava gozdov za podnebne spremembe* (2010), ki v poglavju 4.4. obravnava pomen informacij o gozdu in monitoringa stanja gozdov ter razširjeno vlogo nacionalnih gozdnih inventur, vključno z njihovo harmonizacijo.

Zdaj lahko le upamo, da se bo četrtoletno uspešno sodelovanje med Evropsko komisijo in ICP-Forests nadaljevalo in z njim zelo uspešna monitorska dejavnost Gozdarskega inštituta Slovenije v sodelovanju z Zavodom za gozdove Slovenije. V poplavi raznobarnih Evropskih »knjig« oz. »papers« mi je najbolj všeč prav Zelena knjiga – z barvo klorofila, življenja in preživetja.

prof. dr. dr. h.c. Niko TORELLI

Spremljanje stanja gozdov v Sloveniji

Primož SIMONČIČ¹, Matej RUPEL², Marko KOVAČ³

1 UVOD

V Sloveniji spremljamo stanje gozdnih ekosistemov od leta 1986 v skladu z mednarodnim programom ICP Forests, v okviru Konvencije o onesnaževanju zraka na velike razdalje prek meja (CLRTAP), v obdobju 1986–2003 v skladu z evropsko zakonodajo (EEC, št. 3528/86 in 2158/92), po l. 2003 pa v okviru Forest Focus (EU, Regulation EC, št. 2152/2003; 2003–2006). Nacionalna podlaga spremljanja stanja gozdov sta Zakon o gozdovih (ZG 1993) in Pravilnik o varstvu gozdov (PVO 2009). V določenih obdobjih (Forest Focus: 2003–2006) in (FutMon Life+: 2009/junij 2011) je Evropska unija na različnih podlagah sofinancirala izvajanje ter razvoj monitoringov spremljanja gozdov v Sloveniji na ravni I (prostorska raven) in II (procesni ravni).

V juniju 2011 se končuje projekt FutMon Life+ (<http://www.futmon.org/>), ki poteka v programskih okvirih finančnega instrumenta za okolje Evropske unije Life+. Namen mehanizma je zagotavljanje razvojnih projektov na naravovarstvenih in okoljskih področjih (npr.: NATURA 2000, biotska pestrost ...). V programskem delu Life+ so med potencialne naloge uvrščene tudi razvojne naloge priprave usklajenega, dolgoročnega spremljanja stanja gozdov in okoljskih vplivov (Uredba (ES) št. 614/2007, 2007).

2 SPREMLJANJE STANJA GOZDNIH EKOSISTEMOV V SLOVENIJI

V Sloveniji stanje gozdnih ekosistemov spremljamo v skladu z 20. členom Pravilnika o varstvu gozdov (PVG), objavljenem v Uradnem listu RS; št. 114/2009, ter v skladu z Zakonom o gozdovih (Ur. l. RS, št. 30/1993 z dopolnitvami). V Resoluciji o nacionalnem gozdnem programu - ReNGP (Ur. l. RS, št. 111-5510/07) iz leta 2007 je spremljanje gozdov in gozdnih ekosistemov posredno vključeno prek preverjanja stanja indikatorjev, ki služijo oceni izvrševanja ciljev in usmeritev ReNGP. Prav tako je zbiranje informacij o gozdu, stanju gozdov, eksplicitno navedeno v izhodiščnem dokumentu ReNGP na ravni EU, Akcijskem načrtu EU za gozdove (2006).

V Resoluciji o nacionalnem programu varstva okolja 2005–2012 – ReNPVO (Ur. l. RS, št. 2-3/06)

iz leta 2006 je spremljanje stanja gozdov omenjeno v poglavju Varstvo naravnih vrednot, natančneje v podpoglavju 4.2.2 Spremljanje stanja gozdnih ekosistemov.

Spremljanje razvrednotenja in poškodovanosti gozdov ter vplivov gozdov na blaženje podnebnih sprememb (v nadaljnjem spremljanje stanja gozdov) poteka za potrebe seznanjanja javnosti, oblikovanja nacionalne gozdne politike in poročanja v okviru mednarodnih zavez, zlasti Konvencije o onesnaževanju zraka na velike razdalje prek meja (CLRTAP, Uradni list SFRJMP, št. 11/86) in Okvirne konvencije Združenih narodov o spremembi podnebja (Uradni list RS-MP, št. 13/95), Resolucij Ministrskih konferenc o varstvu gozdov v Evropi (<http://www.mcpfe.org>) ter poročil Organizacije Združenih narodov za prehrano in kmetijstvo (FAO; <http://www.fao.org>).

S spremljanjem stanja gozdov ugotavljamo zlasti:

- vplive atmosferskega onesnaževanja na gozdne ekosisteme;
- vplive podnebnih sprememb na gozdne ekosisteme;
- dinamiko količine ogljika v gozdnih ekosistemih.

Podatke spremljamo skladno z metodologijami ICP Forests, ki so določene v predpisih in dokumentih iz prvega odstavka 20. člena PVG (2009).

Stanje gozdov in gozdnih ekosistemov spremljamo s sistemom velikoprostorskega spremljanja na ploskvah vzorčnih mrež 4 km x 4 km in 16 km x 16 km (t. i. I. raven; v Sloveniji je 45 ploskev, v Evropi pa približno 5000) in z intenzivnim spremljanjem stanja gozdov (t. i. II. raven) na

¹ dr. P. S., Gozdarski inštitut Slovenije, Oddelek za gozdno ekologijo. Večna pot 2, SI-1000 Ljubljana, Slovenija. primoz.simoncic@gozdis.si

² M. R., Gozdarski inštitut Slovenije, Oddelek za gozdno ekologijo. Večna pot 2, SI-1000 Ljubljana, Slovenija, matej.rupel@gozdis.si

³ dr. M. K., Gozdarski inštitut Slovenije, Oddelek za načrtovanje in monitoring gozdov in krajine. Večna pot 2, SI-1000 Ljubljana, Slovenija. marko.kovac@gozdis.si

desetih trajnih raziskovalnih ploskvah v Sloveniji (v Evropi je približno 400 do 800 ploskev, odvisno od obdobja snemanj).

Dela na ploskvah I. ravni obsegajo: podroben opis ploskve (rastišča in sestoja), meritve in ocenjevanje izbranih znakov na drevesih, ocenjevanje osutosti in poškodovanosti dreves ter ocenjevanje pokrovnosti epifitskih lišajev. V določenih obdobjih so bili na različno gostih vzorčnih mrežah opravljeni še popisi stanja gozdnih tal, vegetacije in preskrba drevja s hranili (16 x 16 km) ter ocene zaloga ogljika in dušika v opadu in tleh (8 x 8 km).

Na desetih izbranih raziskovalnih ploskvah (TRP) intenzivnega spremljanja stanja gozdov na II. ravni (t. i. intenzivni monitoring) od leta 2004 poteka spremljanje procesov in kazalnikov, ki vključuje: spremljanje osutosti in porumenelosti listja drevja, zdravstvenega stanja drevja, meritve LAI, spremljanje rasti drevja, vegetacije, fenoloških znakov, stanja gozdnih tal in mineralne prehrane drevja, vnos onesnažil v gozdne ekosisteme, vnos in iznos snovi (količina in kakovost padavin, dinamiko opada, kakovost talne raztopine), spremljanje meteoroloških parametrov, prisotnost in znake poškodovanosti vegetacije zaradi ozona (O₃) v gozdu.

Podatki spremljanja stanja gozdov raven I. in II. so pomembna podlaga za pripravo nacionalnih in mednarodnih poročil za področje gozdarstva. Rezultati so bili deloma ali pa v celoti vključeni v:

- letna poročila PVG (2009);
- UN-FAO TBFRA 2000, UN-FAO GFRA (2005, 2009);
- MCPFE (2006);
- v združeno poročilo za MCPFE in FAO – Forest Europe 2010;
- letna poročila NIR, za UNFCCC (1992), Kjotski protokol (1998) in skupna EU poročila;
- letna poročila o stanju gozdov ICP Forests, Forest Focus, FutMon (JRC, Ispra; vTI Hamburg);
- statistike in vprašalnike (EU, NUTS...).

3 SPREMLJANJE STANJA GOZDNIH EKOSISTEMOV IN NALOGA FUTMON LIFE+

Zaradi izvajanja naloge FutMon LIFE+ v obdobju 2009-2010/2011, katere cilj je bil razvoj metod podrobnejšega spremljanja stanja gozdov, so aktivnosti spremljanja stanja gozdov v tem obdobju

obsežnejše, kot je to predvideno v ICP Forests in posredno s PVG (2009). V okviru naloge FutMon so potekale naslednje naloge:

- izdelava mreže za velikoprostorski reprezentativni monitoring (L1),
- velikoprostorski reprezentativni monitoring (L2),
- izbor bazičnih/osnovnih ploskev za intenzivni monitoring (IM1),
- vitalnost in prilagodljivost dreves (D1),
- kroženje hranil in kritični vnosi za gozdne ekosisteme (D2),
- vodna bilanca gozdnih ekosistemov (D3),
- kakovost, strokovna presoja in ocena spremljanja depozitov v gozdnih ekosistemih (C1-DEP-22)
- koordinacija na ravni celotnega projekta,
- koordinacija projekta (M7) in diseminacija rezultatov (M8).

Poročila o projektni nalogi FutMon in poročilo o stanju gozdov so prosto dostopna na spletnih straneh Gozdarskega Inštituta Slovenije na strani <http://www.gozdis.si/index.php?id=142>.

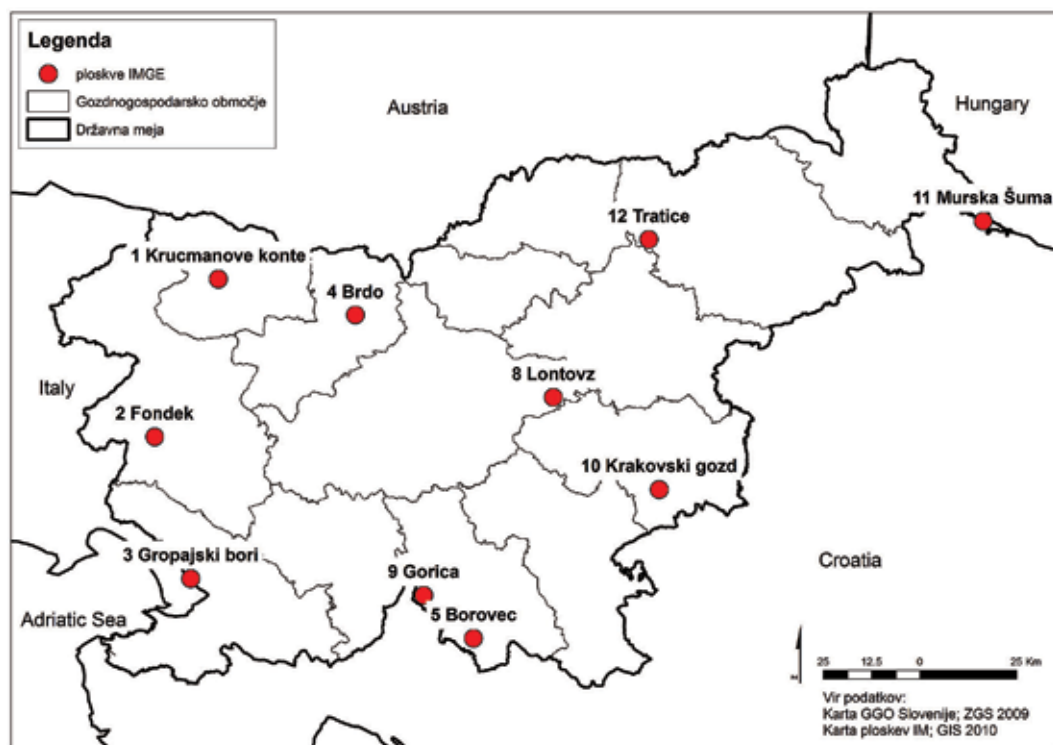
4 PRISPEVKI V DVOJNI ŠTEVILKI GOZDARSKEGA VESTNIKA

V dvojni številki Gozdarskega vestnika (GV) so objavljeni prispevki, ki prikazujejo stanje posameznih sklopov/parametrov spremljanja stanja gozdov v zadnjih letih v Sloveniji. Ker je bilo prispevkov veliko preveč za dvojno številko, bodo posamezni članki izhajali tudi v naslednjih številkah revije. Vsi prispevki se navezujejo na redne aktivnosti spremljanja stanja gozdov pa tudi na aktivnosti in razvoj novih metod, ki so potekale v nalogi FutMon. Del prispevkov se navezuje na vsebine, ki ta trenutek še niso del programa ICP Forests, vendar se že izvajajo in bodo vključene v prihodnje mednarodne akcije.

Želja izvajalcev spremljanja stanja gozdov v Sloveniji je, da v prispevkih predstavijo del aktivnosti in najnovejše rezultate meritev. Zlasti je pomembno sporočiti, kakšno je stanje aktivnosti sedaj, ko se končuje obdobje EU sofinanciranja in so nastale drastične finančne omejitve s strani domačih financerjev, Ministrstva za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano (MKGP) ter zlasti Ministrstva za okolje in prostor (MOP). Bojimo se, da se bo zaradi prekinjene kontinuitete pridobivanja podatkov o stanju gozdov izgubila rdeča nit, ki ima v Sloveniji tradicijo od sredine osemdesetih

Preglednica 1: Imena ploskev z lokacijami in glavnimi drevesnimi vrstami intenzivnega spremljanja stanja gozdov v letu 2011

Ime ploskve	Lokacija	št. pl.	prevladujoča dr. vrsta
Krucmanove konte	Pokljuka	1	smreka
Fondek	Trnovska planota	2	bukev
Gropajski bori	pri Sežani	3	črni bor
Brdo	protokolarno posestvo Brdo	4	rdeči bor
Borovec	pri Kočevski Reki	5	bukev
Lontovž	pod Kumom	8	bukev
Gorica	pri Loškem Potoku	9	bukev, jelka
Krakovski gozd	pri Kostanjevici na Krki	10	dob, beli gaber
Murska šuma	pri Lendavi	11	dob, beli gaber
Tratice	Pohorje	12	bukev, smreka

**Slika 1:** Lokacije ploskev intenzivnega spremljanja stanja gozdnih ekosistemov – stanje v letu 2011

let. Prav tako nas skrbi, kaj bo z investicijami v opremo in s strokovnimi skupinami (Gozdarski inštitut Slovenije, Zavod za gozdove Slovenije, Biotehniška fakulteta), če se bo nadaljevalo zmanjševanje financiranja ali ukinitve vseh aktivnosti monitoringa gozdnih ekosistemov.

V Sloveniji je gozd že zaradi svojega deleža sam po sebi strateško pomemben, še zlasti, če se zave-

damo vseh njegovih neizkoriščenih ekonomskih in »samo po sebi umevnih« ekoloških, varovalnih vlog. Zato moramo kot dober gospodar vztrajati in nadaljevati sicer s prilagojenimi programi spremljanja stanja gozdov glede na nove okoljske izzive (varovanje virov pitne vode, varovanje tal, ogljik in skladiščenja ogljika, idr) ter številnimi nacionalnimi in mednarodnimi poročanji. Z

rezultati spremljanja stanja gozdov moramo seznanjati javnost, biti moramo del zdržnega (»trajnega«), ekosistemskega (»sonaravnega«) in večnamenskega (»multifunkcionalnega«) gospodarjenja z gozdovi.

Preglednica in slika 1 sta namenjeni enotnemu razumevanju in poenotenju imen ploskev (10) in lokacij intenzivnega spremljanja stanja gozdov v prispevkih v dvojni številki GV in prihodnjih prispevkih.

5 VIRI

- KOMISIJA ES. 2006. Akcijski načrt EU za gozdove. Bruselj, 15. 6. 2006
URL: http://ec.europa.eu/agriculture/fore/action_plan/com_sl.pdf
- MCPFE, 2007. State of Europe's forests 2007. The MCPFE report on sustainable forest management in Europe. Warsaw: 247 str.
URL: http://www.foresteurope.org/filestore/foresteurope/Publications/pdf/state_of_europes_forests_2007.pdf
- Pravilnik o varstvu gozdov. Ur. l. RS, št. 92/2000, 56/2006, 114/2009.
- Resolucija o nacionalnem gozdnem programu (ReNGP). Ur. l. RS, št. 11/2007.
URL: <http://www.uradni-list.si/1/objava.jsp?urlid=2007111&stevilka=5510>
- Simončič, P., Kušar, G., Kovač, M., 2009. Monitoring gozdov in gozdnih ekosistemov kot merilo okoljskih vplivov. *Gozdarski Vestnik*, 67, 7–8: 321–332
- UNEP. 1998. Kjotski protokol k okvirni konvenciji združenih narodov o spremembi podnebja. <http://www.konvencije.mop.gov.si/kiot1.pdf>
- UN-FAO/ECE. 2000. (TBFRA) Forest resources of Europe, CIS, North America, Australia, Japan and New Zealand. Main Report. Geneva Timber and Forest Study Papers, No. 17: 467 str.
URL: <http://www.unece.org/timber/fra/pdf/fullrep.pdf>
- UN-FAO/ECE. 2005. (GFRA) Global Forest Resources Assessment 2005. Progres towards sustainable forest management. Rome: 350 str.
URL: <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/008/A0400E/A0400E00.pdf>
- UN-FAO/ECE. 2009. (GFRA) State of the World Forest 2009. Rome: 168 str.
URL: <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/011/i0350e/i0350e.pdf>
- Uredba EU parlamenta in sveta o varovanju gozdov pred zračnimi onesnažili. Ur. l. EU, št. 3528/1986.
URL: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CONSLEG:1986R3528:19970222:EN:PDF>
- Uredba EU parlamenta in sveta o varovanju gozdov pred gozdnimi požari. Ur. l. EU, št. 2158/1992.
URL: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:31992R2158:EN:NOT>
- Uredba EU parlamenta in sveta o spremljanju gozdov in medsebojnih okoljskih vplivih v Skupnosti (ForestFocus). Ur. l. EU, št. 2152/2003.
URL: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=DD:03:41:32003R2152:SL:PDF>
- Uredba EU parlamenta in sveta o finančnem instrumentu za okolje (LIFE+). Ur. l. EU, št. 614/2007.
URL: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2007:149:0001:0016:SL:PDF>
- Zakon o gozdovih. Ur. l. RS, št. 30/1993.
URL: <http://www.uradni-list.si/1/objava.jsp?urlid=199330&stevilka=1299>

Stanje osutosti dreves na ploskvah IMGE v letu 2009 in odvisnost osutosti od nekaterih izbranih kazalnikov

Tree Crown Defoliation on the IMGE Plots in 2009 and Dependence of the Crown Defoliation on some Selected Indicators

Mitja SKUDNIK¹, Anže JAPELJ², Marko KOVAČ³

Izvleček:

Skudnik, M., Japelj, A., Kovač, M.: Stanje osutosti dreves na ploskvah IMGE v letu 2009 in odvisnost osutosti od nekaterih izbranih kazalnikov. *Gozdarski vestnik*, 69/2011, št. 5–6. V slovenščini z izvlečkom in povzetkom v angleščini, cit. lit. 15. Prevod povzetka in lektoriranje angleškega izvlečka Breda Misja, jezikovni pregled slovenskega besedila Marjetka Šivic.

V okviru Programa za intenzivno spremljanje gozdnih ekosistemov (IMGE) v Sloveniji poteka ocenjevanje osutosti gozdnega drevja od leta 2003, od leta 2006 pa vsako letopoteka tudi popis poškodb na drevju. V prispevku smo analizirali stanje osutosti na izbranih ploskvah IMGE v letu 2009 in ugotavljali, kolikšen delež osutosti je pojasnjen s strani popisa poškodb. Največjo povprečno osutost je imel dobov sestoja na ploskvi Murska šuma (37,8 %), ki ima tudi največji delež pojasnjene osutosti (12,4 %). Na ploskvi Brdo pa je bil od 17,1 % pojasnjen najmanjši delež osutosti (0,2 %). Rezultati analize podatkov na ravni drevesnih vrst in ne ploskev kažejo, da je bila bukev povprečno osuta 22,7-odstotno in od tega je bilo 2,7 % osutosti pojasnjene. Najmanjši delež pojasnjene osutosti je bil pri smreki (2,3 %). Da bi ugotovili nekatere vplive na nepojasnen delež osutosti, smo v letu 2009 drevesom ocenili še nekatere dodatne kazalnike rasti dejavnikov. Za analizo odvisnosti med nepojasnjeno osutostjo in kazalniki rasti dejavnikov smo uporabili Spearmanov koeficient korelacije rangov ter neparametrično analizo variance (Kruskal-Wallis H-test) in Mann-Whitney U-test. Za listavce in bukev je značilno, da imajo drevesa višjih socialnih razredov in drevesa, ki so manj utesnjena bolj osute krošnje. Za smreko velja pri socialnem razredu ravno obratna zakonitost. Starejša drevesa imajo bolj osute krošnje, kar velja za listavce, iglavce in smreko. Pri bukvi in skupini listavcev je tem bolj osuta krošnja, tem bolj so drevesa oddaljena med seboj. Ravno obratno velja pri smreki in skupini iglavcev.

Ključne besede: osutost drevja, popis, spremljanje sprememb, zdravstveno stanje, odvisnost, intenzivno spremljanje gozdnih ekosistemov, Slovenija.

Abstract:

Skudnik, M., Japelj, A., Kovač, M.: Tree Crown Defoliation on the IMGE Plots in 2009 and Dependence of the Crown Defoliation on some Selected Indicators. *Gozdarski vestnik* (Professional Journal of Forestry), 69/2011, vol. 5-6. In Slovenian, abstract and summary in English, lit. quot. 15. Translation of the Summary and proofreading of the English text Breda Misja, proofreading of the Slovenian text Marjetka Šivic.

As a part of the Intensive Monitoring Programme (IMGE) of Forest Ecosystems in Slovenia, the crown condition assessment is being carried out since 2003. In addition, inventory of various types of damage on trees is performed from 2006 onwards. In this paper, analysis of the state of tree crown defoliation and share of explained defoliation on IMGE plots in 2009 is presented. Data on Pedunculate oak exhibited the highest level of crown defoliation on the plot Murska šuma (37.8 %), which is also characterized by the highest percentage of the explained defoliation (12.4 %). The lowest level of the explained defoliation was assigned to the trees on the plot Brdo, where only 0.2 % of the overall defoliation (17.1 %) could be related to known causes of defoliation. Referring to the data focused only on a single tree species and not on a plot level, those for common beech exhibit close-to-average level of defoliation of 22.7 %, 2.7 % of which is explained defoliation. The lowest level of the explained defoliation was ascribed to Norway spruce (2.3 %). In accordance with the goal of determining factors that affect unexplained defoliation, some additional indicators of growth characteristics were inventoried in 2009. We employed Spearman's

¹ M.S., Gozdarski inštitut Slovenije, Oddelek za načrtovanje in monitoring gozdov in krajine, Večna pot 2, SI-1000 Ljubljana, Slovenija. mitja.skudnik@gozdis.si

² A. J., Gozdarski inštitut Slovenije, Oddelek za načrtovanje in monitoring gozdov in krajine, Večna pot 2, SI-1000 Ljubljana, Slovenija. anze.jepelj@gozdis.si

³ dr. M. K., Gozdarski inštitut Slovenije, Oddelek za načrtovanje in monitoring gozdov in krajine, Večna pot 2, SI-1000 Ljubljana, Slovenija, marko.kovac@gozdis.si

rank correlation coefficient, nonparametric analysis of variance (Kruskal-Wallis H test) and Mann-Whitney U test to analyze relations between the levels of unexplained defoliation and some growth indicators. Broadleaves and common beach trees of higher social classes and trees that are less shaded by neighboring trees typically experience higher defoliation levels. Inversely holds true for the link between social class and defoliation of the Norway spruce. Older trees of broadleaves, conifers and Norway spruce are more defoliated than young ones. Defoliation of common beach and broadleaves increases with the distance between neighboring trees. The opposite holds true for Norway spruce and conifers.

Key words: tree defoliation, survey, monitoring of changes, health status, correlations, intensive monitoring of forest ecosystems, Slovenia.

1 UVOD

V Sloveniji popis stanja krošenj poteka od leta 1987. Popis je vezan na program ICP Gozd (International Co-operative Programme on the Assessment and Monitoring of Air Pollution Effects on Forests), ki ga je leta 1985 na podlagi konvencije o daljinskem transportu onesnaženega zraka (CLRTAP) sprožila Evropska ekonomska komisija Organizacije združenih narodov. V Sloveniji je bil program ICP Gozd zakonsko urejen leta 2000 s sprejetjem Pravilnika o varstvu gozdov (Hočevnar in sod., 2002) (Ur. l. RS, št. 92/2000, 56/2006, 114/2009), ki je bil l. 2009 posodobljen (člen 20). Sprememba besedila člena o spremljanju stanja gozdov in trenutne razmere v Sloveniji so vzrok, da je spremljanje gozdov postalo vsebinsko in glede obsega nezanesljivo.

Sprva je bil glavni cilj programa pridobiti vpogled v prostorsko in časovno spremenljivost stanja gozdov in v povezavo le-tega s stresnimi dejavniki, vključno z onesnaženostjo zraka. S takim namenom je bil v državah, ki sodelovale v programu ICP Gozd, vzpostavljen velikoprostorski monitoring poškodovanosti gozdov na sistematični vzorčni mreži gostote 16 x 16 km (MGGE), ki sedaj zajema velik del EU, in na kateri se letno, preko kazalnika »osutost drevesnih krošenj« spremlja stanje gozdov (Kovač, 1996). Po potrebi in v daljših časovnih presledkih se v Sloveniji poškodovanost gozdov spremlja tudi na zgoščenih mrežih 4 x 4 km.

V devetdesetih letih je bilo ugotovljeno, da na stanje gozdnih ekosistemov ne vpliva samo onesnaženost zraka, ampak tudi številni drugi antropogeni in naravni stresni dejavniki (de Vries in sod., 2003). S ciljem boljšega razumevanja procesov je bila v posameznih članicah EU leta 1994 vzpostavljena mreža t. i. intenzivnih ploskev (tudi IMGE). V Sloveniji so bile te ploskve vzpostavljene leta 2003, trenutno pa je v sistem tovrstnega monitoringa vključenih deset ploskev (Simončič in sod., 2004).

Cilji spremljanja stanja krošenj na ploskvah intenzivnega monitoringa se razlikujejo od ciljev velikoprostorskega na sistematični mreži. Medtem ko

je slednji namenjen statističnemu spremljanju stanja gozdov na državni ravni, je namen monitoringa na intenzivnih ploskvah predvsem boljše razumevanje odvisnosti med zdravjem oz. vitalnostjo dreveja ter vzroki in posledicami dejavnikov stresa. Poleg tega rezultati služijo še spremljanju dolgoročnih trendov propadanja gozdov in zaznavanju trenutnega stanja osutosti drevesnih vrst (de Vries in sod., 2003).

Cilj prispevka je predstaviti stanje osutosti na izbranih ploskvah IMGE v letu 2009 z vidika deleža osutosti krošenj, ki je pojasnjen z znanimi biotskimi in abiotskimi poškodbami. Del pozornosti je namenjen tudi preostalemu deležu nepojasnjene osutosti, za katerega smo poskušali določiti morebitne povezave med stanjem osutosti in izbranimi rastnimi dejavniki, ki so se snemali na izbranih ploskvah IMGE v letu 2009 in za katere ocenjujemo, da bi lahko vplivali na osutost (zastrtost, socialni razred, tip razrasti krošnje, oddaljenost od sosednje krošnje itn.).

2 METODE

2.1 Ocenjeni kazalniki v okviru projekta FutMon

Reden popis stanja krošenj poteka na ploskvah IMGE od leta 2003 (Simončič in sod., 2004). Lokacije raziskovalnih ploskev in njihove značilnosti so podrobneje predstavljene v prispevku Simončiča in sod. (2011), kjer je tudi poudarjeno, da se na ploskvah izvaja le sanitarni posek. V okviru popisa se na ploskvah vsako leto spremljajo kazalniki: osutost, mortaliteta, socialni razred drevesa, zasenčenost krošnje, vidnost krošnje, porumenelost asimilacijskih organov ter prisotnost znakov cvetenja in semenjenja. Metoda in kazalniki popisa so pojasnjeni v priručniku za okularno ocenjevanje stanja krošenj (Planinšek in sod., 2009), ki je za slovenske razmere prirejen po priručniku ICP – Gozd (Eichhorn in sod., 2006).

Od leta 2006 se vsem drevesom na ploskvi, katerim se oceni osutost, popiše tudi opažene znake poškodb. Metoda popisa poškodb je predstavljena v priručniku Jurc, D. in Jurc, M. (2010) in je, podobno

kot priročnik za okularno ocenjevanje stanja krošenj, za slovenske razmere prirejen po priročniku ICP – Gozd (Eichhorn in sod., 2010). Za vsako opaženo poškodbo se opiše mesto poškodbe (npr. listi, veje itn.), simptom (npr. razpoka na deblu, rumenenje listov, objedanje listov itn.), povzročitelj poškodbe, starost in obseg poškodbe.

V letu 2009 je v okviru demonstracijske aktivnosti D1 projekta FutMon na sedmih izbranih ploskvah IMGE (IMGE 2 – Fondek, IMGE 3 – Gropajski bori, IMGE 4 – Brdo, IMGE 5 – Borovec, IMGE 6 – Kladje, IMGE 11 – Murska šuma in IMGE 12 – Tratice) potekal obsežnejši popis stanja krošenj. Dodatne značilnosti krošnje, ki smo jih spremljali v letu 2009, so bile: transparentnost, morfologija in oblika krošnje (le pri drevesni vrsti bukev), prisotnost sekundarnih epikormskih poganjkov, razdalja med krošnjami in starostni razred drevesa. Znake smo natančneje predstavili v naslednjem poglavju.

2.2 Analiza kazalnikov

V analizi smo upoštevali živa drevesa prvega, drugega in tretjega socialnega razreda, ki se na izbranih ploskvah IMGE pojavljajo kot glavne drevesne vrste. Podatke o popisu stanja krošenj (redni kazalniki in dodatni) smo združili s podatki o popisu poškodb. Upoštevali smo samo tiste poškodbe, ki so vplivale na osutost krošnje in so imele opisano tudi kategorijo povzročitelja. Poškodbe, ki so imele opisan samo simptom ali obseg poškodbe, brez ugotovitve, kaj je poškodbo povzročilo, nismo upoštevali. Tako smo za vsako drevo naploskvi IMGE poleg podatkov o stanju krošenj pridobili tudi podatke o pojasnjenem deležu osutosti. Nato smo vsakemu drevesu od skupne osutosti odšteli pojasnjeni delež osutosti, torej tisti delež osutosti, ki so ga povzročili znani dejavniki (defolijatorji, toča itn.). Preostali, nepojasnjeni delež osutosti smo primerjali z nekaterimi kazalniki rastnih dejavnikov, za katere smo ocenili, da bi lahko še dodatno vplivali na stanje osutosti. Ti kazalniki so bili:

- socialni razred drevesa (soc. pol.) – koda 1 pomeni, da je drevo nadvladajoče, 2 vladajoče in 3 sovladajoče;
- prisotnost plodov (plodenje): koda 1 pomeni, da ni plodov, koda 2 pomeni normalno plodenje in 3, da je plodenje bogato;
- utesnjenost oz. zasenčenost krošnje (zasenčenost): ocenjeni delež utesnjenega dela krošnje zaradi sosednjih dreves (koda 1 pomeni utesnjenost krošnje na eni strani, 2 – utesnjenost krošnje z dveh

- strani, 3 – utesnjenost krošnje s treh strani, 4 – utesnjenost krošnje s štirih strani, 5 – neutesnjena krošnja in 6 – pomeni potisnjeno drevo);
- morfologija in oblika krošnje (obl. krošnje): ocena razrasti vršnih poganjkov pri bukvi – koda 1 dinamična razrast vršnega in stranskih poganjkov, 2 – zmanjšana rast vršnih poganjkov, stranski se še vedno oblikujejo, 3 – zelo zmanjšana rast vršnega in stranskih poganjkov, prisotni so le kratki poganjki ob straneh krošnje in 4 – zelo zmanjšana rast vršnih in stranskih poganjkov, ob straneh krošnje ni kratkih poganjkov;
- prisotnost sekundarnih poganjkov (sek. pog.): koda 1 pomeni, da so redki in koda 3, da so številni;
- starostni razred drevesa (starost): koda 1 pomeni, da je drevo mlajše od 20 let in koda 9, da je drevo starejše od 160 let. Starost je bila ocenjena na podlagi sklepanja iz števila letnic posekanih dreves, znanega datuma nastanka sestoja ali okularne ocene;
- relativna razdalja med krošnjami (odd. do sos. krošn.): v štirih smereh neba smo ocenili oddaljenost od najbližje krošnje. Ocene so si sledile v naslednjem vrstnem redu: 1 – krošnje se prekrivajo, 2 – krošnje se stikajo, 3 – razmik med krošnjami je do 1/3 povprečnega premera krošnje, 4 – razmik med krošnjami je do 2/3 povprečnega premera krošnje, 5 – razmik med krošnjami je od 2/3 do enega povprečnega premera krošnje in 6 – razmik med krošnjami je večji od povprečnega premera krošnje. Za vsako drevo smo ocene sešteli in tako vrednost 4 pomeni, da je krošnja zelo utesnjena in 24, da je krošnja popolnoma sproščena.

Osutost drevesa ocenjujemo na 5 % natančno. Podatke o nepojasnjenem deležu osutosti smo združili v deset razredov po 10 %. Kode o zasenčenosti krošnje smo preštevilčili, in sicer tako, da je kodo 1 imelo nezasenčeno drevo; kodo 2 je imelo drevo, katerega krošnja je bila zasenčena na eni strani; kodo 3 drevo, ki je imelo krošnjo zasenčeno z dveh strani; itn. do kode 6, ki jo je imelo potisnjeno drevo. Ocene razdalj med krošnjami 4 do 24 smo združili v šest enakih razredov.

Ocenjeni kazalniki so neparametrski, zato smo za statistično analizo rezultatov pri kazalnikih, ki imajo več kot pet razredov (utesnjenost oz. zasenčenost, starost in oddaljenost od sosednje krošnje), uporabili Spearmanov koeficient korelacije rangov, pri kazalnikih, ki imajo pet ali manj razredov (socialni razred, prisotnost plodov, oblika krošnje in prisotnost sekundarnih poganjkov) pa neparametrično analizo variance (Kru-

skal Wallisov H-test) in Mann-Whitneyjev U-test. Pri slednjih smo razlike v osutosti med razredi znakov (t.j. skupinami) testirali z neparametrično analizo variance in posteriornimi testi. Na podlagi ugotovljenih razlik smo sklepali na odvisnost oz. povezanost med osutostjo in sestojnim kazalnikom. Z analizo variance smo torej ugotovili, ali so razlike v osutosti med razredi znaka (npr. socialnimi razredi) statistično značilne in če so bile, smo s posteriornimi testi ugotovili, med katerimi razredi. Nato smo z izračunom modusa oz. mesta gostitve ocen osutosti za analizirane razrede znaka ugotovili smer povezanosti.

Zaradi zahteve Kruskal-Wallisovega H-testa, da ima vsaka skupina vsaj pet vzorčnih enot (Spiegel in Stephens, 2008), smo pri znaku oblike razrasti 4. kategorijo s samo enim drevesom pripojili 3. kategoriji.

Analize smo naredili ločeno za iglavce in listavce ter za drevesne vrste bukev, smreka, bor (rdeči bor in črni bor skupaj) in dob. Vsi izračuni in grafi so bili narejeni v programskem paketu R 2.12.0.

3 REZULTATI

3.1 Stanje osutosti

Bukev (*Fagus sylvatica*) prevladuje na ploskvah Fondek (23,8 % osutost), Borovec (18,6 % osutost) in Tratice (25,2 % osutost). Največji delež pojasnjene osutosti je bil na ploskvi Fondek (3,5 %). Skupaj smo v analizo podatkov o stanju krošenj vključili 222 dreves bukve, ki katere delež nepojasnjene osutosti je bil 20,0 % (Preglednica 1 in Graf 1).

Na ploskvi Gropajski bori je glavna drevesna vrsta črni bor (*Pinus nigra*), s povprečno osutostjo (26,8 %) in je bistveno večja od povprečne osutosti rdečega bora (*Pinus sylvestris*) na ploskvi Brdo (17,1 %). Pri črnem boru je 9,8 % osutosti pojasnjene s strani biotskih in abiotskih poškodb, kar zmanjša delež nepojasnjene osutosti na primerljivo vrednost (17,4 %), ki jo dosega rdeči bor na ploskvi Brdo (16,9 %). V analizo smo vključili skupaj 162 dreves rdečega in črnega bora.

Dob (*Quercus robur*) je glavna drevesna vrsta na ploskvi Murska šuma. Dob je od glavnih drevesnih vrst, ki jih obravnavamo v prispevku, najbolj osut (37,8 %). V analizo smo vključili podatke o stanju krošenj 29-ih dreves doba. V letu 2009 je imel dob največji delež pojasnjene osutosti (12,4 %) (Graf 1), nepojasnjeni delež osutosti doba je znašal 25,3 % (Preglednica 1). Pri dobu je najpogostejše pojasnjevala osutost kategorija defoliorjev.

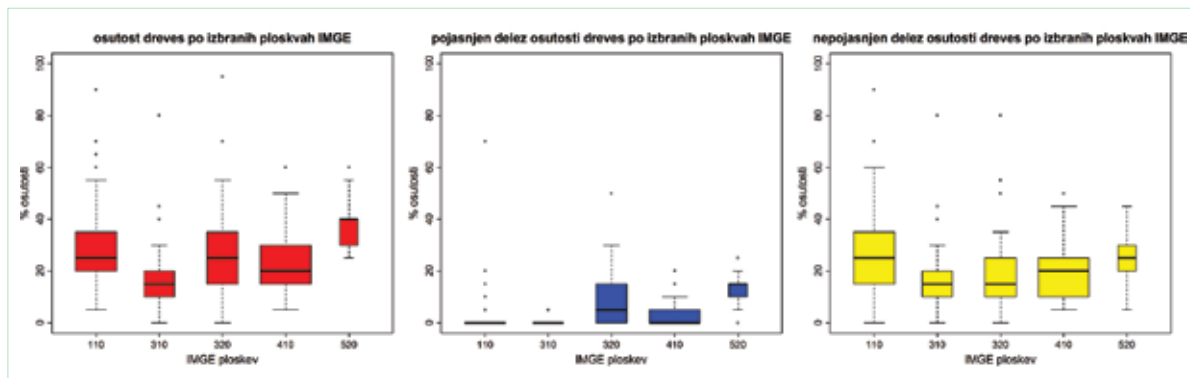
Večji delež nepojasnjene osutosti od doba je imela le smreka (*Picea abies*) 27,3 %. Največji nepojasnjeni delež osutosti pri smreki je na ploskvi Kladje (30,5 %). Smreka se pojavlja še na ploskvi Tratice, kjer ima bistveno manjši delež povprečne nepojasnjene osutosti (14,5 %). Od vseh analiziranih skupin drevesnih vrst je najmanjši delež pojasnjene osutosti pri smreki (2,3 %) (Preglednica 1).

V letu 2009 so imeli na ploskvah IMGE iglavci večji povprečni odstotek osutosti kot listavci. Večji delež pojasnjene osutosti je pri listavcih (4,4 %). V letu 2009 je nepojasnjeni delež osutosti pri listavcih znašal 19,7 % in pri iglavcih 22,0 % (Preglednica 1).

Preglednica 1: Povprečna osutost, pojasnjeni delež osutosti, nepojasnjeni delež osutosti za prevladujoče drevesne vrste na ploskvah IMGE, vključenih v demonstracijske aktivnosti D1 (FutMon) in za skupine glavnih drevesnih vrst, ki se pojavljajo na več kot eni ploskvi.

IMGE ploskev	Prevladujoča drevesna vrsta	Število dreves	Povprečna osutost (%)	Pojasnjeni delež osutosti (%)	Nepojasnjeni delež osutosti (%)
IMGE 2 – Fondek	bukev	102	23,8	3,5	20,2
IMGE 3 – Gropajski bori	črni bor	82	26,8	9,4	17,4
IMGE 4 – Brdo	rdeči bor	80	17,1	0,2	16,9
IMGE 5 – Borovec	bukev	63	18,6	2,3	16,3
IMGE 6 – Kladje	smreka	117	32,6	2,1	30,5
IMGE 11 – Murska šuma	dob	29	37,8	12,4	25,3
IMGE 12 – Tratice	bukev/smreka	57 / 29	25,2 / 17,6	1,5 / 3,1	23,7 / 14,5
Skupaj	iglavci	308	25,6	3,6	22,0
	listavci	294	24,1	4,4	19,7
	bukev	222	22,7	2,7	20,0
	bori	162	22,0	4,8	17,2
	smreka	146	29,6	2,3	27,3

Graf 1: Levi grafikon prikazuje ocenjeno osutost na ploskvah IMGE, sredinski grafikon prikazuje povprečni delež pojasnjene osutosti, desni pa nepojasneni delež osutosti po posameznih ploskvah IMGE. Debelina okvirja z ročaji predstavlja število dreves v vzorcu. Na osi x so označene glavne drevesne vrste (110 smreka, 310 rdeči bor, 320 črni bor, 410 bukev in 520 dob).



3.2 Odvisnost osutosti od izbranih kazalnikov

Z analizo korelacije oz. neparametrično analizo variance in posteriornimi testi smo ugotovili, da so med drevesnimi vrstami oz. njihovimi skupinami razlike med stanjem osutosti krošenj posameznih dreves v okviru posameznih kazalnikov rastnih razmer. Te se odražajo tako v jakosti in smeri povezanosti kot tudi med skupinami vplivnih spremenljivk.

V nadaljevanju so navedeni rezultati analize za listavce in iglavce ter po posameznih drevesnih vrstah oz. njihovih skupinah. Rezultati so navedeni ločeno za analizo korelacije (sestojni kazalniki z vsaj šestimi razredi oz. kategorijami) (Preglednica 2) in analizo razlik s pomočjo analize variance ter posteriornimi testi (sestojni kazalniki s pet in manj

razredi oz. kategorijami) (Preglednica 3). V preglednici 2 so torej navedene vrednosti korelacijskega koeficienta, raven značilnosti (oz. stopnja tveganja ob zavračanju ničelne hipoteze: H_0 = med znakoma ni povezave oz. sta neodvisna) in št. dreves v vzorcu. Medtem ko so v preglednici 3 navedene ravni značilnosti razlik osutosti med razredi kazalnika rastnih razmer oz. stopnja tveganja ob zavračanju ničelne hipoteze: H_0 = razlik med razredi kazalnika ni). Zaradi preglednosti so navedeni le rezultati analize variance (ANOVA) in ne tudi rezultati posameznih posteriornih testov. Se pa na rezultate posteriorne analize naslanjamo pri komentarju.

Pri listavcih so statistično značilne razlike v osutosti po socialnih razredih ter negativna korelacijska odvisnost med osutostjo in zasenčenostjo krošnje. Enako velja za bukev (*Fagus sylvatica*),

Preglednica 2: Odvisnost osutosti krošnje od izbranih kazalnikov, ki so imeli vsaj šest razredov (Spearmanov koeficient korelacije rangov).

Kazalnik	Osutost krošnje											
	Listavci		Iglavci		Bukev		Smreka		R. in č. bor		Dob	
	r	n	r	n	r	n	r	N	R	n	R	n
Zasenč.	-0,24**	294	0,09**	306	-0,25**	222	0,16*	146	-0,24	160	-0,14	29
Starost	-0,27**	294	0,44**	306	0,10**	222	0,48**	146	-0,01	160	-0,31	29
Odd. do sos. krošn.	0,18**	294	-0,13*	306	0,28**	222	-0,16*	146	0,04	160	-0,18	29

Legenda:

r. vrednost Spearmanovega korelacijskega koeficienta
n. št. dreves v vzorcu

*. Odvisnost osutosti krošnje od izbranega kazalnika je statistično značilna pri stopnji tveganja 5%.

**. Odvisnost osutosti krošnje od izbranega kazalnika je statistično značilna pri stopnji tveganja 1%.

Preglednica 3: Odvisnost osutosti krošnje od izbranih kazalnikov, ki so imeli pet ali manj razredov (neparametrična analiza variance).

Kazalniki	Osutost krošnje											
	Listavci		Iglavci		Bukev		Smreka		R. in č. bor		Dob	
	α	n	α	n	α	n	α	N	A	n	α	n
Soc. raz.	0,000	294	0,288	306	0,006	222	0,000	146	0,798	160	0,869	29
Plodenje	0,041	294	0,183	306	0,026	222	0,117	146	0,253	160	-	-
Obl. krošnje	-	-	-	-	0,000	222	-	-	-	-	-	-
Sek. Pog.	-	-	-	-	0,012	222	-	-	-	-	-	-

Legenda:

α . Stopnja tveganja pri zavrnitvi ničelne hipoteze, ki pravi, da med skupinama(i) ni statistično značilnih razlik.
n. št. dreves v vzorcu

kar je pričakovano, saj vrsta predstavlja tri četrtine (75,5 %) vzorca listavcev. Osutost listavcev oz. bukke se veča z naraščajočimi socialnimi razredi in večjo izpostavljenostjo neposrednemu sončnemu sevanju. Za listavce smo s posteriornimi testi ugotovili statistično značilne razlike med 2. in 3. ter 1. in 3. socialnim razredom, za bukev pa med 2. in 3. socialnim razredom. Praktično rezultat potrjuje, da je bukev sencozadržna vrsta in tudi v zasenčenih razmerah zmore oblikovati polno obraslo krošnjo. Z vidika socialnega razreda so razmere obratne pri smreki (*Picea abies*), katere krošnje so manj osute, če drevo raste v višjih socialnih razredih. S posteriornimi testi smo ugotovili, da so razlike v osutosti statistično značilno različne med 1. in 2., 2. in 3., ter 1. in 3. socialnim razredom.

Pri bukvi so tudi značilne razlike v osutosti po razredih pojavljanja sekundarnih oz. epikormskih poganjkov. Bukova drevesa z višjo stopnjo osutosti imajo v krošnji manj sekundarnih poganjkov. Modus osutosti je pri kategorijah »manj sekundarnih poganjkov« pomaknjen v višje razrede osutosti. S posteriornimi testi smo tudi ugotovili, da so razlike v osutosti značilne med 1. in 2., ter 1. in 3. kategorijo pojavljanja sekundarnih poganjkov. Rezultati torej kažejo, da je pojavljanje epikormskih poganjkov vezano na drevesa z manjšimi, bolj utesnjenimi krošnjami, ki so pogosto sovladajoča. Pri dobu (*Quercus robur*) nismo ocenjevali prisotnosti sekundarnih poganjkov.

Za bukvina drevesa je značilno, da imajo bolj osute krošnje tudi manj dinamično razrast, kar se odraža v okrnjeni rasti vršnega poganjka, v ekstremnih primerih tudi stranskih vej. Razlike v osutosti po kategorijah razrasti so namreč značilne (posteriorni testi: med 1. in 2. ter 1. in 3. kategorijo oblike razrasti), modus osutosti pa se za drevesa z

vedno manj dinamično razrastjo krošnje pomika v višje razrede osutosti.

Pri listavcih in bukvi smo ugotovili, da so v osutosti statistično značilne razlike med drevesi, na katerih ni vidnega plodenja ali je to manj prisotno, ter drevesi, ki normalno plodijo. Slednja skupina dreves ima bolj osute krošnje od prve (v času popisa nobeno drevo ni »bogato« plodilo).

Za listavce oz. bukev ter iglavce oz. smreko je značilna povezava med osutostjo in oddaljenostjo drevesa do sosednjih dreves. Pri listavcih oz. bukvi je značilno, da so drevesa, ki imajo bolj osuto krošnjo, bolj oddaljena od sosednjih, pri iglavcih oz. smreki pa velja ravno obratno. Rezultat je povsem v skladu s povezavo med osutostjo in zasenčenostjo in nekaj pove tudi o kompeticij vrst.

Pri obeh borih (*Pinus sylvestris* in *Pinus nigra*) ter dobu (*Quercus robur*) se pri največ 5 % stopnji tveganja nobena povezava ni izkazala za značilno.

4 RAZPRAVA IN ZAKLJUČKI

Podatki o povprečni osutosti iglavcev in listavcev na izbranih ploskvah IMGE so primerljivi s podatki, ki so bili za leto 2009 objavljeni v poročilu o stanju osutosti na 44-ih ploskvah MGGE (mreža 16x16 km). Povprečna osutost iglavcev na ploskvah MGGE je bila v letu 2009 26,4 % (ploskve IMGE 25,6 %) in listavcev 25,9 % (ploskve IMGE 24,1 %) (Skudnik, 2010). Razlog, da je stanje krošenj na ploskvah IMGE nekoliko boljše, je predvsem v tem, da se na ploskvah IMGE osutost ocenjuje le drevesom prvega, drugega in tretjega socialnega položaja, medtem ko se na ploskvah MGGE osutost ocenjuje vsem drevesom na ploskvi ne glede, kateremu socialnemu položaju pripadajo. V Sloveniji so povprečne osutosti na ploskvah višje od povprečnih vrednosti za EU, kjer so v letu 2009 znašale 18,4 % za iglavce in 20,2 % za

listavce (Fischer in sod., 2010). Povsem drugačna je tudi narava razlik med povprečnimi osutostmi drevja, saj so v Sloveniji iglavci bolj osuti kot listavci, medtem ko je stanje v EU obratno. Razlogov za slabše stanje je lahko več. Eden od njih bi bila lahko dejanska večja osutost dreves na slovenskih ploskvah IMGE. Vendar pa lahko na stanje osutosti vpliva tudi manjša intenzivnost sanitarne sečnje, starejši sestoji itn.

Z vidika glavnih skupin drevesnih vrst je delež pojasnjene osutosti največji pri dobi na ploskvi Murska šuma (12,4 %) in črnem boru na ploskvi Gropajski bori (9,8 %). Ocenjujemo, da je pri kazalniku osutosti, s katerim se spremlja zdravstveno stanje gozdov, pomembno, da se poleg povprečne osutosti spremlja tudi delež nepojasnjene osutosti. Tako se pri spremljanju trenda zdravstvenega stanja gozdov izognemo letnim odstopanjem, katerih razlog so znane abiotične ali biotične poškodbe, ki na dolgi rok pomembno ne vplivajo na zdravje drevesa. Omeniti je treba, da je delež pojasnjene osutosti zelo odvisen od popisovalčevega prepoznavanja simptomov poškodb, pa tudi od poznavanja gozdnih škodljivcev in bolezni.

Ugotovili smo tudi, da so značilne povezave med osutostjo krošnje in nekaterimi analizirani znaki rastiščnega razmer. Največkrat se kot pomemben dejavnik, ki je povezan z osutostjo, pokaže starost drevesa. Pozitivno odvisnost med osutostjo in starostjo drevesa so na podlagi podatkov programa ICP-gozd (vzorčna mreža 16x16 km) ugotovili tudi Klap in sod. (2000) ter Hočevnar in sod. (2002). Pomembne so povezave med osutostjo in socialnim razredom, zasenčenostjo in oddaljenostjo med sosednjimi drevesi – enako za odvisnost med osutostjo in socialnim razredom ter osutostjo in zasenčenostjo oz. utesnjenostjo, in sicer na podlagi popisa programa ICP-gozd (mreža 16x16 km) v Nemčiji, ugotavlja tudi Seidling (2004). Semenjenje oz. plodenje, oblika krošnje, prisotnost sekundarnih poganjkov so pomembni le za posamezne drevesne vrste oz. njihove skupine.

5 SUMMARY

Plots for intensive forest ecosystem monitoring in Slovenia were established in 2003 and ten such plots are included in the monitoring system at the moment (Simončič et al., 2004). On IMGE plots, inventory of crown condition takes place every year and, since 2006, also the inventory of tree damage. Defoliation, mortality, social class of a tree, crown shading, crown visibility, yellowing of assimilation organs, and presence of flowering and fruiting signs are assessed in the framework of the annual crown condition inventory. Site of the injury, symptom,

causal agent as well as age and extent are described for every noticed tree injury. Objectives of tree crown condition monitoring on the intensive monitoring plots are: better understanding of the relation between tree vitality and causes and consequences of stress factors and monitoring of the long-term trends of forest decline (de Vries et al., 2003).

The highest average defoliation on the intensive monitoring plots was found in Pedunculate Oak (37.8 %), located on the Murska šuma plot. It is followed by spruce (29.6 %) on the Kladje and Tratice plots, European Black Pine (26.8 %) on the Gropajski bori plot and beech (22.7 %) on the Fondek, Borovec and Tratice plots in the decreasing order. Scots Pine (17.1 %) on the Brdo plot is in the best condition among the main tree species. Defoliation state on IMGE plots in the year 2009 was comparable with the defoliation state on MGGE plots. Average defoliation of the coniferous trees on 44 MGGE plots amounted to 26.4 % in 2009 and to 25.6 % on IMGE plots. Average defoliation of the deciduous trees amounted to 25.9 % on MMGE plots and 24.1 % on IMGE plots (Skudnik, 2010). Average defoliations on the selected IMGE plots in Slovenia are higher than average defoliations for the entire EU. In the year they amounted to 18.4 % for coniferous and to 20.2 % for deciduous trees (Fischer in sod., 2010).

The highest average defoliation in 2009 was found in Pedunculate Oak on the Murska šuma plot (37.8 %) that also showed the highest share of the explained defoliation (12.4 %); i.e. 12.4 % of the defoliation was caused by the known biotic or abiotic stress factors, e.g. defoliators, hail, wind, etc. The share of the unexplained defoliation on the Murska šuma plot thus amounts to 25.3 %. With regard to the share of the explained defoliation, Pedunculate Oak is followed by Black Pine, where full 9.8 % of the 26.8 % of the average defoliation was explained in 2009. Despite higher average defoliation of Black Pine on the Gropajski bori plot (26.8 %), its share of the unexplained defoliation (17.4 %) is comparable with the share of the unexplained defoliation in Scots Pine on the Brdo plot (16.9 %). The lowest defoliation share was explained on the Brdo plot (0.2 %). In 2009, average defoliation in beech on IMGE plots amounted to 22.7 %; thereof 2.7 % of defoliation was explained. The lowest share of the explained defoliation was found in spruce (2.1 %). The unexplained defoliation share is the highest (27.3 %) in spruce due to an extremely high defoliation share of spruce on the Kladje plot.

We assess we can, by monitoring the explained defoliation share, improve monitoring of the annual

trend of forest health condition. With such result interpretation we can avoid those annual defoliation deviations, caused by known abiotic or biotic injuries that cannot crucially affect forest health condition on long term.

Intending to detect some influences on the unexplained defoliation share, in 2009 we assessed some extra indices in addition to the regular ones: transparency, crown morphology and shape (in tree species spruce, beech and Scots Pine), presence of the secondary epicormic shoots, distance between crowns, and age class of the tree. We found out that there were some characteristic connections between the crown defoliation state and additional stand condition indexes. It is characteristic for deciduous trees and beech that less shaded trees of higher social classes have more defoliated crowns. Inverse principle holds true for social class of spruce, which is in accordance with the researches so far. Crowns of older trees are more defoliated. This holds true for deciduous trees, coniferous trees and spruce. None of the analyzed connections proved to be statistically significant with both pines and Pedunculate Oak, given 5 % risk. More defoliated crowns of trees that fruit more intensively are typical for deciduous trees and beech. The shading being connected with the distance between neighboring trees, the same conclusion applies to the connection between distance and defoliation; the larger the distance between the trees, the more defoliated are the crowns of beech and deciduous tree group. The inverse holds true for spruce and coniferous tree group. In addition it applies to beech that the trees with less secondary shoots and less dynamical crown growth are more defoliated.

5 ZAHVALA

Zahvaljujemo se sodelavcem oddelka NMGK (Juretu Žlogarju, Galu Kušarju in Špeli Planinšek) za pomoč pri popisu stanja krošenj na izbranih ploskvah IMGE. Prav tako se zahvaljujemo dr. Dušanu Jurcu in dr. Nikici Ogrisu za pomoč pri popisu poškodb drevja. Raziskava je potekala v okviru programa intenzivnega spremljanja gozdov v Sloveniji (EU program ForestFocus; EU, MKGP in MOP), JGS (MKGP) in FutMonLife+ projekta (sofinancerji DG Env.EU, MKGP in MOP).

6 VIRI

De Vries, W., Vel, E., Reinds, G.J., Deelstra, H., Klap, J.M., Leeters E.E.J.M., Hendriks, C.M.A., Kerkvoorden, M., Landmann, G., Herkendell, J., Haussmann, T., Erisman, J.W., 2003. Intensive monitoring of forest ecosystems in Europe: 1. Objectives, set-up and evaluation strategy. *Forest Ecology and Management*, 174, 1-3: 77-95

Eichhorn, J., Roskams, P., Ferretti, M., Mues, V., Szepesi, A., Durrant, D. 2006. Visual Assessment of Crown Condition and Damaging Agents - Part IV. Hamburg, vTI - Institute for World Forestry: 69 str.

Eichhorn, J., Roskams, P., Ferretti, M., Mues, V., Szepesi, A., Durrant, D. 2010. Visual Assessment of Crown Condition and Damaging Agents - Part IV. Hamburg, vTI - Institute for World Forestry: 49 str.

Fischer, R., Lorenz, M., Granke, O., Mues, V., Iost, S., van Dobben, H.F., Reinds, G.J., de Vries W. 2010. Forest Condition in Europe - 2010 Technical Report of ICP Forest. Hamburg, von Thünen-Institute, Institute for World Forestry: 175 str.

Hočevar, M., Mavsar, R., Kovač, M., 2002. Zdravstveno stanje gozdov v Sloveniji v letu 2000 = Forest Condition in Slovenia in the Year 2000. *Zbornik gozdarstva in lesarstva*, 67: 119-157

Jurc, D., Jurc, M. 2010. Ugotavljanje povzročiteljev poškodb - neobjavljeno delovno gradivo. Ljubljana, Gozdarski inštitut Slovenije

Klap, J.M., Oude, Voshaar, J.H., De Vries, W., Erisman, J.W., 2000. Effects of Environmental Stress on Forest Crown Condition in Europe. Part IV: Statistical Analysis of Relationships. *Water, Air, & Soil Pollution*, 119, 1: 387-420

Kovač, M., 1996. Ten years of forest decline inventory in Slovenia : an overview. *Phyton*, 36, 3: 167-170

Pravilnik o varstvu gozdov. Ur. l. RS, št. 92/2000, 56/2006, 114/2009. Ljubljana.

Planinšek, Š., Skudnik, M., Kušar, G., Žlogar, J., Kovač, M., 2009. Okularno ocenjevanje stanja krošenj za nivo II : priročnik za terensko snemanje podatkov / prevod in priredba. Ljubljana, Gozdarski inštitut Slovenije: 30 str.

Seidling, W., 2004. Crown condition within integrated evaluations of Level II monitoring data at the German level. *European Journal of Forest Research*, 123, 1: 63-74

Simončič, P., Smolej, I., Kalan, P., Mavsar, R., Levanič, T. 2004. Intenzivno spremljanje stanja gozdnih ekosistemov (IMP-SI) : letno poročilo (2003) = Intensive monitoring in Slovenia (IMP-SI) : firts annual report (2003). Ljubljana; Wageningen, Gozdarski inštitut Slovenije = Slovenian Forestry Institute ; Alterra: 30 str.

Simončič, P., Rupel, M., Kovač, M., 2011. Spremljanje stanja gozdov v Sloveniji – stanje v l.2011 (v tisku). *Gozdarski vestnik*, 69, 5-6

Skudnik, M., 2010. Spremljanje gozdov v letu 2009, Raven I. V: Poročilo o spremljanju stanja gozdov za l. 2009 - Vsebinsko poročilo o spremljanju stanja gozdov v l. 2009 v skladu s Pravilnikom o varstvu gozdov (2009). Ferlan M., Kovač M., Levanič T., Kušar G., Kutnar L., Ogris N., Rupel M., Skudnik M., Urbančič M., Verlič A., Vilhar U., Žlindra D., Simončič P. (eds.). Ljubljana, Gozdarski inštitut Slovenije: 13-27

Spiegel, M. E., Stephens, L. J., 2008. Theory and Problems of Statistics. Fourth ed. McGraw-Hill Companies, Inc.: 577 str.

Pestrost lesnatih rastlin na ploskvah za spremljanje stanja gozdov v Sloveniji

Diversity of Woody Species on Forest Monitoring Plots in Slovenia

Lado KUTNAR¹

Izvleček:

Kutnar, L.: Pestrost lesnatih rastlin na ploskvah za spremljanje stanja gozdov v Sloveniji. Gozdarski vestnik, 69/2011, št. 5–6. V slovenščini z izvlečkom in povzetkom v angleščini, cit. lit. 25. Prevod in lektoriranje angleškega besedila Breda Misja, jezikovni pregled slovenskega besedila Marjetka Šivic.

Na ploskvah za spremljanje stanja gozdov na ravni I. (sistematična 16 × 16-kilometrsko mreža) in ravni II. (intenzivno spremljanje) smo na podlagi popisov vegetacije analizirali vrstno pestrost lesnatih rastlin. Na petdesetih ploskvah smo v različnih vertikalnih plasteh določili 102 lesnate rastline, od tega je bilo 46 drevesnih vrst in 56 grmovnih in vzpenjavk. V povprečju smo na ploskev popisali petnajst lesnatih rastlin, od tega je bilo osem drevesnih vrst. Največkrat popisane drevesne vrste so bile *Fagus sylvatica*, *Picea abies*, *Acer pseudoplatanus*, *Quercus petraea*, *Prunus avium*, *Abies alba*, *Carpinus betulus*, *Fraxinus excelsior*, *Sorbus aucuparia* in *Sorbus aria*. Od grmovnic in olesenelih vzpenjavk pa smo največkrat določili naslednje vrste: *Rubus hirtus*, *Hedera helix*, *Corylus avellana*, *Daphne mezereum*, *Clematis vitalba*, *Sambucus nigra*, *Rosa arvensis*, *Euonymus europaea* in *Rubus idaeus*. Z ordinacijsko analizo ploskev smo pokazali, da se v določenih ekološko-rastiščnih in sestojnih razmerah pojavlja specifična sestava lesnatih rastlin.

Glavne besede: spremljanje stanja gozdov, pritalna vegetacija, lesnate rastline, pestrost, gozdno rastišče

Abstract:

Kutnar, L., Diversity of Woody Species on Forest Monitoring Plots in Slovenia. Gozdarski vestnik (Professional Journal of Forestry), 69/2011, vol. 5–6. In Slovenian, abstract and summary in English, lit. quot. 25. Translation and proofreading of the already translated text Breda Misja, proofreading of the Slovenian text Marjetka Šivic.

Based on the assessment of ground vegetation on the monitoring plots of a systematic grid (16 × 16 km) of Level I and on Intensive Monitoring plots of Level II the diversity of woody plant species was analyzed. In different vertical layers of 50 plots we found a total of 102 woody species, of which 46 were tree species, and 56 species of shrubs and woody climbers. On average, 15 woody species were recorded per plot, among them 8 tree species. The most frequently assessed tree species were *Fagus sylvatica*, *Picea abies*, *Acer pseudoplatanus*, *Quercus petraea*, *Prunus avium*, *Abies alba*, *Carpinus betulus*, *Fraxinus excelsior*, *Sorbus aucuparia* in *Sorbus aria*. Among shrub species and woody climbers *Rubus hirtus*, *Hedera helix*, *Corylus avellana*, *Daphne mezereum*, *Clematis vitalba*, *Sambucus nigra*, *Rosa arvensis*, *Euonymus europaea* in *Rubus idaeus* were prevailing. Based on the ordination analyse of the monitoring plots it was proved that the specific woody species composition is characteristic for the particular ecological, site, and forest-stand conditions.

Key words: monitoring of forests, ground vegetation, woody species, diversity, forest site

1 UVOD

1 INTRODUCTION

V okviru programa spremljanja (monitoring) stanja gozdov v Evropi spremljamo tudi pestrost pritalne vegetacije (de VRIES et al., 2003a, 2003b, KUTNAR, 2006). Spremljanje stanja in sprememb vegetacije v Evropi in pri nas poteka na ploskvah dveh različnih nivojev: (i) sistematično razvrščene ploskve na enotni evropski mreži 16 × 16 km (raven I.); (ii) reprezentativne ploskve za intenzivno spremljanje stanja gozdov (raven II.). Čeprav spremljanje stanja pritalne vegetacije (ang. *Ground vegetation*) daje

poseben poudarek podstojnim plastem vegetacije, pa znotraj tega enakovredno obravnavamo tudi vse lesnate rastline, ki jih zasledimo predvsem v drevesni in grmovni plasti, prav tako pa tudi v zeliščni plasti vegetacije.

V Sloveniji uspeva nekaj več kot 300 avtohtonih lesnatih rastlinskih vrst, med katerimi je okrog 70 drevesnih vrst (KOTAR & BRUS, 1999, BRUS, 2008) in približno 230 grmovnih vrst (BRUS, 2008).

¹dr. L. K., univ. dipl. inž. gozd., Gozdarski inštitut Slovenije, Oddelek za gozdno ekologijo, Večna pot 2, 1000 Ljubljana, lado.kutnar@gozdis.si

V Sloveniji posamezne tipe (gozdne združbe) ali gozdne sestoje sestavlja različno število drevesnih vrst. Ponekod gozd sestavlja le nekaj drevesnih vrst ali celo ena sama, druga skrajnost so rastišča, na katerih najdemo celo dvajset in več drevesnih vrst. Tako v visokogorskih gozdovih v Alpah praviloma rastejo le smreka, macesen, gorski javor, jerebika in rušje, ker druge drevesne vrste ne prenesejo tako ostrih rastiščnih razmer. Nasprotje temu so nižinski hrastovo-belogabrovi gozdovi, v katerih uspeva pravo obilje drevesnih vrst (KOTAR & BRUS, 1999). Grmi so v primerjavi z drevesi na splošno manj znana in redkeje obravnavana ali na nek način celo prezrta skupina lesnatih rastlin (BRUS, 2008). V strnjenih gozdnih sestojih je njihov delež (obilje in zastiranje) praviloma manjši kot v presvetljenih, odprtih sestojih. Največkrat gradijo gozdni rob in pogosto kot pionirji poraščajo izčrpane gole površine.

Drevo je najmanj pet metrov visoka olesenela rastlina z razločno izraženim deblom, ki se razveji v krošnjo šele nad tlemi (KOTAR & BRUS, 1999). Grm pa je po preprosti definiciji lesnata rastlina, ki se že pri tleh razveji v več debel in razvije nizko krošnjo. V višino redko zraste več kot pet metrov, v drevo pa se razvije le izjemoma (BRUS, 2008).

V prispevku smo analizirali vrstno sestavo lesnatih rastlin (drevesne in grmovne vrste ter olesenele vzpenjavke) na primerljivo velikih površinah na ploskvah za spremljanje stanja gozdov na sistematični mreži ravni I. in ploskvah za intenzivno spremljanje stanja na ravni II. Poleg vrstne pestrosti lesnatih rastlin na ploskvah smo primerjali tudi nekatere njihove rastiščne in sestojne značilnosti.

2 RAZISKOVALNE PLOSKVE IN METODE

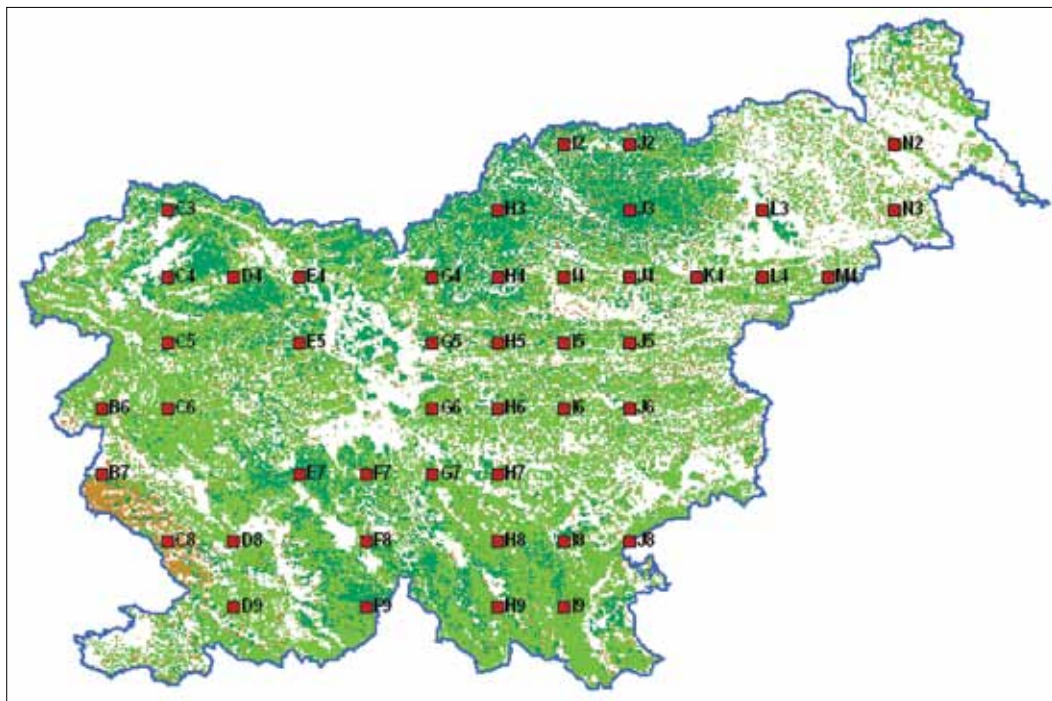
2 RESEARCH PLOTS AND METHODS

2.1 Ploskve ravni I.

2.1 Level I. plots

Ploskve za spremljanje stanja gozdov na ravni I. so razvrščene na sistematični 16 × 16-kilometrski mreži (slika 1). Prve raziskave pritalne vegetacije na tej mreži so bile opravljene že leta 1994. Takrat je bilo poskusno popisanih le del ploskev na popisni površini 625 m² (kvadrat s stranicami 25 metrov).

Celovitejši popis pritalne vegetacije je potekal v okviru demonstracijskega projekta BioSoil - Biodiverziteteta (BASTRUP-BIRK et al., 2007). V Sloveniji so terenska vegetacijska proučevanja na sistematični



Slika 1: Lega in delovne oznake koordinat kvadrantov 16 x 16-km mreže

Figure 1: Location and work designations of geographical coordinates of the 16 x 16 km network quadrants

Slika 2: Razporeditev ploskev za intenzivno spremljanje gozdnih ekosistemov v Sloveniji v letu 2004
Figure 2: Distribution of plots for intensive monitoring of forest ecosystems in Slovenia in year 2004



16 × 16-kilometrski mreži potekala v letih 2006 in 2007. Popis vegetacije je bil opravljen po enotni in usklajeni metodologiji na 39 ploskvah mreže. V skladu z metodologijo za spremljanje pritalne vegetacije (ICP-FORESTS - GROUND VEGETATION, 2002, 2007) je bila popisna površina 400 m². V okviru projekta BioSoil - biodiverziteta (BASTRUP-BIRK et al., 2007) smo izbrali popisno ploskev krožne oblike z radijem 11,28 metra (površina 400 m²) (več o metodologiji v URBANČIČ et al., 2009).

2.2 Ploskve ravni II.

2.2 Level II. plots

Intenzivno spremljanje stanja (pritalne) vegetacije v Sloveniji je v začetku potekalo na enajstih ploskvah, ki so bile izbrane po posebnih merilih (Anonymous, 2003). Ploskve ravni II., ki so vključene v Program intenzivnega spremljanja stanja gozdov v Sloveniji, so bile sistematično razporejene po različnih gozdnih ekosistemih (slika 2).

Na vseh enajstih ploskvah za intenzivno spremljanje stanja gozdnih ekosistemov (IM ploskev) v Sloveniji smo v letu 2004 postavili po dva različna tipa t. i. vegetacijskih (pod)ploskev (KUTNAR, 2006, KUTNAR & MARTINČIČ, 2008). Prvi tip vegetacijskih (pod)ploskev je del skupnega spremljanja stanja pritalne vegetacije na prostoru celotne EU. Dogovorjena in usklajena popisna površina na tej ravni je 400 m². To površino smo dosegli s štirimi vegetacijskimi (pod)ploskvami velikosti 10 × 10 metrov, ki smo jih sistematično razvrstili v osrednjem delu vseh 11 IM-ploskev po Sloveniji. Na

petih intenzivnejših (ograjenih) ploskvah smo zunaj ograje postavili še dodatni niz štirih vegetacijskih (pod)ploskev. Drugi tip predstavljajo manjše, 2 × 2 metra velike vegetacijske (pod)ploskve. V robnem pasu vsake IM-ploskve smo enakomerno razporedili po deset majhnih vegetacijskih (pod)ploskev.

V tej študiji smo zaradi primerljivosti rezultatov uporabili podatke z enako velikih popisnih površin (400 m²). Tako smo v analizo zajeli podatke o krožnih popisnih ploskvah na ravni I. in združene podatke za primerljivo popisno površino v osrednjem delu ploskev ravni II. (sestavljena iz 4 vegetacijskih (pod)ploskev).

2.3 Popis vegetacije

2.3 Vegetation inventory

Poleg zapisa splošnih oznak in ocene položaja popisnih ploskev v prostoru smo izmerili tudi nadmorsko višino, nagib ploskve ter ocenili stopnjo skalnatosti/kamnitosti in stopnjo zastiranja ležečih odmrlih lesnih ostankov. Na ploskvah s površino 400 m² smo ocenili stopnjo zastiranja posameznih vertikalnih plasti vegetacije (pravokotna projekcija plasti na površino ploskve). Ocenili smo stopnje zastiranja drevesne, grmovne, zeliščne in mahovne plasti. Poleg tega smo na ploskvah ocenili zastiranje vseh plasti vegetacije skupaj in zastiranje pritalnih plasti (brez dreves).

Rastlinske vrste smo popisali po vnaprej določenih vertikalnih plasteh:

- mahovna plast (mahovi (*Musci* in *Hepaticae*) in lišaji),

- zeliščna plast (vse druge neolesenele rastline; poleg teh tudi lesnate rastline, ki ne dosežajo 0,5 m višine),
- grmovna plast (samo lesnate rastline, ki dosežajo višino več kot 0,5 m in so nižje od 5 m; poleg teh tudi vzpenjalke v tem višinskem pasu),
- drevesna plast (samo lesnate rastline, ki presegajo višino 5 m; tudi vzpenjalke v tej višini).

Pri določanju praprotnic in semenk smo uporabili rastlinski ključ Mala flora Slovenije (MARTINČIČ et al., 1999) ter različne druge rastlinske ključe in pregledna dela (TUTIN et al., 1968–1980, HESS et al., 1976, 1977, 1980, LANDOLT & URBANSKA, 1989, ADLER et al., 1994, TRPIN & VREŠ, 1995, LAUBER & WAGNER, 1996, TUTIN et al., 2003).

2.4 Primerjava ploskev in vrednotenje vrstne pestrosti lesnatih rastlin

2.4 Comparison of plots and assessment of woody species diversity

Za vrednotenje splošnih značilnosti (nadmorska višina, nagib, skalnatost in odmrli les) ploskev za popis pritalne vegetacije smo uporabili enostavne statistične metode. Na podlagi osnovnih parametrov (minimalna, maksimalna in povprečne vrednosti) smo med seboj primerjali ploskve obeh ravni spremljanja. Na podoben način smo analizirali zastiranje izbranih plasti vegetacije in vrstno pestrost. V tej študiji smo analizirali le vrstno pestrost lesnatih rastlin. Pri analizi števila smo upoštevali pojavljanje vrst v vseh vertikalnih plasteh (grmovne vrste in olesenele vzpenjavke v zeliščni in grmovni plasti ter drevesne vrste v zeliščni, grmovni in drevesni plasti). Poleg vrstne pestrosti smo izračunali tudi Shannonov $[H = -\sum (p_i \log(p_i))]$ in Simpsonov $[D' = 1 / \sum p_i^2]$ indeks pestrosti.

S programskim paketom PC-ORD (MCCUNE & MEFFORD, 2006) smo z ordinacijo DCA (*Detrended Correspondence Analysis*) analizirali skupine vrstno podobnih ploskev. Kot osnovo za razvrščanje ploskev v ordinacijskem prostoru smo uporabili le podatke o pojavljanju vrst (prisotnost/odsotnost). Z ordinacijsko metodo smo nakazali tudi splošne ekološko-rastiščne značilnosti ploskev in njihovo vrstno pestrost.

3 REZULTATI IN RAZPRAVA

3 RESULTS AND DISCUSSION

V analizi smo obravnavali 50 ploskev, od tega jih je bilo 39 na ravni I. in 11 na ravni II.. Vsi podatki o ploskvah se nanašajo na enako popisno površino (400 m²), zato lahko odstopajo od podatkov, ki so bili (npr. pri monitoringu drugih parametrov na ploskvah) izmerjeni ali ocenjeni za drugačno referenčno površino.

Ploskve obeh ravni so na nadmorski višini od 160 metrov do 1490 metrov (preglednica 1). Povprečna nadmorska višina vseh analiziranih ploskev je 640 metrov. Ploskve ravni I. v povprečju ležijo nižje (613 m n. v.) kot ploskve ravni II. (734 m n. v.). Zaradi posebnih zahtev pri izboru in postavitvi ploskev za intenzivno spremljanje stanja gozdov (raven II.), kot npr. postavitev opreme za spremljanje različnih parametrov, možnost dostopa zaradi nabiranja različnih vzorcev, imajo ploskve ravni II. manjši razpon nagibov in manjši povprečni nagib (12 °) kot ploskve ravni I. (21°), ki so razvrščene sistematično. Na ploskvah ravni I. smo ocenili tudi večjo povprečno skalnatost.

Na 50 ploskvah (39 na ravni I. in 11 na ravni II.) z enako popisno površino (400 m²) smo v različnih vertikalnih plasteh določili 102 lesnate rastline, od

Preglednica 1: Splošne značilnosti ploskev (minimalne, maksimalne in povprečne vrednosti) za popis pritalne vegetacije na obeh ravneh spremljanja

Table 1: General characteristics of plots (minimal, maximal and average values) for ground vegetation inventory on both monitoring levels

	RAVEN I.			RAVEN II.			SKUPAJ		
	39 ploskev			11 ploskev			50 ploskev		
	min.	maks.	povp.	min.	maks.	povp.	min.	maks.	povp.
Nadmorska višina (m)	190	1490	613	160	1397	734	160	1490	640
Nagib (°)	0	42	21	0	27	12	0	42	19
Skalnatost (%)	0	65	11	0	40	8	0	65	10
Odmrli les (%)	1	15	6	2	9	5	1	15	5

Preglednica 2: Zastiranje plasti vegetacije, vrstna pestrost lesnatih rastlin in indeksi pestrosti na ploskvah za popis pritalne vegetacije na obeh ravneh spremljanja

Table 2: Vegetation layer covering, woody species diversity and diversity indexes on the plots for ground vegetation inventory on both monitoring levels

	RAVEN I.			RAVEN II.			SKUPAJ		
	39 ploskev			11 ploskev			50 ploskev		
	min.	maks.	povp.	min.	maks.	povp.	min.	maks.	povp.
Zastiranje vse plasti vegetacije	90	100	98,0	95	100	99,3	90	100	98,2
Zastiranje pritalnih plasti veg.	5	97	57,3	40	100	77,2	5	100	61,7
Zastiranje drevesne plasti	45	100	87,4	50	100	85,5	45	100	86,9
Zastiranje grmovne plasti	0	75	26,9	1	30	8,0	0	75	22,7
Število drevesnih vrst	2	17	8,7	3	12	6,8	2	17	8,3
Število grmovnih vrst	0	20	6,4	0	15	6,5	0	20	6,4
Števil vseh lesnatih rastlin	2	36	15,2	3	24	13,3	2	36	14,8
Shannonon H	0,69	3,58	2,59	1,10	3,14	2,42	0,69	3,58	2,55
Simpson D'	0,50	0,97	0,91	0,67	0,96	0,89	0,50	0,97	0,90

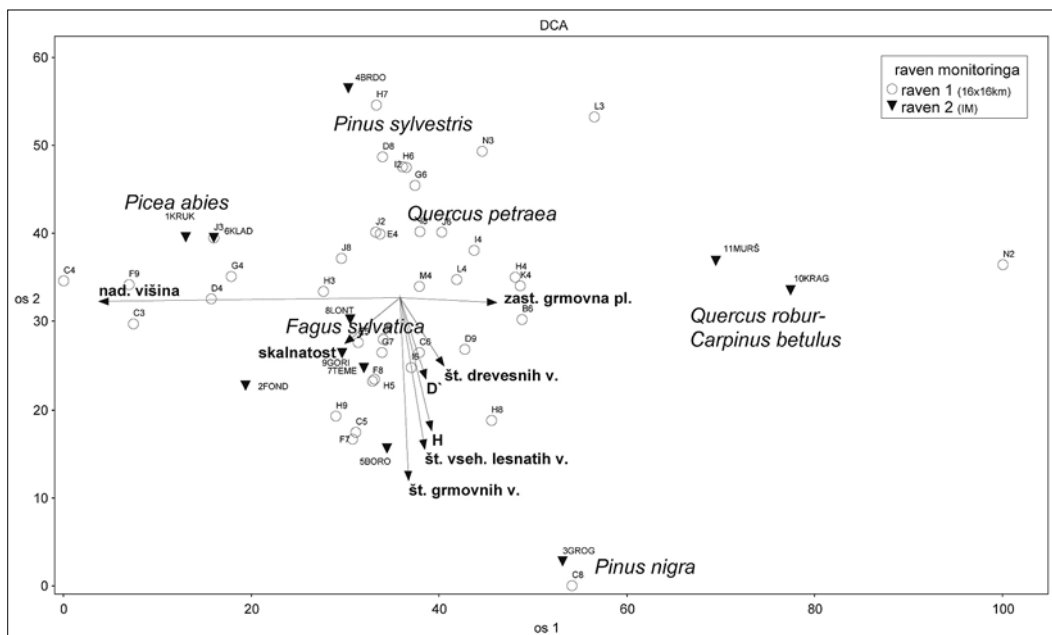
tega je bilo 46 drevesnih vrst in 56 grmovnih (vključuje tudi olesenele vzpenjavke). Od drevesnih vrst smo najpogostejše popisali bukev (*Fagus sylvatica* L.; 39 ploskev ali 78 % vseh) in navadno smreko (*Picea abies* (L.) Karsten; 78 %). Druge pogostejše drevesne vrste so bile beli javor (*Acer pseudoplatanus* L.; 74 %), graden (*Quercus petraea* (Matt.) Liebl.; 42 %), češnja (*Prunus avium* L.; 40 %), bela jelka (*Abies alba* Miller; 38 %), navadni gaber (*Carpinus betulus* L.; 36 %), veliki jesen (*Fraxinus excelsior* L.; 34 %), jerebika (*Sorbus aucuparia* L.; 34 %), navadni mokovec (*Sorbus aria* (L.) Cr.; 32 %), pravi kostanj (*Castanea sativa* Mill.; 30 %), mali jesen (*Fraxinus ornus* L.; 30 %), maklen (*Acer campestre* L.; 28 %) in črni gaber (*Ostrya carpinifolia* Scop.; 20 %).

Od grmovnih vrst in olesenelih vzpenjavk smo največkrat zabeležili skupino srhkostebelne robide (*Rubus hirtus* agg.; 28 ploskev ali 56 % vseh). Naslednji pogostejši vrsti sta vzpenjavka navadni bršljan (*Hedera helix* L.; 27 ploskev ali 54 % vseh) in navadna leska (*Corylus avellana* L.; 50 %), ki se poleg zeliščne in grmovne plasti lahko pojavljata tudi v drevesni plasti (presekata višino 5 m). Druge pogostejše prisotne vrste so navadni volčin (*Daphne mezereum* L.; 48 %), navadni srobot (*Clematis vitalba* L.; 44 %), črni bezeg (*Sambucus nigra* L.; 38 %), njivski šipek (*Rosa arvensis* Huds.; 28 %), navadna trdoleska (*Euonymus europaea* L.; 22 %), malinjak (*Rubus idaeus* L.; 22 %), rumeni dren (*Cornus mas* L.; 20 %), enovrati glog (*Crataegus monogyna* Jacq.; 20 %), planinsko kosteničevje (*Lonicera alpigena* L.;

18 %), navadna krhlika (*Frangula alnus* Mill.; 16 %), puhastolistno kosteničevje (*Lonicera xylosteum* L.; 16 %), navadni češmin (*Berberis vulgaris* L.; 12 %), rdeči dren (*Cornus sanguinea* L.; 12 %), navadni blušč (*Tamus communis* L.; 12 %).

Po naši oceni so ploskve ravni II. v povprečju le nekoliko bolj zastrte z vsemi vertikalnimi plastmi vegetacije kot ploskve ravni I., še posebno pa to velja za pritalne plasti vegetacije (mahovna, zeliščna in grmovna plast vegetacije skupaj) (preglednica 2). Drevesna plast ploskev obeh ravni v povprečju zastira približno enako velik delež površine. Grmovna plast je precej bolj razvita na ploskvah ravni I.. Ker so te ploskve razvrščene sistematično, je določen del le-teh lahko v bližini gozdnega roba (ali tudi na robu, na meji z negozdno površino). Zaradi načina izbora so bile nekatere postavljene tudi na območju z notranjim gozdnim robom (npr. ob vodotokih, gozdnih prometnicah, elektrovodih). Zaradi ugodnih svetlobnih razmer na bolj odprtih ploskvah je praviloma bolj razvita grmovna plast. Iz tega sklepamo, da je višja stopnja zastiranja pritalnih plasti vegetacije na ploskvah ravni II. predvsem na račun povprečno bolj razvite zeliščne ali tudi mahovne plasti.

Čeprav je grmovna plast na ploskvah ravni I. v povprečju bolj razvita, pa je število grmovnih vrst in olesenelih vzpenjavk na ploskvah obeh ravni primerljivo. Zaradi nekoliko večjega števila drevesnih vrst na ravni I. je večje tudi celotno število olesenelih vrst, posledično pa sta večja tudi Shannonov in Simpsonov indeks pestrosti.



Slika 3: Ordinacija ploskev za spremljanje pritalne vegetacije glede na pojavljanje lesnatih rastlin in njihove značilnosti (ekološke, vrstna pestrost)

Figure 3: Ordination of the plots for ground vegetation assessment based on the presence of woody plants and their characteristics (ecological, species diversity).

Na vseh 50 ploskvah smo v povprečju popisali skoraj 15 vrst lesnatih rastlin. Največ lesnatih rastlin (36) smo popisali na ploskvi ravni I. v bližini Križne jame, južno od Bloške police, ki deloma pokriva sklenjen gozdni sestoj, deloma pa površino pod električnim daljnovodom. Najmanj lesnatih rastlin (2) pa smo našli na ploskvi Smolovec pri Senožečah, ki leži v acidofilnem bukovem gozdu na distričnih rjavih tleh.

V ordinacijskem prostoru so prikazane ploskve za spremljanje pritalne vegetacije na obeh ravneh spremljanja (slika 3). Samo na osnovi pojavljanja drevesnih, grmovnih vrst in vzpenjavk so ploskve razvrščene v dvorazsežnem prostoru tako, da razmeroma jasno odražajo nekatere ekološko-rastiščne in sestojne značilnosti. Poleg tega ordinacija jasno ločuje vrstno pestrejšje ploskve od preostalih. Na sliki so označene nekatere prevladujoče drevesne vrste. Vektorji kažejo smeri, v kateri se v povprečju večajo vrednosti posameznih parametrov. Z dolžino vektorja je nakazane intenzivnost večanja vrednosti parametra (npr. daljši kot je vektor, izraziteje se povečuje vrednost parametra in se tudi manjša v nasprotni smeri).

Glede na vrstno sestavo lesnatih rastlin je ordinacijska metoda razvrstila ploskve s prevladujočo bukvijo (*Fagus sylvatica*) v osrednji del dvorazse-

žnega prostora. Proti levi strani so ploskve v višjih legah. Zanje je praviloma značilno, da se bukvi v drevesni plasti pridružuje smreka (*Picea abies*). Med ploskvami s povsem prevladujočo smreko sta tudi ploskvi za intenzivno spremljanje gozdov Krucmanove konte na Pokljuki (1397 m n. v.) in Kladje na Pohorju (1304 m n. v.). Na nasprotni strani slike 3 so ploskve, ki se pojavljajo v nižinah (npr. ploskvi za intenzivno spremljanje Krakovski gozd (160 m n.v.) in Murska šuma (170 m n.v.)). Na nižinskih ploskvah s prevladujočim dobom (*Quercus robur*) in belim/navadnim gabrom (*Carpinus betulus*) je grmovna plast praviloma najbolj razvita.

Vsi parametri vrstne pestrosti (število grmovnih vrst, drevesnih in vseh lesnatih ter oba indeksa pestrosti) se večajo proti spodnjemu delu ordinacijskega prostora. Tam sta poleg nekaterih vrstno zelo bogatih ploskev z bukvijo (npr. ploskve Borovec, Fondék, Temenjaki in Gorica na ravni II.) tudi dve ploskvi na Krasu s prevladujočim črni borom (*Pinus nigra*) v drevesni plasti (Goropajski bori in C8 - Križ pri Sežani).

V povprečju se vrstna pestrost manjša proti zgornjemu delu slike 3, kjer je več bukovih ploskev na kislih, distričnih tleh. Na ploskvah, katerih potencialna vegetacija pripada različnim acidofil-

nim bukovim gozdovom (npr. *Blechno-Fagetum*, *Castaneo-Fagetum* = sin. *Quercu-Luzulo-Fagetum*), se poleg bukve pojavlja z večjim deležem tudi graden (*Quercus petraea*), pravi kostanj (*Castanea sativa*), na bolj ekstremnih oz. degradiranih rastiščih pa tudi rdeči bor (*Pinus sylvestris*).

4 ZAKLJUČKI

4 CONCLUSION

Na 50 ploskvah za spremljanje stanja gozdnih ekosistemov na ravni I. in ravni II. smo skupaj popisali 102 lesnati rastlini. Popisano število drevesnih vrst (46) je približno dve tretjini vseh avtohtonih drevesnih vrst pri nas (KOTAR & BRUS, 1999, BRUS, 2008), medtem ko je število popisanih grmovnih vrst (56) le dobra petina vseh avtohtonih grmovnih vrst (BRUS, 2008).

Razvrstitev ploskev glede na pojavljanje vrst lesnatih rastlin je dobro nakazala nekatere splošne značilnosti ploskev (npr. nadmorska višina, skalnatost). Poleg tega so se ploskve združevale tudi glede na značilnosti v vertikalni zgradbi vegetacije (npr. zastiranje grmovne plasti), še posebno pa glede na prevladujoče drevesne vrste in pestrost lesnatih vrst.

Na podlagi primerjave slovenskih ploskev za spremljanje stanja gozdov s ploskvami drugih evropskih držav, vključenih v ICP-Forests monitoring (npr. DOBREMEZ et al., 1997, PETRICCIONE, 2002, SEIDLING, 2005, SORIANO et al., 2005), lahko ugotovimo, da so naši gozdovi razmeroma vrstno pestri z lesnatimi rastlinami in na splošno tudi dobro ohranjeni.

5 SUMMARY

In the framework of the program of forest monitoring in Europe we also assess the ground vegetation diversity. Monitoring of vegetation condition and changes in Europe and Slovenia is carried out on two levels: (i) Level I. (systematically distributed plots in the unified European 16x16 km net); (ii) Level II. (plots for intensive forest monitoring).

We analyzed woody species composition (tree and shrub species as well as woody climbers) on areas of comparable size (400 m²) on the plots for forest monitoring on both monitoring levels (39 plots on Level 1 and 11 plots on Level 2). In addition to diversity of woody species on plots we also compared their site and stand characteristics.

The plots are situated in the altitudes from 160 m to 1490 m. We recorded 102 woody plants, thereof

46 tree species and 56 shrub species and woody climbers in different vertical layers of 50 plots on both levels. On average, almost 15 woody species were recorded per plot. There were from 2 to 36 the assessed woody plants per plot.

The most frequently recorded tree species were: *Fagus sylvatica*, *Picea abies*, *Acer pseudoplatanus*, *Quercus petraea*, *Prunus avium*, *Abies alba*, *Carpinus betulus*, *Fraxinus excelsior*, *Sorbus aucuparia*, *Sorbus aria*, *Castanea sativa*, *Fraxinus ornus*, *Acer campestre* and *Ostrya carpinifolia*.

The most frequently assessed shrub species and woody climbers were: *Rubus hirtus*, *Hedera helix*, *Corylus avellana*, *Daphne mezereum*, *Clematis vitalba*, *Sambucus nigra*, *Rosa arvensis*, *Euonymus europaea*, *Rubus idaeus*, *Cornus mas*, *Crataegus monogyna*, *Lonicera alpigena*, *Frangula alnus*, *Lonicera xylosteum*, *Berberis vulgaris*, *Cornus sanguinea*, and *Tamus communis*.

On the basis of woody species composition on the plots, the ordination analysis (DCA) indicated ecological, site and stand characteristics and placed together the plots with certain prevailing tree species. By the use of this method, the plots with high species diversity were separated from the plots with poorer species diversity.

Comparing of forest condition monitoring plots in Slovenia and other European countries (e. g. France, Germany, Italy, and Spain) proved relatively good preservation of our forests and their considerable species diversity.

6 ZAHVALA

6 ACKNOWLEDGEMENT

Raziskava je potekala v okviru programa intenzivnega spremljanja gozdov v Sloveniji (EU program Forest Focus), v okviru pilotnega projekta EU BioSoil-Biodiverziteta in FutMon Life+ projekta. Raziskave je podprlo tudi Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano RS in ARRS (Programska skupina P4-0107). Hvala recenzentu dr. Igorju Daksoblerju za vsebinsko in tehnično izboljšavo prispevka.

7 VIRI

7 REFERENCES

- ADLER, W. / OSWALD, K. / FISCHER, R., 1994, Exkursionsflora von Österreich.- Stuttgart, Wien, Verlag Eugen Ulmer, 1182 s.
- Anonymous 2003. Intensive monitoring programme in Slovenia (IMP-SI) : basic structural document : project document. Ljubljana: Slovenian Forestry Institute; Wageningen: Alterra, 68 s.

- BASTRUP-BIRK, A. / NEVILLE, P. / CHIRICI, G. / HOUSTON, T., 2007. The BioSoil - Forest Biodiversity-Field Manual, Ver. 1.0/1.1/1.1a; for the field assessment 2006-07, Forest Focus Demonstration Project, BioSoil, 51 s., <http://www.icp-forests.org/EPbiodiv.htm>
- BRUS, R., 2008. Sto grmovnih vrst na Slovenskem.- Ljubljana, Tehniška založba Slovenije, 215 s.
- DE VRIES, W. / REINDS, G.J. / POSCH, M. / SANZ, M.J. / KRAUSE, G.H.M. / CALATAYUD, V. / RENAUD, J.P. / DUPOUEY J.L. / STERBA, H. / VEL, E.M. / DOBBERTIN, M. / GUNDERSEN, P. / VOOGD J.C.H., 2003a. Intensive Monitoring of Forest Ecosystems in Europe, Technical Report 2003.- UN/ECE EC, Brussels, Geneva, 161 s.
- DE VRIES, W. / VEL, E.M. / REINDS, G.J. / DEELSTRA, H. / Klap, J.M. / LEETERS, E.E.J.M. / HENDRIKS, C.M.A. / KERKVOORDEN, M. / LANDMANN, G. / HERKENDELL, J. / HAUSSMANN, T. / ERISMAN, J.W., 2003b. Intensive monitoring of forest ecosystems in Europe - 1. Objectives, set-up and evaluation strategy.- *Forest Ecology and Management* 174, 1-3, s. 77-95.
- DOBREMEZ, J. F. / CAMARET, S. / BOURJOT, L. / ULRICH, E. / BRÛTHES, A. / COQUILLARD, P. / DUMÉ, G. / DUPOUEY, J. L. / FORGEARD, F. / GAUBERVILLE, C. / GUEUGNOT, J. / PICARD, J. F. / SAVOIE, J. M. / SCHMITT, A. / TIMBAL, J. / TOUFFET, J. / TRÉMOLIÈRES. M., 1997. RENECOFOR - Inventaire et interpretation de la composition floristique de 101 peuplements du réseau (Campagne 1994/95).- Département des Recherches Techniques, Office National Forêts, Fontainebleau, Université de Savoie, 513 s.
- HESS, H.E. / LANDOLT, E. / HIRZEL, R., 1976. Flora der Schweiz und angrenzender Gebiete, Band I.- Basel, Stuttgart, Birkhäuser Verlag, 858 s.
- HESS, H.E. / LANDOLT, E. / HIRZEL, R., 1977. Flora der Schweiz und angrenzender Gebiete, Band II.- Basel, Stuttgart, Birkhäuser Verlag, 956 s.
- HESS, H.E. / LANDOLT, E. / HIRZEL, R., 1980. Flora der Schweiz und angrenzender Gebiete, Band III.- Basel, Boston, Stuttgart, Birkhäuser Verlag, 876 s.
- ICP-FORESTS - GROUND VEGETATION, 2002, 2007. Manual on methods and criteria for harmonized sampling, assessment, monitoring and analysis of the effects of air pollution on forests - Part VIII: Assessment of ground vegetation.- International Co-operative Programme on Assessment and Monitoring of Air Pollution Effects on Forests, 19 s., <http://www.icp-forests.org/pdf/manual8.pdf>
- KOTAR, M. / BRUS, R., 1999. Naše drevesne vrste.- Slovenska matica v Ljubljani, 320 s.
- KUTNAR, L., 2006. Intenzivni monitoring vegetacije gozdnih ekosistemov v Sloveniji.- V: Monitoring gospodarjenja z gozdom in gozdnato krajino, Studia Forestalia Slovenica, HLADNIK, D. (ur.), Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire, s. 277-290.
- KUTNAR, L. / MARTINČIČ, A., 2008. Bryophyte species diversity of forest ecosystems in Slovenia (intensive monitoring programme) = Pestrost mahovnih vrst v gozdnih ekosistemih Slovenije (program intenzivnega spremljanje stanja gozdnih ekosistemov).- Zbornik gozdarstva in lesarstva, 85, s. 11-26.
- LANDOLT, E. / URBANSKA, K. M., 1989. Our Alpine Flora.- Zürich, SAC Publications, 303 s.
- LAUBER, K. / WAGNER, G., 1996. Flora Helvetica (Flora der Schweiz).- Bern, Stuttgart, Wien, Verlag Paul Haupt, 1613 s.
- MARTINČIČ, A. / WRABER, T. / JOGAN, N. / PODOBNIK, A. / RAVNIK, A. / TURK, B. / VREŠ, B. / FRAJMAN, B. / STRGULC-KRAJŠEK, S. / TRČAK, B. / BAČIČ, T. / FISHER, M.A. / ELER, K. / SURINA, B., 2007. Mala flora Slovenije, Ključ za določevanje praprotnic in semenk.- Četrta, dopolnjena in spremenjena izdaja, Tehniška založba Slovenije, Ljubljana, 967 s.
- MCCUNE, B. / MEFFORD, M.J., 2006. PC-ORD: Multivariate analysis of ecological data, Version 5.10.- Mjrm Software Design. Oregon, Gleneden Beach, 237 s.
- PETRICCIONE, B., 2002. Survey and assessment of vegetation in the CONECOFOR permanent plots.- V: MOSELLO, R. / PETRICCIONE, B. / MARCHETTO, A. (ur.), Long-term ecological research in Italian forests ecosystems.- *Journal of Limnology* 61, 1, s. 19-24.
- SEIDLING, W., 2005. Ground floor vegetation assessment within the intensive (Level II) monitoring of forest ecosystems in Germany: chances and challenges.- *European Journal of Forest Research* 124, s. 301-312.
- SORIANO, C. / GASTÓN, A. / BARRIEGO, P., 2005. Diversidad florística en las parcelas españolas de Nivel II de la Red Europea de Seguimiento Intensivo y Continuo de Ecosistemas Forestales.- *Actas del IV Congreso Forestal Español, Sociedad Española de Ciencias Forestales*, 6 s.
- TRPIN, D. / VREŠ, B., 1995. Register flore Slovenije, Praprotnice in cvetnice.- Ljubljana, ZRC SAZU, Biološki inštitut, 143 s.
- TUTIN, T.G. / HEYWOOD, V.H. / BURGESS, N.A. / MOORE, D.M. / VALENTINE, D.H. / WALTERS, S.M. / WEBB, D.A., 1968-1980. Flora Europaea, vol 2-5.- Cambridge University Press, Cambridge, MA.
- TUTIN, T.G. / BURGESS, N.A. / CHATER, A.O. / EDMONDSON, J.R. / HEYWOOD, V.H. / MOORE, D.M. / VALENTINE, D.H. / WALTERS, S.M. / WEBB, D.A., 1993. Flora Europaea, vol 1.- Cambridge University Press, Cambridge, MA, 581 s.
- URBANČIČ, M. / KUTNAR, L. / KRALJ, T. / KOBAL, M. / SIMONČIČ, P., 2009. Rastiščne značilnosti trajnih ploskev slovenske 16 x 16-kilometrsko mreže.- *Gozdarski vestnik*, 67, s. 17-48.

Meritve kakovosti padavin na prostem in v sestoju na ploskvah intenzivnega spremljanja gozdnih ekosistemov

Measuring of Precipitation Quality in the Open and in a Stand on the Plots for Intensive Monitoring of Forest Ecosystems

Daniel ŽLINDRA¹, Mitja SKUDNIK², Matej RUPEL³, Primož SIMONČIČ⁴

Izvleček:

Žlindra, D., Skudnik, M., Rupel, M., Simončič, P.: Meritve kakovosti padavin na prostem in v sestoju na ploskvah intenzivnega spremljanja gozdnih ekosistemov. *Gozdarski vestnik*, 69/2011, št. 5–6. V slovenščini z izvlečkom v angleščini, cit. lit. 16. Prevod Breda Misja, jezikovni pregled slovenskega besedila Marjetka Šivic.

Meritve kakovosti padavin v organizaciji Gozdarskega inštituta Slovenije (GIS) imajo v Sloveniji skoraj dvajsetletno tradicijo, od leta 2003 pa so osnovane ploskve intenzivnega spremljanja gozdnih ekosistemov (IMGE), kjer te meritve potekajo kontinuirano in sistematično že deveto leto. Poleg merjenja količine padavin na Gozdarskem inštitutu Slovenije vzorce analiziramo tudi kakovostno po metodah, predpisanih s strani ICP Forests. Na podlagi rezultatov ocenimo vnos snovi v gozd (*in situ* podatki), kar omogoča izračun vodne in snovne bilance za gozdne ekosisteme. Z meritvami na prostem in v sestoju pod krošnjami pridobimo vhodne podatke za pripravo ocen kritičnih obremenitev gozdnih ekosistemov z onesnažili. Zaradi daljšega časovnega spremljanja depozitov detektiramo trende v depozitih onesnažil – predvsem amonijevega in nitratnega dušika ter žvepla v obliki sulfata – na posameznih lokacijah. Največji depozit dušika je na ploskvi Trnovo, kjer ga na prostem in v sestoju v povprečju zaznamo 17 kg ha⁻¹ leto⁻¹ v amonijevi in nitratni obliki skupaj. Po depozitu žvepla prednjači ploskev Lontovž, kjer je letni depozit v povprečju dobrih 8 kg ha⁻¹; velja za meritve na prostem in v sestoju. Najopaznejši trend je zmanjševanje depozita amonijevega dušika in sulfata na ploskvi Lontovž v sedemletnem obdobju meritev.

Ključne besede: intenzivno spremljanje gozdnih ekosistemov, kakovost padavin, vnos snovi, Slovenija.

Abstract:

Žlindra D., Skudnik M., Rupel M., Simončič P.: Measuring of Precipitation Quality in the Open and in a Stand on the Plots for Intensive Monitoring of Forest Ecosystems. *Gozdarski vestnik* (Professional Journal of Forestry), 69/2011, vol. 5-6. In Slovenian, abstract in English, lit. quot. 16. Translated by Breda Misja, proofreading of the Slovenian text Marjetka Šivic.

Precipitation quality measurements, organized by Slovenian Forestry Institute (Gozdarski inštitut Slovenije -GIS), have almost twenty years of tradition in Slovenia. On the plots for intensive monitoring of forest ecosystems (IMGE), established in 2003, these measurements are continually and systematically taking place for the ninth year. In addition to measuring precipitation quantity, we at Slovenian Forestry also analyze quality of samples using the methods, prescribed by ICP Forests. On the basis of the results we estimate the input of substances into the forest (*in situ* data), which enables the calculation of water and substance balance for forest ecosystems. Through measurements in the open and in the stand under tree crowns we acquire input data for preparing the estimation of critical exposure of forest ecosystems to pollutants. Due to a longer temporal monitoring of the deposits we detect trends in deposits of pollutants, above all ammonium and nitrate nitrogen and sulphur in the sulphate form, on individual locations. The highest deposit of nitrogen is found on the Trnovo plot, where we detect, in the open and in the stand, averagely 17 kg per ha per year, in the ammonium and nitrate form together. Sulphur deposit is the highest on the Lontovž plot, where its annual deposit amounts to around 8 kg per ha, which applies to the measurements in the open and in the stand. The most striking trend is the decrease of the ammonium nitrogen and sulphate on the Lontovž plot in the seven-year period of the measurements.

Key words: intensive monitoring of forest ecosystems, precipitation quality, input of substances, Slovenia.

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

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

³ M. R., Gozdarski inštitut Slovenije, Oddelek za gozdno ekologijo. Večna pot 2, SI-1000 Ljubljana, Slovenija, matej.rupel@gozdis.si

⁴ dr. P. S., Gozdarski inštitut Slovenije, Oddelek za gozdno ekologijo. Večna pot 2, SI-1000 Ljubljana, Slovenija. primoz.simoncic@gozdis.si

1 UVOD

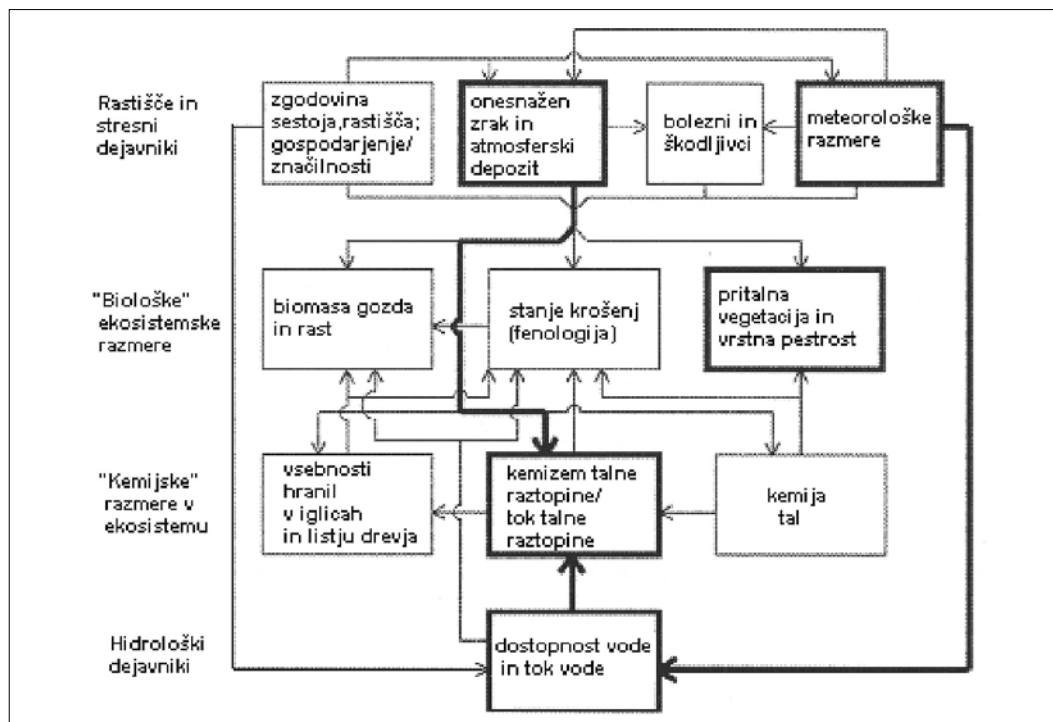
Kakovost padavin v naravnem okolju zunaj naselij se v Sloveniji spremlja v okviru dveh ločenih monitoringov: enega izvaja Agencija RS za okolje in prostor (ARSO), drugega Gozdarski inštitut Slovenije (GIS). Medtem ko ARSO izvaja meritve padavin v naravnem okolju le na meteorološki postaji Iskrba, jih GIS spremlja kar na sedmih ploskvah intenzivnega spremljanja stanja gozdnih ekosistemov (IMGE). Namen obeh je določiti kakovost padavin in v povezavi z njihovo količino ugotoviti, kolikšno je usedanje snovi, ki vplivajo na stanje okolja (Šegula in sod., 2009).

V gozdnem prostoru so potekale prve sistematizirane meritve kakovosti in količin padavin v gozdu v Sloveniji 1993 l. (Simončič, 1996). Sprva so potekale predvsem eksperimentalno na Rožniku, pozneje na Prednjem vrhu pri Zavodnjah v vplivnem območju TE Šoštanj (Simončič in sod., 2000) in nadaljevale v okviru ekosistemskih raziskav na Pokljuki in Kočevski Reki (Mavsar in sod., 2000) ter na Rogu in Pohorju (Simončič in sod., 2004). Meritve na objektih v okolici Kočevske Reke so po obdobju

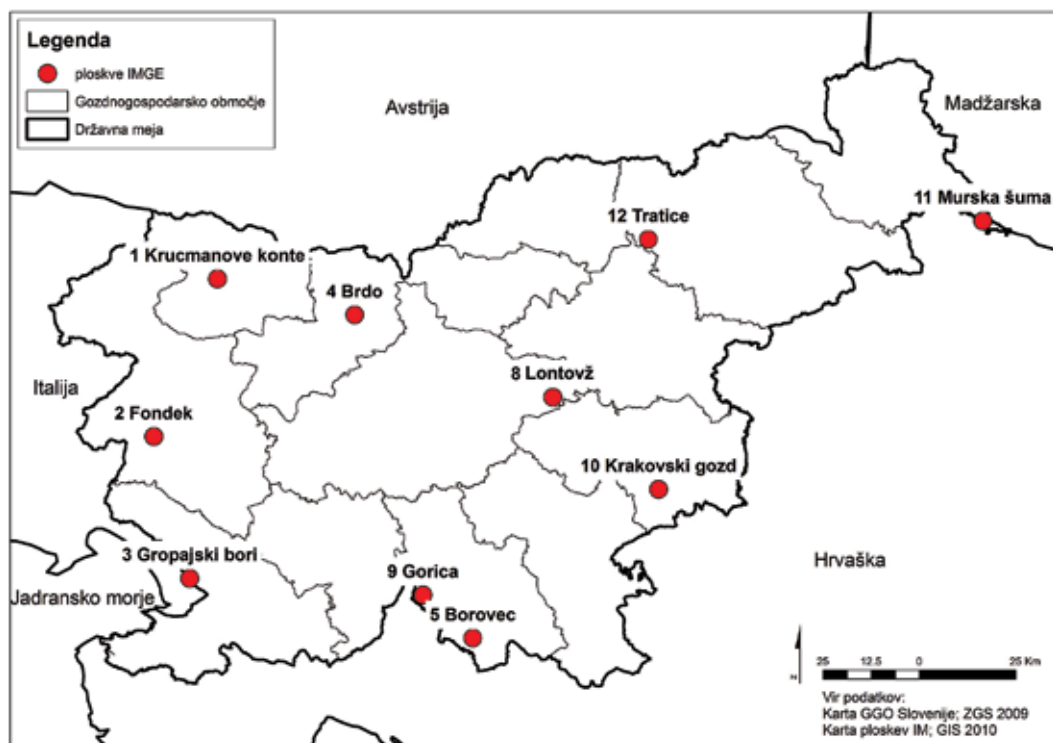
izvajanja eksperimentalnih meritev prešle v prvi monitoring sestojnih padavin (2001–2002), vendar z omejenim naborom meritev in analiz. Za potrebe modeliranja spremljanja kroženja vode v gozdu so podobne meritve potekale na Rogu (Rajhenav - rezervat, Snežna jama) (Vilhar, 2006; Vilhar, 2010) ter v porečju Dragonje (Šraj, 2003; Šraj, 2009).

V okviru evropskega monitoringa gozdov (Institute for World Forestry, 2007) so bile na ploskvi IMGE Brdo pri Kranju opravljene primerjave meritev količin in kakovosti padavin na prostem in v gozdnem sestoju s t. i. nacionalnimi vzorčevalniki in »harmoniziranimi« EU-vzorčevalniki – liji, oblikovanimi in izdelanimi v Sloveniji (Žlindra in sod., 2011, v tisku).

Namen spremljanja kakovosti in količine padavin v gozdu in na prostem v okviru spremljanja stanja gozda je pridobiti ustrezne podatke o količini in kakovosti depozitov za izbrane ploskve. Na takšen način pridobimo neposredno oceno vnosa snovi v gozd (*in situ* podatki), kar omogoča izračun vodne in snovne bilance za gozdne ekosisteme (Slika 1). Z meritvami na prostem (*bulk deposits*) in v sestoju pod krošnjami (*troughfall-stand deposits*) pridobimo



Slika 1: Shematski prikaz stresnih dejavnikov in njihov vpliv na stanje gozdnega ekosistema (Prirejeno po de Vries in sod., 1999); označena sta dejavnika, ki se posredno in neposredno navezujejo na spremljanje kakovosti padavin ter depozitov.



Slika 2: Lokacije ploskev intenzivnega spremljanja stanja gozdnih ekosistemov; v l. 2010 so meritve kakovosti padavin potekale na ploskvah Fondek (2, Trnovska planota), Gropajski bori (3, pri Sežani), Brdo (4, protokolarno posestvo Brdo), Borovec (5, pri Kočevski Reki), Lontovž (8, pod Kumom), Murska šuma (11, pri Lendavi) in Tratice (12, Pohorje).

vhodne podatke za pripravo ocen kritičnih obremenitev gozdnih ekosistemov z onesnažili (žveplo, dušik, težke kovine, obstojna organska onesnažila – POP idr.) v skladu z mednarodnim programom sodelovanja na področju modeliranja in kartiranja (ICP Modelling and Mapping), ki deluje podobno kot ICP Forests v okviru Konvencije Ekonomske komisije za Evropo pod okriljem Združenih narodov o čezmejnem onesnaževanju zraka na daljavo (UNECE CLTRAP). Rezultati aktivnosti programa ICP M&M neposredno zavezujejo države, v kolikšni meri je treba omejiti emisije onesnažil.

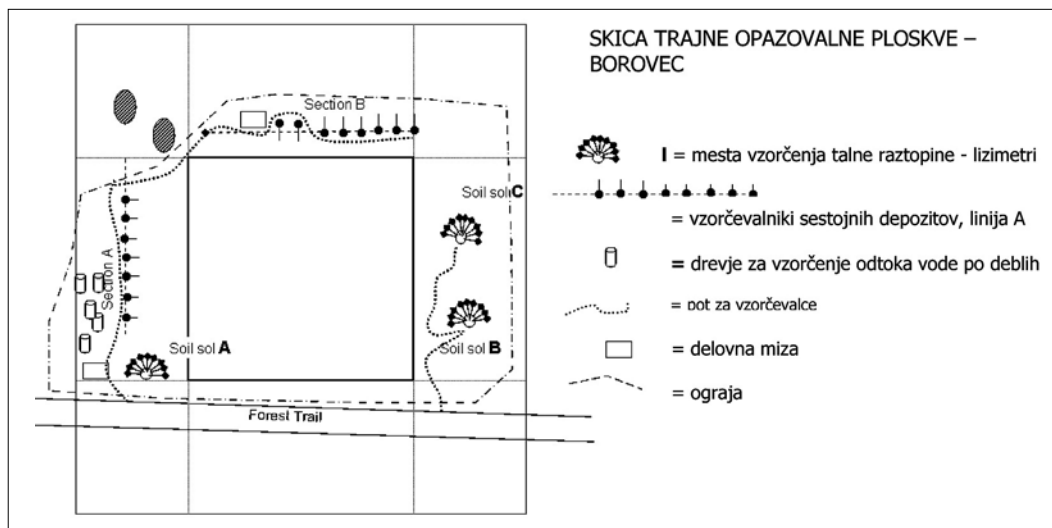
Spremljanje depozitov na ploskvah IMGE v Sloveniji poteka od jeseni 2003 oz. spomladi 2004. Sprva je spremljanje depozitov potekalo na petih ploskvah, t. j. Fondek, Brdo, Borovec, Lontovž in Murska šuma (EU program Forest Focus 2003/06, JGS/MKGP 2007/08), v l. 2009 pa smo v okviru Life+ projekta FutMon (LIFE07 ENV/DE/000218) dodali še dve ploskvi, Tratice in Gropajski bori (Slika 2) (Simončič in sod., 2010). Zaradi ukinitve evropskega sofinanciranja in trenutnega finančnega

stanja v Sloveniji v l. 2011 ni bilo več mogoče izvajati meritev na vseh sedmih ploskvah. Tako v letu 2011 poteka spremljanje depozitov samo na treh ploskvah v okviru nacionalnega intenzivnega spremljanja gozdov (financiranje Ministrstva za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano). Na Trnovski planoti, ploskev Trnovo, so meritve vsebinsko nadgrajene in začasno vključene v nov mednarodni LIFE+ projekt (Managing forests for multiple purposes: carbon, biodiversity and socio-economic wellbeing - ManFor CB.D, LIFE09 ENV/IT/000078), na ploskvah Murska šuma in Gropajski bori pa meritve potekajo v minimalnem, zgolj »informativnem« obsegu.

2 METODE

2.1 Ploskve, vzorčevalniki padavin, terensko delo

Spremljanje depozita na trajnih raziskovalnih ploskvah poteka na prostem in pod krošnjami dreves. Pod krošnjami dreves so vzorčevalniki postavljeni v 25-metrskem zaščitnem pasu, ki obkroža ploskev.



Slika 3: Skica ploskve Borovec pri Kočevski Reki, na kateri poteka intenzivno spremljanje stanja gozdnih ekosistemov; označeni so vzorčevalniki sestojnih padavin (depozitov) in vzorčevalniki odtoka vode po deblu (Skica prirejena po Vel in sod., 2004).

Pri spremljanju kakovosti sestojnih padavin ločimo med vzorčevalniki pod krošnjami drevesa (žlebiči s površino 185 cm²; t.i. *throughfall*) in vzorčevalniki odtoka vode po deblih (t. i. *stemflow*). Slednji se meri le v primeru, da na raziskovalni ploskvi rastejo listavci z gladko skorjo (bukev, gaber).

Spremljanje padavin se zaradi vrstne sestave drevesa razlikuje od ploskve do ploskve. Na vseh ploskvah IMGE sta postavljeni dve liniji (A in B) vzorčevalnikov sestojnih padavin (Slika 3). Na vsaki liniji je postavljenih po pet žlebičev (*»gutters«*), s katerimi vzorčimo prepuščene padavine skozi krošnje, in za kontrolo žlebičem (količina dežja) še štiri vzorčevalniki – liji s površino 415 cm². Pozimi žlebiče nadomestijo posode za vzorčenje snežnih padavin – korneti s površino 415 cm² in so nameščeni na mestih lijev. Na ploskvah, na katerih prevladuje bukev, je postavljenih še pet vzorčevalnikov odtoka vode po deblu (Slika 4), s katerimi v primeru listavcev dodatno vzorčimo količino in kakovost sestojnih padavin (do 10 % količine skupnih sestojnih padavin).

Vzorčenje padavin za celovito bilanco padavin poteka tudi na prostem (t. i. *bulk deposit*): v neposredni bližini ploskve so na prostem postavljeni trije liji, površina vsakega meri 415 cm². V času padavin v obliki snega se tudi na prostem lije zamenja s korneti, ki imajo enako lovilno površino.

Uporabljena metoda (pravimo ji tudi *throughfall metoda*) upošteva in vključuje interakcijo med krošnjami drevesa in kapljevino – padavinami, ki

prispejo do površja gozdnih tal za dušik, kalij, kalcij, magnezij itn..

Ploskve za spremljanje kakovosti in količine padavin na prostem so izbrane tako, da so bližnji objekti (po navadi drevesa) oddaljeni od vzorčevalnikov vsaj za dvakratno višino dreves ali drugače: gledano s pozicije vzorčevalnikov, vrh dreves ne sme biti nad obzorjem kota 35 °.

Vzorčenje padavin poteka vsako drugo sredo, vzorca dveh dvotedenskih vzorčenj pa se združita v enega za kemijsko analizo. Prevoz vzorcev s terena v laboratorij poteka v hladilnih torbah. Skrbniki ploskev (večinoma sodelavci Zavoda za gozdove Slovenije) jih najprej prenesejo na krajevne enote, od tam pa jih vodja skrbnikov dostavi na GIS, v laboratorij za gozdno ekologijo (LGE). Izmerjene količine depozitov (padavine, sneg, odtok vode po deblu, prepuščene padavine (Slika 4) in rezultati analiz vzorcev depozitov skupaj omogočajo izračun vnosa snovi v gozdne ekosisteme za izbrana merilna mesta.

2.2 Laboratorijske analize

V Preglednica 1 so predstavljene laboratorijske analize, ki se uporabljajo za analizo padavin (isti nabor analiz se izvaja tudi za vzorce talne raztopine), prinesenih s ploskev IMGE. Postopki so usklajeni v okviru skupine strokovnjakov Expert Panel on Deposition Measurements, ki je del aktivnosti ICP Forests (CLRTAP), in opisani v priročniku za vzorčenje in analizo depozitov (Clarke in sod., 2010).



a



b



c



d

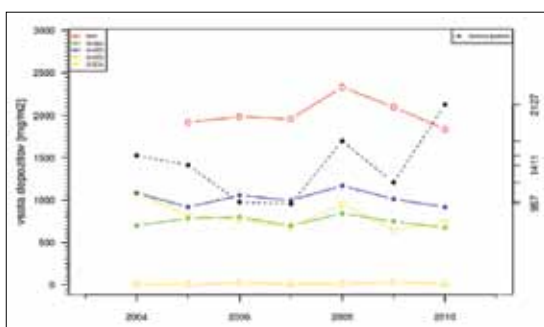
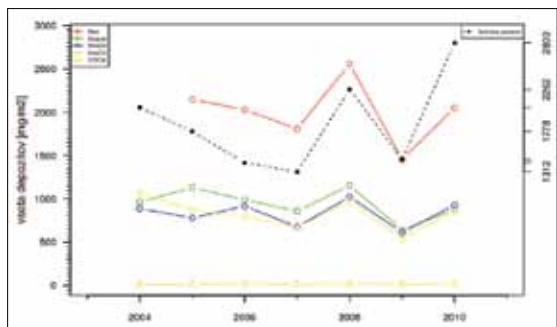
Slika 4: Fotografije: a – vzorčevalnik sestojnih padavin in b – vzorčevalnik padavin na prostem (obe Brdo pri Kranju); beli liji so harmonizirani vzorčevalniki; c – vzorčevalnik odtoka vode po deblu in d – demonstracija avtomatskih meritev (obe Tratice na Pohorju)

V preglednici so prikazani obvezni parametri, ki se določajo v vzorcih padavin s ploskev intenzivnega spremljanja stanja gozdov.

Kot onesnažila (nekatera v manjših koncentracijah služijo tudi kot hranila) sta pomembna predvsem dušik in žveplo. Anorganski dušik se pojavlja v več oblikah: amonij ($\text{NH}_4^+\text{-N}$), nitrat ($\text{NO}_3^-\text{-N}$), nitrit ($\text{NO}_2^-\text{-N}$), določamo tudi skupni dušik (vsota organskih in anorganskih oblik dušika, N-tot). Najpomembnejša pojavn oblika žvepla v atmosferi in depozitu pa je sulfat ($\text{SO}_4^{2-}\text{-S}$).

2.3 Rezultati in razprava

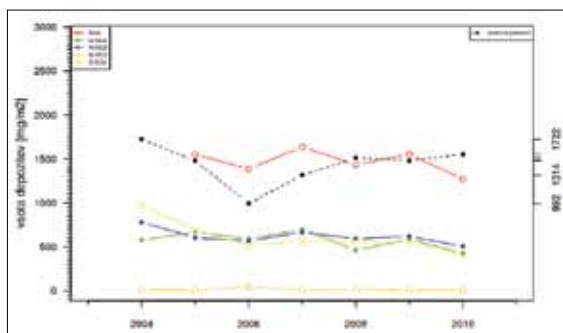
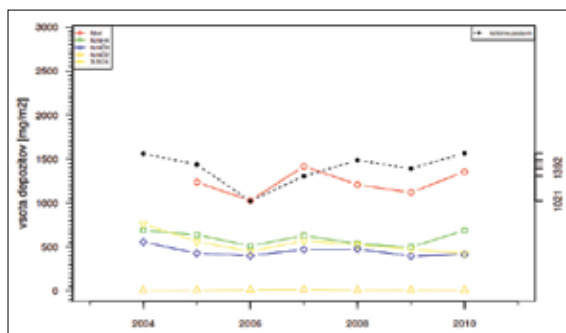
Na grafih 1 do 7 so grafični prikazi poteka letnih vnosov skupnega dušika (N-tot), anorganskih oblik dušika ($\text{NH}_4^+\text{-N}$, $\text{NO}_3^-\text{-N}$, $\text{NO}_2^-\text{-N}$) in žvepla v sulfatni obliki ($\text{SO}_4^{2-}\text{-S}$) v padavinah na prostem in v sestojnih padavinah za gozdne ekosisteme na ploskvah IMGE: Fondek (2), Brdo (4), Borovec (5), Lontovž (8) in Murska šuma, na katerih so meritve padavin potekale vse od začetka l. 2004 do konca l. 2010. Na ploskvah Tratice na Pohorju (12) in Gropajski bori pri Sežani (3) so meritve potekale od l. 2009.



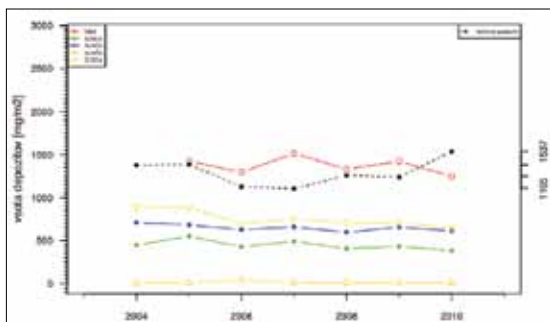
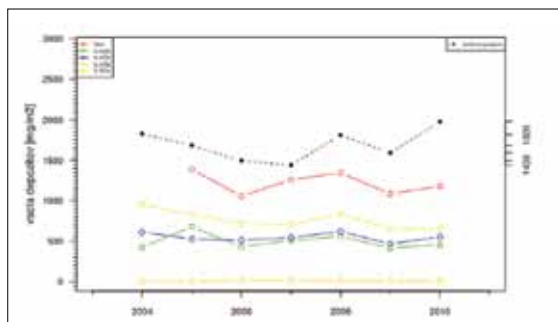
Graf 1: Fondek - Trnovska planota (2), na levi padavine na prostem in na desni pod krošnjami dreves, 2004–2010.

Preglednica 1: Metode, načini in tehnika ter obveznost izvajanja analiz padavin za vzorce s ploskev intenzivnega spremljanja stanja gozdov v Sloveniji, ki jih izvaja LGE/GIS (2011)

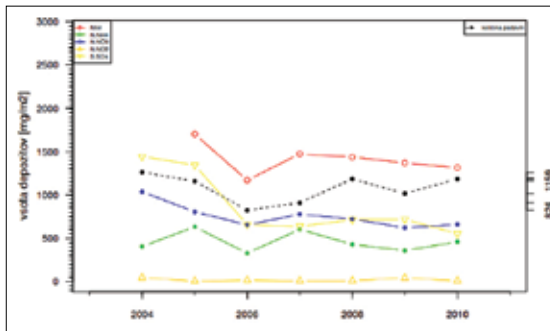
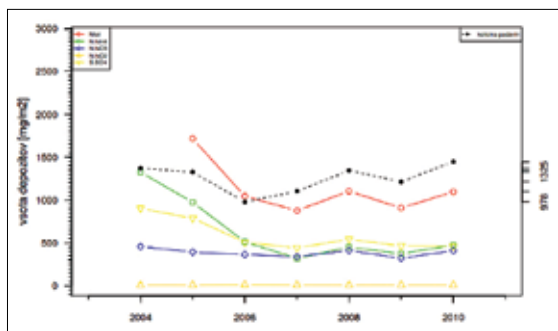
Metoda	Način	Aparat	Obvezno / neobvezno
<u>Določanje pH v vodi</u> ISO 10523: 1994	Merjenje razlike v potencialu s stekleno elektrodo s temperaturno kompenzacijo	Avtomatski pH-meter Metrohm	obvezni parameter
<u>Določanje elektroprevodnosti v vodi</u> ISO 7888: 1985	Merjenje prevodnosti – elektroprevodnostna elektroda	Avtomatski konduktometer Metrohm	obvezni parameter
<u>Določanje alkalitete</u> ISO 9963-1:1994	Titracija vodne raztopine z 0,01 M HCl do pH 4,5 in 4,2. Ekstrapolacija na 0.	Avtomatski titrator Metrohm	obvezni parameter
<u>Določanje anionov</u> ISO 10304-1: 1992 (Cl ⁻ , NO ₃ ⁻ , SO ₄ ²⁻ , NO ₂ ⁻)	Ionska kromatografija s kemično supresijo	Modularni ionski kromatograf Metrohm s kolono Metrosep A supp 4-250 (do maja 2010) oz. Metrosep A supp 5-150 (od junija 2010 naprej).	obvezni parameter
<u>Določanje kationov</u> ISO 14911: 1998 (Na ⁺ , K ⁺ , Ca ²⁺ , Mg ²⁺ , NH ₄ ⁺ , Mn ²⁺)	Ionska kromatografija brez supresije	Modularni ionski kromatograf Metrohm s kolono Metrosep C 2-150 (do julija 2010) oz. Metrosep C 4-150 (od avgusta 2010 naprej).	obvezni parameter
<u>Določanje celotnega dušika v vodah</u> ISO 11905-1: 1997	Razklop s peroksodisulfatom v pufrni mešanici NaOH/H ₃ BO ₃ in avtoklaviranjem. Merjenje absorbance pri 220 nm valovne dolžine	UV-Vis spektrometer Varian Cary 50	obvezni parameter
<u>Določanje raztopljenega organskega ogljika (DOC) v vodah</u> ISO 8245: 1999	Sežig vzorca pri 680°C in merjenje CO ₂ z IR detektorjem.	Shimadzu TOC 5000-A	obvezni parameter



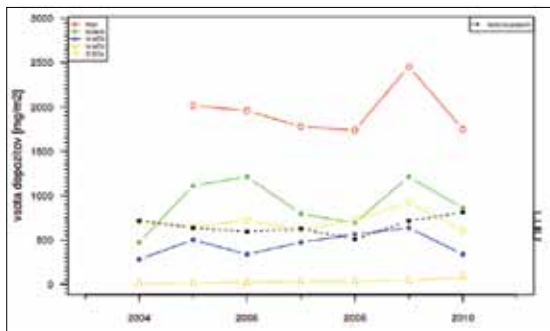
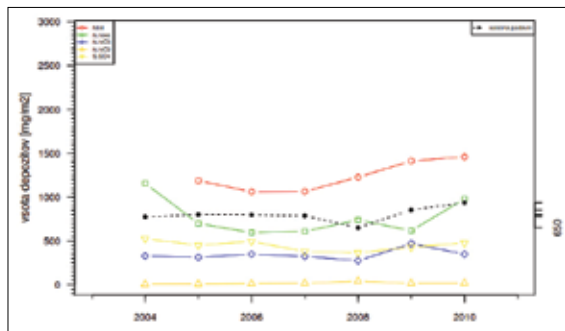
Graf 2: Brdo pri Kranju (4): padavine na prostem (levo) in pod krošnjami dreves (na desni), 2004–2010.



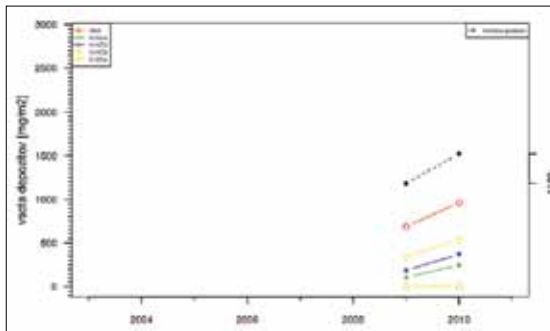
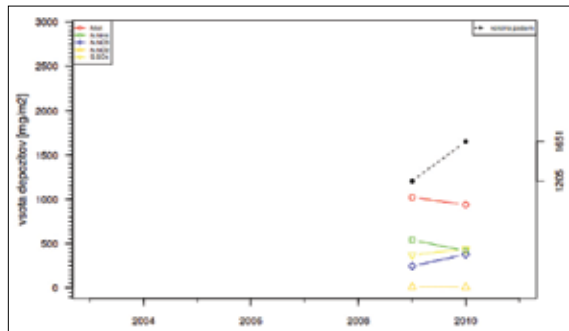
Graf 3: Borovec pri Kočevski Reki (5); padavine na prostem (levo) in pod krošnjami dreves (na desni), 2004–2010.



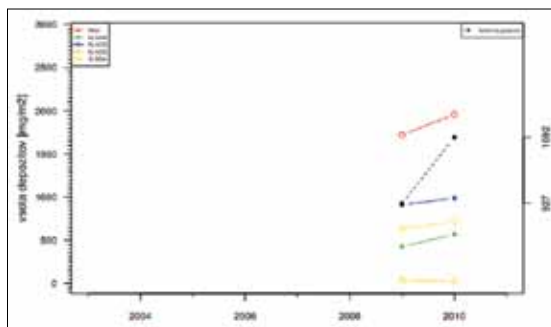
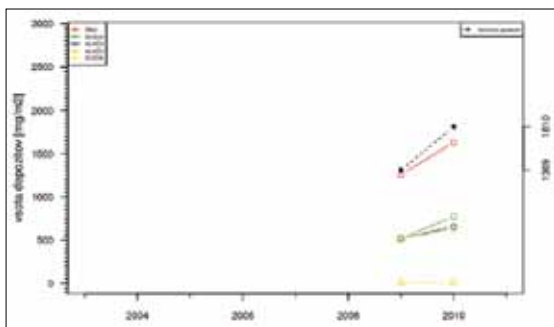
Graf 4: Lontovž pod Kumom (8); padavine na prostem (levo) in pod krošnjami dreves (na desni), 2004–2010.



Graf 5: Murska šuma (11); padavine na prostem (levo) in pod krošnjami dreves (na desni), 2004–2010.



Graf 6: Tratice na Pohorju (12); padavine na prostem (levo) in pod krošnjami dreves (na desni), 2009–2010.



Graf 7: Gropajski bori pri Sežani (3); padavine na prostem (levo) in pod krošnjami dreves (na desni), 2009–2010.

Rezultati izračunov letnih vnosov celotnega dušika (N-tot), amonijevega dušika (NH₄⁺-N), nitratnega dušika (NO₃⁻-N), nitritnega dušika (NO₂⁻-N) in sulfatnega žvepla (SO₄²⁻-S) so v padavinah na prostem in v sestojnih padavinah izraženi v mg m⁻² leto⁻¹, vrednost 1000 mg/m² leto⁻¹ ustreza 10 kg ha⁻¹ leto⁻¹. Kumulativne letne vrednosti vnosov so prvi izračuni; niso še upoštevana manjkajoče meritve za posamezne periode. Manjkajoče meritve so lahko nastale zaradi objektivnih (poškodbe cevi zaradi glodavcev, polomljeni vzorčevalniki itn.) ali subjektivnih (kontaminacija vzorca) vzrokov na terenu. Manjkajoče vrednosti se pojavljajo predvsem pri padavinah v sestoju. Zato bodo končni rezultati vnosov N-tot, NH₄⁺-N, NO₃⁻-N, NO₂⁻-N in SO₄²⁻-S pod krošnjami dreves višji.

3.1 Padavine na prostem

Vrednosti vnosa dušika v obliki amonijevih ionov (NH₄⁺-N) se pri padavinah na prostem gibljejo od 3,2 kg ha⁻¹ leto⁻¹ (Lontovž v l. 2007) do 13,2 kg ha⁻¹ leto⁻¹ (Lontovž v l. 2004). Na posameznih ploskvah se letne kumulativne vrednosti NH₄⁺-N iz leta v leto spreminjajo (ploskve Fondek, Lontovž, Murska šuma), medtem ko so razlike med leti na ploskvah Brdo in Borovec manjše. Največji povprečni letni vnosi amonijevega dušika so na ploskvi Fondek na Trnovski planoti (9,4 kg ha⁻¹ leto⁻¹), najmanjši pa na ploskvi Tratice na Pohorju (4,8 kg ha⁻¹ leto⁻¹).

Potek po letih in absolutne vrednosti depozitov nitratnega dušika so podobne amonijevemu dušiku, le da so vrednosti v primeru ploskev Fondek, Brdo in Lontovž in Murska šuma manjše (od 0,5 do 2,5 kg ha⁻¹ leto⁻¹), ploskve Borovec pa večje (za 0,5 kg ha⁻¹ leto⁻¹). Na ploskvi Lontovž so bile v letih 2004 in 2005 izmerjene večje vrednosti za amonijev dušik, pozneje pa se je razmerje NH₄⁺/NO₃⁻ ustalilo pri vrednosti 1 : 1. Razlika med obema oblikama dušika

je največja na ploskvi Murska šuma, kjer vrednosti za amonijev dušik (7,7 kg/ha leto⁻¹) dosegajo tudi dvakratnik vrednosti nitratnega dušika (3,4 kg/ha leto⁻¹). Vir amonijevega dušika je intenzivna kmetijska pridelava, ki je blizu ploskvi in se zato amoniak oz. amonijevi ioni ne uspejo oksidirati do nitrata.

Depoziti žvepla v obliki sulfata se gibljejo od 3,6 do 10,7 kg ha⁻¹ leto⁻¹. Na vseh ploskvah je opazen trend zmanjševanja depozicije žvepla; najbolj je opazen na ploskvi Lontovž v neposredni bližini Termoelektrarne Trbovlje (TET), kjer se je depozit žvepla iz leta 2004 (9,0 kg ha⁻¹ leto⁻¹) v sedmih letih prepolovil (2010: 4,6 kg ha⁻¹ leto⁻¹). Sledijo ploskve Brdo, Borovec in Fondek z zmanjšano depozicijo žvepla za okoli 3 kg ha⁻¹ leto⁻¹ v sedemletnem obdobju ter ploskev Murska šuma, kjer je depozit žvepla v obdobju meritev 2004–2010 približno konstanten in znaša okrog 4,5 kg ha⁻¹ leto⁻¹. Za primerjavo: največje izmerjene vrednosti vnosa žvepla v sulfatni obliki (ploskev Lontovž v l. 2004) so bile 2- do 3-krat nižje, kot pa so bile izmerjene v okolici TEŠ v l. 1995 (Simončič, 1996).

3.2 Padavine v sestoju

Depoziti amonijevega dušika (NH₄⁺-N) so na vseh ploskvah v sestoju manjši kot na odprtem. Ploskev z najmanjšim depozitom NH₄⁺-N je ploskev Tratice (v povprečju 1,8 kg ha⁻¹ leto⁻¹), sledijo ji ploskvi Borovec, Lontovž, Gropajski bori in Brdo (4,5; 4,6; 5,0 in 5,7 kg ha⁻¹ leto⁻¹), največ NH₄⁺-N pa pade na ploskvi Fondek (7,5 kg ha⁻¹ leto⁻¹). Vrednosti so glede na depozite na prostem nižje od 0,5 do 2,0 kg ha⁻¹ leto⁻¹, razen v primeru ploskve Murska šuma, kjer je depozit NH₄⁺-N v sestoju višji v povprečju za 1,4 kg ha⁻¹ leto⁻¹. Razlog lahko iščemo v suhem depozitu na krošnjah, kjer so hrastovi listi pri lovljenju le-tega zelo učinkoviti in se ob dežju sperejo z vsemi naloženimi amonijevimi ioni v dvotedenskem

obdobju, medtem ko k amonijevemu dušiku na odprtem prispeva samo količina amonijevih ionov, ki so takrat trenutno v ozračju.

Vnos nitratnega dušika (NO_3^- -N) pod krošnje drevja je primerljiv z večanjem oz. manjšanjem vnosa nitratnega dušika v depozitih na prostem, vendar je do $2 \text{ kg ha}^{-1} \text{ leto}^{-1}$ večji. To nakazuje na pomembnejši prispevek suhega depozita pri snovni bilanci gozda, saj se nitrati v bilanci kroženja snovi v gozdnih ekosistemih spirajo s krošenj drevja. Najvišje vrednosti nitratnega dušika smo izmerili na ploskvi Fondek, kjer je sedemletno povprečje $10,2 \text{ kg ha}^{-1} \text{ leto}^{-1}$ in gibanje nima večjih odklonov (interval $[9,2-11,7] \text{ kg ha}^{-1} \text{ leto}^{-1}$). Za ploskev Fondek lahko glede na rezultate analiz padavin ugotovimo, da je vnos dušika obeh oblik (NH_4^+ -N in NO_3^- -N) praviloma največji (razen v sestoju, kje je vnos amonijevega dušika večji v Murski šumi) in kaže na regijski oz. daljinski transport, saj v neposredni bližini ni večjih intenzivno obdelanih kmetijskih površin. Sledi ji ploskev Gropajski bori ($9,5 \text{ kg ha}^{-1} \text{ leto}^{-1}$ in interval $[9,1-9,9] \text{ kg ha}^{-1} \text{ leto}^{-1}$). Na preostalih ploskvah so vrednosti vnosa nitratnega dušika manjše: Lontovž, Borovec, Brdo, Murska šuma in Tratice z vrednostmi 7,5; 6,5; 6,2; 4,5 in $2,8 \text{ kg ha}^{-1} \text{ leto}^{-1}$.

Depoziti žvepla v sestoju v obliki sulfata se v primerih ploskev Fondek, Brdo, Borovec, Tratice in Gropajski bori ne razlikujejo veliko od depozitov na prostem ($< 1 \text{ kg ha}^{-1} \text{ leto}^{-1}$). Na ploskvah Lontovž in Murska šuma je v sestoju padlo za 2,8 oz. $2,6 \text{ kg ha}^{-1} \text{ leto}^{-1}$ več žvepla kot na prostem. Še posebno odstopata leti 2004 in 2005 za ploskev Lontovž, saj je bila razlika približno $5 \text{ kg ha}^{-1} \text{ leto}^{-1}$. Vzrok je suhi depozit z višjo koncentracijo sulfatnih ionov v atmosferi. Od leta 2006 so vrednosti primerljive z vrednostmi na ploskvah Brdo, Murska šuma in Tratice.

4 ZAKLJUČKI

Od vseh ploskev IMGE, kjer Gozdarski inštitut Slovenije opravlja vzorčenje in meritve količine in kakovosti padavin, je v povprečju največ padavin padlo na ploskvi Trnovo ($1870 \text{ mm leto}^{-1}$), najmanj na ploskvi Murska šuma (800 mm leto^{-1}). Trendu količini padavin zelo dobro sledijo trendi depozitov. Depoziti onesnažil v padavinah na prostem, ki smo jih obravnavali (amonijev in nitratni dušik, sulfatno žveplo), so na nekaterih ploskvah stagnirali: Brdo, Borovec za amonijev dušik, Brdo, Borovec, Lontovž in Murska šuma za nitratni dušik, Murska šuma za sulfatno žveplo. Na nekaterih ploskvah je opazen trend zmanjševanja depozitov: za sulfatno žveplo

najbolj na ploskvi Lontovž ter na ploskvah Brdo in Borovec. Zelo se je zmanjšal trend količine depozita za amonijev dušik na ploskvi Lontovž, medtem ko se je na ploskvi Murska šuma do leta 2006 trend zmanjševal, od takrat naprej pa se zopet veča.

5 ZAHVALA

Zahvaljujemo se vsem skrbnikom ploskev Zavoda za gozdove Slovenije in sodelavcem Gozdarskega inštituta Slovenije, ki so v obdobju 2003–2011 sodelovali pri spremljanju količin in kakovosti padavin na ploskvah IMGE. Še posebno se zahvaljujemo sodelavcem Zavoda za gozdove Slovenije, ki so sedem let v vsakem vremenu vzorčili vzorce dežja, snega in ledu na oddaljenih raziskovalnih objektih.

6 REFERENCE

- Clarke, N., Žlindra, D., Ulrich, E., Mosello, R., Derome, J., Derome, K., König, N., Lövblad, G., Draaijers, G. P. J., Hansen, K., Thimonier, A., Waldner, P., 2010. Sampling and Analysis of Deposition - Part XIV. Hamburg, vTI - Institute for World Forestry: 66 str.
- de Vries, W., Reinds, G. J., Deelstra, H. D., Klap, J. M., Vel, E. M., 1999. Intensive Monitoring Of Forest Ecosystems In Europe - Technical Report, 1999. Brussels, Geneva, EC, UN/ECE: 174 str.
- Institute for World Forestry. 2007. FutMon. <http://www.futmon.org/index.htm> (12. april 2011)
- Mavsar, R., Simončič, P., Batič, F., 2000. Stanje gozdov zaradi onesnaženega zraka v Sloveniji - rezultati monitoringa 1990–1999. Varstvo zraka v Sloveniji. Ljubljana: 97–106
- Simončič, P. 1996. Odziv gozdnega ekosistema na vplive kislih odločin s poudarkom na proučevanju prehranskih razmer za smreko (*Picea abies* (L.) Karst.) in bukev (*Fagus sylvatica* L.) v vplivnem območju TE Šoštanj. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire: 156 str.
- Simončič, P., Grebenc, T., Kraigher, H., Čater, M., Urbančič, M., Vilhar, U., 2004. Nat-Man WP4: Slovenia. Ljubljana, Gozdarski inštitut Slovenije: 44 str.
- Simončič, P., Kalan, P., Rupel, M., 2000. Kroženje hranil in biomase na raziskovalnih ploskvah. Rizosfera: 90–102
- Simončič, P., Skudnik, M., Kušar, G., Vochl, S., Ogris, N., Levanič, T., Stojanova, D., Krajnc, R., Jurc, D., Kutnar, L., Rupel, M., Žlindra, D., Ferlan, M., Verlič, A., Vilhar, U., Kovač, M., 2010. Poročilo o projektni

- nalogi FutMon LIFE07ENV/D/000218: 3. mejnik. Ljubljana, Gozdarski inštitut Slovenije: 88 str.
- Šegula, A., Murovec, M., Koleča, T., Komar, Z., Muri, G., Grošelj, D., Cegnar, T., Otorepec, P., 2009. Kakovost zraka v Sloveniji v letu 2009. Ljubljana, Ministrstvo za okolje in prostor, Agencija RS za okolje: 160 str.
- Šraj, M., 2003. Modeliranje in merjenje prestrežnih padavin. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: 151 str.
- Šraj, M., 2009. Prestrežne padavine: meritve in analiza = Intercepted precipitation : measurements and analysis. Geografski vestnik, 81, 9: 99–111
- Šraj, M., Lah, A., Brilly, M. 2008. Meritve in analiza prestreženih padavin navadne breze (*Betula pendula* Roth.) in rdečega bora (*Pinus sylvestris* L.) v urbanem okolju = Measurements and analysis of intercepted precipitation of Silver Birch (*Betula pendula* Roth.) and Scots Pine (*Pinus sylvestris* L.) in urban area. Gozdarski Vestnik, 66, 9: 406–416
- Vel, E., Simončič, P., Kalan, P., Mavsar, R., Smolej, I., 2004. Intenzivno spremljanje stanja gozdnih ekosistemov (IMP-SI) Letno poročilo (2003). Ljubljana, Gozdarski inštitut Slovenije: 24 str.
- Vilhar, U., 2006. Vodna bilanca dinarskega jelovo-bukovega gozda v Kočevskem Rogu. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta: 196 str.
- Vilhar, U., 2010. Padavinski režim v izbranih vrzelih in sestojih dinarskega jelovo-bukovega gozda. Zbornik gozdarstva in lesarstva, 91: 43–58
- Žlindra, D., Eler, K., Clarke, N., P. S., 2011. Towards harmonization of forest deposition collectors - case study of comparing collector designs - v tisku. iForest

Primerjava parametrov svetlobnih razmer na raziskovalnih ploskvah

Comparison of Light Condition Parameters on the Research Plots

Matjaž ČATER¹

Izvleček:

Čater, M.: Primerjava parametrov svetlobnih razmer na raziskovalnih ploskvah. Gozdarski vestnik, 69/2011, št. 5–6. V slovenščini z izvlečkom v angleščini, cit. lit. 18. Prevod Breda Misja, jezikovni pregled slovenskega besedila Marjetka Šivic.

S pomočjo analize hemisfernih posnetkov smo določili parametre sevanja na desetih raziskovalnih ploskvah v odraslih in homogenih sestojih. Primerjali smo poletne in zimske vrednosti parametrov odprtosti sestoja (%) ter indeksa listne površine (LAI) v letih 2009 in 2010 in jih primerjali z okularnimi ocenami osutosti listne površine na istih lokacijah.

S podatki okularne osutosti so se najbolj ujemale vrednosti razlik med poletnimi in zimskimi vrednostmi, ločeno za ploskve z iglavci in listavci.

Meritve sevanja so objektivnejše od okularnih ocen in so lahko izhodišče za primerjavo stanja sestojev. Prednost je njihova hitra meritev in ovrednotenje v razmeroma kratkem času, kar omogoča preverljivost, primerjavo večjih delov sestoja oz. izbranih objektov.

Ključne besede: intenzivnost svetlobnega sevanja, indeks listne površine, osutost, določanje svetlobnih razmer

Abstract:

Čater M.: Comparison of Light Condition Parameters on the Research Plots. Gozdarski vestnik (Professional Journal of Forestry), 69/2011, vol. 5–6. In Slovenian, abstract in English, lit. quot. 18. Translated by Breda Misja, proofreading of the Slovenian text Marjetka Šivic.

Using the analysis of hemispherical photos we defined radiation parameters on ten research plots in adult and homogenous stands. We compared summer and winter parameter values of stand openness (%) and leaf area index (LAI) in the years 2009 and 2010 and compared them with ocular estimations of leaf area defoliation on the same locations.

The values of the differences between the summer and winter values matched best with the ocular defoliation data, separately for plots with coniferous and deciduous trees.

Radiation measurements are more objective than ocular estimations and can represent a starting point for stand condition comparison. Their advantage is a fast measurement and evaluation in a relatively short period which enables provability, comparison of larger stand parts or selected objects.

Key words: light irradiation intensity, leaf area index, defoliation, light condition determinatio

1 UVOD

Svetlobne razmere so temeljne razmere za večino življenjskih procesov kopenskih ekosistemov. Med sklepom krošenj, strukturo in razpoložljivo svetlobo pod krošnjami je tesna povezava (Comeau in Heineman, 2003), ki se odraža v različnih strategijah preživetja rastlin, prilagoditvah rastlin na različne svetlobne razmere in njihovem razvoju.

Za presojo svetlobnih razmer so na voljo različne metode, ki jih na splošno lahko razdelimo na neposredne (direktne) načine merjenja svetlobnega sevanja s pomočjo različnih tipal (npr. tipala PAR) in posredne načine (Diaci, 1999, Diaci s sod., 1999).

V primeru prvih odraža meritev neposredno stanje v času merjenja; za korektno meritev je potrebna referenca tipala na prostem in v sestoju, kjer opravljamo meritve. Rezultat je vrednost sevanja, ki ga ima določena točka v sestoju v primerjavi z odprtim delom, ki ga ne zastira sklep krošenj. Posredne metode so načeloma preprostejše, a manj natančne v primerjavi s prvimi in omogočajo razmeroma dobro oceno potencialnega sevanja z enkratnim snemanjem stanja (npr. s hemisfernimi posnetki). Povezovanje rezultatov meritev svetlobnega sevanja s sestojnimi

¹ dr. M. Č. Oddelek za prirastoslovje in gojenje, Večna pot 2, 1000 Ljubljana. matjaz.cater@gozdis.si

lastnostmi ali celo s potrebnimi gojitvenimi ukrepi je zelo zahtevno in težavno (Buckley s sod., 1999; Lhotka in Loewenstein, 2006), zato imajo prednost posredne metode.

Dober posredni kazalnik prekritosti krošenj, ki ga ugotovimo z analizo hemisferičnih posnetkov, je odprtost sklepa (angl. = canopy openness), ki združuje strukturo krošenj in njeno odprtost oz. delež neba v določenem predelu hemisfernega posnetka (Anonymus, 2003). Indeks listne površine (angl. = leaf area index; LAI) je skupna površina listja na enoto površine tal (Watson, 1974). Z njim lahko ocenimo sestojno izmenjavo plinov, določa in vpliva na intercepcijo vode sestoja, svetlobnih razmer in je zato ključni podatek biogeokemijskih procesov v gozdnih ekosistemih (Breda, 2003). Spremembe sestojnega indeksa listne površine zaradi defoliacije, načina gospodarjenja ali vremenskih ekstremov se posledično kažejo v spremenjeni produktivnosti sestoja. Zaradi strukturne heterogenosti in sprememb v času je ocena velikokrat težavna ali celo nemogoča, primerjava z drugimi parametri pa obremenjena s številnimi napakami.

Na desetih izbranih lokacijah v Sloveniji smo določili svetlobne parametre (odprtost, LAI) s

pomočjo posredne metode določitve sevanja, njihove spremembe glede na poletne in zimske razmere ter jih primerjali s podatki okularnih ocen osutosti krošenj, ki nakazujejo zdravstveno stanje sestojev. Navajamo preliminarne rezultate.

2 METODE

Za oceno svetlobnih razmer smo na vsaki od osnovanih raziskovalnih ploskev v homogenih sestojih (preglednica) oblikovali mrežo 16 presečišč z ekvidistanco 10 m med stojišči (40 x 40 m) v osrednjem delu hektarske ploskve. Mreža je bila nedvoumno označena za možnost ponovne izmere v času polnega olistanja v sredini vegetacijskega obdobja in naslednjih obdobjih. V času med posameznimi snemanji ni bilo sečnje ali posegov, ki bi zmanjšali število dreves na izbranih lokacijah ali spremenili strukturo opazovanega sestoja.

Hemisferične fotografije krošenj smo naredili z digitalnim fotoaparatom Nikon Coolpix 990 in umerjenim širokokotnim objektivom (180°) na višini 1,5 m od tal v razmerah popolne difuzne svetlobe, analizo potencialnega sevanja pa s sistemom WinScanopy (2003 pro-d) (Anonymus, 2003). Posnetke

Preglednica 1: Lastnosti in lokacije izbranih raziskovalnih ploskev

Ploskev	Lat.	Long.	Nadm. višina	Tla	Združba	Vrsta
Pokljuka/ Kru- cmanove konte	46°22'02"	13°56'19"	1397	Evtrična rjava tla, rendzina	Aposeri -Piceetum	smreka
Pohorje/ Tratice	46°28'27"	15°23'32"	1304	Distrična rjava tla	Avenello flexuosae-Piceetum	smreka
Trnovski gozd/ Fondek	45°59'55"	13°43'59"	827	Rendzina, rjava pokarbonatna tla	Seslerio autumnalis-Fagetum	bukev
Sežana/ Gropajski bori	45°40'15"	13°51'35"	420	Rdeče-rjava pokarbonatna tla	Seslerio-Pinetun nigrae	črni bor
Kranj/ Brdo	46°17'14"	14°24'00"	471	Distrična rjava tla	Vaccinio myrtilli-Pinetum	rdeči bor
Kočevska Reka/ Borovec	45°32'12"	14°48'00"	705	Rendzina, rjava pokarbonatna tla	Lamio orvalae-Fagetum	bukev
Zasavje/ Lontovž	46°05'45"	15°03'50"	950	Rendzina, rjava pokarbonatna tla	Lamio orvalae-Fagetum	bukev
Loški Potok/ Gorica	45°38'11"	14°33'01"	955	Rendzina, rjava pokarbonatna tla	Omphalodo-Fagetum	jelka
Kostanjevica/ Krakovski gozd	45°52'55"	15°24'59"	160	Oglejena tla	Pseudostellario europaeae-Quercetun roboris in -Carpinetum Betuli	dob
Lendava/ Murska šuma	46°29'49"	16°30'46"	170	Oglejena tla	Quercu roboris-Carpinetum	dob

smo izdelali v poletnih razmerah 2009, t. j. v času polnega olistanja in jih ponovili pozno jeseni oz. pozimi (2009) in poleti 2010.

Analiza posnetkov omogoča izračun številnih parametrov sevanja (delež odprtosti, količina sevanja PAR, delež neposrednega in difuznega sevanja, količina listne površine na enoto površine tal (LAI) ...) v odvisnosti od definiranega potencialnega časa, ekspozicije, nagiba, geografske širine in dolžine. Prednost barvnih digitalnih hemisferičnih posnetkov je tudi določitev meje med barvnimi odtenki sestoja in neba, ki je enotna za vse posnetke, napravljene v istem časovnem obdobju.

V analizi nabora parametrov smo od vrednosti, dobljenih poleti v času polnega olistanja, odšteli vrednosti, ki smo jih ugotovili z analizo poznojesensko-zimskih posnetkov, da smo dobili realnejšo oceno deleža listne površine. Večji del posnetka namreč predstavljajo debela in veje (plant area), zato jih odštejemo od poletnih vrednosti (plant + leaf area), da ocenimo delež deleža listne površine (leaf area).

Za preračun vrednosti v obdelavi podatkov je bilo za obe vrsti posnetkov določeno isto definicijsko obdobje. Podrobnejši opis in protokol snemanja sta na spletni strani: (http://www.futmon.org/documents_results/Field_protocols_final/Field_Protocol_Radiation_LAI_D2_3f.pdf). Med parametri, ki jih omogoča program za obdelavo, smo za analizo in primerjavo z drugimi opazovanimi vrednostmi upoštevali skupni delež odprtosti sestoja (odprtost v %), indeks listne površine (LAI), izračunan po različnih metodah, delež neposrednega sevanja pod krošnjami (DSF v %) ter neposredno količino

povprečnega, neposrednega in difuznega sevanja pod krošnjami (PPFD v MJ ali mol/m²dan).

Podatke, dobljene z analizo hemisferičnih posnetkov, smo vzporejali z okularnimi ocenami osutosti po uveljavljeni metodologiji (Annon. 2006) s korelacijsko analizo in korelacijo rangov.

3 REZULTATI IN RAZPRAVA

Primerjava posnetkov poletnega in poznojesenskega dela je pokazala na sicer homogeno izbranih delih sestojev največ variabilnosti med ploskvami pri iglavcih in listavcih. Sestoji z bolj odprtimi krošnjami poleti so bili po pričakovanju na lokacijah s prevladujočimi iglavci (Brdo, Gropajski bori, Krucmanove konte), manj v mešanih sestojih (Tratice, Borovec) in najmanj v sestojih čistih listavcev (Murska šuma, Krakovski gozd).

Kljub homogeno izbranim sestojem je bila variacija poletnih parametrov največja v Sežani, sledita Brdo in druge ploskve. Pozimi je bil absolutni raztros manjši kot poleti: največji v Trnovskem gozdu in Loškem Potoku, manjši v Lendavi in Zasavju ter najmanjši na ploskvah s prevladujočimi iglavci (Pokljuka, Pohorje, Sežana).

Primerjava oz. razlika poletnih in zimskih vrednosti (preglednica) je po pričakovanju izločila dve večji skupini glede na tip prevladujoče drevesne vrste z izrazitimi spremembami med zimskimi in poletnimi meritvami v Zasavju, Kočevski Reki in Kostanjevici (bukev, dob) in neznatnimi na Pokljuki in Kranju (smreka, črni bor). Zanimivo je, da kaže ploskev v Murski šumi s podobno drevesno sestavo kot ploskev v Krakovskem gozdu na manjši



Slika 1: Hemisferični posnetek poleti v času polnega olistanja (levo) in pozno jeseni / pozimi brez listja (desno)

Preglednica 2: Razlike med poletnimi in zimskimi vrednostmi svetlobnih parametrov na ploskvah

Parameter Ploskev	Odprtost (%)	DSF (%)	LAI 2000 (m ² /m ²)	LAI 2000g (m ² /m ²)	Prevladujoča vrsta
Kranj/Brdo Δ	2,1±0,3	4,8±1,4	0,2±0,0	0,2±0,1	iglavci
Pokljuka/ Krucmanove konte Δ	2,6±0,1	3,2±1,1	0,2±0,0	0,3±0,1	iglavci
Pohorje/ Tratice Δ	4,2±0,1	5,1±1,1	0,6±0,1	0,6±0,1	iglavci
Sežana/ Gropajski bori Δ	5,8±0,7	12,7±1,6	0,4±0,1	0,9±0,2	iglavci
Lendava/ Murska šuma Δ	9,7±1,2	20,0±1,1	0,7±0,1	1,7±0,1	listavci
Trnovski gozd/ Fondek Δ	9,9±1,0	15,7±2,4	0,6±0,1	1,3±0,8	listavci
Loški potok/ Gorica Δ	11,8±0,9	23,0±2,9	0,9±0,1	1,6±0,1	listavci
Kostanjevica/ Krakovski gozd Δ	12,9±3,8	24,9±1,2	0,9±0,0	2,0±0,0	listavci
Kočevska reka/ Borovec Δ	17,0±0,5	34,2±1,8	1,2±0,0	2,1±0,1	listavci
Zasavje/ Lontovž Δ	31,9±0,7	42,2±1,7	1,7±0,0	2,1±0,1	listavci

Preglednica 3: Ujemanje okularnih ocen osutosti s parametri sevanja – korelacijski koeficienti (r^2)

Ploskve	Odprtost sestoja (%)	DSF (%)	Direktno sevanje	LAI 2000	LAI 2000g	Št deležev vrzeli
Iglavci	0,96	0,81	0,78	0,26	0,96	0,89
Listavci	0,95	0,83	0,83	0,44	0,91	0,62

obseg sprememb (tudi manjši delež indeksa listne površine – preglednica 1), kar se ujema s podatki o vitalnosti in ocenami osutosti krošenj istih gozdnih kompleksov – večjo vitalnostjo Krakovskega gozda kot sestojev v Murski šumi.

Prva preprosta korelacijska primerjava z okularnimi ocenami osutosti v % (2009) je pokazala na največ skupnega ujemanja z deležem listne površine (metoda LAI 2000 g; $r^2 = 0,49$) in količino neposrednega sevanja (PPFD J ali mol/m²dan; $r^2 = 0,58$), kar pomeni za povprečje razmeroma majhnega vzorca posameznih ploskev dobro ujemanje.

Največje ujemanje z ocenjevanimi podatki osutosti za ploskve prikazuje preglednica 2. Vrednosti so prikazane ločeno za iglavce in listavce.

Ugotovitve tujih raziskovalcev potrjujejo uporabnost posrednih metod določanja svetlobnih parametrov za opredelitev strukture krošenj (Chazdon in Field, 1987, Whitmore s sod., 1993, Trichon s sod., 1998). Prispevajo podrobne informacije o velikosti, razporejenosti vrzeli v krošnjah in podajo količinsko oceno skupne odprtosti za posamezno mikrorastišče (Whitmore s sod., 1993, Valverde in Silvertown, 1997). Potrjene so bile tesne odvisnosti med predvideno količino fotosintetsko aktivnega sevanja (PAR) s hemisfernimi posnetki in intenziv-

nostjo sevanja (PFD) (Becker s sod., 1989, Chazdon in Field, 1987, Rich s sod., 1993).

4 ZAKLJUČKI

Metode za ocenjevanje odprtosti sklepa krošenj lahko s pridom uporabimo za oceno stanja sestojev. Meritve so objektivnejše od okularnih ocen in so izhodišče za primejavo z drugimi sestojnimi oz. okoljskimi parametri. Čeprav je človeško oko zelo prilagodljivo za spremembe v intenzivnosti in lahko učinkovito zazna tudi do 10 stopenj sprememb zaslonke (/f) fotoaparata (kar mimogrede presega občutljivost katerega koli filma oz. znanega svetlobnega tipala), je pri ocenjevanju majhnih svetlobnih intenzivnosti zelo pristransko, saj mora biti za zaznavo razlika najmanj 2,5-krat večja od reference (Dehaene, 2003).

Prednost meritev sta njihova hitrost in ovrednotenje parametrov v razmeroma kratkem času, kar omogoča primerjavo večjih delov sestoja oz. izbranih objektov.

Intenzivnost svetlobnega sevanja je poleg vrste matičnega sestoja odvisna od geografske širine in dolžine, ekspozicije in nagiba terena ter dolžine vegetacijskega obdobja. Vpliva neposredno na višinski in debelinski prirastek, primarno produkcijo,

dinamiko pomlajevanja (Sagheb-Talebi, 1996) in kakovost vznika (Ammer, 2003).

Primerjava z izpeljanimi podatki sevanja (razlike med poletjem in zimo) omogoča boljše ujemanje (od deleža skupne površine sestojja odštejemo del, ki je prisoten tudi pozimi – debela, veje).

Ocene posameznih parametrov so realnejše in v manjši meri obremenjene s sistematično napako.

Metoda je objektivna, ponovljiva in ponuja natančen vpogled v dogajanje oz. lastnosti sklepa krošenj v primerjavi z okularno oceno osutosti oz. poškodovanosti; slednja je velikokrat obremenjena z napako opazovalca.

Nabor parametrov, ki jih ponuja analiza posnetkov, lahko služi za primerjavo in posredno oceno, npr. osutosti krošenj ali deleža sevanja v pritalnem sloju.

Zaradi sledljivosti postopka je metoda preverljiva in primerna za primerjavo ocen stanja krošenj širšega prostorskega območja.

5 VIRI

- Ammer, C., (2003) Growth and biomass partitioning of *Fagus sylvatica* L. and *Quercus robur* L. seedlings in respond to shading and small changes in R/FR-ratio of radiation. *Ann. For. Sci.* 60: 163–171.
- Anonymus (2006): Manual on methods and criteria for harmonized sampling, assessment, monitoring and analysis of the effects of air pollution on forests, UNECE, 61 p.
- Anonymus (2003). WinSCANOPY 2003b for hemispherical image analysis. 2003. Manual, ©REGENT INSTRUMENTS Inc., 104 str.
- Becker, P., Erhart DW, Smith AP (1989) Analysis of forest light environments. Part I. Computerized estimation of solar radiation from hemispherical canopy photographs. *Agric. For. Meteorol.* 44, str.217–232.
- Breda, N. (2003) Ground based measurements of leaf area index: a review of methods, instruments and current controversies. *Journal of experimental botany* 54, No 392, str. 2403–2417.
- Buckley, DS, Isebrands, JG, Sharik, TL (1999) Practical field methods of estimating canopy cover, PAR, and LAI in Michigan oak and pine stands. *Northern J. Appl. For.* 16, str. 25–32.
- Chazdon, RL, Field, CB (1987) Photographic estimation of photosynthetically active radiation: evaluation of a computerized technique. *Oecologia* 73, str. 525–532.
- Comeau, PG, Heineman, JL (2003) Predicting understory light microclimate from stand parameters in young paper birch (*Betula papyrifera* Marsh.) stands. *For. Ecol. Management.* 180, str. 303–315.
- Dehaene, S., (2003) The neural basis of the Weber–Fechner law: a logarithmic mental number line. *Trends in Cognitive Sciences* Vol.7, No.4, str. 145–147.
- Diaci, J., (1999) Meritve sončnega sevanja v gozdu – I. Presoja metod in instrumentov.- *ZbGL*, 58, str. 105–138.
- Diaci, J., Thormann JJ, Kolar U (1999) Meritve sončnega sevanja v gozdu – II. Metode na osnovi projekcij hemisfere neba in krošenj. *ZbGL*, 60, str. 177–210.
- Lhotka, JM, Loewenstein, EF (2006) Indirect measures for characterizing light along a gradient of mixed-hardwood riparian forest canopy structures. *Forest Ecology and Management* 226, str. 310–318.
- Rich, P., Clark, D, Clark, D., Oberbauer S (1993) Long-term study of solar radiation regimes in a tropical wet forest using quantum sensors and hemispherical photography. *Agric. For. Meteorol.* 65, str. 107–127.
- Sagheb-Talebi, K. (1996) Quantitative und qualitative Merkmale von Buchenjungwüchsen (*Fagus sylvatica* L.) unter dem Einfluß des Lichtes und anderer Standortsfaktoren. Beiheft zur Schweiz. Zeitschrift f. Forstwesen, 78, Zürich, 219 str.
- Trichon, V., Walter, J-MN, Laumonier, Y. (1998) Identifying spatial patterns in the tropical rain forest structure using hemispherical photographs. *Plant Ecol.* 137, str. 227–244.
- Valverde, T., Silvertown, J., (1997) Canopy closure rate and forest structure. *Ecology* 78, str. 1555–1562.
- Watson, DJ (1947) Comparative physiological studies in the growth of field crops. I. variation in net assimilation rate and leaf area between species and varieties, and within and between years. *Annals of Botany*, 11, str. 41–76.
- Whitmore, TC, Brown, ND, Swaine, MD, Kennedy, D., Goodwin-Bailey CI, Gong WK (1993) Use of hemispherical photographs in forest ecology: measurement of gap size and radiation totals in a Bornean tropical forest. *J. Trop. Ecol.* 9, str. 131–151.

Rast in prirastek na ploskvah intenzivnega spremljanja stanja gozdnih ekosistemov (IMGE)

Growth and Increment on the Plots of Intense Monitoring of Forest Ecosystem Condition (IMGE)

Tom LEVANIČ¹, Gal KUŠAR²

Izvleček:

Levanič, T., Kušar, G.: Rast in prirastek na ploskvah intenzivnega spremljanja stanja gozdnih ekosistemov (IMGE). Gozdarski vestnik, 69/2011, št. 5–6. V slovenščini z izvlečkom v angleščini. Prevod Breda Misja, jezikovni pregled slovenskega besedila Marjetka Šivic.

V članku sta predstavljeni raziskavi na področju rasti in prirastka, ki sta potekali v okviru intenzivnega spremljanja stanja gozdnih sestojev v Sloveniji. V prvi raziskavi je predstavljeno priraščanje dreves na letni ravni, v drugi pa spremembe dendrometrijskih parametrov v petletnem obdobju. Iz rezultatov obeh raziskav je jasno vidno, da bi moralo biti spremljanje priraščanja dreves in sestojev naloga, ki je ne bi smeli utesnjevati ozko postavljeni časovni termini. Šele s povečevanjem števila ponovitev in spremljavo v daljšem časovnem obdobju pridobimo podatke, ki bi jasno odražali stanje in prirastne težnje najbolj tipičnih gozdnih sestojev v Sloveniji.

Gljučne besede: rast, tekoči prirastek, lesna zaloga, ročni dendrometri

Abstract:

Levanič T., Kušar G.: Growth and Increment on the Plots of Intense Monitoring of Forest Ecosystem Condition (IMGE). Gozdarski vestnik (Professional Journal of Forestry), 69/2011, vol. 5-6. In Slovenian, abstract in English. Translated by Breda Misja, proofreading of the Slovenian text Marjetka Šivic.

This article presents two studies in the field of growth and increment that were carried out in the framework of intensive forest stand condition monitoring in Slovenia. The first study presents tree increment at the annual level and the second one the changes of dendrometric parameters in the 5 year period. The results of both studies clearly show that monitoring of tree and stand increment should represent a task, unrestricted by the deadlines. We can obtain data clearly reflecting condition and increment trends of the most typical forest stands in Slovenia only by increasing the number of repetitions and monitoring the stands over a longer period of time.

Key words: growth, increment, growing stock, intra-annual growth, girth bands

1 UVOD

1.1 Namen in cilji raziskave

Lesna zaloga (volumen drevesa) in prirastek sta pomembna kazalnika za spremljanje stanja in razvoja sestojev, ki ju je treba poznati za uspešno gospodarjenje z gozdovi. Rast nadzemnih delov drevesa ni linearen proces, ki se začne spomladi in konča jeseni, ampak je kompleksen proces, ki je tesno povezan z razmerami, v katerih raste drevo. Na začetek, vrhunec in konec debelinske rasti vplivajo genetska zasnova drevesa, podnebne razmere in fotoperiodičnost (Rossi et al., 2008). Višek debelinske rasti večina dreves doseže okoli poletnega solsticija (ko je dan najdaljši), nato pa hitrost rasti v debelino počasi pojenja.

Načeloma so letne spremembe pri odraslem drevju zelo majhne, zato mora biti za klasične meritve dendrometrijskih parametrov perioda med dvema meritvama vsaj pet let, po navadi pa deset, da lahko

zanesljivo zaznamo in izmerimo spremembe. Zato smo na ploskvah **spremljanja stanja gozdnih ekosistemov** (IMGE) v okviru projekta FutMon zasnovali in izvedli dve aktivnosti. V okviru prve smo izbrana drevesa opremili z ročnimi dendrometri za spremljanje priraščanja dreves na letni ravni. V drugi raziskavi pa smo za vsa drevesa opravili klasične dendrometrijske meritve (obseg, višina), in sicer na začetku (2004/2005) in na koncu (2009/2010) petletne periode.

Glavni cilji raziskav so bili:

1. analizirati priraščanje dreves na letni ravni in pridobiti kolikor mogoče natančne podatke o

¹ doc. Dr. T. L. Gozdarski inštitut Slovenije, Oddelek za prirasoslovje in gojenje, Večna pot 2, 1000 Ljubljana. tom.levanic@gozdis.si

² dr. G. K. Gozdarski inštitut Slovenije, Oddelek za načrtovanje in monitoring gozdne krajine, Večna pot 2, 1000 Ljubljana, Slovenija. gal.kusar@gozdis.si

dejavniki, ki vplivajo na rast dreves in o začetku, višku in koncu rasti prevladujočih drevesnih vrst v Sloveniji,

2. izvajanje rednih periodičnih meritev in analiza razlik v debelinskih, višinskih in volumenskih prirastkih glede na razvojno fazo sestoja, drevesno vrsto in rastišče.

2 METODE

2.1 Merjenje sezonske dinamike debelinskega priraščanja z ročnimi dendrometri

Ročni dendrometri so trakovi, narejeni iz temperaturno stabilne plastike, ki se zaradi spreminjanja zunanje temperature ne krči in ne razteza. Ročni dendrometer je relativno preprost in poceni inštrument, ki ga na drevo namestimo tako, da skorjo (razen pri buki in g. javorju) najprej nekoliko stanjšamo (pazimo, da ne preveč, ker pri iglavcih lahko začne iztekati smola, ki trak prilepi na deblo), nato pa se dendrometer namestimo na drevo, in sicer tako, da ga okoli debla napnemo v prsni višini. Gibljivost mu zagotavlja vzmet. Ko drevo prirašča, se trak zaradi vzmeti premika po merilni skali levo in desno (slika 1). Periodični odčitki omogočijo izračun sprememb v premeru drevesa. Priporočljiv interval za odčitavanje je 1 do 2 meseca, pri tem pa je pomembno, da so v obdobju intenzivne rasti odčitki najmanj enkrat na mesec.

Na vseh desetih ploskvah intenzivnega spremljanja stanja gozdov smo ročne dendrometre namestili



Slika 1: Spremembe v premeru debla odčitavamo na desetinko milimetra natančno, kar omogoča nonijska skala. Drevo na fotografiji v premeru meri 44,25 cm.

na skupno 229 dreves. Drevesa za spremljanje sezonske dinamike debelinskega priraščanja smo izbrali v varovalni coni ploskve intenzivnega spremljanja stanja gozdov tako, da smo omejili določeno površino, oštevilčili vsa drevesa in na njih namestili ročne dendrometre – slika 2. Znano velikost ploskve in število dreves na ploskvi bosta v prihodnjih letih omogočila izračun hektarskih vrednosti za lesno zalogo in prirastek ter številnih drugih sestojnih parametrov. Ker smo se pri postavitvi ploskvic morali prilagoditi zahtevam intenzivnega spremljanja stanja gozdov in ne posegati v središče ploskve, so ploskvice različnih velikosti in oblik. Njihova velikost, število dreves na njih in drevesna sestava so podane v

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



Preglednica 1: Podatki o ploskvah za leti 2004 in 2009 ter ploskvicah za meritve sezonske dinamike rasti

Splošni podatki o ploskvah				2004		2009		Sezonska dinamika		
Ime lokacije	#	Starost	Datum meritev	Št. dreves		Datum meritev		Dimezije ploskvic	Št. debel	Drevesna sestava
		let			ha		ha			
Pokljuka	1	120	21. 10. 2004	90	360	12. 5. 2010	88	352	20 x 30	23 SM = 23
Trnovski g.	2	90–100	23. 3. 2005	108	432	6. 4. 2010	112	448	20 x 30	27 BU = 27
Sežana	3	105–110	15. 3. 2005	227	908	16. 3. 2010	227	908	30 x 15	23 ČBO = 13, OTL = 10
Kranj	4	120	18. 11. 2004	92	368	7. 4. 2010	98	392	30 x 10	15 RBO = 15
Kočevska reka	5	70–80	22. 4. 2005	114	456	19. 4. 2010	114	456	25 x 15	23 BU = 20, GJV = 2, HR = 1
Zasavje	8	70–80	15. 12. 2004	207	828	8. 4. 2010	200	800	20 x 15	22 BU = 20, GJV = 2
Loški potok	9	250; 80–100*	7. 4. 2005	156	624	16. 4. 2010	158	632	20 x 30	29 JE = 4, BU = 22, OTL = 3
Kostanjevica	10	140	28. 10. 2004	90	360	17. 3. 2010	90	360	24 x 30	26 HR = 9, OTL = 12, OML = 5
Lendava	11	100	18. 3. 2005	166	664	18. 3. 2010	160	640	20 x 27	22 HR = 12, GJV = 6, OTL = 4
Pohorje	12**	60–80	-	-	-	22. 4. 2010	107	428	20 x 30	19 SM = 10, BU = 9
	Skupaj			1250	5000		1354	5416		229

*Jelke stare 250, bukve 80 do 100 let

** Ploskev št. 12 Pohorje je bila osnovana leta 2009, zato na njej nismo izvedli meritev v petletnem obdobju

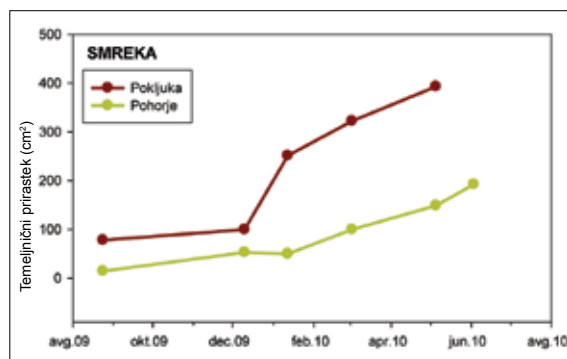
preglednici 1. Referenčne odčitke smo ugotovili takoj ob namestitvi dendrometrov v maju 2009. V času, ko to pišemo, ravno odčitavamo vrednosti na dendrometrih v marcu 2011.

2.2 Merjenje sprememb v petletnem obdobju

Na devetih ploskvah (0,25 ha) intenzivnega spremljanja stanja gozdov smo v zimskem obdobju (oktober 2004/april 2005, v nadaljevanju **2004**) opravili dendrometrijske meritve dreves (N = 1.250). Meritve smo ponovili v zimskem obdobju 2009/10 (marec 2010/maj 2010, v nadaljevanju **2009**), ko smo izmerili 1.247 dreves. Perioda med obema meritvama je pet let in zavzema pet vegetacijskih obdobji; preglednica 1.

Vsem drevesom smo določili lokacijo tako, da smo izmerili azimut (AZM, °) in razdaljo (DIS, 0,1 m natančno) od središča ploskve do središča drevesa; z merskim trakom smo izmerili obseg na prsni višini (OBS) na cel centimeter natančno; ocenili smo socialni položaj (SOC) po petstopenjski Kraftovi lestvici. Pri meritvah 2004 smo za meritve višin izbrali vsako tretje drevo, razvrščeno po debelini, tako da smo izmerili tretjino vseh dreves. Dodatno smo izmerili še višine 100 najdebelejših dreves na ha oz. še 25 dreves na ploskvi. Višino (H) smo izmerili z višinomerom

Vertex na 0,1 m natančno. Izmerili smo tudi lokacijo stojišča meritve višine - azimut (AZMH) in razdaljo (LH) do drevesa. Pri meritvah 2009 smo izmerili višine vseh dreves meritev 2004. Če pa je katero drevo izpadlo, smo ga nadomestili z naslednjim po vrsti. Če je novo izmerjena višina (2009) bistveno odstopala od prejšnje (2004) meritve, smo ponovili meritev z iste lokacije kot pri meritvi 2004. Pri meritvah 2009 smo ocenili tudi spremembo stanja drevesa (živo drevo, odmrlo drevo in prisotno na ploskvi, drevo, odstranjeno s ploskve ali vraslo drevo).



Slika 3: Temeljnični prirastek smreke na ploskvah intenzivnega spremljanja stanja gozdov na Pokljuki (Krucmanove konte) in Pohorju (Tratice)

Preglednica 2: Povprečni letni debelinski prirastek dreves, standardni odklon in temeljnica, ugotovljena, izračunana iz meritev z ročnimi dendrometri. Število dreves na ploskvah je podatek, ki je preračunan iz števila dreves na posamezni ploskvi. Vrednosti v stolpcu 6 so izračunane kot delež odstopanja od referenčne vrednosti. Referenčna vrednost je letno povprečje periodičnih meritev.

#	Ploskev	Povp. prir. (cm) 2009/2010	Standardni odklon (cm)	Povp. letni tem. prir. (m ² /ha) 2009/2010	Povp. letni tem. prir. (m ² /ha)**	Razlika med 4 in 5 v %	Ocena št. dreves na hektar (n/ha)*
	1	2	3	4	5	6	7
1	Pokljuka	0,60	±0,61	0,65	0,5	+30%	383
2	Trnovski g.	0,15	±0,21	0,25	0,3	-17%	450
3	Sežana	0,33	±0,32	0,21	0,3	-30%	511
4	Kranj	0,28	±0,28	0,34	0,5	-32%	500
5	Kočevska reka	0,44	±0,45	0,40	0,4	0%	613
8	Zasavje	0,20	±0,29	0,24	0,3	-20%	667
9	Loški potok	0,40	±0,59	0,29	0,5	-42%	483
10	Kostanjevica	0,53	±0,49	0,23	0,4	-42%	125
11	Lendava	0,57	±0,59	0,42	0,3	+40%	407
12	Pohorje	0,27	±0,31	0,42	–	–	316

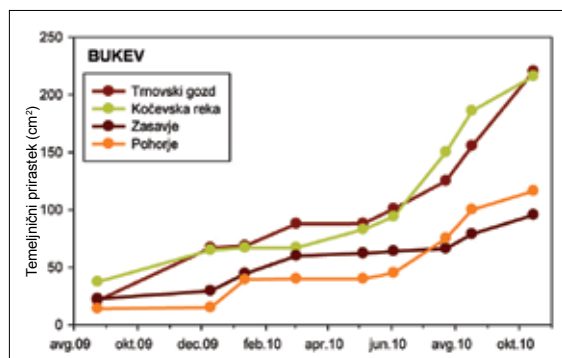
* Podatek o številu dreves na hektar je ocena, ki je izračunana kot hektarska vrednost števila dreves na ploskvi. Blíže ko je ta ocena tisti, ki smo jo ugotovili za ploskvi, boljše izbrana podploskev predstavlja opazovani sestoj.

** Letno povprečje, ki temelji na prirastku hektarske temeljnice v obdobju 2004–2009.

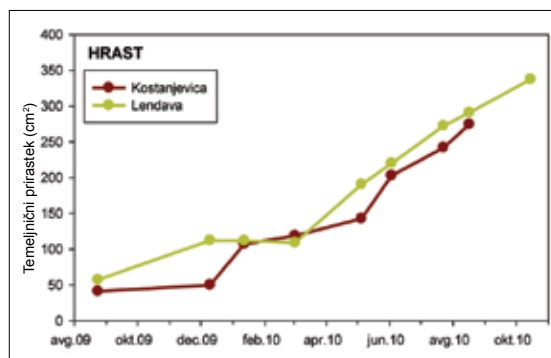
Za vsako drevo smo za obe meritvi izračunali: prsni premer (DBH), temeljnico (G), višino drevesa (HK), izračunano s pomočjo sestojne višinske krivulje za prilagoditev katere smo uporabili Peltersonovo funkcijo (Nagel, 2000). Volumen drevesa (Vdeb) smo izračunali s pomočjo dvovhodnih debelnic za debeljad (Kotar, 2003) iz volumna drevesa pa s pomočjo ekspanzijskih faktorjev za nadzemno in podzemno biomaso ter za ogljik v biomas (IPCC GPG, 2003) količino nadzemne

(AGB) in podzemne (BGB) lesne biomase ter količino ogljika.

Za vsako ploskev smo za obe meritvi izračunali: skupno temeljnico (G) in temeljnico na površino (Gha) v (m² in m²/ha), srednji premer (Dm) in dominantni premer (Dd), (cm), izračunan kot srednji premer 100 najdebelejših dreves na ha, srednjo (Hm) in dominantno sestojno višino (Hd), (m), izračunano s pomočjo sestojnih višinskih krivulj in srednjega (Dm) ter dominantnega premera (Dd).



Slika 4: Temeljnični prirastek bukve na štirih ploskvah intenzivnega spremljanja stanja gozdov – Trnovski gozd (Fondek), Kočevska Reka (Borovec), Zasavje (Lontovž) in Pohorje (Tratice)



Slika 5: Temeljnični prirastek hrasta na dveh ploskvah intenzivnega spremljanja stanja gozdov – Kostanjevici (Krakovski gozd) in Lendavi (Murska Šuma)

Rastiščni indeks (SI_{100}) smo izračunali s pomočjo ocenjene starosti sestoja na podlagi podatkov lokalnih gozdarjev in dominantne sestojne višine (H_d), za prevladujočo drevesno vrsto na podlagi fotografij razvoja zgornje višine (Kotar, 2003). Volumen dreves V_{deb} (m^3) in lesno zalogo LZ na površino (m^3/ha) smo izračunali ločeno za živa drevesa, odmrle stoječa drevesa (sušice), odmrle ležeča (podrtice) in odstranjena drevesa, prav tako količino nadzemne žive lesne biomase (AGB), količino podzemne žive lesne biomase (BGB) in količino odmrle lesne biomase (DWB) ter količino celotne lesne biomase (TB). Izračunali smo tudi količino ogljika v nadzemni živi lesni biomasi (CAGB), količino ogljika v podzemni živi lesni biomasi (CBGB), količino ogljika v odmrli lesni biomasi (CDWB) in količino skupnega ogljika v lesni biomasi (CTB). Za posamezne ploskve smo za glavne parametre (G , D_m , D_d , H_m , H_d , V_{deb} , ABG , BGB , DWB , TB , $CAGB$, $CBGB$, $CDWB$, CTB , vse na ha) izračunali tudi spremembe/razlike stanja med letoma 2004 in 2009.

3 REZULTATI IN RAZPRAVA

3.1 Merjenje sezone dinamične debelinskega priraščanja

Čeprav sta dve rastni sezoni, od tega prva delna, premalo za ustrezno vrednotenje rezultatov in sprememb v sezonski dinamiki debelinskega priraščanja, pa se je že v tako kratkem času pokazalo, da meritve sezonskega ritma debelinskega priraščanja dreves dajejo rezultate, ki pomagajo razumeti sezonsko

dinamiko priraščanja dreves ter določiti začetek, vrhunec in konec rasti. Tako smo lahko glede na dostopne podatke izračunali povprečni debelinski in temeljnični prirastek (preglednica 2). Povprečni debelinski prirastek v obdobju junij 2009 do november 2010 s standardnim odklonom je prikazan v preglednici 2.

Do novembra 2010 smo dobili prve popolne podatke o debelinskem priraščanju dreves na ploskvah intenzivnega spremljanja stanja gozdov, zato lahko predstavimo nekatere ugotovitve. Debelinska rast smreke na Pokljuki je bistveno boljša kot na Pohorju, debelinski prirastki so večji in poključka smreka hitreje pridobiva na debelini kot smreka na Pohorju – slika 3.

Bukev spada med naše najpogostejše drevesne vrste, zato jo najdemo kar na štirih ploskvah intenzivnega spremljanja stanja gozdov. Na dveh ploskvah (Trnovski gozd in Kočevska Reka) je rast bukke boljša kot na drugih dveh (Zasavje in Pohorje). Najhitreje priraščajo bukke v Kočevski Reki, najpočasneje pa v Zasavju, na ploskvi Lontovž – slika 4.

Rast hrastov dobov smo proučevali na dveh ploskvah v Krakovskem gozdu in Murski Šumi. Dobi spadajo med drevesne vrste, ki lahko dosežejo zelo velike premere, zato so po pričakovanju veliki tudi temeljnični prirastki. Na ploskvi v Krakovskem gozdu je relativno malo dobov, vendar imajo zelo velike premere. Nekaj podobnega je tudi na ploskvi v Murski šumi. Zato so temeljnični prirastki relativno veliki. Temeljnični prirastek se je v obdobju 2009–2010 najbolj povečal v Murski Šumi, kar je glede na stanje sestojev nekoliko presenetljivo – slika 5.

Preglednica 3: Sestojni parametri za ploskve leta 2004

#	Temelj-	Premer		Višina		SI	Lesna	Biomasa				Ogljik			
	nica	Dm	Dd	Hm	Hd	SI_{100}	Vdeb2	AGB	BGB	DWB	TB	CAGB	CBGB	CDWB	CTB
	m^2/ha	cm	cm	m	m		m^3/ha	t/ha	t/ha	t/ha	t/ha	t/ha	t/ha	t/ha	t/ha
1	70,8	50,1	58,6	35,3	36,6	34	1080,8	557,6	125,2	16,9	699,7	278,8	62,8	8,4	350,0
2	38,4	33,7	40,7	23,7	24,9	25	462,0	364,4	53,6	0,0	418,0	182,0	26,8	0,0	208,8
3	41,6	24,2	42,2	17,1	19,6	19	413,2	269,2	57,2	0,0	326,4	134,8	28,8	0,0	163,6
4	22,4	27,8	35,7	19,4	21,3	18	207,6	117,6	31,2	0,0	148,8	58,0	15,6	0,0	73,6
5	31,6	29,7	43,7	25,5	29,1	33	424,0	332,4	49,6	0,0	382,0	166,4	24,8	0,0	191,2
8	47,6	27,1	40,7	24,9	29,0	34	597,6	447,2	70,4	3,5	521,1	224,0	35,2	1,8	261,0
9	37,6	27,7	49,2	25,6	32,2	34	533,6	398,0	62,8	0,1	460,9	199,2	31,2	0,0	230,4
10	36,4	35,9	56,4	28,3	32,9	30	589,2	501,2	76,4	0,1	577,7	250,8	38,0	0,0	288,8
11	35,6	26,1	50,5	25,6	31,5	31	515,6	426,4	62,0	8,3	496,7	213,2	31,2	4,2	248,6

Preglednica 4: Sestojni parametri za ploskve leta 2009

#	Temelj-nica	Premer		Višina		SI	Lesna zaloga	Biomasa				Ogljik			
	Gha	Dm	Dd	Hm	Hd	SI ₁₀₀	Vdeb3	AGB	BGB	DWB	TB	CAGB	CBGB	CDWB	CTB
	m ² /ha	cm	cm	m	m		m ³ /ha	t/ha	t/ha	t/ha	t/ha	t/ha	t/ha	t/ha	t/ha
1	73,2	51,5	59,7	36,2	37,4	34	1135,6	586,0	131,6	0,0	717,6	292,8	66,0	0,0	358,8
2	40,0	33,7	42,2	24,5	25,9	25	498,0	392,8	57,6	0,0	450,4	196,4	28,8	0,0	225,2
3	43,2	24,6	43,7	17,5	20,3	19	444,4	289,6	61,6	35,6	386,8	144,8	30,8	18,0	193,6
4	24,8	28,4	37,4	20,4	22,5	18	244,8	138,4	36,8	0,2	175,4	69,2	18,4	0,1	87,7
5	33,6	30,6	45,1	26,6	30,5	33	473,2	371,2	55,2	0,8	427,2	185,6	27,6	0,4	213,6
8	49,2	28,0	42,2	26,2	30,4	34	655,2	491,2	77,2	10,3	578,7	245,6	38,4	5,2	289,2
9	40,0	28,4	50,5	26,8	33,4	34	598,4	439,2	69,2	0,5	508,9	219,6	34,4	0,2	254,2
10	38,4	36,9	58,6	29,7	34,2	30	647,2	550,0	83,6	12,0	645,6	275,2	42,0	6,0	323,2
11	37,2	27,2	53,2	27,1	32,7	31	564,4	467,2	68,0	20,4	535,2	233,6	34,0	10,2	267,6

Preglednica 5: Spremembe med letoma 2004 in 2009 na 1 leto (za ploskve, ki so bile merjene obakrat)

#	Temelj-nica	Premer		Višina		SI	Lesna zaloga	Biomasa				Ogljik			
	Gha	Dm	Dd	Hm	Hd	SI ₁₀₀	Vdeb	AGB	BGB	DWB	TB	CAGB	CBGB	CDWB	CTB
	m ² /ha	cm	cm	m	m		m ³ /ha	t/ha	t/ha	t/ha	t/ha	t/ha	t/ha	t/ha	t/ha
1	0,5	0,3	0,2	0,2	0,2	-	11,0	5,7	1,3	-3,4	3,6	2,8	0,6	-1,7	1,8
2	0,3	0,0	0,3	0,2	0,2	-	7,2	5,7	0,8	0,0	6,5	2,9	0,4	0,0	3,3
3	0,3	0,1	0,3	0,1	0,1	-	6,2	4,1	0,9	7,1	12,1	2,0	0,4	3,6	6,0
4	0,5	0,1	0,3	0,2	0,2	-	7,4	4,2	1,1	0,0	5,3	2,2	0,6	0,0	2,8
5	0,4	0,2	0,3	0,2	0,3	-	9,8	7,8	1,1	0,2	9,0	3,8	0,6	0,1	4,5
8	0,3	0,2	0,3	0,3	0,3	-	11,5	8,8	1,4	1,4	11,5	4,3	0,6	0,7	5,6
9	0,5	0,1	0,3	0,2	0,2	-	13,0	8,2	1,3	0,1	9,6	4,1	0,6	0,0	4,8
10	0,4	0,2	0,4	0,3	0,3	-	11,6	9,8	1,4	2,4	13,6	4,9	0,8	1,2	6,9
11	0,3	0,2	0,5	0,3	0,3	-	9,8	8,2	1,2	4,1	9,4	4,1	0,6	2,1	4,6

3.2 Merjenje sprememb sestojnih parametrov v obdobju 2004–2009

Na podlagi meritev, zbranih v popisu sestojev leta 2004/2005 in 2009/2010, smo lahko izračunali stanje za leto 2004 in 2009 in spremembe, ki so nastale v tem času (preglednice 3, 4 in 5). Najvišjo temeljnico, dominantno višino in lesno zalogo ima smrekov debeljak na Pokljuki (ploskev št. 1), ki je glede na izračunan SI tudi najrodovitnejše rastišče. Ploskve mlajših razvojnih faz dosegajo manjše lesne zaloge. Primerjava razlik dendrometrijskih parametrov med obema meritvama (2004, 2009) pokaže, da je največji prirastek lesne zaloge (in s tem tudi akumulacija biomase in ogljika v nadzemni in podzemni biomasi) na ploskvah Zasavje, Loški Potok, Kostanjevica in Murska Šuma. Največji prirastki so 13 m³/ha leto, najmanjši pa 6,2 m³/ha. Podobno je z akumulacijo

ogljika, ki na Kostanjevici znaša 6,9 t/ha leto, na Pokljuki pa le 1,8 t/ha leto.

Zanimiva je primerjava med letnimi hektarskimi temeljničnimi prirastki, dobljenimi na podlagi dendrometrijskih meritev in na podlagi ponovljenih meritev na večjemu številu dreves. Ob predpostavki, da je meritev na večjem številu dreves bolj reprezentativna, smo na ploskvah na podlagi meritev z ročnimi dendrometri izračunali rezultate, ki ponekod bolj odstopajo, ponekod pa manj od tistih, ki smo jih kot letno povprečje izračunali glede na periodične meritve (preglednica 2). Razlike pripisujemo dejstvu, da v primeru ročnih dendrometrov izračunamo dejanske temeljnične prirastke leta 2010, medtem kot v primeru periodičnih meritev izračunamo povprečni letni temeljnični prirastek (kot povprečje petih let).

4 ZAHVALA

Za pomoč pri terenskih meritvah in obračunih podatkov se zahvalujemo sodelavcem: Anžetu Japlju, Filipu Nabrigiču, Mitji Skudniku in Juretu Žlogarju, Robertu Krajncu, Špeli Jagodic, Mateju Ruplu, Andreju Verliču in Samu Grbcu. Zahvaljujemo se tudi skrbnikom ploskev - zaposlenim Zavoda za gozdove Slovenije, za sporočanje poškodb na ročnih dendrometrih.

Aktivnosti so potekale v okviru evropskih projektov (Forest Focus, JGS in FutMon Life +) in sredstev, ki sta jih za izvedbo intenzivnega spremljanja stanja gozdov zagotovila MGKP, MOP in EU oz. DG Env. EU.

5 VIRI

DOBBERTIN, M., 2004. Estimation of Growth and Yield. Part V. Manual on methods and criteria for harmonized sampling, assessment, monitoring and analysis of the effects of air pollution on forests.

United Nations Economic Commission for Europe Convention on Long-Range Transboundary Air Pollution. Updated: 06/20004. Link . 40 p. http://www.icp-forests.org/pdf/Chapt5_compl2004.pdf (28. 2. 2008)

IPCC 2003. Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry. IPCC National Greenhouse Gas Inventories Programme Technical Support Unit, IGES, Japan, <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp>.

KOTAR, M., 2003. Gozdarski priročnik. 7. izdaja. Ljubljana, Biotehniška fakulteta Univerze v Ljubljani, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire: 414 str.

NAGEL, J., 2000. Forest Tools. Goettingen: programski paket: 1 CD-rom.

ROSSI, S., A. DESLAURIERS, J. GRIČAR, J.-W. SEO, C. RATHGEBER, T. ANFONDILLO, H. MORIN, T. LEVANIČ, P. OVEN, R. JALKANEN, 2008. Critical temperatures for xylogenesis in conifers in cold climates. *Global Ecology and Biogeography* 17: 696–707.

Meritve padavin med orografskim proženjem na območju Travljsanske gore 8. septembra 2010

Precipitation Measurements during the Orographic Triggering on the Area of Travljsanska gora on September 8, 2010

Iztok SINJUR¹, Mitja FERLAN², Miha DEMŠAR³, Gregor VERTAČNIK⁴, Primož SIMONČIČ⁵

Izvleček:

Sinjur, I., Ferlan, M., Demšar, M., Vertačnik, G., Simončič, P.: Meritve padavin med orografskim proženjem na območju Travljsanske gore 8. septembra 2010. Gozdarski vestnik, 69/2011, št. 5–6. V slovenščini z izvlečkom v angleščini, cit. lit. 14. Prevod avtorji, lektoriranja angleškega besedila Breda Misja, jezikovni pregled slovenskega besedila Marjetka Šivic.

V orografsko razgibanih območjih se količina padavin lahko krajevno precej razlikuje. Po nekaj več kot enem letu delovanja samodejne meteorološke postaje Gozdarskega inštituta Slovenije v okviru intenzivnega spremljanja stanja gozdov na Travljski gori, smo podrobno proučili padavinski dogodek 8. septembra 2010. Tako smo preverili pravilnost izmerjenih vrednosti in izpostavili pomen gostote mreže meteoroloških postaj. S primerjavo z bližnjimi uradnimi meteorološkimi postajami Agencije Republike Slovenije za okolje ARSO in hrvaškega Državnega hidrometeorološkega zavoda DHMZ smo potrdili izrazito lokalnost orografskega proženja padavin. Z analizo meritev meteorološkega radarja ARSO tipa DSWR-88 smo potrdili ponekod močno odstopanje radarsko zaznanih in izmerjenih padavin, ki izhaja iz posebnosti vremenskih razmer in nekaterih slabosti daljinskega zaznavanja z meteorološkim radarjem.

Ključne besede: orografske padavine, meteorološka postaja, gozd, Travljsanska gora, Slovenija, Life+ Futmon

Abstract:

Sinjur I., Ferlan M., Demšar M., Vertačnik G., Simončič P.: Precipitation Measurements during the Orographic Triggering on the Area of Travljsanska gora on September 8, 2010. Gozdarski vestnik (Professional Journal of Forestry), 69/2011, vol. 5-6. In Slovenian, abstract in English, lit. quot. 42. Translated by the authors, proofreading of the English text Breda Misja, proofreading of the Slovenian text Marjetka Šivic.

In the mountainous terrain precipitation amount could significantly vary locally. A study of an intense orographic precipitation event in the mountainous southern part of Slovenia was executed. The analysis was based on the data from an automatic weather station on the slope of Travljsanska gora (876 m a.s.l., in the framework of the intensive forest monitoring programme) and some other official meteorological stations in surroundings. Hereby we verified the reliability of the automatic weather station's measurements. By comparing them with the data from official meteorological stations of the Environmental Agency of the Republic of Slovenia (ARSO) and Meteorological and Hydrological Service of Croatia (DHMZ), locality of orographic triggering was evidenced. Analyses proved significant local meteorological radar DSWR-88 reflectivity disturbances that originate in the specific weather situation and some disadvantages of this kind of remote sensing.

Key words: orographic precipitation, meteorological station, forest, Travljsanska gora, Slovenia, Life+ Futmon

1 UVOD

1 INTRODUCTION

Oblika površja lokalno zelo pogojuje podnebne razmere. Medtem ko v ravninskem svetu podnebje lahko ostaja podobno tudi na razdalji več sto kilometrov, razgiban, hribovit svet povzroča podnebno raznolikost že na krajših razdaljah. Zračna masa, ki se giblje horizontalno, vsebuje določeno količino vodne pare in ohranja konstantno temperaturo, ob nespremenjenih okoljskih razmerah ostaja stabilna. Če zračna masa na svoji poti naleti na oviro (gorsko

¹ I. S., dipl. inž. gozd., Gozdarski inštitut Slovenije, Večna pot 2, SI - 1000 Ljubljana, Slovenija

² M. F., univ. dipl. inž. gozd., Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Jamnikarjeva 101, SI - 1000 Ljubljana, Slovenija

³ M. D., univ. dipl. meteorol., Agencija za RS okolje, Urad za meteorologijo, Vojkova 1b, SI - 1000 Ljubljana, Slovenija

⁴ G. V., univ. dipl. meteorol., Agencija za RS okolje, Urad za meteorologijo, Vojkova 1b, SI - 1000 Ljubljana, Slovenija

⁵ Dr. P. S., univ. dipl. inž. les., Gozdarski inštitut Slovenije, Večna pot 2, SI - 1000 Ljubljana, Slovenija

pregrado), katere slemenitev je pravokotna na smer zračnega toka, se zrak mora dvigniti ali premakniti mimo ovire. Če se zračna masa po pobočjih gora prisilno dvigne dovolj visoko, se zrak toliko ohladi, da se začne izločati vodna para. Sprva nastaja pobočna megla ali oblačnost in pozneje padavine, ki jih ob takem vremenskem razvoju imenujemo orografske. Če je zračna masa nestabilna, nastane t. i. orografsko proženje ali pogovorno krajše tudi »orografija« – nastanek ploh in neviht na območju gorskih pregrad.

Izdatnost padavin ob gorskih pregradah je odvisna od relativne višine, obsežnosti in oblike gora ter značilnosti zračnega toka (temperatura, vsebnost vodne pare, hitrost in smer gibanja). V Sloveniji so po izdatnih orografskih padavinah najbolj znana območja od zahodnih Julijskih Alp do grebena južnih Bohinjskih gora (Peči), nato pa proti jugovzhodu celoten greben Dinarskega gorstva (slika 1) (npr. Frei in Schar, 1998). Lokalno izdatne padavine nastajajo še drugod v hribovitem svetu.

2 METODE

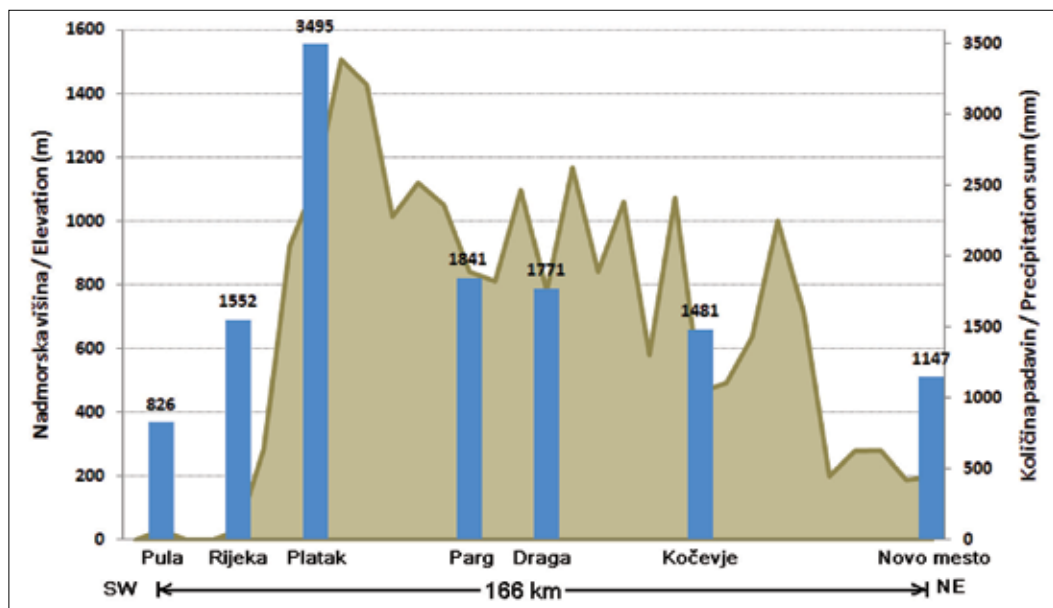
2 METHODS

2.1 Meteorološka postaja Travljsanska gora

2.1 Meteorological station Travljsanska gora

Travljsanska gora je okoli 1000 m visok, z gozdom porasel greben z značilno dinarsko slemenitvijo (severozahod–jugovzhod) v bližini meje s Hrvaško (slika 2). V dolžini okoli 8 km se razteza med vasema Lazec na severozahodni strani in Trava na jugovzhodni. Samodejna meteorološka postaja na Travljski gori je del mreže meteoroloških postaj Gozdarskega inštituta Slovenije (Sinjur in sod., 2010), ki je bila osnovana v okviru evropskega projekta Life+ »FutMon« v letu 2009 in je pomembna nadgradnja leta 1986 začete okoljskega monitoringa spremljanja in leta 2004 sprejetega Programa intenzivnega spremljanja stanja gozdnih ekosistemov (Mavsar in sod., 2004).

Postaja je postavljena na nadmorski višini 876 m in stoji na jugozahodnem pobočju sredi poseke, velikosti približno 50 m × 50 m (45°37'31,57" severno in 14°38'14,79" vzhodno). Delovati je



Slika 1: Porazdelitev povprečne letne količine padavin od jugozahoda proti severovzhodu na nekaterih uradnih meteoroloških postajah DHMZ in ARSO (smer: Istra–Gorski kotar–Goteniška gora– Kočevski rog–Novo mesto). Podatek za Platak se nanaša na obdobje 1931–1960 (Bertović in sod., 1997), pri drugih postajah pa na obdobje 1971–2000 (ARSO in DHMZ).

Figure 1: Sketch of annual precipitation distribution at some official meteorological stations in direction SW - NE over the Dinaric mountains ridge. The data for station Platak (Bertović in sod. 1997) is related to the period of 1931–1960, for other stations to the period of 1971 – 2000 (ARSO and DHMZ).

Slika 2: Lega Travljsanske gore.
Podlaga: www.geopedia.si
Figure 2:
Location of Travljsanska gora.
Basis map source: www.geopedia.si



začela 2. decembra leta 2009. Merilne naprave so nameščene 2 m in 10 m nad tlemi – po predpisih Svetovne meteorološke organizacije (World Meteorological Organization – WMO) (slika 3 in 4). Vse spremenljivke na meteorološki postaji beležimo s frekvenco 1 Hz, v hranilnik podatkov pa se shranjujejo polurne vrednosti posameznih spremenljivk. Povprečja iz sekundnih meritev se preračunavajo za hitrost in smer vetra, Sončevo sevanje, temperaturo in relativno vlažnost zraka.

Pri količini padavin se shranjuje polurna vsota, pri najvišji hitrosti vetra pa najvišja vrednost v polurnem časovnem intervalu. Vsi podatki se shranjujejo v hranilnik podatkov Campbell Scientific CR200 in jih po določenem časovnem obdobju (približno dva meseca) s pomočjo uporabniškega vmesnika LoggerNet prenesemo na prenosni računalnik.

2.2 Meteorološke postaje ARSO in DHMZ

2.2 Meteorological station ARSO and DHMZ

Na meteoroloških postajah, katerih podatke o količini padavin smo primerjali, za meritve količin padavin uporabljajo različne dežemere. Na klasičnih

meteoroloških postajah opazovalci ob 7. uri zjutraj po zimskem času merijo dnevno višino padavin, ki pade v Hellmannov dežemer (slika 5).

Uporabili smo podatke meteorološkega radarja ARSO, ki je nameščen na vrhu Lisce nad Sevnico (943 m). Radar ameriške izdelave tipa DSWR-88 ima naslednje značilnosti:

- doseg 200 km
- naklonski kot snemanja od $0,5^\circ$ do 30°
- čas snemanja 5 minut
- frekvenca snemanja $0,1 \text{ min}^{-1}$
- pulzna frekvenca 750 Hz

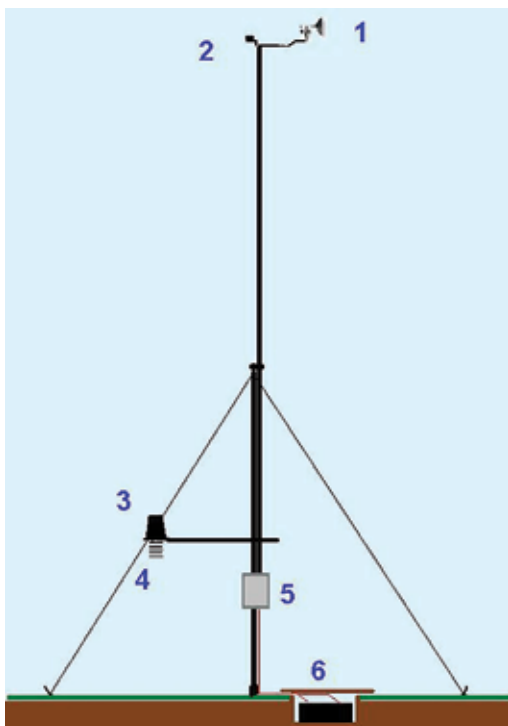
2.3 Meteorološki podatki in metoda popravka

2.3 Meteorological data and the correction method

Uporabili smo meteorološke podatke Gozdarskega inštituta Slovenije, Urada za meteorologijo Agencije Republike Slovenije za okolje in Državnega hidrometeorološkega zavoda Republike Hrvaške. Uporabili smo zapise vremenskih pojavov v mesečnih meteoroloških dnevnikih padavinskih in klimatoloških postaj ARSO Babno Polje, Hrib - Loški Potok in Trava.

Merilne naprave in drugi sestavni deli samodejne meteorološke postaje na Travljski gori:

- 1 – merilnik hitrosti in smeri vetra (Davis Instruments)
- 2 – merilnik Sončevega sevanja (Davis Instruments)
- 3 – merilnik padavin (Davis Instruments)
- 4 – samodejni registrator temperature in relativne zračne vlage (Votcraft DL-120TH)
- 5 – omarica z merilnikom zračnega tlaka (Freescale Semiconductor) in s hranilnikom podatkov, ki shranjuje podatke o padavinah, Sončevem sevanju, zračnem tlaku in vetru (Campbell Scientific datalogger, CR200)
- 6 – glavanaglavna baterija



Slika 3: Skica samodejne meteorološke postaje
Figure 3: Sketch of an automatic meteorological station



Slika 4: Meteorološka postaja Travljska gora. Fotografirano 19. januarja 2011 proti severozahodu (Foto: Iztok Sinjur)

Figure 4: Meteorological station Travljska gora. Photo taken in January 19, 2011 towards NW (Photo: Iztok Sinjur)



Slika 5: Klasičen Hellmanov dežemer za meritve dnevnih količin padavin na uradni meteorološki postaji ARSO (Foto: Iztok Sinjur)

Figure 5: Traditional Hellman rain gauge for daily precipitation sum at an official ARSO meteorological station (Photo: Iztok Sinjur)

Ker so radarske ocene o količini padavin na opazovanem območju zelo podcenjene, smo jih popravili z metodo pluviometriških popravkov. Metoda temelji na tem, da za osem okoliških postaj (po dve najbližji postaji iz vsakega kvadranta) primerjamo izmerjene radarske padavine (rr_{radar}) z izmerjenimi padavinami na postajah ($rr_{\text{opazovalec}}$), in tako za vsako od osmih postaj izračunamo korekcijski faktor (1):

$$(1) \quad \mu_i = \frac{rr_{\text{opazovalec}}}{rr_{\text{radar}}}$$

Tako za vsako postajo izračunamo koeficient, ki pove, za koliko radar količino padavin podcenjuje ali

precenjuje. Vse koeficiente povprečimo in dobimo oceno, koliko so meritve meteorološkega radarja na nekem območju podcenjene ali precenjene (2):

$$(2) \quad \mu = \frac{\sum_i \mu_i}{8}$$

Vrednost $\mu > 1$, pomeni, da so radarske meritve podcenjene, če pa je $\mu < 1$, pa precenjene. Tako izračunani korekcijski faktor uporabimo, da na poljubni točki v prostoru popravimo količine padavin, ki jih zaznal meteorološki radar.

Pri izračunu pluviometriškega popravka smo uporabili podatke o količini padavin iz osmih najbližjih uradnih meteoroloških postaj, ki so prikazani v preglednici skupaj z radarsko oceno količine padavin ter izračunanimi korekcijskimi faktorji.

3 OROGRAFSKO PROŽENJE 8. SEPTEMBRA 2010

3 THE OROGRAPHIC TRIGGERING ON SEPTEMBER 8, 2010

3.1 Sinoptična situacija

3.1 Synoptic situation

7. septembra se je nad Skandinavijo in severovzhodno Evropo raztezalo območje visokega zračnega tlaka. Zahodno Evropo je doseglo ciklonsko območje, nad osrednjo pa se je zadrževalo odcepljeno višinsko jedro hladnega zraka.

Naslednji dan je Slovenija od zahoda prišla pod vpliv doline in ciklonskega območja. Zmeren do

močan zahodni veter v višinah se je obrnil na jugo-zahodno smer; k nam je dotekal večinoma vlažen in razmeroma tople zrak. 9. septembra je nastal prizemni genovski ciklon, del doline se je odcepil in potoval proti jugu. V spodnji plasti ozračja se je veter obrnil na vzhodno in severovzhodno smer. Dan pozneje se je z razširitvijo anticiklona vremensko dogajanje umirilo.

3.2 Razvoj vremena

3.2 Weather development

V jutranjih urah je občasno deževalo zlasti v hribovitem svetu zahodne in severne Slovenije. Dež so spremljale tudi nevihte. Zgodaj dopoldne se je vreme prehodno umirilo. Nevihtna aktivnost na zahodu Slovenije in v italijanski Furlaniji-Julijski krajini se je proti poldnevu okrepila, nevihtna linija je najprej prešla zahodno Slovenijo, nato pa oslabljena potovala naprej proti vzhodu. Medtem se je začela konvekcija na območju južne Slovenije, Istre in Gorskega kotarja. Zlasti območje med Kočevjem in Loškim Potokom so prešli številni nalivi, saj so na hribovitih pregradah severno od Reke v nestabilnem ozračju z vlažnim jugozahodnim zračnim tokom (slika 6) nastajale plohe in nevihte (slika 7). Nad omenjenim območjem je meteorološki radar beležil najvišje odbojnosti v ožjem pasu, ki je segal od jugozahoda proti severovzhodu (slika 8). Slednje potrjujejo zapisi meteoroloških opazovalcev na okoliških meteoroloških postajah, pri čemer je treba upoštevati subjektivnost opažanja in beleženja:

Preglednica 1: Pluviometriški popravki za primer, opisan v članku. Navedeni so podatki o postajah, količini padavin in korekcijsko razmerje.

Table 1: Pluviometric corrections for the case described in the article. Station and precipitation data as well as correction factors are given the table.

Meteorološka postaja <i>Meteorological station</i>	Oddaljenost (km) <i>Air distance (km)</i>	rr-opazovalec (mm) <i>rr-observer (mm)</i>	rr-radar (mm) <i>(min-max)</i>	Korek. Factor <i>Correction factor</i>
GRČARICE	9,6	60,9	13,0–16,3	3,7
PRIGORICA	12,4	80,8	25,0–29,5	2,7
BABNO POLJE	7,5	78,3	14,5–14,5	5,4
HRIB - LOŠKI POTOK	9,4	46,6	10,0–11,3	4,1
PARG	3,0	114	23,3–34,7	3,3
TRAVA	3,6	94,3	26,7–26,7	3,5
ILIRSKA BISTRICA - KOSEZE	32,3	51,8	12,6–14,7	3,5
ISKRBA	18,6	14,9	2,9–3,1	4,4
Povprečje / Average				3,8

Preglednica 2: 24-urna količina padavin na nekaterih meteoroloških postajah, izmerjena 9. septembra 2010 ob 8. uri po srednjeevropskem poletnem času (GIS – Gozdarski inštitut Slovenije, DHMZ – Državni hidrometeorološki zavod Republike Hrvaške, ARSO – Agencija Republike Slovenije za okolje)

Table 2: Precipitation sum in 24 hours recorded at some meteorological stations in September 9, 2010 at 6 UTC (GIS – Slovenian Forestry Institute, DHMZ – Meteorological and Hydrological Service of Croatia, ARSO – Environmental Agency of the Republic of Slovenia)

Meteorološka postaja in nadmorska višina / Meteorological station with elevation in m a.s.l.	24-urna količina padavin (mm) / Precipitation sum in 24 h (mm)	Zračna razdalja in smer od postaje GIS / Air distance and direction from the GIS station	Viri podatkov / Data source
Travljsanska gora (876 m)	153,0		GIS
Parg - Čabar (800 m)	114,2	3 km JZ /SW	DHMZ
Trava (774 m)	94,3	4 km JV /SE	ARSO
Babno Polje (756 m)	78,3	8 km Z / W	ARSO
Hrib - Loški Potok (825 m)	46,6	9 km S / S	ARSO
Šmarata (580 m)	40,2	15 km SZ / NW	ARSO

Babno Polje: Nevihte z dežjem od dopoldneva do popoldneva. Dež se je pojavljal še zvečer.

Hrib - Loški Potok: Rahel dež v zgodnjem jutru in med 8.30 in 10.10. Ob 13.08 je začelo deževati, ob 13.15 pa je sledila nevihta. Nevihte so se pojavljale vse do 17. ure. Med 14.23 in 15.10 je opazovalec beležil močan dež. Deževje se je nadaljevalo do večera.

Trava: Deževje od noči do večera.

Samodejna meteorološka postaja GIS je v času od 13. do 16. ure zabeležila 109,8 mm padavin, do

9. septembra ob 7. uri (to je v 24 urah) pa 153 mm (preglednica 2).

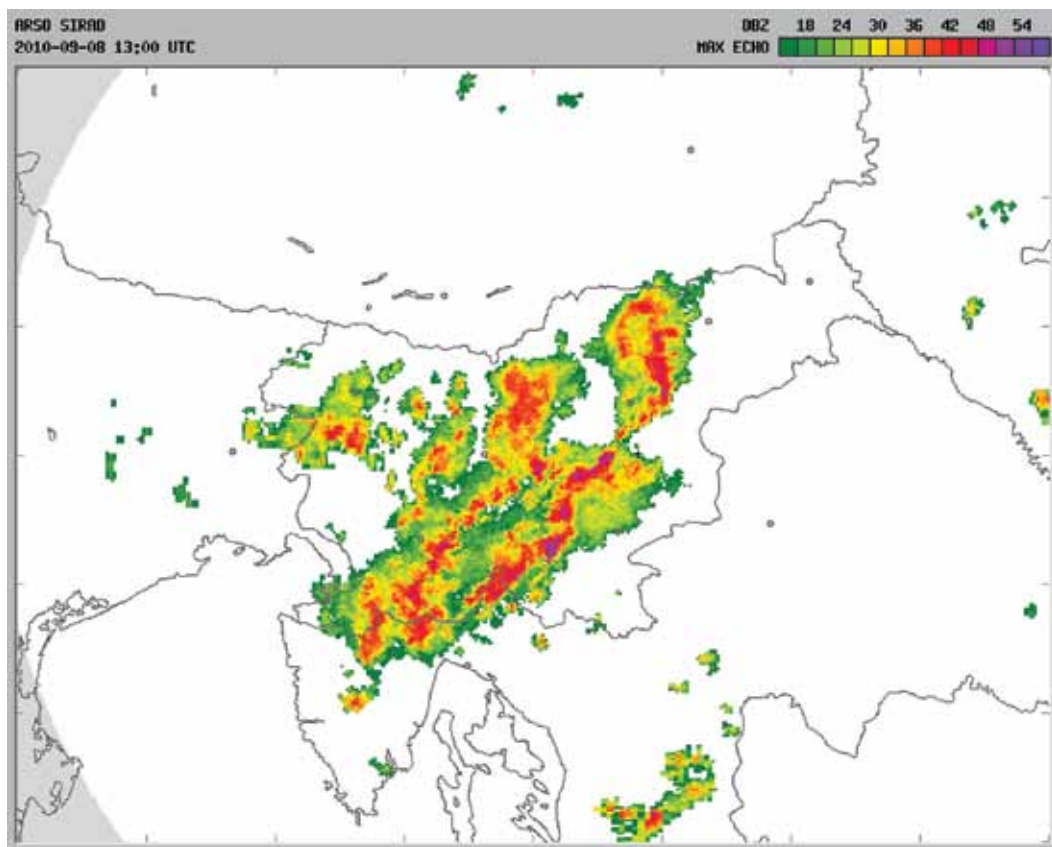
Zvečer je deževalo v večjem delu Slovenije, proti polnoči pa se je tudi na severu Slovenije nehalo deževati.

Velika količina meteorne vode je poleg zemlje in peska z gozdnih vlak na gozdno cesto nanašala opad in veje. Nekateri prepusti za odvodnjavanje so se zamašili, obcestni kanali so bili marsikje zasuti. Z zgornjega ustroja gozdne ceste je voda odnašala



Slika 6: Vetrna roža za obdobje od 6. do 8. septembra 2010 na podlagi meritev samodejne meteorološke postaje GIS na Travljski gori na 876 m nadmorske višine.

Figure 6: Wind rose for the period from September 6 to 8, 2010, based on the automatic weather station measurements on Travljsanska gora (876 m a.s.l.)



Slika 7: Slika največje radarske odbojnosti padavin nad Slovenijo in okolico 8. septembra 2010 ob 15. uri po srednjeevropskem poletnem času. Intenzivnost padavin se veča od zeleno do vijolično obarvanih območij (vir: ARSO).

Figure 7: The maximum radar reflectivity over Slovenia and surroundings on September 8, 2010, at 2 pm CET. Precipitation intensity rises from green to violet (source: ARSO).

pesek in erodirala odkopne ter nasipne brežine. Ob regionalni cesti med vasjo Lazec in Podpreska je meteorna voda v peščen nasipni material izoblikovala tudi več 10 cm globoke kanale in pesek odložila na nekaterih odsekih asfaltiranega vozišča.

4 REZULTATI IN RAZPRAVA

4 RESULTS AND DISCUSSION

Kakovost zabeleženih meteoroloških podatkov je pri samodejnih meteoroloških postajah zelo odvisna od vrste in delovanja merilnih naprav. Bistvena prednost samodejnih meteoroloških postaj so meritve ob katerem koli času s poljubnim časovnim razmikom, v zadnjem času tudi hiter prenos podatkov iz še tako oddaljenih in težko dostopnih krajev. Ostaja negotovost glede nemotenega delovanja

elektronskih sestavnih delov, pa tudi sposobnost zaznavanja dejanskih vremenskih dogodkov (zlasti v času trajanja izrednih vremenskih razmer). Znano je, da so pri različnih intenzivnostih padavin pri različnih vrstah dežemerov podatki obremenjeni z različno napako merilnega inštrumenta (Sandsborg, 1972, in Lanza in sod., 2010).

Pri zaznavanju prostorske in časovne razporeditve padavinskih procesov nad večjim območjem so nam v veliko pomoč meteorološki radarji. Pri nas meteorološki radar na Lisci nad Sevnico vsakih 10 minut zabeleži prisotnost in intenzivnost padavin nad Slovenijo in bližnjo okolico. Tako sledimo padavinskim procesom v prostorski ločljivosti 1 km × 1 km. Radarske meritve so v primerjavi z meritvami meteoroloških postaj pri tleh po navadi obremenjene z napako (lahko so podcenjene ali precenjene). Težave lahko nastanejo že zaradi primerjave dveh različnih

tipov meritev, saj radar meri ploskovno povprečje padavin v ozračju na vsakih 10 minut, medtem ko se na postajah opravljajo točkovne meritve in beleži dejansko povečanje padavin brez vmesnih prekinitev. Med preostalimi znanimi in predvidljivimi viri napak omenimo še vpliv »senčenja« gora (Picciotti in sod., 2008 in Divjak, 1996), vpliv Zemljine ukrivljenosti (Collier, 1989), naklon radarske antene (Germann, 2006) in pomen oslavitve radarskih žarkov zaradi sipanja in absorpcije v atmosferskih plinih in padavinskih delcih – pri slednjih oslavitvah lahko dosega tudi 0,5 dB/km (Collier, 1989).

Iz primerjave med količinami padavin, ugotovljenimi s klasičnimi meritvami na meteoroloških postajah in radarskimi meritvami, je razvidno, da je nad širšo okolico Travljsanske gore radarska ocena količine padavin zelo podcenjena (slika 10). Poleg tega radar na območjih, kjer podcenjuje količine padavin, zaznava tudi manj padavinskih dni. Zlasti izrazita je ta napaka daleč od radarja, še posebno v hladnejši polovici leta ob plitvih oziroma stratiformnih padavinah (Demšar, 2005).

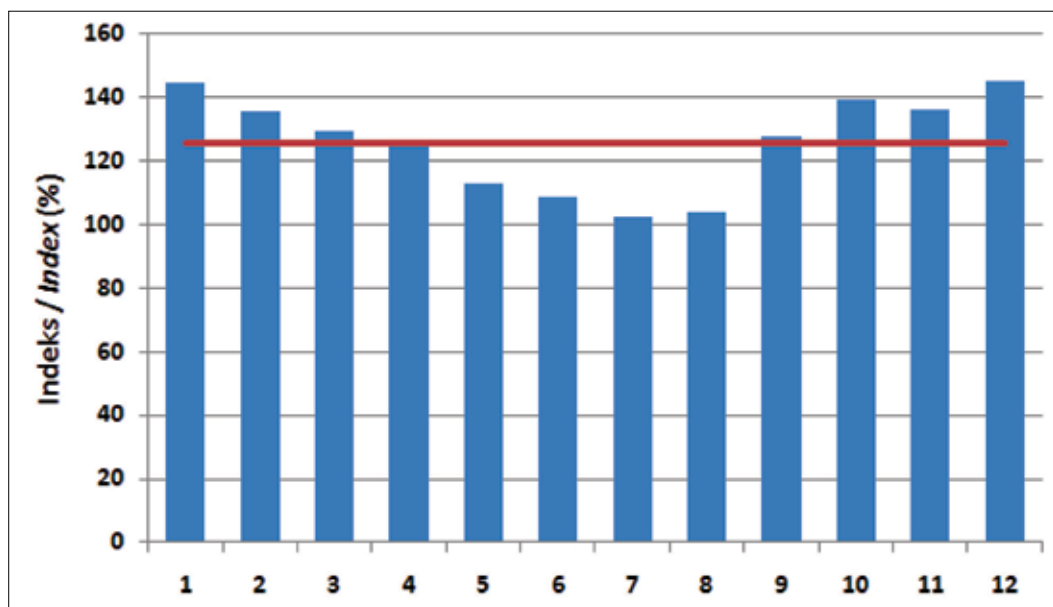
Gorske pregrade ob toku vlažnega zraka so lahko še pred vremenskimi frontami območja z velikim padavinskim gradientom. Vrhovec in sodelavci (2004) za območje jugovzhodnih Alp navajajo

gradient tudi 150 mm/dan na 25 km razdalje v smeri sever–jug.

Izračunali smo, da se letna količina padavin v smeri od vasi Hrib - Loški Potok proti vasi Trava (ob jugovzhodnem vznožju Travljsanske gore) opazno poveča. Čeprav je med obema vasema približno 12,5 km zračne razdalje, je bilo v letih od 1981 do 2010 na meteorološki postaji Hrib - Loški Potok na leto 1429,7 mm padavin, na meteorološki postaji v Travi pa 1795,6 mm (ARSO). Glede na letno akumulacijo padavin precej velik gradient, ki je opazno višji v obdobju pogostejše sredozemske ciklogeneze (npr. Baša, 2007), se za ožje območje Travljsanske gore lahko nakazujejo pogostejše orografsko izdatnejše padavine (slika 8).

Za primerjavo smo za leta 2008, 2009 in 2010 za uradni meteorološki postaji Hrib - Loški Potok in Trava preverili zaznavanje padavin z meteorološkim radarjem. Izkazalo se je, da je na območju meteorološke postaje Trava radar v primerjalnem obdobju na leto zaznal le nekaj več kot tretjino dejansko izmerjenih padavin na postaji, na območju Hriba - Loškega Potoka pa približno polovico (preglednica 3).

Pri analizi padavinskega dogodka smo si pomagali z radarskimi posnetki meteorološkega radarja



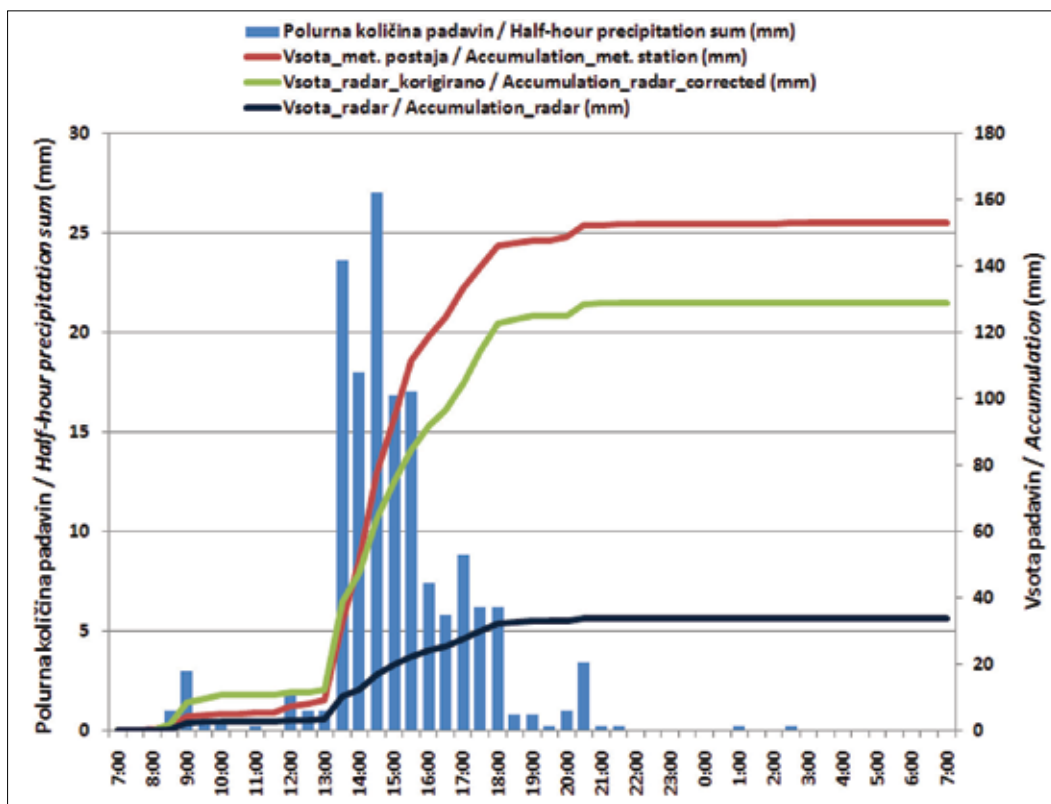
Slika 8: Indeks povprečnih mesečnih višin padavin v obdobju 1981–2010 na meteorološki postaji Trava glede na meteorološko postajo Hrib - Loški Potok

Figure 8: Mean monthly precipitation ration between the meteorological stations of Trava and Hrib-Loški Potok in the period 1981-2010

Preglednica 3: Letna količina padavin, kot jih je izmeril opazovalec, delež radarsko izmerjenih padavin glede na meritve opazovalca in količina padavin, ugotovljena s popravkom radarskih meritev za meteorološko postajo Trava.

Table 3: Yearly precipitation amount gathered by the weather observer, meteorological radar and after the correction of adjusted radar measurements at meteorological stations Trava and Hrib –Loški Potok.

	Trava			Hrib - Loški Potok		
	Opazovalec (mm) Weather observer (mm)	Radar (%) Radar (%)	Radar + popravek (%) Radar + correction (%)	Opazovalec (mm) Weather observer (mm)	Radar (%) Radar (%)	Radar + popravek (%) Radar + correction (%)
Leto/year 2010	1982,1	36,8	78,0	1742,9	64,8	118,8
Leto/year 2009	1623,2	38,4	78,8	1272,4	52,8	96,5
Leto/year 2008	1864,2	37,4	80,5	1559,8	43,7	87,3



Slika 9: Količina padavin na meteorološki postaji GIS Travljsanska gora (876 m) med 8. in 9. septembrom 2010 (srednjeevropski čas, UTC+1). Modri stolpci prikazujejo polurno količino padavin, krivulje pa kumulativo.

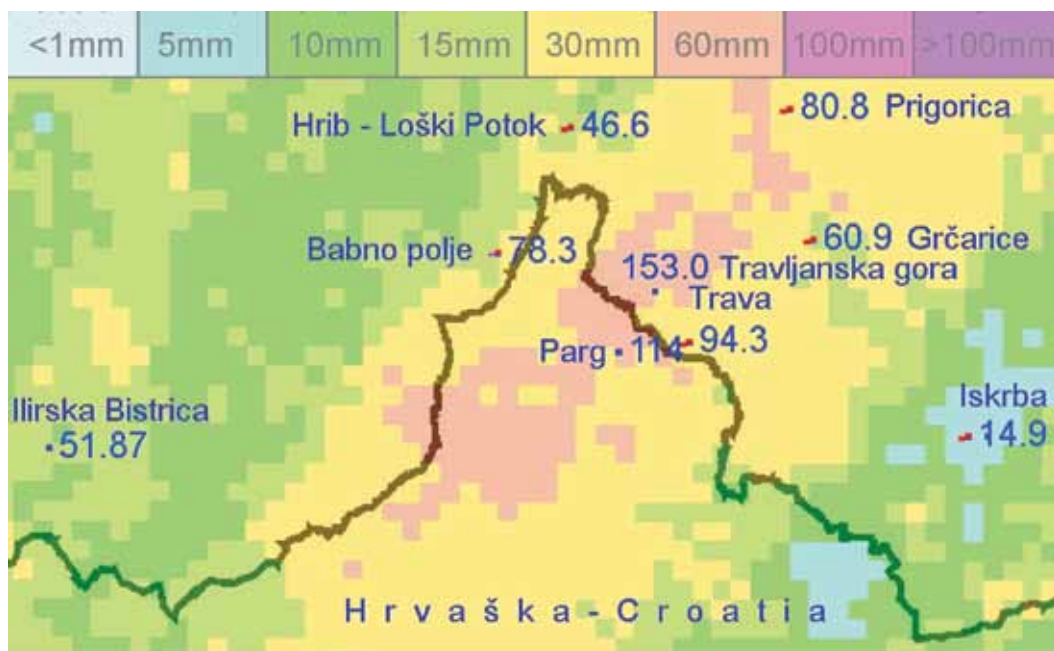
Figure 9: Precipitation sum at meteorological station GIS Travljsanska gora (876 m a.s.l.) during September 8 and 9, 2010 (Central European Time, UTC+1). Blue bars denote half-hour sum and curves denote accumulation.

na Lisci. Glede na prej navedene ugotovitve se je potrdilo značilno razhajanje med količinami padavin, zaznanimi z radarjem, in dejansko izmerjenimi količinami na meteoroloških postajah. Na sliki 9 sta poleg izmerkrov meteorološke postaje Travljsanska gora prikazani tudi originalna in popravljena radarska meritev.

5 ZAKLJUČEK

5 CONCLUSION

Količina padavin in temperatura zraka sodita med glavne vhodne podatke za zagon različnih računskih modelov. V orografsko razgibanih območjih se količina padavin lahko krajevno precej razlikuje. Po nekaj



Slika 10: 24-urna količina padavin (v mm) 9. septembra 2010 ob 8. uri po srednjeevropskem poletnem času na meteoroloških postajah, katerih podatki so bili uporabljeni za izračun pluviometriškega popravka in na meteorološki postaji Travljska gora ter količina padavin, izmerjena s pomočjo radarskih meritev (barvni sloj).

Figure 10: Precipitation sum (in mm) in 24 hours recorded at some meteorological stations on September 9, 2010 at 6 UTC (GIS – Slovenian Forestry Institute, DHMZ –Meteorological and Hydrological Service of Croatia, ARSO – Environmental Agency of the Republic of Slovenia)

več kot enem letu delovanja samodejne meteorološke postaje Gozdarskega inštituta Slovenije na Travljski gori smo podrobno proučili padavinski dogodek z omejenostjo na manjše hribovito območje. Izkazalo se je, da so 8. septembra 2010 v popoldanskih urah na območju Travljske gore nastale lokalno zelo izdatne padavine, kar je povzročilo povečano erozijsko dejavnost. To so zjutraj 9. septembra 2010 potrjevale tudi dobro vidne posledice na gozdnih prometnicah in regionalni cesti med vasema Lazec in Podpreska. Da so izrazito lokalno močne padavine nastale ravno na območju Travljske gore, potrjujejo neposredne meritve padavin GIS, podatki Urada za meteorologijo ARSO in podatki hrvaške državne meteorološke službe DHMZ. Čeprav je najbližja uradna meteorološka postaja (Parg - Čabar, Hrvaška) od meteorološke postaje GIS na Travljski gori oddaljena le 3 km jugozahodno so bile tam zabeležene le tri četrtine količine padavin na Travljski gori. Še manj so beležile okoliške uradne meteorološke postaje ARSO.

Na podlagi omenjenih meritev sklepamo, da je nad pobočjem Travljske gore ob prevladujočem

vlažnem jugozahodnem zračnem toku zaradi prisilnega dviga zračne mase nastalo izdatno orografsko proženje. Domnevo so potrdili tudi radarski posnetki meteorološkega radarja ARSO, na podlagi katerih smo skušali še prostorsko rekonstruirati padavinsko dogajanje tistega dne. Nad omenjenim območjem se je radarsko zaznavanje padavin sicer izkazalo za koristno, a zaradi številnih negativnih vplivov količinsko zelo podcenjeno. Izračunali smo, da je nad lokacijo meteorološke postaje Travljska gora radar zaznal le 22 % (34 mm) dejansko izmerjene količine padavin. Z uporabo pluviometriškega popravka temeljnih radarskih meritev smo izboljšali rezultate. Popravek je radarsko zaznane količine padavin povečal do 84 % (129 mm) dejansko izmerjenih padavin.

V hribovitih območjih so zaradi pogosto lokalno izdatnejših in intenzivnejših padavin, ki nastajajo zaradi prisilnega dviga, nujno potrebne meritve na kraju samem. Čeprav je tam po navadi gostota poselitve manjša, so izjemni, pogosto stacionarni padavinski dogodki potencialna nevarnost tudi za druga območja (npr. katastrofalne poplave v Železnikih 18. septembra 2007). Stacionarno oro-

grafsko proženje ostaja težje napovedljiv dogodek, ob tem pa škodne posledice lahko nastanejo že v nekaj ur trajajočem dogodku. Zaradi omenjenih značilnosti tovrstnih vremenskih razmer in omejitvev pri radarskih meritvah je za pojasnitev, še bolj pa za opozarjanje nujno potrebna ustrezna gostota meteoroloških postaj.

6 ZAHVALA

6 ACKNOWLEDGEMENT

Zahvaljujemo se Katarini Šmalcelj, univ. dipl. meteorol., iz DHMZ, ki nam je pripravila meteorološke podatke z območja Republike Hrvaške in pomagala s koristnimi mnenji. Članek je v večji meri nastal v okviru Life + evropskega projekta »FutMon«.

7 VIRI

7 SOURCES

ARSO. Meteorološki arhiv Agencije Republike Slovenije
BAŠA, J., 2007. Analiza zavetnih ciklonov. Seminar. Fakulteta za matematiko in fiziko. Univerza v Ljubljani. Katedra za meteorologijo. November 2007. Url: http://mafija.fmf.uni-lj.si/seminar/files/2007_2008/Seminar_-_Analiza_zavetnih_ciklonov_-_Joze_Basa.pdf (15.3.2011)

Bertović, S., Generalović, M., Karavla, J., Martinović, J., 1997. Priroda i parkovni objekti u općini Rijeka. Šumarski list br. 3-4, CXXI (1997), 133-160. Url: <http://www.sumari.hr/sumlist/pdf/199701330.pdf> (7. 2. 2011)

Collier, C. G., 1989. Applications of weather radar systems : a guide to user of radar data in meteorology and hydrology. Chichester: Ellis Horwood, 294. str.

Demšar, M., 2005. Analiza radarskih meritev v letu 2004 in njihovo izboljšanje s pluviometrijskim popravkom. Diplomsko delo. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za matematiko in fiziko. Ljubljana.

DHMZ. Državni hidrometeorološki zavod Republike Hrvaške. Meteorološki podatki za obdobje 1971-2000.

Divjak, M., 1996. Radarsko merjenje padavin v neoptimalnih razmerah. Magistrsko delo. Ljubljana, FMF, Oddelek za fiziko, 66 str.

Frei, C., Schar, C., 1998. A precipitation climatology of the Alps from high-resolution rain gauge observations. *Int. J. Climatol.* 18: 873-900 (1998). http://www.map.meteoswiss.ch/sop-doc/rr_sop/FreiSchaer1998.pdf (11. 2. 2011)

Germann, U., Galli, G., Boschetti, M., Bolliger, M., 2006. Radar precipitation measurement in a mountainous region. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*. Volume 132, Issue 618, pages 1669-1692, July 2006, Part A. doi: 10.1256/qj.05.190. Url: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1256/qj.05.190/pdf> (11. 2. 2011).

Lanza, L. G., Vuerich, E., Gnecco, I., 2010. Analysis of highly accurate rain intensity measurements from a field test site. *Advances in Geosciences* 25, 37-44, 2010. Url: <http://www.adv-geosci.net/25/37/2010/adgeo-25-37-2010.pdf> (11. 2. 2011)

Picciotti, E., Gallese, B., Cimatori, A., Montopoli M., Telleschi, A., Volpi, A., Consalvi, F., Cinque, G., Marzano, F. S., 2008. C-band radar precipitation measurements in mountainous region: comparison with raingauge fields and X-band radar data. *ERAD 2008 - The Fifth European Conference on Radar in Meteorology and Hydrology*. Helsinki, Finland. Url: <http://erad2008.fmi.fi/proceedings/extended/erad2008-0195-extended.pdf> (11. 2. 2011)

Sandsborg, J., 1972. Precipitation measurements with various precipitation gauge installations. *Nordic Hydrology* 3, 1972, 80-106. Url: <http://www.iwaponline.com/nh/003/0080/0030080.pdf> (11. 2. 2011)

Sinjur, I., Ferlan, M., Simončič, P., Vilhar, U., 2010. Mreža meteoroloških postaj Gozdarskega inštituta Slovenije = The meteorological stations net of the Forestry Institute of Slovenia. *Gozd. vestn.*, 2010, letn. 68, št. 1, str. 41-46.

Vrhovec, T., Rakovec, J., Gregorič, G. 2004. Mesoscale diagnostics of prefrontal and frontal precipitation in the Southeast Alps during MAP IOP 5. *Meteorology and Atmospheric Physics*

Volume 86, Numbers 1-2, 15-29, DOI: 10.1007/s00703-003-0023-1. Url: <http://www.springerlink.com/content/k5wt721wam5fku15/> (11. 2. 2011)

Analiza stanja lišajev v popisu stanja gozdov v letu 2007

Analysis of Epiphytic Lichen Vegetation in Forest Inventory Carried out in 2007

Franc BATIČ¹, Damijana KASTELEC², Mitja SKUDNIK³, Marko KOVAČ⁴

Izvleček:

Batič, F., Kastelec, D., Skudnik, M., Kovač, M.: Analiza stanja lišajev v popisu stanja gozdov v letu 2007. Gozdarski vestnik, 69/2011, št. 5–6. V slovenščini z izvlečkom v angleščini, cit. lit. 35. Lektoriranje angleškega besedila Breda Misja, jezikovni pregled slovenskega besedila Marjetka Šivic.

Obrast epifitskih skorjastih, listastih in grmičastih lišajev je bila popisana v okviru standardizirane mreže na izbranim številu primerljivih drevesnih vrst na ploskvah popisa stanja gozdov leta 2007. Prikazana je pokrovnost skorjastih, listastih in grmičastih lišajev kot mediana pokrovnosti za vse skupine drevesnih vrst in pokrovnost skorjastih lišajev za bukev in listastih za smreko po razredih pokrovnosti. Na splošno je obrast slaba; največja je pri skorjastih lišajih in najslabša pri grmičastih. Ploskve z večjo lišajsko obrastjo so predvsem na območjih, oddaljenih od virov onesnaženja zraka. Ploskve s slabo obrastjo so na območjih, kjer je večji vpliv lokalnega onesnaženja ali daljinskega vnosa zračnih onesnažil. Lišajska obrast vseh treh rastišnih tipov se veča s starostjo sestoja, preostali sestojni parametri pa tudi rastiščni značilno ne vplivajo na obrast. Dokaj slaba obrast gozdnega drevja z epifitskimi lišaji je še vedno posledica zračnega onesnaženja, kljub sanaciji večjih emitentov žveplovih spojin. Vzrok je verjetno še vedno veliko onesnaženje z dušikovimi spojinami iz prometa, termoelektričnih in industrijskih virov, kmetijstva in drugih virov. V določenem obsegu je slabše stanje epifitske lišajske obrasti tudi posledica uporabljene metode, v kateri je popis lišajev narejen le na spodnjem delu debla dreves, kjersvetlobne razmere pogosto niso ugodne za rast lišajev.

Ključne besede: popis stanja gozdov, epifitski lišaji, bioindikatorji, onesnaževanje zraka, Slovenija

Abstract:

Batič, F., Kastelec, D., Skudnik, M., Kovač, M.: Analysis of Epiphytic Lichen Vegetation in Forest Inventory Carried out in 2007. Gozdarski vestnik (Professional Journal of Forestry), 69/2011, vol. 5–6. In Slovenian, abstract in English, lit. quot. 35. Proofreading of the English text Breda Misja, proofreading of the Slovenian text Marjetka Šivic.

Epiphytic lichen cover of crustose, foliose and fruticose lichens has been assessed within the standardized grid laid on trunks of the chosen, comparable tree species on the plots of forest inventory in 2007. Median cover of crustose, foliose and fruticose epiphytic lichens are presented in grouped analyses for all trees. The cover of crustose lichens is presented additionally for common beech and the cover of foliose lichens for Norway spruce. Generally, the epiphytic lichen cover is poor, the richest is the cover of crustose and the poorest is the cover of fruticose lichens. Plots with major lichen cover are situated in remote areas with cleaner air while plots with minor epiphytic lichen cover are situated in areas affected by local sources of air pollution, some also in areas where transboundary input of air pollutants takes place. Epiphytic lichen cover increases slightly with the age of the forests stands, other stand and site parameters have no major influence. In spite of the reduction of air pollution by sulphur compounds in the last two decades in Slovenia the epiphytic lichens cover in forests remains poor. The most probable reason is the persisting air pollution by nitrogen compounds from traffic, thermal power plants, industry, agriculture and other sources. The worsened state of the epiphytic lichen cover is, to a certain extent, also the consequence of the monitoring method in which the epiphytic lichens are assessed only in the lower part of tree trunks where light conditions are not always suitable for their growth.

Key words: forest inventories, epiphytic lichens, bioindicators, air pollution, Slovenia

1 UVOD

1 INTRODUCTION

1.1 Epifitski lišaji kot bioindikatorji stanja okolja

1.1 Epiphytic lichens as environmental indicators

Bioindikatorji so organizmi, ki s svojo zgradbo, delovanjem in razširjenostjo odražajo stanje okolja (Arndt in sod., 1987). V tem pomenu epifitski lišaji kot bioindikatorji odražajo onesnaženje zraka, spre-

¹prof. dr. F. B., Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo, Jamnikarjeva 101, SI-1000 Ljubljana, Slovenija, franc.batic@bf.uni-lj.si

²doc. dr. D. K., Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo, Jamnikarjeva 101, SI-1000 Ljubljana., Slovenija, damijana.kastelec@bf.uni-lj.si

³M.S., Gozdarski inštitut Slovenije, Oddelek za načrtovanje in monitoring gozdov in krajine, Večna pot 2, SI-1000 Ljubljana, Slovenija, mitja.skudnik@gozdis.si

⁴dr. M. K., Gozdarski inštitut Slovenije, Oddelek za načrtovanje in monitoring gozdov in krajine, Večna pot 2, SI-1000 Ljubljana, Slovenija, marko.kovac@gozdis.si

membe podnebja, spremembe v rabi tal, premene vrst v zgradbi gozdov ali načina gospodarjenja z gozdovi, vplive prometa na drevesih v parkih in drugih javnih površinah in uporabo zaščitnih sredstev za varstvo rastlin v visokodebelnih sadovnjakih. Pri tem so lišaji lahko akumulacijski in odzivni indikatorji, bioindikacija stanja okolja z njimi je lahko pasivna ali aktivna (Arndt in sod., 1987).

Odzivni bioindikatorji (kazalniki) se odzivajo na delovanje onesnažil v okolju, kar se odraža v njihovi zgradbi, delovanju in razširjenosti. Večina vrst v zelo onesnaženem zraku propade, ob manjšem vnosu onesnažil se spremeni vrstna sestava, na steljkah se pojavljajo značilne poškodbe, zmanjšana sta rast in razmnoževanje (Ferry in sod., 1973; Hawksworth in Rose, 1976; Nimis in sod., 2002). Vzroki za veliko občutljivost epifitskih lišajev za zračna onesnažila in s tem za uporabo pri bioindikaciji so predvsem v njihovi biologiji. Lišaji so avtotrofne steljnice brez uravnavanja izmenjave plinov in s tem tudi privzema onesnažil iz zraka. Kot celoto jih lahko prištevamo k rastlinam, čeprav niso enotni organizmi, ampak sestavljeni iz gliv (mikobiont) in alg oz. cianobakterij (fotobiont), kjer v stelki lišaja heterotrofna gliva tvori večji del biomase in zaradi večje občutljivosti gliv za onesnažila se v stresnih razmerah onesnaženja poruši občutljiva simbioza. Lišaji so dolgožive trajnice, ki rastejo zelo počasi, kar omogoča akumulacijo vpliva zračnih onesnažil. Kisla narava številnih zračnih onesnažil (žveplov dioksid, dušikovi oksidi, fluoridi itn.) je odločilna za povzročanje motenj v presnovi, privzemu snovi in vzdrževanju zgradbe. SO_2 , sulfid in sulfat so največkrat dokazana škodljiva onesnažila (Hawksworth in Rose, 1976; Nash, 1996 itn.). Škodljivi učinki onesnažil so povezani z generacijo protonov (zakisovanje), delno tudi z oksidacijo disulfida in sulfita v sulfat in s tem povezano tvorbo prostih radikalov. V lišajski simbiozi sta s tem prizadeta oba partnerja, alga večkrat še bolj. Škodljivi učinek onesnažil je večji v vlažnem stanju steljke – večja izpostavljenost v zimski polovici leta, ko je tudi onesnaženje zraka večje, predvsem v zmerno toplem in polarnem delu obeh polobol. V neprevetrenih kotlinah sta pozimi transport zraka in razredčenje onesnažil zaradi vremenskih pojavov manjša (temperaturna inverzija), kar povzroča večje onesnaženje. Po drugi strani pa so dotoku onesnaženega zraka izpostavljena višje ležeča privetrna pobočja. Kljub občutnemu zmanjšanju emisij žveplovih spojin in klasičnih onesnažil v bolj razvitem svetu ostajajo le-te še vedno problem revnih dežel, torej lišaji še naprej ostajajo dobri indikatorji tudi za

nove vrste onesnažil (depozicija kovin, onesnaženje z dušikovimi spojinami, organskimi onesnažili zraka (hlapni ogljikovodiki, obstojna organska onesnažila zraka itn.) (Ferry in sod., 1973; Jeran in sod., 2002; Nimis in sod., 2002; Poličnik in sod., 2004; Jeran in sod., 2007; Mrak in sod., 2010).

Pomen bioindikacije pri spremljanju stanja okolja je v tem, da dopolnjuje meritve fizikalnih in kemičnih dejavnikov, ki so pomembni za življenje ter njihov medsebojni vpliv. Uporaba bioindikatorjev, rastlin, živali, gliv, lišajev v realnih pedoklimatskih razmerah omogoča ugotavljanje kritičnih vsebnosti onesnažil v okolju, obremenitev posameznih segmentov okolja, preseganje zakonsko dopustnih koncentracij onesnažil in geografski obseg onesnaženja (Arndt in sod., 1987; Markert in sod., 2003). Uporaba rastlin kot bioindikatorjev stanja okolja je bila najprej v največji meri upoštevana v fitocenologiji (Ellenberg in sod., 1991), kjer so uporabili rastlinske vrste in njihove združbe kot kazalnike rastiščnih razmer. Za sledenje vplivov onesnaževanja okolja so bioindikatorje najprej uporabili pri spremljanju stanja voda, kmalu za tem tudi za spremljanje onesnaženja zraka. Prednosti metod sledenja stanja okolja z bioindikatorji so še relativno nizka cena, možnost vzorčenja v gostih mrežah, česar si z merilnimi napravami ne moremo privoščiti. Kot je bilo že omenjeno, z uporabo bioindikatorjev zajamemo vse okoljske in polucijske danosti hkrati, kar je nemogoče z večino merilnih naprav. V odročnih območjih je to pogosto zaradi manjkajoče infrastrukture edina izvedljiva tehnika spremljanja stanja okolja. Pri tem se moramo zavedati, da različna opazovanja in meritve stanja okolja glede na odziv bioindikatorjev zelo dobro dopolnjujejo opis stanja okolja in s tem ogroženosti organizmov, vključno s človekom, ki ga dajejo fizikalno-kemijske meritve onesnažil.

1.2 Spremljanje stanja okolja z epifitskimi lišaji v Sloveniji

1.2 Environmental monitoring of epiphytic lichens in Slovenia

V Sloveniji so bili lišaji najprej uporabljeni kot indikatorji stanja zraka v okviru obsežne raziskovalne dejavnosti, ki jo je za okoljsko in ekološko ozaveščanje mladine organiziralo Prirodoslovno društvo Slovenije v sedemdesetih letih prejšnjega stoletja (Bračko, 1978; Skoberne, 1978; Batič, 1984; Gosar, 1984). Sodelovalo je veliko šol (osnovnih in srednjih), rezultat omenjene zelo uspele akcije je bila

prva lišajska karta Slovenije (Batič, 1984). V tej akciji je bila uporabljena ena izmed najpreprostejših metod spremljanja stanja okolja z lišaji kot bioindikatorji, ki temelji na popisovanju prisotnosti/odsotnosti treh temeljnih rastnih tipov steljk lišajev (skorjastih, listastih in grmičastih) (Bračko, 1978; Batič, 1984). To je bilo potrebno zaradi enostavnosti prepoznavanja teh rastnih tipov in težav pri prepoznavanju posameznih lišajskih vrst. Za natančnejše raziskave, pa tudi za tiste, ki so se bili pripravljene naučiti spoznavati najpogostejše vrste listastih in grmičastih lišajev, je bil v publikaciji, v kateri so bili predstavljeni rezultati akcije, dodan preprost ključ za prepoznavanje rastnih tipov lišajev in nekaterih pogostejših listastih in grmičastih vrst (Batič, 1984).

Metoda spremljanja stanja okolja in posredno kakovosti zraka z rastnimi tipi steljk epifitskih lišajev (skorjastimi, listastimi in grmičastimi) temelji na splošnem spoznanju lišajeslovcev, da so grmičasti lišaji bolj izpostavljeni zraku, listasti manj in skorjasti najmanj in s tem tudi onesnažilom in v onesnaženem zraku propadajo v omenjenem vrstnem redu (Ferry in sod., 1973; Hawsworth in Rose, 1976; Bračko, 1978; Batič, 1984; Batič, 2002). Pozneje je bila metoda uporabljena in izpopolnjena pri popisih stanja gozdov in je v spremenjeni obliki v rabi še dandanes (Batič in Kralj, 1989; Batič, 1991; Batič in Kralj, 1995; Batič in Mayrhofer, 1996). Pri spremljanju stanja gozdov v Sloveniji (v začetku pri popisih propadanja gozdov) je bil prvotni namen uporabiti lišajsko obrast kot diferencialno diagnostično sredstvo za ugotavljanje onesnaženosti zraka v gozdovih, ker kemijske meritve onesnažil v gozdovih potekajo le na redkih, izbranih mestih (okolice termoelektrarn, sodobnejše ekosistemsko zasnovane raziskave gozdnih ekosistemov, predvsem na ploskvah programa ICP-Forest, na katerih poteka intenzivno spremljanje gozdnih ekosistemov). V letih 1987, 1991, 1995 in 2000 je bila v Sloveniji uporabljena najpreprostejša metoda popisa epifitskih lišajev, to je popis številčnosti in pokrovnosti rastnih tipov steljke lišajev (Batič in Kralj, 1989; Batič, 1991). Na mestih popisa stanja gozdov je bila po posebni metodi popisana obrast debel s skorjastimi, listastimi in grmičastimi lišaji, katerih pokrovnost in številčnost sta bili ocenjeni na treh višinskih stratumi dreves (0–0,5 m, 0,5–2,5 m, nad 2,5 m v krošnjo) po enostavnih skalah: pokrovnost: 1–1 do 10 %, 2–11 do 50 %, 3–51 do 100 %; frekvenca steljk: do 5 steljk, 5 do 10 steljk, več kot 10 steljk). Popis je bil narejen na isti ploskvi kot popis stanja gozdov, in sicer na tisti skupini 6 dreves od 24, ki so najbolj izpolnjevale zahteve za popis

lišajev, in sicer: naravno prisotne klimato-zonalne drevesne vrste; dovolj stara drevesa v primerni legi (pokončna, nepoškodovana, neobrasla z grmovjem). Namen popisa je bil okvirno, velikopovršinsko spremljanje stanja okolja/kakovosti zraka glede na bujnost lišajske obrasti. Iz podatkov popisa je bil izračunan tako imenovani »indeks zračne čistoče«, ki je dokaj dobro odražal stanje kakovosti zraka na opazovanih območjih. Pozneje je bil popis v izbranih gozdnih ekosistemih dopolnjen s kartiranjem lišajskih vrst (Pohorje, Julijske Alpe, Snežnik, Zasavje) (Grube in sod., 1995; Grube in sod., 1998; Prügger in sod., 2000; Vidregar-Gorjup in sod., 2002; Batič in sod., 2003; Mrak in sod., 2004; Prügger, 2005).

Glede na analize omenjenih popisov je bilo ugotovljeno naslednje:

- popis v tretjem višinskem stratumu (višina debla več kot 2,5 m) je bilo težko korektno izvesti;
- ocena pokrovnosti in frekvence steljk je bila narejena na različno velikih površinah debel, zaradi česar so podatki neprimerljivi;
- izbor opazovanih primerljivih dreves na ploskvi je bil omejen in pogosto ni ustrezal zahtevam za kartiranje lišajev;
- izračun indeksa atmosferske čistoče posledično ni bil primerno narejen.

V nadaljevanju predstavljamo dopolnjeno metodo popisa epifitskih lišajev v popisu stanja gozdov leta 2007, v kateri smo uporabili velikost popisne mreže in njeno namestitve po VDI-metodi (VDI, 1995).

2 METODE DELA 2 METHODS

2.1 Vzorčni poskus 2.1 Sampling frame

Ker so znaki, zabeleženi v popisu lišajev, del znakov Monitoringa gozdov in gozdnih ekosistemov (MGGE) (Kovač, 2011), je njihovo popisovanje potekalo v okviru vzorčnih mrež 4 x 4 km oziroma 16 x 16 km. Izbiro, katero vzorčno ploskev je treba vključiti v vzorec ali ne, določa predpis, da mora biti v vzorec vključena vsaka stalna vzorčna ploskev, ki leži na presečišču koordinat mreže in ustreza definiciji gozda. Sam popis opravljajo ustrezno izobraženi popisovalci-gozdarji Zavoda za gozdove Republike Slovenije in sodelavci Gozdarskega inštituta Slovenije, ki popis koordinirajo in skrbijo za metodološko neoporečnost. Na vsaki ploskvi popišejo lišaje na šestih izbranih drevesih (izbor dreves glej spodaj), ki najbolj ustrezajo za opazovanje lišajev.

2.2 Izbor dreves na popisni ploskvi

2.2 Selection of trees species on the inventory plot

pri popisu stanja gozdov so za popis lišajev na ploskvi MGGE izbrali šest primernih dreves iz iste skupine dreves, ki so ustrezala naslednjim merilom: naravno prisotne klimato-zonalne, sestojetvorne drevesne vrste; dovolj stara drevesa v primerni legi, neobrasla z grmovjem, ki so bila ravna in z nepoškodovano skorjo, poraslost debla z mahovi, kjer so namestili popisno mrežo, je morala biti manjša od 20 %. Če na opazovalni ploskvi ni bilo šest dreves iste drevesne vrste, so drevesne vrste združili v skupine drevesnih vrst glede na njihov vpliv na uspevanje lišajev (gradbene, fizikalno-kemijske lastnosti skorje, tip krošnje in olistanje). Pri izbiri skupine vrst (Preglednica 1) so prednost namenili sestojetvnim vrstam realne vegetacije.

Če je bil sestoj sestavljen iz več skupin drevesnih vrst, je opazovanje potekalo na šestih drevesih, in sicer na po treh drevesih obeh prevladujočih drevesnih vrst. Merila za izbor dreves so bila enaka, kot je bilo opisano prej. Takšen pristop je bil uporabljen v primeru, da je popis lišajev potekal na ploskvah v bukovo-jelovih gozdovih, kjer so izbrali po tri bukke in tri jelke; v smrekovo-bukovih gozdovih, kjer so izbrali po tri smreke in tri bukke in v hrastovo-gabrovih oz. bukovo-gabrovih sestojih, kjer so izbrali prav tako po tri drevesa obeh prevladujočih sestojetvnih vrst. V mešanih gozdovih listavcev in črnega ali rdečega bora so dali prednost izboru listavcev, v varovalnih, termofilnih gozdovih, kjer prevladujeta mali jesen in črni gaber, pa prednost popisu na črnem gabru. Za popis lišajev so morala biti na ploskvi vsaj tri ustrezna drevesa ob upoštevanju vseh navedenih pogojev, sicer je lokacija dobila status neustreznih razmer za opazovanje lišajev.

2.3 Metoda popisa lišajske obrasti

2.3 Method of assessment of epiphytic lichens cover

Leta 2007 je popis lišajev potekal na višini 1 m od tal v okviru standardizirane površine, določene s popisno mrežo (1000 cm², 20 x 50 cm) (Slika 1). Le-ta je bila s spodnjim robom poravnana na deblo na višino 1 m od talna stran debla, ki je bila najbolj porasla z lišaji (S, SV, V, JV, J, JZ, Z, SZ). Če je bil obseg debla manjši, so izbirali samo med štirimi glavnimi stranmi neba (S, J, V, Z). Kadar je bilo drevo enako obraslo z vseh strani, so izbrali smer jugozahod (JZ). Pri

Preglednica 1: Skupine drevesnih vrst za obdelavo lišajskih podatkov z navedbo vrst in njihovih šifer v popisu stanja gozdov leta 2007

Table 1: Groups of tree species for further analysis of lichen data in forest inventory 2007.

Skupina	Ime drevesne skupine in vključene drevesne vrste
I	Bukev (navadna bukev, navadni beli gaber)
II	Smreka (navadna smreka, navadni macesen in drugi macesni, duglazija)
III	Jelka (bela jelka)
IV	Hrasti (dob, graden, cer, puhasti hrast, pravi kostanj, črni gaber, rdeči hrast, drugi hrasti)
V	Javorji, lipe, jeseni (gorski, ostrolistni, poljski in topokrpi javor, lipa, lipovec, širokolistna lipa, mali in veliki jesen)
VI	Vrbe in topoli (trepetlika, topol, vrba, črni topol, topol klon, bela vrba), oreh
VII	Bor (rdeči bor, črni bor, zeleni bor, drugi bori)
VIII	Robinja in bresti
IX	Češnja, brek, mokovec, jerebika, negnoj, jablana, hruška in sliva
X	Črna jelša, siva jelša, navadna breza, druge breze

drevesih, obraslimi z mahovi, je bila popisna mreža nameščena tako, da je bila poraslost z mahovi čim manjša. V vsakem primeru je morala biti poraslost z mahovi manjša od 20 %.

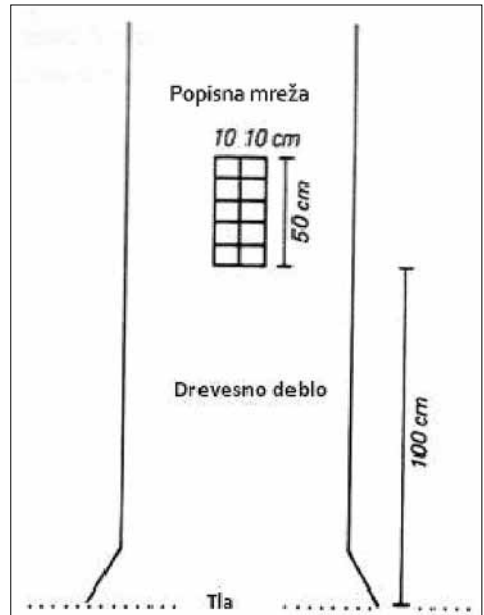
Ocenjevali smopokrovnost treh glavnih rastnih tipov lišajev – skorjaste, listaste in grmičaste (Slika 2). Pri oceni skorjastih lišajev smo izločili epifitske alge (živozelene prevleke) in skorjasto vrsto lišaja *Scoliciosporum chlorococcum*, ki v okoljih z onesnaženim zrakom preraščajo debela dreves kot zelenkasto-sivkasta prevleka in jo poznavalci lišajev zelo težko ločijo.

Na isti površini debla, kjer smo ocenjevali pokrovnost lišajev, je bila ocenjena tudi obraslost z mahovi po skali: 1 – < 1%, 2 – 1-10 %; 3 – 10-20 %.

2.4 Analiza pokrovnosti lišajev

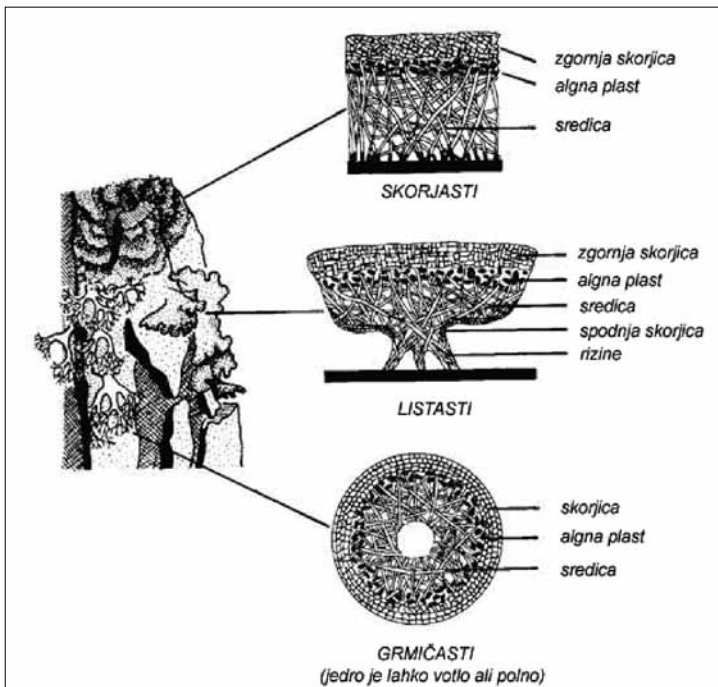
2.4 Analysis of lichen cover

Pokrovnost z lišaji na posameznem opazovanem drevesu predstavlja odstotek površine popisne mreže (1000 cm²), ki je prekrita z lišaji. Pokrovnost je bila



Slika 1: Postavitev popisne mreže za ocenjevanje pokrovnosti lišajev po novi metodi (Vir: Batič in Kastelec, 2007).

Fig. 1: Placement of the lichen cover assessment grid (Source: Batič and Kastelec, 2007).



Slika 2: Trije glavni rastni tipi steljk lišajev: skorjasti, listasti in grmičasti (Vir: Ahmadjian in Paracer, 1986).

Fig. 2: Three main growth forms of lichens: crustose, foliose and fruticose (Source: Ahmadjian and Paracer, 1986).

ocenjena za vsakega od treh tipov lišajev posebej. Ob hkratni prisotnosti skorjastih in listastih lišajev smo pokrovnost ocenili tako, da je bil seštevek lahko največ 100 %, medtem ko skupna pokrovnost skorjastih in grmičastih oziroma listastih in grmičastih lahko znaša več kot 100 % zaradi plastovitosti.

Kot reprezentativno vrednost za celotno ploskev smo izračunali mediano vrednosti, izmerjenih na drevesih iste drevesne skupine na ploskvi. Za mediano smo se odločili, ker je v primeru, ko so na ploskvah posamezna izstopajoča drevesa, glede pokrovnosti z lišaji primernejša mera sredine kot povprečje. Na posamezni ploskvi je bila pokrovnost z lišaji ocenjena na najmanj treh in največ šestih drevesih z iste drevesne skupine, kar pomeni, da smo za nekatere opazovalne ploskve izračunali dve mediani: vsako na podlagi treh dreves iz iste drevesne skupine. Kot oceno variabilnosti podatkov za posamezno drevesno skupino na opazovalni ploskvi smo izbrali variacijski razmik: (maksimum – minimum) pokrovnosti z lišaji.

V okviru prostorske analize mediane pokrovnosti posameznih tipov lišajev po drevesnih skupinah smo uporabili točkovni grafični prikaz georeferenciranih podatkov.

3 REZULTATI

3 RESULTS

V prispevku so prikazani rezultati analize podatkov popisa lišajev v letu 2007 po lišajskih tipih ter pokrovnost skorjastih lišajev za bukev in listastih za smreko v po razredih pokrovnosti. Pri analizi podatkov se je pokazalo, da na nekaterih opazovalnih ploskvah iz popisa stanja gozdov leta 2007 struktura gozda ne izpolnjuje pogojev za popis lišajev (Preglednica 2).

Na 114 ploskvah je bila pokrovnost z lišaji ocenjena za dve drevesni skupini, od tega so bili na 32 ploskvah lišaji ocenjeni na kombinaciji drevesnih skupin I in II. Pogosta je bila tudi kombinacija drevesnih skupin (26 ploskev) I in IV ter drevesnih skupin (enajst ploskev) I in III.

3.1 Skupna pokrovnost lišajev

3.1 Total lichen cover

Na podlagi median pokrovnosti z lišaji za vse tri tipe lišajev in za posamezne drevesne skupine smo opazovane ploskve razdelili v sedem razredov lišajske obrasti (Preglednica 3), ki okvirno ustrezajo razredom stanja ozračja. Razred 0 pomeni slabe razmere

Preglednica 2: Število vseh poskusnih ploskev in število poskusnih ploskev z ustrezno ocenjeno pokrovnostjo z lišaji po drevesnih skupinah v popisu stanja gozdov l. 2007

Table 2: Tree species groups, number of inventory plots with suitable lichen cover and their percentage in forest inventory 2007

Drevesna skupina	Št. vseh ploskev	Št. ustreznih ploskev	% ustreznih ploskev
I	377	282	75,1
II	230	167	73,5
III	91	50	56,0
IV	201	120	60,2
V	119	38	31,1
VI	10	1	10,0
VII	65	43	67,7
VIII	16	7	43,8
IX	21	4	19,0
X	15	5	33,3

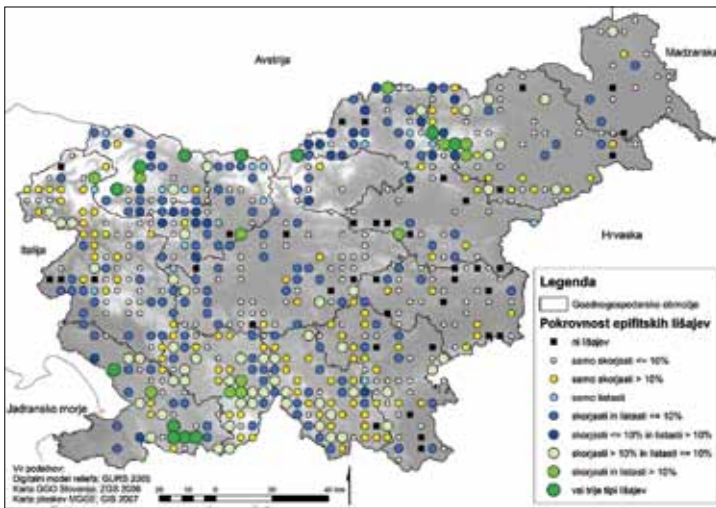
za uspevanje lišajev, razred 7 pa dobre. V veliki večini primerov pomeni razred 0 tudi onesnažen zrak, razred 7 pa čist. Vendar se moramo zavedati, da nauspevanje lišajev vplivajo tudi drugi dejavniki (svetloba, relativna zračna vlaga, konkurenca drugih epifitov, lišajski zajedavci, razpoložljivost primernih dreves in njihovo stanje itn.).

Razmerje je prikazano s kartami pokrovnosti za vse tri tipe lišajev na vseh drevesnih vrstah skupaj (Slika 3) in še ločeno za skorjaste lišaje na drevesih navadne bukve (*Fagus sylvatica*) (Slika 4) in listastih lišajev na navadni smreki (*Picea abies*) (Slika 5).

Preglednica 3: Razredi lišajske obrasti glede na pokrovnost skorjastih, listastih in grmičastih lišajev.

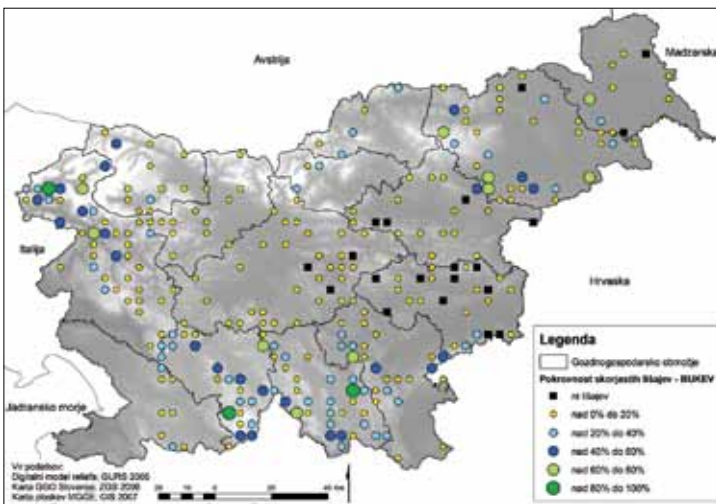
Table 3: Classes of lichen cover according to the cover of crustose, foliose and fruticose lichens within the assessment grid.

Razred	Opis razreda
0	ni lišajev
1	samo skorjasti ≤ 10 %
2	samo skorjasti > 10 %
3	samo listasti
4	Skorjasti ≤ 10 % in listasti ≤ 10 %
5	Skorjasti ≤ 10 % in listasti > 10 %
6	Skorjasti > 10 % in listasti ≤ 10 %
7	Skorjasti > 10 % in listasti > 10 %
8	vse tri vrste



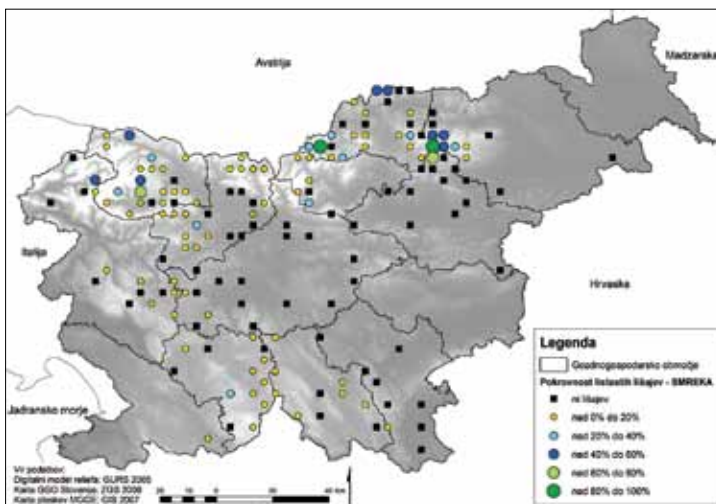
Slika 3: Kategorije pokrovnosti vseh lišajskih tipov za vse drevesne vrste skupaj

Fig. 3: Categories of lichen cover for all thallus types and tree species groups.



Slika 4: Kategorije pokrovnosti skorjastih lišajev na bukvi

Fig. 4: Categories of lichen cover for crustose lichen types for common beech.



Slika 5: Kategorije pokrovnosti listastih lišajev na smreki

Fig. 5: Categories of lichen cover for foliose lichen types for Norway spruce.

4 RAZPRAVA

4 DISCUSSION

Iz rezultatov je razvidno, da je bilo stanje epifitske lišajske vegetacije ob popisu stanja gozdov v letu 2007 še vedno relativno slabo kljub odžvepljevanju izpušnih plinov na večjih termoeenergetskih objektih v Sloveniji, množični uvedbi daljinskega ogrevanja, bolj čistim tehnologijam in zaprtju številnih »umazanih« industrijskih objektov (Poličnik in Batič, 2007). Za razliko od prikazov v prejšnjih letih (Batič in Kralj, 1989; Batič, 1991; Batič in Kralj, 1995; Batič in Mayrhofer, 1996) je pokrovnost lišajev prikazana ločeno za vse tri tipe steljk lišajev in vse drevesne vrste skupaj in posebej še mediana pokrovnosti po kategorijah za smreko in bukev – vse za popise v okviru popisne mreže z desetimi polji. Vzroki za slabo, v nekaterih primerih celo slabše stanje kot v prejšnjih letih so delno v metodologiji. V letu 2007 je bil popis narejen samo na deblih, kjer so v bolj sklenjenih sestojih pogosto slabe svetlobne razmere in je tudi zato slabša obrast predvsem listastih in grmičastih lišajev. Po raziskavah nekaterih drugih (Poličnik in sod., 2008; Marmor in sod., 2010) popis po smernicah popisa lišajev v EU, kjer popisi temeljijo na popisu lišajev v okviru popisne mreže, ki jo namestimo na deblo 1 m od tal, ni primeren za ugotavljanje vpliva zračnega onesnaženja na lišaje v gozdnih sestojih. V raziskavi, opravljeni v Estoniji (Marmor in sod., 2010), pa tudi nekatere ameriške študije kažejo, da je treba analizirati epifitsko lišajsko vegetacijo po celotni višini drevesa, kajti raznolikost vrst in rastnih tipov je največja v sredini drevesa, v krošnji, medtem ko sta na debelu v prvem višinskem razredu (0–4 m) obrast in raznolikost manjši. Tudi vpliv zračnih onesnažil je večji v krošnji. Tega dejavnika mi v tem popisu nismo zajeli oziroma smo s spremembo metode opustili ocenjevanje v krošnji, kar je v čistejših predelih gotovo poslabšalo rezultate, še posebej glede na izračun indeksa zračne čistosti v prejšnjih letih. Druga dva razloga za slabo stanje sta lahko: večanje prometa in z njim povezano onesnaževanje in s tem povezan daljinski vnos onesnažil, na kar kaže tudi nekaj posameznih rezultatov iz letošnjega popisa.

Na pokrovnost posameznih rastnih tipov lišajev vplivajo poleg onesnaženega zraka predvsem lastnosti drevesnih vrst, na katerih smo opazovali lišaje (lastnosti drevesne skorje, tip krošnje, razširjenost drevesne vrste glede na naravne danosti in gospodarjenje z godovi in z vsem tem povezan tipičen razvoj epifitske lišajske vegetacije na posameznih

skupinah drevesnih vrst).

Grmičastih lišajev, ki so indikatorji čistega zraka, skoraj ni, razen skromne obrasti na hrastih in smreki. Razlog je delno v onesnaženju, delno pa tudiv mestu opazovanja. Večina grmičastih vrst je bolj svetlobo-ljubnih, zato jih ni na deblih v strnjenih sestojih bukve in tudi drugih vrst. Njihovo pojavljanje v tem popisu je omejeno na posamezne ploskve shrasti na zahodu Slovenije in nekatere bolj presvetljene naravne smrekove sestoje v Alpah.

Največ listastih lišajev je v gorskih smrekovih gozdovih v Julijskih Alpah, Karavankah in na Pohorju, največ na skupinah dreves »smreka« in nekoliko manj na »bukvi« in »jelki«. Izstopa njihova manjša pokrovnost v najbolj zahodnih območjih Julijcev, na dinarski gorski pregradi, v osrednji in vzhodni Sloveniji. To je stanje, ki ga že vsa leta popisa lišajev opažamo v okviru popisa stanja gozdov in ga lahko razložimo z lokalnim onesnaženem (osrednja in vzhodna Slovenija) in daljinskim vnosom (dinarska pregrada, zahodni Julijci). Pri tem zelo izstopa stanje na jelki, ki ima v dinarskih gozdovih veliko slabšo pokrovnost listastih lišajev kot na Pohorju.

Skorjasti lišaji so najbolj razviti na bukvi, kar je gotovo povezano s tipom skorje. Bukev in navadni beli gaber ne razvija lubja, ampak se skorja razteza z večanjem debeline premera. To omogoča dokaj boljše ohranjanje in rast skorjastih stielk, od katerih mnoge vrste uspevajo v odmrlem peridermu. Skorja ne poka in odpada, kar se prej ko slej zgodi na vseh drugih drevesnih vrstah. Tudi jelka tvori lubje pozneje kot smreka, zato je obrast skorjastih lišajev na njej boljša kot na smreki. Največja pokrovnost vseh tipov lišajev, predvsem skorjastih, je na bukvi v dinarskih gozdovih in Julijcih ter slabša v Karavankah, Julijskih Alpah, na Pohorju in v osrednji Sloveniji. Poleg lokalnega onesnaženja zraka, ki je verjetno glavni krivec za tako stanje, je razlog tudi zasmrečenje teh gozdov, kjer je marsikje bukve še malo ali pa je premlada, da bi se skorjasti lišaji razvili optimalno. Vpliv daljinskega vnosa je tu manjši, čeprav je slabše stanje na delu dinarske pregrade, med Trnovskim gozdom in Snežnikom, verjetno pogojeno tudi s tem (Vidmar, 2009). Tudi relativno slabo pokrovnost skorjastih lišajev na hrastih in drugih skupinah v zahodnem delu Slovenije bi lahko pripisali temu vplivu.

5. POVZETEK

5. SUMMARY

V Sloveniji pri popisu stanja gozdov popisujemo na izbranem številu dreves na ploskvi popisa tudi

obrast skorjastih, listastih in grmičastih lišajev kot bioindikatorjev stanja okolja, predvsem kakovosti zraka. Obrast epifitskih skorjastih, listastih in grmičastih lišajev je bila popisana na določeni višini debla v okviru standardizirane mreže na izbranem številu primerljivih drevesnih vrst. Prikazan je nabor ploskev in drevesnih vrst, na katerih smo lišaje lahko popisali. Kategorije pokrovnosti skorjastih, listastih in grmičastih lišajev, določene na osnovi median pokrovnosti so skupno prikazane za vse skupine drevesnih vrst, posebej pa sta prikazani pokrovnost skorjastih lišajev za bukev in listastih za smreko. Na splošno je obrast slaba, največja je pri skorjastih in najslabša pri grmičastih lišajih. Ploskve z večjo lišajsko obrastjo so predvsem v območjih, oddaljenih od virov onesnaženja zraka, ploskve s slabo obrastjo pa na območjih, kjer je večji vpliv lokalnega onesnaženja ali daljinskega vnosa zračnih onesnažil. Lišajška obrast vseh treh rastnih tipov se večja s starostjo sestaja, preostali sestojni parametri pa tudi rastiščni značilno ne vplivajo na obrast. Dokaj slaba obrast gozdnega drevja z epifitskimi lišaji je še vedno posledica zračnega onesnaženja, kljub sanaciji večjih emitentov žveplovih spojin. Verjetno je vzrok še vedno veliko onesnaženje z dušikovimi spojinami iz prometa, termoeenergetskih in industrijskih virov, kmetijstva in drugih virov. V določenem obsegu je slabše stanje epifitske lišajške obrasti tudi posledica uporabljene metode, v kateri je popis lišajev narejen le na spodnjem delu debla dreves, kjer svetlobne razmere pogosto niso ugodne za rast lišajev.

6. ZAHVALA

6. ACKNOWLEDGEMENT

Zahvaljujemo se vsem kolegom iz ZGS in GIS, ki so v letu 2007 sodelovali pri popisu stanja lišajev na ploskvah MGGE.

7. VIRI

7. REFERENCES

- Ahmadjian, V., Paracer S. 1986. Symbiosis: An introduction to biological associations. Hanover, Published for Clark University by University Press of New England:212 str.
- Arndt, U., Nobel, W., Schweizer B. 1987. Bioindikatoren - Möglichkeiten, Grenzen und neue Erkenntnisse. Stuttgart, Ulmer:388 str.
- Batič, F., 1984. Lišajška karta Slovenije. Ljubljana, Prirodoslovno društvo Slovenije.
- Batič, F., 1991. Bioindikacija onesnaženosti zraka z epifitskimi lišaji. Gozdarski Vestnik, 49: 248–254.
- Batič, F. 2002. Bioindication of sulphur dioxide pollution with lichens. Protocols in lichenology: 483–503.
- Batič, F., Kastelec D., 2007. Popis epifitskih lišajev. V: Popis poškodovanosti gozdov in gozdnih ekosistemov : delovni priročnik za terensko snemanje podatkov M. K. (ed.). Ljubljana, Gozdarski inštitut Slovenije: 36–42.
- Batič, F., Kralj, A., 1995. Bioindikacija onesnaženosti ozračja v gozdovih z epifitskimi lišaji. Zbornik gozdarstva in lesarstva, 47: 5–56.
- Batič, F., Kralj, T., 1989. Bioindikacija onesnaženosti zraka z epifitsko lišajsko vegetacijo pri inventurah propadanja gozdov. Zbornik gozdarstva in lesarstva, 34: 51–70.
- Batič, F., Mavsar, R., Jeran, Z., 2003. Epiphytic lichens as air quality indicators in forest stands. Ekológia, 22, 1: 47–49.
- Batič, F., Mayrhofer H., 1996. Bioindication of air pollution by epiphytic lichens in forest decline studies in Slovenia. Phytion, 36, 3: 85–90.
- Bračko, B., 1978. Spoznajmo lišaje. V: Raziskovanje onesnaženosti zraka v Sloveniji: II. del akcije "Okolje v Sloveniji": navodila za naravoslovne krožke. Gosar M. (ed.). Ljubljana, Prirodoslovno društvo Slovenije: 22–33.
- Ellenberg, H., Weber, E.H., Düll, R., Wirth V., Werner W., Paulissen, D., 1991. Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa. Scripta Geobotanika, 18: 9–166.
- Ferry, B.W., Baddeley, M.S., Hawksworth, D.L., 1973. Air pollution and lichens. London, The Athlone Press:389 str.
- Gosar, M., 1984. Začetki Prizadevanj za čist zrak v Sloveniji in mladinska raziskovalna akcija zrak. V: Raziskovanje onesnaženosti zraka v Sloveniji 2. Gosar M. (ed.). Ljubljana, Prirodoslovno društvo Slovenije: 8–13.
- Grube, M., Batič, F., Mayrhofer, H., 1995. Contributions to the lichen flora of Slovenia I : Epiphytic lichens of the Snežnik area. Herzogia, 11: 189–196.
- Grube, M., Mayrhofer, H., Batič, F., 1998. Contributions to the lichen flora of Slovenia III : Epiphytic lichens from Goteniški Snežnik and Krokara Area. Herzogia: 181–188.
- Hawksworth, D.L., Rose, F., 1976. Lichens as pollution monitors. London, Edward Arnold:66 str.
- Jeran, Z., Jačimović, R., Batič, F., Mavsar, R. 2002. Lichens as integrating air pollution monitors. Environmental Pollution, 120, 1: 107–113.
- Jeran, Z., Mrak, T., Jačimović, R., Batič, F., Kastelec, D., Mavsar, R., Simončič, P. 2007. Epiphytic lichens as biomonitors of atmospheric pollution in Slovenian forests. Environmental Pollution, 146, 2: 324–331.
- Kovač, M. (ed.) 2011. Monitoring gozdov in gozdnih

- ekosistemov - Priročnik za terensko snemanje podatkov (v tisku). Ljubljana, Gozdarski inštitut Slovenije: 213 str.
- Markert, B.A., Breure, A.M., Zechmeister, H.G., 2003. Bioindicators & Biomonitors. Amsterdam, Elsevier: 997 str.
- Marmor, L., Törre T., Randlane T. 2010. The vertical gradient of bark pH and epiphytic macrolichen biota in relation to alkaline air pollution. *Ecological Indicators*, 10, 6: 1137–1143.
- Mrak, T., Jeran, Z., Batič, F., Sanità di Toppi, L., 2010. Arsenic accumulation and thiol status in lichens exposed to As(V) in controlled conditions. *BioMetals*, 23, 2: 207–219.
- Mrak, T., Mayrhofer, H., Batič, F., 2004. Contributions to the lichen flora of Slovenia XI: Lichens from the vicinity of Lake Bohinj (Julian Alps). *Herzogia*, 17: 107–127.
- Nash, T.H., 1996. *Lichen Biology*. Cambridge, University Press: 305 str.
- Nimis, P.L., Scheidegger, C., Wolseley, P. 2002. *Monitoring with Lichens - Monitoring Lichens*. Dordrecht, Kluwer Academic Publishers: 416 str.
- Poličnik, H., Batič, F. 2007. Ali stanje lišajske flore že kaže na spremembo kakovosti zraka v Saleški dolini po izgradnji čistilnih naprav v termoelektrarni Šoštanj? *Zbornik gozdarstva in lesarstva*, 82: 1–23.
- Poličnik, H., Batič, F., Ribarič, Lasnik, C., 2004. Monitoring of short-term heavy metal deposition by accumulation in epiphytic lichens (*Hypogymnia physodes* (L.) Nyl.). Third international workshop on biomonitoring of atmospheric air pollution (BioMAP), 49: 223–230.
- Poličnik, H., Simončič, P., Batič, F., 2008. Monitoring air quality with lichens: A comparison between mapping in forest sites and in open areas. *Environmental Pollution*, 151, 2: 395–400.
- Prügger, J., 2005. Lišajska flora Snežnika in Javornikov = Die Flechtenflora des Sneznik und der Javorniki mit besonderer Berücksichtigung der epiphytischen Arten. Ljubljana, Gozdarski inštitut Slovenije, *Silva Slovenica*: 212 str.
- Prügger, J., Mayrhofer, H., Batič, F., 2000. Beiträge zur Flechtenflora von Slowenien IV. Die Flechten des Trnovski gozd. *Herzogia*, 14: 113–143.
- Skoberne, P., 1978. Ugotavljanje razširjenosti lišajev. V: Raziskovanje onesnaženosti zraka v Sloveniji: II. del akcije Okolje v Sloveniji: navodila za naravoslovne krožke. Gosar, M. (ed.). Ljubljana, Prirodoslovno društvo Slovenije: 34–38.
- VDI. 1995. Measurement of Immission Effects. Measurement and Evaluation of Phytotoxic Effects of Ambient Air Pollutants (Immissions) with Lichens. Mapping of Lichens for Assessment of the Air Quality. 14 str.
- Vidregar – Gorjup, N., Batič, F., Mayrhofer, H., 2002. Contributions to the lichen flora of Slovenia VII. : Epiphytic lichens from Zasavje. *Herzogia*, 15: 79–90.
- Vidmar, A. 2009. Ugotavljanje stanja okolja s popisi epifitskih lišajev v gozdovih območne enote Postojna v letu 2007. Diplomsko delo - visokošolski strokovni studij. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire: 48 str.

Monitoring genetske pestrosti gozdov

Monitoring of Forest Genetic Diversity

Marjana WESTERGREN¹, Hojka KRAIGHER²

Izvleček:

Westergren, M., Kraigher, H.: Monitoring genetske pestrosti gozdov. Gozdarski vestnik, 69/2011, št. 5–6. V slovenščini z izvlečkom in povzetkom v angleščini, cit. lit. 14. Jezikovni pregled angleškega besedila Breda Misja, jezikovni pregled slovenskega besedila Marjetka Šivic.

Spremembe v okolju in gozdnogojitveni ukrepi zelo vplivajo na evolucijske sile, kar vodi v spremembo vzorcev genetske pestrosti. Da bi pomagali ohranjanju in upravljanju z genetsko pestrostjo populacij gozdnih dreves in s tem pripomogli k neprekinjeni sposobnosti prilagajanja populacij dreves na okolje v prihodnosti, postaja vse pomembnejši monitoring posledic sprememb v okolju in namernih ali nenamernih človekovih vplivov na genetsko pestrost. Monitoring genetske pestrosti, omenjen tudi v strateških evropskih in nacionalnih dokumentih, je sistem, ki omogoča določitev časovnih sprememb v genetskih podatkih populacij ali drugih podatkov o populacijah. Njegov glavni cilj je odgovoriti na vprašanje, ali lahko populacije zagotovijo trajnostni razvoj obstoječega gozda. Razvoj sistema genetskega monitoringa terja izdelavo robustnega pa tudi tehnično in finančno izvedljivega načina vzorčenja.

Ključne besede: genetska pestrost, monitoring, dinamično ohranjanje populacij, sistem vzorčenja

Abstract:

Westergren M., Kraigher H.: Monitoring of Forest Genetic Diversity. Gozdarski vestnik (Professional Journal of Forestry), 69/2011, vol. 5–6. In Slovenian, abstract and summary in English, lit. quot. 14. Proofreading of the English text Breda Misja, proofreading of the Slovenian text Marjetka Šivic.

Changes of environmental conditions and silvicultural practices strongly affect evolutionary forces, leading to changes in the patterns of genetic diversity. To assist conservation and management of genetic diversity of forest tree populations, thus enabling continuous adaptability of forest tree populations to future environments, it is becoming increasingly important to monitor consequences of environmental changes and intended or unintended anthropogenic influences on populations. Genetic monitoring, also mentioned in strategic European and national documents, is a system that enables quantification of temporal changes in population genetic matrices or other population data. Its main objective is to answer the question whether populations can ensure sustainable development of the existing forest. Development of genetic monitoring system must include a definition of a robust as well as labour and financially feasible sampling and experimental design.

Key words: genetic diversity, monitoring, dynamic conservation units, sampling system and design

1 UVOD

1 INTRODUCTION

V okviru obstoječih monitoringov v Sloveniji in Evropi genetske in populacijske komponente ni ali pa sta slabo zastopani, čeprav lahko DNK in populacijsko genetski podatki prispevajo pomembne informacije o vrstah, ki so zanimive z ekonomskega in ekološkega vidika, ter o vrstah, ki jih je zaradi ogroženosti treba aktivno varovati. To je še posebno pomembno v okviru trajnostnega gospodarjenja z gozdovi.

Na pogoje spreminjajočega se okolja, biotske in abiotske nevarnosti za gozdne ekosisteme in gozdno drevje se gozdno drevje lahko prilagaja le

z osnovanjem čim bolj genetsko pestrih naslednjih generacij. Velika genetska pestrost namreč omogoča ohranjanje prilagoditvenega potenciala populacij gozdnega drevja na prihodnje spremembe v okolju. Neustrezna vrstna sestava, neustrezna nega semenskih objektov, pridobivanje gozdnega reprodukcijskega materiala v času slabega obroda in z majhnega števila dreves ob vse bolj problematični naravni obnovi so grožnje genetski pestrosti in s tem obstoju prihodnjih gozdov.

¹ dr. M. W. Gozdarski inštitut Slovenije, Večna pot 2, 1000 Ljubljana. marjana.westergren@gmail.com

² prof. dr. M. W. Gozdarski inštitut Slovenije, Večna pot 2, 1000 Ljubljana. hojka.kraigher@gozdis.si

2 ZAKONODAJA IN MEDNARODNE KONVENCIJE

2. LEGISLATION AND INTERNATIONAL CONVENTIONS

Monitoring genetske pestrosti je vključen v strateške dokumente, in sicer od Konvencije o biotski pestrosti (UNCBD 1992; <http://www.cbd.int/>), resolucije ministrskih konferenc o varovanju gozdov v Evropi (Forest Europe, <http://www.foresteurope.org/>), v evropske in nacionalne strategije, npr. Strategija ohranjanja biotske raznovrstnosti v Sloveniji (SOBD 2002) in Resolucija o nacionalnem gozdnem programu (NGP 2008).

Iz obeh dokumentov izhaja, da je glavni cilj ohranjanja genske biotske raznovrstnosti v Sloveniji varovanje genskih virov *in-situ* z ohranjanjem ustrezno velikih populacij. V gozdarstvu je poudarek na ohranjanju čim večje genetske pestrosti gozdnega drevja. Varovanje *ex-situ* v botaničnih in živalskih vrtovih in genskih bankah je dodaten ukrep pri ogroženih in redkih vrstah, kjer varovanje *in-situ* ne zadošča. V Semenski banki gozdnih drevesnih vrst, ki je sestavni del Slovenske gozdne genske banke, prevladuje seme smreke, macesna, borov in posameznih vrst listavcev, medtem ko v banki ni semena listavcev z neosušljivim semenom (npr. hrasti) zaradi težavnosti skladiščenja. Osnovni sestavni del Slovenske gozdne genske banke so *in situ* Gozdni genski rezervati (trenutno jih je 36), vanjo pa so vključeni tudi provenienčni poskusi in živi arhivi (oboje *ex situ*) (WESTERGREN et al., 2007).

Ohranjanje gozdnih genskih virov v Evropi koordinira Evropski program EUFORGEN, zasnovan na osnovi resolucij ministrskih konferenc o varstvu gozdov v Strassbourgu (1991) in Helsinkih (1993). V letu 2010 je bila sprejeta že četrta faza, v okviru katere je poudarek na razvoju monitoringov genetske pestrosti in strategijah ohranjanja genetske pestrosti v okviru gospodarjenja z gozdovi in varovanja sestavin gozdnih genskih bank s poudarkom na *in situ* genskih rezervatih. Slovensko sodelovanje v programu je sestavni del javne gozdarske službe, ki jo po Zakonu o gozdovih izvaja Gozdarski inštitut Slovenije.

Leta 2011 se končuje evropski projekt EUFGIS (AGRI GEN RES), v okviru katerega je bila vzpostavljena Evropska baza podatkov o dinamičnih enotah varovanja – gozdnih genskih rezervatih v triintridesetih evropskih državah. Slovenija je bila ena od vodilnih partnerjev v projektu, v katerega

je vključenih 36 enot za 20 vrst gozdnega drevja (KRAIGHER, 2010a, b, 2011a, b).

Za 4. nacionalno Poročilo o izvajanju Konvencije o biotski raznovrstnosti v Sloveniji (BELTRAM, 2011) smo predlagali, da se vključi naslednje poglavitne aktivnosti iz NGP (2008) glede prihodnjih usmeritev za izvajalce:

- gozdove je treba pomlajevati naravno in malopovršinsko, obnova s sajenjem je le izjemni ukrep v razmerah, ko gozda ni mogoče naravno obnoviti ali kjer je treba dopolniti genetsko zasnovo naravnega mladja;
- pri obnavljanju sestojev s sajenjem je treba uporabljati sadike rastišču primernih vrst in ustreznih provenienc ter z ustrezno genetsko pestrostjo gozdnega reprodukcijskega materiala;
- v okviru slovenske gozdne genske banke je potrebna vzpostavitev mreže gozdnih genskih rezervatov na temelju strokovnih meril ter ustreznih značilnosti in dokumentacije domorodnih populacij gozdnih genskih virov.

3 KAJ JE GENETSKA PESTROST?

3 WHAT IS GENETIC DIVERSITY?

Genetska pestrost je variacija znotraj populacije ali vrste, ki je posledica razlik v genih. Genetska pestrost je omogočila, da se je vrsta uspešno spopadala z izzivi v preteklosti in da uspeva in se razmnožuje v trenutnih razmerah. Je surovi material za evolucijo in kot taka vpliva na položaj populacij v prihodnosti (SCHWARTZ et al., 2007), saj omogoča preživetje in sposobnost prilagajanja dreves v spreminjajočem se okolju ter vzdržuje vitalnost gozdov (KOSKELA et al., 2007). Genetska pestrost je temeljni element biodiverzitete.

4 ZAKAJ POTREBUJEMO MONITORING GENETSKA PESTROSTI?

4. WHY IS MONITORING OF GENETIC DIVERSITY NECESSARY?

Spremembe v okolju (vključno s fragmentacijo habitatov) in struktura gozdnih sestojev, ki so posledica gozdnogojitvenih ukrepov (naravne in umetne obnove, uravnavanja zmesi, redčenja, načina sečnje), zelo vplivajo na evlucijske sile, kot so genetski zdrs, pretok genov, procese parjenja in selekcijo (NAMKOONG et al., 1996, FINKELDEY/ZIEHE, 2004), kar vodi v spremembo vzorcev genetske pestrosti. Opazovanje dolgoročnih učinkov

okoljskih sprememb in gozdnogojitvenih sistemov na genetsko pestrost populacij ovira dolg regeneracijski čas večine drevesnih vrst (KONNERT/HOSIUS, 2010).

Da bi pomagali ohranjanju in upravljanju z genetsko pestrostjo populacij gozdnih dreves in tako pripomogli k neprekinjeni sposobnosti prilagajanja populacij dreves na okolje v prihodnosti, postaja vse pomembnejši monitoring posledic sprememb v okolju in namernih ali nenamernih človekovih vplivov na genetsko pestrost oz. na populacije gozdnega drevja (KONNERT et al., 2011).

Na potrebo po monitoringu genetske pestrosti ter razvoju indikatorjev so že pred petnajstimi leti, še pred razvojem visokozmogljivih metod preučevanja DNK, izrazili Namkoong et al. (1996). Določili so štiri indikatorje, ki naj bi jih vseboval monitoring genetske pestrosti, namenjen ohranjanju procesov, ki vzdržujejo genetsko pestrost:

- stopnjo genetske variacije,
- usmerjene spremembe genskih ali genotipskih frekvenc,
- pretok genov med populacijami,
- procese parjenja.

5 KAJ JE MONITORING GENETSKE PESTROSTI?

5 WHAT IS MONITORING OF GENETIC DIVERSITY?

Monitoring genetske pestrosti je sistem, ki omogoča ovrednotenje časovnih sprememb v genetskih podatkih populacij ali drugih podatkov o populacijah (SCHWARTZ et al., 2007, KONNERT et al., 2011). Glavni cilj monitoringa je priti do zaključkov, če spremembe v okolju (vključno s fragmentacijo habitatov) in gozdnogojitveni ukrepi vplivajo na sposobnost prilagajanja populacij gozdnih dreves in kako oziroma ali lahko populacije zagotovijo trajnostni razvoj obstoječega gozda. Zanima nas torej, ali vzdržujemo stopnjo obstoječe genetske pestrosti.

Populacijske spremembe, ki jih lahko zasledimo z genetskim monitoringom s pomočjo nevtrálnih ali ne-nevtrálnih genetskih označevalcev vključujejo:

- rast ali nazadovanje populacije,
- razširjanje patogenov,
- hibridizacijo,
- introgresijo,
- fragmentacijo in
- prilagoditve na okoljske spremembe.

V kombinaciji z določenimi kazalniki, ki ne temeljijo na analizi DNK, predvsem fiziološkimi kazalniki in prilagojenostjo na ekološke razmere, bi sistem genetskega monitoringa lahko omogočil spremljanje in primerjave med:

- oceno cvetenja in obroda ali drugih načinov razmnoževanja v populacijah, ki jih spremljamo,
- preživetjem mladja in vraščanjem dreves v starejše razvojne faze (s štetjem),
- površinsko zasedenostjo (delež površine, ki ga pokriva vsaka drevesna vrsta, ki jo spremljamo),
- pojavom bolezní in invazivnih vrst (okularno, potrditev bolezní/vrst v laboratoriju – s pomočjo Kochovih postulatov in/ali molekularne identifikacije),
- prisotnostjo medvrstnih hibridov (okularno, analiza mešanja z metodami, ki ocenijo stopnjo mešanja prednikov za vsako posamezno drevo, analiza variacije v regijah DNK in izdelava filogenetskih dreves),
- genetsko variacijo (analiza mikrosatelitov ali SNP; spremembe v času v pričakovani heterozigotnosti, pestrosti alelov, frekvenci alelov in porazdelitvi frekvence alelov),
- strukturo populacij (analiza mikrosatelitov ali SNP; analiza mešanja populacij, metode dodeljevanja osebkov populacijam),
- efektivno velikostjo populacij (na podlagi analize mikrosatelitov ali SNP).
- v prostoru in času.

6 OBSEG IN INTENZIVNOST MONITORINGA

6. INTENSITY OF GENETIC MONITORING

Obseg in intenzivnost monitoringa – t. j. število spremljanih lokacij, frekvenca vzorčenja, trud, vložen v vzorčenje na posamezni lokaciji, število spremljanih drevesnih vrst in tip laboratorijskih testov – sta odvisna predvsem od razpoložljivih sredstev. Glede na omejitev sredstev je treba vzpostaviti tudi prioritete glede območij, na katerih bomo spremljali genetsko pestrost (ogroženi ekosistemi, kot so, npr., poplavni gozdovi, naravni rezervati, gozdovi z različnim načinom gospodarjenja ...) in prioritete glede izbora drevesnih vrst (vrste s trenutno ali potencialno visoko ekonomsko vrednostjo v prihodnosti, ekološko pomembne vrste, ogrožene vrste, indikatorske vrste).

7 PODPORNE DEJAVNOSTI

7 COMPLEMENTARY ACTIVITIES

Genetski monitoring zaradi svoje specifične narave in zaradi hitrega tehnološkega razvoja na področju genetike zahteva verifikacijske vzorce v obliki tkiv ali pa DNK. Verifikacijski vzorci so potrebni kot referenca v času in prostoru, ko želimo opraviti posebne analize, ki v sam monitoring niso vključene, in za prilagoditev, umerjanje in oceno uporabnosti tehnologij v prihodnosti. Take vzorce lahko shranjujemo v genski banki.

8 ZAKLJUČEK

8 CONCLUSION

Zaradi slabega poznavanja genetike, ekoloških zahtev ter fiziologije večine gozdnih vrst stanje njihovih populacij ni dovolj znano. Glede na dobro stanje gozdnih habitatnih tipov v Sloveniji lahko sklepamo, da večina populacij gozdnih vrst trenutno ni neposredno ogrožena, projekcije razširjenosti drevesnih vrst glede na različne modele vplivov podnebnih sprememb pa kažejo zelo spremenjeno podobo. Temeljni pogoj za dolgoročno preživetje gozdov je ohranjanje prilagoditvenega potenciala posameznih vrst, ki temelji na ohranjanju genetske pestrosti populacij gozdnega drevja. V ta namen bi bilo treba vzpostaviti sistem monitoringa genetske pestrosti ter bolj podpreti vzpostavitev mreže gozdnih genskih rezervatov glede na strokovna merila in ustreznih značilnosti in dokumentacije domorodnih populacij gozdnih genskih virov.

Razvoj sistema genetskega monitoringa terja izdelavo robustnega pa tudi tehnično in finančno izvedljivega načina vzorčenja, ki se bo s pomočjo verifikacijskih vzorcev, shranjenih v genski banki, sposoben prilagoditi tehnologijam v prihodnosti.

9 POVZETEK

V okviru obstoječih monitoringov v Sloveniji in Evropi spremljanje genetske in populacijske komponente ni ali pa je slabo zastopano, čeprav je monitoring genetske pestrosti vključen v strateške dokumente, in sicer od Konvencije o biotski pestrosti, resolucije ministrskih konferenc o varovanju gozdov v Evropi ter v nacionalne strategije, npr. Strategijo ohranjanja biotske raznovrstnosti v Sloveniji in Resolucijo o nacionalnem gozdnem programu.

Spremembe v okolju (vključno s fragmentacijo habitatov) in struktura gozdnih sestojev, ki so posledica gozdnogojitvenih ukrepov zelo vplivajo

na evlucijske sile, kot so genetski zdrs, pretok genov, procese parjenja in selekcijo (NAMKOONG et al., 1996, FINKELDEY/ZIEHE 2004), kar vodi v spremembo vzorcev genetske pestrosti – temeljnega elementa biotske raznovrstnosti.

Da bi pomagali ohranjanju in upravljanju z genetsko pestrostjo populacij gozdnih dreves in s tem pripomogli k neprekinjeni sposobnosti prilagajanja populacij dreves na okolje v prihodnosti, postaja vse pomembnejši monitoring posledic sprememb v okolju in namernih ali nenamernih človekovih vplivov na genetsko pestrost oz. na populacije gozdnega drevja (KONNERT et al., 2011).

Monitoring genetske pestrosti je sistem, ki omogoča ovrednotenje časovnih sprememb v genetskih podatkih populacij ali drugih podatkov o populacijah (SCHWARTZ et al., 2007, KONNERT et al., 2011). Glavni cilj monitoringa je odgovoriti na vprašanje, če spremembe v okolju (vključno s fragmentacijo habitatov) in gozdnogojitveni ukrepi vplivajo na sposobnost prilagajanja populacij gozdnih dreves, t. j., ali populacije lahko zagotovijo trajnostni razvoj obstoječega gozda in kako. Populacijske spremembe, ki jih lahko opazujemo z genetskim monitoringom, vključujejo rast ali nazadovanje populacije, razširjanje patogenov, hibridizacijo, introgresijo, fragmentacijo in prilagoditve na okoljske spremembe.

Obseg in intenzivnost monitoringa sta odvisna predvsem od razpoložljivih sredstev. Glede na njihovo omejitvev je treba vzpostaviti prioritete glede območij, na katerih bomo spremljali genetsko pestrost in glede izbora drevesnih vrst. Razvoj sistema genetskega monitoringa torej terja izdelavo robustnega in tudi tehnično in finančno izvedljivega načina vzorčenja.

10 SUMMARY

Within the current monitoring systems in Slovenia and Europe, monitoring of the genetic as well as population component does not exist or is poorly represented despite being mentioned in strategic documents such as Convention on Biological Diversity, Resolution of Ministerial Conference on the Protection of Forests in Europe, and in national strategies.

Changes of environmental conditions (including habitat fragmentation) and forest stand structures caused by silvicultural practices strongly affect evolutionary forces like drift, mating systems, gene flow and selection (NAMKOONG et al. 1996, FINKELDEY / ZIEHE 2004), leading to changes in

the patterns of genetic diversity – the core element of biodiversity.

To assist conservation and management of genetic diversity of forest tree populations, thus enabling continuous adaptability of forest tree populations to future environments, it is becoming increasingly important to monitor consequences of environmental changes and intended or unintended anthropogenic influences on populations (KONNERT et al. 2011).

Genetic monitoring is a system that enables quantification of temporal changes in population genetic matrices or other population data (SCHWARTZ et al. 2007, KONNERT et al. 2011). The main objective is to draw conclusions if and how changes in the environment (including habitat fragmentation) and silvicultural measures affect adaptability of forest tree populations, i.e. whether the populations can ensure sustainable development of the existing forest or not. Population changes that can be monitored include population growth or decline, spread of pathogens, hybridization, introgression, fragmentation and adaptability to environmental changes.

Intensity of genetic monitoring depends mostly on the resources allocated. According to their availability, priorities about areas / forests and tree species must be agreed upon. Development of genetic monitoring system must therefore include a definition of a robust as well as labor and financially feasible sampling and experimental design that should be able to adapt to new technology developments.

11 VIRI

11 REFERENCES

- Beltram, G., (Ur.) 2011. Convention on Biological Diversity – 4th National Report of the Republic of Slovenia. MOP, Ljubljana, 109 str.
- Finkeldey, R., Ziehe, M., 2004. Genetic implications of silvicultural regimes.- Forest ecology and management, 197, 1–3, s. 231–244
- Konnert, M., Hosius, B., 2010: Contribution of forest genetics for a sustainable forest management.- Forstarchiv, 81, 4, s. 170–175.
- Konnert, M., Maurer, W., Degen, B., Kätzel, R., 2011: Genetic monitoring in forests – early warning and controlling system for ecosystemic changes. iForest (sprejeto za objavo)
- Koskela, J., Buck, A., Teissier Du Cros, E., (Ur.). 2007. Climate change and forest genetic diversity: Implications for sustainable forest management in Europe. Rome, Bioversity International: 111 str.
- Kraigher, H. 2010a. Ohranjanje genskih virov - kratek pregled aktivnosti v Sloveniji : tehnične smernice za ohranjanje in rabo genskih virov : Slovenija. *Gozd. vestn.*, 68, 2: [95–96].
- Kraigher, H. 2010b. Ohranjanje in raba genskih virov v luči klimatskih sprememb : tehnične smernice za ohranjanje in rabo genskih virov : Slovenija. *Gozd. vestn.*, 68, 9: [423].
- Kraigher, H. 2011a. Projekt EUFGIS - vzpostavitev evropskega informacijskega sistema o gozdnih genskih virih : tehnične smernice za ohranjanje in rabo genskih virov : Slovenija. *Gozd. vestn.*, 69, 2: [99].
- Kraigher, H. 2011b. Stanje gozdov v Evropi - genski viri (stanje leta 2010) : tehnične smernice za ohranjanje in rabo genskih virov : Slovenija. *Gozd. vestn.*, 69, 3: [159].
- Namkoong, G., Boyle, T., Gregorius, H.-R., Joly, H., Savolainen, O., Ratnam, W., Young, A., 1996. Testing Criteria and Indicators for Assessing the Sustainability of Forest Management: Genetic Criteria and Indicators. Working paper no. 10. CIFOR, Bogor, Indonezija, 12 str.
- NGP, 2008. Resolucija o nacionalnem gozdarskem programu. Zveza gozdarskih društev Slovenije, Gozdarska založba, MKGP, Ljubljana. 108 str.
- Schwartz, M.K., Luikart, G., Waples, R.S., 2007. Genetic monitoring as a promising tool for conservation and management. *Trends in Ecology & Evolution*, 22, 1, s. 25–33
- SOBD, 2002. Strategija ohranjanja biotske raznovrstnosti v Sloveniji. MOP, Ljubljana.
- Westergren, M., Božič, G., Kraigher, H. 2007. Razvoj smernic za dinamično varstvo gozdnih genskih virov v spreminjajočih se razmerah v okolju. V: Jurc, M. (ur.). *Podnebne spremembe: vpliv na gozd in gozdarstvo*, (Studia forestalia Slovenica, št. 130). Ljubljana: Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire. Str. 487–488.

Delo terminološke komisije

Pri prevajanju iz tujega jezika včasih beseda ali izraz nima slovenske ustreznice ali pa ta po pomenu ustreza le delno. Zato si je treba pomagati z manj znanimi domačimi izrazi ali pa tudi istemu izrazu dati dvojni pomen. Pri prevajanju nemških izrazov 4. zvezka Gozdarskega slovarja - Lexicon silvestre so se pojavile takšne težave pri besedah oz. izrazih, povezanih z besedo »-Laub-« oz. v slovenščini »-list-«. Komisija je oblikovala naslednje prevode teh nemških izrazov:

oxf. vrstilec zap. številka	nemški izraz	slovenski izraz	razlaga
181.8 .01.70 0167	Laubausbruch <i>m</i> ; Laubentfaltung <i>f</i> /WE/	olistanje <i>s</i>	odprtje listnih popkov na začetku vegetacijske dobe
164.5 .01.20 1176	Belaubung <i>f</i> ; Laubwerk <i>n</i> ; Blattwerk <i>n</i>	olistanost <i>ž</i>	vse listje (igličje) kakega drevesa ali druge rastline kot je razporejeno po rastlini
164.5 .09.20 2303	Blatt <i>n</i> ; Blattorgan <i>n</i>	organ <i>m</i> , listni rastlin-ski	predvsem fotosintezi/2294/ namenjen rastlinski organ, ki praviloma časovno omejeno in večinoma kratkotrajno raste na poganjkih prim.: list/2304/, iglica/2305/
164.5.10.20 2304	Laubblatt <i>n</i> ; Blatt <i>n</i>	list <i>m</i>	ploščat, povečini s klorofilom/1162/ zeleno obarvan listni rastlinski organ/2303/ prim.: iglica/2305/
164.5 .14.20 3251	Laub <i>n</i>	listje <i>s</i>	vsi listni rastlinski organi/2303/ listnatih lesnatih rastlin/1192/ ne glede na to ali so listi še na rastlini/1176/ ali pa so že odpadli
164.5 .15.50 3252	Belaubtheit <i>f</i>	olistanost <i>ž</i>	lastnost rastline, drevesa, da ima listne rastlinske organe/2303/ prim.: listanje/3312/
164.5 .15.51 3253	belaubt; beblättert	olistan, -a, -o	pridevnik k samostalniku olistanost/3252/
174. .08.72 3267	sich belauben; sich mit Laub bedecken; Blätter ansetzen	olistati se	n.n. listopadne/0104/ rastline: na začetku rastnega obdobja/1245/ pognati nove listne rastlinske organe/2303/ prim.: ozeleneti/3241/
181.8 .03.70 3312	Laubentwicklung <i>f</i> , Belaubung <i>f</i> ; Blätterbildung <i>f</i> Blattentwicklung <i>f</i> , Belauben <i>n</i> ; Blattentfaltung <i>f</i>	listanje <i>s</i> ; razvoj <i>m</i> listja	nastajanje listja po vzbrstenju prim.: olistanje/0167/, olistanost/1176, 3252/
181.8 .04.80 3313	Zeit <i>f</i> des Laubaustriebes; Zeit <i>f</i> der Belaubung	čas <i>m</i> listanja	razdobje, v katerem se dogaja olistanje/0167/

Igor SMOLEJ

Neprimeren strokovni izraz

V 2. številki Gozdarskega vestnika (letnik 69, marec 2011) je bil objavljen članek z naslovom » Učinkovitost čiščenja podrasti z motorno žago in motorno koso«. Avtorja sta verjetno pod vplivom trgovcev uporabila neprimeren izraz »**motorna kosa**«. Terminološka komisija ZGD je že pri prevajanju 2. zvezka Lexicon silvestre o tem terminu razpravljala in ga ocenila za neprimernega ter uporabila izraz :

363.2.03.30 1638	žaga ž za nego, krožna	stroj z dolgo gredjo, ki ima pri tleh vrteče se rezilno orodje ter se uporablja za odrezovanje lesnatih rastlin/1192/ (do okrog 10 cm premera) in zeli; nosi ga ena oseba s pomočjo jermenov na ramah
----------------------------	----------------------------------	---

Izraz motorna kosa bi lahko izjemoma uporabili le za stroj, ki ima na koncu gredi vrtečo se nitko in se uporablja za odstranjevanje zeliščnega plevela ali košnjo trave. Krožna žaga ali trizobo rezilo na koncu gredi, ki odstranjuje lesnate rastline in se uporablja za čiščenje nasadov, pa ne more biti kosa. Stroj bi lahko poimenovali tudi žaga za čiščenje, kadar bi hoteli natančneje opredeliti žago za nego (brez odrezovanja zeli). Tudi nemški izraz Freischneidegerät pomeni dobesedno orodje za čiščenje, angleški brush saw pa žago za čiščenje. Res pa je, da nemški slovar Lexicon silvestre za Freischneidegerät navaja šele na tretjem mestu tudi soznačnico Motorsense, od koder je kosa zašla tudi k nam. Pravilno pa bi bilo, da ne dovolimo, da bi se motorna kosa uveljavila v našem strokovnem izražanju.

prof. dr. Marjan LIPOGLAVŠEK

XXVIII. študijskim dnevom na rob

Pred kratkim smo lahko udeleženci študijskih dni, ki jih je odlično organizirala Biotehniška fakulteta, oddelek za gozdarstvo, poslušali široko paleto zanimivih vsebin na skupno temo: » Odzivi gozdne tehnike in gozdarstva na spremenjene razmere gospodarjenja«. Uvodni pozdravni govori visokih gostov so nakazali med drugim na potrebo po reševanju enega osnovnih problemov slovenskega gozdarstva, to je razkorak med možnim in realiziranim posekom v slovenskih gozdovih.

Pri poslušanju kar dvajsetih referatov in prebiranju njih izvlečkov, mi je vzbudilo pozornost nenavadno dejstvo. Količine in merske enote, ki so jih uporabili referenti so bili v prvi vrsti (za ceh skorajda samoumevno) kubični metri in hektarji. Sledili so kilometri in metri, pa časovne enote (ure, dnevi, leta), in tako dalje vse tja do navora in specifičnega pritiska. A glej ga zlomka! Denarne prikaze (€) sem zasledil le v dveh od dvajsetih prispevkov.

Nenavadno za posvet o gospodarjenju. Cilj gospodarjenja je vedno dobiček oz. v gozdarstvu optimiziran čisti donos kot razlika med prihodki in stroški gozdne proizvodnje, upoštevajoč vse funkcije gozda in družbene omejitve. Je denarja v gozdarstvu toliko, da je to nepomembna tema? Ga je tako malo, da je o njem nelagodno govoriti? Postajajo vprašanja gozdne ekonomike, ki so neposredno povezana s tehniko in tehnologijo, slepa pega našega gozdarstva?

Posvet smo sklenili z vzpodbudnimi pozivi k enotnosti stroke in se razšli. Dvajset let v življenju gozda ne pomeni prav veliko. Izgleda, da tudi v našem gozdarstvu ne. Ekonomija je pretežno dogovorna, zaklinjamo se enotnosti, le na bratstvo smo nekako pozabili.

Pa saj poznamo Heglovo tezo o zgodovini kot spirali, kajne?

Tomaž HROVAT

Gozdarski vestnik, LETNIK 69•LETO 2011•ŠTEVILKA 5-6
Gozdarski vestnik, VOLUME 69•YEAR 2011•NUMBER 5-6
Gozdarski vestnik je na Ministrstvu za kulturo vpisan
v Razvid medijev pod zap. št. 610.
Glavni urednik/Editor in chief
mag. Franc Perko

Uredniški odbor/Editorial board
Jure Beguš, prof. dr. Andrej Bončina, doc. dr. Robert Brus, Dušan Gradišar,
Jošt Jakša, dr. Klemen Jerina, doc. dr. Aleš Kadunc, doc. dr. Darij Krajčič,
dr. Mirko Medved, prof. dr. Ladislav Paule, mag. Mitja Piškur,
prof. dr. Stanislav Sever, dr. Primož Simončič, prof. dr. Heinrich Spiecker,
Rafael Vončina, Baldomir Svetličič, mag. Živan Veselič
Dokumentacijska obdelava/Indexing and classification
mag. Maja Božič

Uredništvo in uprava/Editors address
ZGD Slovenije, Večna pot 2, 1000 Ljubljana, SLOVENIJA
Tel.: +386 01 2007866
E-mail: franc.v.perko@siol.net, zveza.gozd@gmail.com
Domača stran: <http://www.dendro.bf.uni-lj.si/gozd.html>
TRR NLB d.d. 02053-0018822261

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

Posamezna številka 7,70 EUR. Letna naročnina:
fizične osebe 33,38 EUR, za dijake in študente
20,86 EUR, pravne osebe 91,80 EUR.

Izdajo številke podprlo/Supported by
Javna agencija za knjigo Republike Slovenije
in Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano RS

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

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



Foto: Daniel ŽLINDRA