



REPUBLIKA SLOVENIJA
MINISTRSTVO ZA ZDRAVJE
URAD REPUBLIKE SLOVENIJE
ZA KEMIKALIJE

Delavnica
“Predstavitev predlogov za program okoljskega biomonitoringa”

10. april 2009

**Gozdarski inštitut Slovenije, Večna pot 2,
Ljubljana**

PROGRAM DELAVNICE

9.00	Uvodni pozdrav in predstavitev izhodišč in ciljev okoljskega biomonitoringa (mag. Lijana Kononenko, URSK)
Področje:	Kopenski ekosistemi
9.20	Pomen biomonitoringa v kopenskih ekosistemih in primeri uporabe višjih rastlin in lišajev (prof. dr. Franc Batič in sod., BF)
9.40	Popis spremljanja razvrednotenja in poškodovanosti gozdov (PSRPG) stanja gozdov kot merilo kratkotrajnih in dolgotrajnih vplivov onesnaženega zraka na gozd (dr. Primož Simončič in sod., GIS)
10.00	Metode mikobioindikacije in rizobioindikacije motenj in stresa v gozdnih ekosistemih (prof. dr. Hojka Kraigher in sod., GIS)
10.20	Akumulacijska bioindikacija (dr. Samar Al Sayegh Petkovšek, ERICo)
10.40	Mahovi in lišaji kot bioindikatorji depozicije kovin, radionuklidov in nekaterih organskih onesnažil zraka (dr. Zvonka Jeran, IJS)
11.00	Biomonitoring z vretenčarji s poudarkom na srnjadi (doc. dr. Boštjan Pokorny, ERICo)
11.20	Podlage za okoljski biomonitoring v kopenskih ekosistemih z mikroorganizmi (prof. dr. Ines Mandič-Mulec, BF)
11.40	Diskusija
12.00 - 13.00	ODMOR za pijačo, prigrizek in diskusijo
Področje:	Vodni ekosistemi
13.00	Možnost uporabe vodnih organizmov z metodami bioindikacije (prof. dr. Mihael Toman, BF)
13.20	Uporaba biomarkerjev v biomonitoringu vodnih ekosistemov (doc. dr. Tatjana Tišler, dr. Anita Jemec, KI)
14.00	Določitev obremenjenosti jezerskih ekosistemov s kovinami z uporabo bioindikatorskih organizmov na primeru šaleških jezer (dr. Zdenka Mazej, ERICo)
Področje:	Zagotavljanje kakovosti
14.20	Zagotavljanje kakovosti pri izvedbi nadzornih meritev kemikalij v okolju in bioloških sistemih: primeri iz humanega biomonitoringa v R. Sloveniji (prof. dr. Milena Horvat, IJS)
14.40	Diskusija in oblikovanje zaključkov
15.30	Zaključek delavnice

Predlog in cilji okoljskega biomonitoringa kemikalij

Lijana Kononenko

Urad Republike Slovenije za kemikalije

Cilj biomonitoringa kemikalij je pridobiti statistično pomembne količine podatkov, ki naj pokažejo dejanske obremenitve življenjskega okolja in organizmov z določenimi onesnaževali. Dolgoročni cilj je spremljanje trendov stanja v večletnem obdobju. Podatki bodo služili kot podlaga za oceno stanja/tveganja, za uvedbo varstvenih ukrepov, obenem pa bodo omogočili redno spremljanje le-teh po določbah Zakona o kemikalijah v 49., 50., 51. (prepovedi in omejitve) in 51.a členu (biomonitoring kemikalij).

Program biomonitoringa okolja bo izdelan v sodelovanju z ministrstvom, pristojnim za kmetijstvo in ministrstvom, pristojnim za okolje. Program se bo izvajal postopoma v treh letih po vsem ozemlju Republike Slovenije, preko izbranih geografskih območij, na temeljih razdelitve na statistične regije, vključno z referenčnimi neonesnaženimi območji: A) ohranjena narava, B) narava z zmernimi antropogenimi vplivi in C) degradirano okolje.

Prostoživeči organizmi odražajo stanje okolja, v katerem živijo, zato lahko z metodami biomonitoringa služijo kot "zgodnje opozorilo" za potencialno izpostavljenost ljudi. V prvi fazi raziskav, ki bo trajala tri leta (2010-2012), se predlaga določitev osnovnih vrednosti biološkega stanja in kemijskega stanja (prisotnosti onesnaževal) v izbranih organizmih in ekosistemih. Ta pilotna faza bo služila kot osnova za načrtovanje nadaljnjih faz raziskave in za oceno sprememb v času (spremljanje trendov) ter primerjavo rezultatov, kar bo omogočila tudi ocena osnovnih vrednosti.

Cilji so enotno definirani za monitoring kemikalij v organizmih, vključno s človekom, z metodami merjenja in spremljanja sprememb v ljudeh in v prosto živečih organizmih, ki nastanejo zaradi njihove izpostavljenosti kemikalijam kot onesnaževalom. Okoljski in humani biomonitoring sta utemeljena na enakih ciljih (statistično pomembna količina podatkov, izbor parametrov/biomarkerjev, meritev in opazovanj, geografska pokritost) metode pa so prilagojene glede na razlike, po priporočilih smernic in strokovnih sodelavcev za posamezno področje (zdravstvena ekologija, ekologija mikroorganizmov, rastlin in živali). Ob nekoliko kasnejšemu vzpostavljanju okoljskega biomonitoringa naj bi potekala oba programa čimprej časovno in geografsko vzporedno.

Razvoj biomonitoringa na nacionalni ravni je dolgoročen projekt. Podatki, pridobljeni z biomonitoringom odražajo celotno izpostavljenost določenim onesnaževalom, iz lokalnih točkovnih ali razpršenih virov ter tudi iz njihovega prenosa na dolge razdalje. Zato je biomonitoring najboljši način ocene celokupne izpostavljenosti okolja kemikalijam, pa tudi njihovih vplivov na ljudi, organizme in ekosisteme. S sistematičnim zbiranjem večjega števila bioloških vzorcev in opazovanj v določenem časovnem obdobju bomo pridobili podatke o spremembah in trendih izpostavljenosti v času. Številni podatki kemijskega stanja okolja bodo dobili pomembno dopolnilo, z dodatnimi študijami povezav med podatki o stanju okolja in podatki biomonitoringa bo lahko pojasnjeno veliko več, kot je bilo do sedaj. Bistvena pridobitev pa bodo na podlagi ocene vplivov na okolje oziroma tveganja za okolje utemeljeni, pripravljene in izpeljani določeni varstveni ukrepi.

Pridobljeni podatki biomonitoringa o prisotnosti določenih nevarnih kemikalijah v prosto živečih indikatorskih vrstah organizmov in njihovih vplivih na le-te in na stanje ekosistemov bodo služili tudi za namen poročanja Republike Slovenije Komisiji o obremenitvah okolja z obstojnimi organskimi onesnaževali (POPs) na podlagi Uredbe o izvajanju Uredbe Evropskega parlamenta in Sveta ES o obstojnih organskih onesnaževalih in Stockholmske konvencije o obstojnih organskih onesnaževalih. Podlage so tudi v EU zakonodaji in mednarodnih pogodbah (Krovna direktiva o vodah, Strategija EU za okolje in zdravje, več konvencij (LRTAP, POPs, ...)).

Pomen biomonitoringa v kopenskih ekosistemih in primeri uporabe višjih rastlin in lišajev

¹Franc Batič, ¹Klemen Eler, ²Boštjan Grabner, ¹Damijana Kastelec, ³Nataša Kopušar, ⁴Marko Kovač, ³Helena Poličnik, ²Cvetka Ribarič-Lasnik, ¹Helena Šircelj, ¹Boris Turk

¹ Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo, Jamnikarjeva 1001, 1000 Ljubljana; franc.batic@bf.uni-lj.si

² Inštitut za okolje in prostor, Ipavčeva 18, 3000 Celje

³ **ERICo Velenje, Koroška 58, 3320 Velenje, Slovenia**

⁴ Gozdarski inštitut Slovenije, Večna pot 2, 1000 Ljubljana

Sledenje stanja okolja v kopenskih ekosistemih z rastlinami in lišaji ima v ekologiji rastlin dolgo tradicijo. Nedvomno je prvi največji razmah tega pristopa zaslediti v fitocenologiji, predvsem zueriško- montpeljejske šole. Na osnovi prisotnosti in prevladovanja posameznih rastlinskih vrst v različnih okoljskih razmerah (lastnosti tal, klime, položaja na kontinentih in nadmorske višine) so za vrste evropske flore določene numerične vrednosti za svetlobo, temperaturo, kontinentalnost, vlažnost, pH, vsebnost dušika v tleh in slanosti rastišča. S pojavom vse večjega industrijskega onesnaževanja, razvojem prometa, energetike, industrializacijo kmetijstva in splošno urbanizacijo okolja so začeli rastline uporabljati tudi kot indikatorje onesnaženosti okolja, najprej v neposredni okolici virov zračnega onesnaženja, kasneje s pojavom propadanja gozdov pa tudi širše. V tem obdobju je tudi prevladalo prepričanje, da je uporaba bioindikacije v sklopu na učinke onesnaženja orientiranih okoljski raziskav nujno potrebna, kajti zgolj kemijske meritve onesnažil ne kažejo stanja žive narave, še manj so sposobne dati podatke o integralnih vplivih onesnažil in abiotičnih dejavnikov v časovni in prostorski skali. Vzporedno s tem se je razvijala uporaba bioindikatorjev v toksikoloških študijah v medicini, veterini, pridelavi in predelavi hrane in krme, v smislu zagotavljanja kemijske varnosti. Slednji pristop je le v primernih drastičnih onesnaženj okolja prerastel v ekotoksikološke študije. Koncept uporabe organizmov za sledenje stanja okolja se je v primerih onesnaženja v kopenskih ekosistemih razvil v največji meri za sledenje vplivov onesnaženja zraka, v manjši meri tudi za sledenje onesnaženja tal, pa še to v največji meri kot posledice onesnaženja zraka. V te namene so bile razvite metode aktivne in pasivne bioindikacije, razviti so bili odzivni in akumulacijski indikatorji. Po opravljenih laboratorijskih raziskavah o vplivu zračnih onesnažil na rastline in lišaje kot tudi po številnih zaplinjevalnih poskusih v naravi (zaplinjanje v komorah brez pokrova (open-top chamber), zaplinjevanje na proste (FAE- free-air enrichment fumigation) so bili za najpogostejša onesnažila zraka (SO₂, HF, NO_x, O₃, PAN,..) izbrani monitorji- indikatorske rastline, s katerimi je mogoče kvalitativno in kvantitativno spremljati onesnaženje okoja. V povezavi s tem so bili razviti standardizirani postopki izpostavitve, opazovanja in spremljanja odziva indikatorskih rastlin, največ v povezavi z aktivnostmi v okviru v okviru programa ICP-Vegetation¹, kot enega izmed delovnih področij Delovne skupine za učinke onesnaženega zraka (WGE²) zaradi daljinskega transporta onesnaženega zraka (UNECE CLRTAP³).

V Sloveniji je bil ta programa poleg programa ICP-Forest (WGE, CLRTAP) najbolj usklajena aktivnost biomonitoringa onesnaženosti okolja v kopenskih ekosistemih z rastlinami, s poudarkom na spremljanju škodljivih učinkov ozona na kmetijskih rastlinah in polnaravni

¹ The International Cooperative Programme on Effects of Air Pollution on Natural Vegetation and Crops

² Working Group on Effects

³ Convention on Long-range Transboundary Air Pollution

vegetaciji (trajna travišča). Pri tem so bile uporabljene različne indikacijske rastline, od sort in klonov na ozon odporne in občutljive plazeče detelje (*Trifolium repens* L.), navadnega glavinca (*Centaurea jacea* L.), tobaka (*Nicotiana tabacum* 'Bel W3, Bel b, Bel c') in še mnogih drugih indikatorskih vrst gojenih in samoniklih rastlin. Aktivnost je potekala v okviru WGE CLRTAP programa ICP-Vegetation, sprva kot razvoj metod v okviru razvojnih aplikativnih projektov, kasneje kot diplomska, magistrska in doktorska dela dodiplomskih in podiplomskih študentov Biotehniške fakultete. Na območju Šaleške in Mežiške doline, v Zasavju in delno tudi v Ljubljani je ta aktivnost potekala tudi kot operativni monitoring večjih termoenergetskih in industrijskih objektov v izvedbi ERIC-a iz Velenja. Na osnovi teh aktivnosti imamo v Sloveniji že vpeljane metode biomonitoringa stanja okolja z rastlinami za primere splošnega onesnaženja zraka, onesnaženja z žveplovimi in fluorovimi spojinami, predvsem pa za monitoring troposferskega ozona. Poleg omenjenih aktivnosti so bile višje rastline uporabljen kot bioindikatorji onesnaženosti zraka in tal s težkimi kovinami (izbrane vrste samoniklih in gojenih rastlin), splošne onesnaženosti okolja (zraka, tal) z metodami citogenetske bioindikacije in s posameznimi raziskavami učinkov onesnaženega zraka na fiziološki in biokemični ravni (fotosintezna barvila, antioksidanti, encimi kot specifični in nespecifični markerji). Standardizacija monitoringa z višjimi rastlinami je v državah EU izven aktivnosti CLRTAP še v teku.

Verjetno so v svetu kot tudi v Sloveniji najbolj poznani bioindikatorji onesnaženosti zraka epifitski lišaji, tako kot odzivni in akumulacijski indikatorji, razvite so pasivne in aktivne metode bioindikacije. Zaradi dokaj usklajene aktivnosti v okviru mednarodne lišajske organizacije so razvite metode standardiziranega biomonitoringa z lišaji, predvsem z epifitskimi lišaji kot kazalniki čistoče zraka. V Sloveniji smo v okviru popisa stanja gozdov razvili enostavno metodo za velikopovršinsko sledenje stanja zraka v te namene, ki je bila že prej in se še sedaj uporablja v didaktične namene, pri ekološkem ozaveščanju osnovnošolske in srednješolske mladine. V okviru bolj poglobljenih študij (diplome, magisteriji, doktorati) so bile v Sloveniji implementirane metode spremljanja stanja zraka s kartiranjem lišajskih vrst (okolice termoenergetskih objektov, večjih mest, visokodebelnih sadovnjakov) na osnovi evropskih smernic (European guidelines for epifitic lichen mapping) in združenja nemških inženirjev (VDI).

V prispevku bodo prikazani nekateri primeri iz zgoraj navedenih področij biomonitoringa stanja kopenskih ekosistemov z višjimi rastlinami in lišaji kot tudi možnosti uporabe teh aktivnosti v okoljskem biomonitoringu kot podlagi za humani biomonitoring glede na ciljna onesnažila, stanje ekosistemov/biodiverzitete in posamezna območja Slovenije.

Popis spremljanja razvrednotenja in poškodovanosti ter stanja gozdov kot merilo kratkotrajnih in dolgotrajnih vplivov onesnaženega zraka na gozd

dr. Gal KUŠAR, dr. Primož SIMONČIČ, dr. Marko KOVAČ,

Gozdarski inštitut Slovenije, Večna pot 2, 1000 Ljubljana

Izvleček: Predstavljen je Popis spremljanja razvrednotenja in poškodovanosti gozdov (PSRPG), ki poteka v skladu z zahtevami Pravilnika o varstvu gozdov (Ur.l. RS št. 92/00 z dopolnili (spremembe in dopolnitve UL RS 56/2006). Sistem velikoprostorskega monitoringa gozdnih ekosistemov sestavlja sistematična vzorčna mreža 4 x 4 km (800 traktov), ki pokriva vse slovenske gozdove. Na teh traktih se opravlja periodična (na 5-10 let) snemanja. Na 45 traktih redkejšo vzorčno mrežo (16 x 16 km) pa se opravlja vsakoletna snemanja. Za različna snemanja je možno uporabiti vzorčno mrežo z različno gostoto (npr. 8 x 8 km, 4 x 8 km,...).

PSRPG je zasnovan tako, da omogoča mnogonamensko rabo in pridobivanje podatkov na različnih področjih: zdravstveno stanje gozdov (osutost in poškodovanost dreves), bioindikacija s pomočjo epifitskih lišajev, gospodarjenje z gozdovi, gozdna vegetacija, preskrba z minerali, gozdna tla, gozdni viri, biodiverzitetna gozdnih ekosistemov, funkcije gozdov, mednarodna poročanja s področja gozdarstva. Sistem upošteva mednarodna merila in priporočila (npr. COST E43, ICP Forest, Forest Focus, FutMon Life+). V prispevku je predstavljen razvoj sistema monitoringa in ponovljivost snemanj od leta 1985 naprej.

Dela na ploskvah posameznega trakta obsegajo: podroben opis ploskve (rastišča in sestoja), meritve in ocenjevanje izbranih znakov na drevesih, ocenjevanje osutosti in poškodovanosti dreves ter ocenjevanje pokrovnosti lišajev. V določenih obdobjih so bili na mrežah izvedeni še popisi stanja gozdnih tal in preskrba drevja s hranili (16x16km) ter ocene zalog ogljika in dušika v opadu in tleh (8x8km).

Na desetih izbranih ploskvah (TRP) intenzivnega monitoringa gozdov poteka od l. 2004 kontinuirano spremljanje procesov (program Forest Focus 2004/06, Intenzivni monitoring-MKGP 2007/08, FutMon Life+ 2009/10), npr. spremljanje vnosa onesnažil v gozdne ekosisteme, iznos snovi, odziv drevja na dane razmere (spremljanje zdravstvenega stanja drevja, rasti drevja in pritalne vegetacije, fenološka opazovanja idr.). Na štirih izbranih TRP in dodatno na višinskem profilu na Pokljuki smo v okviru projekta Interreg III B EU Alpine Space Programme »MONARPOP« (2003/06) sodelovali pri analizi vnosa in analizi vsebnosti POP v smrekovih iglicah ter gozdnih tleh.

Mikobioindikacija in rizobioindikacija motenj in stresa v gozdnih ekosistemih

Hojka Kraigher¹, Samar Al Sayegh Petkovšek², Tine Grebenc¹, Boštjan Mali¹, Robert Robek¹, Peter Železnik¹

¹Gozdarski inštitut Slovenije, Večna pot 2, 1000 Ljubljana, hojka.kraigher@gozdis.si

²ERICo Velenje, Koroška 58, 3320 Velenje, samar.petkovsek@erico.si

Delovanje gozdnih ekosistemov temelji na dinamiki znotraj- in medvrstnih odnosov, ki sooblikujejo pretok energije in mase med viri, ponori, producenti in porabniki. Kroženje ogljika, vode in hranil v času in prostoru poteka v veliki meri **po skupnih micelijskih mrežah** različnih skupin gliv. Spremembe v delovanju, pojavljanju, funkcionalnih skupinah in združbah ektomikorize odražajo vplive različnih motenj in onesnaževanja, posamezne vrste gliv pa lahko delujejo tudi kot selektivni akumulacijski bioindikatorji onesnaženosti z različnimi elementi. Populacije v stresu so zaradi nižjih indeksov biodiverzitete manj prilagodljive na bodoče spremembe okolja.

Metode mikobioindikacije slonijo na raziskavah Eefa Arnoldsa (1988, 1991) in E. Jaenike (1991), ki sta beležila **upadanje določenih skupin gliv pod vplivi evtrofikacije** z dušikovimi spojinami na Nizozemskem. Metodo mikobioindikacije na osnovi **popisovanja trosnjakov gliv** je dalje razvijal Fellner (1989): metoda mikobioindikacije zasnovana na osnovi **razmerja med mikoriznimi in lignikolnimi vrstami gliv** oz. vsemi makromicetami; spremembe v razmerju vrst iz skupin Basidiomycota in Ascomycota. Zaradi klimatsko pogojenih in nerednih pojavljanj trosnjakov sta kasneje Fellner in Peškova (1995) metodo preusmerila v **analize gostote in deleža aktivne mikorize**. V letih 1986 – 1995 smo metodo mikobioindikacije uporabili tudi v Sloveniji, kjer smo raziskovali **vpliv emisij iz Termoelektrarne Šoštanj na spremembe v združbah tipov ektomikorize** (Kraigher 1991a, 1994, Kraigher, Batič, Agerer 1996) ter na **mikorizni inokulum potencial** različno onesnaženih substratov (Kraigher 1991b, Al Sayegh Petkovšek 1996 idr.). Uporabnost gliv kot **akumulacijskih bioindikatorjev** je razvila Al Sayegh Petkovšek v seriji člankov (2005 dalje) in doktoratu (2008). Vplive prekomernega onesnaževanja z žveplovimi in dušikovimi spojinami smo v letih 1998 – 2004 dopolnili z raziskavami **vplivov gozdnogospodarskih ukrepov** na združbe ektomikorize (Kraigher 1999, Grebenc 2005) ter **vplivov prepihanja** odraslih dreves in sadik **z ozonom** na združbe ektomikorize (Grebenc 2005, Grebenc in Kraigher 2007a, b, Železnik s sodelavci 2007). Pregledno so različni raziskovalni pristopi v Sloveniji prikazani v članku Kraigher et al (2007), vplivi posameznih stresnih dejavnikov na ektomikorizo in drobne korenine pa v članku Cudlin et al (2007). Ugotovljene so bile **vrste, ki proliferirajo** v posameznih ali multiplih stresnih pogojih v okolju (npr. *Paxillus involutus*, *Piceirhiza inflata*, *Cenococcum geophilum* idr.) in druge, ki v določenih pogojih v okolju **izginejo** (vrste iz rodu *Hydnum* idr.). Stresne pogoje v okolju ugotavljamo tudi **z indeksi biodiverzitete**, analizami **dominantnosti** posameznih tipov ektomikorize v združbah ter spremembah v deležu **funkcionalnih skupin – eksploracijskih tipov ektomikorize**.

Kombinacija raziskav rasti korenin in združb mikoriznih gliv lahko indicira različne stresne dejavnike (Erland & Taylor 1999). Robek (Robek et al 1998) je razvil različne **indekse rasti korenin kot kazalce motenj** v gozdnih ekosistemih, Železnik s sod. (2007) pa jih je uporabil pri analizah vplivov ozona na uspevanje sadik bukve.

Metoda mikobioindikacije z analizo sprememb v sestavi združb tipov ektomikorize in mikoriznih gliv ter rizobioindikacije motenj v gozdnih ekosistemih bo prikazana **s primeri vplivov in odzivov na onesnaževanje** s spojinami S, N, ozona, CO₂, težkih kovin in sušnega stresa. V Sloveniji uporabljamo mikobioindikacijo z tipi ektomikorize in mikoriznimi glivami kot **kazalci**: indeksi biodiverzitete; kartiranja trosnjakov in tipov ektomikorize *in situ*, **pasivni (akumulacijski) monitorji**: vsebnost posameznih elementov v trosnjakih, **aktivni monitorji**: izpostavljanje nemikoriznih sadik (smreke) na ploskve, in **testerji**: mikorizni potencial rastišč (tal) - lončni poskusi; hormonalna regulacija (citokinini) mikoriznih sadik smreke na različnih substratih v rastnih komorah. **Relativno hitre metode**, ki vključujejo molekularne metode identifikacije tipov ektomikorize, lahko vodijo do

predlogov za prilagoditev načrtovanja gospodarjenja oz. antropogeno pogojenih stresnih pogojev in motenj v okolju.

Reference

- Al Sayegh Petkovšek, S. and Kraigher, H.: 2003, 'Mycorrhizal potential of two forest research plots with respect to reduction of the emissions from the Thermal Power Plant Šoštanj', *Acta biol. Slov.* **46**, 9--16.
- Al Sayegh Petkovšek, S.: 1997, 'Mycorrhizal potential of two differently polluted forest sites in the emission region of the Thermal Power Plant Šoštanj', *Zbornik gozdarstva in lesarstva*. **52**, 323 -- 350.
- Al Sayegh Petkovšek, S.: 2005, 'Belowground ectomycorrhizal fungal communities at fagus stands in differently polluted forest research plots', *Zb. gozd. lesar.* **76**, 5--38.
- Al Sayegh Petkovšek S, Pokorny B (2006) Fungi as responsive and accumulative bioindicators of forest site pollution in the Šalek valley. *ZbGL:81:61-71*
- Arndt, U., Nobel, W. and Schweizer, B.: 1987, *Bioindikatoren – Möglichkeiten, Grenzen und neue Erkenntnisse*, Ulmer, Stuttgart.
- Arnolds, E.: 1988, 'The changing macromycete flora of the Netherlands', *Trans. Br. Myc. Soc.*, **90**, 391—406.
- Arnolds, E.: 1991, 'Decline of ectomycorrhizal fungi in Europe', *Agriculture, Ecosystems and Environment*, **35**, 209-- 244.
- Erland, S. and Taylor, A.F.S.: 2002, 'Diversity of ectomycorrhizal fungal communities in relation to the abiotic environment', in M. van der Heijden and T. Sanders (eds.), *The ecology of ectomycorrhizas. Ecological studies Series*, Volume 157, Chapter 7, Springer Verlag, pp. 163--193.
- Fellner, R. and Peškova, V.: 1995, 'Effects of industrial pollutants on ectomycorrhizal relationships in temperate forest', *Can. J. Bot.*, **73** (Suppl. 1), 1310--1315.
- Fellner, R.: 1989, 'Mycorrhiza-forming fungi as bioindicators of air pollution', *Agriculture, Ecosystems and Environment*, **28**, 115—120.
- Grebenc, T.: 2005, Tipi ektomikorize na bukvi (*Fagus sylvatica* L.) v naravnem in gospodarskem gozdu : doktorska disertacija = Types of ectomycorrhizae on beech (*Fagus sylvatica* L.) in natural and managed forest : doctoral dissertation. Ljubljana: 174 pp. http://www.digitalna-knjiznica.bf.uni-lj.si/dd_grebenc_tine.pdf.
- Grebenc T, Kraigher H (2007) Changes in the community of ectomycorrhizal fungi and increased fine root number under adult beech trees chronically fumigated with double ambient ozone concentration. *Plant Biol* 9(2):279-287
- Jaenike, J.: 1991, 'Mass Extinction of European Fungi', *Tree*, **6**, 174—175.
- Kraigher, H., Batič, F., Agerer, R.: 1996, 'Types of ectomycorrhizae and mycobioindication of forest site pollution', *Phyton (Horn, Austria)*, **36**, 115-120.
- Kraigher, H.: 1999, 'Diversity of types of Ectomycorrhizae on Norway spruce in Slovenia', *Phyton (Horn, Austria)*, **39**, 199-- 202.
- Kraigher H, Al Sayegh Petkovšek S, Grebenc T, Simončič P (2007) Types of ectomycorrhiza as pollution stress indicators: case studies in Slovenia. *Environ Monit Assess* 128(1):31-45
- Železnik P, Hrenko M, Then C, Koch N, Grebenc T, Levanič T, Kraigher H (2007) CASIROZ : root parameters and types of ectomycorrhiza of young beech plants exposed to different ozone and light regimes. *Plant Biol* 9(2):298-308

AKUMULACIJSKA BIOINDIKACIJA TEŽKIH KOVIN V GOZDNEM EKOSISTEMU Z UPORABO GLIV IN BRANIK

Samar Al Sayegh Petkovšek, Helena Poličnik, Boštjan Pokorny

ERICo Velenje, inštitut za ekološke raziskave d.o.o., Koroška 58, 3320 Velenje

Onesnaženost gozdnih ekosistemov s težkimi kovinami, ki so uvrščene v sam vrh najbolj problematičnih onesnažil zaradi svoje strupenosti (rakotvorni in teratogeni učinki; vpliv na encimatsko delovanje in presnovo), sposobnosti kopičenja v višjih členih prehranjevalnih verig (kroženja v ekosistemih) in dolgoživosti v okolju, lahko ugotavljamo z uporabo akumulacijskih bioindikatorjev kot so npr. trosnjaki gliv in branike. Na podlagi celovite raziskave vsebnosti težkih kovin v trosnjakih gliv v Šaleški dolini in na referenčnih območjih (Zgornja Mežiška dolina, Poljanska dolina, Kočevsko, Zasavje in vojaška poligona Poček ter Krivolak) v obdobju 2000-2008 smo ugotovili, da so vsebnosti Cd in As v večini vrst gliv iz Šaleške doline (enako velja za Cd ter Pb v trosnjakih iz Zg. Mežiške doline) med največjimi izmerjenimi v Evropi; nasprotno padejo vsebnosti Pb in Hg (Šaleška dolina) v rang vsebnosti, ki so značilne za neonesnažena območja. Izmed ostalih raziskovalnih območij lahko izpostavimo Poljansko dolino, ki je zmerno onesnažena s Hg zaradi bližine rudnika živega srebra v Idriji. Vzopredna ugotovitev je bila, da so trosnjaki izbranih vrst gliv (jesenski gobani, kostanjasti goban (kostanjasta polstenka), orjaški dežnik, vijoličasta bledivka) primerni pokazatelji onesnaženosti gozdnih tal s težkimi kovinami (arzen, kadmij, živo srebro, svinec, itd.). Uporabnost trosnjakov gliv v smislu biomonitoringa kemikalij povečujejo naslednje lastnosti: veliko kopičenje težkih kovin v trosnjakih gliv, ki poenostavlja kemijske analize, enostavnost vzorčenja in splošno pojavljanje v različnih gozdnih združbah ter poudarjen toksikološki vidik – na podlagi poznavanja vsebnosti težkih kovin v gobah lahko ocenjujemo njihov vnos v višje člene prehranjevalnih verig do človeka (npr. srnjad se na primer v poletnem in jesenskem obdobju intenzivno prehranjuje z gobami; podobno velja tudi za človeka). Na podlagi izmerjenih vsebnosti težkih kovin v gobah in WHO priporočil o dopustnem vnosu težkih kovin v človeško telo je možno oceniti, oziroma opredeliti tveganje za človekovo zdravje zaradi prehranjevanja z njimi. Izračunamo lahko kolikšna je dopustna količina izbranih vrst gob, nabranih na določenem območju, ki jih še lahko zaužijemo, ne da bi prekoračili dopusten vnos težkih kovin v organizem in tako potencialno ogrozili zdravje človeka.

Ena izmed največjih prednosti bioindikacije je možnost opravljanja retrospektivnih analiz, da bi zanesljiveje ugotovili pretekle trende onesnaženosti okolja. K tovrstni bioindikaciji sodi uporaba branik dreves. Vsebnosti težkih kovin so bile določene v letnih prirastnih kolobarjih dreves (branik) iz okolice točkovnih virov emisij (Šaleška dolina, Zgornja Mežiška dolina, Zasavje), v neposredni bližini prometnic (Maribor, Sp. Ščavnica, Turjak, Trojane), v kontrolnem (Kočevsko) in vulkanskem območju (Etna, Sicilija). Ugotovljene so bile močne soodvisnosti med letnimi emisijami SO₂ oziroma prahu iz Termoelektrane Šoštanj (TEŠ) in vsebnostmi Cd v letnicah vseh iglavcev in tudi difuzno poroznih listavcev, kar nakazuje, da so te vrste primerne za sledenje onesnaženosti okolja s Cd celo na letni ravni. Za rdeči bor smo poleg tega ugotovili še visoko značilne soodvisnosti tudi za Pb. Izvedeni ukrepi v TEŠ imajo za posledico bistveno zmanjšanje emisij in manjše onesnaževanje kopenskih ekosistemov; zaradi manjšega foliarnega vnosa kovin v drevesa se le-to odraža v bistveno nižjih vsebnostih Cd, nekoliko manj izrazito pa tudi v branikah, ki so nastale po izvedenih sanacijskih ukrepih, v primerjavi z branikami, ki so prirasle v obdobju pred izvedbo ukrepov. Podobne trende (izrazit upad vsebnosti Cd, delno pa tudi Pb v zadnjih desetletjih) smo ugotovili tudi v ostalih v raziskavo vključenih območjih. Zaključimo lahko, da lahko tovrstne dendrokemijske analize pomembno doprinesejo k rekonstrukciji trendov onesnaženosti okolja s težkimi kovinami, posledično pa tudi k razumevanju okoljskih procesov in vzorčno-posledičnih zvez med emisijami, dostopnostjo ter privzemom težkih kovin v rastline.

MAHOVI IN LIŠAJI KOT BIOINDIKATORJI DEPOZICIJE KOVIN, RADIONUKLIDOV IN NEKATERIH ORGANSKIH ONESNAŽIL ZRAKA

Zvonka Jeran

Institut »Jožef Stefan«, Jamova 39, 1000 Ljubljana

Zaradi industrijske dejavnosti, kmetijstva, prometa, individualnih kurišč in drugih antropogenih virov je zrak vse bolj onesnažen, strupene snovi iz ozračja pa neposredno spreminjajo (motijo) življenjske procese v kopenskih in vodnih ekosistemih ter vplivajo tudi na zdravje ljudi. Nevarnosti, ki jih prinaša onesnažen zrak je prisililo mednarodno skupnost k iskanju metod in načinov za določanje kritičnih obremenitev in vplivov, ki jih imajo specifični onesnaževalci na okolje s skupnim ciljem, da se onesnaževanje zmanjša. Med onesnaževalci, ki jih je po mednarodnih konvencijah oziroma protokolih potrebno slediti pa sodijo tudi težke kovine (Cd, Hg, Pb) in obstojne organske snovi. Za pridobitev kvalitetnih imisijskih podatkov o posameznih onesnaževalcih (npr. kovin, radionuklidov, ...) moramo vzorčevanje izvesti na večjem številu vzorčevalnih mest z uporabo ustrezne vzorčevalne in merilne opreme, ki je pogosto omejena na določanje le posameznih specifičnih onesnaževalcev in zahteva tudi določeno infrastrukturno opremljenost vzorčevalnega mesta in varstvo. Tak način vzorčevanja je drag in ga zato izvajajo le na manjšem številu vzorčevalnih mest. Kot pomožna ali dopolnilna metoda za spremljanje depozicije kovin in radionuklidov ter v zadnjem času tudi policikličnih aromatskih ogljikovodikov (PAH) se v Evropi in tudi drugod po svetu vse bolj uveljavlja biomonitoring z uporabo lišajev ali mahov. Ti dve skupini rastlinskih organizmov, ki sicer nista v sorodstveni zvezi namreč zadostujeta osnovnim zahtevam, ki so pogoj, da nek organizem lahko uporabljamo kot aktivni ali pasivni biomonitor/bioindikator onesnaženosti zraka: sta splošno razširjeni v okolju, morfologija se ne spreminja z letnimi časi, dostopni za vzorčevanje vse leto, vzorčevanje je enostavno, imata veliko akumulacijsko sposobnost, ki ni odvisna od letnega časa, imata dolgo življenjsko dobo, zaradi specifične zgradbe (brez kutikule, koreninskega sistema, velike površine) sprejemata tako nutrie kot tudi toksične substance v glavnem v obliki mokrega ali suhega useda iz zraka, naravne koncentracije elementov v njihovih steljkah so izredno nizke, cena vzorčevanja in analize je nizka v primerjavi z drugimi fizikalnimi metodami.

V prispevku bodo predstavljene večletne izkušnje Odseka za znanosti o okolju IJS pri uporabi lišajev in mahov za ugotavljanje onesnaženosti zraka s težkimi kovinami in drugimi elementi v sledovih, radionuklidi in PAH v Sloveniji, tako v okolici nekaterih znanih emisijskih virov (Rudnik Žirovski vrh, Rudnik Hg v Idriji, mesto Ljubljana, TEŠ) kot tudi na območju celotne Slovenije. Odsek za znanosti o okolju je do sedaj že trikrat (1995, 2001, 2006) sodeloval v evropskem projektu: *“Depozicija težkih kovin z analizo mahov”*, ki poteka v koordinaciji Centra za ekologijo in hidrologijo (Centre for Ecology and Hydrology - CEH) iz Bangor-ja, Velika Britanija v okviru ICP-Vegetation⁴ kot enega izmed delovnih področij delovne skupine za učinke onesnaženega zraka (WGE⁵) zaradi daljinskega transporta onesnaženega zraka (UNECE CLRTAP⁶) in pridobil pomembne podatke o depoziciji kovin na celotnem ozemlju Slovenije. Prikazana bo tudi primerjava uporabe obeh monitorskih organizmov (lišajev in mahov).

⁴ The International Cooperative Programme on Effects of Air Pollution on Natural Vegetation and Crops

⁵ Working Group on Effects

⁶ Convention on Long-range Transboundary Air Pollution

BIOMONITORING Z VREtenČARJI – S POUdARKOM NA SRNJADI – V KOPENSKIH EKOSISTEMIH SLOVENIJE

doc. dr. Boštjan POKORNY, Ida JELENKO, dr. Helena POLIČNIK

ERICo Velenje, Ecological Research and Industrial Cooperation, Koroška 58, 3320 Velenje, Slovenia

Onesnaženost okolja lahko ugotavljamo s pomočjo bioindikatorjev – organizmov, ki omogočajo vpogled v prostorsko in časovno razsežnost vpliva onesnažil na življenjsko združbo. V svetu se za bioindikacijo onesnaženosti okolja v kopenskih ekosistemih zelo uspešno uporabljajo različne vrste vretenčarjev – ptiči, mali sesalci (zlasti žužkojedi), zajci, male zveri (npr. lisica), rogarji (npr. gams) in različne vrste iz družine jelenov (*Cervidae*), še zlasti srnjad (*Capreolus capreolus* L.). Slednja izpolnjuje številne kriterije, ki naj bi jih izpolnjevala vrsta, katero želimo uporabiti v bioindikativne namene: visoka stopnja kopičenja onesnažil; pozitivna povezava med vnosom onesnažil v ekosisteme in njihovimi vsebnostmi v tkivih srnjadi; določena tkiva (rogovje, čeljusti) omogočajo vsebinsko utemeljene in zanesljive retrospektivne raziskave; standardizirane vzorčevalne in analitske metode lahko enostavno razvijemo; vrsta ni ogrožena in ima ekološki optimum skoraj povsod v Evropi; teritorialen način življenja z arealom aktivnosti, ki je praviloma bistveno manjši od 100 ha; ekološke in fiziološke značilnosti vrste so dobro poznane; specifičen način prehranjevanja (rastlinojedi izbiralec); relativno dolga življenjska doba; etično sprejemljivo vzorčenje v sklopu rednega odstrela živali; pomembna zastopanost mesa srnjadi v prehrani ljudi.

Dandanes je srnjad v kopenskih ekosistemih Evrope prepoznana kot najustreznejša vretenčarska vrsta za bioindikacijo/biomonitoring onesnaženosti okolja s težkimi kovinami in tudi nekaterimi organskimi onesnažili. Zaradi tega smo na Inštitutu za ekološke raziskave ERICo Velenje v obdobju 1998 – 2008 v večjem številu onesnaženih in kontrolnih območij Slovenije oziroma v nekaterih primerih na območju celotne države (onesnaženost s fluoridi) izvedli serijo projektov, v katerih smo uporabili srnjad kot bioindikator onesnaženosti okolja. Med drugim smo: (i) določili vsebnosti težkih kovin (Cd, Pb, Hg, As, Zn, Cu, Ni, Cr, Cu in Zn) v notranjih organih (ledvicah, jetrih) 323 osebkov srnjadi, uplenjenih v leti 1998, 2005 in 2006 v sedmih različno onesnaženih območjih Slovenije; (ii) določili vsebnosti policikličnih aromatskih ogljikovodikov (PAH-ov) v notranjih organih srnjadi, uplenjene v letu 2006 v Šaleški dolini; (iii) izvedli retrospektiven zgodovinski biomonitoring onesnaženosti okolja, in sicer z določitvijo vsebnosti svinca in fluoridov ter razmerij stabilnih izotopov Pb v zgodovinski seriji >300 rogovij srnjakov, uplenjenih v obdobju 1925–2008 v šestih območjih Slovenije; (iv) določili vsebnosti fluoridov v 400 čeljustih srnjadi, in sicer tako v smislu retrospektivne bioindikacije (obdobje 1997 – 2007) v Šaleški dolini kot tudi prostorske določitve onesnaženosti okolja s to skupino onesnažil v Šaleški dolini, Zasavju, Zgornji Savinjski dolini in v okolici Kidričevega; (v) uporabili metode odzivne bioindikacije, in sicer z: (a) določitvijo indeksa velikosti ledvic (*somatic kidney index*) kot indikatorja izpostavljenosti osebkov težkim kovinam, še zlasti svincu; (b) meritvami nihajoče asimetrije (*fluctuating asymmetry*) rogovja srnjakov kot indikatorja izpostavljenosti okoljskemu stresu, vključno z onesnaženostjo s svincem; (c) določitvijo prisotnosti in stopnje zobne fluoroze kot indikatorja izpostavljenosti osebkov oz. habitatov fluoridom, in sicer na območju celotne Slovenije ter za vse odrasle osebe srnjadi (>15.000), ki so bili izločeni iz vseh slovenskih lovišč v letu 2007.

V prispevku bodo predstavljeni najpomembnejši rezultati zgoraj navedene uporabe srnjadi kot bioindikatorja onesnaženosti okolja v Sloveniji, s katero smo potrdili izredno velik bioindikacijski potencial vrste, zaradi česar bi jo bilo smiselno in potrebno uporabiti kot indikator kakovosti okolja/habitatov na območju celotne Slovenije in tudi Evrope. Poleg rezultatov bodo predstavljene tudi usmeritve za nadaljnje aktivnosti in predlagan program za vključitev vrste v shemo nacionalnega okokjskega biomonitoringa kemikalij, za katerega menimo, da je zelo smiselna/potrebna tudi/zlasti vključitev srnjadi kot ciljne vrste.

Podlage za Okoljski biomonitoring v kopenskih ekosistemih z mikroorganizmi

Mandič-Mulec Ines, David Stopar, Janez Hacin

Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo, Katedra za Mikrobiologijo
Ines.mandic@bf.uni-lj.si

Mikrobi igrajo ključno vlogo pri kroženju biogenih elementov in s tem vplivajo na ravnotežje plinov v atmosferi ter ravnotežje hranil v talnih in vodnih ekosistemih. Tla delujejo kot okoljski filter katerega učinkovitost je odvisna od mikrobne aktivnosti v povezavi s fizikalno kemijskimi dejavniki okolja. Mikrobna populacija se odziva na stresne dejavnike kot so kemična onesnažila s spremembami v številčnosti, encimski aktivnosti in sestavi mikrobne združbe, zato so mikroorganizmi odlični indikatorji zdravja tal (NERI, 2002) ter posledic za atmosfero (emisije toplogrednih plinov) in vode (eutrofikacija). Evropski in mednarodni programi monitoringa (ICP-IM) vključujejo naslednje osnovne mikrobiološke parametre (MDS), kot indikatorje zdravja talnega ekosistema:

- mikrobna biomasa (SIR)
- potencialna mineralizacija C – dihanje, metanogeneza
- potencialna mineralizacija N, nitrifikacija in denitrifikacija

Aktivnost in sestava mikrobne združbe se uporabljata tudi kot indikatorja pri primerjalnem vrednotenju okoljskih učinkov konvencionalnega in ekološkega kmetijstva.

V Sloveniji sistematičnega biomonitoringa tal z mikroorganizmi ni. Več let pa potekajo raziskave mikrobne aktivnosti (respiracija, metanogeneza, nitrifikacija, denitrifikacija) in sestave talnih mikrobnih združb (bakterije, arheje, posamezne funkcionalne skupine) v talnih ekosistemih (npr. Ljubljansko Barje) (Kraigher in sod., 2006, Stres in sod., 2008, Jerman in sod., 2009 Likar in sod., 2009). Preizkušeno metodologijo je mogoče prilagoditi vzorčnim lokacijam in frekvenci vzorčenja, ki bo vključena v bodoči biomonitoring.

Poleg merjenja mikrobne aktivnosti na polju (*in-situ*) je za ugotavljanje učinka posameznih onesnaževal (npr. pesticidov, obstojnih organskih polutantov – POPs) na mikrobno aktivnost, perspektivna tudi uporaba mikrokozmov. Mikrokozmi so tudi idealen modelni sistem za ugotavljanje potenciala tal za imobilizacijo in razgradnjo onesnaževal. V splošnem so testi, ki vključujejo merjenje skupne mikrobne aktivnosti (npr. dihanja) bolj reprezentativni za opis delovanja talnega ekosistema kot testi z eno vrsto izoliranega mikroorganizma.

1. KRAIGHER, Barbara, STRES, Blaž, HACIN, Janez, AUSEC, Luka, MAHNE, Ivan, ELSAS, Jan D., MANDIČ-MULEC, Ines. Microbial activity and community structure in two drained fen soils in the Ljubljana Marsh. *Soil biol. biochem.* 2006, vol. 38, str. 2762-2771.

2. STRES, Blaž, DANEVČIČ, Tjaša, PAL, Levin, MRKONJIČ FUKA, Mirna, RESMAN, Lara, LESKOVEC, Simona, HACIN, Janez, STOPAR, David, MAHNE, Ivan, MANDIČ-MULEC, Ines. Influence of temperature and soil water content on bacterial, archaeal and denitrifying microbial communities in drained fen grassland soil microcosms. *FEMS microbiol. ecol.*, 2008, issue 1, vol. 66, str. 110-122.

3. JERMAN, Vesna, METJE, Martina, MANDIČ-MULEC, Ines, FRENZEL, Peter. Wetland restoration and methanogenesis : the activity of microbial populations and competition for substrates at different temperatures. *Biogeosci. discuss. (Online)*. [Online ed.], 2009, vol. 6, str. 1-30.

4. LIKAR, Matevž, REGVAR, Marjana, MANDIČ-MULEC, Ines, STRES, Blaž, BOTHE, Hermann. Diversity and seasonal variations of mycorrhiza and rhizosphere bacteria in three common plant species at the Slovenian Ljubljana Marsh. *Biol. fertil. soils (Print)*, 2009, 11 str., [in press].

Sistem za monitoring okolja s čebelami - SiMOČ

doc. dr. Janko Božič

Biotehniška fakulteta – Oddelek za biologijo

e-mail: janko.bozic@bf.uni-lj.si

Čebelja družina in čebelji panj so pester vir informacij o okolju. V skladiščenem medu in cvetnem prahu, kakor tudi v vosku in čebelah, je mogoče preučevati ostanke onesnaževalcev, ki izvirajo iz kmetijske proizvodnje ali iz industrijskega onesnaževanja, kakor tudi iz samega čebelarjenja (De Villers in Pham-Deleque 2002, Celli in Maccagnani 2003, Abramson in Božič 2007). Poleg tega lahko iz vedenja čebel takoj zaznamo prisotnost nekaterih onesnaževalcev (Bromenshenk s sod. 2003, Božič 2004, Božič in Abramson 2007). Vrstna sestava peloda v medu in v osmukanem cvetnem prahu pa predstavlja indikator rastlinske biodiverzitete v okolici vzorčenega panja. V projektu proučujemo potrebe in prednosti posebnega vzorčenja čebeljih pridelkov in vzpostavitve mreže opazovalnih postaj tako v smislu ogrožanja kvalitete čebeljih pridelkov, kakor tudi onesnaževanja narave in spremembe v biodiverziteti medonosnih rastlin. S projektom bomo pripravili celovit „Sistem za monitoring okolja s čebelami - SiMOČ“, ki bo v polni funkciji omogočal podporo ustreznim ukrepom ob nenavadnih pojavih v okolju, poleg tega pa tudi gradil zbirko podatkov in vzorcev za vsa navedena področja. Zbirka vzorcev bo omogočala tudi dodatne dodiplomske in podiplomske raziskave, kakor tudi druge bazične, aplikativne in razvojne naloge vključno z možnostjo povezovanja v sorodne mednarodne projekte.

V Sloveniji so že bili uporabljeni čebelji pridelki in čebele za raziskave onesnaženosti okolja, vendar aktivnosti niso prerasle v redni in širši monitoring okolja s čebelami (Šešerko 2008). Za potrebe čebelarstva že več let uspešno deluje Opazovalna napovedovalna služba gozdnega medenja v okviru Čebelarske zveze Slovenije, ki s s številnimi postajami pokriva večja pasišča primerna za prevozna čebelarstva. Izkušnje upravljanja mreže čebelarških opazovalnih postaj so pomembne tudi za vzpostavitev monitoringa za druge potrebe. V aplikativnih raziskavah medu (2006 in 2007, naročnik Čebelarska zveza Slovenije) smo pridobili podatke o kvaliteti vzorcev iz različnih lokacij, kakor tudi vrste paš v Sloveniji. Že zbrane podatke o vrstah rastlin cvetnega prahu uporabljamo v raziskavi povezanosti pelodne analize medu z dejansko biodiverzitetno čebelje paše.

Razvoj analitskih tehnik omogoča pripravo majhnih vzorcev in določitev nizkih koncentracij snovi v bioloških vzorcih. Tako je mogoče tudi na primeru posameznih obnožinskih kepic in vzorcev nektarja narediti analize prisotnosti onesnaževalcev. V domači raziskavi možnosti vzorčenja specifičnih vzorcev vezanih na lokacijo sporočeno s čebeljim plesom, smo podali izhodišča za vzorčenje cvetnega prahu in nektarja rastlin na daljavo s pomočjo opazovalnega panja in opazovanja plesočih pašnih čebel (Podrižnik 2007). Sisteme zbiranja vzorcev nadgrajujemo z elektronskim zbiranjem podatkov o stanju čebelje družine z možnostjo postavitve robotskega odvzema vzorcev. S SiMOČ želimo zgraditi podporo tovrstnim raziskavam, hkrati pa postaviti sistem za hitro odzivanje na spremembe v okolju, predvsem ob nenadnem pojavu onesnažil.

Reference:

ABRAMSON, Charles I., BOŽIČ, Janko. Conservation and environment: pesticides' effects on honeybees. V: BEKOFF, Marc (ur.). Encyclopedia of human-animal relationships : a global exploration of our connections with animals. 1. natis. Westport: Greenwood press, 2007, str. 385-387.

- Al-Qassem R, Robinson RK (2003) Some special nutritional properties of honey – a brief review. *Nutrition & Food Science* 33:254-260.
- BERTONCELJ, Jasna, DOBERŠEK, Urška, JAMNIK, Mojca, GOLOB, Terezija. Evaluation of the phenolic content, antioxidant activity and colour of Slovenian honey. *Food chem.* [Print ed.], 2007, vol. 105, str. 822-828.
- BOŽIČ, Janko. Monitoring of pollutants by honeybee colonies. V: ZIDAR, Primož (ur.), ZRIMEC, Alexis (ur.), BUDIHNA, Metka (ur.), DROBNE, Damjana (ur.), TIŠLER, Tatjana (ur.). 9th International Conference on Life Sciences of Slovenia - Life Sciences 2004 & 1 st International Congress on Toxicology in Slovenia with Workshops, Nova Gorica, Slovenia, September 18-22, 2004. Book of abstracts & programme. Ljubljana: Slovenian Society of Toxicology, 2004, str. 222.
- BOŽIČ, Janko, ABRAMSON, Charles I. Living with animals: pesticide effects on honeybees. V: BEKOFF, Marc (ur.). *Encyclopedia of human-animal relationships : a global exploration of our connections with animals*. 1. natis. Westport: Greenwood press, 2007, str. 1153-1154.
- Brady N, Molan P, Bang L (2004) A survey of non-manuka New Zealand honeys for antibacterial and antifungal activities. *Journal Of Apicultural Research* 43: 47-52
- Bromenshenk, J.J., C.B. Henderson, and G.C. Smith. 2003. Biological Systems (Paper II), Appendix S. In: *Alternatives for Landmine Detection*, J. MacDonald et. al., eds. RAND Science and Technology Institute for Office of Science and Technology Policy, Arlington, VA.
- Celli, G., Maccagnani, B. (2003). Honey bees as bioindicators of environmental pollution. *Bulletin of Insectology*, 56, 137-139.
- Molan PC (2006) The evidence supporting the use of honey as a wound dressing. *Lower Extremity wounds* 5(1): 40-54.
- PEREYRA GONZALES, Adriana, BOŽIČ, Janko. Antioxidant activity of Slovenian honey. V: ZIDAR, Primož (ur.), ZRIMEC, Alexis (ur.), BUDIHNA, Metka (ur.), DROBNE, Damjana (ur.), TIŠLER, Tatjana (ur.). 9th International Conference on Life Sciences of Slovenia - Life Sciences 2004 & 1 st International Congress on Toxicology in Slovenia with Workshops, Nova Gorica, Slovenia, September 18-22, 2004. Book of abstracts & programme. Ljubljana: Slovenian Society of Toxicology, 2004, str. 149.
- PODRIŽNIK, Blaž. Vzorčenje in določitev izvora obnožine zibajočih plesalk medonosne čebele : diplomsko delo. Ljubljana: [B. Podrižnik], 2007.
- Southwick, E. E., & Southwick, L. (1992). Estimating the economic value of honey bees (Hymenoptera: Apidae) as agricultural pollinators in the United States. *Journal of Economic Entomology*, 85, 621-633.
- ŠEŠERKO, Melita. Raziskave in monitoring s čebelami na vplivnem območju Termoelektrarne Šoštanj : poročilo za leto 2007 . - Velenje : ERICo, 2008
- DeVillers, J. & Pham-Delegue, M.H. (2002) (Eds.) *Honey Bees: Estimating the Environmental Impact of Chemicals*, London: Taylor and Francis.
- Yao, L.H., Datta, N., Tomas-Barberan, F.A., Ferreres, F., Martos, I., Singanusong, R. (2003), "Flavonoids, phenolic acids and abscisic acid in Australian and New Zealand *Leptospermum* honeys", *Food Chemistry*, Vol. 81 pp.159-68.

Uporaba biomarkerjev v biomonitoringu vodnih ekosistemov

Tatjana Tišler, Anita Jemec

*Kemijski inštitut, Laboratorij za okoljske vede in inženirstvo, Hajdrihova 19,
1000 Ljubljana*

Okoljski monitoring temelji na kemijskem monitoringu, ki vključuje meritve prioriternih in drugih anorganskih in organskih onesnaževal v vodi in sedimentu, fizikalno-kemijskih meritvah (koncentracija raztopljenega kisika, pH, prevodnost itd.) ter biomonitoringu. Slednji lahko vključuje merjenje koncentracij onesnaževal v vodnih organizmih (bioakumulacija), monitoring vodnih ekosistemov z analizo bioloških združb (vrstna sestava in številčnost) ter monitoring strupenosti površinskih vod, ki se ponavadi dopolnjuje z določanjem strupenosti iztokov iz čistilnih naprav in industrijskih obratov. V zadnjem času se v okviru biomonitoringa uveljavlja tudi uporaba biomarkerjev, t.j. opazovanje različnih bioloških odzivov v samem organizmu, bodisi na molekularnem, celičnem, biokemijskem, histološkem, morfološkem in fiziološkem nivoju. Biomonitoring strupenosti okoljskih vodnih vzorcev lahko izvajamo na več načinov, in sicer (i) *in situ* tako, da v realnem okolju v kletkah izpostavimo organizme (različne vrste rib, rake, mikroorganizme, školjke) in stalno spremljamo (on-line sistemi) izbrane fiziološke biomarkerje kot so plavanje, dihanje, proizvodnja kisika, bitje srca in druge (biološki sistemi za zgodnje opozarjanje) ali (ii) pa organizme nabereamo v okolju in kasneje v laboratoriju opazujemo različne biomarkerje. Strupenost površinskih vod lahko ugotavljamo tudi s konvencionalnimi laboratorijskimi testi strupenosti tako, da laboratorijske organizme izpostavimo vzorcem vod, ki jih predhodno z različnimi postopki koncentriramo. V obstoječih evropskih programih okoljskega biomonitoringa so najpogosteje vključeni biomarkerji kot so: encimi EROD (PCB, PAH, dioksini), acetilholinesteraze (organofosfatni, karbamatni pesticidi), ALAD (Pb), proteini kot npr. metalotioneini (kovine), vitelogenin (estrogensko aktivne snovi), antioksidativni encimi (katalaze, glutation S-transferaze) in poškodbe DNK (genotoksične snovi). Največkrat uporabljeni organizmi so različne vrste rib in nevretenčarjev, izbira biomarkerjev pa je odvisna od cilja izvajanega monitoringa. Izkušnje so pokazale, da je za realno oceno stanja vodnega ekosistema potreben celosten pristop k okoljskemu monitoringu, ki vključuje kemijski in biološki monitoring z uporabo niza biomarkerjev na različnih nivojih biološke organizacije.

Uporaba bioindikatorskih organizmov (makrofiti, ribe) za določitev obremenjenosti šaleških jezer s težkimi kovinami

dr. Zdenka Mazej, dr. Samar Al Sayegh Petkovšek, doc. dr. Boštjan Pokorny

ERICo d.o.o., Koroška 58, 3320 Velenje

Šaleška jezera (Velenjsko, Družmirsko in Škalsko jezero) ležijo v neposredni bližini Termoelektrarne Šoštanj (TEŠ), ki je največja termoelektrarna v Sloveniji. V obdobju 1980 - 2001 je v povprečju letno v zrak emitirala 22,1 t Pb, 0,2 t Cd, 0,3 t Hg, 4,5 t As, 60,6 t Cr, 42,8 t Ni, 15 t Cu in 298 t Zn. Čeprav so kovine kot mikroelementi nujno potrebni za pravilno rast in razvoj organizmov, pa v velikih koncentracijah postajajo problem v okolju predvsem zaradi svoje strupenosti, kopičenja v organizmih in obstojnosti. Koncentracija težkih kovin je v vodi navadno nižja kot pa v sedimentu, saj sediment deluje kot ponor za težke kovine, kot tudi za mnoge druge snovi. Sediment torej predstavlja vir težkih kovin in drugih onesnažil in potencialno možnost kopičenja le-teh vzdolž prehranjevalne verige tudi do najvišjega trofičnega nivoja – človeka.

Rezultati številnih raziskav kažejo, da je za določitev obremenjenosti vodnih teles s težkimi kovinami nujno uporabljati bioindikatorje (npr. makrofite in ribe). Pri nalaganju težkih kovin v organizme z dolgim življenjskim ciklom namreč pride do časovnega zamika, ki kaže na vsebnost težkih kovin v vodnem telesu in njegovem zaledju za več let nazaj, medtem ko je koncentracija kovin v vodi le odraz krajšega obdobja. S pričujočo raziskavo smo med drugim želeli oceniti vrednost izbranih makrofitov in rib kot bioindikatorjev obremenjenosti šaleških jezer s težkimi kovinami in As ter oceniti tveganje pri uživanju različnih vrst rib ulovljenih v šaleških jezerih.

Sediment Velenjskega jezera je bil v primerjavi z drugima dvema jezeroma najmanj obremenjen s težkimi kovinami in As. Razlike med sedimentom Družmirskega in Škalskega jezera pa so se pokazale le v vsebnosti As (največ v Škalskem jezeru) in Pb (največ v Družmirskem jezeru).

Makrofiti (vodne rastline, ki so vidne s prostim očesom) so ukoreninjeni in nam kažejo kakovost istega mesta, kjer rastejo, medtem ko so ribe mobilne in je koncentracija težkih kovin v njihovih organih odvisna predvsem od njihove starosti in načina prehranjevanja. Težke kovine se na splošno v rastlinah najbolj koncentrirajo v koreninah, v ribah pa v jetrih, z izjemo Hg, katerega največje koncentracije so bile izmerjene v mišičnini rib. Izbrani vrsti makrofitov (velika podvodnica in klasasti rmanec) sta se izkazali kot dobra bioindikatorja večje obremenjenosti Družmirskega jezera s Pb in Cr, medtem ko so se nekatere ribe izkazale kot dobri bioindikatorji večje obremenjenosti Družmirskega jezera s Pb (ploščič, navadni ostriž, srebrni koreselj) in Hg (ploščič, rdečeoka).

Težke kovine so se preko prehranjevalne verige različno koncentrirale. Najbolj se je v primerjavi z relativno vsebnostjo v sedimentu povečala relativna vsebnost Hg v jetrih in mišičnini rib. Največje povprečne vsebnosti Hg so bile izmerjene v mišičnini soma in smuča, ki sta ribojedi vrsti, torej sta na vrhu prehranjevalne verige v jezeru. Vendar pa tudi koncentracije Hg v njuni mišičnini niso presegle maksimalno dovoljenih vrednosti določenih s Pravilnikom o onesnaževalcih v živilih (Uradni list RS, št. 69/03, 20/04, 17/05, 29/07).

Raziskave so pokazale, da so tako makrofiti kot ribe uporabni kot bioindikatorji tudi za ocenjevanje obremenjenosti vodnih teles s pesticidi, PAHi in drugimi onesnažili, ki so v vodi prisotni zaradi splošne uporabe različnih kemikalij.

Zagotavljanje kakovosti pri izvedbi nadzornih meritev kemikalij v okolju in bioloških sistemih: primeri iz humanega biomonitoringa v Sloveniji

Milena Horvat, Janja Tratnik, Darja Mazej

Inštitut Jožef Stefan

Zagotavljanje kakovosti rezultatov je integralni del vsakega monitoring programa. V programih, kjer spremljamo prisotnost nizkih koncentracij kemikalij v okolju in ugotavljamo tako časovne kot tudi prostorske razlike, pa je pravilna zasnova programa za zagotavljanje kakovosti ključna za doseganje zastavljenih ciljev. Le-ta mora biti vključevati vse stopnje izvajanja programa od načrtovanja, vzorčenja, priprave in hranjenja vzorcev, analize vzorcev in upravljanja in obdelave podatkov. Glavni namen vsakega takega programa pa je, da pridobimo primerljive in sledljive podatke s pravilno oceno negotovosti rezultatov. Razen redne uporabe referenčnih materialov (certificiranih in ostalih kontrolnih vzorcev) lahko to zagotavljamo z redno udeležbo v primernih medlaboratorijskih testih, kjer mora biti vzorec primerljiv z analiziranimi vzorci tako po matrici kakor tudi po koncentracijah. Kot ilustracijo primernosti teh stopenj v praksi bomo predstavili rezultate interkomparacij na področju izvajanja humanega biomonitoring v okviru EU projekta PHIME. Rezultate elementov v sledovih (Hg, Cd, Pb, Se v sveži in liofilizirani krvi), ki so jih poročali laboratoriji iz različnih evropskih držav kjer izvajajo humani biomonitoring, smo uspešno porabili pri načrtovanju izvedbe humanega biomonitoringa pri otrocih med 6 in 11 letom. Ugotovili smo, da je razen variabilnosti koncentracij znotraj preučevanih skupin otrok, ključnega pomena tudi odstopanje laboratorijev v medlaboratorijskih primerjavah, ki so vključeni v izvedbo biomonitoringa. Z uporabo statistične moči smo tako pokazali, da ima analiza vzorcev v enem laboratoriju prednost iz ekonomskega in strokovno/etičnega stališča, saj lahko zastavljene cilje dosežemo z optimalno manjšim številom oseb, ki so vključene v biomonitoring. Podobno metodologijo je zato smiselno uporabiti tudi pri izvedbi okoljskega biomonitoringa.