

PETI HRVATSKI ZNANSTVENO-STRUČNI SKUP
s međunarodnim sudjelovanjem
«ZAŠTITA ZRAKA 2007»
«Prilagodba nacionalnih propisa iz područja onečišćenja zraka europskim standardima»
u Zadru od 9-13. listopada 2007.

MAHOVINE KAO BIOINDIKATORI ONEČIŠĆENJA ZRAKA

Špirić Z., *Frontasyeva M.V., **Trajce Stafilov, **Lambe Barandovski,
*Gundorina S.F., *Ostrovnya T.M., ***Bukovec D., Mesić Z.

Oikon - Institut za primijenjenu ekologiju, Zagreb

**Frank Laboratory of Neutron Physics, Joint Institute for Nuclear Research, Dubna, Russia*

*** Institute of Chemistry - Faculty of Science, St. Cyril and Methodius Univ., Skopje, Republic of Macedonia*

****Hrvatski prirodoslovni muzej, Zagreb*

SAŽETAK

U suradnji sa znanstvenicima iz Rusije i Makedonije, tijekom 2006. godine, u Hrvatskoj su sakupljena 92 uzorka mahovina koji će poslužiti kao pokazatelji kakvoće (onečišćenja) zraka na istraživanom prostoru. Uzorci su obrađeni i analiziraju se u Rusiji (*multielementna Instrumental Neutron Aktivacijska Analiza - INAA*) i Makedoniji (*plamena - FAAS i elektrotermička - ETAAS atomska apsorpcijska spektrometrija*).

Ovim istraživanjima, koja se provode u okviru znanstveno-istraživačkog projekta „**Bioindikacija onečišćenja zraka u terestričkim ekosustavima**”, a istovremeno su i dio programa i aktivnosti Radne grupe za učinke na okoliš Konvencije o dalekosežnom prekograničnom onečišćenju zraka UNECE (LRTAP konvencija - ICP Vegetacija), po prvi puta se metoda biomonitoringa mahovinama koristi za mjerenje i proučavanje onečišćenja zraka na području cijele Republike Hrvatske.

KLJUČNE RIJEČI: mahovina, biomonitoring, onečišćenje zraka

Zdravko Špirić

Oikon d.o.o. - Institut za primijenjenu ekologiju

Avenija V. Holjevca 20, 10 020 Zagreb

Tel: +385 91 4640302; Fax: +385 1 6504 234

@-mail: zspiric@oikon.hr

www.oikon.hr

UVOD

Onečišćenje zraka postaje sve izraženiji ekološki ali i zdravstveni i ekonomski problem današnjice. Pri tome, posebno je naglašen, ali i još uvijek nedovoljno istražen, problem povezan sa onečišćenjem zraka teškim metalima, tj. efektima dugotrajne izloženosti (čak i vrlo niskim koncentracijama) i istovremenom djelovanju mješavine teških metala ¹ kao i problem dalekosežnog prekograničnog onečišćenja zraka.

Uz stvaranje stimulativnog poslovnog i znanstvenog okruženja koje će poticati razvoj i primjenu „čistih tehnologija“ i mjera energetske učinkovitosti, kao i povećanje korištenja obnovljivih izvora, jedan od glavnih temelja strategije upravljanja kakvoćom zraka je u multidisciplinarnim istraživanjima i sustavnom praćenju kakvoće zraka radi pravodobne identifikacije i smanjenja zdravstvenih i ekoloških rizika. Da bi se prikupili vjerodostojni rezultati i informacije o stanju kao i o prostornoj i vremenskoj razdiobi i trendovima onečišćenja zraka, potrebno je osigurati stalno sakupljanje i mjerenje reprezentativnih uzoraka na velikom broju lokacija kroz dugo vremensko razdoblje. Taj koncept je organizacijski, tehnički i posebice financijski izuzetno zahtjevan. Rješenje je u korištenju ekstremno osjetljivih bioloških indikacijskih organizama i primjeni biomonitoringa. Naime, u posljednje vrijeme u svijetu, zbog izrazitih prednosti koje između ostalog ističu značajno pojednostavljenje i smanjenje troškova provedbe monitoringa uz visoku razinu pouzdanosti rezultata mjerenja, pored klasičnih analitičkih postupaka, za mjerenje koncentracija onečišćujućih tvari u zraku koriste se i alternativne metode, poput biomonitoringa mahovinama i/ili lišajevima. To zato jer kod biomonitoringa nije potrebna brojna, složena i skupa oprema za sakupljanje, obradu, transport, skladištenje i čuvanje uzoraka, kao ni intenzivan terenski i laboratorijski rad, a značajno je smanjena i mogućnost pogrešaka.

Poznato je da mahovine i lišajevi mogu pružiti brojne informacije o onečišćujućim tvarima koje su prisutne u zraku jer ih vrlo brzo apsorbiraju i trajno akumuliraju. Mahovine i lišajevi nemaju sustav korijenja i zbog toga je kod njih unos onečišćujućih tvari isključivo iz zraka dok je iz drugih sastavnica okoliša (tlo, voda) zanemariv.² Uporabom mahovina/lišajeva kao bioindikatora, moguće je identificirati i kvantificirati gotovo sve onečišćujuće tvari koje je inače vrlo teško pouzdano kontrolirati: radi toga što su prisutni u izuzetno niskim koncentracijama, ili zato što ih je teško pouzdano izmjeriti drugim analitičkim tehnikama.³ Pored toga, korištenje multielementne Instrumental Neutron Aktivacijske Analize (INAA) koja je standardna metoda kod provedbe biomonitoringa, omogućuje istovremenu, vrlo pouzdanu i preciznu detekciju svih prisutnih onečišćenja.⁴

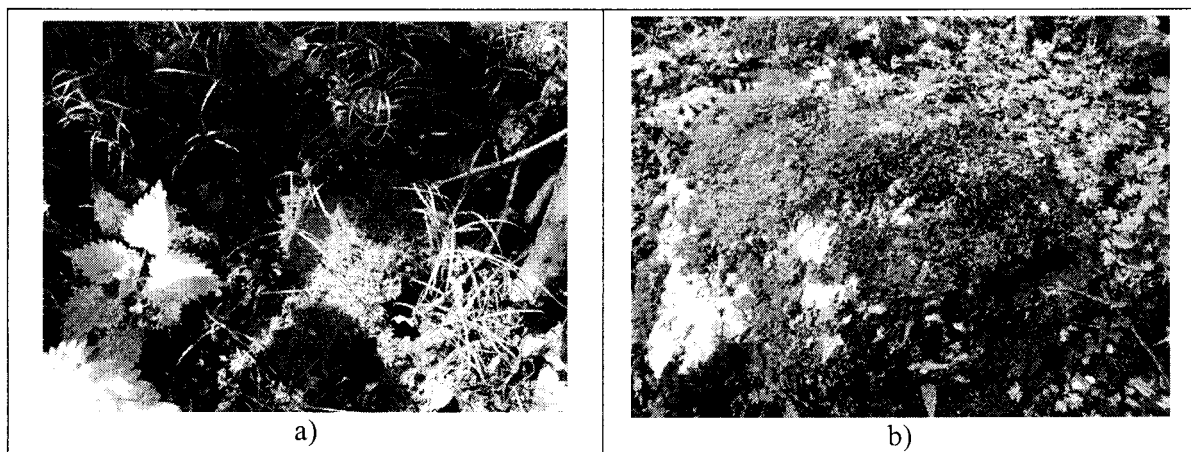
Premda se ideja korištenja pogodnih bioindikatorskih organizama (mahovina/lišaj) za mjerenje atmosferske depozicije teških metala i drugih onečišćenja pojavila, razvija i primjenjuje od kasnih šezdesetih godina prošlog stoljeća, još uvijek nisu usvojeni i ne postoje standardni protokoli bioloških metoda praćenja kakvoće zraka. To se smatra najvažnijom preprekom ugradnji biomonitoringa u obvezujuće zakonske propise, a time i glavnim ograničavajućim čimbenikom njihovog intenzivnijeg korištenja. No zbog velikih i dokazanih prednosti, koristi i važnosti primjene biomonitoringa, posebice kao nezamjenjivog alata za procjenu kakvoće zraka na lokalnoj, regionalnoj ali i na globalnoj skali, kao i napora koje međunarodna znanstvena zajednica ulaže u standardizaciju metoda i postupaka,⁵ očekuje se da ova prepreka u najskorije vrijeme bude prevladana i da metode bioindikacije uskoro budu uključene u nacionalne i međunarodne strategije upravljanja kakvoćom zraka.

Materijali, metode i rezultati istraživanja

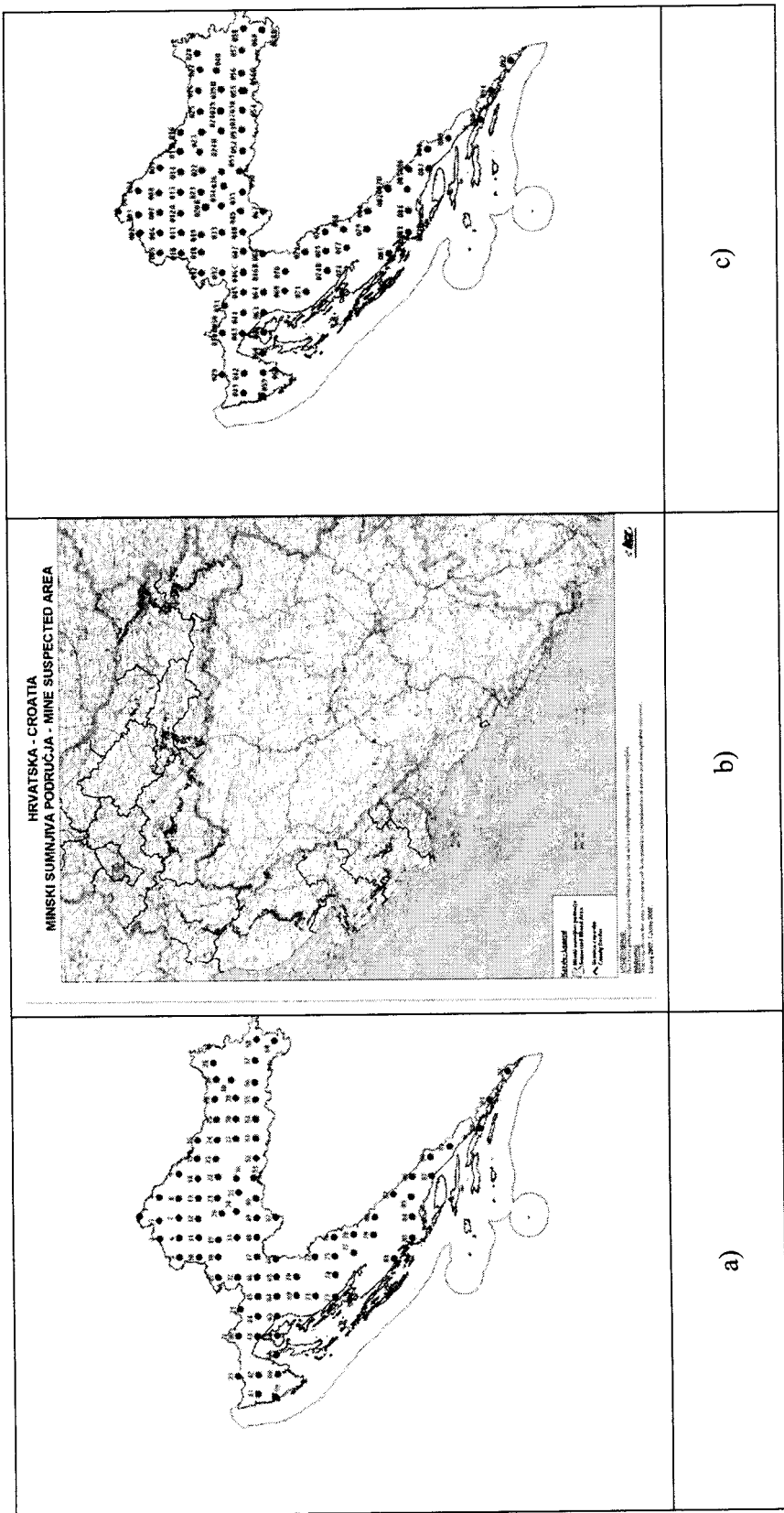
Temeljem modificirane EMEP mreže⁶ (kvadranti 23x23 km²) i Protokola ICP Vegetation za teške metale⁷, određene su lokacije za sakupljanje/uzorkovanje mahovina radi laboratorijskih istraživanja i analize prisutnih onečišćenja zraka na području cijele Republike Hrvatske. Protokolom je predviđeno sakupljanje 1.5 uzoraka mahovina na 1000 km² pa su za kopneni dio Hrvatske (56.594 km²), nakon što su izdvojene točke koje su se nalazile na područja od visokog rizika od mina i minsko sumnjivom području (stanje minski sumnjivih površina na prostoru Republike Hrvatske - 1.010 km²)⁸ određene 92 točke, Slika 1. a.b.

Uzorkovanje mahovina se, uz stručnu pomoć kolega iz Makedonije na terenu, planiralo i provelo prema procedurama opisanim u priručniku UNECE ICP Vegetation. Važna preporuka je da se uzorkovanje provede u meteorološki stabilnom „suhom dijelu godine“. Radi toga je i početak aktivnosti, sa planiranom dinamikom sakupljanja 3-4 uzorka dnevno i predvidivim trajanjem sakupljanja svih uzoraka od mjesec dana, bio planiran za početak kolovoza 2006. Nažalost, tijekom cijelog kolovoza 2006. bilo je neuobičajeno promjenljivo i nestabilno vrijeme za to doba godine što je u mnogome tehnički i organizacijski otežalo, ali i značajno produžilo i poskupilo troškove uzorkovanje. Bilo je česte kiše i pljuskova s grmljavinom, i u unutrašnjosti i na Jadranu. U cijelom kolovozu oborine je bilo više, a ponegdje i znatno više od prosjeka. Količine oborina kretale su se od 120% prosjeka u Dubrovniku do 367 % u Komiži na otoku Visu. Oborinske prilike bile su uglavnom u kategoriji **vrlo kišno**, na manjim područjima bilo je **ekstremno kišno**. Mjesečne količine oborine bile su rekordno visoke za kolovoz u Ogulinu, Zadru i Pargu.⁹

Unatoč brojnim poteškoćama i problemima vezanim za rad na terenu, prije svega uzrokovanih lošim meteorološkim uvjetima, treba konstatirati da je sakupljanje svih uzoraka mahovina uspješno obavljeno na svim predviđenim lokacijama (Slika 2. a. i b.), s minimalnim odstupanjem od unaprijed odabranih lokacija radi specifičnih zahtjeva i značajki svake pojedine lokacije, Slika 1c., i da su svi uzorci priređeni za laboratorijske analize koje su u tijeku.



Slika 2. Uzorci mahovina prikupljeni a) na lokaciji 27. i b) na lokaciji 44.



Slika 1. a) Lokacije na kojima je planirano uzorkovanje mahovina, b) Stanje minski sumnjivih površina na prostoru Republike Hrvatske c) Lokacije na kojima su uzorkovane mahovine u RH

ZAKLJUČAK:

Biološki indikatori (lišajevi) u ocjeni kakvoće zraka za sada su se u Hrvatskoj koristili samo preliminarno i ograničeno, s ciljem testiranja tih metoda za praćenje i procjenu utjecaja djelatnosti naftnog rudarstva na okoliš (za potrebe poduzeća INA d.d.), s posebnim naglaskom na živu kao onečišćujuću tvar. ¹⁰ Oikon je prvi u Hrvatskoj prepoznao potrebu i važnost sustavnog razvijanja znanstvenih, organizacijskih i tehničkih kapaciteta za provedbu ekološkog biomonitoringa u Hrvatskoj. ¹¹ Biomonitoring nikako ne isključuje «klasične» analitičke instrumentalne tehnike i nije konkurentna već komplementarna i „podupiruća“ metoda u sustavnom i cjelovitom praćenju stanja i trendova onečišćenja okoliša/zraka. Stoga, provedba istraživanja opisanih u ovome radu, samo uz rezultate drugih multidisciplinarnih istraživanja, osigurava potpune i pouzdane podatke o kakvoći zraka na prostoru cijele Hrvatske što će omogućiti pravovremeno prepoznavanje, bolje razumijevanje i smanjenje ekoloških i zdravstvenih rizika povezanih sa onečišćenjem zraka.

Rezultati istraživanja biomonitoringa mahovinama, kada budu dovršene analize INAA i AAS omogućit će:

- kvalitativnu i kvantitativnu karakterizaciju onečišćenja zraka (posebice teškim metalima) u Hrvatskoj.
- utvrđivanje izvora kao i lokacija koje su izložene značajnom onečišćenju zraka
- prikaz rezultata standardnim geoinformatičkim i geostatističkim metodama
- pomoć u boljem razumijevanju i nadzoru prekograničnog onečišćenja
- usporedbu i nadopunjavanje sa rezultatima sličnih istraživanja

Kontakti i suradnja sa međunarodnom znanstvenom zajednicom ostvarena na provedbi ovoga projekta omogućit će prijenos znanja i razvoj kapaciteta za provedbu biološkog monitoringa u Hrvatskoj kao i pravovremenu i učinkovitu prilagodbu nacionalnih propisa i standarda iz područja onečišćenja zraka europskim.

ZAHVALE

Rad je rezultat istraživanja u okviru znanstveno-istraživačkog projekta „**Bioindikacija onečišćenja zraka u terestričkim ekosustavima**“ - u okviru Programa „**Onečišćenja i radioaktivnost u okolišu**“ - koji financira Ministarstvo znanosti, obrazovanja i športa Republike Hrvatske ugovorom 273–0222 882– 2698. http://zprojekti.mzos.hr/public/c-prikaz_det.asp?psid=4%2D03&offset=40&ID=1765

LITERATURA

1. Špirić Z.: Istraživanje teških metala u krvi školske djece u okviru projekta PHIME EU FP6, 14. Motovunska ljetna škola: Procjena i upravljanje rizicima u zdravstvenoj ekologiji i javnom zdravstvu, Škola narodnog zdravlja "Andrija Štampar" Motovun, 1-3.7.2007.
2. Frontasyeva M.V., Steinnes E.: Epithermal neutron activation analysis for studying the environment. Harmonization of Health Related Environmental Measurements Using Nuclear and Isotopic Techniques, IAEA, 1997, p. 301–311.

3. Horvat M., Jeran Z., Špirić Z., Jačimović R., Miklavčić V.: Mercury and other elements in lichens at INA-Naftaplin gas treatment plant, Molve, Croatia, *Journal of Environmental Monitoring*, 2000, volume 2, issue 2, 139-144.
4. Frontasyeva M.V., Pavlov S.S.: Analytical Investigations at the IBR-2 reactor in Dubna. *Preprint of JINR*, E14-2000-177, Dubna, 2000 (submitted to the Proc. VIII Int. Seminar on Interaction of Neutrons with Nuclei (Dubna, May 17-20, 2000.))
5. Kostka-Rick R.: Standardisation in Bioindication - The VDI-Guideline Series, 3rd International Workshop on Biomonitoring of Atmospheric Pollution (with emphasis on trace elements, September 21-25, 2003, Bled, Slovenia)
6. <http://www.emep.int/grid/index.html>
7. International Cooperative Programme on Effects of Air Pollution on Natural Vegetation and Crops: Heavy metals in European mosses: 2005/2006 survey, Monitoring manual, February 2005
<http://icpvegetation.ceh.ac.uk/publications.htm>
8. <http://www.hcr.hr/hr/minskaSituacija.asp> i osobna komunikacija (g. Oto Jungwirth, 2007.)
9. Meteorološki i hidrološki bilten, godina XX, br. 8. kolovoz 2006. ISSN 1334-3025
<http://klima.hr/razno.php?id=publikacije¶m=bilteni>
10. Horvat M., Jeran Z. and Špirić Z.: Biomonitoring of mercury in air at INA- Naftaplin Gas Treatment Plant, Molve, Croatia, *Zaštita zraka 97*, Prvi hrvatski znanstveno-stručni skup, Crikvenica, 16-18. listopada 1997.
11. Špirić Z., Kušan V., Mesić Z., Frontasyeva M.V., Gundorina S.F., Ostrovnaya T.M.: The Moss survey 2006 in the Republic of Croatia, the 20th UNECE ICP Vegetation Task Force Meeting in Dubna, Russia, 5-9 March 2007.

MOSS AS BIOINDICATOR OF AIR POLLUTION

**Špirić Z., *Frontasyeva M.V., **Trajce Stafilov, **Lambe Barandovski,
*Gundorina S.F., *Ostrovnaya T.M., ***Bukovec D., Mesić Z.**

Oikon – Institute for Applied Ecology, Avenija V. Holjevca 20, Zagreb, Croatia

**Frank Laboratory of Neutron Physics, Joint Institute for Nuclear Research, Dubna, Russia*

*** Institute of Chemistry - Faculty of Science, St. Cyril and Methodius Univ., Skopje, Republic of Macedonia*

****Croatian Natural History Museum Zagreb, Croatia*

ABSTRACT

As the result of prosperous collaboration with scientists from Russia and Macedonia, 92 samples of moss have been collected in Croatia during the year 2006. These samples will serve as indicators of air quality (pollution) on the area explored. The samples have been processed and analyzed in Russia (multielemental Instrumental Neutron epithermal activation analysis – ENAA) and Macedonia (flame – FAAS and electrotermic atomic absorption spectrometry - ETAAS).

With help of these researches the method of biomonitoring with moss is being used for the first time in purpose of measurement and study of air pollution on the entire territory of Republic Croatia. These researches are conducted within the project of scientific research "Bioindication of air pollution within terrestrial ecological systems ", and which are at the same time the part of the programs and activities of the Working Group on Effects under the Convention on Long-Range Transboundary Air Pollution (CLRTAP) which covers the UN/ECE (United Nations Economic Commission for Europe).

KEY WORDS

Air Quality/Pollution, biomonitoring, moss