



2015
Међународна
година земљишта



ODRŽIVO

NAUČNO-STRUČNI SKUP

KORIŠĆENJE

10. SEPTEMBAR 2015. RIMSKI ŠANČEVI

ZEMLJIŠTA



Zbornik radova
naučno stručnog skupa

ODRŽIVO KORIŠĆENJE ZEMLJIŠTA

Rimski Šančevi 10.09.2015.

Izdavač: Institut za ratarstvo i povrtarstvo

Urednica: Dr Jordana Ninkov

Dizajn i tehničko uređenje: Kitchen&GoodWolf

web adresa: <http://soil2015.nssemi.com>

CIP - Каталогизacija у публикацији
Библиотека Матице српске, Нови Сад

631.4(082)

NAUČNI-stručni skup "Održivo korišćenje zemljišta" (2015 ; Rimski Šančevi)

Zbornik radova naučno-stručnog skupa "Održivo korišćenje zemljišta", Rimski Šančevi, 2015 [Elektronski izvor]. - Novi Sad : Institut za ratarstvo i povrtarstvo, 2015.

Opis zasnovan na stanju na dan: 04.09.2015.

ISBN 978-86-80417-62-2

a) Земљиште - Коришћење - Зборници

COBISS.SR-ID 299180039

Uticaj industrijskih postrojenja na potencijalnu kontaminaciju zemljišta ruralnih naselja grada Beograda

Olga Kostić¹, Miroslava Mitrović¹, Gordana Vitorović², Snežana Jarić¹, Dragana Pavlović¹, Marija Pavlović¹, Gordana Gajić¹, Pavle Pavlović¹

¹Odeljenje za ekologiju, Institut za biološka istraživanja "Siniša Stanković", Univerzitet u Beogradu, Bulevar Despota Stefana 142, Beograd, Srbija, ✉ olgak@ibiss.bg.ac.rs

²Katedra za radiologiju i radijacionu higijenu, Fakultet Veterinarske medicine, Univerzitet u Beogradu, Bulevar Oslobođenja 18, Beograd, Srbija

IZVOD Upotreba uglja za proizvodnju električne energije u Srbiji za rezultat ima produkciju velikih količina pepela i drugih produkata sagorevanja koji se odlažu na deponije. Negativan uticaj koji deponije pepela imaju na kopnene i vodene ekosisteme rezultat je raznošenja i ispiranja toksičnih mikroelemenata iz pepela u zemljište i podzemne vode. Budući da deponije pepela nisu biološki produktivna staništa, pepeo se sa njih raznosi na okolno zemljište koje se najčešće koristi za proizvodnju različitih poljoprivrednih kultura, što dovodi do niza negativnih posledica po bezbednost proizvedenih useva. Prema tome, stabilizacija pepela formiranjem biljnog pokrivača obezbeđuje sigurniju proizvodnju na okolnom poljoprivrednom zemljištu. U tom smislu, glavni cilj ovog istraživanja je bio da se utvrde ukupne koncentracije Al, Fe, As, B, Cr i Ni u obradivom zemljištu (zemljište povrtnjaka i zemljište njive) koja se nalaze u neposrednoj blizini površinskog kopa i deponija pepela termoelektrana "Kolubara" u Lazarevcu i "Nikola Tesla A" u Obrenovcu. Rezultati dvogodišnjih istraživanja (2013-2014) su pokazali povećane koncentracije ispitivanih mikroelemenata u većini uzoraka zemljišta, pri čemu su koncentracije B i Ni bile iznad maksimalno dozvoljenih koncentracija za poljoprivredna zemljišta. Izlivanje reka Kolubare i Save u drugoj godini istraživanja dodatno je doprinelo povećanju koncentracija Fe, As, Cr i Ni u obradivom zemljištu. Dobijeni rezultati su pokazali veći stepen zagađenosti obradivog zemljišta u okolini termoelektrane "Kolubara", što ukazuje da je na ispitivanom području neophodno uspostaviti monitoring sadržaja mikroelemenata, uz detaljnu analizu fizičkih i hemijskih osobina zemljišta.

ključne reči: zagađenje zemljišta, deponije pepela, mikroelementi, biljna proizvodnja

UVOD

Industrijsko zagađenje koje potiče iz termoelektrana koje sagorevaju uglj i deponija gde se produkti sagorevanja uglja (CCR) odlazu na otvorenom prostoru, najčešće na plodnom poljoprivrednom zemljištu, smatraju se jednim od najvažnijih uzroka degradacije životne sredine. Eksponencijalni rast količine CCR usled ogromnih potreba za električnom energijom zabeležen je svuda u svetu pa i u Srbiji gde se radom termoelektrana svake godine produkuje oko 5,5 Mt pepela, koji se deponuje na deponijama ukupne površine 1679 ha. Alkalnost i toksičnost pepela zahtevaju njegovu stabilizaciju i deponovanje na posebnim prostorima sa minimalnim pristupom vode kako bi se smanjila disperzija pepela na okolne prostore i prodiranje u podzemne vode. Pepeo je kompleksan heterogeni materijal, praškaste teksture, sa većinom čestica veličine manje od 100 µm, koje karakteriše gvožđe-alumosilikatni matriks, toksičan sadržaj nekih esencijalnih ali i neesencijalnih mikroelemenata kao što su As, B, Cr, Ni, Cd, Hg, Se, Mo i drugi, zatim višak rastvorljivih soli ali i nedostatak esencijalnih nutrijenata (N, P), što ograničava rast biljaka na zemljištima sa dodatim pepelom (Adriano et al., 1980; Dželetović and Filipović 1995; Pavlović et al., 2004; Mitrović et al., 2008; Kostić et al., 2012; Mitrović et al., 2012; Gajić et al., 2013; Pavlović i Mitrović, 2013). Takođe, visoke koncentracije As, Mo i Se iz pepela biljke mogu usvojiti u količinama koje se smatraju hazardnim za ishranu ljudi i životinja (Carlson and Adriano, 1993). S obzirom da se deponije pepela najčešće nalaze u blizini naseljenih područja i da su okružene velikim površinama obradivog zemljišta, ove osobine pepela čine deponije stalnim izvorom zagađenja zemljišta, vode i vazduha i rizika po zdravlje ljudi i životinja.

Površinski kop rudarskog basena “Kolubara” i istoimena termoelektrana podignuta na njegovom obodu, na donjem toku reke Kolubare, locirani su 50 km jugozapadno od Beograda dok je najveća termoelektrana u Srbiji, “Nikola Tesla A” (“TENT A”), udaljena 30 km od Beograda. Ova industrijska postrojenja se nalaze na prostoru dve velike prigradske beogradske opštine, Lazarevac i Obrenovac, u kojima poljoprivredno zemljište zauzima više od 60% površine (Dragičević i Karić, 2003; Živkov i sar., 2013).

Imajući u vidu težnju da se poljoprivredna proizvodnja na tom području odvija na bezbedan način, uzgojem zdrave i kvalitetne hrane, cilj ovoga rada je bio da se utvrdi da li blizina površinskog kopa uglja, dve termoelektrane i deponija pepela kao izvora zagađenja, direktno doprinosi zagađivanju obradivog zemljišta u njihovoj okolini. Takođe, cilj je bio da se utvrdi da li je povišen sadržaj hemijskih elemenata (Al, Fe, As, B, Cr i Ni) u pepelu imao efekat na sadržaj istih u obradivom zemljištu i tako analizira potencijalni rizik po kvalitet zemljišta i da se proceni indirektni uticaj na zdravlje ljudi i životinja koji se hrane proizvodima sa poljoprivrednih površina u okolini navedenih industrijskih postrojenja.

MATERIJAL I METODE RADA

Termoelektrana “Kolubara” sagrađena u neposrednoj blizini istoimenih površinskih kopova, odakle se i snabdeva ugljem, predstavlja najstariju aktivnu termoelektranu u sistemu „Elektroprivrede Srbije“, ukupne instalisane snage 270 MW. “TENT A”, ukupne instalisane snage od 1652 MW i prosečnom proizvodnjom od 8 milijardi KWh godišnje predstavlja najveću termoelektranu u istom sistemu koja godišnje sagori oko 12 Mt lignita i proizvede 2.2 – 2.5 Mt pepela, koji se deponuje na deponiju ukupne površine 382 ha.

Hemijskim analizama su obuhvaćeni uzorci pepela sa deponija u Lazarevcu i Obrenovcu, i uzorci njivskog zemljišta i zemljišta iz povrtnjaka sakupljeni u selu Sokolovo - opština Lazarevac i selu Krtnska - opština Obrenovac (aluvijalno zemljište - fluvisol), kao i selu Jakovo - opština Surčin (ritska crnica - humoglej) koji su služili kao kontrola. Tipovi zemljišta utvrđeni su na osnovu Pedološke karte Srbije (Mrvić et al., 2013). U ovom radu su predstavljani preliminarni rezultati analiza uzoraka sakupljenih tokom septembra 2013 (I) i 2014 (II) godine. Na svakom lokalitetu uzorci su sakupljeni sa 25 odvojenih tačaka, po metodi slučajnog izbora. Nakon sušenja na vazduhu, uzorci sa svakog lokaliteta su objedinjeni, usitnjeni u avanu i prosejani kroz sito gustine 0,2 mm.

Ukupan saržaj hemijskih elemenata (Al, Fe, As, B, Cr, Ni) u zemljištu i pepelu određen je prema metodi USEPA 3051 (1994). Uzorci za analizu su pripremljeni metodom vlažne digestije (0,5g zemljišta i pepela/9 ml HNO₃ i 3 ml 30% H₂O₂), u mikrotalasnoj peći (CEM, 39 MDS-2000), u šest ponavljanja (n=6). Ukupne koncentracije elemenata merene su metodom optičke emisione spektrometrije za simultanu multielementarnu analizu (ICP-OES, Spectro Genesis). Za validaciju analitičke procedure korišćen je standardni referentni materijal: leteći pepeo (Fly ash from pulverised coal – BCR - 038) i zemljište (Loam soil - ERM - CC141). Statistička analiza obuhvatila je utvrđivanje srednje vrednosti (M) i standardne devijacije (SD) za svaki od analiziranih hemijskih elemenata u zemljištu i pepelu. Analizom varijansi (Factorial ANOVA) je utvrđen stepen prostornih i vremenskih razlika u vrednostima svih merenih parametara.

REZULTATI RADA I DISKUSIJA

Najmanji sadržaj Al u zemljištu u obe godine ispitivanja (I i II) izmeren je u zemljištu povrtnjaka na kontrolnom staništu, a najveći u uzorcima iz povrtnjaka u Lazarevcu i njivskom zemljištu iz Obrenovca u 2013 ($p < 0.001$, Tabela 1). U uzorcima iz 2014 (II) sadržaj Al je samo u zemljištu iz povrtnjaka u Lazarevcu bio veći u odnosu na kontrolno stanište ($p < 0.001$, Tabela 1). Aluminijum je zastupljen element u zemljištu i njegov sadržaj varira od 1 do 4% (Tabela 2). Na njegovu rastvorljivost i dostupnost biljkama značajno utiče pH vrednost i količina organske materije u zemljištu (Walker et al., 1990). U kiselim zemljištima (pH < 5.5) toksičnost Al se povećava kada izaziva oštećenja korenova što smanjuje njihovu propustljivost za vodu i nutrijente i dovodi do opšteg smanjivanja prinosa, dok je u subalkalnoj i alkalnoj sredini (pH 5.5-8.0) Al biološki neaktivan (Sparling and Lowe, 1996). Pravilnik o dozvoljenim količinama opasnih i štetnih materija u zemljištu za Srbiju ne propisuje dozvoljene koncentracije za ovaj element u zemljištu.

U svim uzorcima zemljišta i pepela koncentracije Fe su bile u opsegu koncentracija Fe poznatih za različite tipove zemljišta (1 000-100 000 mg/kg ili 0.1-10 %), ali veće od prosečnih (0.57-1.2%, Kabata-Pendias and Mukherjee, 2007), Tabele 1 i 2. Ipak najveći sadržaj Fe je utvrđen u uzorcima pepela sa obe deponije. Veći sadržaj Fe u zemljištu povrtnjaka u Lazarevcu i Obrenovcu ($p < 0.001$), kao i povećanje sadržaja Fe na istim lokalitetima u 2014 ($p < 0.001$), može biti rezultat rasipanja pepela sa deponije sa jedne strane i izlivanja poplavnih voda sa druge. Prisustvo Fe u zemljištu generalno ima pozitivan efekat na njegovo formiranje i strukturu, kao i distribuciju i dostupnost drugih elemenata npr. As (Cornelis et al., 2008). Na njegovu dostupnost biljkama pored pH utiču i aeracija i oksidoredukcioni potencijal zemljišta, kao i sadržaj organske materije i minerala, a naročito gline. Takođe, neki antropogeni faktori poput kiselih padavina, kiselih đubriva, prekomernog dodavanja organske materije mogu povećati mobilnost i dostupnost Fe u zemljištu. U oksidujućim i alkalnim uslovima

(pH>6) dostupnost Fe biljkama se smanjuje, dok redukujuća i kisela sredina pogoduju obrazovanju rastvorljivih formi Fe u zemljištu (Kabata-Pendias and Pendias, 2001). To znači da u uslovima dugotrajnih poplava i niskih pH vrednosti sadržaj Fe dostupnog biljkama može dostići toksičan nivo.

Tabela 1. Koncentracije hemijskih elemenata u zemljištu i pepelu (mg/kg)

Uzorak	Lokalitet	Al			Fe			As		
		I	II	I/II	I	II	I/II	I	II	I/II
Zemljište povrtnjak	Kontrola	17704.45 (1466.00)	17930.03 (4572.15)	ns	31672.50 (663.06)	36139.00 (1821.15)	***	-	5.55 (0.78)	***
	Lazarevac	31160.28*** (1359.97)	27893.63*** (777.98)	***	35784.10*** (411.66)	49061.13*** (962.21)	***	3.14 (0.173)	19.83*** (1.04)	***
	Obrenovac	26431.98*** (1461.08)	21708.12ns (5796.49)	ns	37138.00*** (454.25)	45233.75*** (3117.05)	***	-	5.43ns (1.11)	***
Zemljište njiva	Kontrola	34958.53 (141.95)	25561.13 (641.80)	***	40553.10 (414.01)	47933.12 (617.65)	***	-	7.09 (1.14)	***
	Lazarevac	26495.82ns (570.55)	24710.03ns (8152.28)	ns	27826.62*** (407.15)	46526.27ns (5362.20)	***	-	13.37*** (0.90)	***
	Obrenovac	35320.97*** (665.402)	23586.62* (1427.45)	***	44603.20ns (1032.38)	42006.42*** (573.64)	***	-	5.26* (0.93)	***
Pepeo	Lazarevac	45326.60 (438.34)			63840.25 (88.88)			-		
Pepeo	Obrenovac	38778.00 (287.63)			89930.00 (166.62)			16.54 (4.12)		
Uzorak	Lokalitet	B			Cr			Ni		
		I	II	I/II	I	II	I/II	I	II	I/II
Zemljište povrtnjak	Kontrola	124.43 (3.20)	92.881 (9.77)	***	40.64 (0.98)	54.22 (5.92)	***	78.85 (2.09)	90.99 (2.44)	***
	Lazarevac	139.75*** (3.76)	119.97*** (1.99)	***	45.76*** (2.15)	87.10*** (1.66)	***	37.13*** (3.91)	106.04*** (0.50)	***
	Obrenovac	152.01*** (2.16)	110.62* (14.45)	***	74.64*** (2.91)	57.35ns (6.75)	***	95.62*** (2.77)	90.62ns (3.39)	*
Zemljište njiva	Kontrola	165.35 (1.24)	121.59 (0.92)	***	70.62 (1.16)	68.28 (0.78)	***	83.08 (0.64)	96.05 (4.46)	***
	Lazarevac	107.01*** (1.93)	109.73ns (18.56)	ns	55.25*** (1.97)	107.01*** (17.52)	***	45.41*** (0.44)	134.83*** (7.64)	***
	Obrenovac	175.85* (2.320)	108.48*** (3.342)	***	80.32** (2.29)	61.93*** (2.39)	***	94.68*** (3.90)	98.72ns (1.07)	*
Pepeo	Lazarevac	294.88 (9.26)			121.97 (2.04)			115.87 (7.54)		
Pepeo	Obrenovac	136.21 (1.23)			69.65 (0.73)			66.40 (1.52)		

ANOVA, n=6, vrednosti si srednja vrednost (S.D.), nivoi značajnosti: ***p<0.001, **p<0.01, *p<0.05, ns-nije značajno

U uzorcima sakupljenim 2013, prisustvo As je utvrđeno samo u zemljištu povrtnjaka iz Lazarevca dok je u uzorcima iz 2014 uočeno povećanje sadržaja As (5.264-19.828 mg/kg, Tabela 1). Koncentracije As u svim uzorcima su bile manje od maksimalno dozvoljenih koncentracija (MDK) koju propisuje Pravilnik o dozvoljenim količinama opasnih i štetnih materija u zemljištu (Tabela 2) ali veće od prosečnog sadržaja za isti u zemljištima Srbije (11 mg/kg, Mrvić et al., 2009). Pojava As u uzorcima zemljišta nakon poplave rezultat je njegove visoke rastvorljivosti koja se u alkalnim pepelima može kretati i do 52 % (Querol et al., 2001). Na absorpciju As od strane biljaka utiču mnogi faktori, poput vrste biljaka, koncentracije i forme As u zemljištu, osobine zemljišta poput pH reakcije, sadržaja gline i prisustva drugih jona (Kabata-Pendias & Pendias, 2001).

Tabela 2. Opseg koncentracija hemijskih elemenata u zemljištu

	Al %	Fe %	As mg/kg	B mg/kg	Cr mg/kg	Ni mg/kg
Opseg u zemljištu ^a	1-4	0.1-10	0.1-30	1-400	1-1100	0.2-450
Prosečan sadržaj ^a	-	0.57-1.2	5	10-100	54	20-40
MDK ^b	-	-	25	50	100	50
Granična vrednost ^c	-	-	29	-	100	35
Remedijaciona vr. ^c	-	-	55	-	380	210

^a Kabata-Pendias and Mukherjee (2007), ^b Pravilnik o dozvoljenim količinama opasnih i štetnih materija u zemljištu i vodi za navodnjavanje i metodama njihovog ispitivanja («Službeni glasnik RS», br. 23/94); ^c Uredba o programu sistemskog praćenja kvaliteta zemljišta, indikatorima za ocenu rizika od degradacije zemljišta i metodologiji za izradu remedijacionih programa; ("Sl.glasnik RS", br.88/2010)

U uzorcima zemljišta sa svih ispitivanih lokaliteta sadržaj B je bio veći od MDK (Tabele 1 i 2). U prvoj godini istraživanja sadržaj B u oba zemljišta iz Obrenovca i u povrtnjaku iz Lazarevca je bio veći u odnosu na kontrolu, što može biti direktna posledica rasipanja pepela sa deponija. Međutim, nakon poplave 2014 došlo je do smanjenja koncentracije B kao rezultat povećane mobilnosti ovog elementa ali su koncentracije i dalje ostale visoke, iznad MDK (Tabela 1). Naime, James et al. (1982) su utvrdili da je 11-47% B poreklom iz pepela odmah rastvorljivo u vodi, dok Carlson and Adriano (1993) smatraju da taj procenat iznosi i do 64%. Do sličnih rezultata su kasnije došli i Mitrović et al., 2008; Kostić et al., 2012; Mitrović et al., 2012; Kostić, 2014). Svi navedeni istraživači su se složili da je za smanjenje njegovog sadržaja do koncentracija tolerantnih za biljke potrebno 2-3 godine.

U svim uzorcima zemljišta sadržaj Cr je bio manji od MDK osim u zemljištu iz njiva u Lazarevcu u 2014, međutim u većini uzoraka sadržaj hroma je bio viši od prosečnog sadržaja u zemljištima Srbije (48 mg/kg, Mrvić et al., 2009), Tabele 1 i 2. U 2014, nakon poplava je u oba ispitivana zemljišta na području Lazarevca izmereno povećanje sadržaja Cr ($p < 0.001$). Istovremeno, u pepelu iz "Kolubare" je izmeren najveći sadržaj ovog elementa u odnosu na sve ostale uzorke (Tabela 1). Usvajanje Cr iz zemljišnog rastvora je uslovljeno pH reakcijom zemljišta, oksidativnim stanjem, ukupnom koncentracijom i prisustvom rastvorenih soli. Ipak u odnosu na druge teške metale Cr je najmanje mobilan, i najviše se akumulira u korenu a najmanje u vegetativnim i reproduktivnim organima biljaka (Singh et al., 2013).

Sadržaj Ni je u svim uzorcima zemljišta u 2013 bio manji od MDK osim u uzorcima iz Obrenovca (Tabela 1). U svim uzorcima zemljišta iz 2014 izmereno je povećanje sadržaja Ni ($p < 0.001$) osim u zemljištu povrtnjaka iz Obrenovca. Pritom, najizraženije povećanje je izmereno u uzorcima njivskog zemljišta iz Lazarevca (134.8 mg/kg, $p < 0.001$, Tabele 1 i 2) što može biti rezultat visokog sadržaja Ni (115.87±7.54 mg/kg) u pepelu iz termoelektrane "Kolubara" sa jedne strane i efekta plavljenja sa druge. To je u saglasnosti sa nalazima Sikirić et al. (2010) koji su upravo u zemljištu izloženom plavljenju u dolini reke Kolubare, izmerili sadržaj Ni u opsegu od 38-192 mg/kg, pri čemu je u 93 % uzoraka sadržaj bio veći od MDK za poljoprivredna zemljišta koji iznosi 50 mg/kg.

ZAKLJUČAK

Preliminarni rezultati dvogodišnjih istraživanja (2013-2014) uzoraka obradivog zemljišta u okolini površinskog kopa i deponija pepela termoelektrana "Kolubara" u Lazarevcu i "Nikola Tesla A" u Obrenovcu su pokazali povećane koncentracije ispitivanih mikroelemenata u većini uzoraka zemljišta, pri čemu su koncentracije B i Ni bile iznad maksimalno dozvoljenih koncentracija za poljoprivredna zemljišta. Izlivanje reka Kolubare i Save u drugoj godini istraživanja dodatno je doprinelo povećanju koncentracija Fe, As, Cr i Ni u obradivom zemljištu. Dobijeni rezultati nalažu oprez kada su u pitanju potencijalno toksični elementi poput bora i nikla, koje biljke mogu da akumuliraju u povišenim koncentracijama što može predstavljati potencijalni rizik po zdravlje ljudi i životinja koji se hrane proizvodima sa poljoprivrednih površina. To nameće potrebu za kontinuiranim merenjima sadržaja potencijalno toksičnih hemijskih elemenata u zemljištima i biljnim kulturama. Kada je o zemljištu reč, neophodne su dodatne analize fizičko-hemijskih karakteristika zemljišta, pre svega pH i CEC zemljišta, kao i sekvencijalne analize pojedinih frakcija toksičnih hemijskih elemenata, sa ciljem da se detektuje njihova potencijalna mobilnost, dostupnost i toksičnost. Takođe, potrebno je uraditi analizu sadržaja istih elemenata u različitim delovima biljnih kultura, kako bi se procenio rizik korišćenja delova biljaka u ishrani ljudi i životinja.

ZAHVALNICA

Ovaj rad je urađen u okviru projekta ev. br. ON173018, podržanog od strane Ministarstva za prosvetu, nauku i tehnološki razvoj Republike Srbije i projekta ev. br. B-041 4011-22 podržanog od strane Sekretarijata za zaštitu životne sredine Grada Beograda.

LITERATURA

1. Adriano, D.C., Page, A.L., Elsewii, A.A., Chang, A.C., Straughan, I. (1980): Utilization and disposal of fly ash and other coal residues in terrestrial ecosystems: a review. *Journal of Environmental Quality*. 9 (3): 333-344.
2. Carlson, C.L. and Adriano D.C. (1993): Environmental impacts of coal combustion residues. *Journal of Environmental Quality* 22: 227-47.
3. Cornelis, G., Johnson, C.A., Gerven, T.V., Vandecasteele, C. (2008): Leaching mechanisms of oxyanionic metalloid and metal species in alkaline solid wastes: a review. *Applied Geochemistry*. 23: 955-976.
4. Dragičević, S. i Karić, I. (2003): Opština Obrenovac u Regionu Beograd – prirodne determinante. Beograd i njegov region. Geografski fakultet, Univerziteta u Beogradu, Asocijacija prostornih planera Srbije, Beograd, 140-148.
5. Dželetović, Ž. and Filipović R. (1995): Grain characteristics of crops grown on power plant ash and bottom slag deposit. *Resources, Conservation and Recycling*. 13: 105-113.
6. Gajić, G., Pavlović, P., Kostić, O., Jarić, S., Đurđević, L., Pavlović, D., Mitrović, M. (2013): Ecophysiological and biochemical traits of three herbaceous plants growing on the disposed coal combustion fly ash of different weathering stage. *Archives of Biological Sciences*. 65 (4): 1651-1667.
7. James, W.D., Graham, C.C., Glascock, M.D., Hanna, A.S.G. (1982): Water-leachable boron from coal ashes. *Environmental Science and Technology*. 16: 195-197.
8. Kabata-Pendias, A. and Pendias, H. (Ed): Trace elements in soils and plants 3rd edition. CRC Press, USA. 2001.
9. Kabata-Pendias, A. and Mukherjee, A.B. (Ed): Trace Elements from Soil to Human Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2007.

10. Kostić O. (2014): Ekofiziološke karakteristike nekih drvenastih vrsta biljaka i njihov potencijal za revitalizaciju deponije pepela termoelektrana. Doktorska disertacija. Šumarski fakultet Univerziteta u Beogradu, Beograd, 430 str.
11. Kostić, O., Mitrović, M., Knežević, M., Jarić, S., Gajić, G., Đurđević, L., Pavlović, P. (2012): The potential of four woody species for the revegetation of fly ash deposits from the „Nikola Tesla – A“ Thermoelectric plant (Obrenovac, Serbia). *Archives of Biological Sciences*. 64 (1): 145-158.
12. Mitrović, M., Pavlović, P., Lakušić, D., Đurđević, L., Stevanović, B., Kostić, O., Gajić G. (2008): The potential of *Festuca rubra* and *Calamagrostis epigejos* for the revegetation of fy ash deposits. *Science of the Total Environment*. 407: 338-347.
13. Mitrović, M., Jaić, S., Kostić, O., Gajić, G., Karadžić, B., Đurđević, L., Oberan, Lj., Pavlović, D., Pavlović, M., Pavlović, P. (2012): Photosynthetic Efficiency of Four Woody Species Growing on Fly Ash Deposits of a Serbian „Nikola Tesla – A“ Thermoelectric Plant. *Polish Journal of Environmental Studies*. 21 (5): 1339-1347.
14. Mrvić, V., Antonović, G., Martinović, Lj. (Ur.): Plodnost i sadržaj opasnih i štetnih materija u zemljištima Centralne Srbije. Institut za zemljište, Beograd. 2009.
15. Mrvić, V., Antonović, G., Čakmak, D., Perović, V., Maksimović, S., Saljnikov, E., Nikoloski, M. (2013): Pedological and pedogeochemical map of Serbia. 1st *International Congress on Soil Science and 13th National Congress in Soil Science*. *Soil Science Society of Serbia*. Soil – Water – Plant. September 23 – 26th 2013, Belgrade, Serbia, Book of proceedings 93-104.
16. Pavlović, P., Mitrović, M., Đurđević L. (2004): An ecophysiological study of plants growing on the fy ash deposits from the “Nikola tesla – A” thermal power station in Serbia. *Environmental Management*. 33: 654-63.
17. Pavlović, P., Mitrović, M. (2013): Termoelektrane u Srbiji – uticaj pepela na zemljište i biljke, *Energetika i životna sredina*, Srpska akademija nauka i umetnosti, Naučni skupovi, knjiga CXVIII, Odeljenje hemijskih i bioloških nauka, knjiga 4, Beograd, 403-431.
18. Pravilnik o dozvoljenim količinama opasnih i štetnih materija u zemljištu i vodi za navodnjavanje i metodama njihovog ispitivanja (“Službeni glasnik RS”, br. 23/94)
19. Querol, X., Umana, J.C., Alastuey, A., Ayora, C., Lopez-Soler, A., Plana F. (2001): Extraction of soluble major and trace elements from fly ash in open and closed leaching systems. *Fuel*. 80: 801-813.
20. Sikirić, B., Zdravković, M., Čakmak, D., Maksimović, S., Pivić, R. (2010): The content of different forms of heavy metals in the valley of Kolubara river. *Zemljište i biljka*. 59 (3): 159-169.
21. Singh, H.P., Mahajan, P., Kaur, S., Batish, D.R., Kohli, R.K. (2013): Chromium toxicity and tolerance in plants. *Environmental Chemistry Letters*. 11: 229-254.
22. Sparling, D. and Lowe, T. (1996): Environmental Hazards of Aluminum to Plants, Invertebrates, Fish, and Wildlife. *Reviews of Environmental Contamination and Toxicology*. 145: 1-127.
23. 23. Uredba o programu sistemskog praćenja kvaliteta zemljišta, indikatorima za ocenu rizika od degradacije zemljišta i metodologiji za izradu remedijacionih programa; (“Službeni glasnik RS”, br.88/2010)
24. USEPA (United States Environmental Protection Agency) (1994).Method 3051. Microwave assisted acid digestion of sediments, sludges and oils, in *Test Methods for Evaluating Solid Waste*, SW 846, USEPA, Washington, DC.
25. Walker, J.A., Sherman, R.A., Cody, R.P. (1990): The effect of oral bases on enteral aluminium absorption. *Archives of Internal Medicine*. 150: 2037-2039.
26. Živkov, G., Dulić Marković, I., Tar, D., Teofilović, N., Bardić, D. (2013): Analiza stanja i preporuke za razvoj poljoprivrede i sela u Gradskoj opštini Lazarevac. SEDEV. Projekat: “Seenet – translokalna mreža za saradnju između Italije i Jugoistočne Evrope” Šifra projekta: AID 8934.01.5, CUP D49Do8000180003. 1-49.

Effects of industrial facilities on potential soil contamination in rural settlements of Belgrade area

ABSTRACT

The use of coal for electric power generation in Serbia results in large quantities of fly ash and other residues. Fly ash disposal has adverse impacts on terrestrial and aquatic ecosystems due to leaching of toxic substances including trace metals from the ash into soil and groundwater followed by reduction in plant establishment and growth. Although fly ash deposits do not serve as biologically productive habitat they are often surrounded by agricultural fields, where different agricultural crops are produced, and which are permanently covered with fly ash, thus causing a number of adverse consequences to the safety of produced crops. Therefore, stabilization of ash would provide safer production of food in these areas. In this respect, the main objective of this study was to measure total concentrations of Al, Fe, As, B, Cr and Ni in arable soil (garden soil and plowed soil) located in the vicinity of open pit mine and fly ash disposal sites of thermoelectric power plants „Kolubara“ in Lazarevac and „Nikola Tesla A“ in Obrenovac. Results of two years study (2013-2014) showed elevated concentrations of examined trace elements in most of the soil samples, with B and Ni concentrations above the maximum background concentrations for agricultural soils. In the second year excessive floods caused by Kolubara and Sava rivers in the examined areas contributed to the elevated concentrations of Fe, As Cr and Ni in the arable soil. Results obtained in this study showed higher pollution level for soil in the „Kolubara“ area which implies the necessity of the monitoring of the trace elements levels as well as further detailed analysis of physico-chemical characteristics of these soils.

Key words: soil pollution, fly ash deposits, trace elements, crop production