

PRAĆENJE SADRŽAJA TEŠKIH METALA U TLU I BILJKAMA U OKOLINI ŽELJEZARE U ZENICI

MONITORING THE CONTENT OF HEAVY METALS IN SOIL AND PLANTS IN ENVIRONMENT IRONWORKS IN ZENICA

Dr.Sc. Šefket Goletić,
Univerzitet u Zenici, Mašinski fakultet u Zenici

Mr.Sc. Esad Bukalo, Ejub Trako, dipl.ing.polj.
Federalni zavod za agropedologiju, Sarajevo

REZIME

Zenička regija je više decenija bila pod uticajem visokih emisija prašine sa visokim sadržajem teških metala, kao i dugih polutanata, emitovanih iz metalurških i termoenergetskih postrojenja.

U ovom radu su izneseni rezultati istraživanja sadržaja teških metala u tlu i biljkama u pojasu 100-800 m oko Željezare u Zenici. Istraživanja pokazuju da je sadržaj teških metala u tlu i biljkama i povećan u odnosu na prirodno stanje i maksimalno dozvoljene vrijednosti, što je posljedica njihove antropogene redistribucije uzrokovane prekomjernom emisijom iz metalurških i termoenergetskih postrojenja. Sadržaj Pb u tlu je varirao 160,4-345,9 mg/kg i biljkama 0-33,6 mg/kg, Cd u tlu 1,5-4,5 mg/kg i biljkama 0-1,3 mg/kg, Zn u tlu 257-455 mg/kg i biljkama 0,18-260,8 mg/kg itd. Zbog toga treba preduzeti mjere zaštite tla i drugih sastavnica okoliša radi zaštite zdravlja stanovništva i uvesti monitoring teških metala u tlu, biljkama i drugim komponentama okoliša u cilju praćenja efekata realizacije mjera za smanjivanje emisija prašine i teških metala iz metalurških i termoenergetskih postrojenja.

Ključne riječi: teški metali, tlo, biljke, prirodni sadržaj teških metala u tlu i biljkama.

SUMMARY

Zenica region have been under high dust emission containing high content of heavy metals and other pollutants emitted from metallurgical and power plants for several decades.

In this paper are presented the results of the researches of content heavy metals in soil and plants in the zone 100-800 m around the Ironworks in Zenica. Research shows that the content of heavy metals in soil and plants increased in relation to the natural state and the maximum allowable value, as a result of their anthropogenic redistribution caused by excessive emissions from metallurgical and thermal power plants. The content of Pb in soil varied from 160,4 to 345,9 mg / kg and plants from 0 to 33,6 mg / kg Cd in soil from 1,5 to 4,5 mg / kg and plants from 0 to 1,3 mg / kg , Zn in soil 257-455 mg / kg and plants from 0,18 to 260,8 mg / kg, etc. Because of that, necessary security measures should be undertaken for the protection of the soil and environment because of health protection of population, monitoring of the heavy metals in the soil, plants and other components of environment should be introduced in order to monitoring the effects of the implementation of measures to reduce emissions of dust and heavy metals from metallurgical and thermal power plants.

Keywords: heavy metals, soil, plants, natural content of heavy metals in soil and plants.

1. UVOD

Životna sredina zeničke regije je više decenija izložena uticaju visokih emisija prašine, teških metala i drugih polutanata emitovanih iz metalurških i termoenergetskih postrojenja. Ova postrojenja imaju instalisani kapacitet proizvodnje oko 2 mil. t/g čelika, a proizvode oko 600.000 do 700.000 t/g čelika [1,2].

Emisije teških metala iz metalurških i termoenergetskih postrojenja utiču na njihovu antropogenu redistribuciju u tlu i ekosistemima ovog područja i uključuju se u geobiociklus. Zbog toga je proizvodnja mnogih poljoprivrednih kultura rizična radi potencijalnog uključivanja teških metala u lanac animalne i humane ishrane [3,4].

Primarna metalurška postrojenja nisu radila od polovine 1992. do polovine 2007. godine. Zbog toga je opterećivanje tla i drugih sastavnica okoliša teškim metalima u okolini Željezare znatno smanjeno [5].

U ovom radu su izneseni rezultati istraživanja sadržaja teških metala u tlu i nekim samoniklim i gajenim biljkama u bližoj okolini pogona i postrojenja Željezare u Zenici, koja su realizovana u 2010. godina [6,7].

2. MATERIJAL I METODE RADA

Istraživanja sadržaja teških metala u tlu i biljkama realizovana su na deset lokaliteta u okolini Željezare u Zenici i to u naseljima: Tetovo, Podbrežje, Banlozi, Donja Gračanica i Pehare. Lokaliteti su udaljeni oko 100 - 800 m zračne linije od Željezare i nalaze se na nadmorskoj visini 322 - 387 m. Svi lokaliteti su postavljeni na blago inkliniranom ili gotovo ravnom terenu i uglavnom istočne ekspozicije.

Eksperimentalni poligoni su postavljeni na poljoprivrednom zemljištu. Teren predstavlja ravne do blago inklinirane terase (0-15⁰).

Uzorci tla su sakupljeni u mjesecu martu 2010. godine uglavnom sa poljoprivrednog zemljišta koje se koristi kao prirodni ili vještački travnjak i to kromiranom sondom sa dubine 0-15 cm (oranični sloj), na primjernim pedološki homogenim plohama. Na svakoj lokaciji sakupljeni su prosječni uzorci tla (oko 2 kg) i pripremani su za analizu u laboratoriji po standardnom postupku kao zrakosuhi uzorci.

Uzorci biljnog materijala su sakupljeni u julu i augustu 2010. godine na istim lokalitetima na kojima su uzeti uzorci tla. Uzorci žitarica (kukuruz i pšenica) i plodova jabuke, kruške, višnje, šljive i kajsije su analizirani u vlažnom stanju. Uzorci trave, slame i koprive, te listova šljive, jabuke, kruške i višnje su analizirani u suhom stanju, bez prethodnog odstranjivanja nataložene prašine.

Uzorci tla i biljnog materijala su analizirani u laboratoriji Federalnog zavoda za agropedologiju Sarajevo. Određivanje ukupnog sadržaja teških metala u uzorcima tla i biljnog materijala (Pb, Cd, Zn, Co, Cu, Cr, Ni) izvršeno je po postupku atomske apsorpcijske spektrofotometrije. Sadržaj žive je određivan metodom amalgamizacije, na instrumentu AMA 254. Sva laboratorijska ispitivanja su rađena prema standardu ISO 11466 i ISO 11047.

3. REZULTATI I DISKUSIJA

3.1. Sadržaj teških metala u tlu

Određivanje sadržaja teških metala u tlu osnovni je pokazatelj za utvrđivanje stepena onečišćenosti i podobnosti tla za biljnu proizvodnju. Biopristupačnost i bioakumulacija teških metala u biljkama izravno je vezana za njihov sadržaj i mobilnost u tlu.

U tabeli 1 prikazana su osnovna kemijska svojstva istraživanog tla (kemijska reakcija, aktivna i potencijalna kiselost, te sadržaj humusa, karbonata, ukupnog azota i pristupačnog fosfora i kalija), a u tabeli 2 prikazan je sadržaj teških metala u tlu.

Tabela 1. Kemijska svojstva tla

Kemijska svojstva tla	Uzorak 1	Uzorak 2	Uzorak 3	Uzorak 4	Uzorak 5	Uzorak 6	Uzorak 7	Uzorak 8	Uzorak 9	Uzorak 10
pH u H ₂ O	7,86	7,69	7,31	7,65	7,73	7,61	7,69	7,70	7,64	7,68
pH u KCl	6,92	6,96	6,54	6,96	7,00	6,93	7,04	6,97	6,77	7,27
Sadržaj CaCO ₃ (%)	2,43	10,03	0,53	5,01	6,70	7,83	26,74	27,35	5,50	4,73
Sadržaj humusa (%)	3,10	4,00	4,50	5,00	4,20	4,00	3,90	4,80	4,30	4,80
Ukupni N (%)	0,05	0,09	0,07	0,05	0,08	0,07	0,09	0,09	0,08	0,07
Pristupačni P ₂ O ₅ (%)	2,20	3,50	1,50	11,30	8,70	24,70	4,30	2,10	8,20	0,40
Pristupačni K ₂ O (%)	12,50	15,00	10,00	66,50	8,00	38,00	24,80	47,40	32,80	97,60

Tabela 2. Sadržaj teških metala u tlu (mg/kg, zrakovuhi uzorak)

Teški metal	Uzorak 1	Uzorak 2	Uzorak 3	Uzorak 4	Uzorak 5	Uzorak 6	Uzorak 7	Uzorak 8	Uzorak 9	Uzorak 10	Granična vrijednost
Pb	160,4	311,7	340,3	345,9	212,1	224,6	231,3	260,3	203,8	268,8	100
Cd	1,5	2,3	1,6	2,8	1,9	3,4	3,7	4,5	2,2	2,5	1,5
Hg	0,31	0,32	0,31	0,32	0,32	0,31	0,27	0,34	0,27	0,28	1,5
Zn	257	371	446	455	362	353	266	417	331	365	200
Cu	42,7	55,9	62,7	59,2	78,5	62,7	53,4	74,4	67,1	60,3	80
Ni	160,9	104,3	99,5	136,7	175	185,1	88,3	182,6	210,9	162,7	50
Cr	144,8	48,5	113,3	77,6	73,4	87,4	28,3	75,4	118,2	48,2	100
Co	39,2	27,3	29,3	31,6	41,8	40,1	34,4	37,3	43,1	40,1	60

Na osnovu prikazanih rezultata u Tabeli 2 može se konstatovati da je sadržaj Pb, Cd, Zn i Ni u svim uzorcima tla značajno veći od dozvoljenih vrijednosti, sadržaj Cr je veći od dozvoljene vrijednosti u tri uzorka, a sadržaj ostalih metala je ispod dozvoljenih vrijednosti [8].

Na istraživanim lokalitetima dominantno je zastupljeno tlo tipa rendzina na laporu i laporcu. Ovo tlo ima neutralnu do slabo alkalnu vrijednost pH, srednju obezbijeđenost humusom, umjerenu obezbijeđenost azotom, dobru snabdjevenost pristupačnim kalijem i dobro prisustvo karbonata. To doprinosi imobilizaciji teških metala, čime se otežava njihova biopristupačnost, usvajanje i nakupljanje od strane biljaka, te uključivanje u hranidbeni lanac.

Prema utvrđenom sadržaju teških metala u tlu istraživani lokaliteti spadaju u umjereno kontaminirana tla. Zbog toga je potrebno provesti tehničko-tehnološke mjere na smanjivanju emisije teških metala iz primarnih metalurških postrojenja i mjere remedijacije zemljišta u cilju zaštite zdravlja stanovništva.

Sadržaj teških metala u tlu na istraživanom području je značajno niži u odnosu na period prije obustave rada primarnih metalurških postrojenja (do 1990), što je rezultat znatno nižih emisija i iznošenja teških metala iz tla sa biljkama i ispiranja sa vodom.

3.2. Sadržaj teških metala u gajenim biljkama

Teški metali imaju sposobnost bioapsorpcije i bioakumulacije. Apsorpcija i akumulacija teških metala u biljkama ovisi od biopristupačnosti i sadržaja teških metala u tlu, genetičkih osobina biljaka, edafskih i drugih ekoloških faktora.

U tabeli 3 prikazan je sadržaj teških metala u ispitivanim biljkama u pojasu 100-800 m zračne linije od Željezare.

Tabela 3. Sadržaja teških metala u biljkama (mg/kg)

Vrsta biljke	Pb	Cd	Hg	Zn	Cu	Co	Cr	Ni
Žito (zrno)	0	0	0	34,28	0	0	0	1,83
Slama	0	0	0	23,86	5,00	0	0	0
List šljive	20,53	0	0	73,27	15,90	0	0	9,03
List kruške	25,50	0	0	86,45	17,70	0	0	15,40
List jabuke	26,20	0	0	93,95	16,20	0	0	18,45
List višnje	12,40	0	0	57,80	13,65	0	0	10,50
List kajsije	16,80	0,90	0	68,60	14,40	0	0	9,30
Plod kruške	0	0	0	0,63	0,14	0,06	1,31	0,15
Plod jabuke	0	0	0	0,25	0,09	0,04	1,45	0,24
Plod višnje	0	0	0	1,37	0,81	0	0	1,33
Plod kajsije	0	0	0	4,06	2,41	0	0	2,11
Plod šljive	0	0	0	1,60	0,85	0	0,83	0,90
Salata	17,00	1,30	0	5,15	1,26	0	0	0,53
Blitva	19,20	0,90	0	8,64	2,99	0,22	0	0,91
Krastavac	0	0	0	4,18	0,41	0	0	1,56
Buranija	0	0	0	2,93	0,56	0,05	0,43	1,08
Paradajz	0	0	0	0,18	0,03	0,03	0,31	0,02
Krompir	0	0	0	1,94	0,46	0,09	1,46	0,42
Paprika	0	0	0	0,32	0,13	0	0,77	0,23
Mrkva	0	0	0	0,76	0,16	0	0,91	0,20
Tikva	0	0	0	0,33	0,05	0	0,85	0,14
Kopriva	33,60	0,50	0	260,8	26,80	5,13	0	25,97
Trava	14,70	0	0	67,50	17,70	0	0	13,10
Lucerka	12,20	0	0	76,10	20,80	0	0	13,90

Rezultati istraživanja sadržaja teških metala u biljkama i pojedinim dijelovima biljaka (analizirano je ukupno 44 uzorka biljnog materijala) pokazuju određena variranja ovisno od vrste i ispitivanog dijela biljke te vrste metala.

Najveći sadržaj olova nađen je u koprivi, a zatim u listovima jabuke, kruške, šljive, te blitvi, salati i listovima kajsije, a nešto manje u travi i lucerki, dok u plodovima voća nije registrovano. Sadržaj olova u listovima ispitivanog voća i povrća, te koprivi, travi i lucerki je veći od prirodnog sadržaja. Prirodni sadržaj olova u biljkama iznosi 0,1-5 mg/kg [9] i varira između 0,1 i 10 mg/kg [10], odnosno 0,3-1,5 mg/kg ST [11].

U ispitivanim uzorcima biljnog materijala živa nije nađena. Najveći sadržaj kadmija nađen je u salati, a potom u blitvi i listu kajsije i bio je veći od prirodnog sadržaja. U ispitivanom voću i povrću, osim salate i blitve, nije nađen ovaj metal. Prirodni sadržaj kadmija u biljkama varira između 0,05 i 0,20 mg/kg, a prosječna vrijednost varira između 0,1 i 0,8 mg/kg ST [9]. Sadržaj cinka u ispitivanim biljkama je varirao u granicama prirodnog sadržaja, osim u koprivi, koja je znatno akumulirala ovaj metal. Prirodni sadržaj cinka u biljkama varira od 20 do 100 mg/kg ST [11].

Sadržaj bakra u biljkama, isto tako, bio je u prirodnim granicama, osim kod koprive i lucerke, koje su akumulirale nešto veću količinu od maksimalnog prirodnog sadržaja. Prirodni sadržaj bakra u biljkama iznosi 2-20 mg/kg ST [11].

Biljke usvajaju i nakupljaju male količine kobalta i kroma. Prirodni sadržaj kobalta najčešće varira od 0,02 do 0,4 mg/kg ST [11], a kroma 0,2 do 0,4 mg/kg ST. Veći sadržaj kobalta od prirodnog nađen je samo u koprivi i to 5,13 mg/kg, što pokazuje da je ova biljka metalofita i da se efikasno može koristiti za fitoremedijaciju kontaminiranog zemljišta. Najveći sadržaj kroma nađen je u krompiru te plodovima jabuke i kruške, a potom u mrkvi, tikvi, plodu šljive i papriki. Ove biljke su akumulirale veći sadržaj kroma od prirodnih vrijednosti.

Najveći sadržaj nikla registrovan je u koprivi, a potom u listovima jabuke i kruške, te lucerki i travi. Ove biljke su akumulirale veći sadržaj nikla od prirodnih vrijednosti, koje iznose 1-10 mg/kg ST [11].

Bioakumulacija teških metala u samoniklim i gajenim biljkama uzrokovana je većim sadržajem metala u tlu od prirodnih vrijednosti. Na apsorpciju i bioakumulaciju teških metala u biljkama veliki uticaj ima njihov sadržaj u tlu, kemijska reakcija i apsorpcioni kompleks tla i drugi ekološki faktori [5,11]. Sadržaj većine teških metala u tlu ispitivanih lokaliteta je značajno veći od prirodnih i graničnih vrijednosti, a reakcija tla je neutralna do slabo alkalna, što otežava pristupačnost teških metala biljkama.

Rezultati ispitivanja sadržaja teških metala u biljkama pokazuju da su najmanje vrijednosti registrovane u plodovima voća i povrću (tikva, krastavac, paradajz, paprika, buranija, krompir itd.). Poznato je da do plodova dopijeva najmanja količina teških metala. Većina teških metala, naročito neesencijalnih, akumulira se u korjenu biljaka i njihov sadržaj opada preko stabla i lista do cvijeta i ploda u kome se najmanje akumuliraju [5,10,11].

Sadržaj olova i kadmija u voću i povrću (osim lisnatog) zadovoljava maksimalno dopuštene vrijednosti propisane odredbama Pravilnika o najvećim dopuštenim količinama određenih kontaminanata u hrani [12]. Maksimalno dopuštene vrijednosti olova iznose za povrće i voće 0,10 mgPb/kg i 0,05 mgCd/kg, zeleno povrće 0,20 mgPb/kg i lisnato povrće 0,30 mgPb/kg, te kadmija za povrće i voće 0,05 mgCd/kg i lisnato povrće 0,20 mgCd/kg. Ispitivano lisnato povrće (salata i blitva) ima veći sadržaj olova i kadmija od maksimalno dozvoljenog po citiranom Pravilniku, ali ovo povrće nije prethodno oprano.

Zbog povećanog sadržaja teških metala u zemljištu i biljkama koje se koriste za ljudsku i stočnu ishranu, potrebno je preduzeti i provoditi sljedeće mjere:

- mjere za smanjivanje emisija iz antropogenih izvora, prvenstveno metalurških i energetskih postrojenja, koje treba prioritetno realizovati, što treba da bude zadatak prvenstveno zagađivača, a onda i subjekata nadležnih za okolinsko upravljanje i inspekcijски nadzor,
- obezbjeđenje vršenja periodičnog monitoringa sadržaja teških metala u zemljištu i gajenim biljkama koje se dominantno koriste za ljudsku i stočnu ishranu,
- primjena odgovarajućih mjera za uzgoj gajenih biljaka, kao što su mjere popravljanja asporpcionog kompleksa i hranidbenih vrijednosti zemljišta, te izbor vrsta koje se mogu uzgajati na osjetljivim (kontaminiranim) zemljištima i edukacija stanovništva o provođenju tih mjera,
- izrada plana i realizacija mjera remedijacije kontaminiranog zemljišta od kojih se fitoremedijacija smatra najprikladnijom tehnologijom sa tehnološkog, ekonomskog i ekološkog stanovišta.

4. ZAKLJUČAK

Sadržaj teških metala u tlu okoline Željezare u Zenici je povećan u odnosu na prirodno stanje i granične vrijednosti, što je posljedica njihove antropogene redistribucije uzrokovane emisijama teških metala iz metalurških i termoenergetskih postrojenja. Veće prisustvo teških metala u tlu od prirodnih vrijednosti uticao je na njihovu veću bioakumulaciju u biljkama. Zbog toga je potrebno je obezbijediti monitoring teških metala u tlu i biljkama u cilju praćenja stanja kvaliteta okoliša, zaštite zdravlja stanovništva i efekata realizacije mjera za smanjivanje emisija prašine i teških metala iz metalurških i termoenergetskih postrojenja.

Veoma je značajno da se preduzmu sve neophodne mjere da do kontaminacije okoliša ne dolazi. Emisije teških metala i drugih polutanata morale bi se uskladiti sa kapacitetom (stepen osjetljivosti) tla i drugih sastavnica okoliša za njihov bezopasan prijem.

5. LITERATURA

- [1] Duran, F., Arnautović, Z., Galijašević, D.: Stanje zagađenosti zraka u Zenici. Zbornik referata sa I Jugosl. kongresa o očuvanju čistoće vazduha, Zenica, 2: 962-991, 1989.
- [2] Duran, F.: Specifičnosti zagađenosti zraka u gradu Zenica za period 1986-1996. Zbornik radova sa Prvog hrvatskog znanstveno-stručnog skupa "Zaštita zraka '97" Crikvenica, pp 153-159, 1997.
- [3] Bašović, M., Burlica, Č., Ivetić, B., Martinović, J., Omanović, M., Radadanović, R., Timotijević, B.: Studija o oštećenju i zagađenosti tla, njegova zaštita i iskorištavanje na području opštine Zenica. Studija. Zavod za agropedologiju Sarajevo, 1986.
- [4] Ivetić, B.: Sadržaj i dinamika teških metala i sumpora u tlu, vodi (drenažnoj) i biljkama na području opštine Zenica. Studija. Zavod za agropedologiju Sarajevo, 1991.
- [5] Goletić, Š., Redžić, S.: The dynamics of the heavy metals in the some plants of the Zenica region. The Third International Balkan Botanical Congress "Plant resources in the creation of new values", 2003.
- [6] Trako, E., Bukalo, E., Ramović, M., Latinović, E., Salčinović, A., Semić, M., Mitrović, M.: Elaborat o zagađenosti zemljišta neorganskim i organskim polutantima na području općine Zenica, Federalni zavod za agropedologiju, 2010.
- [7] Trako, E., Bukalo, E., Ramović, M., Salčinović, A., Latinović, E., Semić, M., Mitrović, M.: Prisustvo neorganskih polutanata u nekim biljnim kulturama na području općine Zenica, Elaborat, Federalni zavod za agropedologiju, 2010.
- [8] Pravilnik o utvrđivanju dozvoljenih količina štetnih i opasnih materija u zemljištu i metode njihovog ispitivanja ("Službene novine Federacije BiH", broj: 72/09).
- [9] Bašić, F., Kisić, I., Mesić, M., Butorac, A.: Studija stanja i projekt rekultivacije tla i isplačne jame, Agronom. fak. Sveučilišta u Zagrebu, 1998.
- [10] Kabata-Pendias, A., Pendias, H.: Trace Elements in Soils and plants. CRC Press, Inc. Boca Raton, Florida, 1984.
- [11] Kastori, R.: Fiziologija biljaka. Feljton. Novi Sad, 1998.
- [12] Pravilnika o najvećim dopuštenim količinama određenih kontaminanata u hrani (Službeni glasnik BiH, broj 37/09).