

*Mirjana Radulović, Miodrag Jakovljević, Natalija Perović*¹

**SADRŽAJ TEŠKIH METALA U OBRADIVIM ZEMLJIŠTIMA
RAVNIČARSKOG DIJELA SJEVERNE CRNE GORE
CONTENTS OF HEAVY METALS IN ARABLE PLAIN SOILS IN
NORTHERN MONTENEGRO**

Izvod

U radu su prikazani rezultati sadržaja teških metala (Mn, Zn, Cu, Co, Cr, Pb, Ni, Cd, As i Hg) u obradivim zemljištima ravničarskog dijela sjeverne Crne Gore (aluvijumi i smeđa zemljišta) i njihove korelativne veze sa važnijim hemijsko fizičkim osobinama zemljišta. Ispitivana zemljišta imaju uglavnom prirodne, normalne, vrijednosti za ukupne sadržaje teških metala što ukazuje da nisu zagađena i da se mogu koristiti za proizvodnju zdravstveno bezbjedne hrane. Nadeni su visoki sadržajni samo Ni i Cr u određenom broju uzoraka u oba tipa zemljišta i Cd u jednom uzorku smeđeg zemljišta. Utvrđen je približno isti broj značajnih korelacionih veza između ispitivanih elemenata kod jednog i drugog zemljišta.

Ključne riječi: zemljište, teški metali, sadržaj, korelacije.

Abstract

This paper presents the results of contents of heavy metals (Mn, Zn, Cu, Co, Cr, Pb, Ni, Cd, As and Hg) in arable plain soils in Northern Montenegro (alluvial and brown soils), and their linear correlations with chemical and physical characteristics of soils. The Majority of investigated soils showed normal, natural contents of heavy metals, and thus were suitable for the production of "healthy food". Increased amounts of Ni and Cr were found in several samples of both type of soils and Cd in one

¹ Mr Mirjana Radulović, dr Natalija Perović, Biotehnički institut - Podgorica.
Prof. dr Miodrag Jakovljević, Poljoprivredni fakultet - Zemun, Beograd.

sample of brown soil. Similar number of significant correlation have been found among the investigated element for both types of soils.

Key words: soils, heavy metals, content, correlation.

UVOD

Radi kartiranja obradivih zemljišta i utvrđivanja da li ima zagađenih površina teškim metalima, poslednjih nekoliko godina u Crnoj Gori su započeta istraživanja ove vrste. Pri radu su korišćena iskustva ovakvih proučavanja koja se navode u svjetskoj literaturi (Davies, 1980, Andriano, 1986, Kabata - Pendias, 1989, Soon and Abboud, 1990, Alloway, 1995 i drugi) i iskustva jugoslovenskih istraživača (Ubavić i sar. 1993, Jakovljević i sar. 1993, 1997).

Dio dosadašnjih rezultata koja se odnose na distribuciju teških metala u obradivim zemljištima Zetske ravnice, prikazan je u radovima (Jakovljević i sr. 1993, Radulović i sar. 1997).

Ovdje prikazujemo rezultate određivanja ukupnog sadržaja teških metala u dva najzastupljenija tipa obradivih zemljišta većih rečnih dolina sjeverne Crne Gore.

MATERIJAL I METOD RADA

Proučavanjem su obuhvaćena obradiva zemljišta u dolinama rijeka Morače, Tare, Lima i Ćehotine, Nikšićkog polja, nikšićke župe i Grahovskog polja. Uzorci zemljišta su uzimani prema pedološkoj karti Crne Gore (1:50.000) i to reprezentativni za kvadrate veličine 5 x 5 km² iz oraničnog sloja (0-20 cm). Ukupno je uzeto 33 uzorka i to sa dva najzastupljenija tipa zemljišta: smedeg i aluvijuma. Budući da je iz nekih kvadrata uzeto dva i više uzoraka, proučavanjima je obuhvaćena površina od oko 26.000 ha.

Osnovne hemijske i fizičke osobine zemljišta određivane su primjenom standardnih laboratorijskih metoda. Ukupni sadržaji teških metala određivani su metodom atomske apsorpcije. Prethodno su uzorci pripremljeni za analizu, podvrgnuti dvočasovnoj kiselinskoj digestiji (2 g/20 ml konc. HNO₃) uz blago ključanje, poslije čega je dva puta dodvano po 3 ml 30% H₂O₂ i nastavljeno sa blagim ključanjem po 15 minuta. Zatim je vršeno razblaživanje vodom do 100 ml i filtriranje. Određivanje koncentracija pomenutih teških metala u pripremljenim filtratima je radeno na atomskom absorpcionom spektrofotometru tipa Varian.

Dobijeni rezultati su statistički obrađeni (t-test i korelaciona analiza).

REZULTATI I DISKUSIJA

Ispitivana zemljišta odnose se na nekoliko varijeteta smeđeg zemljišta (20 uzoraka) i aluvijuma (13 uzoraka). Prema rezultatima hemijsko-fizičkih svojstava (tab.1) uočava se značajna heterogeniost u okviru dva tipa zemljišta. Tako, kod smeđih zemljišta reakcija se kreće od kisele do neutralne, zemljišta su srednje do vrlo humozna, siromašna do bogato obezbijedena pristupačnim fosforom i kalijumom. Prema mehaničkom sastavu su ilovače.

Sličnih su osobina i aluvijumi. Upoređujući ova dva tipa zemljišta prema njihovim parametrima plodnosti utvrđena je visoko statistički značajna razlika samo za frakciju praha.

Rezultati ukpunog sadržaja proučavanih teških metala prikazani su u tab.2.

Ukupni sadržaji teških metala u smeđim zemljištima vrlo su slični onima u aluvijumu, posebno u pogledu Mn, Zn, Cu, Co, Pb, As i Hg. Vrijednosti za Ni i Cr su nešto veće kod aluvijuma iako te razlike nijesu statistički značajne. Vrijednosti variraju u vrlo širokim granicama i na uglavnom istim lokalitetima dostižu ili znatno premašuju granicu dopuštenog sadržaja od 100 ppm. Povećani sadržaj Cr i Ni utvrđeni su kod četiri uzorka smeđeg zemljišta. U aluvijumu su nađeni povećani sadržaji hroma u dva, a nikla u pet uzoraka. Visoke koncentracije ova dva elementa utvrđene su u uzorcima zemljišta iz doline rijeke Morače, na lokalitetu Kolašin i južno od grada, u zemljištima užeg i šireg dijela riječne doline Lima na lokalitetima južno i sjeverno od Andrijevice, u okolini Gusinja i u uzorku zemljišta iz grahovskog polja (sl.1.). U slučaju nikla, u aluvijumu, određena je visoka prosječna vrijednost (123 ppm).

Količina Cd, samo u jednom uzorku sa smeđeg zemljišta, premašuje dopušteni nivo od 2 ppm (na lokalitetu Meduriječja).

Prema **Kloke-u (1980)** i **Kabata-Pendias-u (1989)**, a imajući u vidu dobijene rezultate možemo konstatovati da se proučavana zemljišta prema sadržaju Mn, Zn, Cu, Co, Pb, As i Hg mogu svrstati u nezagađena. Ukupni sadržaji navedenih teških metala su na nivou normalnih, prosječnih vrijednosti, što ukazuje da je porijeklo ovih elemenata u proučavanim zemljištima geohemijsko odnosno priordno i da se na tim zemljištima može proizvoditi zdravstveno bezbjedna hrana. Međutim, daljim detaljnijim proučavanjima, trebalo bi utvrditi porijeklo povećanog sadržaja Ni, Cr, i Cd na naznačenim lokalitetima i utvrditi kakav to uticaj ima na stanje u biljkama koje se gaje na tim zemljištima.

Tab.1. Srednja vrijednost, standardna devijacija i interval za neke hemijsko fizičke osobine ispitivanih zemljišta
Mean, standard deviation and range of some chemical and physical properties of the investigated soils.

Tip zemljišta Soil type	pH		Humus %	Pristupačni/ Available mg/100g		Prah Silt %	Glina Clay %
	H ₂ O	1M KCl		P ₂ O ₅	K ₂ O		
Smeđa zemljišta Brown soils (n=20)	6.22±0.73 5.05-7.40	5.27±0.66 4.10-6.16	5.26±1.61 2.35-9.77	5.82±9.29 0.60-38.20	11.07±6.50 3.60-32.20	40.28±9.36 19.45-55.18	17.57±4.89 10.10-23.30
Aluvijalna zemljišta Alluvial soils (n=13)	6.52±0.67 5.15-7.20	5.63±0.60 4.20-6.30	5.66±1.91 2.50-8.54	7.66±9.21 1.70-28.00	16.27±14.18 4.00-48.00	29.50±6.93 18.80-40.18	16.22±3.83 11.10-22.20
t-test smeđe(brown)aluvijum (all.)	NS	NS	NS	NS	NS	3.796 ^{xxx}	NS

NS, nije značajno(non-significant)

^{xxx}Značajno na nivou značajnosti od 0.001(significant at 0.001)

Tab.3. Koeficijenti korelacije između ukupnog sadržaja teških metala u proučavanim zemljištima
Correlation coefficients between contents of heavy metals of the investigated soils.

	Mn	Zn	Cu	Co	Cr	Pb	Ni	Cd	As	Hg
	Smeda zemljišta- Brown soils									
Mn	1.000									
Zn	0.373	1.000								
Cu	0.453	0.264	1.000							
Co	0.699***	0.096	0.762***	1.000						
Cr	0.181	-0.129	0.612**	0.689***	1.000					
Pb	0.648**	0.793***	0.203	0.185	-0.222	1.000				
Ni	0.360	-0.099	0.713***	0.859***	0.882***	-0.147	1.000			
Cd	0.203	0.440	0.080	0.164	-0.022	0.298	-0.110	1.000		
As	-0.063	0.471*	0.101	-0.266	-0.212	0.395	-0.258	-0.248	1.000	
Hg	-0.239	-0.045	-0.189	-0.162	-0.239	-0.185	-0.144	-0.455	0.221	1.000
	Aluvijalna zemljišta-Alluvijal soils									
Mn	1.000									
Zn	0.533	1.000								
Cu	0.203	0.551*	1.000							
Co	0.068	0.244	0.848***	1.000						
Cr	0.061	0.317	0.766**	0.892***	1.000					
Pb	0.393	0.798***	0.588*	0.354	0.530	1.000				
Ni	-0.038	0.156	0.760***	0.958***	0.932***	0.304	1.000			
Cd	0.213	-0.009	0.152	0.162	0.129	0.326	-0.009	1.000		
As	0.357	0.441	-0.072	-0.260	-0.358	0.204	-0.330	-0.347	1.000	
Hg	-0.063	-0.200	0.051	0.194	0.153	-0.373	0.197	-0.290	0.011	1.000

Tab.4. Koeficijenti korelacije između ukupnog sadržaja teških metala i nekih osobina proučavanih zemljišta
Correlation coefficients between contents of total heavy metal and some properties of the investigated soils.

Osobine zemljišta Soil property	Ukupni sadržaj-total content (mg/kg)									
	Mn	Zn	Cu	Co	Cr	Pb	Ni	Cd	As	Hg
Smeđa zemljišta- Brown soils										
ph (H ₂ O)	NS	NS	NS	NS	0.60*	NS	0.49*	NS	NS	NS
ph (1M KCl)	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Humus	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	0.67**	NS	NS
Pristupačni P Available P	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	0.78***	NS	NS
Pristupačni K Available K	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Prah/Silt	NS	-0.45*	NS	NS	NS	NS	NS	-0.53*	NS	NS
Glina/Clay	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Aluvijalna zemljišta-Alluvijal soils										
ph (H ₂ O)	NS	NS	NS	-0.61*	-0.62*	NS	-0.61*	NS	NS	NS
ph (1M KCl)	NS	NS	NS	-0.66*	-0.69**	NS	-0.66*	NS	NS	NS
Humus	NS	0.65*	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Pristupačni P Available P	0.56*	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Pristupačni K Available K	0.59*	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Prah/Silt	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Glina/Clay	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS

NS, nije značajno (non-significant)

* značajno na nivou značajnosti od 0.05 (significant at 0.05)

** značajno na nivou značajnosti od 0.01 (significant at 0.01)

*** značajno na nivou značajnosti od 0.001 (significant at 0.001)



Sl.1. Karta povećanog sadržaja tpeških metala (Ni, Cr i Cd) u ravničarskim zemljištima sjeverne Crne Gore.

Fig.1. Map of increased contents of heavy metals (Ni, Cr i Cd) in arable plain soils in Northern Montenegro.



Korelacione zavisnosti teških metala kod dva tipa zemljišta prikazane su u tab.3.

Uočava se da je za oba tipa zemljišta određen približno isti broj značajnih korelacija sa nešto većim stepenom značajnosti u okviru smeđeg zemljišta. U uzorcima ovog zemljišta značajne korelacione veze su određene za elemente: Mn-Co, Mn-Pb, Zn-Pb, Zn-As, Cu-Co, Cu-Cr, Cu-Ni, Co-Cr, Co-Ni i Cr-Ni. Kod aluvijuma dobijene su statistički značajne međusobne korelacije za: Zn-Cu, Zn-Pb, Cu-Co, Cu-Cr, Cu-Pb, Cu-Ni, Co-Cr, Co-Ni i Cr-Ni.

U tabeli 4. prikazani su koeficijenti korelacije između teških metala i određivanih parametara plodnosti.

Utvrđen je mali broj značajnih korelacija u okviru jednog i drugog tipa zemljišta. U aluvijumu ukupni sadržaji Co, Cr i Ni su značajno negativno zavisili od vrijednosti pH. Cink je značajno zavisio od sadržaja humusa a mangan od vrijednosti pristupačnih oblika fosfora i kalijuma. U smeđem zemljištu Cr i Ni pokazuju značajnu zavisnost od pH vrijednosti, Cd prema humusu i sadržaju pristupačnog P, dok Zn i Cd su negativno zavisili u odnosu na frakciju praha.

ZAKLJUČAK

Prema rezultatima ispitivanja prikazanih u ovom radu mogu se donijeti sljedeći zaključci:

1. Ispitivana zemljišta ravničarskog dijela sjeverne Crne Gore imaju uglavnom dozvoljene koncentracije za ukupni sadržaj teških metala. Otuda se, uz kontrolisanu i racionalnu agrotehniku, na ovim zemljištima može proizvoditi zdravstveno bezbjedna hrana. Izuzetak čini Cd čiji je sadržaj prešao dozvoljeni nivo u svega jednom uzorku smeđeg zemljišta, Cr je povišenog sadržaja u četiri uzorka smeđeg zemljišta i dva uzorka aluvijuma, a Ni kod četiri uzorka smeđeg zemljišta i pet uzoraka aluvijuma. Prosječna vrijednost ukupnog nikla u aluvijumu je veća od dopuštene.

Daljim, detaljnijim proučavanjima trebalo bi utvrditi porijeklo povećanog sadržaja Ni, Cr i Cd na pojedinim lokalitetima.

2. Nijesu utvrđene značajne razlike sadržaja teških metala u odnosu na tip zemljišta.

3. Naden je približno isti broj međusobnih korelacija između ukupnih sadržaja teških metala kod aluvijuma i smeđeg zemljišta.

4. Ni jedna od ispitivanih osobina dva tipa zemljišta nema dominantan uticaj na sadržaj teških metala u njima.

LITERATURA

1. **Adriano, P.C. (1986):** Trace Elements in the Terrestrial Environment, Springer - Verlag, New York.
2. **Alloway B.J. (1995):** Heavy Metals in Soils. Blackie, London.
3. **Davies, B.E. (1980):** Applied Soil Trace Elements. John Wiley and sons, Lld., New York.
4. **Jakovljević, M., Stevanović, D., Kostić, N., Blagojević, S., Martinović, Lj. (1993):** Sadržaj teških metala u zemljištima Sjevernog Pomoravlja (Srbija). Savremena poljoprivreda, Vol. 1, No 6, 277-278.
5. **Jakovljević, M., Mirjana Stojković, Mirjana Radulović (1993):** Sadržaj teških metala u zemljištima doline Zete (Crna Gora). Savremena poljoprivreda, Vol. 1, No 6, 279-280.
6. **Jakovljević, M., Blagojević, S., Stevanović, D., Martinović, Lj. (1997):** Zavisnost između sadržaja različitih oblika teških metala i nekih parametara plodnosti zemljišta. Zbornik radova IX Kongresa JDPZ, Uredjenje, korišćenje i očuvanje zemljišta. Vol. 1, 181-187.
7. **Kabata - Pendias, A., Pendias, H. (1989):** Trace Elements in Soils and Plants. CRC Pres Inc., Boca Raton, Florida.
8. **Kloke, A. (1980):** Mitt. VDLUFA, H.1, 9-11.
9. **Radulović, Mirjana, Perović, Natalija, Jakovljević, M. (1997):** Nikl i hrom u zemljištima Zetske ravnice. "Zbornik radova" sa naučnog skupa Prirodne vrijednosti i zaštita Skadarskog jezera. CANU, Naučni skupovi, knj. 44, 151-157.
10. **Radulović, Mirjana, Jakovljević, M. (1997):** Zastupljenost Ni i Cr u površinskim slojevima zemljišta u Zetskoj ravnicu sa povišenim sadržajem elemenata. Poljoprivreda i šumarstvo, Vol. 43, (1-2), 5-15.
11. **Soon, Y.K., Abbuod, S. (1990):** Trace Elements in agricultural soils of northwestern Alberta. Can. J. Soil. Sci., Vol. 70, 277-288.
12. **Ubavić, M., Bogdanović, D., Dozet, D. (1993):** Teški metali u zemljištima Vojvodine. U knjizi: Teški metali i pesticidi u zemljištu. Kastori, P., ured., Poljoprivredni fakultet, Institut za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad., 217-222.

**CONTENTS OF HEAVY METALS IN ARABLE PLAIN SOILS
IN NORTHERN MONTENEGRO***by**Mirjana Radulović, Miodrag Jakovljević, Natalija Perović***Summary**

This paper presents the results of contents of ten heavy metals in arable soils of valleys around the rivers Morača, Tara, Lim, Čhotina, and the fields of Nikšić, Nikšička župa, and Grahovo. About 26.000 hectares of land, in Northern Montenegro, used for intensive plant production were studied. Samples of the representative soils were collected according the square grid (5x5 km), from the two the most representative types of soils: brown soils (20 samples) and alluvial (13 samples). Following the acid digestion and addition of H₂O₂, the contents of heavy metals were determined by means of AAS.

The majority of elements (Mn, Zn, Cu, Co, Pb, As and Hg) represented in investigated soils had normal, natural values, showing that the soils were not polluted and thus suitable for the production of "healthy food".

Increased amounts of Cr and Ni were found in four samples of brown soils. Amount of Cr and Ni were increased in two and five samples of alluvial, respectively. The average amounts of total Ni exceeded allotted limit in alluvial, and only one sample of brown soil exceeded allotted limit of Cd.

Same number of significant correlation have been found among the investigated elements for both type of soils. The total contents of investigated heavy metals did not show significant correlation with any agrochemical soil properties.