

ISSN 0370-0291, UDC 63



CROATIA

**AGRICULTURAE
CONSPECTUS
SCIENTIFICUS**

**POLJOPRIVREDNA
ZNANSTVENA
SMOTRA**

VOLUMEN 63 BROJ 3 1998

<http://www.agr.hr/smotra/>

Contents of metals Pb, Cd, Zn and Cu in Agricultural Soils of Zagreb and Its Surroundings

MARIJA ROMIĆ
D. ROMIĆ

SUMMARY

In the area of 540 km² belonging to the County of Zagreb, 280 samples of surface soil layer were taken on agricultural land intended for different purposes and under different utilization intensity. After aqua regia extraction, samples were analyzed for the contents of lead, cadmium, zinc and copper. More than 13,000 ha of agricultural land are situated in a specially sensitive water protection area. According to the geomorphological characteristics and participation of soil types, three regions were separated: 1. *Tertiary terrace and metamorphites of Mt. Medvednica*; 2. *Pleistocene zone* with pseudogley and generally acid soils; and 3. *Sava river valley* with brook valleys and small river valleys in the investigated region. More expressly than all other metals studied, lead content follows the course of the Sava river. The highest average lead content per groups of 43.43 mg/kg Pb was determined in fluvisols along the Sava, while anomalous values occurred on several locations. These locations can be allotted to the class of highly contaminated soils, requiring intensive protection and control of emission sources. The highest average cadmium content of 0.93 mg/kg Cd per designated regions was recorded in the youngest river valley along the Sava. Anomalous values were also encountered in the youngest valley along the Sava watercourse, where the average zinc content amounted to 87.08 mg/kg Zn, which are classified as highly contaminated soils. Higher copper values were determined in the hilly area of Mt. Medvednica and Pleistocene of sloping terrains, which seems to be related to the manner of land use (vineyards, gardens at private holdings).

KEY WORDS

heavy metals, aqua regia extraction, agricultural soils, spatial distribution, soil pollution

Department of Amelioration
Faculty of Agriculture University of Zagreb
Svetošimunska cesta 25, 10000 Zagreb, Croatia
Received: April 20, 1998

Sadržaj olova, kadmija, cinka i bakra u poljoprivrednim tlima Zagreba i okolice

MARIJA ROMIĆ
D. ROMIĆ

SAŽETAK

Na površini od 540 km² Zagrebačke županije uzeto je 280 uzoraka površinskog sloja tla na poljoprivrednom zemljištu različite namjene i intenziteta korištenja. Analiziran je sadržaj olova, kadmija cinka i bakra, poslije ekstrakcije u zlatotopki. Više od 13.000 ha poljoprivrednog zemljišta obuhvaćenog istraživanjem nalazi na posebno osjetljivom vodozaštitnom području. S obzirom na geomorfološka obilježja i zastupljenost tipova tala izdvojene su tri cjeline: 1. *tercijarna terasa i metamorfiti Medvednice*, 2. *pleistocenska terasa* sa pseudoglejima i općenito kiselim tlima i 3. *dolina Save*, potočne doline i doline manjih rijeka istraživanog područja. Izrazitije od svih istraživanih metala povećani sadržaj olova prati tok rijeke Save, te je najviši prosječni sadržaj utvrđen u fluvisolima u rječnoj dolini Save od 43,33 mg/kg, a anomalne vrijednosti pojavljuju se na nekoliko lokacija. Te se lokacije mogu svrstati u razred tala velike onečišćenosti, koja traže pojačane mjere zaštite i kontrolu izvora emisije. Najviši prosječni sadržaj kadmija od 0,93 mg/kg utvrđen je u najmlađoj riječnoj dolini uz Savu. I anomalne koncentracije cinka uočavaju se u najmlađoj dolini uz tok rijeke Save, gdje prosječan sadržaj iznosi 87,08 mg/kg, a svrstavaju se u razred tala povećane onečišćenosti. Viši sadržaji bakra utvrđeni su na brežuljkastom području Medvednice (31,87 mg/kg) i obronačnog pleistocena (18,99 mg/kg), što je vjerovatno povezano uz način korištenja površina (vinogradi, vrtovi u okućnicama).

KLJUČNE RIJEČI

izluživanje zlatotopkom, onečišćenje, poljoprivredna tla, prostorna raspodjela, sadržaj teških metala

Zavod za melioracije
Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu
Svetošimunska 25, 10000 Zagreb, Hrvatska
Primljeno: 20. travnja 1998.



UVOD

Najveći dio tvari koje se smatraju onečišćivačima prirodni su sastojci tla i podzemnih voda, premda često samo u tragovima. Određivanje ukupnog sadržaja teških metala u tlu osnovni je pokazatelj za određivanje stupnja onečišćenosti, premda dugoročne procjene rizika i izravni učinci onečišćenja počivaju na njihovoj biopristupačnosti i/ili mobilnosti (S a l o m o n s, 1995). Na području Zagreba i okolice nalazi se oko 56.000 ha poljoprivrednog zemljišta, koje ima izuzetan značaj za opskrbu hranom grada od gotovo milijun stanovnika. Međutim, tako veliku urbanu sredinu prate brojni izraziti i prikriveni izvori onečišćenja tala štetnim tvarima. Više od 13 000 ha najkvalitetnijih poljoprivrednih površina nalazi se nad vodonosnikom iz kojeg se grad Zagreb opskrbljuje glavinom vode za piće (R o m i ć i s u r., 1997). Poljoprivredna tla naročito su podložna degradaciji s obzirom na brojne, često i radikalne tehničko-tehnološke zahvate u uzgoju bilja, a time postaju i potencijalni izvor onečišćenja okoliša. Racionalnim korištenjem tih površina moguće je smanjiti rizike kako od proizvodnje zdravstveno neispravne hrane tako i onečišćenja podzemne vode. Cilj ovog istraživanja bio je: 1. određivanje sadržaja olova, kadmija, cinka i bakra u poljoprivrednim tlima na području Zagreba i okolice nakon izluživanja zlatotopkom; 2. utvrđivanje horizontalne varijabilnosti sadržaja metala na istraživanom području; 3. procjena ugroženosti poljoprivrednih tala s obzirom na sadržaj Pb, Cd, Zn i Cu prema važećim kriterijima.

METODIKA ISTRAŽIVANJA

Istraživanjem je obuhvaćeno 540 km² područja Županije Zagrebačke, omeđeno sljedećim koordinatama: 15° 45' i 16° 07' istočne zemljopisne duljine i 45° 37' i 45° 52' sjeverne zemljopisne širine. Na čvorištima pravilne mreže uzorkovanja dimenzija 1 km x 1 km prikupljeno je 280 uzoraka površinskog sloja tla dubine 0 - 5 cm. Uzorci su uzimani isključivo na poljoprivrednim površinama različite namjene i intenziteta korištenja. Prikupljeni uzorci tla u laboratoriju su obrađeni konvencionalnom metodom izluživanja u zlatotopki (Mc Grath i Caroline Cunliffe, 1985), te je analiziran sadržaj olova, kadmija, cinka i bakra.

Metoda izluživanja: U tikvice od Pyrex stakla vagano je 2 g tla i dodano 20 ml zlatotopke (15 ml 37% HCl i 5 ml 65% HNO₃), a budući da se radi o površinskim slojevima s visokim udjelom organske komponente pažljivo je dodano i 5 ml HClO₄. Pripremljena smjesa ostavljena je 24 sata na sobnoj temperaturi, te digerirana 6 sati na vodenoj kupelji. Otopina je nakon hlađenja filtrirana kroz sporofiltrirajući papir S&S 583 i nadopunjena 1% v/v HNO₃ na volumen od 100 ml. Radi korekcije mjerenja učinjena je i slijepa proba.

Koncentracije metala u otopinama mjerene su plamenom spektrometrijom atomne apsorpcije u smjesi acetilena i zraka na aparatu AAS Perkin Elmer 3110.

Reagensi: Sve korištene kemikalije deklarirane su kao *pro analysi*, a sve otopine priređene redestiliranom vodom i pospremljene u polietilenske boce visoke gustoće. Radne otopine standarda mjerenih elemenata pripremljene su iz originalnih certificiranih stock otopina (MERCK) koncentracije 1000 mg/l u 1% v/v HNO₃.

Statistička obrada: Statistička obrada rezultata napravljena je računalnim programom *STATISTICA*, a karte prostorne distribucije metala geostatističkom Kriging metodom izrade mreže s linearnim variogramom računalnim programom *SURFER*.

Interpretacija rezultata: Dobiveni sadržaji teških metala interpretirani su na temelju graničnih vrijednosti određenih "Pravilnikom o zaštiti poljoprivrednog zemljišta od onečišćenja štetnim tvarima" u Republici Hrvatskoj (N. N. 15/92) koji definira dozvoljeni sadržaj štetnih tvari u tlu, organskim gnojivima i supstratima koji se koriste za gnojidbu i povećanje plodnosti tla, te klasifikaciji onečišćenja tla prema B a š i ć u (1994), a vrši se usporedbom utvrđenog onečišćenja s graničnom vrijednosti, odnosno putem stupnja onečišćenja - S₀:

So = Sadržaj u tlu (mg/kg)/granična vrijednost

gdje So predstavlja odnos utvrđenog onečišćenja prema maksimalno dopuštenom onečišćenju odnosno graničnoj vrijednosti definiranoj Pravilnikom. Na temelju toga se tla razvrstavaju u pet razreda:

I RAZRED: **Čisto tlo** - So do 0,25

II RAZRED: **Tlo povećane onečišćenosti** - So 0,25-0,50

III RAZRED: **Tlo velike onečišćenosti** - So 0,5-1,00

IV RAZRED: **Onečišćeno tlo** - So 1,00-2,00

V RAZRED: **Zagađeno tlo** - So preko 2,00.

Osnovna geomorfološka obilježja prostora

S obzirom na geomorfološka obilježja i zastupljenost tipova tala na istraživanom području izdvojene su tri cjeline: 1. *tercijarna terasa i metamorfiti Medvednice*, 2. *područje pleistocena* sa pseudoglejima i općenito kiselim tlima i 3. *dolina Save*, uključujući potočne doline i doline manjih rijeka (R o m i ć M a r i j a i R o m i ć, 1997).

Premda su geomorfološka obilježja *područja Medvednice* vrlo heterogena, niži dijelovi obuhvaćeni ovim istraživanjem, izgrađeni su od tercijarnih karbonatnih naslaga lapora i vapnenca. Dominantni tipovi tala su regosol, rendzina, eutrično smeđe tlo, a dijelom i luvisol. Prirodni sadržaj metala u ovim tlima ovisan je u prvom redu o svojstvima matične podloge. Poljoprivredne površine koriste se uglavnom kao okućnice i manji voćnjaci i vinogradi.

Na području pleistocena izdvojene su dvije podcjeline: prva je *pleistocenska terasa* s prevladavajućim pseudoglejem na zaravni, te pseudoglej-glej, a druga obuhvaća brežuljkasto-brdoviti dio *pleistocenskih ilovača s podlogom pliocenskih glina*. Na tom se dijelu kao

dominantna izdvajaju dvoslojna lesivirana tla, distrično smeđe i pseudoglej. S obzirom na reljef i preferentne tokove vode, takva su tla sklona eroziji, pa je zbog toga smanjen rizik od nakupljanja onečišćenja unutar soluma.

S ekološkog gledišta dolina Save je naročito osjetljiva. Tim područjem dominiraju hidromorfna tla različitog režima hidromorfizma. Recentni nanosi uz Savu čine najmlađu riječnu terasu, dok su na mlađoj holocenskoj terasi razvijeni humofluvisoli, aluvijalna, eutrično smeđa na holocenskom nanosu, te močvarno glejna tla koja su djelomično i hidromeliorirana. Ekološki naročito osjetljivim ovo područje čine aluvijalni vodonosnici, šljunčani sedimenti vrlo velike propusnosti, iz kojih se crpi pitka voda za grad Zagreb. U neposrednoj blizini vodozaštitnog područja nalazi se nekoliko za Zagreb gospodarski važnih, ali ekološki rizičnih objekata. Područje presjeka vrlo prometna gradska obilazna cesta, u blizini je lociran ranžirni kolodvor, odlagalište otpada Jakuševac i zračna luka Pleso.

Velika prijetnja onečišćenju kako tla tako i podzemnih voda su i brojni tzv. "divljih", aktivni ili zapuštenii deponiji otpada na tom području. Potrebno je, nadalje, uzeti u obzir i velike izvore emisije štetnih tvari u zrak na širem području. Ispuštene štetne tvari iz dimnjaka termoelektrana, mini toplana, industrije, prometa i kućanstava povećavaju njihove koncentracije u zraku prizemnih slojeva na širem području, tako da utjecaj takvih izvora emisije može poprimiti na samo lokalni već i regionalni te i globalni karakter (Jelavić i Sučić, 1994). U urbanoj i industrijaliziranoj sredini kao što je područje grada Zagreba, aerodepozicija je izvor imisije štetnih tvari u tlo koji u velikoj mjeri treba uvažavati.

REZULTATI ISTRAŽIVANJA I RASPRAVA

Rezultati analiza statistički su obrađeni na osnovi ukupnog broja uzoraka i prema izdvojenim geomorfološkim cjelinama, i prikazani u tablici 1.

Na ukupnom broju analiziranih uzoraka učinjena je korelacija sadržaja metala. Srednji koeficijent korelacije svih istraživanih elemenata iznosi 0,42, što ukazuje na dobru korelaciju i povezanost distribucije istraživanih metala u tlima.

Olovo (Pb)

Prosječni sadržaj olova za cijelo istraživano područje je 22,54 mg/kg. Izrazitije od svih istraživanih metala povećani sadržaj olova prati tok rijeke Save. Statistička analiza podataka grupiranih po geomorfološkim cjelinama pokazala je najviši prosječni sadržaj olova u fluvisolima uz Savu od 43,33 mg/kg (tablica 1). Anomalne vrijednosti pojavljuju se na nekoliko lokacija (slika 1). Apsolutno najviša koncentracija olova od 138,5 mg/kg izmjerena je u uzorku uzetom na zapuštenoj oranici u blizini stare deponije na lokaciji Blato, prema čemu se tlo karakterizira kao *onečišćeno* (IV razred). Na lokaciji Orešje utvrđeno je 69 mg/kg odnosno

75,5 mg/kg, a u uzorku u blizini Jakuševca 76,5 mg/kg, te Mičevca 62 mg/kg. Tako visoki sadržaji olova svstavaju tla na navedenim lokacijama u III razred kao *tla velike onečišćenosti*.

Ksenik (1994) navodi srednju vrijednost sadržaja olova u tlima grada Zagreba od 31 mg/kg (uže gradsko područje 36 mg/kg, a okolica 23 mg/kg). Dunjajlić i sur. (1995) na širem području budućeg vodocrpilišta Kosnica navode srednju vrijednost ukupnog sadržaja olova od 39,7 mg/kg, ali je najviša vrijednost utvrđena u površinskom sloju tla u blizini auto-ceste (56 mg/kg). Na istom je području ovim istraživanjem utvrđeno od 28,5 do 40 mg/kg, prema čemu se ova tla mogu svrstati u razred *povećane onečišćenosti*, što znači da ih je potrebno zaštititi od imisije olova, a izvore emisije staviti pod nadzor.

Sadržaj olova pokazuje dobru korelaciju sa sadržajem bakra, cinka i kadmija ($r > 0,43$), stoga su na kritičnim lokacijama, naročito u dolini Save, visoke količine olova praćene i višim količinama navedenih elemenata. Te se lokacije mogu svrstati u razred tla velike onečišćenosti, koja traže pojačane mjere zaštite i nadzor nad izvorima emisije.

Kadmij (Cd)

Prirodni sadržaj kadmija u tlima ne prelazi vrijednost od 1 mg/kg tla (de Haan i Zwerman, 1978). Fitotoksičnost koja bi rezultirala smanjenjem prinosa neuobičajena je za kadmij. Međutim, biljke mogu akumulirati kadmij znatno više od granice toksičnosti za animalnu i humanu populaciju, a da ne pokazuju znakove fitotoksičnosti (Wolt, 1994). Biološka uloga kadmija u živim organizmima nije poznata, a njegova akumulacija može dovesti do teških poremećaja.

Prosječni sadržaj kadmija u istraživanim tlima iznosi 0,43 mg/kg (tablica 1). Sadržaj kadmija pokazuje dobru povezanost samo sa sadržajem olova ($r = 0,43$). Visok sadržaj kadmija od 3,85 mg/kg - V razred onečišćenosti *zagađeno tlo* - determiniran je u tlu u blizini Velike Gorice. Cijelo područje unutar trokuta Velika Gorica - Jakuševac - Šćitarjevo (do Save) može se izdvojiti kao kritično s obzirom na sadržaj kadmija, a što je prikazano na slici 2.

Najviši prosječni sadržaj kadmija od 0,93 mg/kg utvrđen je u najmlađoj riječnoj dolini uz Savu (tablica 1). Budući da se radi o fluvisolima, klasificiraju se kao tla *velike onečišćenosti*. Niži sadržaj, ali još uvijek na granici između povećane i velike onečišćenosti, imaju tla mlađe holocenske terase. Analize uzoraka s područja Orešja, Jakuševca, te u blizini ranžirnog kolodvora ukazuju na onečišćenost tla kadmijem, a što također traži dodatno ciljano uzorkovanje i korištenje tehnike detekcije veće osjetljivosti.

Cink (Zn)

Cink je biogeni mikroelement za životinje i biljke, a njegova se fitotoksičnost javlja samo pri relativno visokim

Tablica 1. Prosječni sadržaji Pb, Cd, Zn i Cu u tlima na ukupnom istraživanom prostoru (n=280) i prema izdvojenim geomorfološkim cjelinama

Table 1. Average Pb, Cd, Zn and Cu contents in soils of the total studied area (n=280) and per separated geomorphological regions

	Ukupno područje Total area	Područje Medvednice Medvednica region	Prosječni sadržaji metala u tlu u mg/kg Average soil contents of metals in mg/kg			
			Pleistocenska terasa Pleistocene terrace	Obračnači pleistocen Pleistocene of sloping terrains	Najmlađa riječna dolina uz Savu Youngest river valley	Mlađa holocen. terasa Younger Holocene terrace
Olovo-Lead	22,54	23,25	12,70	12,58	43,33	23,70
Kadmij-Cadmium	0,43	0,49	0,05	0,21	0,93	0,50
Cink-Zinc	71,93	90,25	57,09	53,76	87,08	75,49
Bakar-Copper	18,94	31,87	11,88	18,99	23,36	18,94

koncentracijama. Simptomi deficijencije javljaju se za većinu biljnih vrsta pri razinama nižim od 20-25 mg/kg, a toksičnost pri razinama od oko 400 mg/kg i više (M e n g e l i K i r k b y, 1979).

Prosječni sadržaj cinka u tlima istraživanog područja iznosi 71,93 mg/kg (tablica 1), a kreće se u širokom rasponu od 15,15 do 276,75 mg/kg. Prema izdvojenim geomorfološkim cjelinama (tablica 1) uočava se najviši prosječni sadržaj cinka od 90,25 mg/kg u tlima sjevernog dijela grada (obronci Medvednice). Dodatna istraživanja vertikalne distribucije pokazala bi da li se radi o geološko-litološki uvjetovanom povećanom sadržaju cinka na tom području ili o sekundarnom onečišćenju suhom ili mokrom aerodepozicijom.

Na slici 3 vidljivo je da se povećani sadržaji cinka u tlu uočavaju u najmlađoj dolini uz tok rijeke Save, gdje prosječan sadržaj iznosi 87,08 mg/kg, a prema procjeni stupnja onečišćenosti pripada II razredu. Svakako je zabrinjavajuće kad se tla na nekom području prema prosječnom sadržaju metala mogu okarakterizirati kao *tla povećane onečišćenosti*. Tla u okolici šljunčare na području Podsuseda i Orešja, ali i na lijevoj obali Save kod Zaprešića, svrstavaju se u III razred kao *tla velike onečišćenosti*. Apsolutno najveći sadržaj cinka od 276,75 mg/kg izmjeren je također u neposrednoj blizini Save, a pretpostavka je da se navedena lokacija koristila kao odlagalište otpada, na što upućuje izrazito visok sadržaj i drugih analiziranih metala (olova, kadmija i bakra). Na takvim je lokacijama svakako potrebno izvršiti mjere sanacije, ali i zaštititi ih od svakog daljnjeg onečišćenja.

Izraženo povišene koncentracije izmjerene su i u pojedinim dijelovima grada (Borongaj, Žitnjak, Ivanja Reka), a slično je i na području Jakuševac - Mičevac. Ti su dijelovi Zagreba izloženi sekundarnom onečišćenju iz različitih izvora. Područje i pleistocenske terase i obronaka nije ugroženo, ne samo s obzirom na sadržaj cinka već i drugih analiziranih metala.

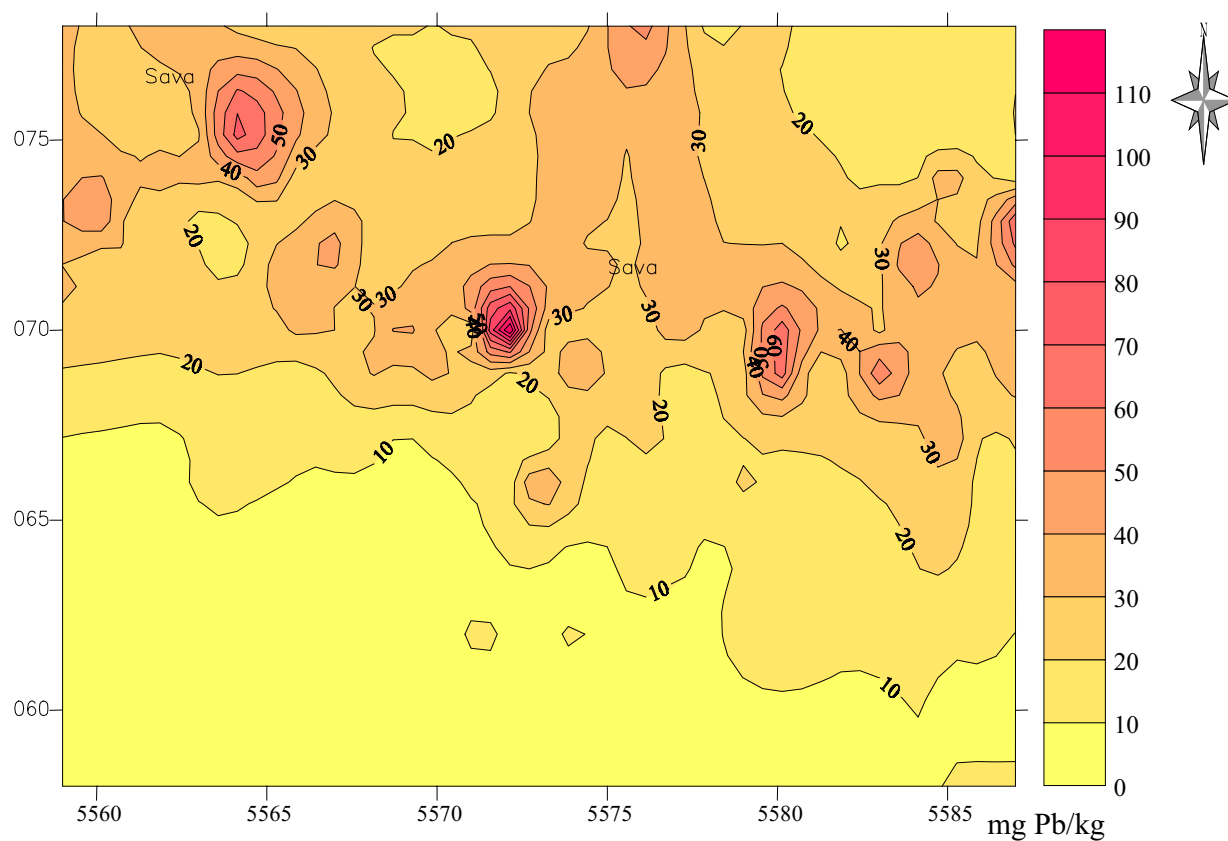
Bakar (Cu)

Bakar se puno čvršće veže na organsku tvar od drugih mikrohraniva (npr. Zn^{2+} , Mn^{2+}), tako da Cu-organski kompleksi imaju važnu ulogu u reguliranju pokretljivosti bakra i pristupačnosti u tlu (M e n g e l i K i r k b y, 1979). Prosječni sadržaj bakra u poljoprivrednim tlima na zagrebačkom području iznosi 18,94 mg/kg (tablica 1), a kreću se u rasponu od 4,3 do 183,2 mg/kg. Distribucija sadržaja bakra u tlima na istraživanom području prikazana je na slici 4. Na lokaciji Blato, u neposrednoj blizini Save, sadržaj bakra iznosi 151,8 mg/kg. Budući da se radi o teksturno laganom tlu, svrstava u V razred kao *zagađeno*. U tlu u blizini Svete Nedjelje utvrđeno je 91,1 mg/kg, čime se tlo svrstava u IV razred kao *onečišćeno*. Terenska opažanja, te visoki sadržaji drugih metala, upućuju na to da se i ta lokacija koristila kao deponija materijala različitog porijekla.

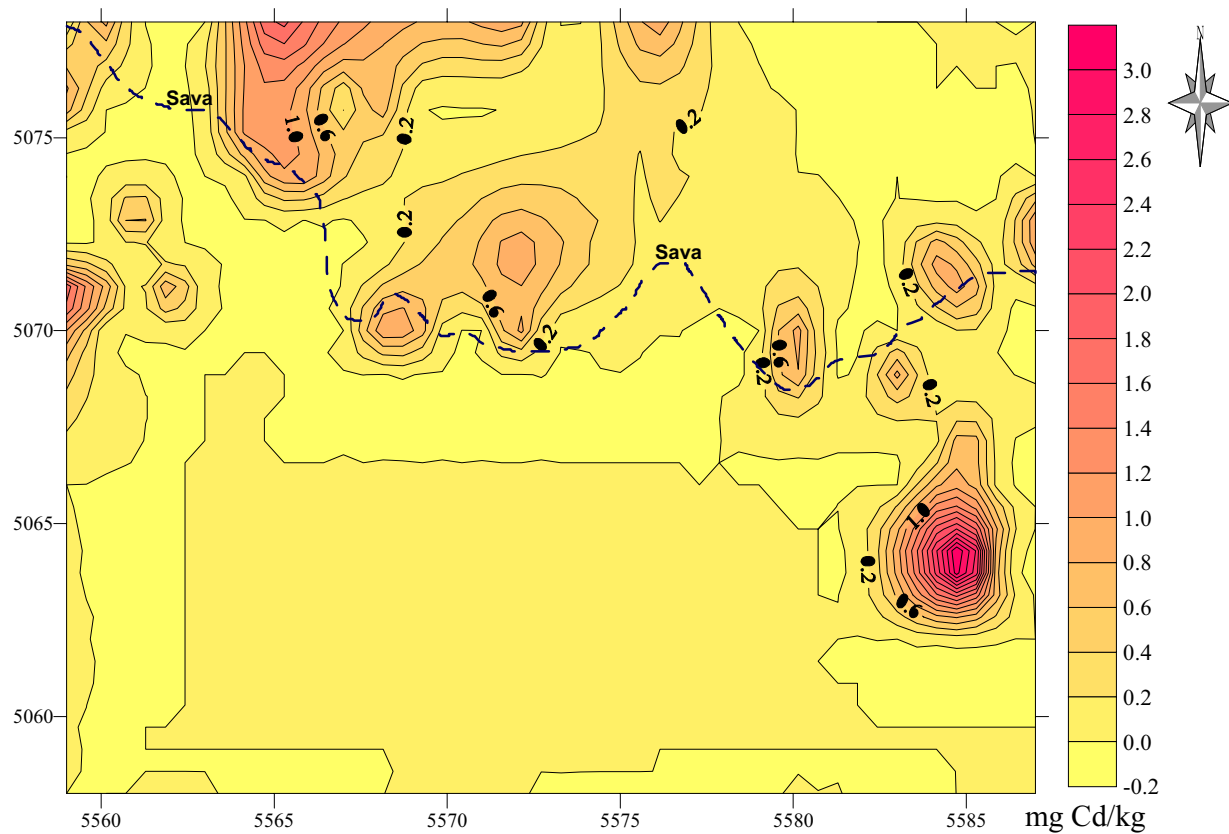
Viši sadržaji bakra u tlu utvrđeni su na brežuljkastom području, Medvednice i obračnog pleistocena, a što je vjerojatno u vezi sa načinom korištenja površina. Najčešće su to vinogradi, te vrtovi u okućnicama. Najviši sadržaj bakra od 183,2 mg/kg utvrđen je u uzorku tla u vinogradu na području Molvica, te se ono svrstava u IV razred kao *onečišćeno* tlo nepogodno za svaki uzgoj bilja. Za stvarnu procjenu toksičnosti bakra u tlu potrebno je odrediti omjere i frakcije na koje je bakar vezan u tlu. Isti uzorak opterećuje i visok sadržaj kadmija (1,15 mg/kg), što je također moguća posljedica pretjeranog i nekontroliranog korištenja agrokemikalija.

Najniži prosječni sadržaj bakra od 11,88 mg/kg utvrđen je u tlima na području pleistocenske terase (tablica 1), uz raspon od 5,60 do 23,55 mg/kg.

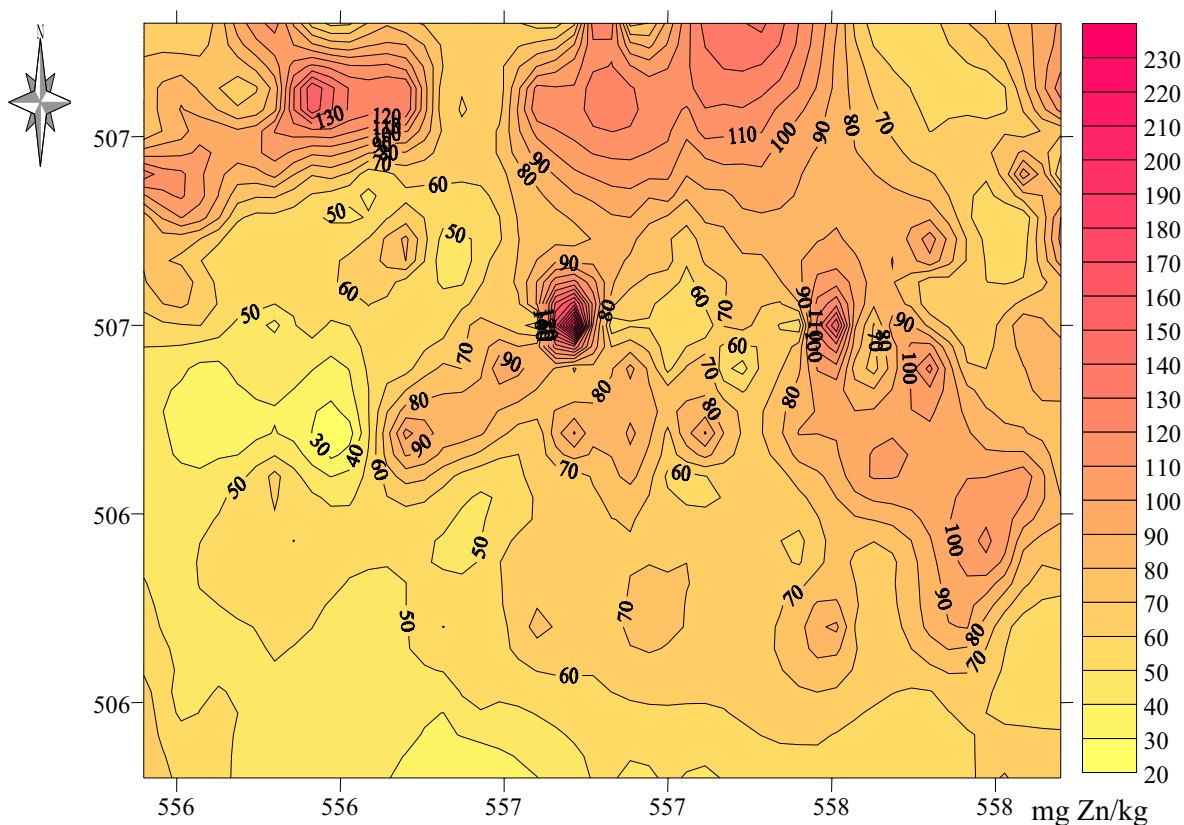
Budući da je slaba mobilnost metala tim veća opasnost za okoliš, kad je bakar u pitanju potrebno je u daljnjim istraživanjima pozornost usmjeriti na njegov sadržaj u tlima vrtova u okućnicama i naročito vinogradima, ali i zaštititi one lokacije za koje se pretpostavlja da izvor onečišćenja nije iz poljoprivrede.



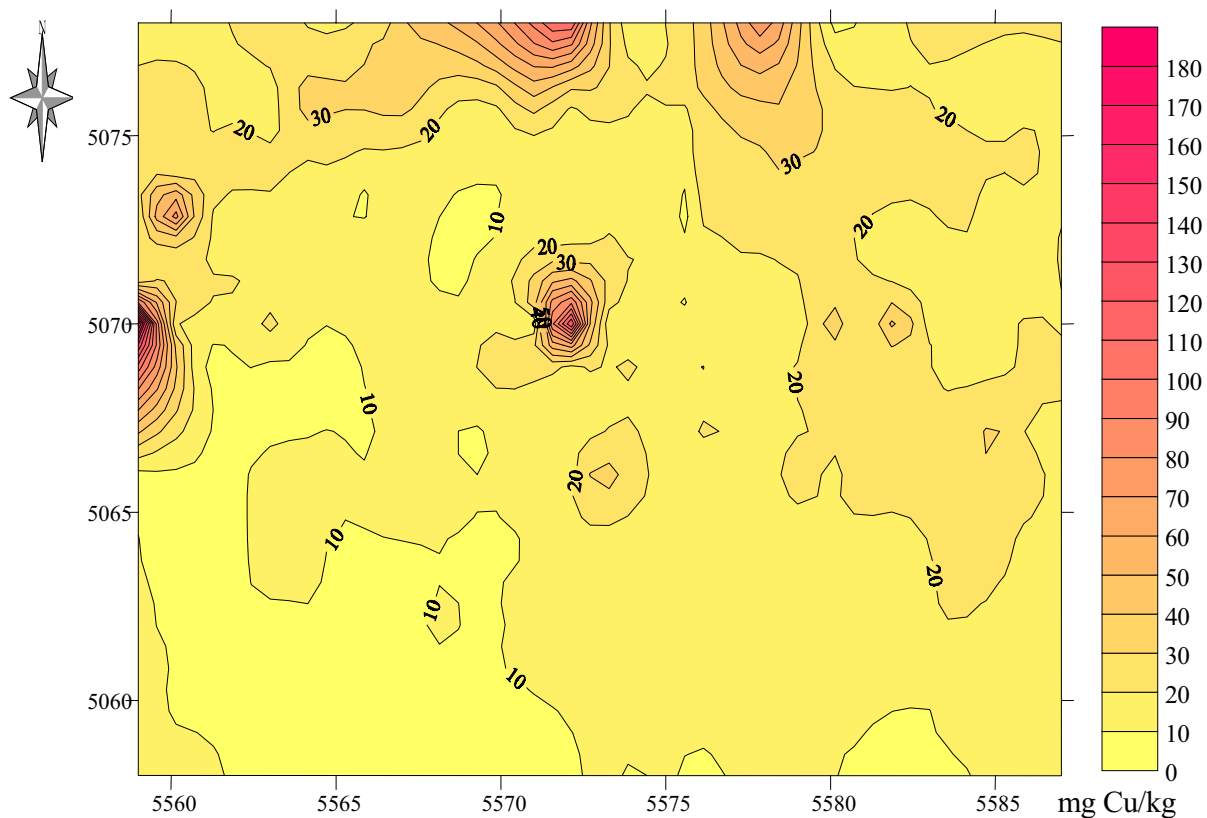
Slika 1. Distribucija olova u poljoprivrednim tlima Zagreba i okolice
Figure 1. Lead distribution in agricultural soils of Zagreb and its surroundings



Slika 2. Distribucija kadmija u poljoprivrednim tlima Zagreba i okolice
Figure 2. Cadmium distribution in agricultural soils of Zagreb and its surroundings



Slika 3. Distribucija cinka u poljoprivrednim tlima Zagreba i okolice
Figure 3. Zinc distribution in agricultural soils of Zagreb and its surroundings



Slika 4. Distribucija bakra u poljoprivrednim tlima Zagreba i okolice
Figure 4. Copper distribution in agricultural soils of Zagreb and its surroundings

ZAKLJUČCI

Sadržaj metala utvrđen nakon izluživanja zlatotopkom samo je jedna od komponenti za procjenu ugroženosti tala. Nikako ne treba zanemariti kako prostorne tako i sezonske promjene glavnih značajki tla, a povezano s tim i transformacije ionskih oblika metala i njihove prijelaze između faza. Da bi se sačuvala kakvoća poljoprivrednih tala, unos potencijalnih onečišćenja mora biti izbalansiran između njihovog iznošenja prirodnim putem ili poljoprivredom. Razvijena mreža postaja za motrenje omogućila bi oblikovanje prihvatljivih standarda dozvoljenih sadržaja metala u različitim tipovima tala, što je ključ njihove ekološke zaštite i ostvarivanja održive poljoprivrede. U poljoprivrednim tlima Zagreba i okolice sadržaj olova pokazuje dobru korelaciju sa sadržajem bakra, cinka i kadmija ($r > 0,43$). Na kritičnim lokacijama, naročito u dolini Save, visoke količine olova praćene su i višim količinama navedenih elemenata. Te se lokacije mogu svrstati u razred tala velike onečišćenosti, koja traže pojačane mjere zaštite i nadzor nad izvorima emisije. Područje unutar trokuta Velika Gorica - Jakuševac - Ščitarjevo (do Save) može se izdvojiti kao kritično s obzirom na sadržaj kadmija, a maksimalno utvrđen sadržaj kadmija iznosio je 3,85 mg/kg. Najviši prosječni sadržaj cinka od 90,25 mg/kg utvrđen je u tlima sjevernog dijela grada (obronci Medvednice). Dodatna istraživanja vertikalne distribucije pokazala bi da li se radi o geološko-litološki uvjetovanom povećanom sadržaju cinka na tom području ili o sekundarnom onečišćenju suhom ili mokrom aerodepozicijom. Budući da je slaba mobilnost metala tim veća opasnost za okoliš, kad je bakar u pitanju potrebno je u daljnjim istraživanjima pozornost usmjeriti na njegov sadržaj u tlima vrtova u okućnicama i naročito vinogradima, ali i zaštititi one lokacije za koje se pretpostavlja da izvor onečišćenja nije iz poljoprivrede.

LITERATURA

- A l j i n o v i ć Dunja, M i k o, S., D u r n, G., T a d e j, N., K a p e l j Sanja. 1995. Ispitivanje dosega prodiranja površinskog zagađenja kroz krovinu. Studija. Rudarsko-geološko-naftni fakultet Sveučilišta u Zagrebu.
- B a š i ć, F. 1994. Trajno motrenje tla u okviru RZ Alpe, Alpe-Jadran i Podunavlje. U *"Poljoprivreda i gospodarenje vodama"* - Priopćenja sa znanstvenog skupa. Bizovačke toplice. Str. 153-178.
- d e H a a n, F.A.M., Z w e r m a n, P.J. (1978): Pollution of soil. U *"Soil Chemistry"* A. Basic Elements. Developments in Soil Science 5A. Elsevier Sci.Publ.Comp. Str. 222.
- J e l a v i ć, V., S u č i ć, H. 1994: Komparativna analiza utjecaja TE-TO i EL-TO Zagreb na kakvoću zraka pri varijantnom korištenju energenata. XXVII Stručno-znanstveni simpozij *GORIVA '94*, 19-21. listopada 1994. Pula.
- M c G r a t h, P. S., C u n l i f f e, H., C a r o l i n e. 1985. A Simplified Method for the Extraction of the Metals Fe, Zn, Cu, Ni, Cd, Pb, Cr, Co and Mn from Soils and Sewage Sludges. J. Sci. Food Agric., 36: 794-798.
- M e n g e l, K., K i r k b y, E.A. (1979): Principles of Plant Nutrition, International Potash Institute, Berne, Switzerland, 2nd Edition.
- N a m j e s n i k, Ksenija. 1994. Distribucija teških metala u tlima grada Zagreba i njegove okolice. Magistarski rad, PMF i RGNF Zagreb.
- N a r o d n e n o v i n e. 1992. Pravilnik o zaštiti poljoprivrednog zemljišta od onečišćenja štetnim tvarima u Republici Hrvatskoj, br. 15/92.
- R o m i ć, Marija, R o m i ć, D. 1997. Teški metali u poljoprivrednim tlima Zagreba i okolice. Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu.
- R o m i ć, D., R o m i ć, Marija, K l a č i ć, Ž., P e t o š i ć, D., S t r i č e v i ć, I. 1997. Effect of land use upon the leaching of nitrogen into groundwater in the area of the future water pumping station. 7. Gumpensteiner Lysimetertagung *"Lysimeter und nachhaltige Landnutzung"* BAL Gumpenstein, 7.-9. April 1997. Austria.
- S a l o m o n s, W. 1995. Long-term Strategies for Handling Contaminated Sites and Large-scale Areas. U *"Biogeodynamics of Pollutants in Soils and Sediments"* Eds. Salomons W., Stigliani W.M. Series: Environmental science. Str. 1-26. Springer.
- W o l t, J.D. 1994. Soil Solution Chemistry - Applications to Environmental Science and Agriculture. John Wiley & Sons, Inc. Str. 255.