

TEŠKE KOVINE U TLIMA OPĆINE GLINA

HEAVY METALS IN SOILS OF GLINA AREA

F. Bašić, M. Mesić, A. Butorac

Tla Hrvatske najveće su blago hrvatskog naroda; nepresušivi su izvor njegovih snaga i temelj hrvatske domovine. Poznavati ih znači dakle poznavati temelje na kojima Hrvatska počiva....

(Gračanin M. 1942.)

IZVOD

U radu posvećenom uspomeni na velikog hrvatskog prirodoznanstvenika-pedologa, fitofiziologa i fitoekologa, akademika *M. Gračanina* izlažemo rezultate istraživanja stupnja onečišćenosti oraničnog sloja tala teškim kovinama na području općine Glina, s ciljem ocjene njihove pogodnosti za uzgoj povrća namijenjenog proizvodnji dječje hrane.

Rezultati pokazuju da sadržaj analiziranih teških kovina u različitim tipovima tala općine Glina varira od neznatnih vrijednosti do skoro 40 % od granične vrijednosti. Ima indicija da je onečišćenost teškim kovinama povećana u tlima na topografski nižim pozicijama, u zoni akumulacije erozijskih nanosa. Istodobno, neke indicije ukazuju na zaključak da su tla u zoni odnošenja manje onečišćena teškim kovinama u odnosu na tla u kojima nema erozije. Uzimajući u obzir prosječni sadržaj, tla su čista-neopterećena, a maksimalne vrijednosti utvrđene za Cd i Pb odgovaraju stanju povećane onečišćenosti. Sadržaj ostalih teških kovina daleko je ispod granične vrijednosti. Stupanj onečišćenosti teškim kovinama ne dovodi u pitanje uzgoj povrća visoke kvalitete. Sukladno tome, tla ovoga područja veoma su pogodna za ekološku poljoprivredu, odnosno poljoprivrednu proizvodnju po tzv. alternativnim postupcima. Za oznaku stupnja onečišćenosti tla teškim kovinama predlažemo prihvatiti kao kriterij postotni sadržaj u odnosu na graničnu vrijednost prema slijedećim kriterijima:

- čisto-neopterećeno tlo, do 25%
- tlo povećane onečišćenosti, 25-50%

- tlo velike onečišćenosti, 50-100 %
- zagađeno tlo, 100-200 %
- jako zagađeno tlo, preko 200 % od granične vrijednosti.

Mišljenja smo da graničnu vrijednost treba definirati tako da ona zavisi o značajkama tla koje određuju mobilnost teških kovina, prvenstveno reakciju i ukupni kapacitet adsorpcije, zatim sadržaj humusa, količinu i vrstu minerala gline i sadržaj amorfnih hidroksida.

Ključne riječi: Teške kovine u tlu, Onečišćenost tla, Granične vrijednosti sadržaja teških kovina u tlu, Kategorije onečišćenosti tla.

ABSTRACT

The paper consecrated to reminiscence on famous croatian soil scientist, phytophysiologist and phytoecologist *M. Gračanin*, presents the results of investigating the topsoil contamination with heavy metals of the soils in the municipality of Glina in western Croatia. The object of the investigations was to assess the suitability of the region for growing high quality vegetables as raw material for industrial production of baby food. A total of 111 soil samples were taken from all major soil types used in arable farming, so that one sample "covers" an arable area of about 160 ha. This density seems sufficient for checking the level of soil contamination. Prior to these investigations there were no indications of soil contamination. Chemical properties of the soils were analyzed in the collected samples, of which only those effecting the mobility and binding of heavy metals in the soil are considered in the paper.

Extraction of heavy metals was carried out using 0,1 M HCl while their content in the extract was determined by the method of atomic absorption spectrometry (AAS). This extraction procedure involved only a part of heavy metals so that, in accordance with the common practice in the neighbouring countries, extraction in aqua regia is recommended for determination of their total content.

The results show that the content of the analyzed heavy metals and arsenic in different soil types from the municipality of Glina range from negligible values to values reaching almost 40% of the maximum tolerated concentration (MTC). There are indications on topographically lower positions, which could result from stronger anthropogenic influence, accumulation through water erosion and deposition from the air. Soils exposed to strong erosion are less contaminated than those without erosion.

Regarding the average content, the soils are uncontaminated while the maxi-

mum values determined for Cd and Pb correspond to the state of increased contamination. The content of other heavy metals is far below the MTC.

The degree of soil contamination by heavy metals presents no obstacle to growing high quality vegetables. Accordingly, the soils of this region are very suitable for ecological agriculture-the so called alternative agriculture. The following criteria is proposed for designation of the degree of soil contamination by heavy metals:

- uncontaminated soil, up to 25 % MTC
- contaminated soil, 26-50%
- highly contaminated soil, 51-100 % MTC
- polluted soil, 100-200 % MTC
- very polluted soil, over 200 % MTC

We estimate that MTC should be defined so as to depend on the soil properties that determine the mobility of heavy metals, primarily soil reaction and the total cation exchange capacity, as well as the humus content, quantity and kind of clay minerals and the content of amorphous hydroxides.

Key words: Heavy metals in soil, Soil contamination, MTC-maximal tolerated concentration, Categories of soil contamination.

UVOD

Tlo kao nezamjenjivo, neumnoživo, neprenosivo dobro i neobnovljivi prirodni resurs svakog naroda valja koristiti i čuvati na način koji vodi računa da isto pravo korištenja ne može, i ne smije biti uskraćeno generacijama koje slijede naš kontinuitet na ovom povijesnom prostoru. Sve su brojniji podaci na crti potvrde indicija da je tlo jedan od najugroženijih resursa naše planete, a poduzete mjere njegove zaštite u ogromnom, nedopustivom i teško shvatljivom raskoraku sa stvarnim značajem i dimenzijama problema. Istodobno, spoznaja o tome nije našla svoje pravo mjesto u široj i stručnoj javnosti. Čak i pokreti koji pokazuju stanovitu sklonost dramtizaciji općih ekoloških problema današnjice kao da zaobilaze problem tla, a na njemu se bez sumnje prelamaju današnje razvojne dileme odlučne za sutrašnjicu naše civilizacije.

Prikupljeni podaci o stanju tla u nekim europskim zemljama opravdavaju pristup organiziranoj zaštiti tla pod dramatski intoniranim geslom:

S(ave) O(ur) S(oils)!!! - Spasimo naša tla!!!

Svi procesi i promjene koje dovode u pitanje prirodnu ulogu tla u agroekosustavu ili preko tla ugrožavaju druge ekosustave, odnosno biosferu, označuju se kao

degradacija ili oštećenje tla. Pri tome se podrazumijeva utjecaj na sve funkcije tla, a ponajprije njegovu plodnost-podobnost za normalan rast i razvoj prirodne i/ili kulturne biljke, pogodne za sve uobičajene načine korištenja, a potpuno bezopasne za svakog konzumenta te na prinos biljke primjeren ekološkim prilikama i ulaganju u bilinogojstvo. Uloga tla u filtraciji vode nije manjega značenja za podzemnu vodu, vodotoke i stajace vode. Oborinska voda filtrirana kroz tlo dopunjuje rezerve podzemne vode, koja mora biti potpuno bezopasna, dakle upotrebljiva za piće, a njezin sastav ne smije dovoditi u pitanje biološku ravnotežu u akvatičnim ekosustavima koji komuniciraju s tako filtriranom vodom.

S obzirom na činjenicu da je tlo veoma kompleksan sustav, u kojemu se odvijaju brojni procesi, od kojih su neki po svojoj naravi ireverzibilni, a biljke podložne i drugim biotskim i abiotskim utjecajima, njihovoj interakciji i sinergističkom djelovanju, nije (ili nije uvijek) jednostavno utvrditi da je došlo do promjene koja omogućuje ocjenu da je tlo oštećeno i do kojega je stupnja oštećeno. "Popis" štetnih tvari u tlu još uvijek nije definitivna, jer kumulativni utjecaji tih tvari i interakcija njihova djelovanja na pojedine članove biosfere otežavaju opservacije, a zatim i ocjenu izravnih i neizravnih utjecaja pojedinih tvari. S druge strane, kapacitet tla za prijem i bezopasno vezanje štetnih tvari nije neograničen - naprotiv!

Emisija štetnih tvari (iz prometa, industrije, urbanih sredina kao i njihovo hotimično unošenje u tlo, kao što je slučaj s agrokemikalijama - gnojiva, pesticidi) mora se ravnati prema kapacitetu tla za bezopasan prijem tih tvari. Emisija ne smije prijeći taj kapacitet. Drugim riječima, taj kapacitet predstavlja već danas temeljno ograničenje modernom načinu života. Na znanosti je odgovorna zadaća odrediti kapacitet tla za bezopasan prijem štetnih tvari s jedne, a optimalne ili alternativne postupke u proizvodnji, prometu i poljoprivredi koji će emitirati tu tolerantnu količinu štetnih tvari, s druge strane.

Među najopasnija onečišćenja u tlu danas se ubraja onečišćenje teškim kovinama. Prema egzaktnoj definiciji u tu se skupinu ubrajaju sve kovine specifične gustoće veće od 5g/cm^3 , a širi pojam uključuje i druge toksične i potencijalno toksične elemente. Primarna distribucija teških kovina izvršena prigodom formiranja litosfere nije ugrozila ekspanziju biosfere, ali je zasigurno utjecala na rasprostranjenost i strukturu terestričkih i akvatičnih ekosustava. Antropogena redistribucija, koja započinje u "metalno doba", a vrhunac dostiže na vrhuncu "industrijske epohe", prouzročila je njihov povećani prodor u "biološki lanac" i poremećaj ravnoteže u prirodnim ekosustavima.

Zajednička je značajka teških kovina njihova neograničena akumulacija u biosferi, u lanac ishrane ulaze uglavnom preko biljke, koja ih prima u količinama srazmjernim sadržaju u otopini tla, zbog čega biljka uzgojena na tlu s povećanim

sadržajem teških kovina prima i sadrži u količini koja može ugroziti zdravlje konzumenta-domaće životinje i čovjeka. Druga je značajka za neke od teških kovina mala razlika između za život neophodne ili pak stimulativne i štetne koncentracije.

Pod previsokim i za tlo štetnim sadržajem podrazumijeva se sadržaj koji dovodi u pitanje osnovne funkcije tla - plodnost, filtracijsku sposobnost ili upotrebljivost biljne tvari uzgojene na tlu, što naravno uključuje i fitotoksične učinke, kojima neki autori, (po našoj prosudbi neopravdano), daju prednost. Kako je poznato, neke teške kovine, kao Cu, Fe, Mn, Mo, Zn, Co, a u nekim uvjetima i Ni, biogeni su elementi, koji su u visokim koncentracijama fitotoksični, a uključeni u lanac ishrane iznad tolerantnog sadržaja uzrokuju akutna ili kronična oboljenja ili smrt.

CILJ ISTRAŽIVANJA

Temeljni je cilj istraživanja utvrditi sadržaj teških kovina u oraničnim tlima općine Glina i na taj način ocijeniti pogodnost tala toga područja za uzgoj povrća koje bi služilo za proizvodnju hrane za dojenčad, pred koju se postavljaju osobito strogi uvjeti glede sadržaja teških kovina. Istraživanja su stoga obuhvatila elemente koji su svrstani u skupinu s velikom sklonosti nakupljanja pa se za njih pretpostavljalo da bi eventualno mogli ograničiti uzgoj povrća zahtjevnije kvalitete-sirovina za dječju hranu. Ukoliko bi se pretpostavka pokazala točnom istraživanja bi se proširila i na druge teške kovine, odnosno ekološki rizične tvari.

METODA RADA

Sukladno postavljenom cilju, koristeći podatke Opće pedološke karte, izabrani su reprezentativni lokaliteti za istraživanje stupnja onečišćenosti teškim kovinama, tako da su zastupljene sve pedosistematske jedinice koje se koriste u oraničnoj biljnoj proizvodnji na području općine Glina.

Uzimanje uzoraka izvršeno je višekratno u proljetnom i ljetnom razdoblju 1989. god, tako da je sondom do dubine oraničnog sloja uzeto po 20 pojedinačnih uzoraka od kojih je miješanjem formiran prosječni uzorak tla, a zatim pripremljen za analizu po standardnom postupku.

Kemijske analize tla izvršene su po standardnom postupku za te analize.

Ekstrakcija teških kovina izvršena je u 0,1 M HCl, a određivanje njihova sadržaja izvršeno je po postupku atomske apsorpcijske spektrometrije. Ekstrakcijskim postupkom obuhvaćen je samo dio teških kovina, i to onaj koji je biljci

pristupačan.

U analitički postupak uzeto je ukupno 111 uzoraka tla, što čini jedan uzorak na 160 h oranične površine, što držimo dostatnom pokrivenošću, primjerenom cilju istraživanja.

Kako metodološki postupci u analizi teških kovina nisu standardizirani, za interpretaciju rezultata u ovom radu korišteni su kriteriji i granične vrijednosti koje su danas najviše u upotrebi, a prikazani su u tablici 1.

Tablica 1 Normalni sadržaj i granične vrijednosti (GV) sadržaja teških kovina u tlu (ppm)

Table 1 Usual and maximal tollerant content of heavy metals in soil-ppm

Element	Kloke (Bergmann ibid.)		GV-Häni 1987. (u HNO ₃)	GV (u zlatotopki) prema pravilnicima u nekim zemljama (MTC after acts in some countries extr. in aqua regia)			
	Normalni sadržaj u tlu Normal content	Sadržaj u zagađenom tlu In contamin. soil		Hrvatska	Austrija	Njemačka	Švicarska
Kadmij (Cd)	0,1-1	200	0,8	1-2	1-3	1,5	0,8
Olovo (Pb)	0,1-20	4 000	50	100-150	100	100	50
Živa (Hg)	0,1-1	500	0,8	1-2	1-2	1	0,8
Cink (Zn)	3-50	20 000	200	200-300	300	200	200
Bakar (Cu)	1-20	22 000	50	60-100	100	60	50
Arsen (As)	2-20	8 000	-	20-30	20	-	-

Važno je naglasiti da se granične vrijednosti iz tablice korigiraju ovisno o čimbenicima koji mogu smanjiti mobilnost teških kovina u tlu i njihovu pristupačnost biljkama, kao što je reakcija tla, sadržaj i vrsta koloida u adsorpcijskom kompleksu tla, a napose humusa i glinenih minerala.

U nedostatku vlastitih rezultata mi smo se prigodom izrade Pravilnika o zaštiti poljoprivrednog tla (NN 15/92) oslonili na kriterije drugih europskih zemalja. Ti su kriteriji jedinstveni i ne uzimaju u obzir značajke tla, o kojima ovisi pristupačnost teških metala za biljke.

Za ocjenu mogućnosti ulaska teških kovina u lanac ishrane korištena je kategorizacija sposobnosti njihove akumulacije u važnijim kulturama prikazana u tablici 2.

Tablica 2 Sposobnost akumulacije teških kovina u biljnom tkivu kultura
 Table 2 Possibility of heavy metal accumulation in plant tissue

Velika <i>Great</i>	Srednja <i>Medium</i>	Mala <i>Small</i>	Veoma mala <i>Very small</i>
Salata <i>Lettuce</i>	Kelj <i>Kale</i>	Kukuruz šećerac <i>Sweetcorn</i>	Grah <i>Bean</i>
Špinat <i>Spinach</i>	Kupus <i>Cabbage</i>	Brokoli <i>Broccoli</i>	Grašak <i>Pease</i>
Endivija <i>Endive</i>	Cikla <i>Beet root</i>	Cvijetača <i>Cauliflower</i>	Dinja <i>Melon</i>
Kreša -	Bijela repa <i>White turnip</i>	Kelj pupčar <i>Bossey kale</i>	Rajčica <i>Tomato</i>
Mrkva <i>Carrot</i>	Rotkvice <i>Dim red</i>	Celer <i>Celery</i>	Paprika <i>Red pepper</i>
	Krumpir <i>Potato</i>	Kupine i jagode <i>Blackberry and Strawberry</i>	Patlidžan <i>Mad apple</i>
			Koštuničavo voće <i>Kernel fruit</i>
			Jabučasto voće <i>Apple fruit</i>

Praktična vrijednost tih pokazatelja je u tome što se na taj način prilikom izbora vrsta pruža stanovita mogućnost izbora sukladno stanju opterećenosti tla. U svakom slučaju, salata, špinat, endivija, kreša i mrkva proizvedene na onečišćenim tlima povrtna su kulture čija je konzumacija vezana za stanoviti rizik, ali se na tim tlima može bez rizika uzgajati širok izbor povrtnih kultura s vrlo malom sposobnosti akumulacije teških kovina.

Velik praktični značaj ima činjenica da neke kulture ili biljke slobodne prirode mogu akumulirati veće količine teških kovina. Uzgoj takvih biljaka na kontaminiranim tlima, napose u blizini industrijskih središta s razvijenom crnom metalurgijom praktički je jedini ekološki prihvatljiv način dekontaminacije tih tala.

ZNAČAJKE PODRUČJA ISTRAŽIVANJA

Geomorfološke značajke

Općina Glina smještena je na rubnom dijelu panonske nizine na području Banije, između rijeke Kupe na sjeveru i Zrinske gore na jugu. Na tom području moguće je izdvojiti četiri geomorfološke cjeline:

Holocenska terasa izgrađuje nizinski dio, uz riječne doline Kupe, Gline, Maje i drugih vodotoka, a građena je iz višeslojnih heterogenih riječnih nanosa (gline, pijesci, šljunci).

Pleistocenska terasa postupno se uzdiže prema jugu, izlomljena je dugotrajnom erozijom, a građena je od izluženog lesa ili mramoriranih pleistocenskih ilovača.

Tercijarno brežje nastavlja se na pleistocensku terasu, na južnom, još povišenijem dijelu, a građeno je od različitih tercijarnih sedimenata (gline, lapora, laporovitih vapnenaca i šljunka) i litotamnijskog vapnenca.

Podnožje Zrinske gore reljefski je najviše područje južnog dijela općine građeno od izrazito kiselih stijena, kao što su pijesci, pješčenjaci, silikatni šljunci i paleozojski metamorfiti.

Značajke podneblja

Značajke podneblja vide se iz prikaza u tablici 3, izrađenoj uz korištenje podataka meteorološke postaje Topusko za razdoblje 1965.-1984. god. obrađenih po postupku **Gračanina (1950)**.

Tablica 3 Značajke podneblja – Meteorološka postaja Topusko 1965-1984.

Table 3 Climatic properties – Meteorological station Topusko 1965-1984.

Pokazatelj Indices	Mjeseci u godini Months												Godišnje Year
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	XI	X	XI	XI	
Oborine (Precipitation mm)	73	72	75	97	92	100	104	105	97	87	111	91	1104
Temperatura (Temperature C°)	-0,4	2,2	6,3	10,1	14,9	18,5	19,8	18,9	15,6	10,5	5,5	1,2	10,3
K _f _m (Rainfall factor, monthly)	33	12	10	6	5	5	5	6	8	20	76	107	–
Hum. (Humidity)	-	ph	h	h	sh	sh	sh	sh	sh	h	ph	ph	h
Topl. (The heath indices)	n	hl	uhl	ut	t	t	t	t	t	ut	uhl	hl	–

Nastavak na idućoj stranici

Pokazatelj Indices	Mjeseci u godini Months												Godišnje Year
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	XI	X	XI	XI	
PET (The potentially evapotranspiration in mm)	0	6	26	50	88	114	126	110	76	43	17	3	660
R (Water supplay in soil, in mm)	100	100	100	100	100	85	63	58	79	100	100	100	-
SET (Really evapotrans- piration, in mm)	0	6	26	50	88	115	126	110	76	43	17	3	660
M (Water deficiency, in mm)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
V (Water surplus, in mm)	73	66	49	47	4	-	-	-	-	26	94	85	444

Prosječna godišnja količina oborina za to razdoblje iznosi 1 100 mm, a srednja godišnja temperatura 10,3 C°, pa je prema Langovu kišnom faktoru podneblje humidno. Stanje se po mjesecima razlikuje pa su primjerice ljetni mjeseci semihumidni, a zimski perhumidni. Prema toplinskoj oznaci ljetni su mjeseci topli, a zimski hladni s izuzetkom siječnja koji je nivalan. Analiza bilance vode po Thornthwaiteu pokazuje prosječni višak vode od preko 440 mm, premda je u kišnoj 1980. god. iznosio čak 734 mm, a u sušnoj 1968. samo 182 mm. Podaci ukazuju da prilike podneblja pogoduju intenzivnom ispiranju i acidifikaciji tla.

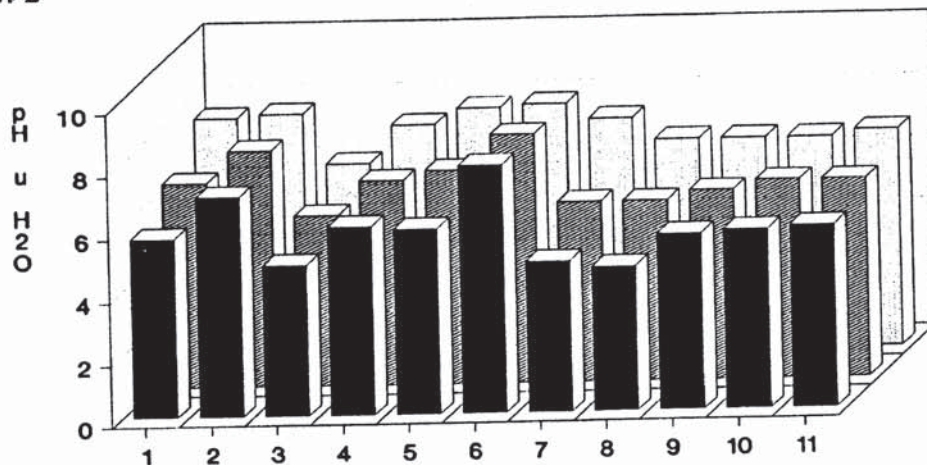
REZULTATI ISTRAŽIVANJA

Kemijske značajke tla

Važnije kemijske značajke istraživanih tala - reakciju, aktivnu i potencijalnu kiselost prikazujemo u grafikonima 1 i 2. Zajednička je značajka velika varijabilnost reakcije tla. Minimalne pH vrijednosti ukazuju na visoku kiselost, a u tim uvjetima sve teške kovine (osim Mo) pokazuju povećanu mobilnost u tlu. **Kloke**

Grafikon 1
Graph 2

Reakcija tla
Soil reaction



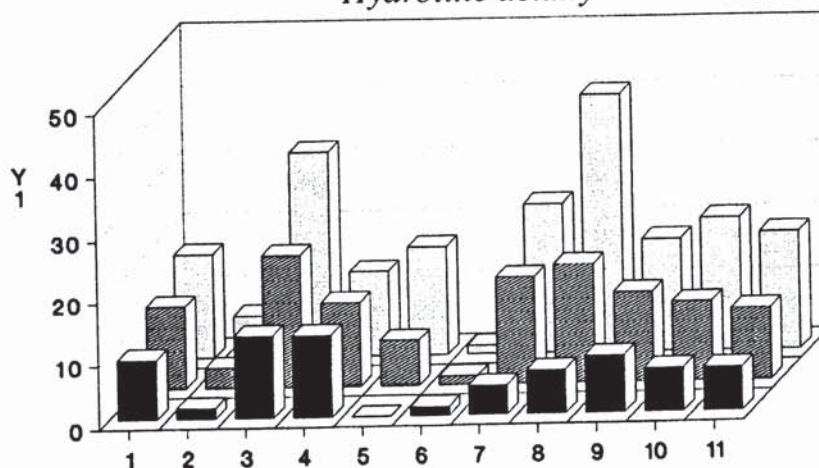
LEGENDA

■ MINIMUM ▨ SREDNJA VRIJEDNOST □ MAKSIMUM

- | | | | |
|-----------------------|---------------------|-------------------------|---------------|
| 1. Koluvijski | 2. Rendzina | 3. Smeđe districno | 4. Lesivirano |
| 5. Aluvijalno nekarb. | 6. Aluvijalno karb. | 7. Pseudoglej obronacni | |
| 8. Pseudoglej zaravni | 9. Semiglej | 10. Pseudoglej-glej | 11. Hipoglej |

Grafikon 2
Graph 2

Hidrolitski aciditet
Hydrolitic acidity



LEGENDA

■ MINIMUM ▨ SREDNJA VRIJEDNOST □ MAKSIMUM

- | | | | |
|-----------------------|---------------------|-------------------------|---------------|
| 1. Koluvijski | 2. Rendzina | 3. Smeđe districno | 4. Lesivirano |
| 5. Aluvijalno nekarb. | 6. Aluvijalno karb. | 7. Pseudoglej obronacni | |
| 8. Pseudoglej zaravni | 9. Semiglej | 10. Pseudoglej-glej | 11. Hipoglej |

(prema Bergmannu *ibid*) navodi da se u tlima s pH vrijednosti ispod 5, sadržaju gline ispod 10% GV za sadržaj Cd smanjuje na 0,3 ppm. Visoke su, ili ekstremno visoke vrijednosti hidrolitske kiselosti, a kalcifikacija kao zahvat korekcije reakcije nužan je na većini tala.

U obronačnom pseudogleju vrijednosti hidrolitske kiselosti preko pet puta prelaze vrijednost pri kojoj je kalcifikacija nužna. Mobilnost teških kovina u tim uvjetima veoma je visoka. S obzirom na malu propusnost nekih tala realna je mogućnost da i male količine teških kovina nazočne u tlu uđu u lanac ishrane. Stoga kalcifikacija ostaje središnji zahvat kojega preporučujemo za popravak svih značajki tala ovoga područja, uključujući i one koji utječu na vezanje i imobilizaciju teških kovina i većine drugih polutanata u tlu. Na vezanje teških kovina, koeficijent prijenosa, a pogotovo njihovo ispiranje, velik utjecaj ima koloidni kompleks tla, napose sadržaj humusa, sadržaj i vrsta minerala gline, kao i količina amorfnih hidroksida Fe i Al. Sadržaj humusa u istraživanim tlima jako varira. Prosječne vrijednosti kreću se u rasponu 2,5–3,3 %, što su vrijednosti koje zadovoljavaju, a po svemu sudeći odraz su redovite primjene stajskog gnoja. Najniže vrijednosti utvrđene su na psudogleju zaravni, a maksimalne na smeđem distričnom tlu. S obzirom na reakciju tla, realna je pretpostavka da se radi o kiselom ili sirovom humusu. Ukupni kapacitet adsorpcije relativno je stabilna značajka, s malim variranjem unutar iste taksonomske jedinice. Maksimalne vrijednosti veoma su visoke, humus je očito dominantna komponenta adsorpcijskog kompleksa.

Sa stajališta ocjene stanja u tlu veoma značajan pokazatelj je stanje adsorpcijskog kompleksa, ponajprije stupanj njegove zasićenosti bazama. Poželjna je dakako potpuna zasićenost -100 %.

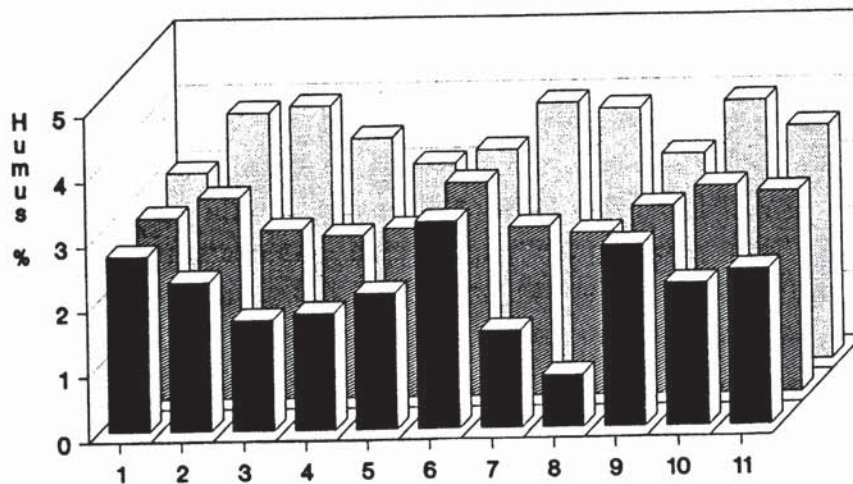
S distričnim tlima te su vrijednosti veoma niske pa valja računati da će u njima mobilnost teških kovina biti visoka, drugim riječima, i pri manjem sadržaju teških kovina u tlu one mogu ući u lanac ishrane. Pouzdan je pokazatelj "učinka" visoke aktivne i potencijalne kiselosti na kemijski kompleks, a preko njega na sve druge značajke tla visok sadržaj mobilnog aluminija. Kako se vidi u grafikonu 6, on je u nekim istraživanim tlima veoma visok, napose u smeđem distričnom tlu i pseudogleju. To su očito tla koja bezuvjetno zahtijevaju kalcifikaciju kao značajan i djelotvoran melioracijski zahvat.

Onečišćenost teškim kovinama — Kadmij i olovo

Općenito je kadmij i u malim koncentracijama jako toksičan za humanu i animalnu populaciju, a pokazuje i stanovitu fitotoksičnost. **Roth (po Bergmannu,**

Grafikon 3
Graph 3

Sadržaj humusa
Humus content



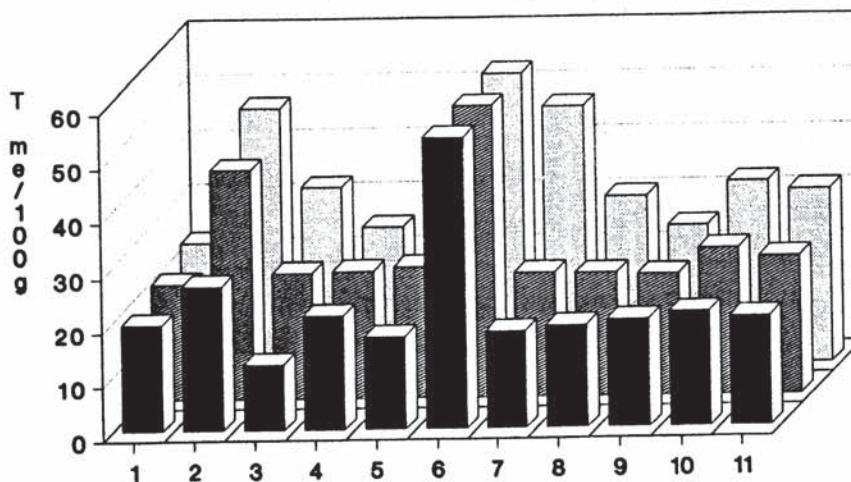
LEGENDA

■ MINIMUM ▨ SREDNJA VRIJEDNOST □ MAKSIMUM

- | | | | |
|-----------------------|---------------------|-------------------------|---------------|
| 1. Koluvijski | 2. Rendzina | 3. Smeđe districno | 4. Lesivirano |
| 5. Aluvijalno nekarb. | 6. Aluvijalno karb. | 7. Pseudoglej obronacni | |
| 8. Pseudoglej zaravni | 9. Semiglej | 10. Pseudoglej-glej | 11. Hipoglej |

Grafikon 4
Graph 4

Ukupni kapacitet adsorpcije
Overall exchange capacity



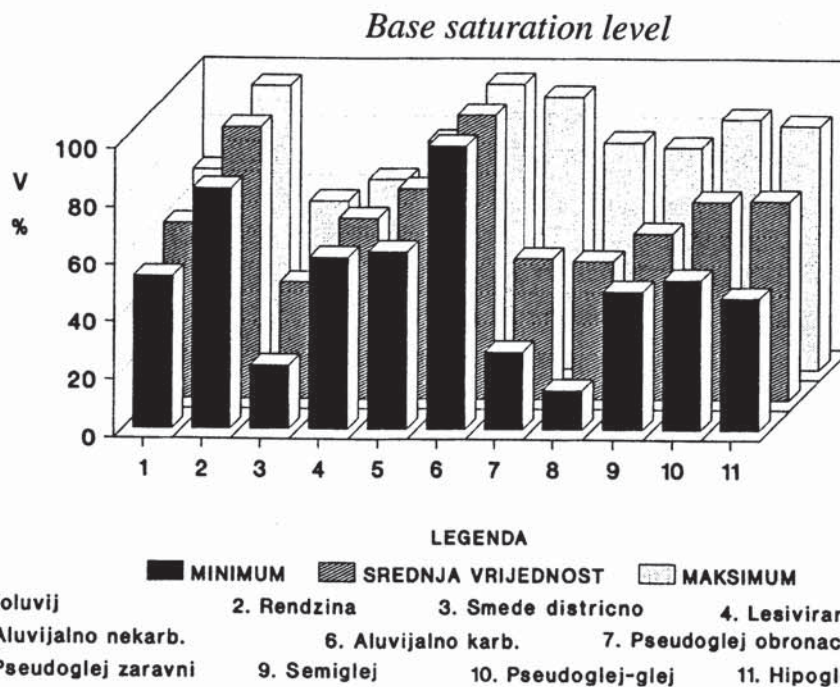
LEGENDA

■ MINIMUM ▨ SREDNJA VRIJEDNOST □ MAKSIMUM

- | | | | |
|-----------------------|---------------------|-------------------------|---------------|
| 1. Koluvijski | 2. Rendzina | 3. Smeđe districno | 4. Lesivirano |
| 5. Aluvijalno nekarb. | 6. Aluvijalno karb. | 7. Pseudoglej obronacni | |
| 8. Pseudoglej zaravni | 9. Semiglej | 10. Pseudoglej-glej | 11. Hipoglej |

Grafikon 5 Stupanj zasićenosti adsorpcijskog kompleksa bazama

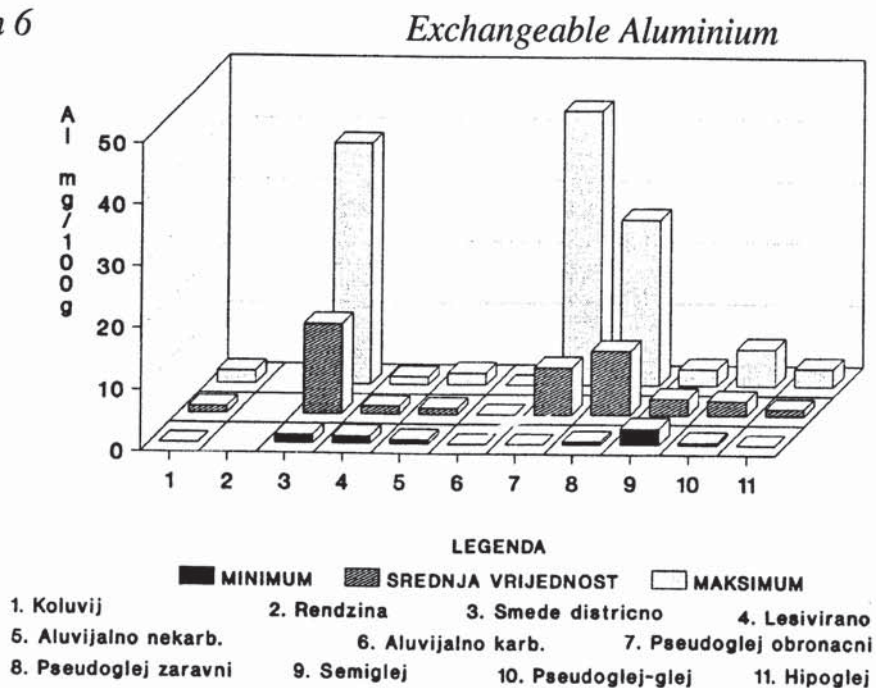
Graph 5



Grafikon 6

Sadržaj mobilnog aluminija

Graph 6



ibid) izlaže slijed biljnih vrsta prema koeficijentu prijenosa za kadmij: Zob, pšenica > grah, grašak, suncokret, krastavci > rajčica > kukuruz > kupus, repe > krumpir, mrkva, špinat > salata. Navode se također i podaci da pšenica prima više Cd od raži, a ozime žitarice više od jarih.

Što se tiče geogenog-litogenog Cd, najviše ga sadrže tla na škriljevcima, odnosno metamorfitima. Glavni izvori emisije kadmija iz antroposfere su topionice cinka, diesel motori, čestice gume, dim od izgaranja nafte i ugljena, te gradski mulj i kompost iz gradskog smeća. Poznati su izvori Cd, posebice za oranična tla mineralna gnojiva napose fosforna, proizvedena iz sirovih fosfata, među kojima su kadmijem najbogatiji fosfati iz Senegala (84 ppm), Tunisa (56 ppm), Togo (53 ppm) i Španjolske (43 ppm), a najkvalitetniji iz Maroka (4 ppm) i Izraela (3 ppm).

U blizini topionica cinka tla su u pravilu kontaminirana Cd, pa je primjerice u tlima okolice Celja **Lobnik (1989)** pronašao 2 ppm Cd. U pravilu su tla u blizini industrijskih središta zagađena a teškim kovinama. **Feige et al (ibid)** iznose podatak da je učestalost prekoračenja graničnih vrijednosti u tlima u okolici centara s jače razvijenom industrijom za Cd, i Hg 0,5-3 %, za Zn 11 %, a za Pb 20 %. U zemljama EU vodi se posebna briga o bilanci kadmija, a **Biberacher (1990)** iznosi podatak da od ukupne emisije Cd u okoliš u tim zemljama najviše udjela ima industrija boja (1 061 t/god), slijede otpadne vode (1 053 t/god), metalurgija (386 t/god), a mineralna gnojiva 266 t/god. **Hutton (1982)** iznosi podatak da se primjenom fosfornih gnojiva u zemljama EU u tlo unosi prosječno 5,1 g/ha/god, najviše u Belgiji (9,4 g/ha/god), a najmanje u Italiji (1,6 g/ha/god). Prema istim izvorima računa se da je ukupni prosječan unos Cd u tim zemljama 8 g/ha/god, pa tako slijedi da imisija iz drugih izvora iznosi "samo" 3 g/ha/god.

Minimalne, srednje i maksimalne vrijednosti sadržaja kadmija i olova u istraživanim tlima prikazane su u grafikonima 7 i 8.

Uočljiva je velika razlika između minimalnih i maksimalnih vrijednosti. Niti maksimalne vrijednosti ne dostižu graničnu vrijednost, osim za tla jako kisele reakcije, gdje se 0,3 ppm smatra maksimalno dopuštenom vrijednosti. Ne smije se dakle gubiti iz vida činjenica da i nizak sadržaj Cd pri tako niskim vrijednostima pH i visokoj potencijalnoj kiselosti koje povećavaju mobilnost Cd mogu prouzročiti njegovo primanje i povećanu akumulaciju u biljci. S obzirom na velike razlike u sadržaju unutar iste pedotaksonomske jedinice realno je pretpostaviti da je nakupljanje Cd posljedica sekundarnog utjecaja, odnosno njegove imisije u tlo.

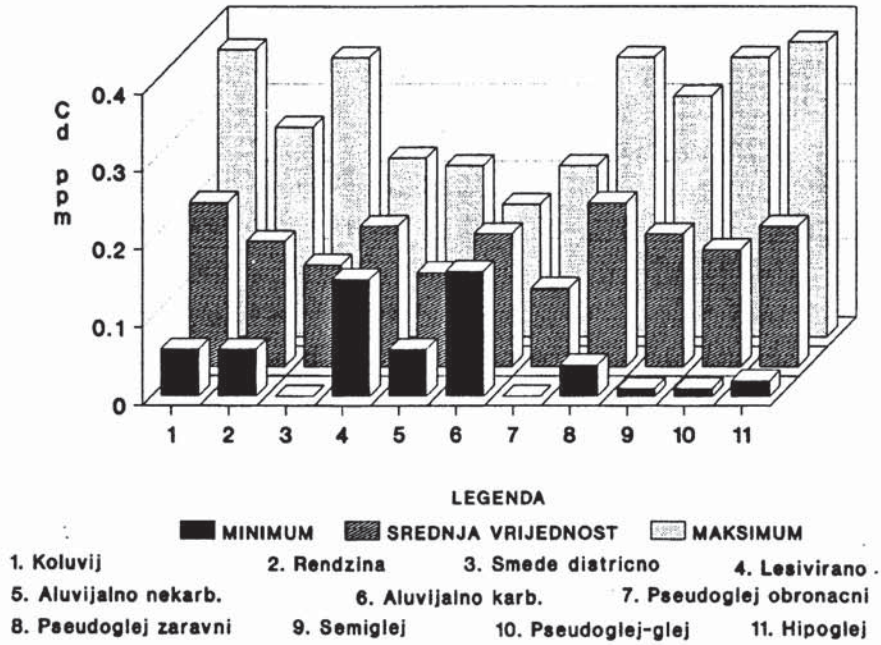
Sadržaj olova pokazuje još veće razlike između minimalnih i maksimalnih vrijednosti, minimalne vrijednosti su neznatne ili olova u tlu uopće nema. Srednje vrijednosti u rendzini, pseudoglej-glejnom i hipoglejnom tlu prelaze 35 % granične - tolerantne vrijednosti, dok maksimalne dostižu skoro 60% granične vrijednosti

Grafikon 7

Sadržaj kadmija

Graph 7

Cadmium content

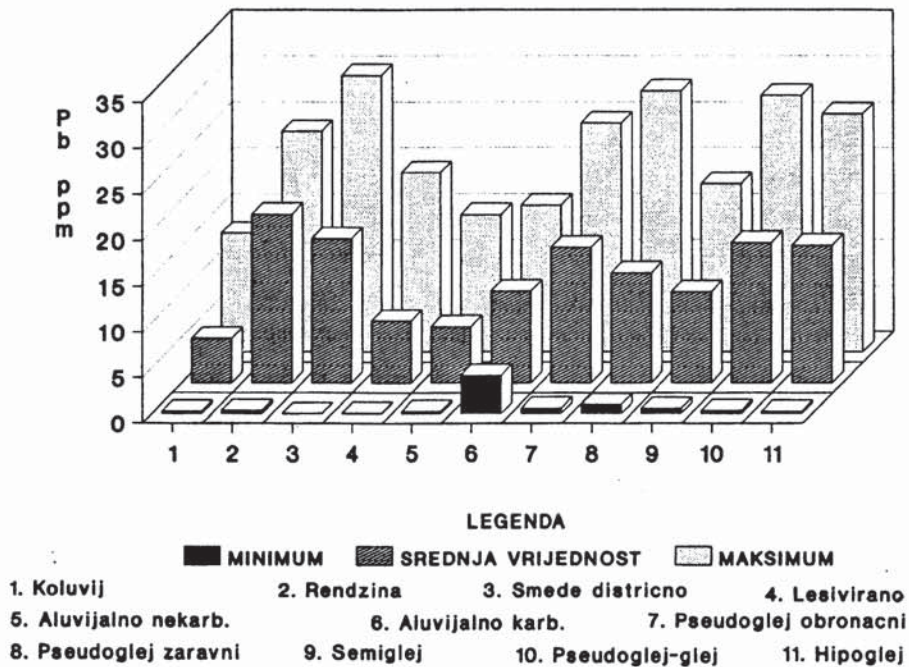


Grafikon 8

Sadržaj olova

Graph 8

Lead content



- tolerantne vrijednosti, dok maksimalne dostižu skoro 60% granične vrijednosti koju predlaže **Häni (1987)**, primjenom sličnog ekstrakcijskog sredstva. U oraničnim tlima Bavarske prosječni sadržaj Pb iznosi 35,4 ppm, a na tlima na lesu sadržaj se kreće u rasponu 14-39 ppm.

Kontaminacija olovom prvenstveno je posljedica njegove emisije ispušnim plinovima motora s unutrašnjim sagorijevanjem. Stoga se osobita pozornost posvećuje koncentraciji Pb u tlima uz otvorene prometnice i tlima gradskih vrtova. **Feige et al (1991)** utvrdili su različite stupnjeve zagađenosti vrtnih tala Bavarske, u rurskom industrijskom bazenu daleko iznad dozvoljene granice. **Huber (1991)** je proučavao distribuciju teških kovina u tlima Južnog Tirola na različitoj udaljenosti od auto-česte i cesta s različitom frekvencijom prometa motornih vozila. Utvrdio je da cestovni promet bez dvojbe emitira samo olovo u količinama koje uzrokuju njegovo povećanje iznad tolerantne razine, a prekoračenje je ponegdje gotovo desetostruko. Zanimljivo je pri tome da najviši sadržaj nije utvrđen u neposrednoj blizini već na stanovitoj udaljenosti od same ceste. Značajnije prekoračenje dostiže se u pojasu 50 m udaljenosti od auto-česte, a 20 m od obične ceste. Kontaminacija obuhvaća sloj tla do 40 cm dubine. Na cestama s trasom koja slijedi povišene položaje distribucija polutanata vrši se na širi prostor, pa je i kontaminacija pojasa uz cestu znatno manja, a zagađenost se povećava na cestama s čestim zastojsima prometa. Naglašava se također izuzetno snažan utjecaj živica uz cestu na smanjenje kontaminacije. Isto tako, znatno je manja onečišćenost na livadama košanicama, s kojih se trava-sijeno odnosi, u komparaciji s voćnjacima iz kojih se trava ne iznosi. On također tvrdi da je trovanje moguće jedino olovom, a da do njegove visoke koncentracije u plodu voća ne dolazi iz tla putem korijena već ljepljenjem prašine i njezinim urastanjem u plod. Koncentracija olova u tlu kretala se u rasponu 40-312 ppm, a najveća od 312 ppm utvrđena je na cesti s dnevnom frekvencijom od 8 332 vozila.

U tlima Nacionalnog parka Risnjak **Vrbek i Gašparac (1991)** pronalaze 116-560 ppm Pb, na razini utvrđenoj u najzagađenijim tlima Europe. Radi se očito o svake brige i pažnje vrijednoj depoziciji ovog polutanta. Fitotoksični učinci pod utjecajem povećane koncentracije Pb posljedica su poremećaja metabolizma Ca, inaktivacije nekih enzima i smanjenja asimilacije CO₂ i smanjenja fotosinteze. Osim toga, povećana koncentracija Pb vrši inhibiciju K, B, Mn, Cu, Zn, i Fe. Znaci fitotoksičnosti javljaju se na različitoj razini njegova sadržaja u tlu. Prema podacima koje iznosi **Bergmann (ibid)** čak 1 000 ppm Pb na neutralnom glinovitom tlu nije pokazalo štetan utjecaj na zob, dok je lucerna pokazala znake oštećenja već pri 500 ppm. Krumpir i rajčica pokazuju veliku sklonost nakupljanja Pb, što je nepovoljna okolnost s obzirom na činjenicu da se te kulture u pravilu uzgajaju u

Za ocjenu stupnja onečišćenosti istraživanih tala Cd i Pb za važnije pedosistematske jedinice izračunali smo postotak kontaminacije u odnosu na graničnu vrijednost - GV, koja se smatra maksimalno dopuštenim sadržajem prema kriterijima citiranog Pravilnika za zaštitu tala Hrvatske. Vrijednosti su indikativne za ocjenu stanja, a prikazane su u tablici 4.

Tablica 4 Onečišćenost kadmijem i olovom u % od granične vrijednosti
 Table 4 *The degree of soil contamination with Cd and Pb in % of MTC*

Taksonomska jedinica (Soil unit)	% od granične vrijednosti prema Pravilniku (NN 15/92) (% of MTC, after Act of Republic of Croatia)					
	Kadmij (Cd)			Olovo (Pb)		
	min	max	x	min	max	x
Smeđe distrično (Dystric cambisol)	0	36	13	0	30	16
Pseudoglej obronačni (Pseud. of slope)	0	22	10	0,5	25	15
Pseudoglej zaravni (Pseudogley oflevel)	4	36	21	1	28	12
Pseudoglej-glej (Pseudogley-gley)	1	36	15	1	39	15
Hipoglej (Hypogley)	1	38	18	1	26	15

Pada ponajprije u oči da nema bitnijih razlika u sadržaju teških kovina u pojedinim tipovima tala, što ukazuje da je pedogena redistribucija teških kovina ostala bez bitnijega utjecaja. Minimalne i srednje vrijednosti za sve taksonomske jedinice u istraživanju na razini su ispod 25 % pa se sva tla mogu svrstati u čista tla. Međutim, posmatraju li se maksimalne vrijednosti, sva tla osim obronačnog pseudogleja pokazuju povećanu onečišćenost kadmijem i olovom. Ima indicija, koje dakako valja provjeriti, da su sva tla na topografski nižim pozicijama onečišćenija. Ostaje za utvrditi u kojoj mjeri se ta pojava može pripisati emisiji-depoziciji zagađivala iz zraka (magle), a u kojoj je mjeri posljedica translokacije zemljišnog materijala erozijom, odnosno antropogenog utjecaja koji je u riječnim dolinama najveći. Srazmjerno mala onečišćenost obronačnog pseudogleja u odnosu na pseudoglej zaravni ide u prilog našem razmišljanju o utjecaju erozije tla na redistribuciju teških kovina. Bilanciranje teških kovina u tlu i agroekosustavu,

popis i nadzor najvećih izvora zagađenja (katastar zagađivača), jedini je pouzdan put koji osigurava držanje tih štetnih tvari pod kontrolom.

Posebno, a veoma značajno područje istraživanja jeste bilanciranje teških kovina u tlu, odnosno njihova imisija, vezanje i izlazak iz tla. Stavke bilance čini ulaz-input teških kovina u tlo: trošenje primarnih minerala koji sadrže teške kovine, unošenje agrokemikalijama i imisija-depozicija iz zraka, a druga je stavka gubitak-output, koji se sastoji od iznošenja u biljnom materijalu i ispiranja. Zavisno o veličini pojedinih stavki, bilanca može biti na strani nakupljanja, dakle povećanje sadržaja ili na strani gubitka-smanjenja sadržaja teških kovina u tlu. Sudeći prema izloženim rezultatima, tla na području općine Glina imaju pozitivnu bilancu sadržaja Cd, drugim riječima, sadržaj Cd u tim tlima postupno se povećava. Za bilanciranje teških kovina u tlu (**Ruppert ibid**) razlikuje prirodni, odnosno geogeni ili litogeni sadržaj, od pedogenog, a posebno od antropogenog sadržaja. Za tla Bavarske on iznosi podatak da od ukupno 174,8 g/ha Cd u šumskim tlima 80,1 g/ha je antropogenog podrijetla, a u oraničnim tlima od 1 228 g/ha 513,5 g je antropogenog podrijetla. Za olovo se iznosi da od 20,4 kg/ha 13,82 kg/ha otpada na olovo antropogenog podrijetla, dok u oraničnim tlima od 83,19 kg/ha 21,90 kg/ha otpada na olovo antropogenog podrijetla. Za prirodni sadržaj uzet je sadržaj u zdravici tla.

Koristeći se postupkom koji opisuje **Bergmann (ibid)** izvršili smo analizu važnijih elemenata bilance teških kovina za najvažnija tla na području općine Glina, a rezultate prikazujemo u tablici 5.

Za dostizanje granične vrijednosti kadmija potrebno je da se koncentracija poveća za 1,7 do 2,4 kg/ha. Prema podacima o sadržaju Cd u mineralnim gnojivima koje iznose **Hanzec i Baglama (1991)**, ta bi se količina unijela u tlo primjenom 5-7 t/ha mineralnog gnojiva iz proizvodnog programa Tvornice mineralnih gnojiva - Kutina (formulacije 18:9:9, 11:11:16 ili 13:10:12), s 300 ppm Cd, u kojima se za proizvodnju fosforne komponente koriste sirovi fosfati iz Senegala. Dakako, prosječni sadržaj Cd u mineralnim gnojivima nije tako visok, pa temeljem toga prosjeka i to za zemlje EZ **Vajnberger (1990)** iznosi podatak da prosječno unošenje mineralnim gnojivima iznosi 2, a maksimalno 12 ppm, dakle znatno niže vrijednosti, čak i ispod unošenja organskim gnojivima. Na sličan način umanjuje se problem i u zemljama EZ, zapostavljajući činjenicu da je onečišćenje lokalno, a da problem ne predstavlja prosjek. Pri komparaciji sa zemljama EZ valja imati na umu da se kalcifikacija u nas jedva vrši pa su i mala dodavanja Cd u naša tla fiziološki djelotvorna-biljci pristupačna.

Tablica 5 Pokazatelji bilance kadmija i olova u važnijim tlima općine Glina
 Table 5 Indicators of Cadmium and Lead balance in some important soil units of Glina area

Taksonomska jedinica i elementi bilance <i>Soil units and elements of balance</i>		Kadmij Cd <i>Cadmium</i>	Olovo Pb <i>Lead</i>
Maksimalno dopuštena koncentracija (ppm), prema Pravilniku za zaštitu poljoprivrednih tala Hrvatske (NN 15/92) <i>Maximal tolerated concentration (ppm), after Act of Republic of Croatia (NN 15/92)</i>		1	100
Distrično smeđe <i>Dystric cambisol</i>	Srednji sadržaj - ppm <i>Average content - ppm</i>	0,19	10,2
	Težina oraničnog sloja, 20cm, t/ha <i>Weight of arable layer, 20cm, t/ha</i>	2600	2600
	Moguće povećanje do GV, kg/ha <i>Possible increase to the MTC, kg/ha</i>	2,1	233
Pseudoglej, obronačni <i>Pseudogley of slope</i>	Srednji sadržaj - ppm <i>Average content - ppm</i>	0,15	22,2
	Težina oraničnog sloja, 20cm, t/ha <i>Weight of arable layer, 20cm, t/ha</i>	2820	2820
	Moguće povećanje do GV, kg/ha <i>Possible increase to the MTC, kg/ha</i>	2,397	219
Pseudoglej, zaravni <i>Pseudogley of level</i>	Srednji sadržaj - ppm <i>Average content - ppm</i>	0,31	18,1
	Težina oraničnog sloja, 20cm, t/ha <i>Weight of arable layer, 20cm, t/ha</i>	2460	2460
	Moguće povećanje do GV, kg/ha <i>Possible increase to the MTC, kg/ha</i>	1,697	177
Pseudoglej - glej <i>Pseudogley - gley</i>	Srednji sadržaj - ppm <i>Average content - ppm</i>	0,22	23,3
	Težina oraničnog sloja, 20cm, t/ha <i>Weight of arable layer, 20cm, t/ha</i>	2600	2600
	Moguće povećanje do GV, kg/ha <i>Possible increase to the MTC, kg/ha</i>	2,030	199
Hipoglej <i>Hypogley</i>	Srednji sadržaj - ppm <i>Average content - ppm</i>	0,27	22,5
	Težina oraničnog sloja, 20cm, t/ha <i>Weight of arable layer, 20cm, t/ha</i>	2800	2800
	Moguće povećanje do GV, kg/ha <i>Possible increase to the MTC, kg/ha</i>	2,046	218

Iznošenje Cd prinosom i ispiranjem, odnosno površinskim otjecanjem s tla iznosi do 26 g/ha/god u uvjetima Njemačke. To su dakako male vrijednosti, što najbolje ilustrira podatak da bi uz takav intenzitet iznošenja bilo potrebno 78-92 godine da se sav Cd izgubi iz tla, dakako uz pretpostavku da nema novog pritjecanja. Stanje zagađenosti tala ilustrira i podatak da bi za dostizanje granične vrijednosti uz godišnju imisiju iz zraka na razini one iz Sollinga bilo potrebno 100-120 godina, opet uz uvjet da su ostali izvori potpuno eliminirani.

Kao praktične mjere suzbijanja ulaska Cd u lanac ishrane u obzir dolaze

ponajprije kalcifikacija i humizacija, kao zahvati kojima se teške kovine u tlu vežu u kemijski manje topive spojeve. Izloženi podaci nedvojbeno pokazuju da tla na području općine Glina nisu ugrožena olovom, da je njegov sadržaj tek neznatno povećan. Dakako, istraživanje pojedinih stavki bilance ostaje za zadaću u budućnosti.

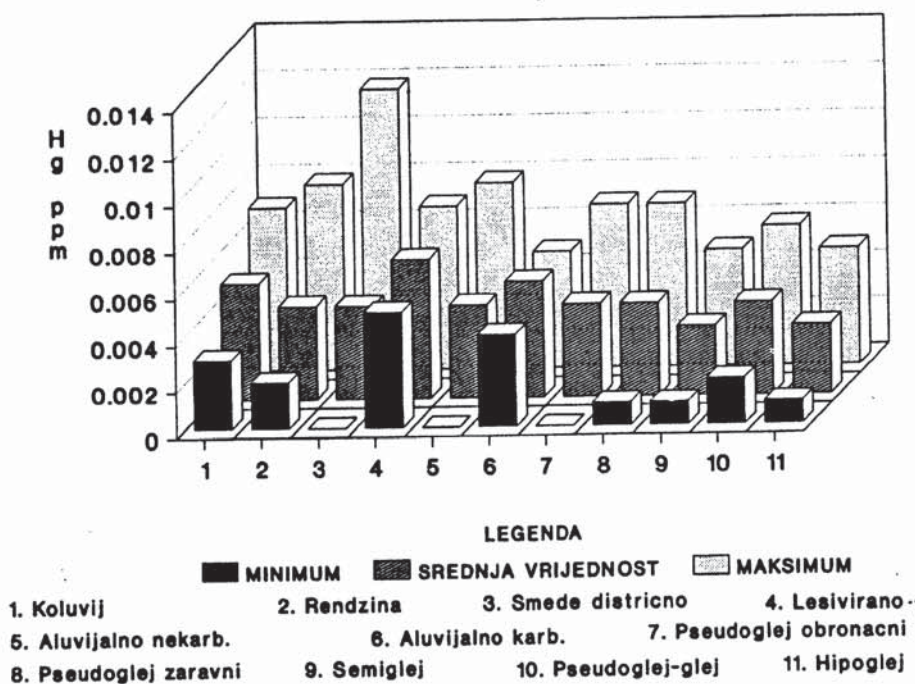
Sadržaj žive i cinka prikazan je u grafikonu 9 i 10.

Grafikon 9

Sadržaj žive

Graph 9

Mercury content



Sadržaj žive u svim istraživanim tlima nalazi se ispod prosječnog prirodnog sadržaja, pa ovaj polutant na području općine Glina ne predstavlja opasnost. To vrijedi i za cink, čija se koncentracija kreće u tolerantnim-prirodnim granicama, odnosno čak ispod onih koji su potrebiti za normalnu opskrbu biljke ovim važnim hranivom.

Sadržaj bakra i arsena u tlima općine Glina prikazani su u grafikonima 11 i 12.

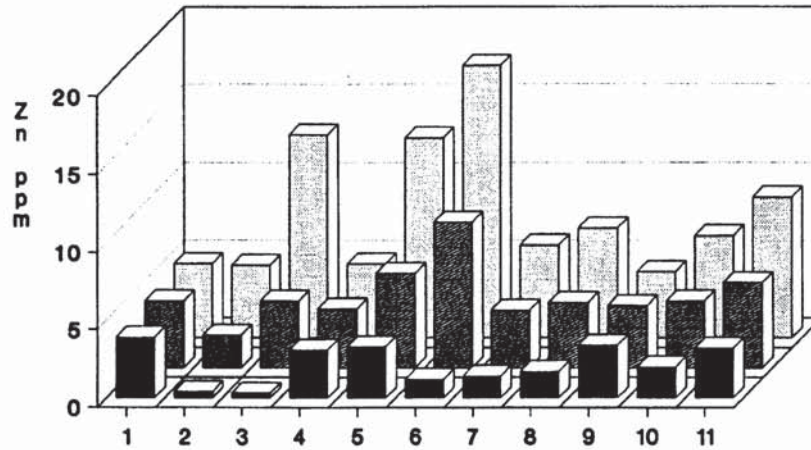
Sadržaj bakra kreće se u prirodnim granicama, odnosno na razini srednje do bogate opskrbljenosti ovim važnim biogenim mikroelementom. Prema svemu sudeći, mala je primjena bakrenih sredstava za zaštitu bilja, što je opet posljedica

Grafikon 10

Sadržaj cinka

Graph 10

Zinc content



LEGENDA

■ MINIMUM ▨ SREDNJA VRIJEDNOST □ MAKSIMUM

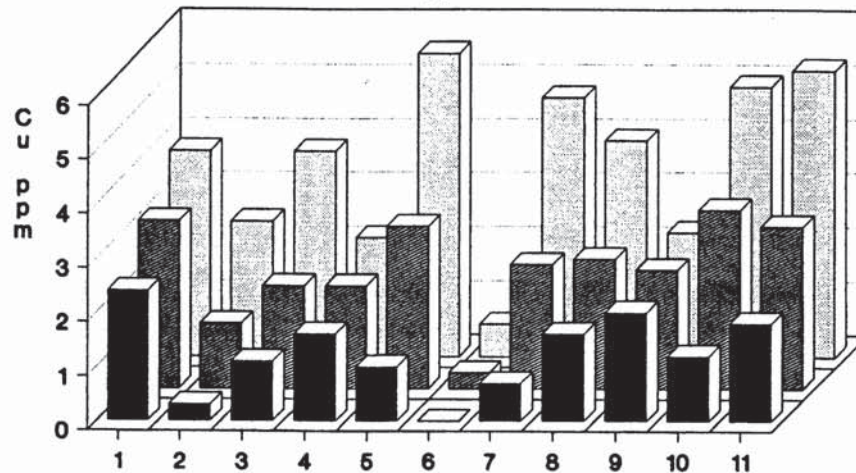
- | | | | |
|-----------------------|---------------------|-------------------------|---------------|
| 1. Koluviј | 2. Rendzina | 3. Smede districno | 4. Lesivirano |
| 5. Aluvijalno nekarb. | 6. Aluvijalno karb. | 7. Pseudogleј obronacni | |
| 8. Pseudogleј zaravni | 9. Semigleј | 10. Pseudogleј-gleј | 11. Hipogleј |

Grafikon 11

Sadržaj bakra

Graph 11

Copper content

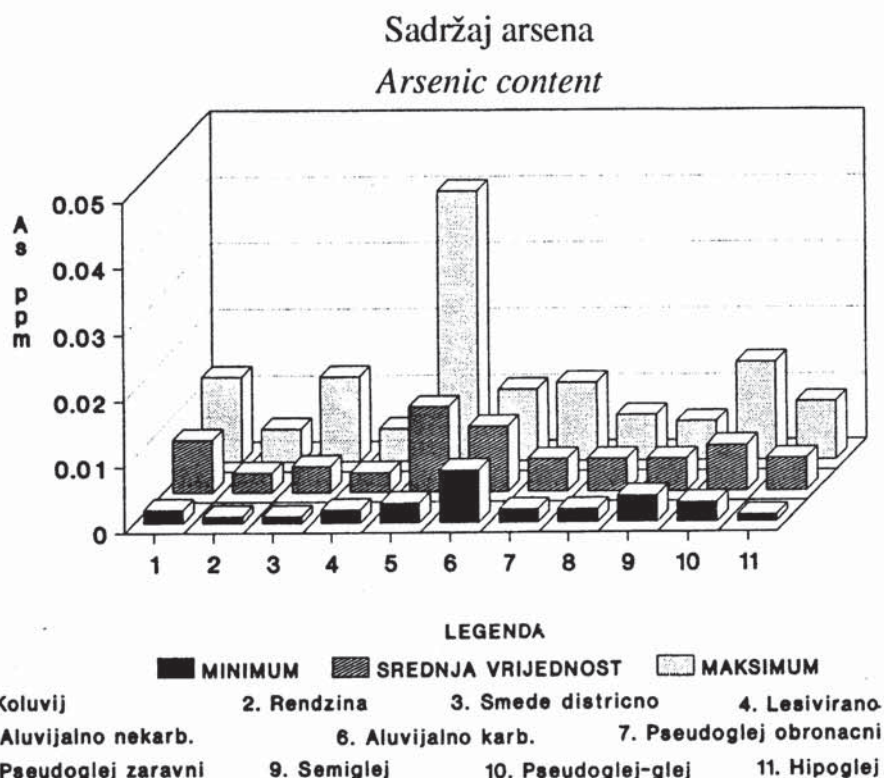


LEGENDA

■ MINIMUM ▨ SREDNJA VRIJEDNOST □ MAKSIMUM

- | | | | |
|-----------------------|---------------------|-------------------------|---------------|
| 1. Koluviј | 2. Rendzina | 3. Smede districno | 4. Lesivirano |
| 5. Aluvijalno nekarb. | 6. Aluvijalno karb. | 7. Pseudogleј obronacni | |
| 8. Pseudogleј zaravni | 9. Semigleј | 10. Pseudogleј-gleј | 11. Hipogleј |

Grafikon 12
Graph 12



tradicionalne-ekstenzivne proizvodnje. Sadržaj arsena, koji inače spada u tzv. potencijalno toksične elemente također je daleko ispod razine na kojoj bi on bio rizičan po okoliš. **Z. Gračanin (1979)** iznosi podatak da je nakupljanje arsena u tlu u osnovici posljedica primjene pesticida čija aktivna tvar sadrži arsen, a da nisu registrirani škodljivi utjecaji arsena prirodnog porijekla.

RASPRAVA

Tla općine Glina očito su u stanju povećane onečišćenosti, napose u odnosu na sadržaj kadmija i olova. Realno je pretpostaviti da je stanje pedosfere na drugim područjima u Hrvatskoj znatno ozbiljnije te da se naše tloznanstvene discipline nalaze pred kompleksnom zadaćom organiziranog istraživanja ovog problema. Europske zemlje poduzele su niz mjera usmjerenih na kontrolu sadržaja svih problematičnih tvari u tlu. Na sceni su dva pristupa, jedan okrenut "prema posljedica", kojim se s više ili manje strogosti određuju parametri za granične vrijednosti u sadržaju onečišćenja, a drugi je put okrenut "prema izvorima onečišćenja", pri čemu se povlači razlika između tzv. točkastih i difuznih izvora onečišćenja (**Howard, 1992**). Točkasti izvori vode se u posebnom registru, a legislativom se

obvezuju na izolaciju, motrenje emisije i njezinu kontrolu, dok se difuzni nastoje identificirati i po mogućnosti reducirati. Cilj je uspostaviti ravnotežu između imisije zagađivala u tlo i emisije iz tla na razini koja ne ugrožava druge ekosustave. Međutim, to je moguće postići samo s neperzistentnim onečišćenjima, odnosno onima koji ne pokazuju sklonost akumulacije. S teškim kovinama to nije slučaj pa oni stoga u pravilu stoje na vrhu "crne liste" štetnih tvari. Originalan je pristup Nizozemske, koja zaštitu tla temelji na konceptu "dobre kvalitete" i "multifunkcionalnosti", pri čemu za korisnike tla - buduće generacije, kao i za aktualnu generaciju, moraju ostati otvorene sve opcije u pogledu izbora načina korištenja tla.

S obzirom na izloženo, što je nama činiti?

Držimo da samo egzaktna istraživanja svih elemenata nužnih za izradu bilance-budžeta teških kovina mogu dati pouzdanu osnovicu za bilanciranje teških kovina u agroekosustavu. Po svojoj naravi ta su istraživanja multidisciplinarna i kompleksna. Nama se čini prihvatljivim pristup kojega **Varallyay (1992)** definira formulom:

$$4M + 2P$$

(**M**asuring, **M**apping, **M**onitoring, **M**odelling + **P**redicting, **P**revention).

Prvi korak kojega predlažemo poduzeti jeste utvrđivanje aktualnog stanja-inventarizacija zagađenosti tala, pri čemu po ugledu na Bavarsku, (**Feige et al. ibid**) Vorarlberg (1992), Južni Tirol (**Huber, ibid**) i Salzburg (**Juritsch, 1991**) valja poći od najugroženijih tala-vrtova u različitim prilikama, od seoskih i onih u ekološki "čistim" uvjetima, uz prometnice različite gustoće prometa, do onih u industrijskim središtima, u blizini registriranih izvora emisije i područja koja su već označena sumnjivim. Rezultati tih istraživanja dat će elemente za izbor reprezentativnih lokaliteta za stacioniranje mreže ploha za trajno motrenje (monitoring) tala, na kojima bi se istraživali svi elementi bilance teških kovina i ekološki problematičnih tvari u pedosferi. Do definitivnog usklađivanja analitičkih metoda predviđenog u okviru toga projekta za sada preporučujemo da se i u našoj laboratorijskoj praksi ekstrakcija tla vrši u zlatotopki, jer će, po svemu sudeći taj postupak biti prihvaćen kao standardni. Osim toga, držimo prihvatljivom i za naše prilike upotrebljivom klasifikaciju onečišćenosti tala prema kriterijima koje koristi **Feige et al (ibid)**. Iz praktičnih razloga tim kriterijima dodajemo vlastitu opisnu atribuciju:

1. Klasa - čisto tlo, do 25 % od granične vrijednosti
2. klasa - tlo povećane onečišćenosti, 25-50 %
3. klasa - tlo velike onečišćenosti, 50-100 %

4. klasa - zagađeno tlo, 100-200 %

5. klasa - jako zagađeno tlo, preko 200 %.

Dakako, svakoj klasi zagađenosti primjerene su odgovarajuće mjere zaštite. One su primjerice za prvu klasu nepotrebne, za drugu tlo valja staviti pod kontrolu i izbjegavati rizične postupke, za treću su potrebne pojačane mjere koje uključuju uobičajene agromelioracijske zahvate i kontrolu izvora emisije. Na tlima četvrte klase valja ograničiti uzgoj kultura s visokim koeficijentom prijenosa teških kovina, a na tlima pete i šeste klase nije dozvoljen uzgoj bilja koje bi se koristilo za humanu ili animalnu ishranu. Na njima valja provesti posebne sanacijske postupke.

Po svemu sudeći, istraživanje teških kovina u tlu, agroekosustavu i različitim sustavima biljne proizvodnje zanimljivo je, perspektivno i izazovno područje istraživanja koje će još zadugo plijeniti pažnju hrvatskih istraživača s područja svih tloznanstvenih disciplina.

ZAKLJUČCI

Temeljem izloženih rezultata istraživanja onečišćenosti oraničnih tala na području općine Glina teškim kovinama i komparacijom tih rezultata s publiciranim radovima te vrste u nas i u svijetu izdvajamo važnije zaključke:

1. Kemijske značajke tala na području općine Glina, a napose visoka aktivna i potencijalna kiselost, sadržaj mobilnog aluminija i nezasićenost adsorpcijskog kompleksa, pogoduju nakupljanju teških kovina u tlu u koncentraciji koja čini realnim mogućnost njihova uključanja u lanac animalne i humane ishrane.

2. Sadržaj kadmija i olova u istraživanim tlima povećan je u odnosu na prirodno stanje. Prosječni sadržaj kreće se u granicama karakterističnim za čista ili neopterećena tla, odnosno prvu klasu tala. Međutim, pojedinačne- maksimalne vrijednosti sadržaja odgovaraju klasi povećane onečišćenosti. Ima indicija da je veća onečišćenost teškim kovinama u tlima na reljefski nižim pozicijama u zoni nakupljanja, a nešto manja u zoni odnošenja erozijom tla vodom.

3. S obzirom na sadržaj žive, bakra, cinka i arsena tla su čista, a opskrbljenost cinkom i bakrom nalazi se čak ispod razine normalnih potreba kulturnih biljaka za tim biogenim mikroelementima.

4. Agrotehničke melioracije, posebno kalcifikaciju tih tala preporučujemo kao pouzdan, djelotvoran i racionalan put za smanjenje mobilnosti svih teških kovina u kiselim tlima istraživanog područja.

5. U nedostatku vlastitih rezultata oslonac valja tražiti u svjetskim iskustvima

pa se u tom smislu predlaže prihvatiti postupak ekstrakcije u zlatotopki, a za ocjenu stupnja onečišćenosti tla kriterije temeljene na postotku sadržaja u odnosu na graničnu vrijednost.

6. Način imisije, mehanizam vezanja teških kovina, njihovo ispiranje iz tla i bilanca u tlu, odnosno agroekosustavu u različitim agroekološkim uvjetima i sustavima bilinogojstva veoma je aktualno, bogato, izazovno i perspektivno područje istraživanja.

7. Projekt zaštite tla koji uključuje najprije utvrđivanje sadržaja teških kovina u tlu, zatim uspostavu trajnog motrenja (monitoringa) i informacijski sustav tala, predstavlja valjan okvir za realizaciju ambicioznog programa cjelovitog i sveobuhvatnog istraživanja te zavrijeđuje široku društvenu potporu.

LITERATURA

- Bašić, F., Butorac, A., Mesić, M.**, Agroekološka studija sa sistemima biljne proizvodnje za proizvodnju sirovina za Tvornicu dječje hrane na području općine Glina, FPZ, 173 Zagreb, 1989.
- Bašić, F. Hrlec, G.**, Organische Problemstoffe in den Ackerböden Kroatiens, Expertentagung der gemeinsamen Arbeitsgruppe Bodenschutz ARGE Alpen, Alpen-Adria und Donauländer, Szombathely 17-18 Oktober 1991, Bayerisches Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen, 32- 47, München, 1991.
- Bašić, F., Vidaček, Ž., Petraš, J., Racz, Z.**, Distribution and regional Peculiarities of Soil Erosion in Croatia, "Soil Erosion Prevention and Remediation" Workshop, US-Central and Eastern European Agro Environmental Program, 134-157, Budapest, 1992.
- Bašić, F., Butorac, A., Vidaček, Ž., Racz, Z., Ostojić, Z., Bertić, B.**, Program zaštite tala Hrvatske-Inventarizacija stanja-Trajno motrenje-Infoamacijski sustav, studija, 122, Zagreb, 1993.
- Bašić, F.**, Land resources evaluation of Croatia, Agricultural sector review, FAO, 41, Zagreb, 1993.
- Bergmann, W.**, Nutritional disorders of plants, edited by W. Bergmann, Jena, Stuttgart, New York, 741, 1992.
- Biberacher, G., Samec, F.R., Shah, K.D.** Fertilizer manufacture and EEC Environmental Activities, T A 90/10, 14, 1990.
- Feige, W., Schmalzried, R., Schugt, K.** Stoffbestand von Gartenboden, Bayerisches Staatsministerium für Landesentw. und Umweltfragen, München, 99, 1991.
- Gračanin, M., Ilijanić Lj.**, Uvod u ekologiju bilja, Školska knjiga, 318, Zagreb, 1977.
- Gračanin, Z.**, Geoökologische Bedeutung der Spurenelemente, Band I, Ruhr-Universität, Geographisches Institut, Bochum, 177, 1979.
- Gworek, B.**, Lead inactivation in soils by zeolites, Plant and Soil 143, 71- 74, 1992.
- Hanzec, A., Baglama, I.**, Kadmij u fosfatnim gnojivima i sirovim fosfatima, rukopis, INA-Petrokemija, Kutina, 6, 1991.
- Hutton, M.**, Cadmium in European Community, Chelsea College, University of London, London, 78, 1982.

- Huber, W.**, Strassenverkehr und Bodenbelastung, Agrikulturchemisches Laboratorium Laimburg, 79, 1991.
- Häni, H.**, Richtwerte für Schadstoffe des Bodens, Kongress Bodenschutz ARGE ALP, Mater. Bay. Staatsminist. für Land. und Umw. No 52, München, 157-164, 1987.
- Juritsch, G.**, Salzburger Bodenzustandinventur, Band I, Untersuchung von Hausgartenboden, 34, Salzburg, 1991.
- Komlenović, N., Mayer, B., Rastovski, P.**, Unos teških metala onečišćenim poplavnim vodama u tla nizinskih šuma istočne Slavonije, Šumarski list, br. 3-5, 131-148, Zagreb, 1991.
- Lobnik, F.**, Übersichtskarte der Bodenverunreinigung in der Gemeinde Celje, Expertentagung der gemeinsamen AG Bodenschutz, 78-125, Rotholz, 1989.
- Martinović, J., Vranković, A.**, Zagađenost tla teškim metalima i zaštita izvorišta Klokota, stručno-znanstveni skup o zaštiti rijeke Une, Sane i Korane, 110-113, Cazin, 1986.
- Mayer, B.**, Rezultati prvih istraživanja sadržaja Pb, Cd, S, i F u tlu nizinskih šuma bazena Kupčine, Šumarski list br. 1-2, 19-26, Zagreb 1987.
- Mayer, B., Pezdirc, N.**, Teški metali (Pb, Zn i Cu) u tlima nizinskih šuma sjeverozapadne Hrvatske, "Šumarski list", br. 6-8, Zagreb, 251-259, 1990.
- Prpić, B., Martinović, J., Vranković, A., Bašić, F.**, Waldschäden und Belastung der Waldböden in der SR Kroatien, Kongress Bodenschutz, Arge Alp und Alpen-Adria, München, 73-81, 1987.
- Racz, Z.**, Tlo i ekološki problemi današnjice, Poljoprivredna znanstvena smotra, Vol. 55, br. 1-2, 183-195, Zagreb, 1990.
- Racz, Z., Škorić, A., Bogunović, M., Martinović, J., Ružić, I.**, Raspoloživi podaci i mogućnosti izrade pedoloških karata rizika od kemijskih polutanata na primjeru Hrvatske, Znanst. savj. "Oštećenje zemlj. i problemi njegove zaštite", 19, Tuzla, 1991.
- Racz, Z., Bogunović, M., Martinović, J., Kvastek, K. Bognar, A.** Soil degradation and potential pollutants on Croatian coast and surrounding mountains, 18, Zagreb, 1992.
- Racz, Z.**, Značaj tla u prirodnim i agroekosustavima, Socijalna ekologija, Vol. 1, No 1, 105-118, Zagreb, 1992.
- Resulović, H.**, Uticaj tehnološkog progresa na proces oštećenja i potrošnje zemljišta, znanstveno savjetovanje Oštećenje zemljišta i problemi njegove zaštite, izvodi referata, 1-3, Tuzla, 1977.
- Ruppert, H.**, Natürliche Grundgehalte und anthropogene Anreicherungen von Schwermetallen in Boden Bayerns, GLA, Fachberichte 2, München, 97, 1987.
- Ruppert, H.**, Zur Problematik der Abschätzung anthropogener Stoffgehalte in Böden am Beispiel von Schwermetallen, GLA-Fachberichte 6, München, 37-65, 1991.
- Ruppert, H., Schmidt, F., Schmidt, R.**, Bereiche natürlicher Spurenmetallgehalte in den häufigsten Böden Bayerns, GLA, Fachberichte 5, 49-73, München, 1991.
- Seletković, Z.**, Utjecaj industrijskih polutanata na običnu bukvu u šumskim ekosistemima slavonskog gorja, Glasnik za šumske pokuse, No 27, 83-196, Zagreb, 1991.
- Vajnberger, A.**, Da li su mineralna gnojiva zagađivači okoline?, Poljoprivredne aktualnosti, Vol. 37, br. 3-4, 521-528, Zagreb, 1990.
- Varallyay, G.**, Central and Eastern European Overview, Soil Erosion Prevention and Remediation Workshop, US Central and Eastern European Agro- Environmental Program, 26-37, Budapest, 1992.

Vidaček, Ž., Racz, Z., Bašić, F., The state, current Activities and future Plans for Soil Monitoring Systems in Croatia, Workshop on Soil Monitoring Harmonization, 10 str., Budapest, 1993.

Vrbek, B., Gašparac, M., Teški metali u humusnom horizontu tala Nacionalnog parka Risnjak, znanstveno savjetovanje Oštećenje zemljišta i problemi njegove zaštite, Tuzla, 27, 1991.

XXX Bodenschutzprogramm Bayern, Bayerische Staatsregierung, 159, München, 1991.

XXX Bodenschutzkonzept Vorarlberg, Amt der Vorarlberger Landesregierung, 104, Bregenz, 1992.

Adresa autora - Author's address:

Primljeno: 25.09.1992.

Prof. dr. Ferdo Bašić

Mr. Milan Mesić

Prof. dr. Anđelko Butorac

Agronomski fakultet,

Zavod za opću proizvodnju bilja

Zagreb, Svetošimunska c. 25