

Porazdelitev slednih prvin v treh kraških talnih profilih v Sloveniji

Trace element distribution in three karst soil profiles from Slovenia

Mateja GOSAR

Geološki zavod Slovenije, Dimičeva ul. 14, 1000 Ljubljana, Slovenija
e-mail: mateja.gosar@geo-zs.si

Ključne besede: kraška tla, sledne prvine, geokemija, Slovenija

Key words: karst soil, trace elements, geochemistry, Slovenia

Izvleček

Na krasu smo v treh globokih profilih v tipičnih kraških žepastih tleh t.i. jerovice ali »terre rosse« obravnavali vsebnosti slednih prvin. Skupno smo analizirali 45 vzorcev iz različnih globin. Rezultati kažejo, da vsebnosti Mo, Ni, As, V, Hg, Sb, Bi, U, Cu, Li, Cr, Co v obravnavanih profilih močno presegajo slovensko povprečje. Vsebnosti Pb, Zn in Sb so na nivoju slovenske mediane. Ba, Sr in Mn pa je v obravnavanih tleh nekoliko manj kot v povprečnih slovenskih tleh. Vrednosti povprečnega količnika obogatitve obravnavanih profilov glede na slovensko mediano so izrazito najvišje za molibden. V profilu Pliskovica znaša kar 31, v drugih dveh okoli 5. Tudi pri živem srebru, uranu in delno niklju obogatitveni količnik profila Pliskovica za več kot faktor 2 presega druga dva. Večina obravnavanih slednih prvin kaže trend naraščanja z globino. V zgornjem delu profilov, v tako imenovanem A horizontu, je izrazito manj slednih prvin, v talnem žepu pa so vsebnosti močno povišane.

Abstract

In the karstic area in three deep soil profiles in typical karst pockets of the so called terra rossa the trace element contents were considered. In total 45 samples were collected at various depths. Results show that Mo, Ni, As, V, Hg, Sb, Bi, U, Cu, Li, Cr and Co contents in profiles considerably exceed the Slovenian averages. Pb, Zn and Sb contents are on the level of Slovenian median values. Contents of Ba, Sr and Mn in considered soils are slightly lower of the Slovenian soil averages. The value of mean enrichment factors in profiles with respect to Slovenian median values is by far the highest for molybdenum. In the Pliskovica profile it amounts to 31, and in the other profiles to around 5. Also for mercury, uranium and in part nickel the enrichment factor in the Pliskovica profile is more than twice as high as in other two profiles. Most considered trace element contents show an increasing tendency with depth. In the upper part of profiles, in the A horizon, the trace element contents are lower, and in the soil pocket distinctly increased.

Uvod

Na apnencih in dolomitih opazamo kraške pojave, zato se pogosto uporablja za ta področja izraz »kras«. Kras je delo vode, ki že milijone let in tudi še zdaj oblikuje njegovo podobo v kamnu. Ta je v znatni meri odvisna od lastnosti kamnine. Kamnini na krasu v Sloveniji sta skoraj v celoti samo dve: apne-

nec in dolomit. Pri obeh so velike razlike v trdnosti, zrnatosti, plastovitosti, razpokanosti, čistosti, vsebnosti magnezijevega karbonata in debelini plasti. Vpliv kamnine na zakrasedanje se izraža predvsem prek stopnje vodne prepustnosti (Gams, 2004).

V pasu, ki je med kraškim površjem in nižjim z vodo prežetim pasom, prenika površinska voda pretežno navzdol. Ker ne za-

polnjuje vseh medsebojno povezanih praznih prostorov, govorimo o zračnem, aera-cijskem pasu. Ločimo vrhnji epikraški sloj, tj. navadno stik tal in kamnine, kjer se preperina zajeda med skalo v obliki žepov, jaškov in špranj zapolnjenih z ilovico. Sestavo epikraškega sloja vidimo v kamnolomih, ob cestnih usekih in drugih odkopih za gradnje, globokih od nekaj metrov do deset in več. Njegova raznolikost je velika in je odvisna od lastnosti in tektonske pretrtosti spodaj ležeče kamnine.

Vprašanje kemične sestave tal v epikraškem sloju je pomembno, saj se skozenj pre-taka voda s površja do spodaj ležečih jam. Na tej poti pride do kemičnega raztapljanja, naraščanja trdote vode in morebitnega one-snaževanja.

Tla na krasu

Tla nastajajo ob preperevanju litosfe-re zaradi medsebojnega delovanja glavnih pedogenetskih faktorjev: matične podla-ge, podnebja, reliefa, časa in organizmov (Čirić, 1986). Matična podlaga daje osnovo, iz katere sestojijo tla. Na apnencih in dolomi-tih so iz tal že na začetku odstranjeni skoraj vsi karbonatni minerali oz. kalcijevi in mag-nezijevi ioni, zato je na teh kamninah matič-na osnova pravzaprav netopni ostanek. Ker nastajajo opisana tla na apnencih in dolomi-tih z 1 do 2 % netopnega ostanka, je bilo po-trebno dolgo obdobje, da so se ta tla razvila. V dolgem časovnem obdobju nastajanja tal so bila tla lahko tudi pod vplivom eolskega nanašanja, zato je del talne osnove lahko tudi eolskega izvora.

Nastanek terre rosse in na splošno tal na zelo čistih apnencih in dolomitih je tudi v svetovnem merilu še nerešeno vprašanje. Znanstveniki se še vedno niso poenotili gle-de vprašanja o alohtonosti ali avtohtonosti matičnega materiala. Močno je razširjena teorija, da se je terra rossa razvila na ne-topnem ostanku spodaj ležečih karbonatnih kamnin. Druga teorija pa pravi, da je vpliv netopnega ostanka močno zmanjšan zaradi alohtonih vnosov (eolski nanosi, vulkanski pepel itd.) (Durn, 2003). Prevladuje mne-nje, da so to reliktna poligenetskega tla, ki so nastala v terciarju in/ali v toplih obdobjih kvartarja (Bronger & Bruhn-Lobin, 1997 in Altay, 1997 v Durn, 2003). Nekateri avtorji (Verheye & Stoops, 1973 v Durn, 2003) so uspeli dokazati, da rdeča tla nastajajo tudi danes na ozemljih, ki imajo dolo-

čene podnebne karakteristike (na primer v Libanonu).

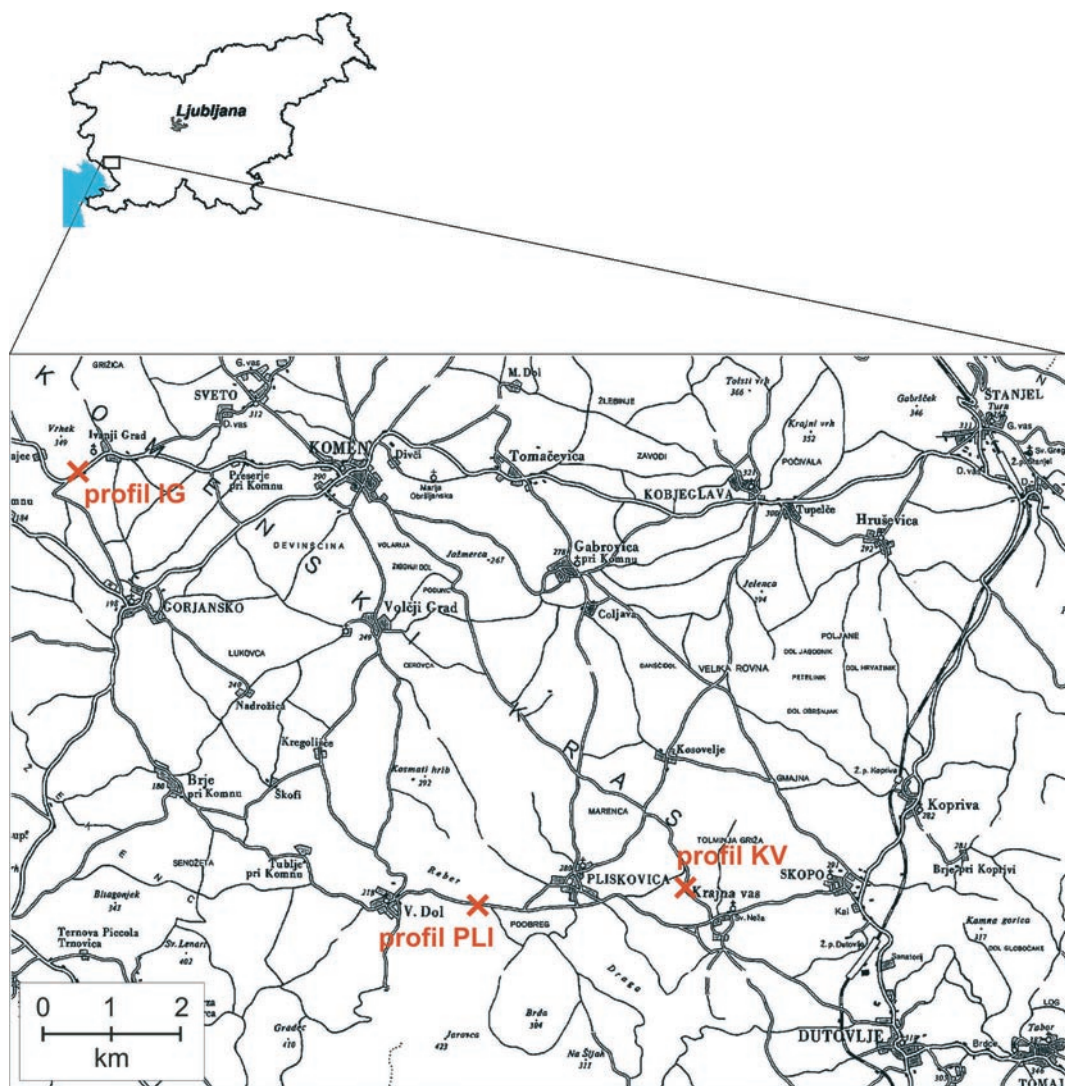
V karbonatnih kamninah prevladujejo minerali kalcit, dolomit, magnezit, aragonit in organski skeleti iz kalcita in aragonita, kot primesi pa kremen, glinenci, kalcedon, anhidrit, limonit, pirit, glavkonit itd. Že-lezove primesi ponekod obarvajo kamnino rjavkasto in rdečkasto, bituminozne pa tem-no rjavo. Netopnih ostankov je v obravna-vanih apnencih le do 2 %. Toda to velja za trdno kamnino. V karbonatnih kamninah se nahajajo tudi vložki iz netopnih peščenih, ilovnatih in glinastih sedimentov. Ti so, po-tem ko so karbonati raztopljeni, osnova za nastanek tal. V tleh prevladujejo kremen, minerali glin, limonit, hematit in sljude. (Gregorič, 1969).

Po Škoriću (1986) sodi jerovica oz. terra rossa med avtomorfna, kambična tla z zna-čilnimi talnimi horizonti A–(B)–C. Zanj je značilna rdeča obarvanost (B) horizonta zaradi prisotnosti hematita. Osnovni speci-fični pedogenetski proces za *terro rosso* je rubifikacija. Pomembno pri rubifikaci-ji je, da pride do dehidracije in kristali-zacije železovih oksidov, ki so adsorbirani na površini mineralov glin, ki nastajajo iz apnenca kot netopni ostanek. Tako krista-lizira hematit, ki tla obarva značilno rdeče (Čirić, 1986; Škorić, 1977; Durn, 2003). Za ta proces je potrebno dovolj dolgo vlaž-no in toplo obdobje, ki omogoči hitro izpi-ranje karbonatov in akumulacijo netopnega ostanka ter tudi suho obdobje, da se lahko izvrši dehidracija. Tudi vsebnost organske snovi ima pomembno vlogo pri nastajanju teh tal. Če je na voljo dovolj organske sno-vi, nastajajo organokovinski kompleksi, iz katerih se s počasno biodegradacijo izloča železo in kristalizira goethit, ki daje tlem rjavo barvo. Če ni na voljo dovolj organske snovi nastaja kriptokristalni ferihidrid, ki hitro prehaja v hematit značilne rdeče bar-ve (Čirić, 1986).

Opis raziskanih profilov

Na Tržaško-komenski planoti smo ugo-tavljali geokemično sestavo žepastih kra-ških tal v treh profilih, katerih lokacije pri-kazuje slika 1.

Profil Pliskovica je lociran ob cesti Pli-skovica–Veliki Dol (slika 2). Leži na meji apnencev in dolomitov Brske formacije, ki je razvita med Divaškim prelomom in slo-



Slika 1. Lokacije obravnavanih profilov

Figure 1. Locations of karst soil profiles

vensko-italijansko mejo in sodi stratigrafsko v spodnjo kredo (aptij) (Jurkovšek et al., 1996). Jurkovšek in sodelavci (1996) so ugotovili, da med diagenetske značilnosti te formacije sodi dolomitizacija in tudi pojav do 0,2 mm velikih avtigenih kremenovih kristalov in drobnih piritnih framboidov. Profil smo vzorčili do globine 100 cm.

Kilometer severno od naselja Krajna vas smo vzorčili 110 cm globok profil z oznako Krajna vas (slika 3). Leži na apnencih Sežanske formacije, ki stratigrafsko sodi v zgornjo kredo (zgornji turonij in spodnji

santonij) (Jurkovšek et al., 1996). Olivno siv apnenec je tu večinoma plastovit.

Zahodno od Komna pri naselju Ivanji grad smo vzorčili istoimenski profil, ki je segal 170 cm globoko. Tudi profil Ivanji grad leži na zgornjekrednih apnencih turonijske starosti (Buser, 1964).

V profilih Pliskovica in Krajna vas sega A horizont nekako do globine 25 cm, v profilu Ivanji grad pa je domnevno prišlo do premešanja materiala in zato menimo, da je material, ki ustreza A horizontu nakopičen do globine 45 cm, sledi kraški žep.



Slika 2. Profil kraških tal na lokaciji Pliskovica
Figure 2. Karst soil profile from location Pliskovica



Vzorčenje tal in analitika

Vzorčenje tal je potekalo julija 2006. Profile smo vzorčili z brazdo v 10 cm intervalih. Celotni tako zbrani vzorec je tehtal približno en kilogram. Laboratorijska obdelava vzorcev je obsegala sušenje pri temperaturi 30 °C in drobljenje sprijetih grud, ne pa skeleta, v keramični terilnici. S suhim sejanjem smo pridobili frakcijo manjšo od 2 mm; to smo potem zmelili v ahatnem krogljčnem mlinu in dodatno presejali na situ z odprtini 0,125 mm.

Kemična analiza vzorcev tal je bila opravljena v laboratoriju ACME Analytical Laboratories Ltd. v Vancouvru v Kanadi. Za kemične prvine razen Hg je bila uporabljena plazemska emisijska spektrometrija (ICP) po štirikislinskem razkroju (HClO_4 , HCl , HF in HNO_3) pri temperaturi 200 °C. V vzorcih so bile tako določene vsebnosti As, Ba, Bi, Co, Cr, Cu, Li, Mn, Mo, Ni, Pb, Sb, Sn, Sr, U, V, in Zn. Za določitev vsebnosti Hg je bilo

Slika 3. Profil kraških tal na lokaciji Krajna vas
Figure 3. Karst soil profile from location Krajna vas

vzorec – sample	As	Ba	Bi	Co	Cr	Cu	Li	Mn	Mo	Ni	Pb	Sb	Sn	Sr	U	V	Zn	Hg
IG 80–90	36	3	1.1	25.3	125.3	45.3	83.0	259	3.4	102.7	38.3	1.7	4.1	30	3.2	198	110	0.133
IG 80–90 R	35	4	1.2	25.9	140.3	45.9	85.0	286	3.4	104.5	43.1	1.9	4.5	39	3.3	204	114	0.155
rel. razlika v % rel.difference in %	3	29	8.7	2.3	11.3	1.3	2.4	10	0	1.7	11.8	11.1	9.3	26	3.1	3	4	15
KRV 30–40	41	5	1.3	27.7	246.4	63.5	102.0	436	4.8	181.2	46.5	2.6	5.0	37	4	359	188	0.142
KRV 30–40 R	40	6	1.2	25.9	248.5	61.8	101.3	442	4.5	177.2	48.4	2.8	5.0	48	3.9	367	156	0.145
rel. razlika v % rel.difference in %	2	18	8.0	6.7	0.8	2.7	0.7	1	6.5	2.2	4.0	7.4	0	26	2.5	2	7	2
PLI 50–60	61	11	0.9	56.4	172.1	73.5	118.0	272	32.6	255.5	46.7	5.2	6.1	52	8.6	390	143	0.320
PLI 50–60 R	59	10	1.0	58.4	169.6	77.2	117.0	274	32.8	261.6	46.4	5.0	6.1	51	8.9	414	150	0.329
rel. razlika v % rel.difference in %	3	10	10.5	3.5	1.5	4.9	0.9	1	0.6	2.4	0.6	3.9	0	2	3.4	6	5	3
povp. rel. raz. v % av. rel. diff. in %	3	19	9	4	5	3	1	4	2	2	5	7	3	18	3	4	5	7

Tabela 1. Relativne razlike med dvojicami analiz za isti vzorec (vsebnosti prvin v mg/kg)
Table 1. Relative differences between two duplicates (element contents in mg/kg)

standard GXR-6	As	Ba	Bi	Co	Cr	Cu	Li	Mn	Mo	Ni	Pb	Sb	Sn	Sr	U	V	Zn	Hg
ponovitev 1	313	1241	0.2	13.2	72.7	67.1	37.0	1033	2.6	22.0	102.0	2.9	1.4	34	1.3	194	130	0.058
ponovitev 2	321	1264	0.2	14.0	76.0	72.6	37.0	1080	2.2	22.6	109.4	2.9	1.4	36	1.3	200	138	0.073
ponovitev 3	332	1211	0.2	13.4	78.2	72.9	36.3	1096	2.2	22.3	103.7	2.5	1.4	39	1.3	196	135	0.076
povp. pon.	322	1239	0.2	13.5	75.6	70.9	36.8	1070	2.3	22.3	105.0	2.8	1.4	36	1.3	197	134	0.069
prip. vrednost (P)	330	1300	0.3	14.0	96.0	105.0	32.0	-	2.4	22.0	101.0	3.8	1.7	35	1.5	186	120	0.068
razmerje v %	98	95	69	97	79	67	115	97	101	104	73	82	104	87	106	112	101	

Tabela 2. Ponovitve analiz standarda GXR-6, povprečna vrednost in razmerje s priporočeno vrednostjo
Table 2. Three analyses of standard GXR-6, mean contents and ratios with standard values

0,5 g vzorca prelito s 3 ml zlatotopke (mešanica kislin HCl, HNO₃ in H₂O v razmerju 3 : 1 : 2), eno uro segrevano na 95 °C in potem razredčeno do 100 ml z destilirano vodo. V raztopini je bila določena vsebnost Hg z neplamensko AAS. Vzorce in naključno izbrane dvojnice ter geološki standard GXR-6 (Epstein, 1990) so v laboratoriju analizirali po naključnem zaporedju.

Natančnost analitike predstavlja mero ponovljivosti določanja nekega parametra v istem vzorcu ne glede na odstopanje od resnične vrednosti (Rose et al., 1979). Nekatere naključno izbrane vzorce smo podvojili in jih dali po naključnem vrstnem redu v analizo. Izračunana je bila vrednost **d** v odstotkih, ki predstavlja relativno razliko dvojic analiziranih določitev (Blejec, 1976). Večja je relativna razlika, večja je analizna napaka oz. slabša je natančnost analitike. Relativna razlika 67 % pomeni, da je vrednost prvine v enem vzorcu dvakrat večja kot v vzporednem vzorcu, 100 % pa pomeni trikrat večjo vrednost. Pri obravnavanih prvinah so relativne razlike pri analiziranih prvinah manjše od 10 %, nekoliko višja je relativna razlika le pri bariju (19 %) in stronciju (18 %) (tabela 1).

Pravilnost ali točnost analitike smo ocenili z razliko med analitsko vrednostjo prvine v vzorcu in njeno dejansko vrednostjo. Primerjali smo analitske vrednosti standarda GXR-6 s priporočenimi vrednostmi (Abbey, 1983). Standard je bil pod laboratorijskimi številkami naključno porazdeljen med ostale vzorce in 3-krat analiziran. V tabeli 2 so navedene analizirane vrednosti, njihova aritmetična sredina, priporočene vrednosti in razmerja med aritmetično sredino ponovitev analiz in priporočenimi vrednostmi. Tako izračunana razmerja so pravzaprav popravni količnik, s katerim bi morali deliti analizirane vrednosti, da bi dobili prave. Analizne vrednosti se dobro prilegajo priporočenim saj so odstopanja manjša od 30 %. Zato lahko ugotovimo, da sta natančnost in točnost uporabljene analitske metode zadovoljivi.

V nadaljnjih izračunih, slikah in v tabelah smo uporabili za vzorce, ki so bili po dvakrat analizirani, aritmetično sredino obeh določitev.

Rezultati in diskusija

Osnovne statistike obravnavanih profilov so prikazane v tabeli 3, porazdelitev nekaterih prvin v profilih na slikah 4 do 7, vrednosti povprečnega količnika obogatitve obra-

vanih profilov glede na slovensko mediano pa so predstavljeni na sliki 8.

V profilu Pliskovica znaša mediana arzena 46 mg/kg, v profilu Krajna vas 40 mg/kg in v profilu Ivanji grad 36 mg/kg. Opazovane vsebnosti pa nihajo od 25 do 60 mg/kg (tabela 1). Glede na Uredbo o mejnih vrednostih nekaterih težkih kovin v tleh (Uradni list RS 68/96), lahko ugotovimo, da vsebnost arzena v vseh vzorcih presega mejno vsebnost, ki znaša 20 mg/kg (Uradni list RS 68/96). V spodnjih delih profilov pa je presežena tudi opozorilna vsebnost. Kritična vrednost (55 mg/kg) je presežena le v vzorcu z globine 55 cm v profilu Pliskovica. V vseh treh profilih se vsebnost arzena v spodnjih delih profila zviša (slika 4). Tako lahko ugotovimo, da je v talnih žepih arzen obogaten. Mediane profilov za 2,5 do 3,3 krat presegajo slovensko povprečje (14 mg/kg; Šajn, 2003) in še bolj presegajo mediano za evropska tla, ki znaša 6 mg/kg (Salminen et al., 2005). Razlike z evropskim povprečjem so večje kot s slovenskim, ker Slovenijo večinoma pokrivajo karbonatne kamnine, ki so v evropskem merilu v podrejenem položaju.

Mediana za kobalt je v profilu Pliskovica 30,5 mg/kg, Krajna vas 21,2 mg/kg in Ivanji grad 26,3 mg/kg. Vsebnosti nihajo od 16,9 do 64,8 mg/kg. Mediani za slovenska tla (16 mg/kg; Šajn, 2003) in evropska tla (8,9 mg/kg; Salminen et al., 2005) sta tako preseženi v vseh vzorcih. Obogatitveni količnik je največji v profilu Pliskovica (1,9) (slika 8).

Na podlagi raziskanih vzorcev znašajo mediane kroma v profilu Pliskovica 163,2 mg/kg, Krajna vas 228 mg/kg in Ivanji grad 138,3 mg/kg. Mediane vseh profilov presegajo slovensko povprečje (91 mg/kg; Šajn, 2003). Obogatitveni količnik je največji v profilu Krajna vas (2,5) (slika 8).

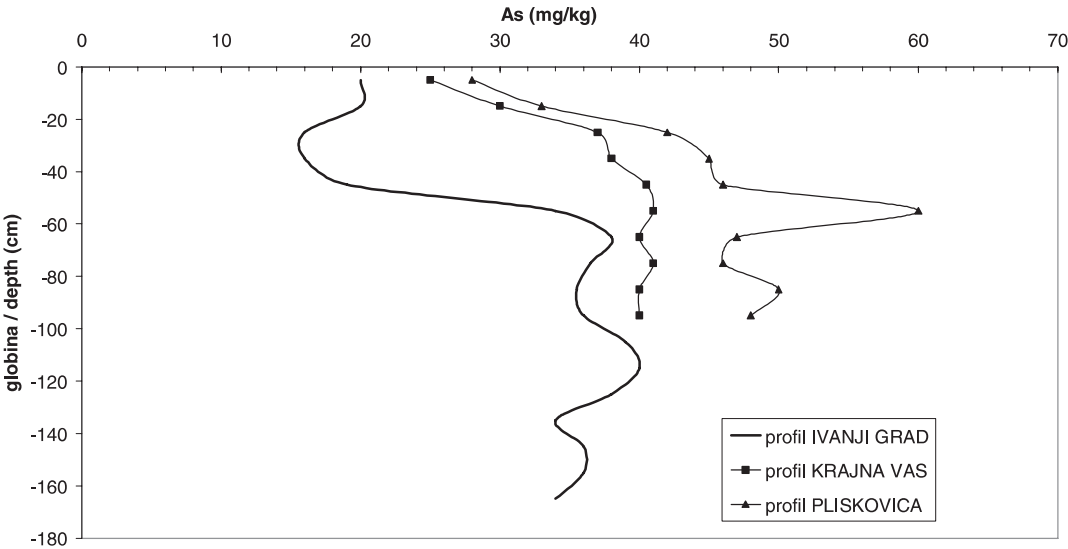
Tudi vsebnosti bakra so najvišje v profilu Pliskovica, kjer znaša mediana 74,3 mg/kg in obogatitveni količnik glede na slovensko mediano 2,4. Mediana v profilu Krajna vas je 63 mg/kg in v profilu Ivanji grad 50,1 mg/kg.

Mediana za živo srebro je v profilih Pliskovica 0,291 mg/kg, Krajna vas 0,131 mg/kg in Ivanji grad 0,129 mg/kg. Tudi živo srebro je v profilu Pliskovica zelo obogateno, saj ga je 2,5 krat več kot v drugih dveh profilih. V vseh profilih vsebnost živega srebra v talnih žepih naraste za približno faktor 2 glede na zgornji horizont (slika 5).

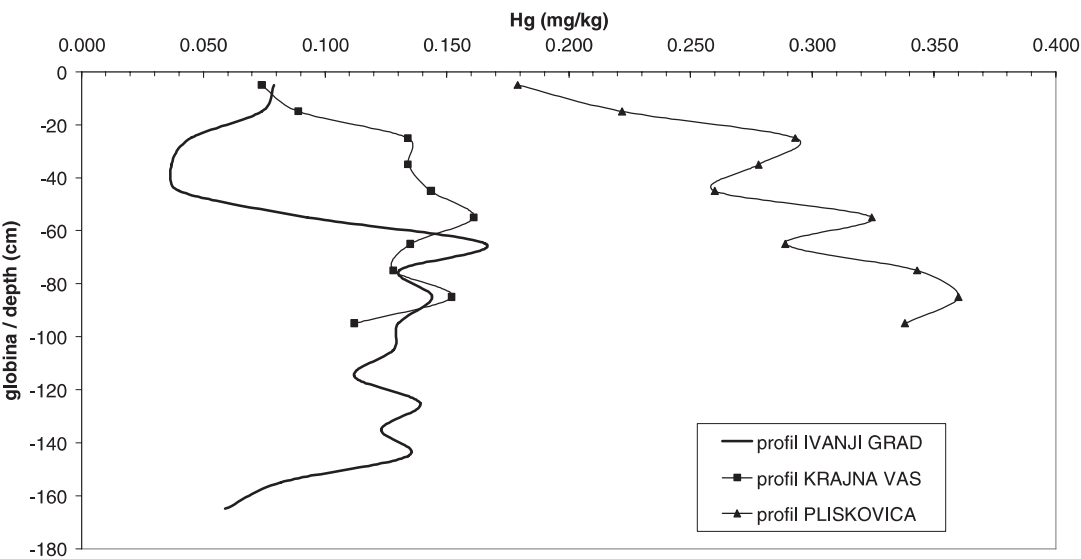
	profil PLISKOVICA				profil KRAJNA VAS				profil IVANJI GRAD				SLO	Europe
	Md	min	max	SD	Md	min	max	SD	Md	min	max	SD	Md	Md
As	46	28	60	9	40	25	41	5	36	34	40	2	14	6.02
Ba	172	118	236	43	196	154	219	22	190	178	240	19	358	385
Bi	1.0	0.7	1.2	0.2	1.2	0.7	1.3	0.2	1.1	0.9	1.3	0.1	0.4	<0,5
Co	30.5	16.9	64.5	16.2	21.2	18.6	26.8	2.7	26.3	23.3	64.8	13.0	16	8.97
Cr	163.2	87.9	170.9	26.4	228.0	160.0	247.5	29.0	138.3	130.7	155.5	8.2	91	62
Cu	74.3	43.4	77.3	12.1	63.0	42.7	67.6	8.2	50.1	45.6	55.1	3.2	31	13.9
Hg	0.291	0.179	0.360	0.057	0.131	0.074	0.025	0.025	0.129	0.059	0.166	0.029	0.065	0.022
Li	112.1	66.5	119.9	17.1	98.1	61.5	105.5	13.7	89.3	84.0	96.1	3.9	50	/
Mn	259.5	191.5	558.0	146.7	484.5	339.0	671.0	123.9	303.5	208.0	525.0	97.6	1054	740
Mo	24.8	17.1	32.7	4.8	4.3	3.4	5.0	0.5	3.6	3.2	3.9	0.2	0.8	0.52
Ni	195.9	111.6	258.6	44.2	175.3	102.7	180.4	26.2	114.1	101.7	129.2	9.6	50	21.8
Pb	46.0	39.6	49.9	3.3	43.8	41.4	52.2	3.4	42.5	36.1	47.1	3.4	42	17.2
Sb	3.6	2.6	5.1	0.7	3.6	2.6	2.8	0.7	1.9	1.7	2.2	0.1	1.1	0.47
Sn	5.8	3.6	6.1	0.9	2.6	2.0	5.4	0.2	4.3	3.8	4.8	0.3	3.1	3
Sr	45	41	52	3	42	36	94	17	30	27	36	3	77	95
U	8.6	5.2	9.5	1.3	3.5	2.1	4.4	0.6	3.3	2.8	3.7	0.3	2.2	2.03
V	340.5	155.0	402.0	72.0	333.0	200.0	363.0	50.9	210.8	191.0	236.0	13.2	102	62.8
Zn	145.8	97.0	153.0	18.8	163.5	116.0	172.0	19.6	114.5	98.0	127.0	8.5	124	47

Tabela 3. Mediane in razponi vsebnosti prvin (mg/kg) v profilih Pliskovica, Krajna vas in Ivanji grad in mediani za Slovenijo (Šajn, 2003) in Evropo (Salminen et al., 2005)

Table 3. Medians and ranges of elements (mg/kg) in profiles Pliskovica, Krajna vas, Ivanji grad and medians for Slovenia (Šajn, 2003) and Europe (Salminen et al., 2005)



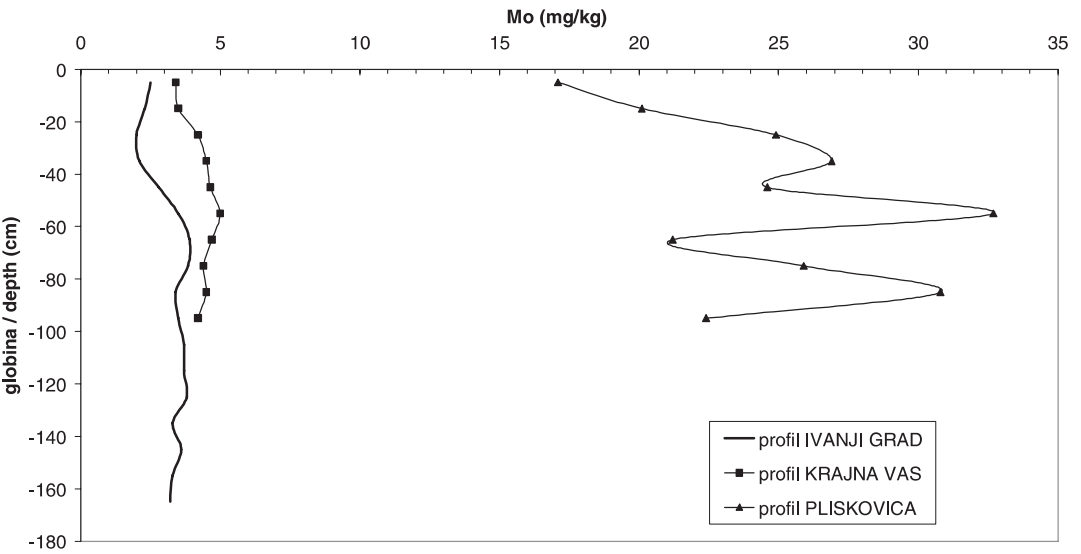
Slika 4. Vsebnosti arzena v profilih Pliskovica, Krajna vas in Ivanji grad
Figure 4. As contents in profiles Pliskovica, Krajna vas and Ivanji grad



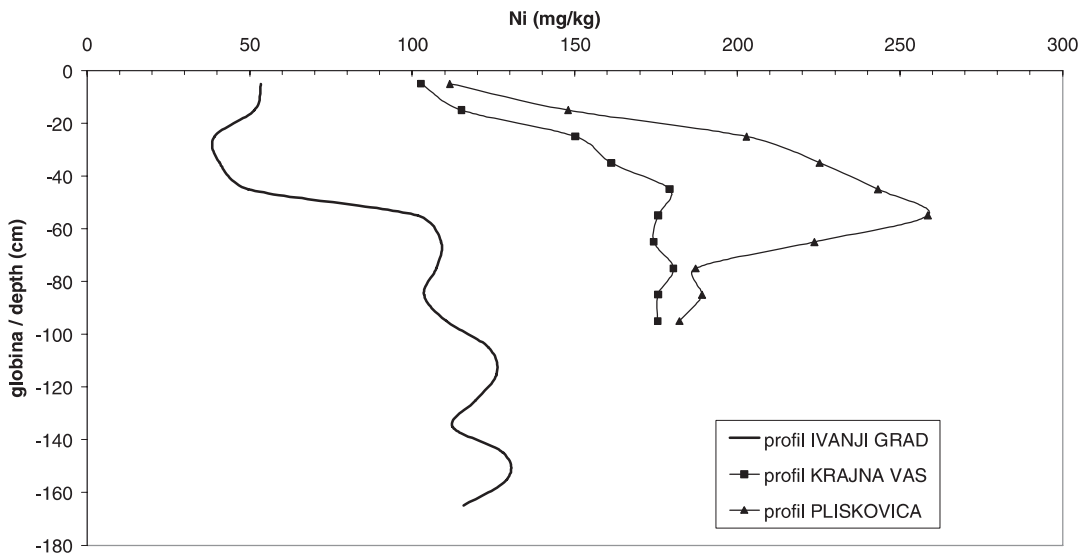
Slika 5. Vsebnosti živega srebra v profilih Pliskovica, Krajna vas in Ivanji grad
Figure 5. Hg contents in profiles Pliskovica, Krajna vas and Ivanji grad

Vsebnosti molibdena so v obravnavanih profilih glede na slovensko povprečje močno povišane. Mediana profila Pliskovica znaša kar 24,8 mg/kg in za 31 krat presega slovensko povprečje (0,8 mg/kg) (sliki 6 in 8). Tudi mediani profilov Krajna vas (4,3 mg/kg) in Ivanji grad (3,6 mg/kg) sta glede na slovensko povprečje povišani. Visoke vrednosti molibdena v tleh pri Pliskovici so zanimive

in kažejo na nekoliko drugačen izvorni material ali druge vplive kot pri profilih Krajna vas in Ivanji grad. Njegov izvor bo potrebno dognati z nadaljnjimi raziskavami. Zanimivo je, da so, tudi glede na navedbe v literaturi (Adriano, 1986), v profilu Pliskovica nenavadno visoke vrednosti Mo za tla na neonesnaženih območjih in da njegove vsebnosti v omenjenem profilu presegajo tudi



Slika 6. Vsebnosti molibdena v profilih Pliskovica, Krajna vas in Ivanji grad
Figure 6. Mo contents in profiles Pliskovica, Krajna vas and Ivanji grad

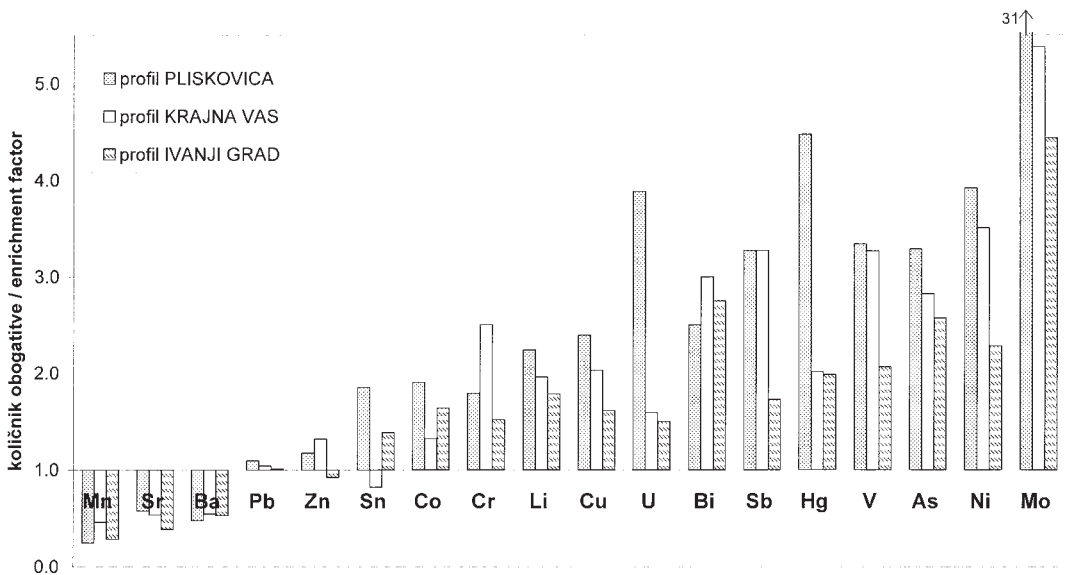


Slika 7. Vsebnosti niklja v profilih Pliskovica, Krajna vas in Ivanji grad
Figure 7. Ni contents in profiles Pliskovica, Krajna vas and Ivanji grad

mejno vrednost za tla, ki znaša 10 mg/kg (Uradni list RS 68/96).

Tudi vsebnosti niklja so visoke. Mediana profila Pliskovica znaša 196 mg/kg, Krajna vas 175 in Ivanji grad 114 mg/kg. Vse mediane močno presegajo slovensko povprečje, ki znaša 50 mg/kg. Zanimivo je, da je tudi mejna vsebnost glede na slovensko zakono-

dajo postavljena na 50 mg/kg in opozorilna na 70 mg/kg (Uradni list RS 68/96). Torej so vsebnosti v vseh obravnavanih profilih nad opozorilno vrednostjo, v spodnjem delu profila Pliskovica pa presegajo celo kritično vsebnost (210 mg/kg) (slika 7). Pri tem naj opozorimo, da smo mnenja, da na lokacijah profilov ni opaznejšega antropogenega vpli-



Slika 8. Povprečni količniki obogatitve prvin v profilih Pliskovica, Krajna vas in Ivanji grad
Figure 8. Average enrichment factors of elements in profiles Pliskovica, Krajna vas and Ivanji grad

va, torej je povišanje naravno pogojeno. V vseh treh profilih se vsebnosti niklja z globino povečujejo. V talnem žepu je vsebnost niklja povprečno 2 krat višja kot v A horizontu (slika 7).

Na podlagi raziskanih vzorcev znaša mediana svinca v profilu Pliskovica 46 mg/kg, Krajna vas 43,8 in Ivanji grad 42,5 mg/kg. Mediana za slovenska tla znaša 42 mg/kg in zelo ustreza ugotovljenim vsebnostim v profilih. Tudi vsebnosti cinka so v mejah slovenskega povprečja; od 97 do 153 mg/kg, z medianami, ki so blizu slovenski, ki znaša 124 mg/kg.

Razvoj in sestavo tal na karbonatnih kamninah so raziskovali tudi Pirc in sodelavci (1991). Primerjava z našimi rezultati pokaže, da so tudi oni določili nekoliko povišane vsebnosti Cr, Ni in V glede na slovensko povprečje. Povišanja pa niso tako izrazita kot v tu opisanih tleh. Hg, As in Mo niso določali.

Kemično sestavo tal na kraških terenih v sosednji Hrvaški in na Slovaškem so obravnavali Miko in sodelavci (2003). Na Hrvaškem so v tleh v Istri ugotovili povišane vsebnosti Cr, Ni, V, Mn, Cu, Cd in Mo. Na splošno so ugotovili, da imajo tla na karbonatnih terenih več As, Co, Cu, Pb, Ni, Mn, Th, V, Cr, Zn, Zr in Nb kot tla na nekarbonatnih terenih. To se dobro sklada z našimi rezultati, ki tudi kažejo višje vsebnosti Mo, Ni, As, V, Hg, Sb, Bi, U, Cu, Li, Cr in Co glede na slovensko in evropsko povprečje. Na Hrvaškem in Slovaškem so pripisali povišane vsebnosti Pb, Hg, As in Cd zračnim vplivom, ker so te težke kovine nekoliko povišane v A horizontu. Ker se v našem primeru vsebnosti slednih prvin z globino povečajo, le-teh ne moremo pripisati recentnim zračnim vplivom, lahko pa so na njihove vsebnosti vplivali zračni depoziti v dolgi zgodovini nastajanja teh tal.

Zahvala

Za pomoč pri delu na terenu sem hvaležna Tamari Teršič. Raziskavo je financirala Agencija za raziskovalno dejavnost RS.

Literatura

- Abbey, S. 1983: Studies and standards samples of silicate rocks and minerals 1969–1982. – Geological Survey of Canada, Paper 83–15, 114 pp., Ottawa.
- Adriano, D.C. 1986: Trace elements in the terrestrial environment. – Springer-Verlag, 533 pp., New York, Berlin, Heidelberg, Tokyo.
- Blejec, M. 1976: Statistične metode za ekonomiste. – Ekonomska fakulteta, Univerza v Ljubljani, 687 str., Ljubljana.
- Buser, S. 1964: Osnovna geološka karta SFRJ 1 : 100.000, list Gorica. – Zvezni geološki zavod, Beograd.
- Čirić, M. 1986: Pedologija. – SOUR Svjetlost; 312 pp., Sarajevo.
- Durn, G. 2003: Terra rossa in the Mediterranean Region: parent materials, composition and origin. – *Geologia Croatica*, 56/1, 83–100, Zagreb.
- Epstein, M. S. 1990: Report of analysis. – U.S. Department of commerce, National institute of standards and technology, 16 pp., Gaithersburg, Maryland.
- Gams, I. 2004: Kras v Sloveniji v prostoru in času. – Založba ZRC, 515 pp., Ljubljana Gregorič, V. 1969: Nastanek tal na triadnih dolomitih (Soil formation on the triassic dolomites). – *Geologija*, 12, 201–230, Ljubljana.
- Jurkovšek, B., Toman, M., Ogorelec, B., Šribar, L., Drobne, K., Poljak, M. & Šribar, Lj. 1996: Formacijska geološka karta južnega dela Tržaško-komenske planote 1 : 50.000: kredne in paleogenske karbonatne kamnine (Geological map of the southern part of the Trieste–Komen Plateau: Cretaceous and Paleogene carbonate rocks). – Ljubljana: Institut za geologijo, geotekniko in geofiziko, 143 pp., Ljubljana.
- Miko, S., Durn, G., Adamcova, R., Čović, M., Dubikova, M., Skalsky, R., Kapelj, S & Ottner, F. 2003: Heavy metal distribution in karst soils from Croatia and Slovakia. – *Environmental Geology*, 45, 262–272, Berlin.
- Pirc, S., McNeal, M.J., Lenarčič, T., Prohić, E. & Svrkota, R. 1991: Geochemical mapping on carbonate terrain. – *Applied Earth Science*, 100, 74–83.
- Rose, A. W., Hawkes, H.E. & Webb, J.S. 1979: Geochemistry in mineral exploration. – Academic Press, 656 pp., London, New York, Toronto, Sydney, San Francisco.
- Salminen R., Batista, M. J., Bidovec, M., Demetriades, A., De Vivo, B., De Vos, W., Duris, M., Gilucis, A., Gregorauskiene, V., Halamić, J., Heitzmann, P., Lima, A., Jordan, G., Klaver, G., Klein, P., Lis, J., Locutura, J., Marsina, K., Mazreku, A., O'Connor, P., Olsson, S. A., Ottesen, R.T., Petersell, V., Plant, J., Reeder, S., Salpeteur, I., Sandström, H., Siewers, U., Steenfelt, A. & Tarvainen, T. 2005: Geochemical atlas of Europe. Part 1, Background information, methodology and maps. – Espoo: Geological Survey of Finland, 525 pp.
- Škorić, A. 1977: Tipovi naših tala. – Sveučilišna naklada Liber, 134 pp., Zagreb.
- Uradni list RS, 1996: Uredba o mejnih, opozorilnih in kritičnih imisijskih vrednostih nevarnih snovi v tleh. – Uradni list Republike Slovenije, 68/96, 5773–5774, Ljubljana.