

Geokemične raziskave tal in podstrešnega prahu na območju Litije

Geochemical research of soil and attic dust in Litija area, Slovenia

Mateja JEMEC & Robert ŠAJN

Geološki zavod Slovenije, Dimičeva ulica 14, Ljubljana, Slovenija

mateja.jemec@geo-zs.si, robert.sajn@geo-zs.si

Ključne besede: geokemija, onesnaženje, tla, podstrešni prah, težke kovine, Litija, Slovenija

Key words: geochemistry, pollution, soil, attic dust, heavy metals, Litija, Slovenia

Izvleček

Geokemične raziskave okolja na območju Litije so potekale v sklopu raziskav obremenjenosti okolja s težkimi kovinami, ki so posledica rudarjenja in topilništva v preteklosti. Vzorčili smo podstrešni prah in zgornji sloj tal (0–5 cm) z namenom ločevanja naravne porazdelitve prvin od antropogenega povzročenega stanja, zaradi delovanja rudnika Sitarjevec in topilnice svinca Litija v preteklosti. Na podlagi kemičnih analiz smo opredelili dve bistveni geokemični združbi in njihovi prostorski porazdelitvi. Prva ima svoj izvor v naravnem ozadju (Al, Co, Ce, K, La, Li, Nb, Rb, Sc, Ta, Th in Ti), druga pa predstavlja antropogeno vnesene prvine (As, Cd, Hg, Pb, Sb, Sn in Zn).

Abstract

Geochemical research was carried as part of the environmental research project at the Geological Survey of Slovenia. The aim of the project was to determine the impact on the environment caused by heavy metals released in the environment during mining and smelting activity in the area of Litija. The samples of attic dust and soil (0–5 cm) were examined with the view to separate the natural distribution of chemical elements in the environment from the one caused by past mining and smelting activities. Based on chemically analyses we determine two main geochemical associations and their spatial distribution. First geochemical association (Al, Co, Ce, K, La, Li, Nb, Rb, Sc, Ta, Th in Ti) is influenced mainly by natural source, the second man-made association (As, Cd, Hg, Pb, Sb, Sn in Zn) is caused mainly because of mining and lead smelting.

Uvod

Namen geokemičnih raziskav na območju Litije je bil ugotoviti onesnaženost okolja s težkimi kovinami kot posledica zgodovinsko povzročenih anomalij rudnika Sitarjevec in topilnice svinca Litija. V predhodnih geokemičnih raziskavah (Šajn, 1999) je bila ugotovljena uporabnost zgornjega sloja tal in podstrešnega prahu na območju celotne Slovenije, na območju Idrije kot poskus sledenja živosrebrne avreole (Gosar

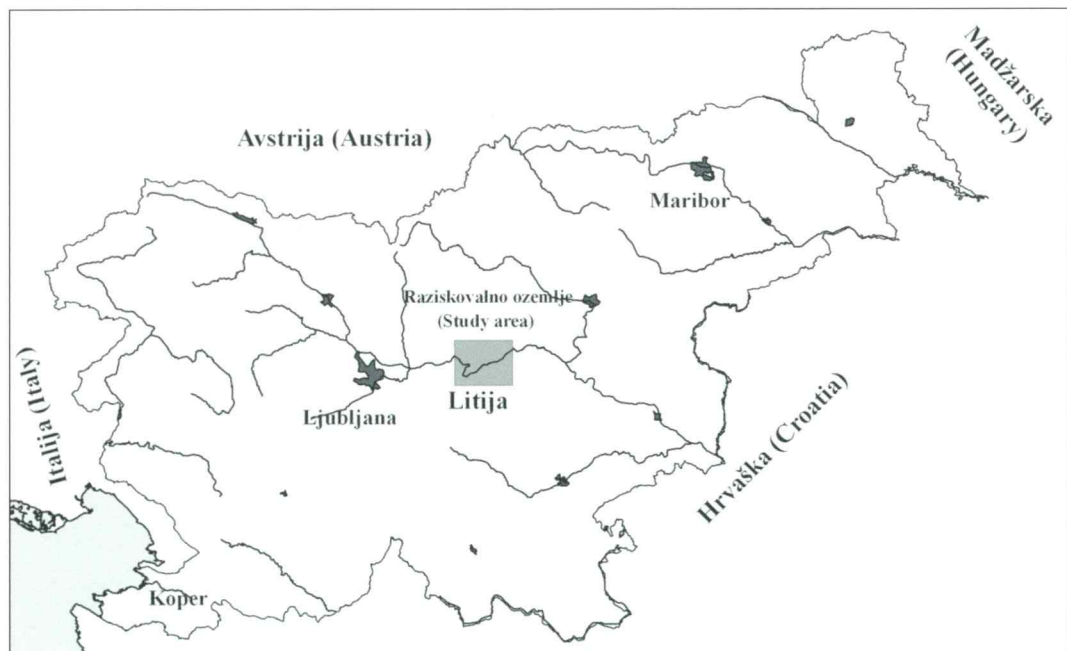
et al., 2001; Gosar & Šajn, 2001; Gosar & Šajn, 2003), Jesenic (Šajn et al., 1999), na območju Celja (Šajn, 2001, 2005), Mežice in Raven na Koroškem (Šajn, 2002, 2006) zaradi več desetletnega vpliva metalurške dejavnosti. Tudi na območju Litije so predvideli, da bosta podstrešni prah in zgornji sloj tal najboljša vzorčna sredstva za pokazatelja onesnaženosti okolja s težkimi kovinami.

Litija z okolico leži v osrednji Sloveniji, v Zahodnem Posavskem hribovju, ob glavni

cesti Ljubljana–Trbovlje in železnici Ljubljana–Zidani Most (Slika 1). Dolina Save je v zgornjem Zasavju vrezana v alpski smeri, prečnih naravnih prehodov ni. Sava naredi pri Litiji največji ovinek na vsej svoji poti skozi Posavsko hribovje. Ob tem zavoju je nekaj več ravnega sveta, ki se nadaljuje še ob spodnjem toku Reke do Šmartnega pri Litiji. Reka Sava je na območju, kjer danes leži Litija s svojo erozijo ustvarila širše dolinsko dno z nekaj terasami in deli Litijo na dva dela; starejši del se nahaja na desnem bregu reke Save ob vznožju Sitarjevca (448 m), novejši del pa je na levem rečnem bregu, na območju Gradca in Graške Dobrave. Mesto Litija se nahaja na 250 metrih nadmorske višine, v njem pa je bilo leta 1991 registriranih 6510 prebivalcev (Priročni krajevni leksikon Slovenije, 1997). Za Litijsko kotlino je značilno zmerno kontinentalno podnebje osrednje Slovenije, padavinski režim je omiljen celinski. Zanj je značilno več padavin v pomladnih (junij) in jesenskih mesecih (november) in najmanj pozimi (Ogrin, 1996). Raziskovalno območje se nahaja po dolini reke Save in zajema naselja od Kresniških Poljan, Ribč, Hotiča, Podšentjurja, Litije, Šmartnega pri Litiji, Zavrstnika, Črnega Potoka, Male Kostrevnice, Jablanice in Gra-

diških Laz, Gradišča, Brega pri Litiji, Ponovič, Save vse do Zagorja (Jemec, 2006). Tu so bolj ali manj strnjena naselja in vasi, ponekod so tudi samotni zaselki. Največ površin se uporablja v kmetijske obdelovalne namene ter vrtove, veliko površine pa prekriva tudi mešani gozd.

Geološko gledano je raziskano območje povezano z razvojem Posavskega hribovja. Najstarejše kamnine so karbonske in permske starosti, ki jih dobimo na severnem obrobju litijsko-šmarskega ozemlja. To so pretežno klastiti, ki jih sestavljajo glinavci, muljevci, meljevci, kremenovi peščenjaki in konglomerati različnih barv. Nastajali so v deltno-rečnem sedimentacijskem okolju. Trias se začne s skitskimi kamninami, ki so nastale na plitvi novo nastali karbonatni platformi. Največ je rdečkastega do rumenkastega in ploščastega dolomita, ki ponekod vsebuje oolitne leče, peščenjake, glinavce in meljevce. Jugozahodno od Šmartnega pri Litiji prevladujejo anizijske in ladinijske plasti dolomita, tufa in tufta, ki ponekod vsebujejo posamezne pole črnega roženca. Najmlajše kamnine na litijskem ozemlju predstavljajo kvartarne usedline, ki jih delimo v starejši in mlajši zasip. V starejši zasip uvrščamo usedline iz gline in ilovice



Slika 1. Lega raziskovalnega območja.

Figure 1. Location of study area.

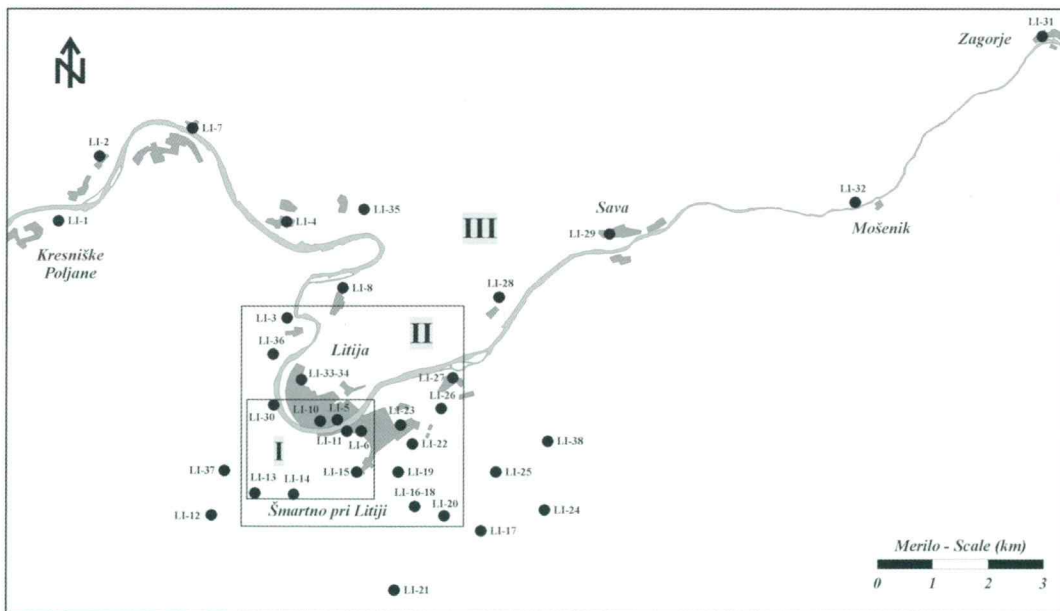
s prodniki ali gruščem ter ostanki würmskih postglacialnih sedimentov. Izdanjajo na območju mesta Litije, naselij Tenetiš in Šmartno, v coni Ježa–Grbin–Šmarska Dobrava–Zavrtnik in predelu jugovzhodno od Gradiških Laz. Mlajši zasip iz proda in peska najdemo vzdolž reke Save med Kresniškimi Poljanami in Litijo, okoli pritokov Reka, Črnega ter Jablaniškega potoka, na območju Grmač in Zavrtnika ter Kostrevniški dolini (Mlakar, 1994).

Rudnik Sitarjevec spada med naša večja rudna nahajališča. Prvi začetki segajo že v čas Keltov in Rimljanov, ki so tu kopali svinčevo rudo (Mohorič, 1978). Rudišče se uvršča v niz žilnih rudišč, ki so nastala v Posavskih gubah v obdobju od zgornjega karbona do terciarja (Drovenik et al., 1980; Mlakar, 1994). V letih od 1838 do 1966 so v rudniku Sitarjevec pridobivali svinec, živo srebro, srebro ter v zadnji fazi tudi barit (Fabjančič, 1972). Od leta 1881 do 1917 je v Litiji obratovala tudi topilnica svinca, v kateri so v začetni fazi talili živo srebro, kasneje pa so v njej talili uvoženo rudo. V rudišču Sitarjevec so tako pridobili 50000 ton svinca, 42,5 ton živega srebra, 1 tono srebra in 30000 ton barita. Danes je rudnik znan ne samo po svoji rudarski preteklosti, ampak tudi po pestri mineralni paragenizi,

saj je zelo priljubljen kraj za številne zbiratelje mineralov. Pojavlja se preko šestdeset različnih mineralov, ki so nastali v štirih fazah mineralizacije. To so cerusit, barit, cinabarit, limonitni kapniki, itd. Rudnik ne obratuje več od leta 1965, a geološko delo s prenehanjem obratovanja še ni zastalo, saj ujeta rudniška voda neposredno grozi prebivalcem Litije z izbruhi. Na litijemskem rudnem polju so v preteklosti pridobivali rudo tudi v svinčevo-cinkovih-bakrovih-baritnih rudiščih v Zavrtniku, Zagorici, Maljeku, Zgornjem Mamolju in Ponovičah.

Materiali in metode

Vzorčenje je potekalo v poletnih mesecih od julija do avgusta 2004. Območje vzorčenja je bilo določeno na podlagi predhodnih raziskav onesnaženosti tal na širšem območju Litije (Šajn & Gosar, 2007). Na celotnem raziskanem območju je bilo vzorčenih 38 točk, ki so bile določene vzdolž reke Save od Kresniških Poljan do Zagorja, v razdalji okrog 30 km. Mreža točk je bila gostejša na mestih, kjer je bilo predvideno večje onesnaženje s težkimi kovinami, to je po dolini reke Save in v neposredni bližini rudnika Sitarjevec ter topilnice Litija, in redkejša



Slika 2. Lokacije vzorčenja in obravnavane cone (I, II in III) na raziskanem ozemlju.

Figure 2. Locations of sampling and treated zones (I, II in III) of study area.

na mestih, ki so bolj oddaljene od antropogenega izvora onesnaženja ter na podeželju. Tako smo na 38 lokacijah zbrali 38 vzorcev tal (0–5 cm) ter podstrešnega prahu in sicer je bilo 8 lokacij v neposredni okolici rudnika Sitarjevec in nekdanje topilnice Litija (cona I), 13 v širši urbani okolici Litije in Šmartnega pri Litiji (cona II) ter 17 na podeželju in po dolini reke Save od Kresniških Poljan do Zagorja (cona III) (Slika 2). Vzorčenje, priprava vzorcev in analitika je bila opravljena po že uveljavljeni metodologiji (Šajn, 1999, 2003).

Kemična analiza zbranih vzorčnih sredstev je bila opravljena v laboratorijih družbe ACME v Vancouvru s plazemsko emisijsko spektrometrijo (ICP-MS). Uporabljen je bil štirikislinski razklop (HClO_4 , HCl , HF in HNO_3) pri temperaturi 200°C . Vsi vzorci so bili analizirani na 41 prvin (Ag, Al, As, Au, Ba, Be, Bi, Ca, Cd, Ce, Co, Cr, Cu, Fe, Hf, K, La, Li, Mg, Mn, Mo, Na, Nb, Ni, P, Pb, Rb, S, Sb, Sc, Sn, Sr, Ta, Th, Ti, U, V, W, Y, Zn in Zr). Analiza Hg se je izvajala po posebnem postopku, pri katerem so vzorce najprej razklopili z zlatotopko ($\text{HCl} : \text{HNO}_3 : \text{H}_2\text{O}$) v razmerju (3 : 1 : 2) pri temperaturi 95°C . V raztopino so potem dodali SnCl_2 in HCl . Meritve so bile izvedene z atomsko absorpcijsko spektrometrijo (AAS) po postopku

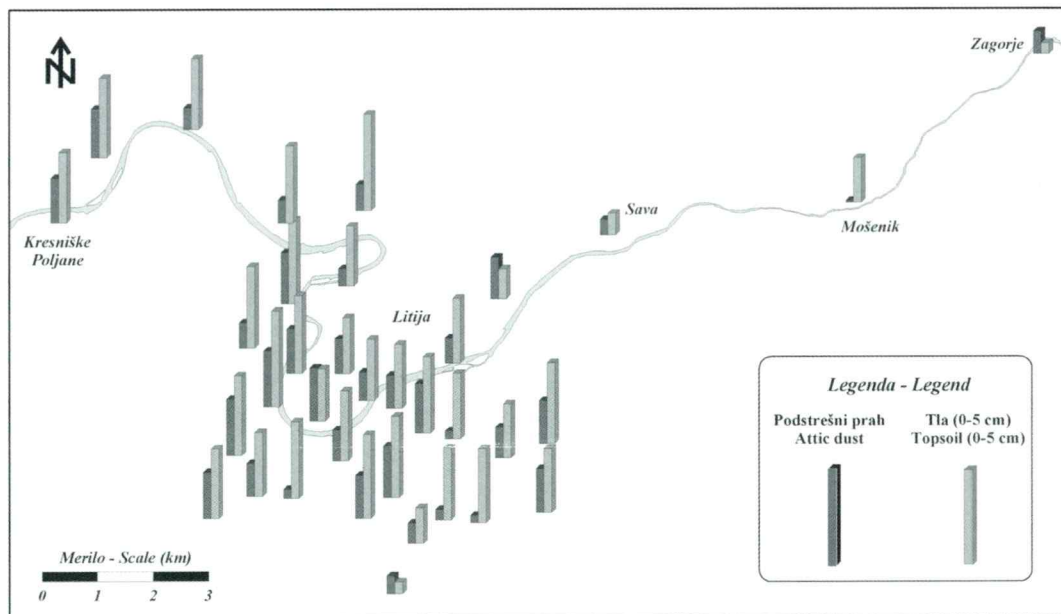
hladnega izparevanja (ACME, 2004). Občutljivost, pravilnost in natančnost analitike obravnavanih prvin je bila zadovoljiva (Jemec, 2006).

Rezultati in razprava

S statističnimi metodami so bile določene sorodnosti med prvinami. S faktorsko analizo smo začetno število obravnavanih kemičnih prvin skrčili na 4 sintetične spremenljivke. Pri interpretaciji smo upoštevali le prva dva faktorja, ki predstavljata glavni geokemični združbi (Tabela 1). Naredili smo tudi primerjavo z ostalimi območji v Sloveniji, kjer se prav tako kažejo vplivi rudarjenja in topilništva (Tabela 2).

Naravna porazdelitev kemičnih prvin

Glavno geokemično združbo ponazarja faktor 1 (Tabela 1), ki združuje visoke vsebnosti prvin Al, Co, Ce, K, La, Li, Nb, Rb, Sc, Ta, Th in Ti. Visoke vsebnosti navedenih prvin so značilne za tla na območju Litije, nizke vsebnosti pa so vezane na podstrešni prah. Naštete prvine so predstavnice naravnega geokemičnega ozadja v tleh in so ve-



Slika 3. Prostorska porazdelitev faktorja 1 (Al, Co, Ce, K, La, Li, Nb, Rb, Sc, Ta, Th in Ti).
Figure 3. Spatial distribution of factor 1 scores (Al, Co, Ce, K, La, Li, Nb, Rb, Sc, Ta, Th and Ti).

Tabela 1. Dominantne vrednosti rotiranih faktorskih obremenitev (n = 76).

Table 1. Matrix of dominant rotated factor loadings (n = 76).

Prvina	F1	F2	F3	F4	Kom
Rb	0,92				94
Al	0,91				96
K	0,90				89
Th	0,88				96
Ti	0,87				94
Li	0,85				85
Nb	0,85				94
Ce	0,84				90
Ta	0,82				85
Sc	0,81				89
La	0,77				83
Co	0,69				79
Pb		0,93			90
Sb		0,89			94
As		0,82			74
Hg		0,81			80
Cd		0,77			87
Zn		0,69			74
Sn		0,67			74
Zr			0,87		93
Y			0,86		81
Hf			0,85		89
U			0,84		83
Ni				0,80	84
Cr				0,73	72
Var	40	23	16	7,1	86

F1 ... F4 – Faktorske obremenitve;
Factor loadings
Kom – Komunalnost v %; Communalities in %
Var – Varianca v %; Variance in %

zane na globlje ležeče talne horizonte, zlasti na B(RZ) horizont pokarbonatnih rjavih tal. Prostorska porazdelitev kaže (Slika 3), da so prvine faktorja 1 v tleh najbolj obogatene na območju po dolini reke Save in na podeželju, predvsem v malo višjih predelih.

V podstrešnem prahu pa so prvine faktorja 1 osiromašene skoraj na celotnem raziskovanem ozemlju.

Antropogeno povzročena porazdelitev kemičnih prvin

Geokemična združba As, Cd, Hg, Pb, Sb, Sn in Zn tvori naslednji najmočnejši vzorec vedenja kemičnih prvin na območju Litije. Geokemično združbo ponazarja faktor 2 (Tabela 1), ki združuje tipično antropogeno obogatene težke kovine. Vsebnosti težkih kovin so izrazito višje v podstrešnem prahu na celotnem litijskem ozemlju in kar za nekajkrat presegajo tiste v tleh. Najvišje vsebnosti so predvsem v središčnem delu mesta Litije, v okolici topilnice in rudnika Sitarjevec. Tudi v tleh so za prvine Pb, Cd, Hg in Zn vrednosti visoke, saj presegajo slovenska povprečja kar za nekajkrat in na lokaciji nekdanje deponije rudniških odpadkov (LI-15) celo presegajo kritične vsebnosti kovin v tleh, ki jih predpisuje Uradni list RS. Z oddaljenostjo od samega izvora antropogene onesnaženja vsebnosti težkih kovin v podstrešnem prahu padajo (Slika 4). Glavni vzrok nastanka te geokemične anomalije je bilo rudarjenje v rudniku Sitarjevec in taljenje svinčeve rude v topilnici Litija od leta 1881 do 1917.

Primerjava vsebnosti kemičnih prvin raziskanih slovenskih območij

Za ovrednotenje dobljenih rezultatov so potrebne primerjave z rezultati raziskav z drugih območij, na katerih se prav tako kaže vpliv rudniške in topilniške dejavnosti (Tabela 2). Iz rezultatov opravljenih raziskav smo izpustili Idrijo z njeno okolico, saj v slovenskem prostoru predstavlja specifičen primer okolja, ki je zelo obremenjeno z živim srebrom. Vsebnosti Hg v podstrešnem prahu in tleh na ozemlju Idrije zelo presegajo vse izmerjene vsebnosti Hg na naštetih lokacijah, ki so v Tabeli 2. Vrednosti prvin ostalih raziskanih območjih so med seboj ustrezno rezultatsko primerljive.

Največja povprečna vsebnost Pb v tleh med do sedaj raziskanimi območji (Slika 5), je bila določena v Mežici (410 mg/kg). Sledijo Litija (150 mg/kg), Celje (150 mg/kg) in Ravne (140 mg/kg). V podstrešnem prahu je bilo najvišje povprečje Pb prav tako

Tabela 2. Povprečja kemičnih prvin v vzorčnih sredstvih na območju Litije, Mežiške doline in Celja (Povprečne vrednosti Al, Fe, K, Mg, Na, P, S in Ti so v %, vse ostale prvine so v mg/kg).

Table 2. Averages of chemical elements in sampling materials in Litija, Mežica valley and Celje area. (Averages of Al, Fe, K, Mg, Na, P, S in Ti are in %, remaining elements are in mg/kg).

Prvina	Slo	Li	Rav	Mež	Ce	Slo	Li	Rav	Mež	Ce
Tla (0–5 cm) – Topsoil (0–5 cm)						Podstrešni prah – Attic dust				
Al	6,9	5,3	7,5	5,1	6,2	2,5	2,7	3,5	1,9	3,3
Ca	0,78	2,3	1,0	5,3	1,6	7,6	9,6	5,2	6,4	6,6
Fe	3,8	2,6	4,1	2,8	3,2	1,7	2,1	3,6	2,9	3,8
K	1,4	1,4	2,0	1,2	1,7	1,1	0,88	1,3	1,0	1,1
Mg	0,83	1,0	1,1	2,7	1,0	1,5	1,7	1,2	1,7	1,4
Na	0,47	0,42	0,75	0,38	0,63	0,33	0,28	0,43	0,29	0,48
P	0,06	0,12	0,17	0,18	0,12	0,25	0,2	0,33	0,31	0,19
S	–	0,19	0,05	0,10	0,06	–	4,6	3,4	3,5	4,3
Ti	0,36	0,27	0,30	0,25	0,32	0,14	0,15	0,14	0,10	0,26
Ag	< 0,50	0,13	0,12	0,14	0,23	< 0,50	0,37	0,86	0,80	1,1
As	< 5,0	13	16	16	17	11	27	25	34	40
Ba	360	550	580	320	570	320	86	150	350	110
Cd	0,50	0,67	0,96	2,6	3,2	1,2	2,4	7,3	15	24
Ce	–	57	67	48	55	–	31	35	21	29
Co	26	10	17	11	11	6,0	6,0	11	6,7	10
Cr	88	62	110	70	71	53	52	220	65	74
Cu	23	33	46	32	44	51	85	110	96	170
La	30	27	36	26	33	13	16	19	12	19
Li	–	40	55	37	39	–	24	24	14	25
Mn	900	810	1100	910	770	480	510	1100	510	630
Mo	< 2,0	0,83	2,2	3,1	1,5	2,0	2,7	15	9,1	5,5
Nb	6,0	6,6	7,8	7,2	8,8	4,0	3,8	4,9	3,1	6,7
Ni	46	22	47	31	34	27	25	76	31	60
Pb	34	150	140	410	150	150	450	1200	3700	710
Rb	–	89	120	87	96	–	48	65	44	56
Sb	< 5,0	2,0	2,1	3,1	1,7	< 5,0	7,2	15	34	9,1
Sc	13	8,1	14	9,2	11	4,0	4,4	6,4	3,9	7,0
Sn	< 2,0	4,9	5,6	4,8	4,7	11	15	27	32	26
Sr	82	84	91	81	98	120	150	125	100	150
Th	11	9,7	11	7,1	9,9	4,0	4,9	4,6	2,7	4,3
U	–	2,7	2,9	2,7	4,8	–	2,6	1,9	1,7	3,9
V	110	68	128	91	86	58	64	72	41	100
W	–	1,3	1,9	1,0	–	–	1,8	12	2,3	–
Y	15	10	11	13	13	8,0	8,3	8,9	7,9	10
Zn	100	200	260	400	600	290	520	1100	1000	4600
Zr	46	29	33	36	38	18	21	27	18	27
Hg	0,16	0,43	0,14	0,15	0,15	1,1	1,8	0,64	0,79	0,68

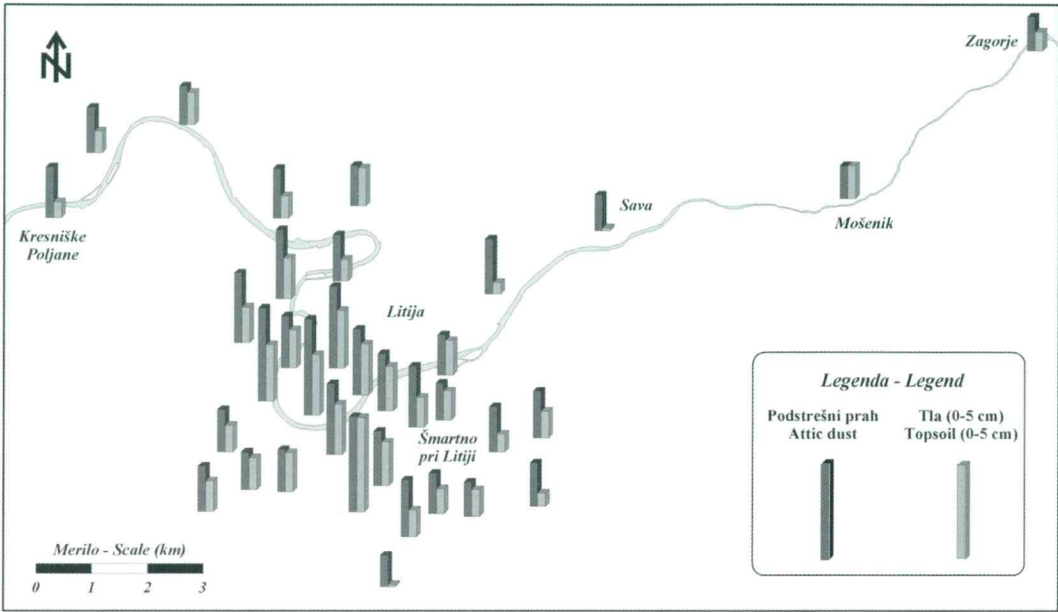
Slo Slovenska povprečja vsebnosti prvin; Slovenian averages of chemical elements (Andjelov, 1994; Pirc, 1993; Šajn, 2003)

Li Povprečja vsebnosti kemičnih prvin na območju Litije; Averages of chemical elements in Litija area; n = 38 (Jemec, 2006)

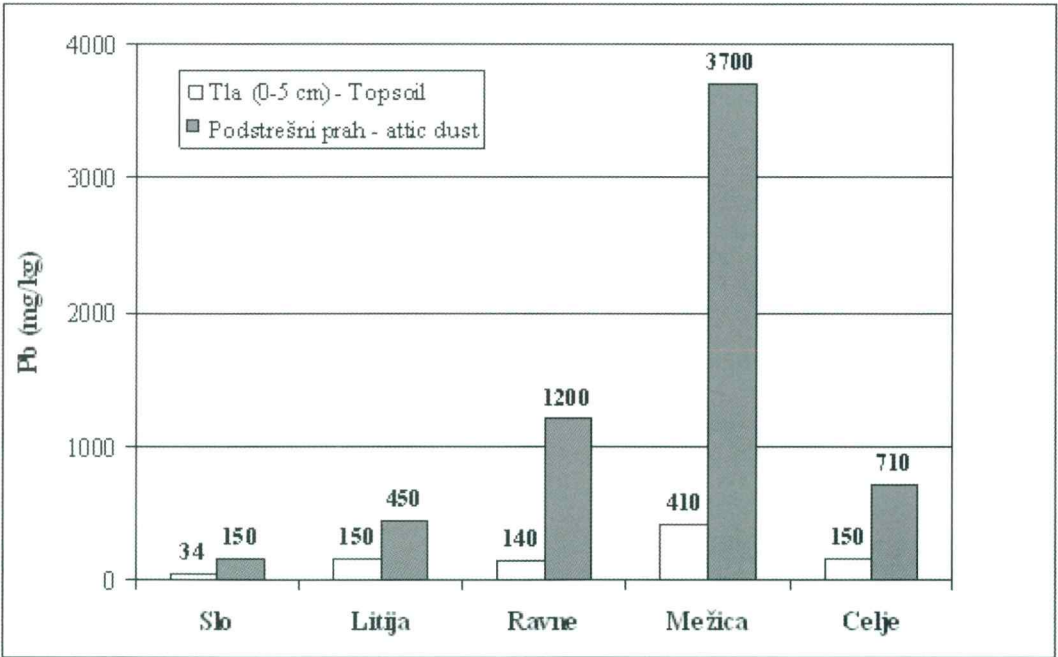
Rav Povprečja vsebnosti kemičnih prvin na območju Prevalj in Raven; Averages of chemical elements in Prevalje and Ravne area; n = 53 (Šajn, 2002)

Mež Povprečja vsebnosti kemičnih prvin na območju Mežice, Žerjava in Črne; Averages of chemical elements Mežica, Žerjav and Črna area; n = 62 (Šajn, 2002)

Ce Povprečja vsebnosti kemičnih prvin na območju Celja; Averages of chemical elements in Celje area; n = 101 (Žibret, 2002)



Slika 4. Prostorska porazdelitev faktorja 2 (As, Cd, Hg, Pb, Sb, Sn in Zn).
Figure 4. Spatial distribution of factor 2 scores(As, Cd, Hg, Pb, Sb, Sn and Zn).



Slika 5. Vsebnosti Pb v tleh in podstrešnem prahu na območju Slovenije, Litije, Raven na Koroškem, Mežici in Celju.
Figure 5. Pb concentrations in topsoil and attic dust in areas of Slovenia, Litija, Ravne na Koroškem, Mežica and Celje.

določeno na območju Mežice (3700 mg/kg), sledijo Ravne (1200 mg/kg), Celje (710 mg/kg) ter Litija (450 mg/kg). Zanimivo je, da so na vseh raziskanih območjih po Sloveniji vsebnosti Pb v tleh in podstrešnem prahu višje od slovenskega povprečja (150 mg/kg). Čeprav so v Litiji pretopili veliko svinca, je dejstvo, da so vsebnosti Pb v Mežici in Ravnah mnogo višje. V celotni zgodovini rudarjenja so v Mežici pridobili 19.000.000 t svinca, v Litiji pa 50.000 t. Ta primerjava nam dobro ponazarja, da so vsebnosti svinca v Mežiški dolini mnogo bolj zaskrbljujoča kakor v Litiji.

Pri vsebnostih ostalih težkih kovin As, Cd, Sb, Sn in Zn v prahu in tleh, so bile v Litiji določene najnižje povprečne vrednosti v primerjavi z Mežico, Celjem in Ravnami. Vendar vsebnosti vseh naštetih prvin na območju Litije presegajo slovensko povprečje kar za nekajkrat (Tabela 2).

Zaključek

Z izbranimi metodami analize smo potrdili vpliv rudarstva in topilništva v preteklosti na onesnaženost območja Litije. Največji vpliv te dejavnosti je čutiti na mestih, kjer je bila nekoč topilnica svinca Litija in rudnik Sitarjevec ter njuni bližnji okolici. Na teh lokacijah so najvišje izmerjene vsebnosti najbolj problematičnih kemičnih prvin svinca, živega srebra in cinka. Za ozemlje po dolini reke Save in podeželje pa lahko rečemo, da vsebnosti obravnavanih težkih kovin niso kritične in neposredno ne povzročajo ogroženosti prebivalcev. V primerjavi z ostalimi območji v Sloveniji, kjer se prav tako kažejo vplivi rudarjenja in topilništva, je na območju Litije sorazmerno manjše onesnaženje s težkimi kovinami. Pri tem moramo upoštevati, da so v Idriji in Mežiški dolini pridobili bistveno večje količine svinca in živega srebra, zato je avreola onesnaženja bistveno večja kot na območju Litije.

Geochemical research of soil and attic dust in Litija area, Slovenia

Conclusions

With using method analyses we have confirmed influence of mining and smelting in the past on pollution of Litija area. The largest influence of these activities is taking

place at former mine Sitarjevec and smelter of lead and also in their near surroundings. On these places we have measurement of the highest concentrations of heavy metals as lead, mercury and zinc. On the countryside and by the valley of river Sava concentrations of heavy metals are not critical and they do not represent threatening for the people. Comparison between Litija area and other places in Slovenia, where we have also impact of mining and smelting, showed us that the values of heavy metals are proportionally lower. We must consider fact, that in Idrija and Mežica were extracting essentially larger amount of lead and mercury and consequently they have essentially higher geochemical aureole.

Zahvala

Raziskavo je financirala Agencija za raziskovalno dejavnost RS in občina Litija. Zahvaljujem se vsem ljudem, ki so nam dovolili vzorčenje na svojih podstrešjih in vrtovih.

Literatura – References

- Acme Analytical laboratories LTD. 2004: Assaying and geochemical analyses. – Acme analytical laboratories Ltd., 18, Vancouver B.C.
- Andjelov, M. 1994: Rezultati radiometričnih in geokemičnih meritev za karto naravne radioaktivnosti Slovenije. – *Geologija*, 36, 223–248, Ljubljana.
- Drovenik, M., Pleničar, M. & Drovenik, F. 1980: Nastanek rudišč v Sloveniji in metalogenetska karta R Slovenije 1 : 21700. – *Geologija*, 23/1, 1–157, Ljubljana.
- Fabjančič, M. 1972: Kronika litijskega rudnika. Rokopis. – Arhiv Geološkega zavoda Ljubljana, Ljubljana.
- Gosar, M., Šajn, R. & Biester, H. 2001: Mercury in soil and attic dust in Idrija and surroundings. – *Materials and geoenvironment* 48, 87–93, Ljubljana.
- Gosar, M. & Šajn, R. 2001: Mercury in soil and attic dust as a reflection of Idrija mining and mineralization (Slovenia). – *Geologija* 44/1, 137–159, Ljubljana.
- Gosar, M. & Šajn, R. 2003: Geochemical soil and attic dust survey in Idrija, Slovenia. – *Journal de physique*, 107, 561–564, Les Ulis.
- Jemec, M. 2006: Porazdelitev kemičnih prvin v tleh in podstrešnem prahu na območju Litije. – Diplomska naloga, Univerza v Ljubljani, 84 str., Ljubljana.
- Mlakar, I. 1994: O problematiki Litijskega rudnega. – *Geologija*, 36/1, 249–338, Ljubljana.
- Mohorič, I. 1978: Problemi in dosežki rudarjenja na Slovenskem: zgodovina rudarstva in topilništva v stoletju tehnične revolucije. Knjiga 1, Osnove rudarskega dela. – Založba Obzorja, 281 str., Maribor.

- Ogrin, D. 1996: Podnebni tipi v Sloveniji. – Geografski vestnik, 68, 39–56, Ljubljana.
- Pirc, S. 1993: Regional geochemical surveys of carbonate rocks; final report; USG Project Number JF 881-0: poročilo. – Naravoslovnotehniška fakulteta, Univerza v Ljubljani, 30. str., Ljubljana.
- Priročni krajevni leksikon Slovenije, 1997: – Državna založba Slovenije, 376 str., Ljubljana.
- Šajn, R. 1999: Geokemične lastnosti urbanih sedimentov na ozemlju Slovenije. – Geološki zavod Slovenije, 136 str., Ljubljana.
- Šajn, R., Bidovec, M., Gosar, M. & S. 1999: Geochemical soil survey at Jesenice area, Slovenia. – Geologija, 41, 319–338, Ljubljana.
- Šajn, R. 2001: Geokemične raziskave tal in podstrešnega prahu na območju Celja. – Geologija, 44/2, 351–362, Ljubljana.
- Šajn, R. 2002: Vpliv rudarjenja in metalurške dejavnosti na kemično sestavo tal in podstrešnega prahu v Mežiški dolini. – Geologija, 45/2, 547–552, Ljubljana.
- Šajn, R. 2003: Distribution of chemical elements in attic dust and soil as reflection of lithology and anthropogenic influence in Slovenia. – Journal de Physique, Les Ulis, 107, 1173–1176, Grenoble.
- Šajn, R. 2005: Using attic dust and soil for the separation of anthropogenic and geogenic elemental distributions in an old metallurgic area (Celje, Slovenia). – Geochem., Explor. Environ. Anal., 5/1, 59–67.
- Šajn, R. 2006: Factor Analysis of Soil and Attic-dust to Separate Mining and Metallurgy Influence, Meza Valley, Slovenia. – Journal Mathematical Geology 38/6, 735–747.
- Šajn, R. & Gosar, M. 2007: Onesnaženost tal v okolici Litije kot posledica rudarskih in metalurških dejavnosti ter naravnih danosti. – Geologija, 50/1, 131–145, Ljubljana.
- Zibret, G. 2002: Geokemične lastnosti podstrešnega prahu in tal v Celju in bližnji okolici. – Diplomaska naloga, Univerza v Ljubljani, 78 str., Ljubljana.