

Vpliv delujočih in opuščeni rudnikov kovin in topilniških obratov na okolje v Sloveniji

Environmental impact of active and abandoned mines and metal smelters in Slovenia

Tomaz BUDKOVIČ, Robert ŠAJN & Mateja GOSAR

Geološki zavod Slovenije, Dimičeva 14, 1001 Ljubljana, Slovenija
e-mail: tomaz.budkovic@geo-zs.si, robert.sajn@geo-zs.si, mateja.gosar@geo-zs.si

Ključne besede: rudarjenje, kovine, onesnaženje, geokemija, Slovenija
Key words: mining, metals, pollution, geochemistry, Slovenia

Povzetek

Območje Slovenije je od davnin znano po številnih rudnikih in predelavi kovin. Od rimskih časov pa do danes poznamo v Sloveniji 49 rudnikov in rudokopov barvastih kovin, od katerih so bili štirje večji (Idrija, Mežica-Topla, Litija in Žirovski vrh) ter 25 predelovalnih obratov in topilnic, ki so delovale predvsem v okolici večjih rudnikov (Idrija, Žerjav in Celje). Zaradi pomanjkljive dokumentacije nam vseh verjetno ni uspelo evidentirati. V bližini rudokopov in rudnikov je delovalo tudi 33 železarn, iz katerih so se razvile tri večje, ki obratujejo še danes (Jesenice, Ravne na Koroškem in Štore). Ker so predelovalne kapacitete v začetku prejšnjega stoletja daleč presegle zmoglosti domačega rudarstva, so rudo dolga leta tudi uvažali in jo pri nas samo predelovali. Z dosedanjimi raziskavami v okolici večjih rudnikov in topilnic smo ocenili, da je na površini približno 80 km² presežena kritična mejna vsebnost težkih kovin v tleh.

Abstract

Slovenia has long been known for its numerous mines and ore processing. From the times of the Roman Empire to now, 49 mines and open pits were opened, four of them were large (Idrija, Mežica – Topla, Litija and Žirovski vrh). There were also 25 ore processing plants and smelters, which were operating mostly in the vicinity of larger mines (Idrija, Žerjav, Celje). Due to the lack of written sources, we probably haven't succeeded in making a complete list of them. There were 33 iron works operating in the vicinity of mines and open pits, three large ones have further developed and are still operating (Jesenice, Ravne na Koroškem and Štore). As the ore processing capacities have far exceeded the capacities of the Slovenian mining, ore has long been imported and only processed in Slovenia. On the basis of the results of our investigations in the vicinity of larger mines and smelters we estimated that in Slovenia the areas in which critical limit for heavy metal content is exceeded sums up to about 80 km².

Uvod

Velike ekološke nesreče, ki so se zgodile v svetu v zadnjih 10-ih letih in še posebno dve, ki sta se zgodili v Evropi (Aznacollar, Španija, leta 1998 in Baia Mare, Rumunija, leta 2000) so opozorile svet na veliko nevarnost ekoloških nesreč zaradi posledic rudarjenja. Pri rudarjenju je posebej pereče upravljanje z jalovino. Pri pridobivanju kovin nastajajo velike količine jalovine, ki vsebujejo težke kovine in kemikalije iz predelovalnega postopka.

V Evropski skupnosti in državah kandidatkah so začeli pripravljati novo direktivo (<http://europa.eu.int/comm/environment/waste/mining.htm>), ki med drugim predvideva evidentiranje opuščeni rudnikov in deponij jalovine ter opredelitev potrebnih raziskav na njihovem območju. Inventar zaprtih rudnikov in

opuščenih jalovišč naj bi po pripravljeni EU zakonodaji vseboval naslednje elemente:

- georeferencirano lokacijo
- katero surovino so pridobivali
- kakšna je bila jalovina
- zgodovinski pregled izkoriščanja nahajališča
- lokacije jalovišč in katere okolju nevarne snovi vsebujejo
- fizikalne in kemijske lastnosti kamnin ter območja rudarjenja in jalovišč
- opredelitev negativnih vplivov na okolje (onesnaženost tal, površinskih voda in podtalnice).

Evidentirana območja bo potrebno razvrstiti glede na nevarnost za okolje. S takšnimi raziskavami smo pričeli tudi v Sloveniji. Dosedanje so potekale na najbolj ogroženih delih slovenskega ozemlja. V našem članku

podajamo preliminarni seznam opuščениh rudnikov in rudokopov kovin ter z njimi povezanih metalurških obratov v Sloveniji.

Zgodovinski pregled rudarjenja in topilništva

Rudarstvo je v Sloveniji ena najstarejših panog, stara več kot 2 000 let. Na to kažejo najdbe rudarskega orodja iz predrimskih časov. Tako so na območju Pohorja našli orodja, ki bi bila lahko rudarska, že iz bronaste dobe (Tržan, 1989). Od takrat naprej postane rudarstvo skupaj z metalurškimi napravami stalna gospodarska panoga. V obdobju halštata je v naših krajih zacvetelo železarstvo. Arheologi so na številnih nahajališčih po vsej državi odkrili ostanke starih topilnic in kovačnic. Jeklo, ki so ga pridobivali v naših krajih, je zaslovelo tudi v rimskem imperiju. Pridobivanje železa so Rimljani podpirali tudi po vključitvi našega ozemlja v svojo državo. Po vsej verjetnosti so v rimskih časih kopali tudi svinčevo in bakrovo rudo ter pridobivali obe kovini.

Največja rudišča na Slovenskem so začeli izkoriščati v večjem obsegu že v srednjem veku. Prednjačilo je železarstvo, čeprav so morali rudo zbirati na površini ali jo kopati v manjših rudokopih. V novem veku, čeprav še v fevdalni dobi, pričnejo s povečanim izkoriščanjem vseh večjih kovinskih rudišč kot so Idrija, Mežica in Litija.

Po odpravi fevdalizma v sredini 19. stoletju ter izgradnji železniških prog se je rudarstvo in topilništvo razmahnilo. Poleg železa so začeli v večjih količinah pridobivati tudi barvne kovine - predvsem svinec, cink, živo srebro, baker in antimon. Med leti 1850 in 1900 doseže rudarstvo, če štejemo število rudnikov in rudokopov, svoj vrhunec. Na prehodu v 20. stoletje so manjši rudniki in rudokopi ter z njimi povezani metalurški obrati zaradi revne rude in premajhnih zalog nehali obratovati. Obdržali so se le največji.

Nov, vendar zelo kratek zagon je rudarstvu dala prva svetovna vojna, saj je monarhiji močno primanjkovalo barvnih kovin.

Po prvi svetovni vojni je Italija priključila znaten del slovenskega ozemlja. Za mejo je ostala tudi Idrija. Italijani so se, predvsem zaradi vojnih potreb, lotili izkoriščanja bakrove rude na Škofju, kjer so zgradili celo majhno flotacijo. Med obema vojnama so

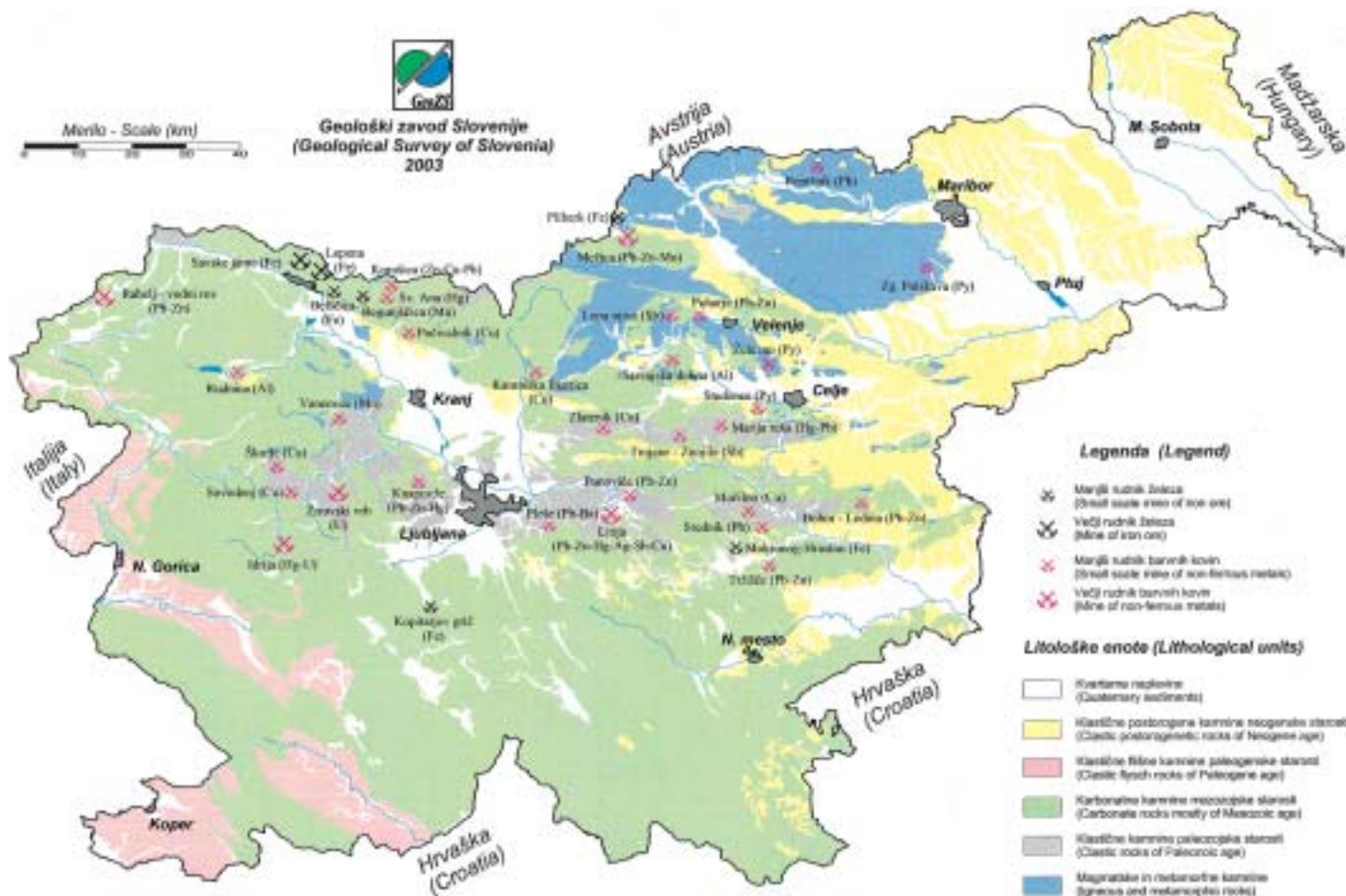
manjši rudniki in metalurški obrati večinoma mirovali, posebej po hudi gospodarski krizi leta 1929. Obdržala se je samo Mežica. Do konca druge svetovne vojne so na ozemlju Slovenije obratovali le večji rudniki barvnih kovin Idrija, Mežica in Litija.

Po uvedbi socialističnega družbenega reda je ljudska oblast zelo pospešila raziskave surovin, vendar z njimi (izjemo predstavlja uranovo rudišče Žirovski vrh) niso uspeli odkriti nobenega pomembnejšega novega rudišča. Odkrivali so samo nove zaloge pri že znanih rudiščih. Precej so posodobili in povečali proizvodnjo v znanih rudnikih ter nekatere, zaradi pomanjkanja zalog, tudi zaprli.

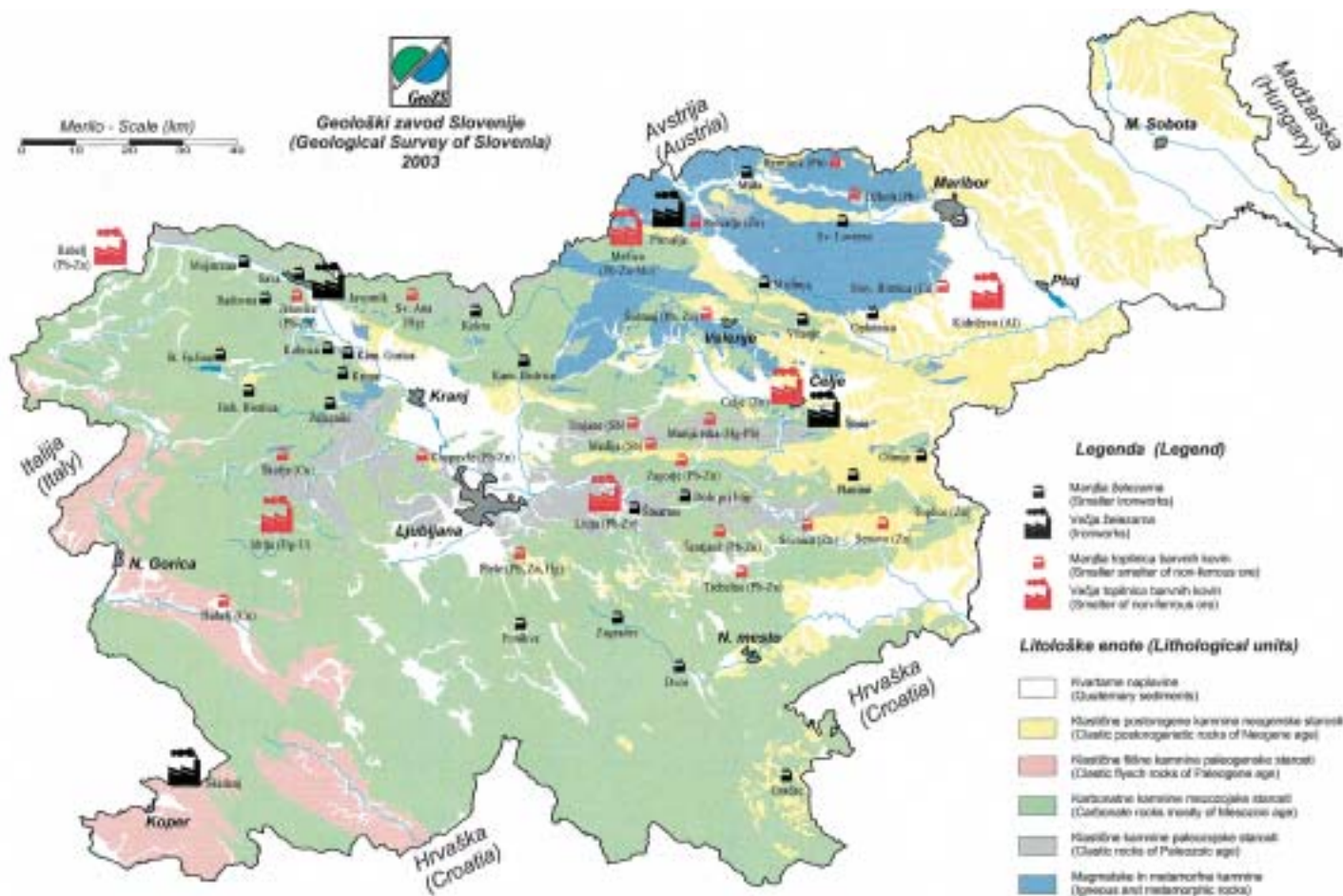
Pregled sedanjega stanja rudnikov in topilništva

Najboljšo podlago za pregled nekdanjega rudarstva kovin in topilništva predstavljajo razprave *Nastanek rudišč v Sloveniji* (Drovenik et al., 1980), *Metalogenetska karta SR Slovenije* (Drovenik et al., 1980), *Rudarstvo LR Slovenije* (Češmiga, 1959), ter *Problemi in dosežki rudarjenja na Slovenskem* (Mohorič, 1978). Na podlagi teh virov smo skušali locirati rudarske in topilniške obrate, ugotoviti obdobje njihovega delovanja in ugotoviti ali oceniti količine pridobljenih kovin. Glede na čas obratovanja in pridobljene količine kovin smo rudnike in topilniške obrate opredelili na večje in manjše. Tako smo izdelali karto opuščениh rudnikov kovin (slika 1) ter karto opuščениh in delujočih topilniških obratov (slika 2) v Sloveniji.

Karta opuščениh rudnikov (slika 1) ne zajema manjših rovin in sledilnih del. Večina rudnikov se nahaja v Posavskih gubah in njihovi neposredni okolici ter v Karavankah. V zahodni, južni in severovzhodni Sloveniji jih je bistveno manj oziroma jih sploh ni. Največji rudniki Slovenije so Mežica (kopati so začeli leta 1442, pridobivali so svinec, cink in molibden), Idrija (začetek kopanja leta 1492, pridobivali so živo srebro), Litija (začetek kopanja že v rimskih časih, do ukinitve so pridobili 50 000 ton Pb, eno tono Ag, 42,5 ton Hg - Drovenik et al., 1980), Žirovski vrh (U so poskusno kopali od leta 1965, rudnik so zaprli leta 1990, pridobili so 450 ton uranovega oksida - Floriančič et al., 2000) ter Savske jame (železovo rudo so kopali od srednjega veka do



Sl. 1: Opušчени rudniki kovin v Sloveniji (po Droveniku et al., 1980 in dopolnjeno s podatki Češmige, 1959 in Mohoriča, 1979)
 Fig. 1: Abandoned metal mines in Slovenia (according to Drovenik et al., 1980, Češmiga, 1959 and Mohorič, 1979)



Sl. 2: Opuščeni in delujoči topilniški obrati v Sloveniji (zbrano po podatkih Češmige, 1959 in Mohoriča, 1979)
 Fig. 2: Abandoned and active metal smelters in Slovenia (according to Češmiga, 1959 and Mohorič, 1979)

Tabela 1: Povprečja in razponi (v mg/kg) težkih kovin v Sloveniji in na raziskanih območjih
 Table 1: Averages and ranges of heavy elements (mg/kg) in Slovenia and in researched areas

Prv.	Slovenija		Celje		Idrija		Jesenice		Mežica	
	X	(min-max)	X	(min-max)	X	(min-max)	X	(min-max)	X	(min-max)
As	15	(6.0 - 37)	26	(9.3 - 91)	19	(7.0 - 57)	14	(4.0 - 76)	17	(7.0 - 387)
Cd	0.52	(0.15 - 2.0)	7.6	(1.5 - 59)	0.51	(0.14 - 2.5)	2.1	(0.70 - 8.7)	3.2	(0.60 - 71)
Co	16	(5.5 - 33)	11	(5.9 - 33)	13	(6.0 - 24)	8.3	(2.0 - 29)	11	(2.0 - 32)
Cr	85	(31 - 143)	70	(41 - 128)	68	(21 - 106)	50	(14 - 164)	70	(23 - 170)
Cu	35	(18 - 165)	84	(21 - 1747)	28	(8.0 - 241)	28	(12 - 96)	35	(11 - 552)
Hg	0.066	(0.010 - 0.25)	0.26	(0.051 - 1.4)	5.5	(0.42 - 973)	0.77	(0.35 - 2.5)	0.15	(0.020 - 1.2)
Mo	1.0	(0.30 - 12)	2.2	(0.80 - 6.5)	1.5	(0.35 - 15)	2.5	(<2.0 - 10)	3.5	(0.70 - 287)
Ni	47	(10 - 131)	37	(16 - 85)	32	(11 - 61)	25	(5 - 85)	31	(7.0 - 133)
Pb	42	(20 - 87)	321	(82 - 1508)	55	(41 - 1230)	291	(83 - 1866)	488	(73 - 27122)
Zn	124	(75 - 215)	1593	(371 - 8573)	116	(50 - 632)	293	(57 - 1480)	461	(113 - 4157)

Slovenija - Poprečje in razponi vzorcev tal (0-5 cm); Averages and ranges of soil samples (0-5 cm); n=60

Celje - Povprečja in razponi vzorcev tal (0-5 cm) iz urbanega območja Celja; Averages and ranges of soil samples (0-5 cm) from Celje urban area; n=35 (Šajn, 2001)

Idrija - Povprečja in razponi vzorcev tal (0-15 cm) iz ožjega Idrijskega območja; Averages and ranges of soil samples (0-15 cm) from closed Idrija area; n=68 (Gosar & Šajn, 2001)

Jesenice - Povprečja in razponi vzorcev Ol-Of talnih horizontov iz okolice Jesenic; Averages and ranges of Ol-Of soil horizons from surroundings of Jesenice; n=44 (Šajn et al., 2000)

Mežica - Povprečja in razponi vzorcev tal (0-5 cm) iz mežiškega območja; Averages and ranges of soil samples (0-5 cm) from Mežica area; n=68 (Šajn, 2002)

začetka prejšnjega stoletja). Ostali rudniki so bili dosti manjši, obratovali pa so krajši čas.

Topilniške obrate, prikazane na sliki 2, smo prav tako razdelili na večje in manjše. Večje topilnice barvnih kovin so bile vezane predvsem na rudnike (Mežica, Idrija, Litija) in so nastale hkrati z njimi. Izjemi sta cinkarna v Celju, ki je predelovala večinoma uvoženo rudo ter Kidričevo, kjer aluminij pridobivajo iz uvoženega boksita. Nekatere manjše topilnice (Ajdovščina, Slovenska Bistrica) so predelovale uvoženi baker. Označili smo tudi topilniški obrat rudnika svinca v Rablju (Italija), ki je zaradi obmejne lege prav tako vplival na onesnaževanje našega ozemlja. Večje železarne se nahajajo na Jesenicah, Ravnah na Koroškem in Štorah (še obratujejo), opuščene pa v Bohinjski Bistrici ter Dvoru pri Žužemberku. Označili smo tudi manjše fužine, kjer so daljši ali krajši čas pridobivali železo. Na karto smo vnesli železarno v Škednju (Italija), ki leži ob meji in njen vpliv seže na slovensko ozemlje.

Posledice rudarjenja in topilništva na okolje

Geokemične raziskave skupine za geokemijo Geološkega zavoda Slovenije so v zadnjih letih usmerjene na območja velikih ko-

vinskih rudnikov. To sta predvsem rudnik živega srebra Idrija in rudnik svinca in cinka Mežica. V obeh so po več stoletnem pridobivanju nedavno prenehali s proizvodnjo.

Ocenjeno je, da se je v Idriji, v več kot 500 letih pridobivanja in predelave živosrebrve rude, kar približno 38.000 ton živega srebra med procesom pridobivanja izgubilo v okolju. Zato se je daleč okoli idrijskega ozemlja izoblikovala geokemična avreola razprševanja živega srebra, ki je delno geogena, še bolj pa tehnogena. Njene značilnosti in razsežnosti na podlagi vsebnosti živega srebra v zraku, sedimentih, tleh in podstrešnem prahu raziskujemo na Geološkem zavodu Slovenije že dobrih 10 let (Gosar, 1997; Gosar et al., 1997a; Gosar et al., 1997b; Biester et al., 1999; Biester et al., 2000; Gosar & Šajn, 2001).

Na območju Mežice smo na podlagi kemičnih analiz vzorcev tal in podstrešnega prahu izdelali prostorske porazdelitve za posamezne geokemične združbe ter ločili naravne geokemične porazdelitve prvin od antropogeno povzročenih. V raziskavah smo upoštevali 20 kemičnih prvin. Določili smo 3 naravne geokemične združbe ter antropogeno povzročeno združbo (svinec in cink), ki kaže vpliv rudniške in topilniške dejavnosti (Šajn et al., 2000; Šajn, 2002; Vreča et al., 2001).

Zanimiva je študija vpliva cinkarne Celje na okolje (Šajn, 2001). Veliko pozornost smo posvetili tudi črni metalurgiji. V preteklem desetletju smo preučevali vpliv železarn na območju Jesenic (Šajn et al., 1999), Štor (Šajn, 2001) in Raven na Koroškem (Šajn, 2002; Žibret, 2002).

Povprečja in razponi porazdelitve kemičnih prvin na območju celotne Slovenije ter na območjih opravljenih geokemičnih raziskav so prikazani v tabeli 1. Na omenjenih raziskanih območjih smo ocenili, da je skupno na približno 80 km² presežena kritična mejna vrednost vsaj ene težke kovine v tleh (Uradni List RS, 1996) in sicer: na območju Celja na 18 km², Idrije na 22 km², Jesenic na 14 km² ter Mežice na 26 km².

Zaključek

Bodoče geokemične raziskave bodo usmerjene v okolico manjših opušenih rudnikov, metalurških obratov ter pripadajočih odlagališč rudniške jalovine ali topilniških žlinder. Cilj teh raziskav bo ocena geokemičnega stanja v okolici opušenih rudnikov ali rudniških obratov in sicer: ocena predcivilizacijskega stanja kemičnih lastnosti geološkega okolja, ocena antropogene obremenitve okolja zaradi rudarstva in predelave mineralnih surovin. Študije bodo namenjene tudi proučevanju antropogenega vnosa težkih kovin kot so: kadmij, baker, živo srebro, svinec in cink v površinske materiale, med katerimi omenimo zlasti tla in neposredno človekovo okolje, kar se odraža v vsebnosti omenjenih prvin v bivalnem prahu.

Posebej intenzivno bomo vključili nove principe in metodologije sodobnih geokemičnih raziskav regionalnega in detajlnega merila namenjenih predvsem ločevanju sedanjega in pred-civilizacijskega, naravnega stanja.

Rezultati raziskav bodo prispevali k oceni potencialne ranljivosti in ogroženosti ozemelj v bližini opušenih rudniških in metalurških obratov ter odlagališč jalovine in metalurških žlinder. Metodologija raziskav pa bo nedvomno zanimiva tudi za širšo javnost.

Na koncu lahko omenimo, da bodo imeli izsledki tudi znaten aplikativni pomen, zlasti v problematiki ohranjanja okolja, za ugotavljanje vplivov na zdravje ljudi in živali, vplivov na kmetijstvo in gozdarstvo, za načrtovanje rabe prostora in gospodarjenja z vodnimi viri.

Literatura

- Biester, H., Gosar, M. & Covelli, S. 2000: Mercury speciation in sediments affected by dumped mining residues in the drainage area of the Idrija mercury mine, Slovenia. - *Environ. Sci. Technol.*, 34/16, 3330-3336, Washington.
- Biester, H., Gosar, M. & Müller, G. 1999: Mercury Speciation in Tailings of the Idrija Mercury Mine. - *Journal of Geochemical Exploration*, 65/3, 195-204, Amsterdam.
- Češmiga, I. 1959: Rudarstvo LR Slovenije. Nova proizvodnja, 267 str., Ljubljana
- Drovenik, F., Drovenik, M., Premru, U., Miklič, F., Bidovec, M. & Karer, M. 1980: Metalogenetska karta SR Slovenije. Geološki zavod Ljubljana in Raziskovalna skupnost Slovenije, Ljubljana.
- Drovenik, M., Pleničar, M. & Drovenik, F. 1980: Nastanek rudišč v SR Sloveniji. - *Geologija* 23, 1-159, Ljubljana.
- Florjančič, A. P. s sodelavci 2000: Rudnik urana Žirovski vrh. - Didakta, 416 str., Radovljica.
- Gosar, M. 1997: Živo srebro v sedimentih in zraku na ozemlju Idrije kot posledica orudenja in rudarjenja. - Doktorska disertacija, Naravoslovnotehniška fakulteta, Univerza v Ljubljani, 125 str., Ljubljana.
- Gosar, M., Pirc, S., Šajn, R., Bidovec, M., Mashyanov, N.R. & Sholupov, S.E., 1997a: Distribution of mercury in the atmosphere over Idrija, Slovenia. - *Environ. geochem. health*, 19, 101-110, London.
- Gosar, M., Pirc, S. & Bidovec, M. 1997b: Mercury in the Idrija river sediments as a reflection of mining and smelting activities of the mercury mine Idrija. - *Journal of Geochemical Exploration*, 58, 125-131, Amsterdam.
- Gosar, M. & Šajn, R. 2001: Mercury in soil and attic dust as a reflection of Idrija mining and mineralization (Slovenia). - *Geologija*, 44, 137-159, 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.
- Šajn, R. 1999: Geokemične lastnosti urbanih sedimentov na ozemlju Slovenije. - Geološki zavod Slovenije, 136 str., 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., Gosar, M. & Bidovec, M. 2000: Geokemične lastnosti tal, poplavnega sedimenta ter stanovanjskega in podstrešnega prahu na območju Mežice. - *Geologija*, 43, 235-245, Ljubljana.
- Tržan, B. 1989: Pohorje - prazgodovinski rudarski revir. *Časopis za zgodovino in narodopisje* 2, 238-260, Maribor.
- Vreča, P., Pirc, S. & Šajn, R. 2001: Natural and anthropogenic influences on geochemistry of soils in barren and mineralized carbonate terrans. - *Journal of Geochemical Exploration* 74, 99-108, Amsterdam.
- Žibret, G. 2002: Masna bilanca težkih kovin na območju Celja. *Geologija*, 45/2, 613-618, Ljubljana.