



GEOLOŠKI ZAVOD SLOVENIJE

Dimičeva ulica 14, 1000 Ljubljana

POROČILO

3. FAZE PROJEKTA

»IZDELAVA POPISA ZAPRTIH OBJEKTOV ZA RAVNANJE Z ODPADKI IZ RUDARSKIH IN DRUGIH DEJAVNOSTI IZKORIŠČANJA MINERALNIH SUROVIN«

pogodba št. 2330-13-000128

**NAROČNIK: Republika Slovenija – Ministrstvo za kmetijstvo in okolje,
Dunajska c. 22, 1000 Ljubljana
Davčna št.: 31162991
Matična št.: 2399253000**

Arhiv.št.:

Datum: februar 2014

Avtorji: doc.dr. Mateja Gosar, univ.dipl.inž.geol.
dr. Robert Šajn, univ.dipl.inž.geol.
dr. Miloš Miler, univ.dipl.inž.geol.

Sodelavci: dr. Miloš Markič, univ.dipl.inž.geol.
dr. Magda Čarman, univ.dipl.inž.geol.

Pregledala: dr. Duška Rokavec, univ.dipl.inž.geol.

Vodja OE: dr. Duška Rokavec, univ.dipl.inž.geol.

Direktor: doc.dr. Marko Komac, univ.dipl.inž.geol.

V prvi fazi projekta smo izbrali lokacije zaprtih rudnikov, premogovnikov in nahajališč, katerih zaprta odlagališča odpadkov bi lahko povzročila resne negativne vplive na okolje ali utegnila srednjeročno ali kratkoročno postati resna grožnja za okolje ali zdravje ljudi. Izbor je potekal na podlagi kriterijev, ki se nanašajo (opisujejo) na tri kategorije: kemično in fizično stanje vira, potencialne transportne poti za onesnaževala ter prejemnike le-teh (Stanley et al., 2011). Ti kriteriji si hierarhično sledijo in so posebej prilagojeni vsakemu tipu nahajališča. Od zaprtih kovinskih rudnikov se je v drugo fazo uvrstilo **16 rudnikov** (Škofje – Cerčno, Marija Reka, Rudnik živega srebra Idrija, Sv. Ana – Podljubelj, Remšnik (Drauwald), Pleše pri Škofljici, Knapovže pri Medvodah, Bohor – Ledina, Puharje pri Šoštanju, Rudnik Litija, Rudnik svinca in cinka Mežica, Tržišče, Lepa njiva, Trojane – Znojile, Rudnik urana Žirovski vrh in Železno pri Celju). Od obravnavanih 44 premogovnikov se je v drugo fazo uvrstilo **7 premogovnikov** (Zagorje, Trbovlje, Hrastnik, Laško, Senovo, Kočevje, Kanižarica). Od treh evidentiranih podzemnih rudnikov nekovinskih mineralnih surovin se v drugo fazo ni uvrstil nobeden. Od 48 zaprtih dnevnih kopov nekovinskih mineralnih surovin, se je v drugo fazo uvrstilo **15 lokacij**.

V drugi fazi projekta smo na vseh lokacijah, ki so se uvrstile v drugo fazo, zbrali razpoložljive podatke o vseh zaprtih in opuščenih odlagališčih. V kolikor razpoložljivi podatki o odlagališčih niso bili zadostni, za utemeljeno uvrstitev v tretjo fazo oziroma za oceno morebitnih srednjeročnih ali kratkoročnih negativnih vplivov teh odlagališč na okolje ali zdravje ljudi, smo si odlagališča ogledali na terenu in pridobili potrebne terenske podatke.

Glede na zbrane podatke o odlagališčih in v skladu z zgoraj omenjeno metodologijo se je v 3. fazo uvrstilo:

- 61 odlagališč kovinskih rudnikov iz območij rudnikov: Škofje – Cerčno (3), Idrija (14), Sv. Ana – Podljubelj (1), Pleše (2), Litija (7), Mežica (32) in Žirovski vrh (2);
- 17 odlagališč premogovnikov: Zagorje (1), Trbovlje–Hrastnik (10), Laško (2), Senovo (2), Kočevje (1), Kanižarica (1).

V 3. fazi smo na zgoraj predvidenih območjih opravili potrebne analize, da bi ugotovili ali bi navedena odlagališča odpadkov lahko povzročila resne negativne vplive na okolje ali bi morda lahko srednjeročno ali kratkoročno postala resna grožnja za okolje ali zdravje ljudi. Ugotavljali smo vpliv **onesnaževanja** ter **geomehansko stabilnost**.

ONESNAŽEVANJE

Da bi ocenili vplive odlagališč kovinskih rudnikov na onesnaževanje okolja, smo izvedli sistematično vzorčenje potočnih oz. rečnih sedimentov. Vzeli smo vzorec sedimenta pod odlagališčem (500 m do 1 km odvisno od možnosti na terenu), nadalje smo vzeli vzorec v večjem vodotoku, po dotoku iz odlagališča. V vzorcih smo tudi sledili vsebnosti v sedimentih v glavnem vodotoku, v katerega se izlivajo dotoki iz odlagališč. Tako smo na območju naslednjih rudnikov vzeli število spodaj navedenih vzorcev:

- Škofje – Cerčno 7 vzorcev sedimentov,
- Idrija 8 vzorcev sedimentov
- Pleše 5 vzorcev sedimentov,
- Litija 7 vzorcev sedimentov,
- Mežica 23 vzorcev sedimentov,
- Žirovski vrh 5 vzorcev sedimentov,
- Sv. Ana – Podljubelj, uporabili smo podatke 5 vzorčnih točk sedimentov, ki so navedeni v monografiji »*Opuščeni rudnik živega srebra v Podljubelju in njegovi vplivi na okolje = Environmental impacts of abandoned mercury mine in Podljubelj*« (Teršič et al., 2006)

Poleg tega smo na nekaterih največjih odlagališčih vzeli tudi material na odlagališču. Tako smo na območju naslednjih rudnikov vzeli število spodaj navedenih vzorcev:

- Pleše 1 vzorec odlagališča (K-19/9),
- Litija 2 vzorca odlagališč (K-25/23, K-25/25),
- Mežica 5 vzorcev odlagališč K-26/12 (Štoparjeva halda), K-26/17 (Igrče), K-26/22-1 (Kavšak), K-26/22-2 (Kavšak), K-26/30 (Fridrih)
- Sv. Ana – Podljubelj, uporabili smo podatke 1 vzorčne točke odlagališča, ki so navedeni v monografiji »*Opuščeni rudnik živega srebra v Podljubelju in njegovi vplivi na okolje = Environmental impacts of abandoned mercury mine in Podljubelj*« (Teršič et al., 2006)

Vzorčenje potočnih sedimentov je potekalo v zadnji četrtini leta 2013. Skupno je bilo odvzetih 55 vzorcev potočnih sedimentov (+ podatki 5 vzorcev iz okolice Podljubelja (Teršič

et al., 2006)). Na vsaki lokaciji je bil pobran sediment na petih mestih v medsebojni razdalji 5 do 10 metrov. Tako dobljen kompozitni vzorec je tehtal 1 do 2 kilograma.

Zračno suhe vzorce sedimentov in materiala iz odlagališč smo presejali na sitih iz nerjaveče jeklene sitovine. S sejanjem smo pripravili frakcijo ($< 0,125$ mm) za kemične analize. Kemična analiza vzorcev potočnih sedimentov in materiala iz odlagališč je bila opravljena v laboratoriju ACME Analytical Laboratories Ltd. v Vancouvru v Kanadi. Za določitev vsebnosti 11 elementov (As, Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Mo, Ni, Pb, Zn) je bilo 15 g (izjemoma 3 vzorci, 0,5 g, ker nismo pridobili dovolj materiala $< 0,125$ mm) vzorca prelito z zlatotopko (mešanica kislin HCl, HNO₃ in H₂O v razmerju 3:1:2), eno uro segrevano na 95 °C in potem primerno razredčeno z destilirano vodo. Vsebnost prvin v raztopini so nato določili s plazemsko emisijsko spektroskopijo (ICP-MS ali ICP-ES).

Na osmih, že prej navedenih, vzorcih materiala iz odlagališč so bili opravljeni tudi **izluževalni testi**. Za izluževanje smo pripravili suhe in pod 4 mm presejane vzorce. Izlužki so bili pripravljene po standardu SIST EN 12457-4, ki je po zakonodaji predviden za odpadke. V izlužkih so bile določene vsebnosti naslednjih elementov: As, Ba, Cd, Cr, Cu, Mo, Ni, Pb, Sb, Se, Zn. Izluževalni testi so bili opravljeni v ERIC-u, Velenje.

Na devetnajstih vzorcih sedimentov frakcije $< 0,125$ mm, odvzetih neposredno pod odlagališči, je bila opravljena analiza z vrstičnim elektronskim mikroskopom z energijsko disperzijsko spektroskopijo (SEM/EDS). S SEM/EDS analizo so bile določene kemična in mineralna sestava, povprečna velikost ter število kovinskih delcev na površino vzorca (**št. delcev/cm²**). Vsak vzorec je bil dobro homogeniziran, potresen na dvostranski karbonski trak, nprašen z zlatom in analiziran s SEM/EDS pri napetosti 20 kV. Pregledane površine vzorcev so bile med 5,9 in 18,4 mm², v katerih so bili analizirani vsi kovinski delci. Njihovo število pa je bilo preračunano na cm². Mineralna sestava kovinskih delcev je bila ocenjena iz atomskih razmerij sestavnih elementov in primerjavo s podatkovno bazo mineralov. SEM/EDS analiza je bila opravljena na Geološkem zavodu Slovenije.

VSEBNOSTI KOVIN V SEDIMENTIH

Vsebnosti 11 elementov potencialno škodljivih elementov (PHE- potentially harmful elements) (As, Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Mo, Ni, Pb, Zn) v obravnavanih vzorcih sedimentov so podani v tabeli 1.

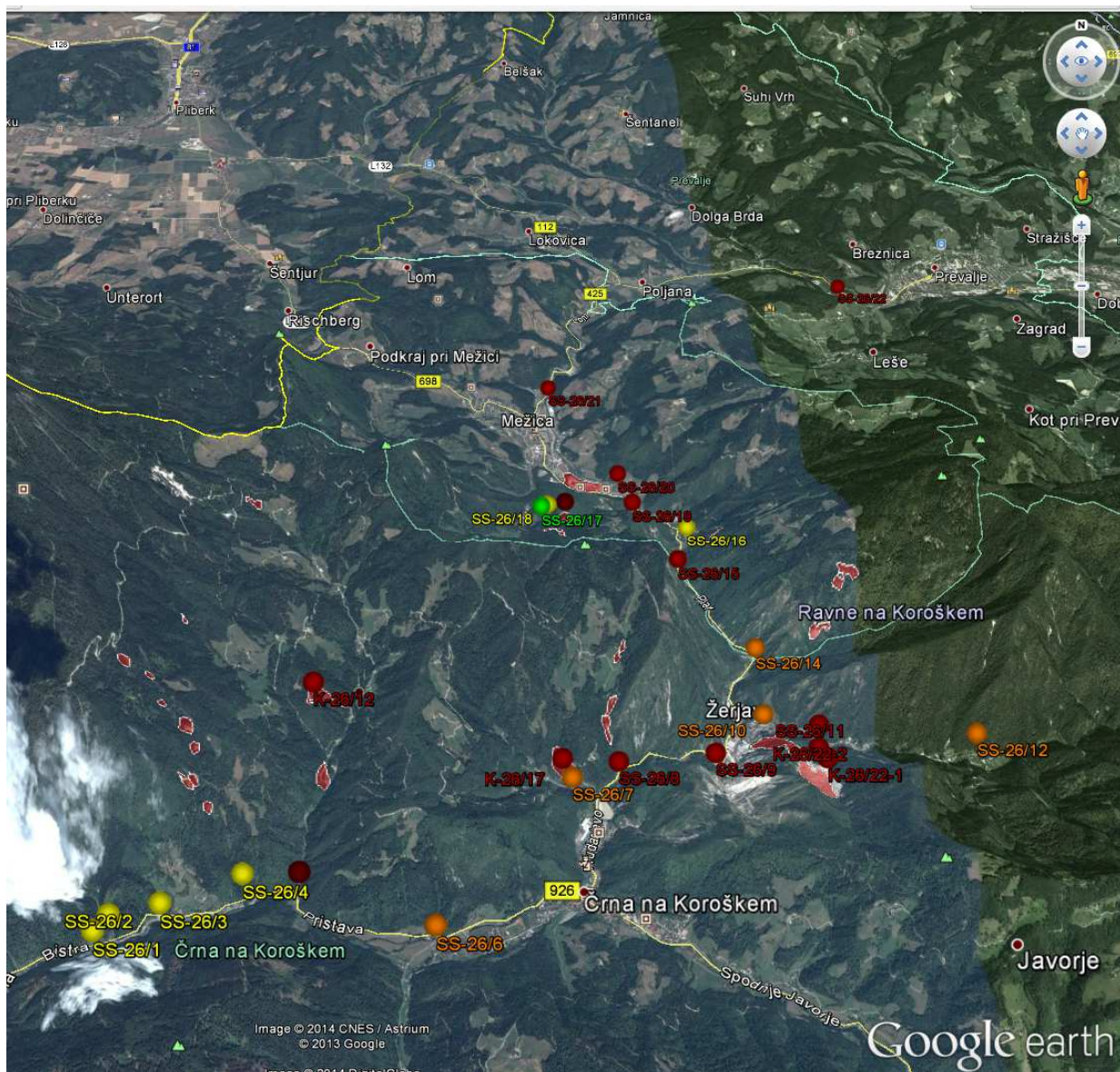
Za kadmij (Cd), baker (Cu), nikelj (Ni), svinec (Pb), cink (Zn), krom (Cr), živo srebro (Hg), kobalt (Co), molibden (Mo) in arzen (As) so v Uredbi o mejnih, opozorilnih in kritičnih imisijskih vrednostih nevarnih snovi v tleh (Ur. list RS 68/96) podane normativne vrednosti. **Mejna imisijska vrednost** je gostota posamezne nevarne snovi v tleh, ki pomeni takšno obremenitev tal, da se zagotavljajo življenjske razmere za rastline in živali, in pri kateri se ne poslabšuje kakovost podtalnice ter rodovitnost tal. Pri tej vrednosti so učinki ali vplivi na zdravje človeka ali okolje še sprejemljivi. **Opozorilna imisijska vrednost** je gostota posamezne nevarne snovi v tleh, ki pomeni pri določenih vrstah rabe tal verjetnost škodljivih učinkov ali vplivov na zdravje človeka ali okolje. **Kritična imisijska vrednost** je gostota posamezne nevarne snovi v tleh, pri kateri zaradi škodljivih učinkov ali vplivov na človeka in okolje onesnažena tla niso primerna za pridelavo rastlin, namenjenih prehrani ljudi ali živali ter za zadrževanje ali filtriranje vode (Ur. list RS 68/96). Opozorilne vrednosti in kritična vrednost so identične vrednostim po t.i. nizozemski listi »The New Dutch list« (MHSPE, 2014), ki velja tako za **tla** kot tudi za **sedimente** in se jo uporablja tudi v EU. V t.i. nizozemski listi so podane tudi mejne vrednosti za barij Ba, ki v slovenski zakonodaji niso definirane. V tabeli navajamo mejne in kritične vrednosti v skladu z zgoraj omenjeno zakonodajo.

Za lažje vrednotenje in razumevanje podatkov v tabeli 2 smo številčne podatke obarvali z različnimi barvami ustrezno z mejnimi vrednostmi, ki so podane v slovenski zakonodaji za tla (Uradni list, 1996) in t.i. nizozemski listi »The New Dutch list« (MHSPE, 2014), ki velja tako za tla kot tudi za sedimente in se jo uporablja tudi v EU. S črno barvo so obarvane vsebnosti po mejno vrednostjo, z **modro** vsebnosti med mejno in kritično, z **rdečo** ne-odebeljeno vsebnosti nad kritično in pod 2x kritično vrednostjo in **odebeljeno rdeče** vsebnosti nad 2x kritično vrednostjo.

Tabela 1: Mejne in kritične vsebnosti v tleh in sedimentih (Ur. list RS 68/96; MHSPE, 2014)

	Tla / Sediment Soil / Sediment	
Onesnažilo / Contaminant	mejna vrednost / optimum (target) value (mg/kg)	kritična vrednost / action (intervention) value (mg/kg)
As	29	55
Ba	200	625
Cd	0.8	12
Cr	100	380
Co	20	240
Cu	36	190
Pb	85	530
Mo	10	200
Ni	35	210
Hg	0.3	10
Zn	140	720

Podrobni rezultati analiz so podani v aplikaciji Google Earth. Z zeleno barvo so obarvane vsebnosti pod mejno vrednostjo, z rumeno vsebnosti med mejno in kritično, z **oranžno** vsebnosti nad kritično in pod 2x kritično vrednostjo in **rdeče** vsebnosti nad 2x kritično vrednostjo. Na spodnji sliki 1 je prikaz vplivnega območja rudnika Mežica z rdeče obarvanimi poligoni odlagališč in s prikazanimi vzorci sedimenta z barvami glede na vsebnost Pb.



Slika 1: Vplivno območja rudnika Mežica z rdeče obarvanimi poligoni odlagališč in s prikazanimi vzorci sedimenta z barvami glede na vsebnost Pb (glej besedilo).

Tabela 2: Vsebnosti As, Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Mo, Ni, Pb, Zn v vzorcih sedimentov

Vzorec / Sample	Rudno polje / Mine Field	Vodotok / Stream	Lon	Lat	As	Ba	Cd	Co	Cr	Cu	Hg	Mo	Ni	Pb	Zn
SS-26/1	Rudnik svinca in cinka Mežica	Meža	14.802220	46.466030	9.0	36	2.4	8.7	24.9	14.6	0.10	3.8	20.1	120	379
SS-26/2	Rudnik svinca in cinka Mežica	Topla	14.803470	46.467330	1.2	12	1.2	1.5	6.1	3.3	0.01	1.0	4.7	185	280
SS-26/3	Rudnik svinca in cinka Mežica	Meža	14.808280	46.468160	6.4	28	1.4	7.0	18.3	11.4	0.04	1.7	16.7	93	288
SS-26/4	Rudnik svinca in cinka Mežica	Tributary	14.816040	46.470540	7.6	34	1.7	11.3	21.8	34.5	0.05	0.4	36.2	211	245
SS-26/5	Rudnik svinca in cinka Mežica	Helenski p.	14.821610	46.470920	33.7	53	102.9	4.3	17.6	28.4	0.15	149.0	15.1	9149	18200
SS-26/6	Rudnik svinca in cinka Mežica	Meža	14.834930	46.467390	7.7	33	5.6	6.6	21.5	12.4	0.16	14.1	14.9	887	805
SS-26/7	Rudnik svinca in cinka Mežica	Mušnik	14.850310	46.479270	6.7	28	5.4	2.1	7.4	8.5	0.02	15.8	6.6	815	656
SS-26/8	Rudnik svinca in cinka Mežica	Tributary	14.855192	46.481433	71.8	205	81.1	2.3	14.4	13.3	0.34	3310.0	9.1	46200	14500
SS-26/9	Rudnik svinca in cinka Mežica	Meža	14.866390	46.481730	13.1	150	7.2	11.5	30.6	24.7	0.85	33.3	21.9	1672	1235
SS-26/10	Rudnik svinca in cinka Mežica	Jazbinski p.	14.872750	46.485380	6.0	95	1.7	4.0	10.3	13.2	0.29	5.2	10.7	634	282
SS-26/11	Rudnik svinca in cinka Mežica	Tributary	14.877800	46.483470	23.7	307	103.9	1.1	7.2	10.5	0.10	17.7	6.7	3289	16600
SS-26/12	Rudnik svinca in cinka Mežica	Jazbinski p.	14.893800	46.481950	5.8	124	1.5	4.4	11.3	11.4	3.82	6.1	12.5	704	318
SS-26/13	Rudnik svinca in cinka Mežica	Jurinov g.	14.955430	46.468330	9.5	61	1.0	11.1	20.8	14.5	0.05	2.7	28.2	66	153
SS-26/14	Rudnik svinca in cinka Mežica	Hudi g.	14.873670	46.491620	11.3	193	5.1	1.6	6.8	3.4	0.01	55.5	7.1	879	928
SS-26/15	Rudnik svinca in cinka Mežica	Meža	14.867650	46.502200	27.6	124	14.7	9.1	28.3	42.9	0.19	104.3	21.8	7593	2665
SS-26/16	Rudnik svinca in cinka Mežica	Tributary	14.869790	46.506170	8.9	53	3.6	4.7	13.0	7.2	0.05	2.0	11.5	197	459
SS-26/17	Rudnik svinca in cinka Mežica	Junčarjev p.	14.850990	46.506300	2.0	12	1.1	0.7	3.8	2.4	0.03	3.8	3.6	69	155
SS-26/18	Rudnik svinca in cinka Mežica	Junčarjev p.	14.851800	46.506520	2.3	12	1.8	0.5	2.9	2.6	0.02	5.1	3.1	93	284
SS-26/19	Rudnik svinca in cinka Mežica	Junčarjev p.	14.863470	46.509060	20.6	285	25.5	1.2	6.2	8.8	0.04	122.1	5.2	4187	5834
SS-26/20	Rudnik svinca in cinka Mežica	Meža	14.862560	46.513230	17.1	119	8.0	9.3	25.2	30.8	0.79	70.2	21.9	4527	1337
SS-26/21	Rudnik svinca in cinka Mežica	Meža	14.855380	46.525740	24.6	132	23.0	8.7	26.9	35.0	0.13	112.5	19.5	7751	3728
SS-26/22	Rudnik svinca in cinka Mežica	Meža	14.903110	46.543070	37.9	128	30.1	10.3	44.0	54.3	0.79	361.3	25.3	23100	5083
SS-26/23	Rudnik svinca in cinka Mežica	Suhodolnica	15.071520	46.462370	5.0	31	0.2	5.5	20.1	9.7	0.12	1.4	16.8	23	48

Tabela 2 (nadaljevanje) : Vsebnosti As, Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Mo, Ni, Pb, Zn v vzorcih sedimentov

Vzorec / Sample	Rudno polje / Mine Field	Vodotok / River	Lon	Lat	As	Ba	Cd	Co	Cr	Cu	Hg	Mo	Ni	Pb	Zn
SS-25/1	Rudnik Litija	Reka	14.804880	46.044300	3.7	58	0.2	4.5	8.1	6.8	0.09	0.1	10.5	31	48
SS-25/2	Rudnik Litija	Tributary	14.830820	46.046430	22.6	1296	4.5	7.8	126.8	123.2	21.06	0.7	12.9	4900	1435
SS-25/3	Rudnik Litija	Tributary	14.833830	46.045850	16.6	289	8.4	6.9	68.9	271.1	80.00	2.9	19.7	12300	1926
SS-25/4	Rudnik Litija	Tributary	14.834290	46.046160	6.1	1122	0.6	4.9	33.0	18.3	4.31	0.3	10.7	915	162
SS-25/5	Rudnik Litija	Reka	14.837676	46.044477	3.8	235	0.2	5.0	9.8	12.1	0.33	0.2	12.7	91	70
SS-25/6	Rudnik Litija	Sava	14.864520	46.073270	4.5	50	0.2	3.9	11.6	11.5	0.39	0.4	13.6	30	45
SS-25/7	Rudnik Litija	Sava	14.816720	46.057390	5.0	23	0.1	4.8	11.0	11.2	0.12	0.4	15.7	19	48
SS-19/1	Pleše	Tributary	14.604100	45.995320	8.4	480	0.4	5.3	9.8	9.2	0.26	0.4	9.6	76	67
SS-19/2	Pleše	Tributary	14.604150	45.992530	8.4	2407	1.5	4.1	14.2	31.4	2.52	0.8	12.2	2287	659
SS-19/3	Pleše	Reberski p.	14.601220	45.989600	5.4	1590	0.7	1.7	6.5	8.0	1.03	0.4	5.6	1398	181
SS-19/4	Pleše	Reberski p.	14.588880	45.985260	9.6	1545	0.8	6.3	24.8	18.2	0.53	0.5	15.9	239	158
SS-19/5	Pleše	Škofeljščica	14.587360	45.984570	7.2	131	0.7	5.8	17.7	10.0	0.12	0.7	12.0	46	43
SS-30/1	Rudnik urana Žirovski vrh	Boršt	14.182112	46.088563	4.8	119	0.5	14.8	13.2	9.8	0.14	0.5	11.2	42	76
SS-30/2	Rudnik urana Žirovski vrh	Potoška gr.	14.177977	46.089767	8.0	46	0.2	10.0	12.7	17.6	0.36	0.6	20.4	31	67
SS-30/3	Rudnik urana Žirovski vrh	Brebovščica	14.167052	46.078610	4.5	100	0.2	7.7	12.7	16.5	3.22	0.4	17.0	31	61
SS-30/4	Rudnik urana Žirovski vrh	Brebovščica	14.159205	46.088720	6.1	95	0.3	7.7	15.9	16.1	2.63	0.5	18.8	32	67
SS-30/5	Rudnik urana Žirovski vrh	Brebovščica	14.155603	46.101502	5.5	78	0.3	7.3	12.9	14.5	2.55	0.5	16.7	38	82
SS-5/1	Škofje - Cerčno	Podplečica	14.025157	46.124681	11.6	48	0.2	14.6	15.6	118.7	0.39	0.6	36.9	31	116
SS-5/2	Škofje - Cerčno	Podplečica	14.031375	46.124814	10.7	50	0.2	13.6	16.3	94.9	0.69	0.6	32.8	32	97
SS-5/3	Škofje - Cerčno	Podplečica	14.041258	46.127481	9.0	41	0.2	11.1	14.1	57.6	1.20	0.6	23.9	29	94
SS-5/4	Škofje - Cerčno	Oresovka	14.012971	46.122579	4.0	63	0.2	7.3	8.7	27.1	0.24	0.3	27.6	25	80
SS-5/5	Škofje - Cerčno	Oresovka	14.005866	46.120115	14.3	30	0.1	18.7	26.3	36.9	0.25	0.6	41.3	30	98
SS-5/6	Škofje - Cerčno	Oresovka	13.991582	46.126022	14.6	53	0.2	15.8	20.0	39.0	0.85	0.7	35.3	33	102
SS-5/7	Škofje - Cerčno	Cerknica	13.999414	46.134492	9.0	28	0.1	4.9	6.0	14.6	0.59	0.6	11.2	32	65

Tabela 2 (nadaljevanje) : Vsebnosti As, Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Mo, Ni, Pb, Zn v vzorcih sedimentov

Vzorec / Sample	Rudno polje / Mine Field	Vodotok / River	Lon	Lat	As	Ba	Cd	Co	Cr	Cu	Hg	Mo	Ni	Pb	Zn
SS-8/1	Rudnik živega srebra Idrija	Idrija	14.026562	45.981907	2.8	84	0.1	2.9	4.9	4.1	8.01	0.4	4.2	25	27
SS-8/2	Rudnik živega srebra Idrija	Zala	14.036033	45.982034	9.4	37	0.2	5.7	11.6	12.9	0.99	0.9	12.7	21	51
SS-8/3	Rudnik živega srebra Idrija	Idrija	14.028539	46.001678	7.5	57	0.2	4.0	9.2	10.1	100.00	0.7	8.6	29	44
SS-8/4	Rudnik živega srebra Idrija	Nikova	14.027077	46.002349	2.8	61	0.2	4.4	15.3	34.9	270.00	1.9	17.8	60	161
SS-8/5	Rudnik živega srebra Idrija	Nikova	14.006044	45.998179	6.2	25	0.3	4.1	10.1	8.6	2.09	0.8	11.7	17	29
SS-8/6	Rudnik živega srebra Idrija	Idrija	14.028315	46.010189	0.1	49	0.5	5.8	6.4	10.5	820.00	0.1	18.9	35	43
SS-8/7	Rudnik živega srebra Idrija	Idrija	14.029071	46.021123	0.1	33	0.8	3.0	7.9	16.9	3540.00	0.1	24.1	61	85
SS-8/8	Rudnik živega srebra Idrija	Idrija	14.026345	46.032107	4.2	46	0.2	3.5	7.2	10.7	300.00	0.8	6.9	29	40
SS-9/1	Sv. Ana - Podljubelj	Mošenik	14.268801	46.416884	1.0	57	0.3	3.0	18.3	6.9	0.12	1.5	7.6	12	31
SS-9/2	Sv. Ana - Podljubelj	Mošenik	14.273730	46.409151	18.0	142	0.3	4.0	19.5	10.3	1.04	4.7	6.9	17	43
SS-9/3	Sv. Ana - Podljubelj	Mošenik	14.277367	46.402580	17.0	132	0.4	3.0	20.5	10.2	1.01	4.6	7.5	18	43
SS-9/4	Sv. Ana - Podljubelj	Mošenik	14.287549	46.391721	4.0	99	0.1	3.0	17.8	6.0	0.64	1.6	10.0	10	27
SS-9/5	Sv. Ana - Podljubelj	Tributary	14.270089	46.411009	17.0	210	0.4	4.0	18.1	10.4	1.36	4.3	7.3	19	46

S črno barvo so obarvane vsebnosti pod mejno vrednostjo, z modro vsebnosti med mejno in kritično, z rdečo ne-odebeljeno vsebnosti nad kritično in pod 2x kritično vrednostjo in odebeljeno rdeče vsebnosti nad 2x kritično vrednostjo.

Na spodnjih slikah in v tabeli 3 so prikazane vsebnosti prvin v sedimentih (1 vzorec ali povprečje več vzorcev) vodotokov, ki odvodnjavajo eno ali skupino odlagališč, katerih oznake so navedene pod stolpcem. V primerih, ko vplivov posameznih odlagališč na vsebnosti potencialno toksičnih elementov v sedimentu najbližjih vodotokov ni bilo možno ločiti med seboj zaradi majhne razdalje med njimi, so bile obravnavane skupine odlagališč. V grafih so s polno črno pobarvanimi stolpci označeni sedimenti, ki za več kot 2x presegajo kritično vrednost za posamezno prvino.

2x vsebnost kritične vrednosti za **Ba** presegajo sedimenti vodotoka, ki odvodnjava odlagališča na območju Pleš: K-19/9-10 (Pleše Čelo(9), Pleše Čelo(10)).

2x vsebnost kritične vrednosti za **Cd** presegajo sedimenti vodotoka, ki odvodnjava naslednja odlagališča na območju rudnika Mežica: K-26/12, 13, 18, 19, 20, 21, 22, 28, 30.

2x vsebnost kritične vrednosti za **Hg** presegajo sedimenti vodotoka, ki odvodnjava odlagališča na območju Idrije (K-8/1-14) in odlagališča (K-25/22-27) na območju Litije.

2x vsebnost kritične vrednosti za **Mo** presegajo sedimenti vodotoka, ki odvodnjava 4 odlagališča (K-26/18-21) na območju rudnika Mežica: K-26/18 (Unionski odval), K-26/19 (Matjaževo odlagališče), K-26/20 (Svitni) in K-26/21 (Frančišek).

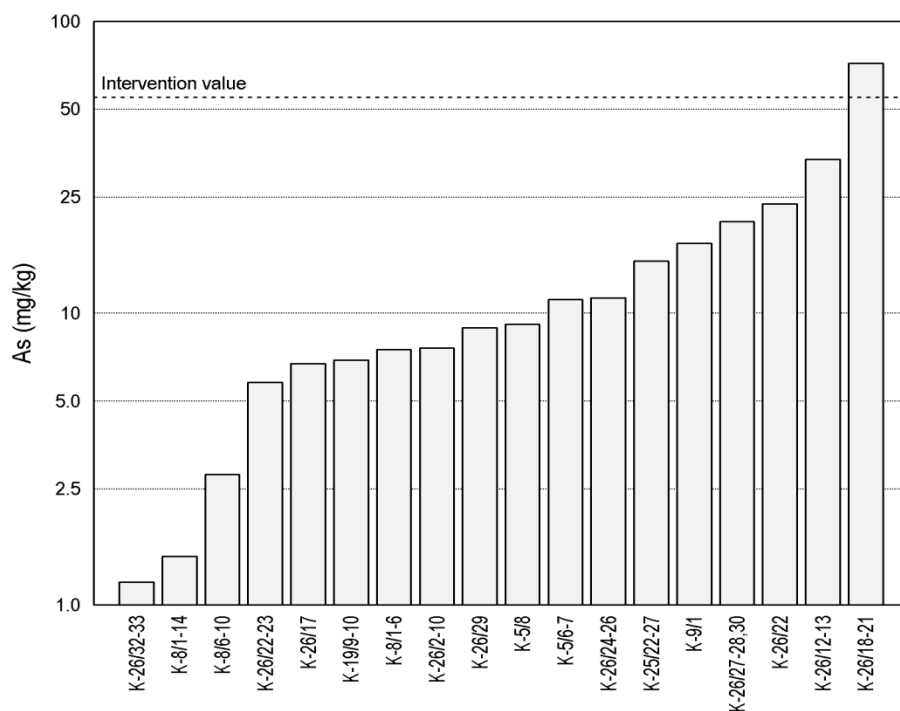
2x vsebnost kritične vrednosti za **Pb** presegajo sedimenti vodotoka, ki odvodnjava nekatera odlagališča na območju **Mežice** (K-26/12, 13, 18, 19, 20, 21, 22, 27, 28, 30), **Litije** (K-25/22-27) in **Pleš** (K-19/9-10).

2x vsebnost kritične vrednosti za **Zn** presegajo sedimenti vodotoka, ki odvodnjava nekatera odlagališča na območju **Mežice** (K-26/12, 13, 18, 19, 20, 21, 22, 27, 28, 30).

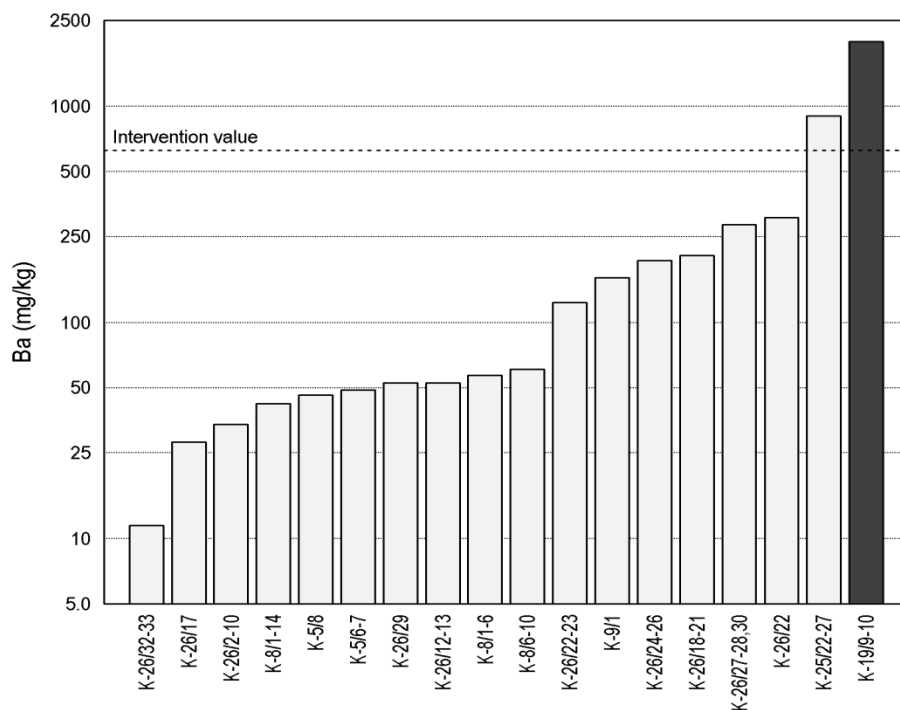
Glede na več kot 2x preseženo kritično vsebnost katerekoli od obravnavanih prvin v sedimentih vodotoka, ki odvodnjava odlagališča, pomembno vplivajo na onesnaževanje okolja naslednja odlagališča:

- na območju **Mežice** (K-26/12, 13, 18, 19, 20, 21, 22, 27, 28, 30),
- na območju **Idrije** (K-8/1-14),

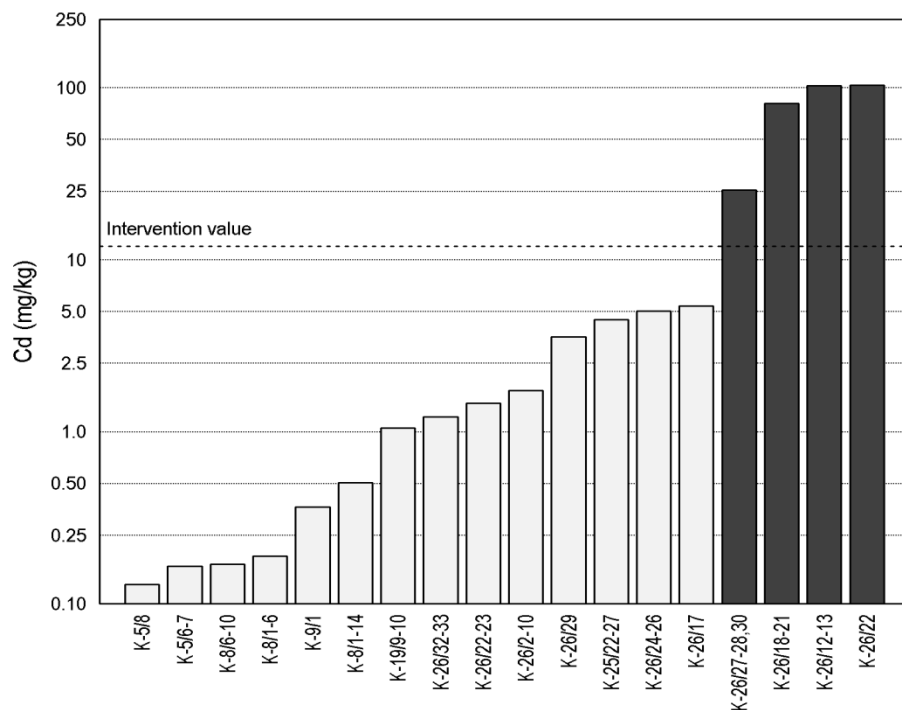
- na območju **Litije (K-25/22-27)**,
- na območju **Pleš (K-19/9-10)**.



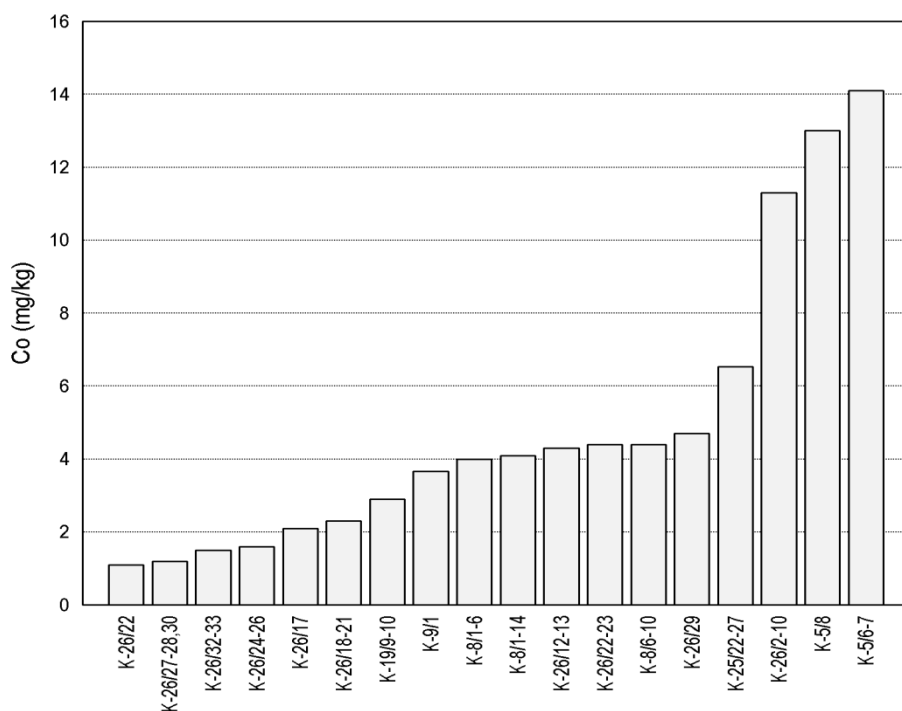
Slika 2: As v sedimentih vodotokov, ki spirajo material iz odlagališč, ki so navedeni pod stolpcem



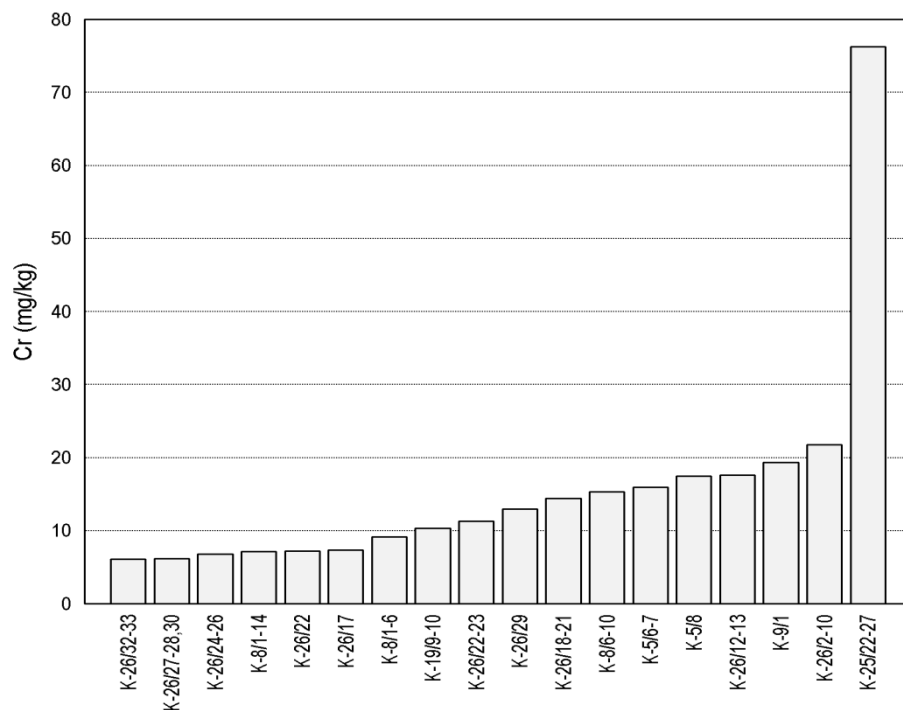
Slika 3: Ba v sedimentih vodotokov, ki spirajo material iz odlagališč, ki so navedeni pod stolpcem



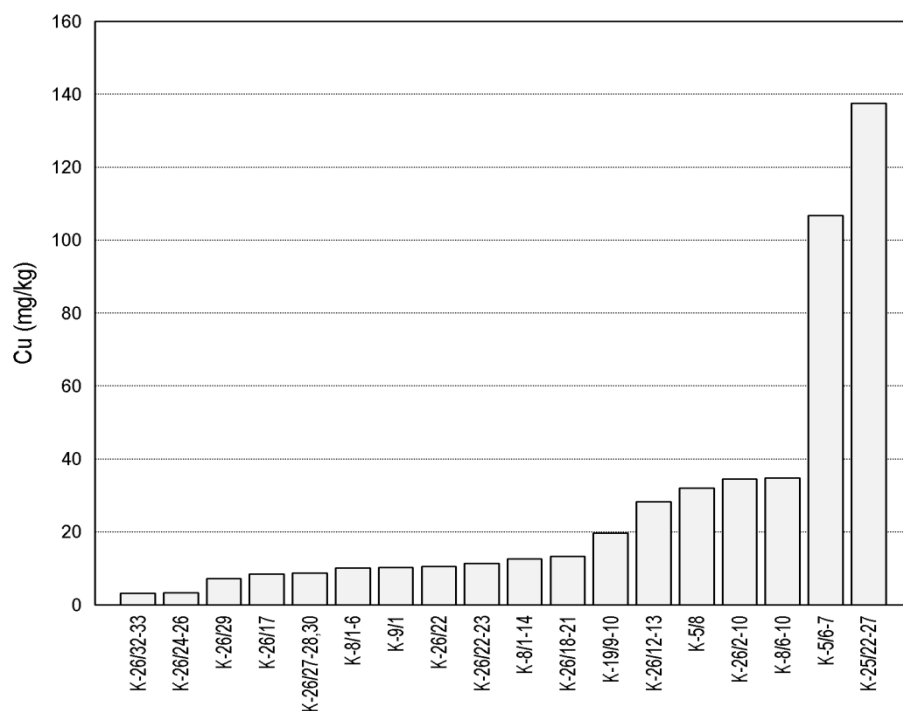
Slika 4: Cd v sedimentih vodotokov, ki spirajo material iz odlagališč, ki so navedeni pod stolpcem



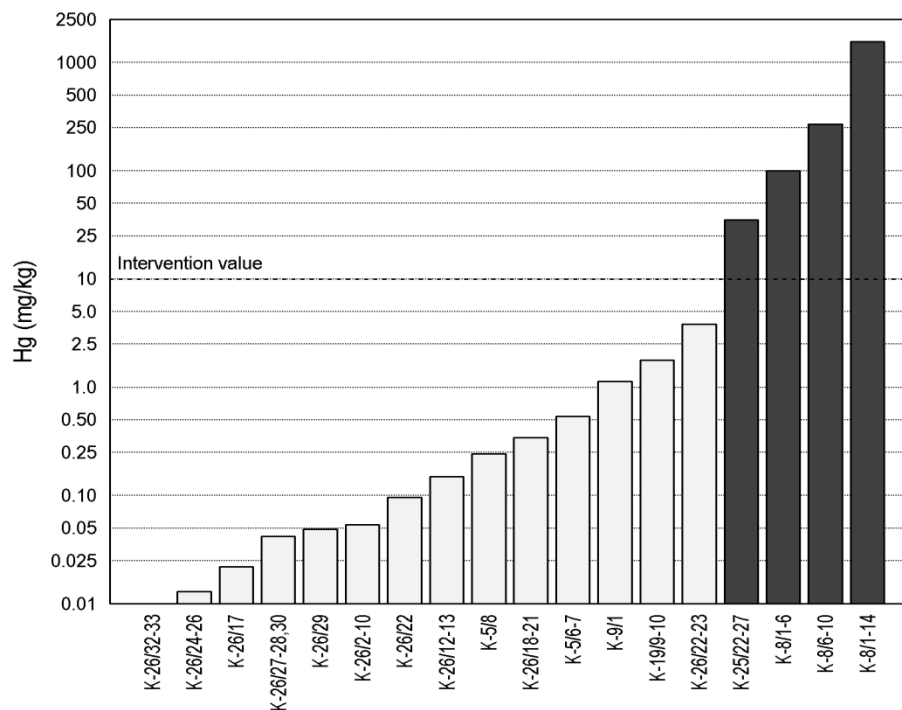
Slika 5: Co v sedimentih vodotokov, ki spirajo material iz odlagališč, ki so navedeni pod stolpcem



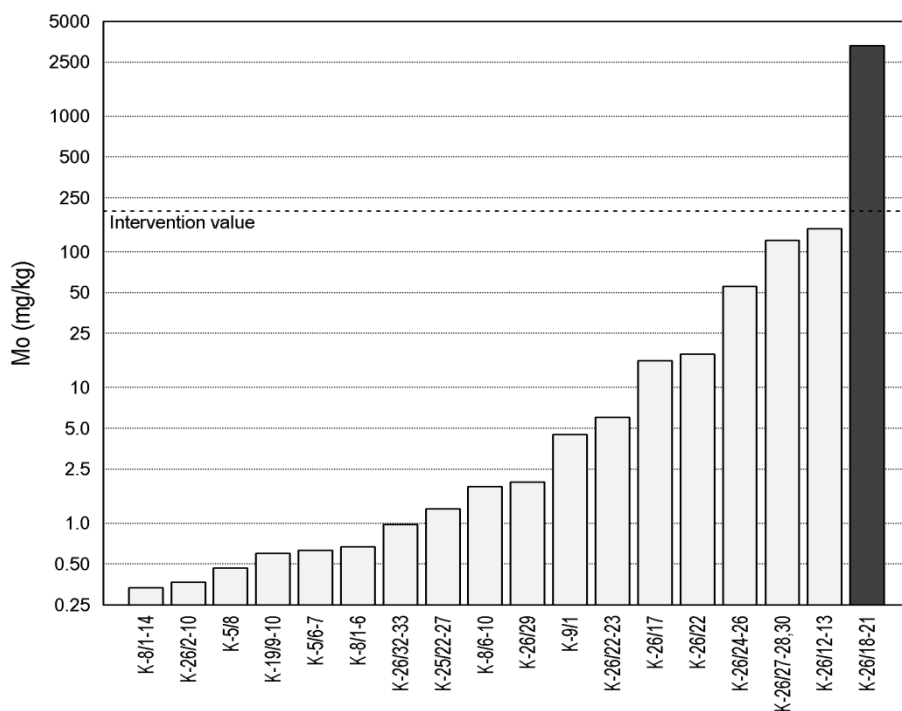
Slika 6: Cr v sedimentih vodotokov, ki spirajo material iz odlagališč, ki so navedeni pod stolpcem



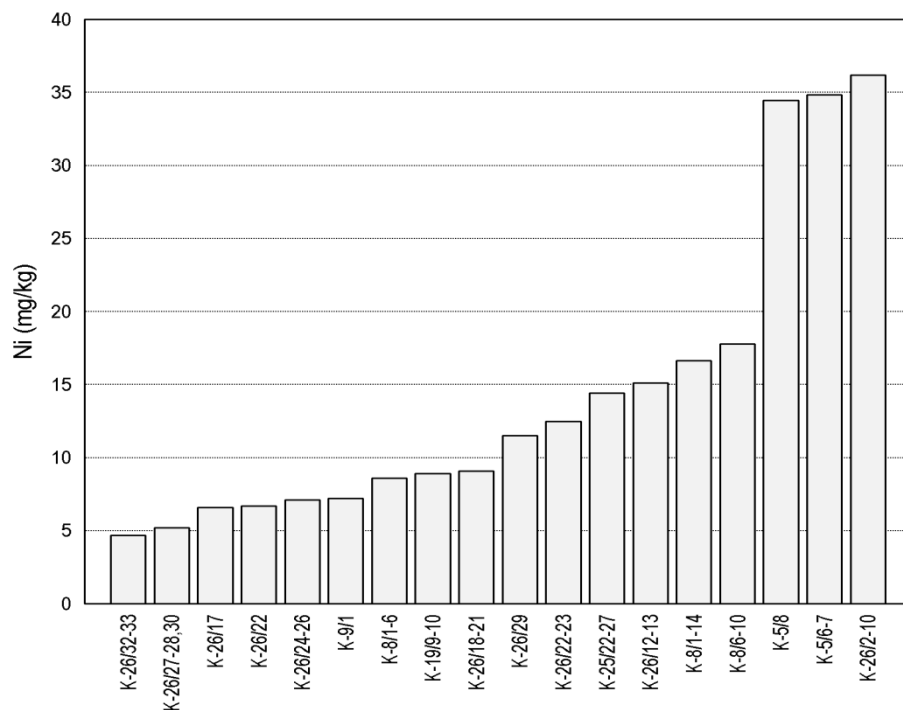
Slika 7: Cu v sedimentih vodotokov, ki spirajo material iz odlagališč, ki so navedeni pod stolpcem



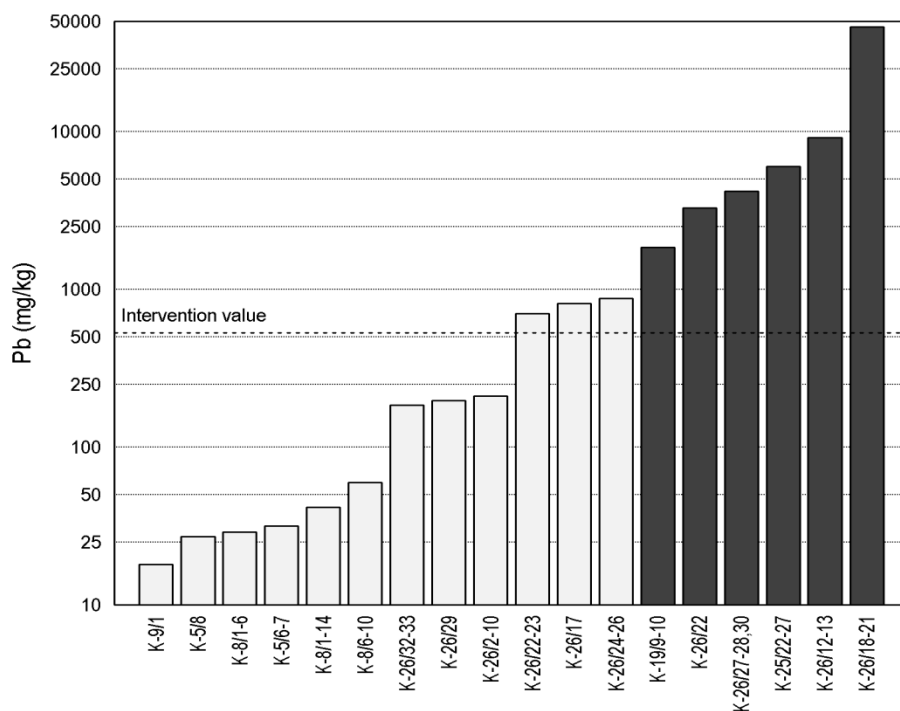
Slika 8: Hg v sedimentih vodotokov, ki spirajo material iz odlagališč, ki so navedeni pod stolpcem



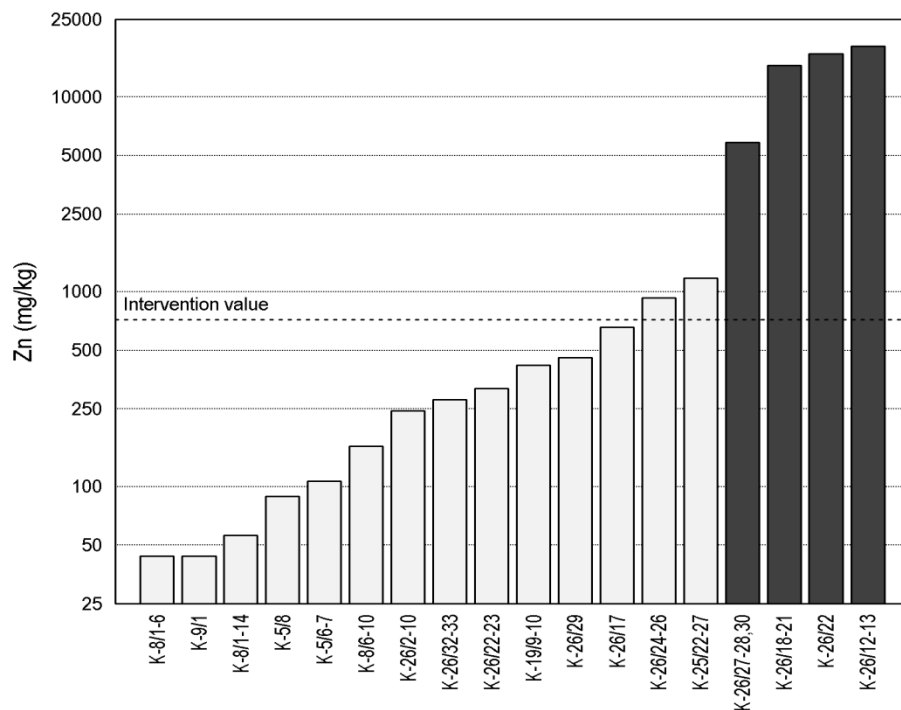
Slika 9: Mo v sedimentih vodotokov, ki spirajo material iz odlagališč, ki so navedeni pod stolpcem



Slika 10: Ni v sedimentih vodotokov, ki spirajo material iz odlagališč, ki so navedeni pod stolpcem



Slika 12: Pb v sedimentih vodotokov, ki spirajo material iz odlagališč, ki so navedeni pod stolpcem



Slika 13: Zn v sedimentih vodotokov, ki spirajo material iz odlagališč, ki so navedeni pod stolpcem

Tabela 3: Vsebnosti As, Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Mo, Ni, Pb, Zn sedimentu (1 vzorec ali povprečje 2-3 vzorcev) vodotoka, ki odvodnjava odlagališča

Vzorci/ Samples	Rudno polje / Mine Field	Vodotok / River	Odlagališča/W. Deposit	As	Ba	Cd	Co	Cr	Cu	Hg	Mo	Ni	Pb	Zn
SS-26/2	Rudnik svinca in cinka Mežica	Topla	K-26/32-33	1.2	12	1.2	1.5	6.1	3.3	0.01	1.0	4.7	185	280
SS-26/4	Rudnik svinca in cinka Mežica	Tributary	K-26/2-10	7.6	34	1.7	11.3	21.8	34.5	0.05	0.4	36.2	211	245
SS-26/5	Rudnik svinca in cinka Mežica	Helenski p.	K-26/12-13	33.7	53	102.9	4.3	17.6	28.4	0.15	149.0	15.1	9149	18200
SS-26/7	Rudnik svinca in cinka Mežica	Mušenik	K-26/17	6.7	28	5.4	2.1	7.4	8.5	0.02	15.8	6.6	815	656
SS-26/8	Rudnik svinca in cinka Mežica	Tributary	K-26/18-21	71.8	205	81.1	2.3	14.4	13.3	0.34	3310.0	9.1	46200	14500
SS-26/11	Rudnik svinca in cinka Mežica	Tributary	K-26/22	23.7	307	103.9	1.1	7.2	10.5	0.10	17.7	6.7	3290	16600
SS-26/10,12	Rudnik svinca in cinka Mežica	Jazbinski p.	K-26/22-23	5.8	124	1.5	4.4	11.3	11.4	3.82	6.1	12.5	704	318
SS-26/14	Rudnik svinca in cinka Mežica	Hudi g.	K-26/24-26	11.3	193	5.1	1.6	6.8	3.4	0.01	55.5	7.1	879	928
SS-26/16	Rudnik svinca in cinka Mežica	Tributary	K-26/29	8.9	53	3.6	4.7	13.0	7.2	0.05	2.0	11.5	197	459
SS-26/19	Rudnik svinca in cinka Mežica	Junčarjev p.	K-26/27-28,30	20.6	285	25.5	1.2	6.2	8.8	0.04	122.1	5.2	4187	5834
SS-25/2-4	Rudnik Litija	Tributary	K-25/22-27	15.1	902	4.5	6.5	76.2	137.5	35.13	1.3	14.4	6038	1175
SS-19/2,3	Pleše	Tributary	K-19/9-10	6.9	1999	1.1	2.9	10.4	19.7	1.78	0.6	8.9	1843	420
SS-5/1,2	Škofje - Cerčno	Podplečica	K-5/6-7	11.2	49	0.2	14.1	16.0	106.8	0.54	0.6	34.9	32	106
SS-5/4,5	Škofje - Cerčno	Oresovka	K-5/8	9.2	46	0.1	13.0	17.5	32.0	0.24	0.5	34.5	27	89
SS-8/3	Rudnik živega srebra Idrija	Idrijca	K-8/1-6	7.5	57	0.2	4.0	9.2	10.1	100.00	0.7	8.6	29	44
SS-8/4	Rudnik živega srebra Idrija	Nikova	K-8/6-10	2.8	61	0.2	4.4	15.3	34.9	270.00	1.9	17.8	60	161
SS-8/6,7,8	Rudnik živega srebra Idrija	Idrijca	K-8/1-14	1.5	42	0.5	4.1	7.2	12.7	1553.00	0.3	16.6	42	56
SS-9/2,3,5	Sv. Ana - Podljubelj	Mošenik	K-9/1	17.3	161	0.4	3.7	19.4	10.3	1.13	4.5	7.2	18	44

S črno barvo so obarvane vsebnosti pod mejno vrednostjo, z modro vsebnosti med mejno in kritično, z rdečo ne-odebeljeno vsebnosti nad kritično in pod 2x kritično vrednostjo in odebeljeno rdeče vsebnosti nad 2x kritično vrednostjo.

VSEBNOSTI KOVIN V ODLAGALIŠČIH

Vsebnosti 11 elementov (As, Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Mo, Ni, Pb, Zn) v obravnavanih vzorcih iz odlagališč so podani v tabeli 5. Za lažje vrednotenje in razumevanje podatkov v tabeli 5 smo številčne podatke obarvali z različnimi barvami ustrezno z mejnimi vrednostmi, ki so podane v slovenski zakonodaji za tla (Uradni list, 1996). Le te vrednosti ustrezajo tudi vrednosti po t.i. nizozemski listi »The New Dutch list« (MHSPE, 2014), ki velja tako za tla kot tudi za sedimente in se jo uporablja tudi v EU. S črno barvo so obarvane vsebnosti po mejno vrednostjo, z **modro** vsebnosti med mejno in kritično, z **rdečo** ne-odebeljeno vsebnosti nad kritično in pod 2x kritično vrednostjo in **odebeljeno rdeče** vsebnosti nad 2x kritično vrednostjo.

V obravnavanih vzorcih iz odlagališč vsaj ena obravnavana prvina več kot 2x presega kritično vrednost, razen vzorec in odlagališča K-19/9 (Pleše-Čelo) na območju rudnika Pleše, ki presega le kritično vrednost za Ba in Zn. **Na območju rudnika Mežica** v vzorcih iz odlagališč K-26/12 (Štoparjev odval), K-26/17 (Igrče), K-26/22-1 in K-26/22-2 (Kavšakova halda) 2x kritično vrednost presegajo **Cd, Pb** in **Zn**. V vzorcu iz odlagališča K-26/30 (Fridrihov odval) **pa poleg prej naštetih prvin** tudi **As**. **Na območju rudnika Litija** v vzorcih iz odlagališč K-25/23 (Podsitarjevec - glavna halda) in K-25/25 (Odlagališče izvoznega rova) 2x kritično vrednost presegata **Hg** in **Pb**. **Na območju rudnika Sv. Ana - Podljubelj** v vzorcu iz odlagališča K-9/1 2x kritično vrednost presega **Hg**.

Podrobni rezultati analiz so podani v aplikaciji Google Earth. Tudi v Google Earth smo uporabili barvni prikaz vzorcev glede na vsebnost. Z zeleno barvo so obarvane vsebnosti po mejno vrednostjo, z rumeno vsebnosti med mejno in kritično, z **oranžno** ne-odebeljeno vsebnosti nad kritično in pod 2x kritično vrednostjo in **rdeče** vsebnosti nad 2x kritično vrednostjo.

REZULTATI IZLUŽEVALNIH TESTOV

Izluževalni testi so bili opravljeni na vzorcih iz naslednjih 8 odlagališč: K-25/23, K-25/25, K-26/12, K-26/17, K-26/22-1, K-26/22-2, K-26/30, K-19/9. Vsebnosti elementov v izlužkih smo primerjali z vsebnostmi, ki so mejne za odlaganje inertnih, stabiliziranih in nereaktivnih ter nevarnih odpadkov. V Uradnem listu (2011) so v Uredbi o odlaganju odpadkov na odlagališčih podane mejne vrednosti emisij snovi v okolje zaradi odlaganja odpadkov. Na odlagališče za inertne, stabilizirane in nereaktivne ter nevarne odpadke je dovoljeno odlagati samo odpadke, katerih onesnaženost ne presega mejnih vrednosti parametrov onesnaženosti in mejnih vrednosti parametrov izlužka za odpadke, ki so podane v tabeli 4 (Uradni list RS, 2011).

Tabela 4: Vrednosti parametrov izlužka v **mg/kg s.s.** za inertne, stabilizirane in nereaktivne ter nevarne odpadke pri $L/S = 10$ l/kg ne smejo presegati naslednjih mejnih vrednosti parametrov izlužka (Uradni list RS, 2011).

	MEJNE VREDNOSTI PARAMETROV IZLUŽKA		
	inertni	stabilizirani in neraktivni	nevarni
As	0,5	2	25
Ba	20	100	300
Cd	0,4	1	5
Cr	0,5	10	70
Cu	2	50	100
Mo	0,5	10	30
Ni	0,4	10	40
Pb	5	10	50
Sb	0,6	0,7	5
Se	0,1	0,5	7
Zn	4	50	200

V tabeli 6 so navedene vsebnosti prvin v izlužkih (v ug/l) vzorcev iz odlagališč. Mejna vrednost za **Pb** za inertne, stabilizirane in nereaktivne ter nevarne odpadke je presežena le v vzorcu iz odlagališča K-25/25 (Odlagališče izvoznega rova) iz območja rudnika **Litija**. Mejna vrednost za **Zn** za inertne odpadke je presežena le v vzorcu K-26/30 (Fridrih) iz območja rudnika Mežica.

Tabela 5: Vsebnosti As, Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Mo, Ni, Pb, Zn (v mg/kg) v vzorcih iz odlagališč

Vzorec / Sample	Rudno polje / Mine Field	Odlagališče / Waste Deposit	Lon	Lat	As	Ba	Cd	Co	Cr	Cu	Hg	Mo	Ni	Pb	Zn
K-26/12	Rudnik svinca in cinka Mežica	Štoparjev odval	14.822910	46.484180	92.8	199	317.1	7.1	33.2	41.1	1.30	98.7	24.4	21200	51100
K-26/17	Rudnik svinca in cinka Mežica	Igrče	14.849390	46.480500	64.9	223	51.4	6.3	17.8	22.4	0.64	121.8	17.6	18400	10300
K-26/22-1	Rudnik svinca in cinka Mežica	Kavšakova halda	14.877249	46.479981	45.9	362	164.8	1.8	14.2	18.6	0.29	58.3	9.6	6145	29600
K-26/22-2	Rudnik svinca in cinka Mežica	Kavšakova halda	14.876959	46.481329	37.5	276	127.4	2.6	15.1	16.9	0.19	48.1	13.2	4111	22600
K-26/30	Rudnik svinca in cinka Mežica	Fridrih	14.854080	46.506970	159.0	119	180.0	4.8	21.2	19.6	0.74	412.1	17.1	22600	44000
K-25/23	Rudnik Litija	Podsitarjevec - glavna halda	14.829130	46.048822	89.2	189	0.2	3.3	4.5	257.2	44.04	0.5	6.9	14500	780
K-25/25	Rudnik Litija	Odlagališče izvoznega rova 304	14.830040	46.049890	27.9	317	1.2	6.2	7.9	193.9	29.61	0.5	11.0	14000	796
K-19/9	Pleše	Pleše-Čelo (9)	14.605245	45.992689	31.7	689	3.0	14.6	5.7	38.6	4.58	0.9	23.9	528	1395
K-9/1	Sv. Ana - Podljubelj	Sv. Ana	14.270592	46.411363	1.0	52	0.2	3.0	5.5	9.7	107.69	0.9	3.7	30	32

S črno barvo so obarvane vsebnosti pod mejno vrednostjo, z modro vsebnosti med mejno in kritično, z rdečo ne-odebeljeno vsebnosti nad kritično in pod 2x kritično vrednostjo in odebeljeno rdeče vsebnosti nad 2x kritično vrednostjo.

Tabela 6: Vsebnosti prvin v izlužkih (v ug/l) vzorcih iz odlagališč (Rezultati podani v oklepajih, se nahajajo izven akreditiranega območja preskušanja.)

vzorec/sample	Rudno polje / Mine Field	Odlag. / Waste Deposit	As	Ba	Cd	Cr	Cu	Mo	Ni	Pb	Sb	Se	Zn
K-26/12	Rudnik svinca in cinka Mežica	Štoparjev odval	<1,0	>200(239)	6,1	<5,0	3	5,8	<1,0	>30 (86,4)	0,2	<10,0	179
K-26/17	Rudnik svinca in cinka Mežica	Igrče	2	95,2	3,7	<5,0	6,1	4,2	<1,0	>30 (64,7)	2,3	<10,0	182
K-26/22-1	Rudnik svinca in cinka Mežica	Kavšakova halda	<1,0	38,6	2,5	<5,0	1	8,7	<1,0	>30(246)	0,3	<10,0	>200(296)
K-26/22-2	Rudnik svinca in cinka Mežica	Kavšakova halda	<1,0	103	1,6	<5,0	2,1	12,9	<1,0	>30(85,8)	0,8	<10,0	129
K-26/30	Rudnik svinca in cinka Mežica	Fridrih	1,1	>200(208)	10	<5,0	6,5	1,8	<1,0	>30 (76,1)	0,3	<10,0	>200 (511)
K-25/23	Rudnik Litija	Podsitarjevec - glavna halda	<1,0	41,2	1,9	<5,0	35,6	<0,5	1,7	>30 (155)	<0,6	<10,0	116
K-25/25	Rudnik Litija	Odlag. izvoznega rova 304	<1,0	177	2,1	<5,0	12,3	<0,5	1,4	>30 (13980)	<0,2	<10,0	>200(300)
K-19/9	Pleše	Pleše-Čelo (9)	<1,0	168	<0,5	<5,0	4,4	<0,5	<1,0	8	0,2	<10,0	14,8
mejna vrednost inertnih odpadkov			50	2000	40	50	200	50	40	500	60	10	400
mejna vrednost stabiliziranih in neraktivnih odpadkov			200	10000	100	1000	5000	1000	1000	1000	70	50	5000
mejna vrednost nevarni odpadki			2500	30000	500	7000	10000	3000	4000	5000	500	700	20000

REZULTATI SEM/EDS ANALIZE VZORCEV SEDIMENTOV**MEŽICA:**

Najvišje koncentracije kovinskih delcev so bile ugotovljene v vzorcih sedimentov pritokov SS-26/11, SS-26/8, SS-26/19 in SS-26/5, ki odvodnjavajo odlagališča K-26/22, K-26/18-21, K-26/27-28, K-26/30 ter K-26/12-13, v katerih se vrednosti gibljejo med 1300 in 3500 delcev/cm². Med kovinskimi delci močno prevladujejo rudni minerali (73 %) cerusit, sfalerit, smithsonit, barit, wulfenit, pirit, hemimorfit, descloizit in galenit. Sfalerit poleg Zn vsebuje tudi manjše vsebnosti Cd. Zelo številčni (23 %) so tudi sekundarni produkti preperevanja rudnih mineralov Fe-oksihidroksidi in Fe-oksihidroksi sulfati z manjšimi vsebnostmi Pb in Zn, Mn-oksidi s Pb, čisti Fe-oksihidroksi sulfati in Pb-sulfati. Geogeni kovinski minerali predstavljajo 3 % vseh kovinskih delcev. Večinoma so to čisti Fe-oksihidroksidi, ilmenit, rutil, Fe-oksihidroksidi z Mn, cirkon, sfen, psevdorutil in monazit. Ti geogeni kovinski minerali so pogosti v preperini magmatskih in metamorfnih kamnin, ki pa na območju obravnavanih odlagališč niso pogoste.

LITIJA:

V obeh vzorcih sedimentov pritokov so koncentracije kovinskih delcev presegle vrednosti 100 in 6000 delcev/cm². Rudni minerali barit, cerusit, pirit, sfalerit, piromorfit in galenit predstavljajo kar 85 % vseh kovinskih delcev. Geogeni kovinski minerali predvsem ilmenit, cirkon, rutil, monazit, čisti Fe-oksihidroksidi, Fe-oksihidroksidi z Mn in Ti ter psevdorutil predstavljajo 8 % vseh kovinskih delcev. Sekundarnih produktov preperevanja rudnih mineralov Fe-oksihidroksidov s Pb in Zn, Mn-oksidov s Pb in Fe-oksihidroksi sulfatov s Pb in Zn pa je 7 %.

PLEŠE:

Koncentracija kovinskih delcev je nad 5500 delcev/cm². Prevladujejo rudni minerali (88 %) barit, ki je najštevilčnejši, cerusit in sfalerit. Sekundarni produkti preperevanja rudnih mineralov Fe-oksihidroksidi s Pb in Zn, Mn-oksidi s Pb in Fe-oksihidroksi sulfati s Pb in Zn predstavljajo 7 % kovinskih delcev v vzorcu, geogeni kovinski minerali čisti Fe-oksihidroksidi, Fe-oksihidroksidi z Mn in Ti, rutil in cirkon pa zavzemajo 4 %.

ŽIROVSKI VRH:

Koncentracija kovinskih delcev v obeh vzorcih sedimentov se giblje med 600 in 700 delcev/cm². Močno prevladujejo geogeni kovinski minerali (98 %) čisti Fe-oksihidroksidi, Fe-oksihidroksidi z Mn in Ti, ilmenit, cirkon, rutil, monazit, Mn-oksidi, psevdorutil, ksenotim, cirkon s Th in U ter sfen. Rudnih mineralov (pirit in barit) pa je 2 % vseh kovinskih delcev v vzorcih.

ŠKOFJE:

Koncentracija kovinskih delcev v vzorcih sedimentov je relativno nizka in se giblje med 350 in 570 delcev/cm². Prevladujejo geogeni kovinski minerali (88 %) čisti Fe-oksihidroksidi, cirkon, Fe-oksihidroksidi z Mn in Ti, rutil, ksenotim, monazit, Mn-oksidi z Fe, ilmenorutil. Sledijo sekundarni produkti preperevanja rudnih mineralov (9 %) čisti Fe-oksihidroksi sulfati, Fe-oksihidroksidi s Cu in Fe-oksihidroksidi z Zn. Rudnih mineralov pirita, cerusita in barita je le 3 %.

IDRIJA:

V vzorcu sedimenta Idrije je koncentracija kovinskih delcev nad 810 delcev/cm². Največ je geogenih kovinskih mineralov (57 %) čisti Fe-oksihidroksidi, Fe-oksihidroksidi z Mn in Ti, psevdorutil, cirkon, ilmenit, rutil, monazit in sfen. Rudni minerali, ki jih je 33 % vseh kovinskih delcev, so zastopani s cinabaritom, baritom ter posamičnimi zrnji pirita in sfalerita. Sekundarni produkti preperevanja rudnih mineralov, kot so čisti Fe-oksihidroksi sulfati in Fe-oksihidroksidi s Cu pa zavzemajo 10 % vseh kovinskih delcev.

OBLIKE POJAVLJANJA KOVINSKIH DELCEV

Kovinski delci v vseh vzorcih sedimentov nastopajo v podobnih oblikah.

Rudni minerali:

Sfalerit, smithsonit in piromorfit nastopajo v obliki ostrorobih odlomkov in zrn, ki so ponekod močno korodirana. Kar nakazuje raztapljanje in možno sproščanje težkih kovin Zn, Pb in Cd v okolje. Cerusit, barit in cinabarit se pojavljajo kot porozna polikristalna ter masivna oglata zrna. Zaradi poroznosti je njihova specifična površina večja zato so pri spremembi naravnih

pogojev lahko podvrženi raztapljanju. Pri galenitu, descloizitu, wulfenitu in hemimorfitu pa gre večinoma za masivna oglata zrna s ponekod ohranjenimi kristalnimi oblikami.

Sekundarni produkti preperevanja rudnih mineralov:

Fe-oksihidroksidi in Fe-oksihidroksi sulfati z manjšimi vsebnostmi Pb in Zn ter Mn-oksidi s Pb nastopajo kot porozna zrna z izrazitimi izsušitvenimi razpokami, ki so posledica oksidacije sulfidov, ter kot porozni agregati, sestavljeni iz drobnih kristalov. Fe-oksihidroksidi in Fe-oksihidroksi sulfati z manjšimi vsebnostmi Pb in Zn so lovilci težkih kovin, ki pa predstavljajo izmenljivo frakcijo in se zato ob spremembi naravnih pogojev lahko sprostijo nazaj v vodno raztopino.

Geogeni kovinski minerali:

Ilmenit, ilmenorutil, rutil, psevdorutil, cirkon, florencit, monazit in ksenotim se pojavljajo večinoma kot masivni ostrorobi odlomki ali dobro definirani kristali, ponekod tudi kot vključki v jalovinskih nekovinskih mineralih. Čisti Fe-oksihidroksidi in Fe-oksihidroksidi z Mn in Ti tvorijo tudi porozne agregate, sestavljene iz drobnih kristalov. Cirkon s Th in U pa nastopa kot porozni, delno zaobljeni agregati iz drobnih kristalov oziroma kot amorfna zrna. Omenjeni geogeni minerali so večinoma odporni na kemično in fizikalno preperevanje in spremembe naravnih pogojev.

Podrobnejši rezultati SEM/EDS analiz so podani v prilogi 1 in aplikaciji Google Earth.

GEOMEHANSKA STABILNOST

V tretji fazi projekta je bilo potrebno opredeliti geomehansko stabilnost odlagališč, ki so na podlagi prej izbranih kriterijev prišli v tretjo fazo projekta. Za našeta odlagališča smo opravili terenski inženirsko geološki pregled z oceno stabilnostnih razmer. Izmerili smo kot brežine odlagališča, ocenili možnost zbiranja podzemne vode v njem, ocenili stabilnost nosilnih tal, preverili topografijo in bližino vodotokov, gradbišč, zgradb, rudarskih del ter vse ostale dejavnike, ki so vezani na lokacijo in bi lahko znatno prispevali k tveganju, ki ga predstavlja struktura. Terenske preglede smo izvedli decembra 2013 in januarja 2014. Žal nam vremenske razmere niso dopustile dokončanja vseh terenskih ogledov. Zato smo tistih nekaj odlagališč, ki jih nismo uspeli terensko preveriti, ponovno ovrednotili na osnovi arhivskih poročil, obstoječega slikovnega (foto) gradiva iz arhiva, razgovorov z raziskovalci, ki so sodelovali v raziskavah omenjenih nahajališč ter na osnovi pregleda zgodovinskega stanja in morebitnih vidnih posegov na Google Earth. Ugotovljeno je bilo, da se stanje na omenjenih lokacijah bistveno ne razlikuje od stanja na njihovih sosednjih in/ali primerljivih odlagališčih in da so tudi stabilnostne razmere na njih primerljive.

V 3. fazo se je uvrstilo 61 odlagališč kovinskih rudnikov iz območij rudnikov: Škofje – Cerčno (3), Idrija, Podljubelj (1), Pleše (2), Litija (7), Mežica (32) in Žirovski vrh (2). Glede na zbrane podatke o odlagališčih premogovnikov in v skladu z omenjeno metodologijo se je v 3. fazo uvrstilo vseh 17 evidentiranih odlagališč: Kanižarica (1), Kočevje (1), Laško (2), Senovo (2), Trbovlje-Hrastnik (10) in Zagorje (1).

Celotno poročilo z naslovom »Inženirsko-geološko mnenje o stabilnosti izbranih odlagališč kovinskih rudnikov in premogovnikov za potrebe projekta »Izdelava popisa zaprtih objektov za ravnanje z odpadki iz rudarskih in drugih dejavnosti izkoriščanja mineralnih surovin« je v **prilogi 2**. Tukaj pa navajamo le povzetek, ki je naveden v tabelah 7 in 8. **Tudi v aplikaciji Google Earth je navedena stopnja erozije in ocena stabilnosti odlagališč.**

V Tabeli 7 je podan tabelarični pregled obravnavanih kovinskih odlagališč, njihova stabilnost in erozijski pojavi in v tabeli 8 je tabelarični pregled obravnavanih premogovniških odlagališč.

Tabela 7: Pregled odlagališč kovinskih rudnikov, njihova stabilnost in erozijski pojavi
(E1 pomeni da je nujna proti-erozijska zaščita, E2 predlagana proti-erozijska zaščita; izvedba zaščite po potrebi)

Odlagališče - oznaka	Ime odlagališča	Stanje - stabilnost	Erozija	Opombe
	ŠKOFJE			
K-5/6	Škofje – Kolenc	stabilno	-	
K-5/7	Škofje – Smičkar	stabilno	-	
K-5/8	Škofje	stabilno	-	
	IDRIJA			
K-8/1 do K-8/14	odlagališča na območju Idrije	stabilno	že poskrbljeno za ustrezno proti erozijsko zaščito (bregovi oz. struge rek)	urbanizirano območje
	PODLJUBELJ			
K- 9/1	Podljubelj	stabilno	E2	
	PLEŠE			
K-19/9	Pleše – Čelo(9)	stabilno	E2	
K-19/10	Pleše – Čelo(10)	stabilno	-	
	LITIJA			
K-25/22	Litija – Pregrada	stabilno	-	
K-25/23	Litija – Podsitarjevec	stabilno	E2	
K-25/24	Litija – rov 304 (W)	stabilno	E2	
K-25/25	Litija - rov 304 (E)	stabilno	E2	postavitev table: »kamenje pada« na vhodu/izhodu rova 304
K-25/26	Litija – Grolov rov	stabilno	E1	
K-25/27	Litija – Alma rov	stabilno	-	
K-25/28	Litija – Uršula rov	stabilno	E2	

	MEŽICA			
K-26/1	Drče	stabilno	-	udori?
K-26/2	Ida	stabilno	-	
K-26/3	Klam	stabilno	-	
K-26/4	Lukrecija	stabilno	E2	
K-26/5	Andrejevo odlagališče	stabilno	E1	
K-26/6	Terezija II	stabilno	E2	
K-26/7	Terezija I	stabilno	E2	
K-26/8	Vsi Sveti	stabilno	-	
K-26/9	Peski	stabilno	E2	
K-26/10	Hilda	stabilno	-	
K-26/11	Pavel Mulb.	stabilno	-	
K-26/12	Štoparjev odval	nestabilno v sp. delu, opazovanje	E1	
K-26/13	Helena	stabilno	-	
K-26/15	Plešivski podkop	stabilno	-	
K-26/16	Križanov podkop	stabilno	-	
K-26/17	Igrče	stabilno	E2	
K-26/18	Unionski odval	nestabilno v sp. delu, opazovanje	E1	
K-26/19	Matjaževo odlagališče	nestabilno v zg. delu, opazovanje	E2	
K-26/20	Svitni	stabilno	-	
K-26/21	Frančišek	stabilno	-	
K-26/22	Kavšakovo odlagališče	aktivno izkoriščanje materiala odlagališča in podlage		Ni zaprto odlagališče.
K-26/23	Žerjavski odval	stabilno	-	
K-26/24	Mučevo III	stabilno	E1	
K-26/25	Mučevo II	stabilno	E2	
K-26/26	Mučevo I	stabilno	E2	
K-26/27	Srce	nestabilno v zg. delu, opazovanje	E1 zg. del E2 sp. del	
K-26/28	Kolerca	stabilno	-	
K-26/29	Lekšeče	stabilno	-	
K-26/30	Fridrih	stabilno	E2	
K-26/31	Glančnik - Mežica	stabilno	-	
K-26/32	Topla	stabilno	-	
K-26/33	Topla - Terezija	stabilno	-	

POROČILO 3. FAZE PROJEKTA

»IZDELAVA POPISA ZAPRTIH OBJEKTOV ZA RAVNANJE Z ODPADKI IZ RUDARSKIH IN DRUGIH DEJAVNOSTI IZKORIŠČANJA MINERALNIH SUROVIN«

	ŽIROVSKI VRH			
K-30/1	DP-10	stabilno	-	
K-30/2	Žirovski vrh - Boršt	ni stabilno	-	Ni zaprto odlagališče! Monitoring poteka.
K-30/3	Žirovski vrh - Jazbec	sanirano – stabilno	-	Ni zaprto odlagališče.

E1 nujna protierozijska zaščita, E2 predlagana protierozijska zaščita; izvedba zaščite po potrebi

Tabela 8: Pregled odlagališč premogovnikov, njihova stabilnost in erozijski pojavi

Odlagališče - oznaka	ime	Stanje - stabilnost	Opombe, drugo
P-11/1	Kanižarica	stabilno	
P-14/1	Kočevje	stabilno	
P-17/2	Laško - Brezno	stabilno	
P-17/3	Laško - Huda jama	opazovanje	
P-29/1	Senovo - Reštanj	stabilno	
P-29/2	Senovo - Ravne	stabilno	širša okolica – nestabilnosti tal
P-34/1	Trbovlje-Hrastnik: Stari zasip	Vzpostavljen sistem monitoringa, ki obsega vizualno opazovanje, meritve premikov in posedkov terena in objektov, meritve inklinacij in hidrološki monitoring. Predlagamo, da se v okviru prostorsko ekološke sanacije pred dokončnim zaprtjem rudnika, oziroma prenehanjem pravic in obveznosti, na podlagi rezultatov dotedanjega monitoringa, določi vrsto, obseg, lokacijo in trajanje monitoringa po izbrisu iz katastra pridobivalnih prostorov.	
P-34/2	Trbovlje -Hrastnik: Frančiška		
P-34/3	Trbovlje -Hrastnik: Sava		
P-34/4	Trbovlje -Hrastnik: Retje		
P-34/5	Trbovlje -Hrastnik:Kipe		
P-34/6	Trbovlje - Hrastnik: Neža		
P-34/7	Trbovlje- Hrastnik: Ojstro		
P-34/8	Hrastnik - Hrastnik	stabilno	
P-34/9	Dol pri Hrastniku – Novi Dol	stabilno	
P-34/10	Krištrandol	Zahodni del – stabilno; vzhodni predlagamo opazovanje	Na vzhodni strani v zaledju plaz.
P-37/1	Zagorje - Ruardi	stabilno	saniran velik plaz

RAZVRŠČANJE ODLAGALIŠČ NA OSNOVI TVEGANJA

Odlagališča kovinskih rudnikov

Za razvrstitev odlagališč kovinskih rudnikov v Sloveniji na osnovi tveganja je bila izdelana našim razmeram prilagojena metodologija glede na izkušnje nekaterih članic EU (Madžarska, Irska) (Kiss et al., 2012; Stanley et al., 2009) z izborom in klasifikacijo zaprtih odlagališč. Hierarhična razvrstitev odlagališč rudarskih odpadkov kovinskih rudnikov temelji na kombinaciji **4 ključnih kriterijev tveganja**, ki si sledijo po pomembnosti. Najpomembnejši kriterij tveganja je (1) **vsebnost potencialno škodljivih elementov (PHE)** v sedimentih vodotokov (1. kriterij), ki odvodnjavajo odlagališče oziroma skupino odlagališč, ki mu sledi (2) **velikost** odlagališča (2. kriterij), ter (3) **stabilnost** (3. kriterij) in (4) **erodiranost** odlagališč (4. kriterij). Kriterij vsebnosti potencialno toksičnega elementa v sedimentih je definiran z **2-kratno vrednostjo kritične vrednosti** tega elementa v sedimentu po nizozemski listi (MHSPE, 2014). Dvakratnik kritične vrednosti je bil določen na podlagi razmerja med orientacijskimi vrednostmi za svinec v sedimentih, ki lahko negativno vplivajo na zdravje živali v neposrednem stiku s sedimenti, podanimi v poročilu irske Agencije za varstvo okolja (Stanley et al., 2009), ter kritičnimi vrednostmi za svinec iz nizozemske liste (MHSPE, 2014). Svinec je bil izbran kot kovina z največjim negativnim vplivom na zdravje živali (EPA, 2004). Kriterij velikosti je definiran s skupno površino odlagališča, ki znaša 10000 m². Geomehanska kriterija stabilnost in erodiranost pa opredeljujeta odlagališča glede na možnost plazenja oziroma odnašanja materiala odlagališč. Za vsako odlagališče je bila za vsak kriterij izbrana vrednost med 1 in 2, kjer 1 pomeni manjši, 2 pa večji vpliv. Rezultat je **štirimestna šifra**, pri kateri je pomemben vrstni red števil. Prvo mesto predstavlja vpliv vsebnosti **potencialno škodljivih elementov (PHE)** v sedimentih, drugo mesto predstavlja vpliv velikosti, tretje mesto vpliv stabilnosti ter četrto mesto vpliv erodiranosti odlagališča oziroma skupine odlagališč. Na podlagi šifre je bilo določenih 16 razredov z majhnim do kritičnim vplivom (Tabela 9). V Tabeli 10 je prikazana razvrstitev obravnavanih odlagališč v 16 razredov glede na skupen vpliv. 18 odlagališč je bilo opredeljenih s kritičnim vplivom, 19 odlagališč z zmerno kritičnim, 4 odlagališča so bilo opredeljena z zmernim vplivom, 20 odlagališč pa z majhnim vplivom.

Predlagamo, da se izvedejo dodatne raziskave odlagališč, ki so se uvrstila v razrede s kritičnim vplivom (razredi 1-4). Te dodatne raziskave bi še bolj natančno opredelile možne negativne vplive odlagališča na okolje in ljudi v prihodnosti. Poleg teh dodatnih raziskav predlagamo, da se vpliv odlagališč, ki so se uvrstila v razrede s kritičnim vplivom (razredi 1-4) in z zmerno kritičnim vplivom (razredi 4-8) redno spremlja. Letno bi bilo potrebno meriti vsebnosti PHE v sedimentih in preverjati stabilnost in erodiranost odlagališč.

Dodatne raziskave so torej potrebne na 7 odlagališčih iz območja Mežice, 10 odlagališčih iz območja Idrije in na 1 odlagališču iz območja Litije.

Redno spremljanje stanja okolja pa še na 7 odlagališčih iz območja Mežice, 4 odlagališčih v Idriji, 6 na območju Litije in 2 na območju Pleš.

Ostala odlagališča, ki so se uvrstila v razrede z zmernim (razredi 9-12) in majhnim vplivom (razredi 13-16) ne predvidevamo, da je potrebno spremljati stanje in vplive na okolje.

Tabela 9. Šifriranje ter razdelitev odlagališč v razrede na osnovi tveganja z upoštevanjem 4 kriterijev in njihov skupen vpliv.

Šifra	Pomen šifre	Razred	Skupen vpliv
2222	Erodirano, nestabilno, veliko odlagališče z velikim vplivom na vsebnosti v sedimentih	1	kritičen
2221	Neerodirano, nestabilno, veliko odlagališče z velikim vplivom na vsebnosti v sedimentih	2	
2212	Erodirano, stabilno, veliko odlagališče z velikim vplivom na vsebnosti v sedimentih	3	
2211	Neerodirano, stabilno, veliko odlagališče z velikim vplivom na vsebnosti v sedimentih	4	
2122	Erodirano, nestabilno, majhno odlagališče z velikim vplivom na vsebnosti v sedimentih	5	zmerno kritičen
2121	Neerodirano, nestabilno, majhno odlagališče z velikim vplivom na vsebnosti v sedimentih	6	
2112	Erodirano, stabilno, majhno odlagališče z velikim vplivom na vsebnosti v sedimentih	7	
2111	Neerodirano, stabilno, majhno odlagališče z velikim vplivom na vsebnosti v sedimentih	8	
1222	Erodirano, nestabilno, veliko odlagališče z majhnim vplivom na vsebnosti v sedimentih	9	zmeren
1221	Neerodirano, nestabilno, veliko odlagališče z majhnim vplivom na vsebnosti v sedimentih	10	
1212	Erodirano, stabilno, veliko odlagališče z majhnim vplivom na vsebnosti v sedimentih	11	
1211	Neerodirano, stabilno, veliko odlagališče z majhnim vplivom na vsebnosti v sedimentih	12	
1122	Erodirano, nestabilno, majhno odlagališče z majhnim vplivom na vsebnosti v sedimentih	13	majhen
1121	Neerodirano, nestabilno, majhno odlagališče z majhnim vplivom na vsebnosti v sedimentih	14	
1112	Erodirano, stabilno, majhno odlagališče z majhnim vplivom na vsebnosti v sedimentih	15	
1111	Neerodirano, stabilno, majhno odlagališče z majhnim vplivom na vsebnosti v sedimentih	16	

Tabela 10. Hierarhična razvrstitev odlagališč oziroma skupin odlagališč odpadkov iz rudarske in drugih ekstraktivnih dejavnosti v Sloveniji na osnovi tveganja z upoštevanjem 4 kriterijev.

KRITERIJ				Odlagališče	Razred
Vsebnost potencialno toksičnega elementa v sedimentu	Velikost odlagališča	Stabilnost	Erodiranost		
> 2× kritična vrednost	> 10000 m ²	Nestabilno	Prisotna	K-26/12	1
		Stabilno	Prisotna	K-26/30	3
				K-26/22	3
				K-25/23	3
		Ni prisotna	K-26/13	4	
			K-26/28	4	
			K-26/23	4	
			K-26/31	4	
			K-8/5	4	
			K-8/6	4	
			K-8/7	4	
			K-8/8	4	
			K-8/9	4	
			K-8/10	4	
	K-8/11		4		
	K-8/12		4		
	K-8/13		4		
	K-8/14	4			
	< 10000 m ²	Nestabilno	Prisotna	K-26/18	5
				K-26/19	5
				K-26/27	5
				K-25/26	5
		Stabilno	Prisotna	K-25/24	7
				K-25/25	7
				K-25/28	7
				K-19/9	7
			Ni prisotna	K-26/1	8
K-26/11				8	
K-26/20				8	
K-26/21				8	
K-25/22				8	
K-25/27	8				
K-8/1	8				

				K-8/2	8
				K-8/3	8
				K-8/4	8
				K-19/10	8
< 2× kritična vrednost	> 10000 m²	Stabilno	Prisotna	K-26/17	11
				K-9/1	11
			Ni prisotna	K-30/1	12
				K-30/3	12
	< 10000 m²	Stabilno	Prisotna	K-26/4	15
				K-26/5	15
				K-26/6	15
				K-26/7	15
				K-26/24	15
				K-26/25	15
			Ni prisotna	K-26/2	16
				K-26/3	16
				K-26/8	16
				K-26/9	16
				K-26/10	16
				K-26/26	16
				K-26/32	16
				K-26/33	16
				K-26/15	16
K-26/16	16				
K-26/29	16				
				K-5/6	16
				K-5/7	16
				K-5/8	16

Območje rudnika Mežica

V prvi razred, torej v razred z največjim vplivom na okolje se je uvrstilo odlagališče K-26/12 (Štoparjev odval) na območju rudnika Mežica. Odlagališče je erodirano, v spodnjem delu nestabilno in z velikim vplivom na vsebnosti PHE v sedimentih. Predlagamo dodatne raziskave odlagališča in redno spremljanje vplivov na okolje.

Odlagališči K-26/22 (Kavšakova halda) in K-26/30 (Fridrih) sodita v tretji, še vedno kritičen, razred. Ta odlagališča se torej erodirajo, so stabilna, velika ($>10000 \text{ m}^2$) in z velikim vplivom na vsebnosti PHE v sedimentih. Predlagamo dodatne raziskave teh odlagališč in redno spremljanje vplivov na okolje.

V četrti razred sodijo K-26/13 (Helena), K-26/28 (Srce), K-26/23 (Žerjavski odval), K-26/31 (Glančnik-Mežica) iz območja Mežice. Na teh odlagališčih ni bila ugotovljena erozija, so stabilna, velika ($> 10000 \text{ m}^2$) in z velikim vplivom na vsebnosti PHE v sedimentih. Predlagamo dodatne raziskave teh odlagališč in redno spremljanje vplivov na okolje.

Manjša odlagališča ($<10000 \text{ m}^2$) z območja Mežice, ki pa še vedno imajo velik vpliv na vsebnosti PHE v sedimentih so naslednja: K-26/18 (Unionski odval), K-26/19 (Matjaževo odlagališče), K-26/27, K-25/26 in sodijo v peti, zmerno kritičen, razred. Predlagamo redno spremljanje vplivov na okolje.

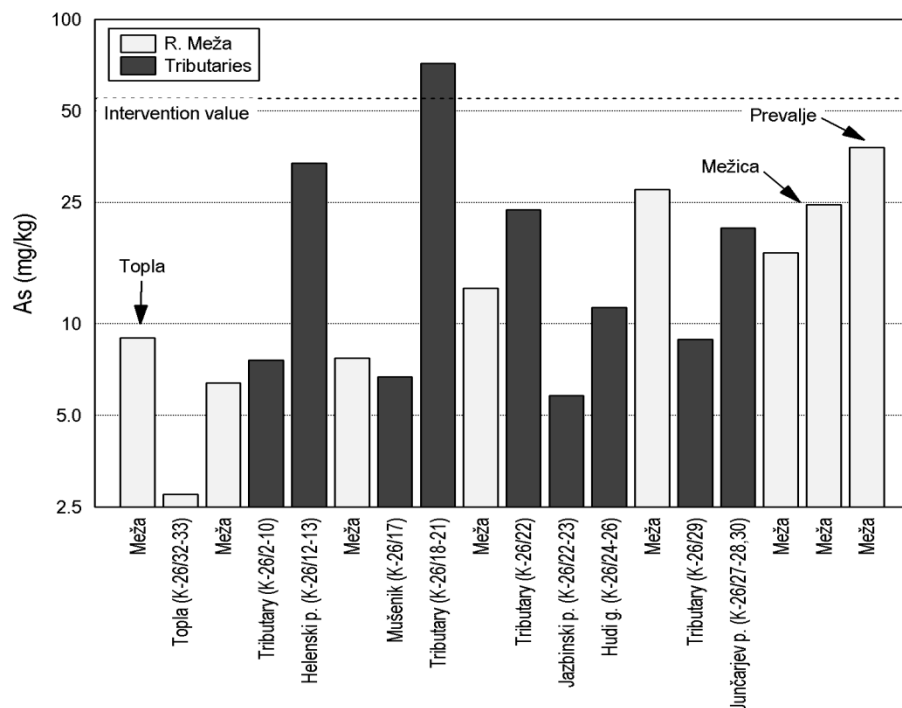
V osmi (8.) razred (zmerno kritičen) sodijo naslednja odlagališča iz območja Mežice: K-26/1, K-26/11, K-26/20, K-26/21. Še manjši vpliv (11. razred) smo ugotovili pri odlagališču K-26/17 z območja Mežice. Predlagamo redno spremljanje vplivov na okolje.

Odlagališča K-26/4, K-26/5, K-26/6, K-26/7, K-26/24, K-26/25 sodijo v 15. razred in imajo le majhen vpliv. Naslednja odlagališča sodijo v 16. razred in imajo še manjši vpliv: K-26/2, K-26/3, K-26/8, K-26/9, K-26/10, K-26/26, K-26/32, K-26/33, K-26/15, K-26/16, K-26/29.

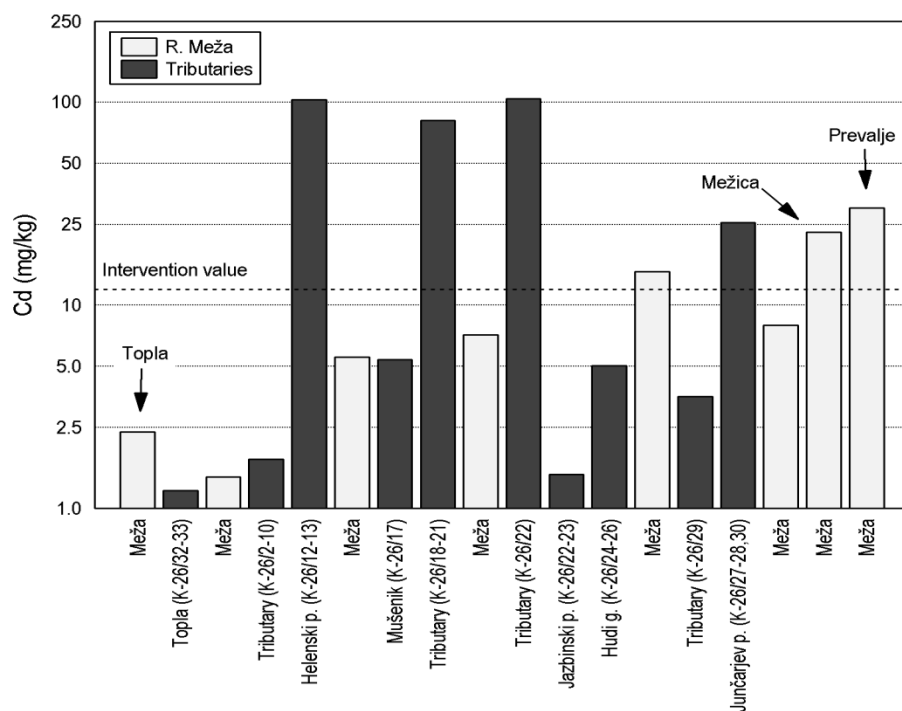
Na območju Mežiške doline je potekalo pridobivanje in predelava svinčevo-cinkove rude več kot 300 let, kar je v okolju pustilo močan pečat. Številne raziskave stanja okolja, ki so bile izvedene v zadnjih desetletjih potrjujejo, da so vsi segmenti okolja močno onesnaženi.

Naj naštejemo nekatera najpomembnejša objavljena dela, ki opisujejo dosedanje raziskave vsebnosti kovin v **tleh** zgornje Mežiške doline (Kugonič & Zupan, 1999; Vreča et al., 2001; Zupan, 2008), podstrešnih prahovih (Šajn, 2006), **sedimentih** reke Meže s pritoki (Svete et al., 2001; Bole et al., 2002; Fux & Gosar, 2007; Gosar & Miler, 2011) in **trdnih zračnih delcih** v Žerjavu (Miler & Gosar, 2013; Miler, 2012). Vse naštete raziskave so pokazale, da je okolje v Mežiški dolini močno obremenjeno s Pb, Zn, Cd, As, Mo.

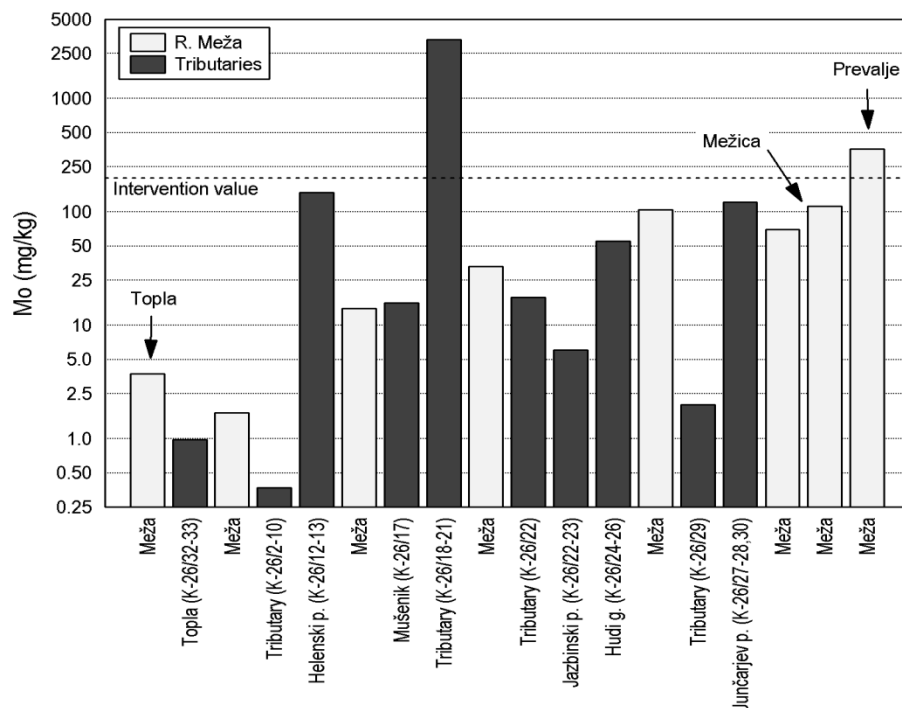
Z zaprtjem rudnika in predelovalno-metalurških obratov, se je neposreden vnos težkih kovin v okolje močno zmanjšal. Na okolje pa še vedno vplivajo stara bremena. Kot posreden vir potencialno škodljivih snovi (PHE) za okolje, pa so ostali odvali siromašne rude in odpadkov nastalih pri predelavi rude, iz katerih se PHE spirajo v bližnje potoke in z njimi potujejo v Mežo ter dalje v Dravo. Na vsebnosti PHE v sedimentih pa ne vplivajo le odlagališča, temveč tudi vsesplošno obremenjeno okolje iz katerega se spira material v Mežo. Analiza sedimentov reke Meže in pritokov je pokazala, da je večina sedimenta Meže v zgornji Mežiški dolini še vedno močno obremenjena s svincem (Pb), cinkom (Zn), molibdenom (Mo) in kadmijem (Cd) ter deloma tudi z arzenom (As), ker prikazujejo naslednji grafi (slike 14 do 18). Črno pobarvani stolpci prikazujejo vsebnosti v sedimentih pritokov Meže, prazni stolpci pa prikazujejo vsebnosti v sedimentih Meže. Vzorci si v grafih sledijo tako kot vzorčne točke v naravi. Jasno se vidi, da se vsebnosti v sedimentih Meže vseskozi dvigujejo. Vzrok temu so tako dotoki materiala iz odlagališč, kot tudi spiranje iz vseh segmentov celotnega kontaminiranega okolja.



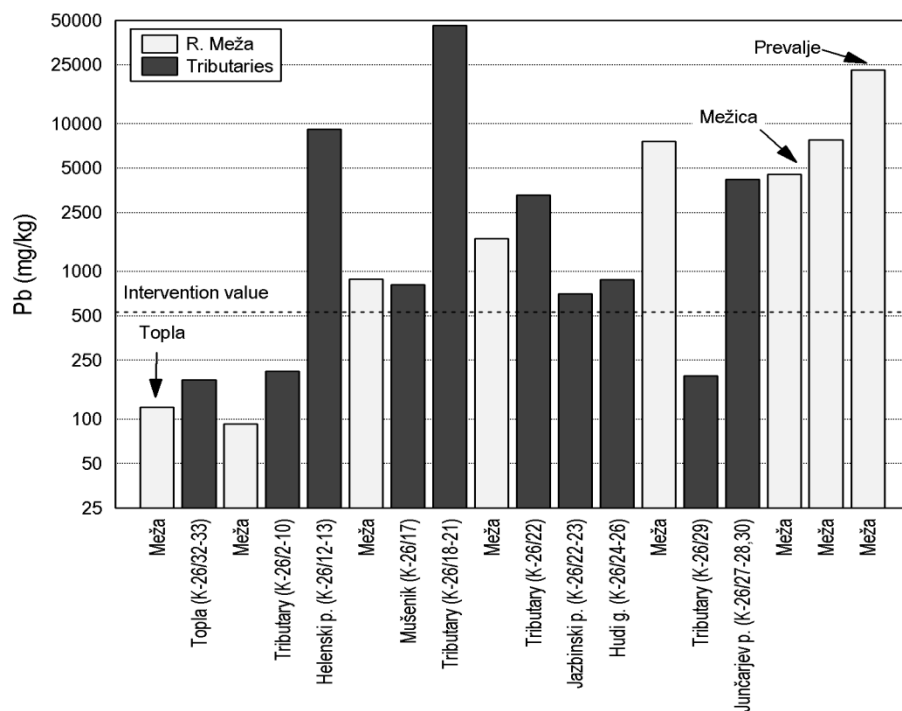
Slika 14: As v sedimentih Meže in pritokov, ki spirajo material iz odlagališč, ki so navedeni pod stolpcem



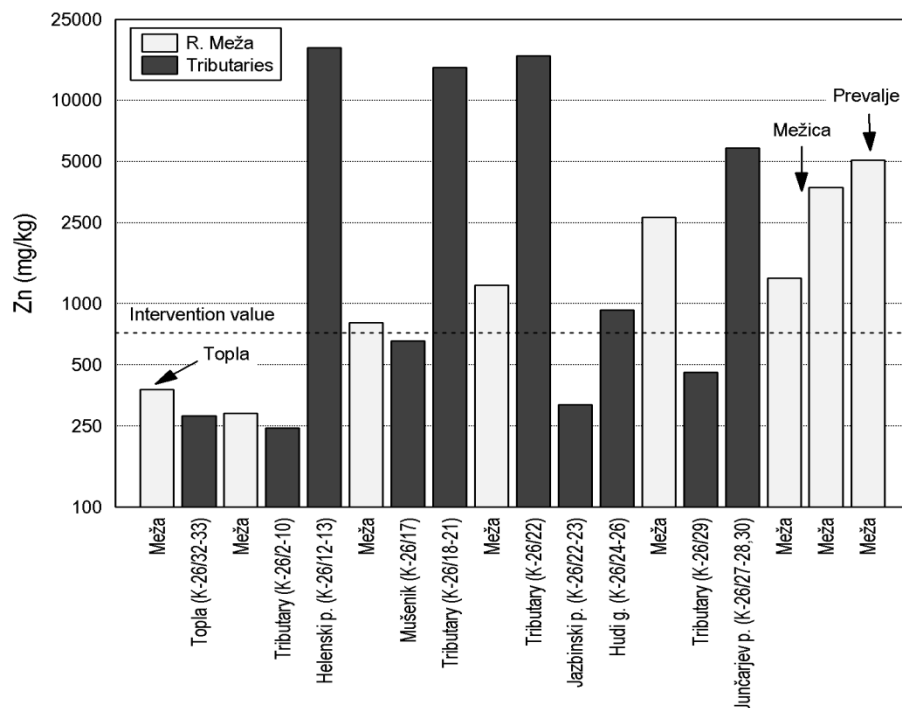
Slika 15: Cd v sedimentih Meže in pritokov, ki spirajo material iz odlagališč, ki so navedeni pod stolpcem



Slika 16: Mo v sedimentih Meže in pritokov, ki spirajo material iz odlagališč, ki so navedeni pod stolpcem



Slika 17: Pb v sedimentih Meže in pritokov, ki spirajo material iz odlagališč, ki so navedeni pod stolpcem



Slika 18: Zn v sedimentih Meže in pritokov, ki spirajo material iz odlagališč, ki so navedeni pod stolpcem

Območje rudnika Idrija

V četrti razred, ki je še vedno kritično vpliven na okolje, se je uvrstila skupina odlagališč v Idriji (K-8/5-14). Na teh odlagališčih ni bila ugotovljena erozija, so stabilna, velika (>10000 m²) in z velikim vplivom na vsebnosti živega srebra v sedimentih. Predlagamo dodatne raziskave odlagališč in redno spremljanje vplivov na okolje.

Odlagališča od K-8/1-4 pa sodijo v 8. razred (zmerno kritičen) redno spremljanje vplivov na okolje.

Idrija z okolico je zaradi pol tisočletja rudarjenja in predelovanja Hg rude močno obremenjena s Hg v vseh segmentih okolja. Začetki rudarjenja segajo v konec 15. stoletja. Po izračunih (Mlakar 1974; Miklavčič, 1999; Cigale 2006) so v celotnem obdobju delovanja rudnika odkopali 144725 ton, dejansko pridobili pa 107692 ton živega srebra, iz česar sledi, da se je tekom zgodovine v okolje izgubilo 37033 ton živega srebra, kar predstavlja precejšnjo obremenitev Idrije in okolice. Prve raziskave vpliva rudarjenja na različne segmente okolja (sedimenti, tla, zrak, voda in biota) so bile izvedene še v času delovanja rudnika (Byrne in

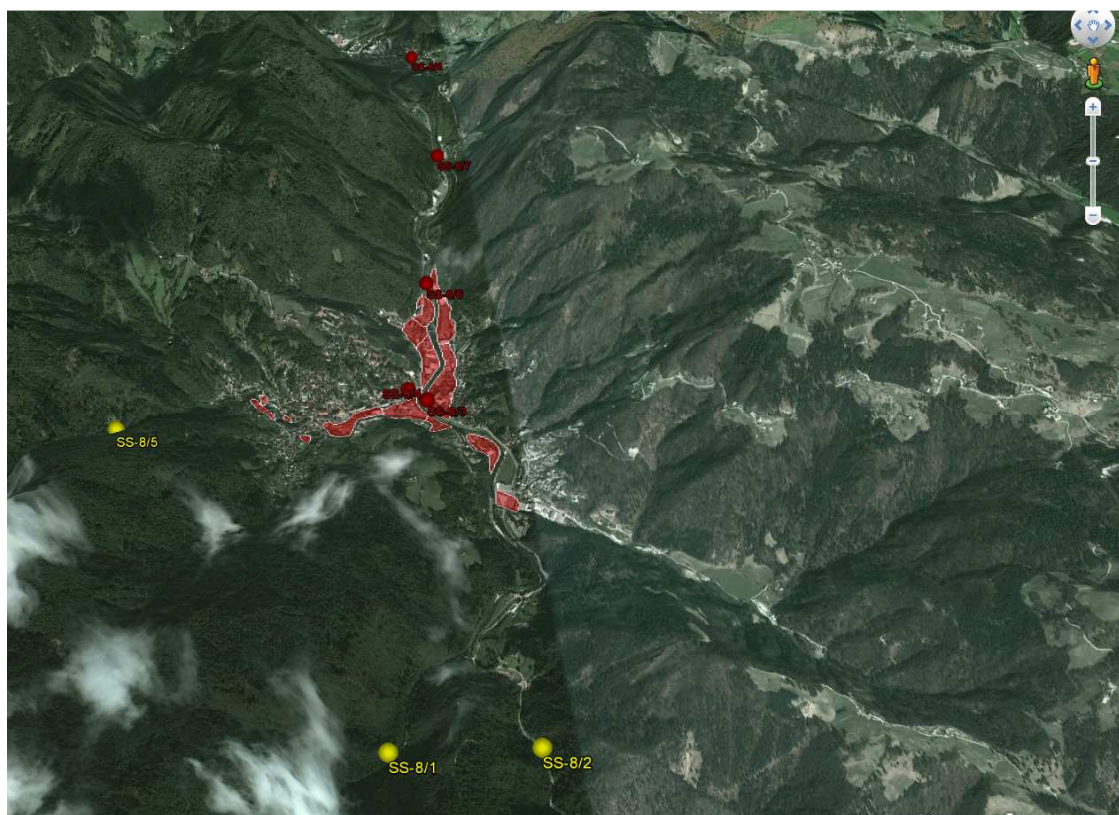
Kosta, 1970; Kosta et al., 1974), ki so pokazale povišane vsebnosti živega srebra v vseh omenjenih segmentih okolja. Proti koncu 20. stoletja so rudnik zaradi nerentabilnosti postopoma začeli zapirati. Zaradi vedno večjega zavedanja o škodljivosti živega srebra so se intenzivne okoljske raziskave nadaljevale. Sprva so bile usmerjene v prikaz celokupne vsebnosti in prostorske porazdelitve živega srebra (Gnamuš, 1992, 2002; Gnamuš et al., 2000; Gosar, 1997, 2004; Gosar et al., 1997a, 1997b; Gosar in Šajn, 2001, 2003; Horvat et. al, 2003; Šajn in Gosar, 2004; Kotnik et al., 2005; Gosar in Čar, 2006; Žibret in Gosar, 2006; Gosar, 2008). Sočasno s poglobljanjem znanja in razvojem tehnologije ter kemičnih metod, pa so se z nekaterimi raziskavami vedno bolj osredotočali še v speciacijo in mobilnost živega srebra (Biester et al, 1995, 1999, 2000; Horvat et. al, 2001, 2002; Kocman, 2004; Gosar et. al, 2006; Hines et al., 2006, Teršič in Gosar, 2009; Kocman in Horvat, 2010, Teršič, 2010; Kocman et al., 2011a, 2011b; Teršič et. al, 2011a, 2011b). Vse dosedanje raziskave so bistveno prispevale k izboljšanju poznavanja problematike živega srebra in njegovega geokemičnega kroženja v naravi. Pokazale so tudi, da je Idrija z okolico močno obremenjena z geogenim, še bolj pa z antropogenim onesnaženjem z živim srebrom.

Z zaprtjem rudnika in prenehanjem žganja rude v Idriji, se je neposreden vnos živega srebra v okolje močno zmanjšal. Na okolje pa še vedno vplivajo stara bremena. Kot posreden vir živega srebra za okolje, pa so ostali odvali siromašne rude, prežganih ostankov rude in ostalih odpadkov nastalih pri predelavi rude, iz katerih se Hg spira v bližnje potoke in nadalje v Idrijco. Idrija namreč leži na uravninah ob reki Idrijci in Nikovi, kjer so v preteklosti deponirali odpadke, ki vsebujejo Hg. Na spodnji sliki so prikazani poligoni odlagališč v Idriji.

Vzorci sedimentov, ki jih obravnavamo v tem poročilu, so bili vzeti nad Idrijo, v Idriji in dolvodno od Idrije. V idriji in dolvodno od nje so v sedimentih zelo visoke vsebnosti Hg, ki presegajo 2x kritično vsebnost za mnogokrat. Vzorčne točke in vsebnosti so predstavljene na spodnji sliki. Na vsebnosti vplivajo poleg odlagališč še spiranje materiala iz vseh močno onesnaženih segmentov okolja. Ker gre za močno urbanizirano območje, je zelo težko oceniti kakšen delež prihaja iz katerega vira. Vsekakor ponovno ugotavljamo, da je okolje v Idriji in okolici močno obremenjeno s Hg in da bi bilo dobro v bodoče spremljati vsebnosti v sedimentih.



Slika 19: Poligoni odlagališč v Idriji



Slika 20: Poligoni odlagališč v Idriji in vzorci sedimentov označeni glede na vsebnost Hg

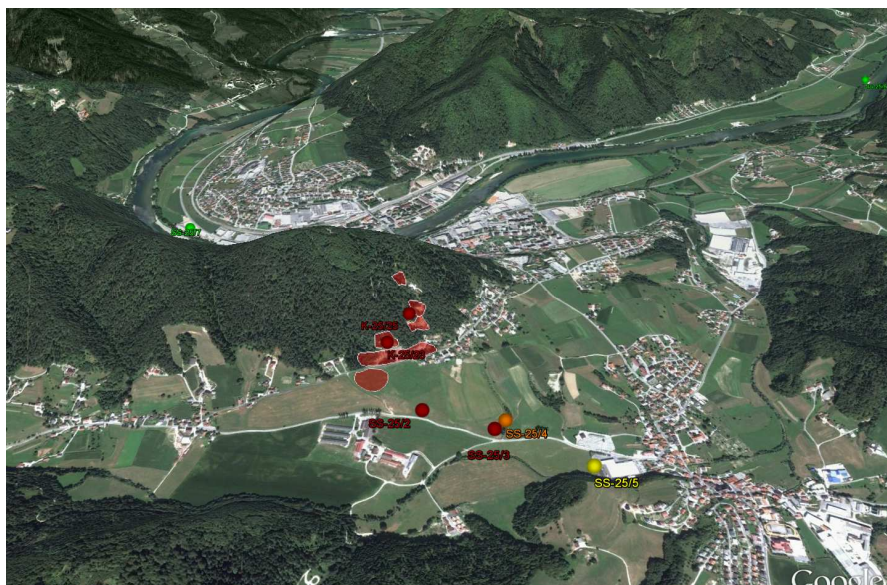
Območje rudnika Litija

V **tretji razred**, ki je še vedno kritično vpliven na okolje se je uvrstilo odlagališče K-25/23 z območja Litije. Predlagamo dodatne raziskave odlagališča in redno spremljanje vplivov na okolje.

Odlagališče K-25/26 se je uvrstilo v 5. razred, K-25/24, K-25/25 in K-25/28 v 6. razred ter K-25/22 in K-25/27 8. razred. Za ta odlagališča predlagamo redno spremljanje vplivov na okolje.

V Litijem rudnem polju, natančneje med naseljema Štangarske Poljane na zahodu in Mamolj na vzhodu, so v deset kilometrov dolgem pasu od nekdanj rudarili na številnih lokacijah. Gre za svinčeva, cinkova in baritna rudišča od katerih so največji Sitarjevec, Zavrstnik, Zagorica in Maljek. Rudarstvo se je na tem območju začelo že zelo zgodaj. Domnevajo, da so v Litiji rudarili že Kelti, vendar za to ni trdnih dokazov. Najdišča žindre v neposredni bližini Litije pričajo o rudarjenju v rimskih časih.

Dolgoletno rudarjenje se tudi na območju Litije odraža v povišanih vsebnosti PHE v tleh (Šajn & Gosar, 2007; 2014). Tudi v sedimentih smo ugotovili več kor 2x presežene kritične vsebnosti Na spodnji sliki so predstavljene vzorčne točke sedimentov pobarvene glede na vsebnosti Pb, Zn, Hg in Ba..



Slika 21: Poligoni odlagališč v Litiji in vzorci sedimentov označeni glede na vsebnost Pb

Odlagališča premogovnikov

Hierarhična razvrstitev odlagališč premogovnikov temelji na kombinaciji 2 ključnih kriterijev tveganja, ki si sledijo po pomembnosti. Ker odlagališča premogovnikov ne vsebujejo pomembnejših količin potencialno škodljivih prvin (PHE) in tako bistveno ne vplivajo na povišanje njihovih vsebnosti v okolju, je bila kot najpomembnejši kriterij izbrana **stabilnost** odlagališč (1. kriterij) ter **velikost** odlagališč (2. kriterij). Geomehanska stabilnost opredeljuje odlagališča glede na možnost plazjenja materiala odlagališč in ogroženost. Kriterij velikosti odlagališča je definiran s skupno površino odlagališča, ki znaša nad 100000 m², med 100000 in 20000 m² ter pod 20000 m². Za vsako odlagališče je bila za kriterij stabilnosti izbrana vrednost med 1 in 2, kjer 1 pomeni manjši, 2 pa večji vpliv, za kriterij velikosti pa vrednost med 1 in 3, kjer je 1 manjši, 3 pa večji vpliv. Rezultat je dvomestna šifra, pri kateri je pomemben vrstni red števil. Prvo mesto predstavlja vpliv stabilnosti, drugo mesto pa predstavlja vpliv velikosti odlagališča. Na podlagi šifre je bilo določenih 6 razredov z majhnim do kritičnim vplivom (Tabela 11). V Tabeli 12 je prikazana razvrstitev obravnavanih odlagališč premogovnikov v 6 razredov glede na skupen vpliv. 2 odlagališči sta bili opredeljenih z zmerno kritičnim vplivom, 15 odlagališč pa z zmernim vplivom.

Tabela 11. Šifriranje ter razdelitev odlagališč premogovnikov v razrede na osnovi tveganja z upoštevanjem 2 kriterijev in njihov skupen vpliv.

Šifra	Pomen šifre	Razred	Skupen vpliv
23	Veliko, nestabilno odlagališče	1	kritičen
22	Srednje veliko, nestabilno odlagališče	2	
21	Majhno, nestabilno odlagališče	3	zmerno kritičen
13	Veliko, stabilno odlagališče	4	zmeren
12	Srednje veliko, stabilno odlagališče	5	
11	Majhno, stabilno odlagališče	6	majhen

Tabela 12. Hierarhična razvrstitev odlagališč premogovnikov v Sloveniji na osnovi tveganja z upoštevanjem 2 kriterijev.

KRITERIJ		Odlagališče	Razred	
Stabilnost	Velikost odlagališča			
Nestabilno	> 100000 m ²	P-17/3	3	
		P-34/10	3	
Stabilno	20000 - 100000 m ²	P-11/1	4	
		P-14/1	4	
		P-29/1	4	
		P-34/1	4	
		P-34/2	4	
		P-34/3	4	
		P-34/4	4	
		P-34/5	4	
		P-34/6	4	
		P-34/8	4	
		P-37/1	4	
		< 20000 m ²	P-17/2	5
			P-29/2	5
			P-34/7	5
P-34/9	5			

Za odlagališče P-17/3 (Laško - Huda jama), ki je bilo opredeljeno kot zmerno kritično predlagamo, da se opazovanje nadaljuje in tudi za odlagališče P-34/10 (Krišandol) predlagamo redno spremljanje oz. opazovanje geomehanske stabilnosti.

OPIS STRUKTURE PODATKOV

V GOOGLE EARTH APLIKACIJI »WASTE_DEPOSIT«

Vsi obravnavani podatki so interaktivno prikazani v Google Earth aplikaciji Waste_Deposit.kml. Aplikacija vsebuje 33 map (slika 22), ki so razvrščene v 5 sklopov in sicer: Halde (Centroid), Halde (Poligon), Analitika, Kovine (Kategorije tveganja), Premogovniki (Kategorije tveganja) in Ocena tveganja. Tako lahko s pomočjo Google Earth aplikacije dostopamo do vseh zbranih podatkov, ki so sicer zbrani v podatkovnih bazah in v prilogah.

Opis posameznih elementov aplikacije

Halde (Centroid) – Mapa vsebuje centroide odlagališč, ki so bila uvrščena v 3. Fazo s pripadajočimi relevantnimi podatki. Centroidi so razvrščeni v posamezne mape glede na izkoriščano surovino:

- Kovine
- Premogovniki

Halde (Poligon) – V mapi so prikazani poligoni odlagališč, ki so bila uvrščena v 3. Fazo. Poligoni so razvrščeni v posamezne mape glede na definirano rudno polje ali izkoriščano surovino:

- Pleše (Poligoni)
- Škofje (Poligoni)
- Sv. Ana (Poligoni)
- RUVZ (Poligoni)
- Litija (Poligoni)
- Mežica (Poligoni)
- Idrija (Poligoni)
- Premogovniki (Poligoni)

Analitika - Mapa vsebuje centroide objektov s pripadajočimi relevantnimi podatki, ki so razvrščeni v posamezne mape glede na tip opazovanja ali opravljenih analitskih metod:

- Halde (Analize) - tabela 5
- Halde (Izluževalni test) - tabela 6
- Halde (Stabilnost_Erozija) - tabela 7
- Sedimenti (Analize) - tabela 2
- Sedimenti (SEM) - priloga 1
- Elementi (Distribucije) – V Sklopu so prikazani centriodi koncentracij posameznih kemijskih elementov v rečnih in potočnih sedimentih. Barve centroidov (zelena, rumena, oranžna in rdeča) so definirane glede na že opisano metodologijo. Sklop je razdeljen v 11 map v katerih so distribucije posameznih kemijskih elementov: As, Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Mo, Ni, Pb in Zn

Kovine (Kategorije tveganja) – V sklopu so prikazani centriodi izločitvenih faktorjev torej momenti odločitve (DA/NE), ki so osnova za oceno tveganja pri haldah kovinskih rudnikov. V skladu z navedenim so centriodi v zeleni oz. rdeči barvi. Sklop je razdeljen v 4 mape glede na opazovanja ali opravljene analitske postopke: elementov:

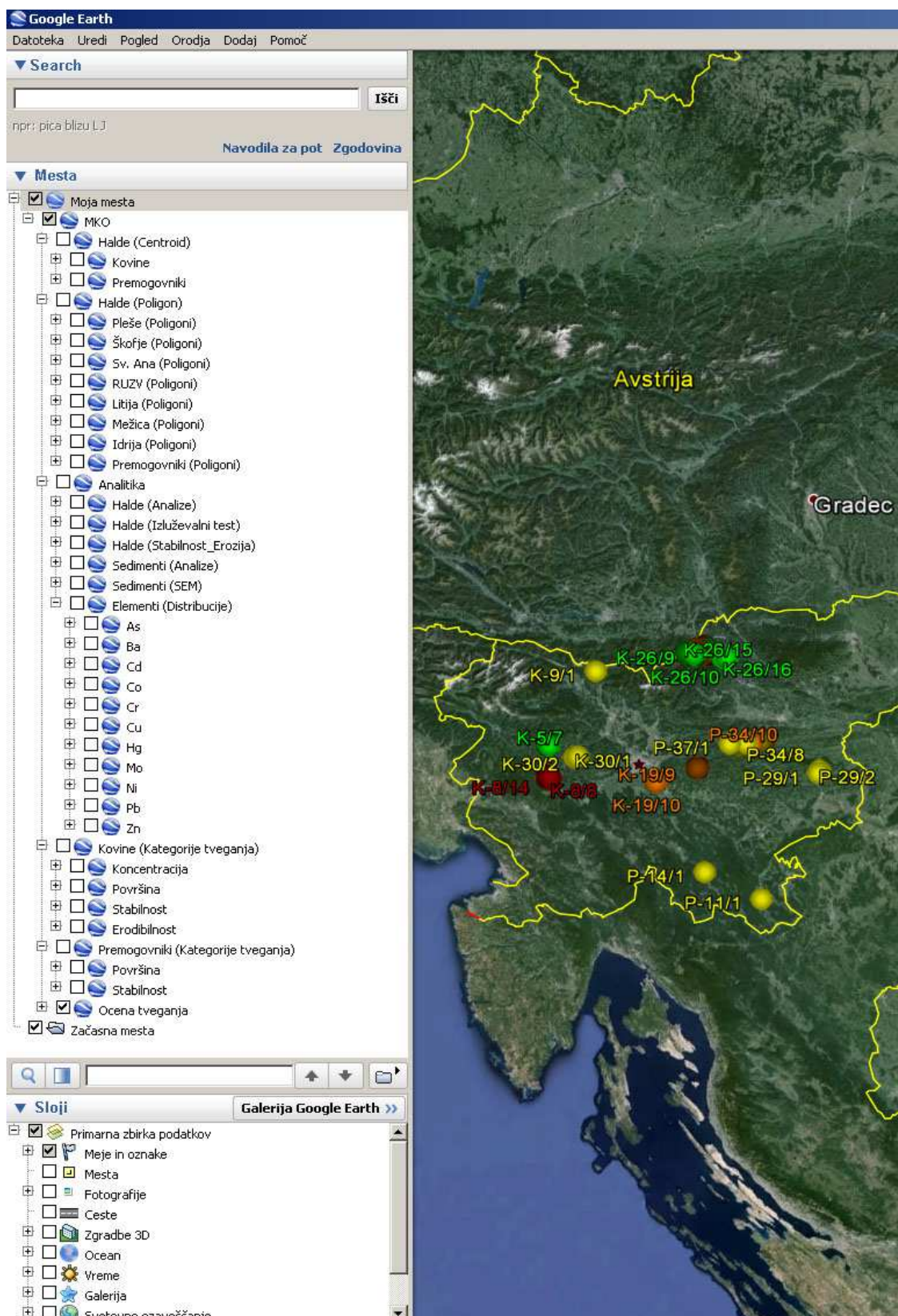
- Koncentracija - tabeli 2 in 5
- Površina
- Stabilnost - tabela 7
- Erodibilnost - tabela 7

Premogovniki (Kategorije tveganja) – V sklopu so prikazani centriodi izločitvenih faktorjev/ momenti odločitve (DA/NE), ki so osnova za oceno tveganja pri premogovniških haldah. V skladu z navedenim so centriodi v zeleni oz. rdeči barvi. Sklop je razdeljen v 2 mapi glede na opazovanja ali opravljene analitske postopke:

- Površina
- Stabilnost - tabela 8

Ocena tveganja

Sklop predstavlja sintezo vseh zbranih opazovanj in analitskih podatkov. V mapi so prikazani centriodi, katerih barve (zelena, rumena, oranžna in rdeča) so definirane glede na že opisano metodologijo in predstavljajo dejansko oceno tveganja posameznih objektov (tabeli 9 do 12).



Slika 22. Podatkovna struktura Google Earth aplikacije

Literatura:

- BOLE, M., DRUKS, P., ROŠER-DREV, A. & VETRIH, M. 2002: Meža s pritoki - sediment, segment vode (Meža with tributaries - sediment, water segment) (in Slovene). In *Primerjalna študija o onesnaženosti okolja v Zg. Mežiški dolini med stanji v letih 1989 in 2001, final report*. C. Ribarič-Lasnik (ed.), , pp. 106-125.
- EPA (2004). Final Report of the Expert Group for Silvermines, Co. Tipperary – Lead and other relevant metals. Wexford: Environmental Protection Agency. 49 str.
- FUX, J. & GOSAR, M. 2007: Vsebnosti svinca in drugih težkih kovin v sedimentih na območju Mežiške doline = Lead and other heavy metals in stream sediments in the area of Meža valley. *Geologija*, , vol. 50, no. 2, pp. 347-360
- GOSAR, Mateja, MILER, Miloš. 2011: Anthropogenic metal loads and their sources in stream sediments of the Meža River catchment area (NE Slovenia). V: FORTNER, Sarah K. (ur.), MUNK, LeeAnn (ur.). *Sources, transport and fate of trace and toxic elements in the environment*, (Applied geochemistry, ISSN 0883-2927, Vol. 26, iss. 11). Amsterdam: Elsevier, , vol. 26, iss. 11, str. 1855-1866, doi: [10.1016/j.apgeochem.2011.06.009](https://doi.org/10.1016/j.apgeochem.2011.06.009).
- Kiss J., Jordán G., Detzky, G., Vértesy, L., Müller, T., Zsámbok, I., Pászera, G., Gulyás, Á., Óri, G., Rádi, K., Hermann, V., Jerabek, C., Abdaal, A. & Albert, J. 2012: Inventory and risk classification of closed mine waste facilities of Hungary. Budapest: The Hungarian Office for Mining and Geology, Eötvös Loránd Geophysical Institute of Hungary, Hungarian Geological Institute. 42 str.
- KOČMAN, D., HORVAT, M., KOTNIK, J. Mercury fractionation in contaminated soils from the Idrija mercury mine region. *Journal of Environmental Monitoring*, 2004, vol 6, str. 696-703.
- KOČMAN, D., in HORVAT, M. A laboratory based experimental study of mercury emission from contaminated soils in the River Idrijca catchment. *Atmospheric Chemistry Physics*, 2010, vol. 10, str. 1417-1426.
- KOČMAN, D., KANDUČ, T., OGRINC, N., in HORVAT, M. Distribution and partitioning of mercury in a river catchment impacted by former mercury mining activity. *Biogeochemistry*, 2011a, vol. 104, no. 1-3, str. 183-201.

- KOČMAN, D., VREČA, P., FAJON, V., in HORVAT, M. Atmospheric distribution and deposition of mercury in the Idrija Hg mine region, Slovenia. *Environmental research*, 2011b, vol. 11, str. 1-9.
- KOSTA, L., BYRNE, A.R., ZELENKO, V., STEGNAR, P., DERMELJ, M., RAVNIK, V. Studies on the uptake, distribution and transformations of mercury in living organisms in the Idrija region and comparative areas. *Vestnik slovenskega kemijskega društva*, 1974, vol. 21, str. 49-76.
- KOTNIK, J., HORVAT, M., DIZDAREVIČ, T. Current and past mercury distribution in air over the Idrija Hg mine region, Slovenia. *Atmospheric Environment*, 2005, vol. 39, str. 7570-7579.
- KUGONIČ, N. & ZUPAN, M. 1999: Vsebnosti Pb, Cd in Zn v tleh in nekaterih rastlinah v Zgornji mežiški dolini (Contents of Pb, Cd and Zn in soil and plants in upper Meža Valley) (in Slovene). In *Problem težkih kovin v Zgornji Mežiški dolini: proceedings volume*. C. Ribarič-Lasnik et al. (eds.), Velenje: Environmental Research & Industrial Co-operation Institute ERICo, , pp. 66-78
- MHSPE 2014: Ministry of Housing, Spatial Planning, and the Environment (2014) The New Dutchlist. In: Intervention Values and Target Values – Soil Quality Standards. Directorate General for Environmental Protection, Department of Soil Protection, The Hague, The Netherlands. <http://www.contaminatedland.co.uk/std-guid/dutch-1.htm>. Accessed 16 January 2014
- MIKLAVČIČ, V. Mercury in the town of Idrija (Slovenija) after 500 years of mining and smelting. V *Mercury contaminated sites*. Editors: R. Ebinghaus, R.R. Turner, L.D. de Lacedra, O. Vasiljev, in W. Salomons, Berlin: Springer, 1999, str. 259-270.
- MILER, M, GOSAR, M. 2012 Characteristics and potential environmental influences of mine waste in the area of the closed Mežica Pb-Zn mine (Slovenia). *Journal of geochemical exploration*, ISSN 0375-6742. [Print ed.], , vol. 112, str. 152-160, doi: [10.1016/j.gexplo.2011.08.012](https://doi.org/10.1016/j.gexplo.2011.08.012)
- MILER, M, GOSAR, M. 2013: Assessment of metal pollution sources by SEM/EDS analysis of solid particles in snow: a case study of Žerjav, Slovenia. *Microscopy and microanalysis*, ISSN 1431-9276. [Print ed.], vol. 19, issue 6, str. 1606-1619, doi: [10.1017/S1431927613013202](https://doi.org/10.1017/S1431927613013202).

-
- MILER, M. 2012. *Application of SEM/EDS to environmental mineralogy and geochemistry : ph. d. thesis*. Ljubljana: [M. Miler], XIII, 169 str., ilustr., tabele.
 - MLAKAR, I. Osnovni parametri proizvodnje rudnika Idrija skozi stoletja do danes. *Idrijski razgledi*, 1974, vol. 19, no. 3-4, str. 1-40.
 - ŠAJN, R. 2006: Factor Analysis of Soil and Attic-dust to Separate Mining and Metallurgy Influence, Meža Valley, Slovenia. *Mathematical Geology*, , vol. 38, no. 6, pp. 735-747.
 - ŠAJN, R, GOSAR, M. Onesnaženost tal v okolici Litije kot posledica rudarskih in metalurških dejavnosti ter naravnih danosti = Soil pollution in surroundings of Litija as a reflection of mining, metallurgy and natural conditions. *Geologija*, ISSN 0016-7789. [Tiskana izd.], 2007, knj. 50, 1, str. 131-145.
 - ŠAJN, R, GOSAR, M. Multivariate statistical approach to identify metal sources in Litija area (Slovenia). *Journal of geochemical exploration*, ISSN 0375-6742. [Print ed.], 2014, vol. 138, str. 8-21, doi: [10.1016/j.gexplo.2013.12.007](https://doi.org/10.1016/j.gexplo.2013.12.007)
 - Stanley, G., Gallagher, V., Ní Mhairtín, F., Brogan, J., Lally, P., Doyle, E. & Farrell, L. 2009: *Historic Mine Sites – Inventory and Risk Classification, Volume 1*. Wexford: Geological Survey of Ireland, Environmental Protection Agency, Exploration and Mining Division. 170 str.
 - Stanley, G., Jordan, G., Hamor, T. & Sponar, M. 2011: Guidance document for a risk-based pre-selection protocol for the inventory of closed waste facilities as required by article 20 of directive 2006/21/EC. Dostopno na: http://ec.europa.eu/environment/waste/mining/pdf/Pre_selection_GUIDANCE_FINAL.pdf.
 - SVETE, P., MILAČIČ, R. & PIHLAR, B. 2001: Partitioning of Zn, Pb and Cd in river sediments from a lead and zinc mining area using the BCR three-step sequential extraction procedure. *Journal of Environmental Monitoring*, , vol. 3, pp. 586-590
 - TERŠIČ, T. *Environmental influences of historical small scale ore processing at Idrija area: dissertation thesis*. Ljubljana, 2010, 201 str.
 - TERŠIČ, T. SEM/EDS analysis of soil and roasting vessels fragments from ancient mercury ore roasting sites at Idrija area. *Geologija*, 2011, vol. 54, no. 1, str. 31-40.

- TERŠIČ, T., GOSAR, M., in BIESTER, H. Distribution and speciation of mercury in soil in the area of an ancient mercury ore roasting site, Frbejžene trate (Idrija area, Slovenia). *Journal of Geochemical Exploration*, 2011b, vol. 110, str. 136–145.
- TERŠIČ, T., GOSAR, M., in BIESTER, H. Environmental impact of ancient small-scale mercury ore processing at Pšenk on soil (Idrija area, Slovenia). *Applied Geochemistry*, 2011a, vol. 26, str. 1867–1876.
- TERŠIČ, T., in GOSAR, M. Preliminary results of detailed geochemical study of mercury at the ancient ore roasting site Pšenk (idrija area, Slovenia) = Preliminarni rezultati geokemične raziskave živega srebra na območju nekdanje žgalnice rude Pšenk (Idrijsko, Slovenija). *Geologija*, vol. 52, no. 1, str. 79-86.
- URADNI LIST RS, 1996: Uredba o mejnih, opozorilnih in kritičnih imisijskih vrednostih nevarnih snovi v tleh. Ljubljana, Uradni list, 68, 5773-5774. Accessed on 30 January 2014.
- URADNI LIST RS, št. 61/2011 Uredba o odlaganju odpadkov na odlagališčih, 8857-8914, Accessed on 30 February 2014.
- VREČA, P., PIRC, S. & ŠAJN, R. 2001, Natural and anthropogenic influences on geochemistry of soils in the terrains of barren and mineralized carbonate rocks in the Pb-Zn mining district of Mežica, Slovenia. *Journal of Geochemical Exploration*, vol. 74, pp. 99-108.
- ŽIBRET, G., in GOSAR, M. Calculation of the mercury accumulation in the Idrija River alluvial plain sediments. *Science of total environment*, 2006, vol. 368, str. 291-297
- ZUPAN, M. *Research of soil pollution in Slovenia in the year 2008. Phase report*. Ljubljana: University of Ljubljana, Biotechnical Faculty, department of Agronomy, Centre for soil and environmental science, 2008. 37 p.