

# Analýza rizika území po t'ážbe nerastných surovín na príklade lokality Slovinky (Spišsko-gemerské Rudohorie)

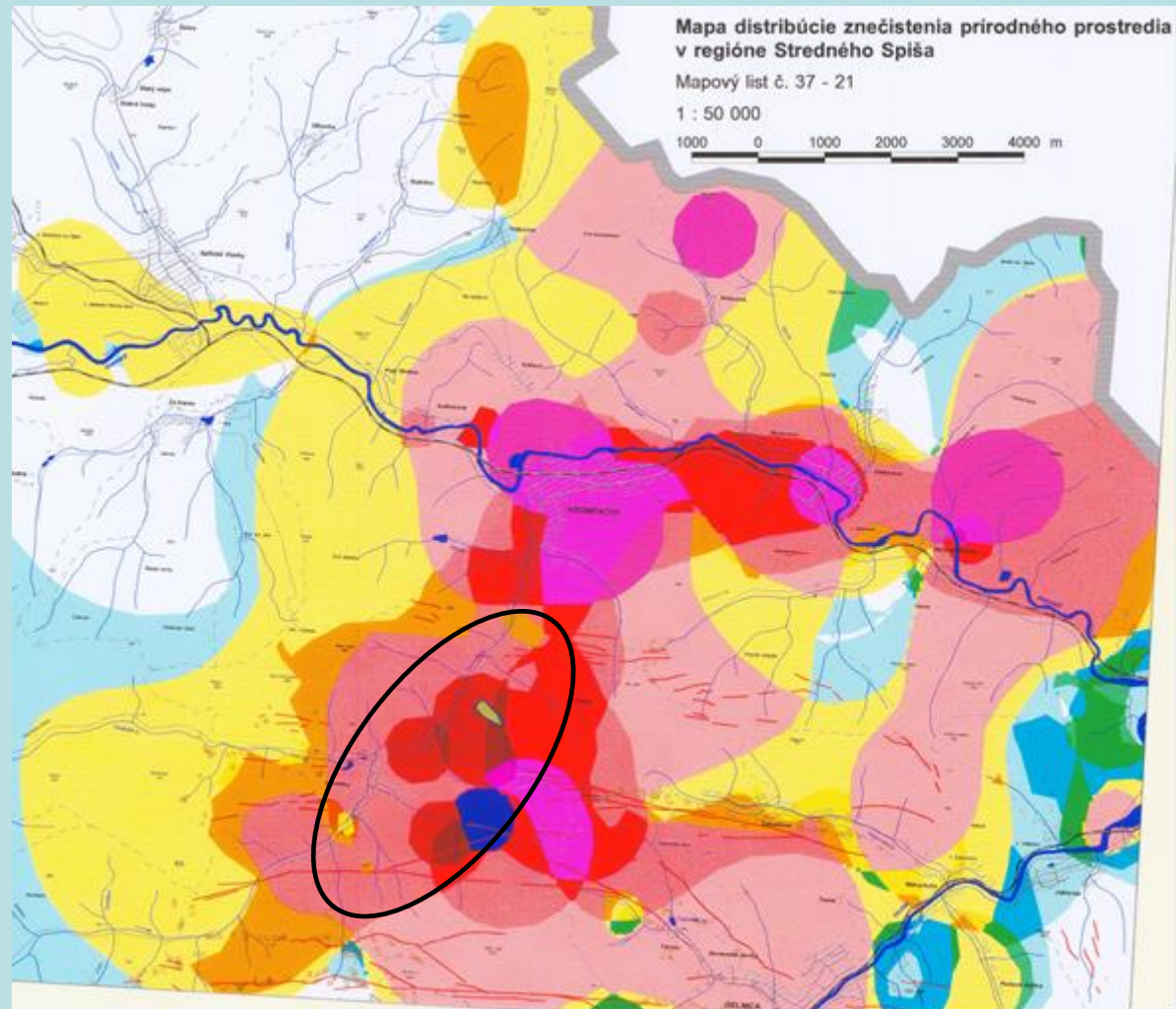


**Peter Šottník, Ľubomír Jurkovič, Katarína Peťková, Peter Sekula**  
Univerzita Komenského v Bratislave,  
Prírodovedecká fakulta

# SLOVINKY



Antal, B. et al., 1998: Hodnotenie vplyvu banskej činnosti na životné prostredie v regióne Stredný Spiš. PF UK Bratislava. Manuskript – archív ŠGÚDŠ Bratislava.



**APVV-VMSP-P-0115-09 „metodický postup pre komplexný audit odkalísk obsahujúcich odpad po ťažbe nerastných surovín“**

**Prieskum pravdepodobnej environmentálnej záťaže Slovincy - ťažba a úprava rúd, (SK/EZ/SN/900)**

Slovinky sa v 15 str. sformovali postupne zo sídiel baníkov, roztrúsených blízko banských štôlní, otvárajúcich **Hrubú slovineckú žilu a ďalšie žily medených rúd** - v 18.storočí tu pôsobili početné ťažiarstva,

V 70.rokoch 19.storočia dochádza k úpadku dobývanie miestnych medených rúd, v roku 1897 ťažba medených rúd zanikla. Do popredia sa v tom čase dostáva **dobývanie železných rúd**. Slovinecké železné rudy však boli chudobné na železo, preto sa ich dobývanie čoskoro skončilo. V roku **1925 obnovila ťažbu medených rúd** nemecká firma Beer und Sondheimer Franfurkt, neskôr v nej pokračovala firma Krompašské závody na med' uč.spol.

Po znárodnení baní po roku 1945 prešli slovinecké bane pod Železorudné bane, n.p. Spišská Nová Ves, ktoré zmodernizovali banské i úpravárenské zariadenia. Dobývanie tunajších medených rúd skončil útlm rudného baníctva. **Posledný symbolický vytážený vozík medenej rudy uzrel svetlo sveta dňa 30.6.1993.**

Žilná výplň jednotlivých žíl pozostáva zo **sideritu a kremeňa**, zo sulfidov sú to predovšetkým **chalkopyrit, tetraedrit, arzenopyrit a pyrit**. Okrem týchto minerálov sa v podradnejšom množstve vyskytujú: galenit, sfalerit, bornit, bournoint, jamesonit, tennantit, albit, turmalín, sericit, chlorit. V oxidačnej zóne sú limonit, malachit, azurit, kovelín.





Výber mapy: 7. Metalogenetická mapa Slovenskej republiky

Metaúdaje

Tematické

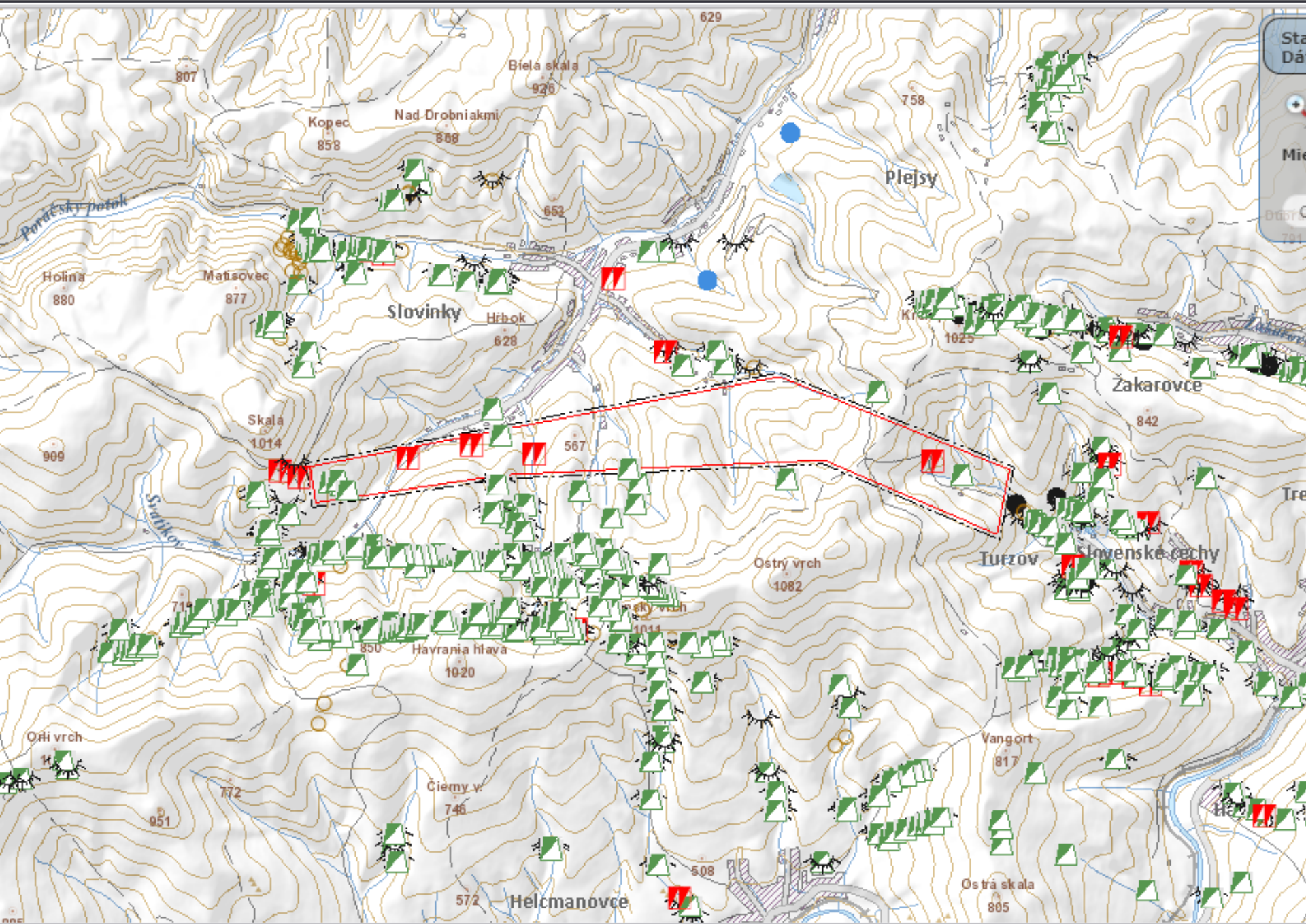
Mezozoikum -  
stredno- až  
vrchnotriasové vápence a  
dolomity

Mezozoikum -  
spodnotriasové pieskovce  
a bridlice s vápencami a  
evaporitmi

mladšie paleozoikum -  
permské sedimenty:  
najmä konglomeráty,  
pieskovce a bridlice

staršie paleozoikum gemerika -  
stredno- až  
vrchnodevónske metapieskovce,  
fylity a spilitovo-  
keratofýrové vulkanity (rakovecká skup.)

staršie paleozoikum gemerika -  
silúrske až spodnodevónske  
metapieskovce, fylity, metavulkanity,  
karbonáty a lydity  
drnavského súvrstvia



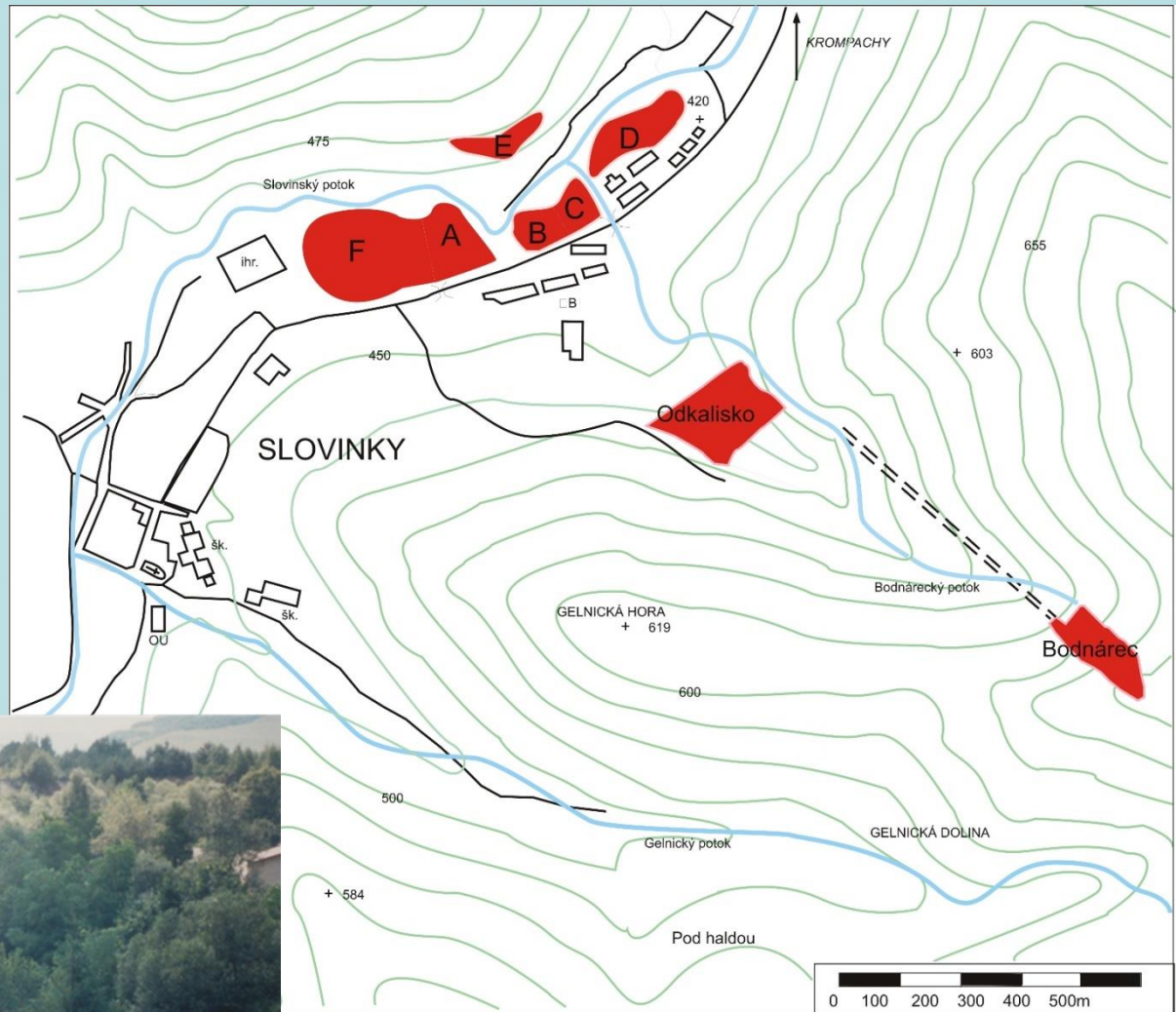


**Predpokladanými zdrojmi potenciálneho znečistenia môžu byť:**

- **telesá odkalísk (Bodnárec a Kalligrund) a telesá odvalov – háld z ťažby a úpravy rúd**
- **vyústenie banských vôd z dedičných štôlní Alžbeta** a Ladislav,
- okolie ťažobných jám (hlavne najmladšej Dorota)
- priestory bývalých kompresorovni a remíz,
- areál starého závodu (priestory drviarne, skladov a dielní),
- odtokové priekopy a kalovody











## HALDA PRIEMERNÝ OBSAH V % VÁHA

Fe Cu As

---

A 24.15 0.158 0.374

B 22.43 0.166 0.367

C 20.71 0.173 0.359

D 19.70 0.172 0.352

E 24.45 0.124 0.456

F 19.78 0.085 0.15

BODNAREC 24.97 0.351 1.411

---

---

SPOLU 22.00 0.179 0.488

## HALDA PRIEMERNÝ OBSAH V TONÁCH

Fe Cu As

---

A 44 309.58 289.893 689.202

B 5 391.72 39.903 88.219

C 16 144.69 134.864 279.862

D 40 494.05 353.552 723.548

E 9 221.52 46.768 171.984

F 21 868.66 93.976 165.839

BODNAREC 27 131.30 381.381 1 533.13

---

---

SPOLU 164 561.53 1 304.34 3 648.78

# Odkalisko Kalligrund



**Odkalisko sa začalo stavať v roku 1967 a jeho životnosť bola plánovaná do roku 2000. Technické údaje - dno hrádze odkaliska a tým aj dno údolia je vo výške 432,00 mn.m., s projektovanou výškou jej navýšenia do úrovne 565,00 m n.m. by hrádza dosiahla 133,00 m. Výška hrádzového systému bola v r. 1992 na úrovni 542,25 m n.m., čiže tesne pred vyčerpaním jeho kapacity. Plánovaný maximálny objem odkaliska je 6 468 000 m<sup>3</sup>.**



	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe celk.	CaO	MgO	TiO <sub>2</sub>	MnO
	% suš.	% suš.	% suš.	% suš.	% suš.	% suš.	% suš.
200-300	38,96	5,68	41,61	7,18	2,97	0,239	0,318
900-1000	61,24	7,98	13,4	1,9	3	0,3	0,396
1800-1900	58,11	7,37	14,86	1,8	3,57	0,293	0,483

	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Scelk.	Ssulf	SO <sub>3</sub>	strz_950
	% suš.	% suš.	% suš.	% suš.	% suš.	% suš.	% suš.
200-300	0,38	0,38	0,09	0,47	0,44	0,08	-0,02
900-1000	0,06	0,22	0,06	0,37	0,33	0,12	7,87
1800-1900	0,05	0,15	0,06	0,16	0,13	0,06	8,5

	Cu	Zn	Pb	Cd	Co	Ni	As
	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
200-300	6682	35931	1397	2,788	244	321	188,9
900-1000	1635	2389	221	-0,3	27	50	230,6
1800-1900	1775	5167	439	-0,3	26	62	98,4

	Sb	Hg	Ba	Sn	Cr
	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
200-300	350,6	0,325	1011,1	1295	2695
900-1000	101,1	1,305	1075,4	1451	2843
1800-1900	139,4	2,049	1083,9	235	527

**+ rtg  
a mikrosonda**

## Čistý neutralizačný potenciál

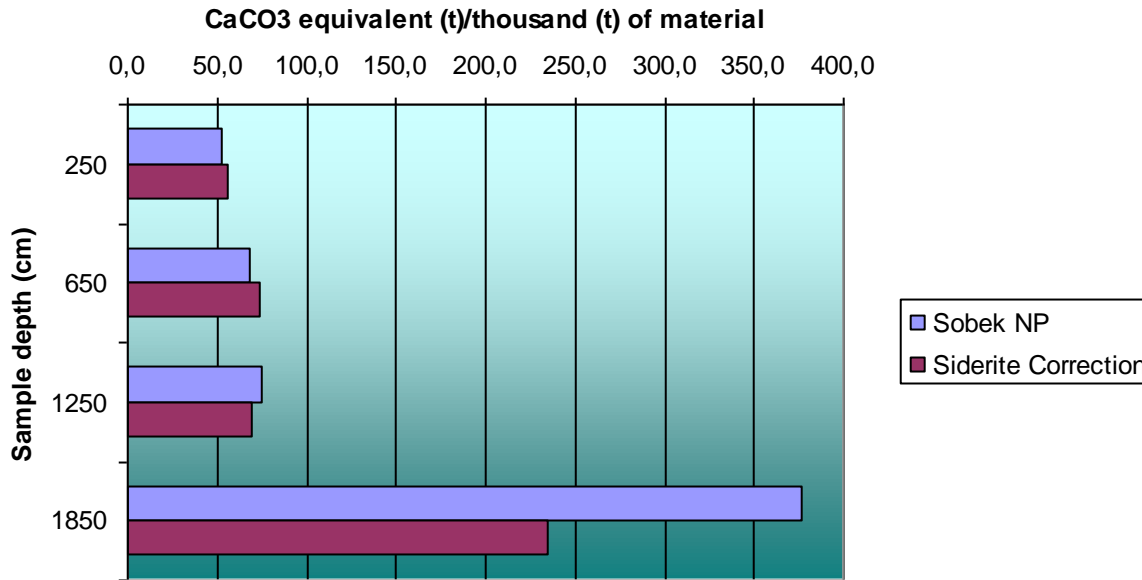
- maximálna tvorby kyslosti - **AP (acid production)**
  - **AP = 31,25 x % S**
  - neutralizačný potenciál (**NP**) vzorky sa vypočíta na základe stanovenia množstva kyseliny, ktorá sa zneutralizuje materiálom odkaliska - jednoduchou acidobázickou titráciou. Titrovaný objem sa prepočíta na  $\text{CaCO}_3$  (kg/t)
  - Čistý neutralizačný potenciál – **NNP = NP - AP**
  - NP peroxid-siderit korekcia
- (Skousen et al. 1997).





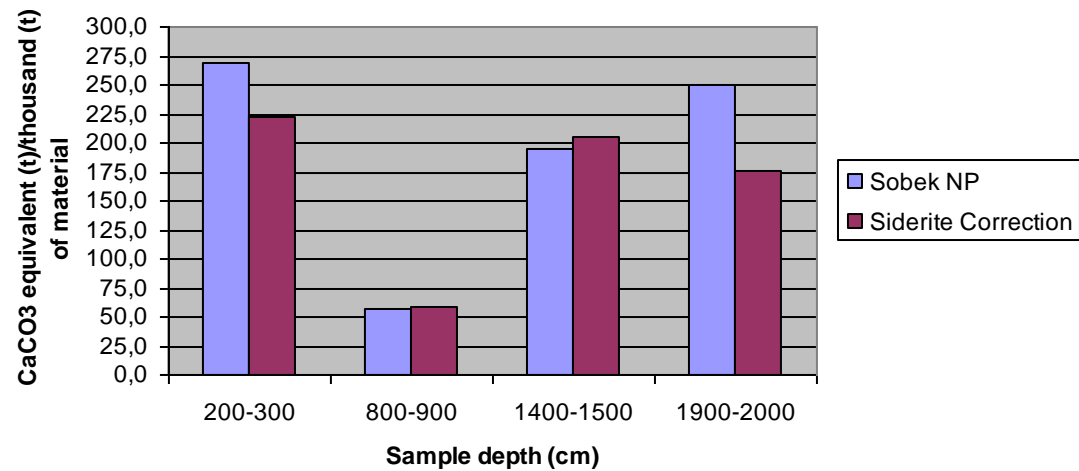
### Comparison of Sobek NP vs. Siderite Correction

**SLO-1**



**SLO-2**

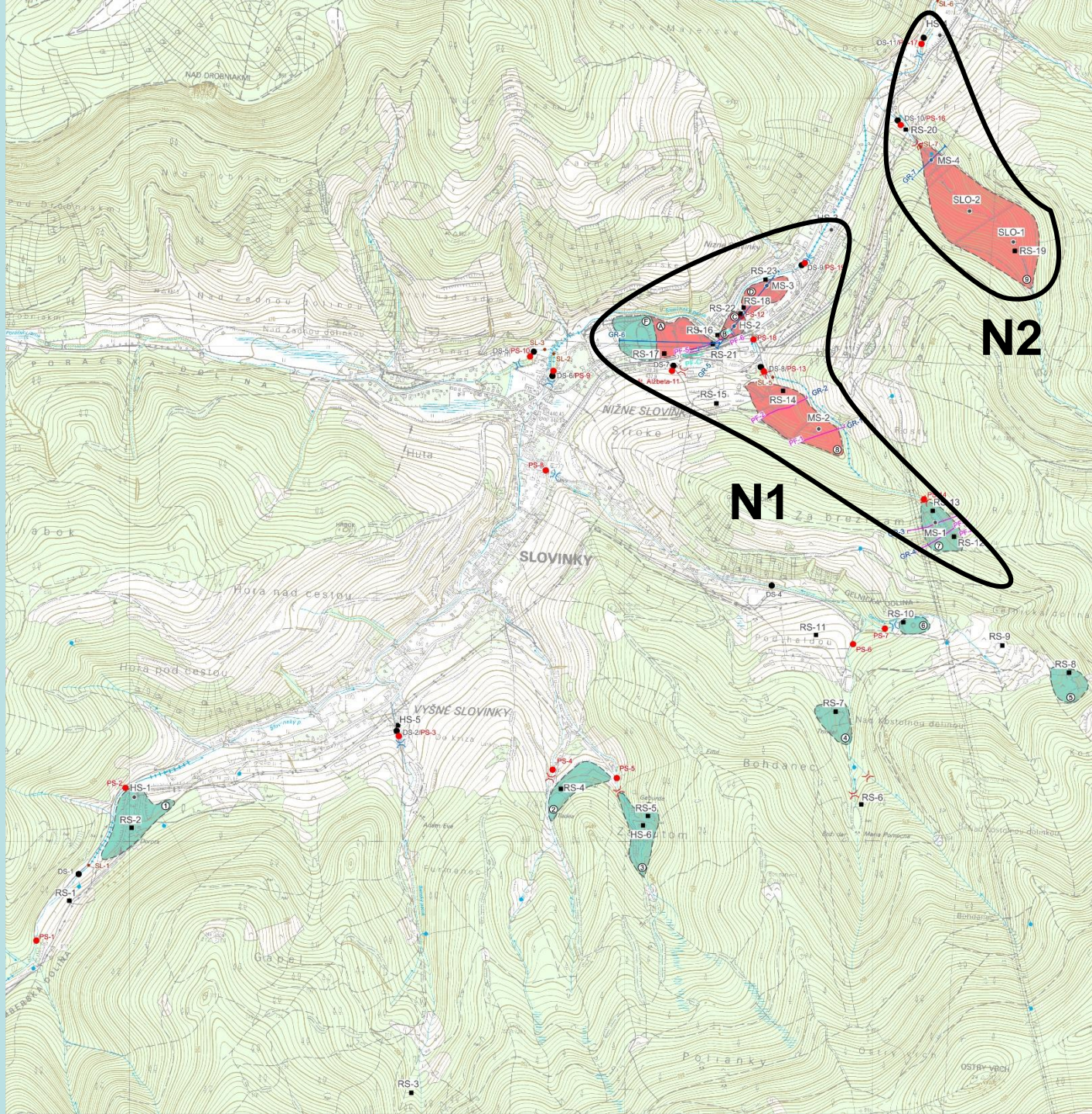
### Comparison of Sobek NP and Siderite Correction



Analýza rizika (AR) znečisteného územia predmetnej environmentálnej záťaže je vypracovaná v **súlade s platnou Smernicou MŽP SR č. 1/2015-7 (z 28. januára 2015)** na vypracovanie analýzy rizika znečisteného územia s použitím vhodných metodických postupov a nariadení, ako aj legislatívnymi usmerneniami (normy, nariadenia vlády SR).

Geologické práce v hodnotenom území potvrdili znečistenie všetkých zložiek životného prostredia znečisťujúcimi látkami, typickými pre opustené banské lokality – anorganickými kontaminantami. **Dominantné znečisťujúce látky boli stanovené arzén, antimón, meď, olovo, ortuť a zinok.** V prípade bária a chrómu sa jedná iba o ojedinelé vzorky zemín a podzemných vôd, kde boli prekročené limitné hodnoty týchto parametrov podľa Smernice MŽP SR č.1/2015-7.





N2

N1

SLOVINČANY

NÍŽNE SLOVINČANY

VYŠNE SLOVINČANY

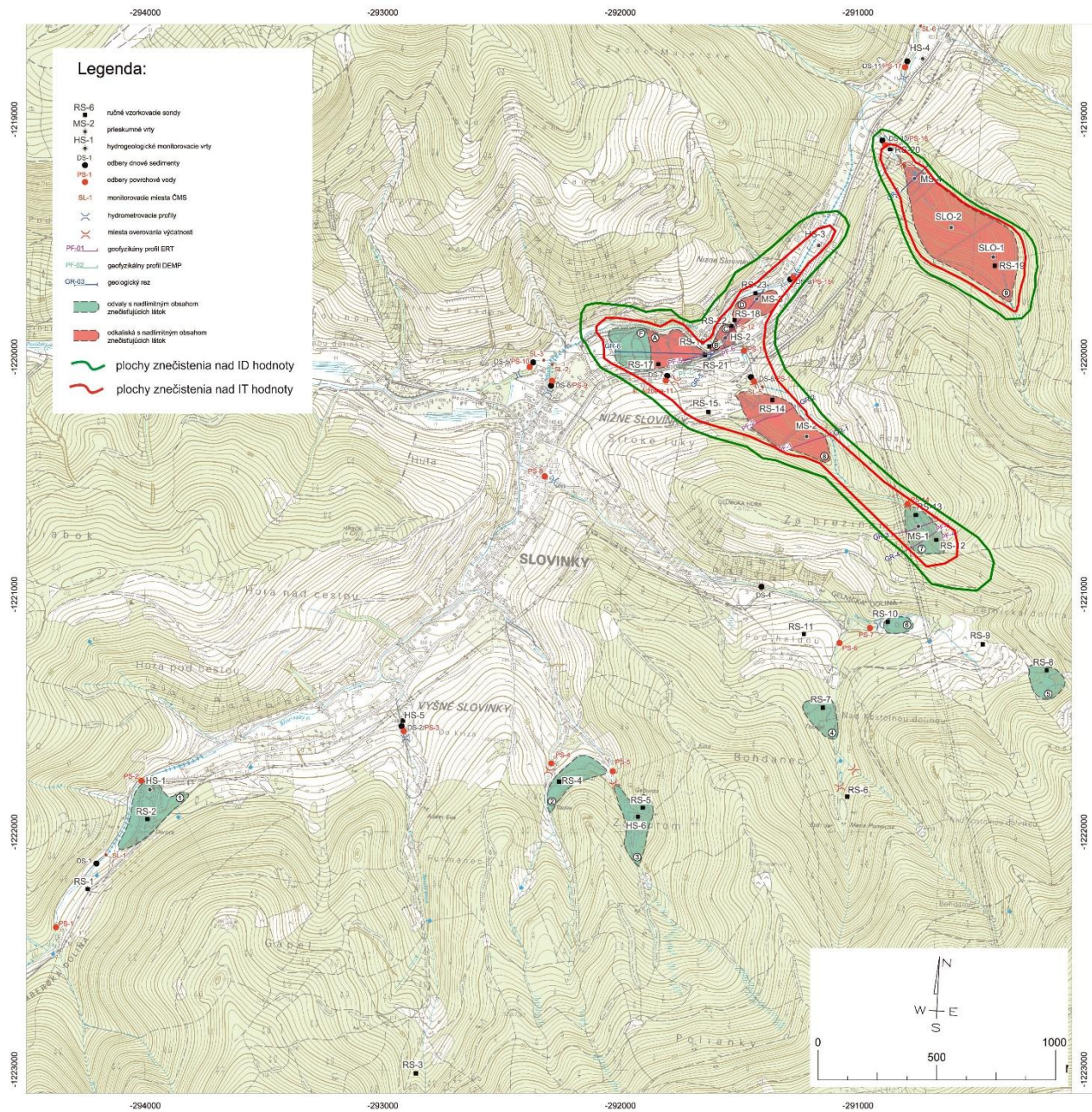
Bohdaneč

Potianky

OSTRÝ VECH

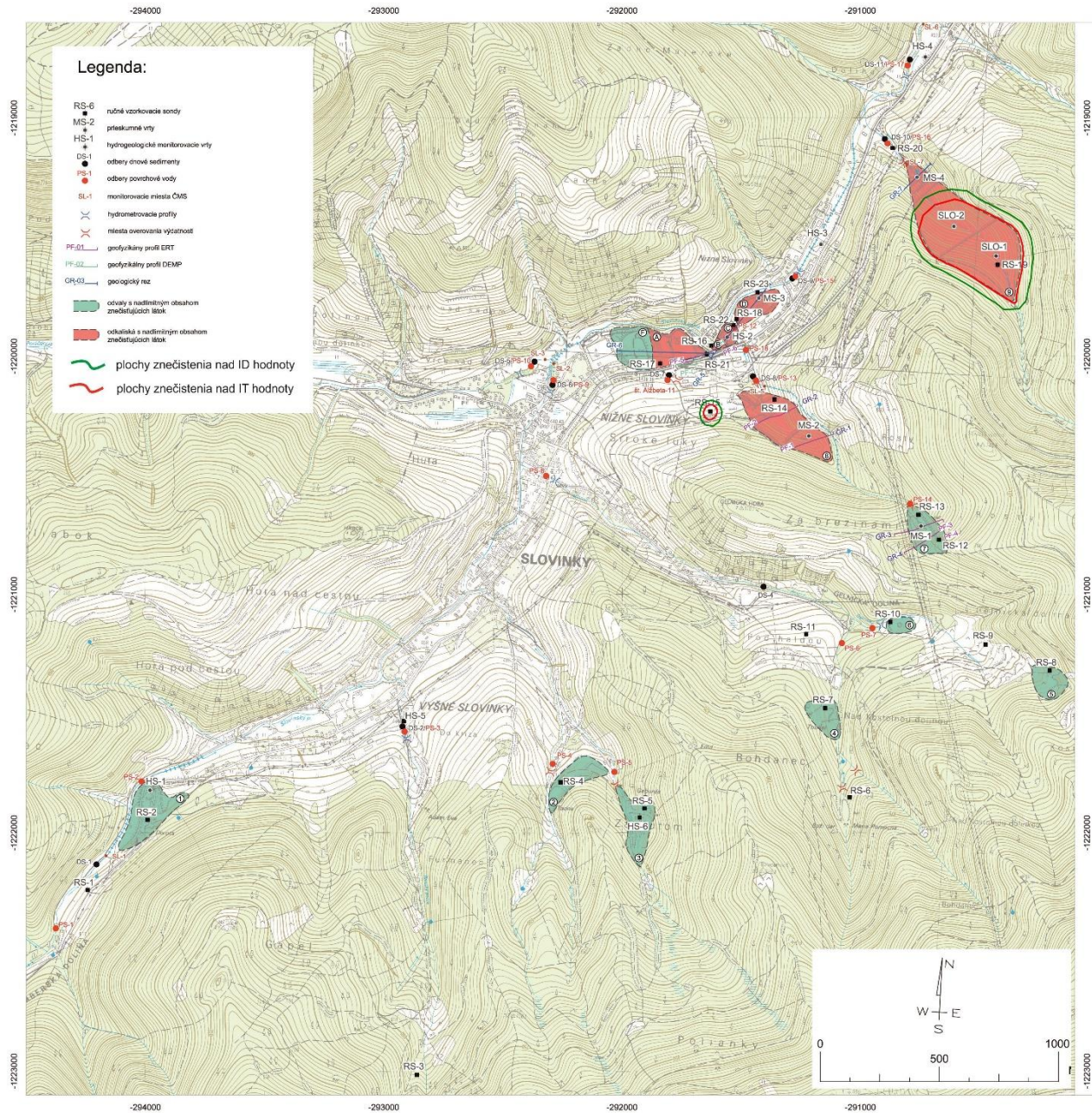


# Príloha A 6.3. Plochy znečistenia zemín v pásme prevzdušnenia - As



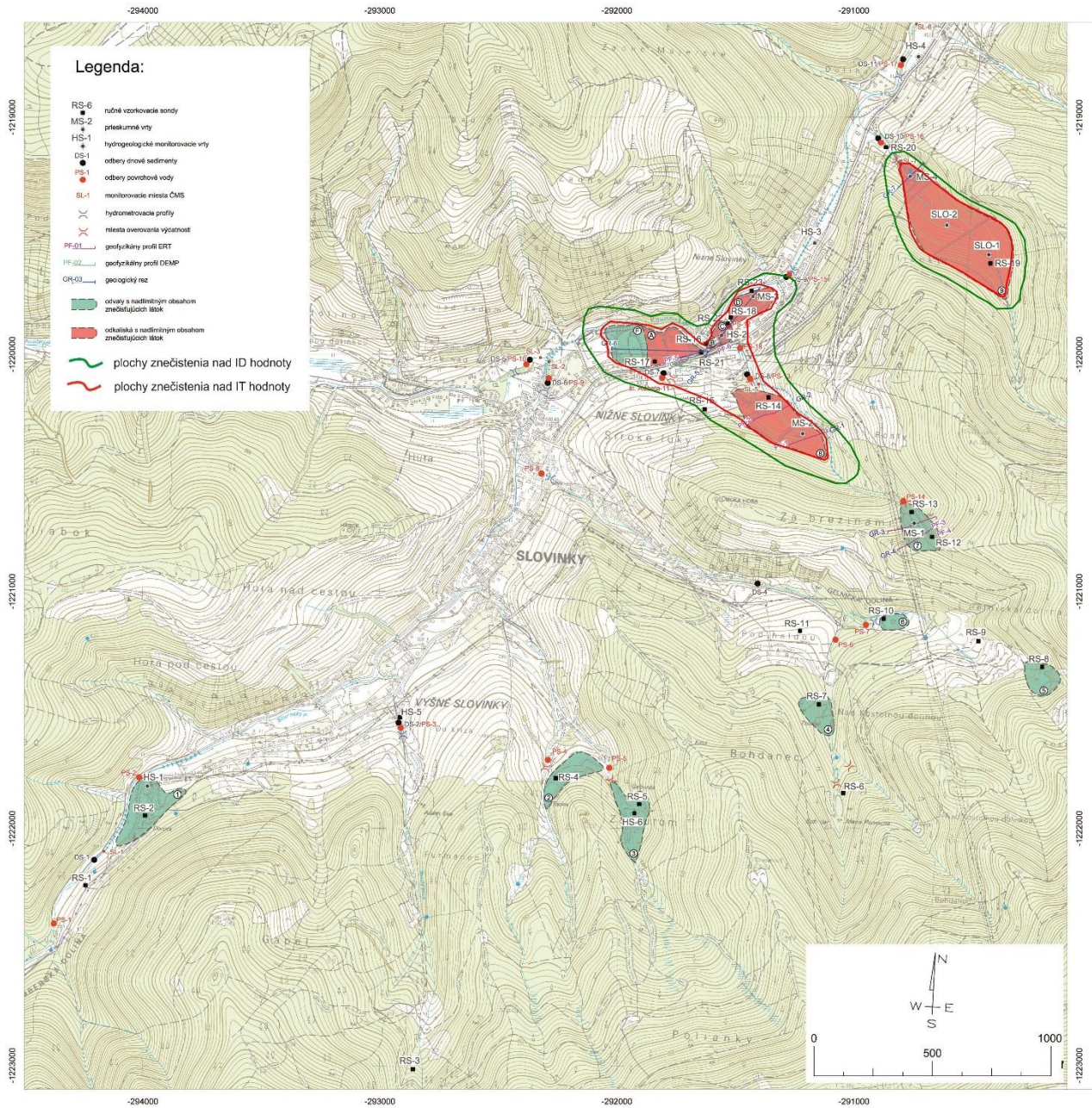


# Príloha A 6.5. Plochy znečistenia zemín v pásme prevzdušnenia - Zn



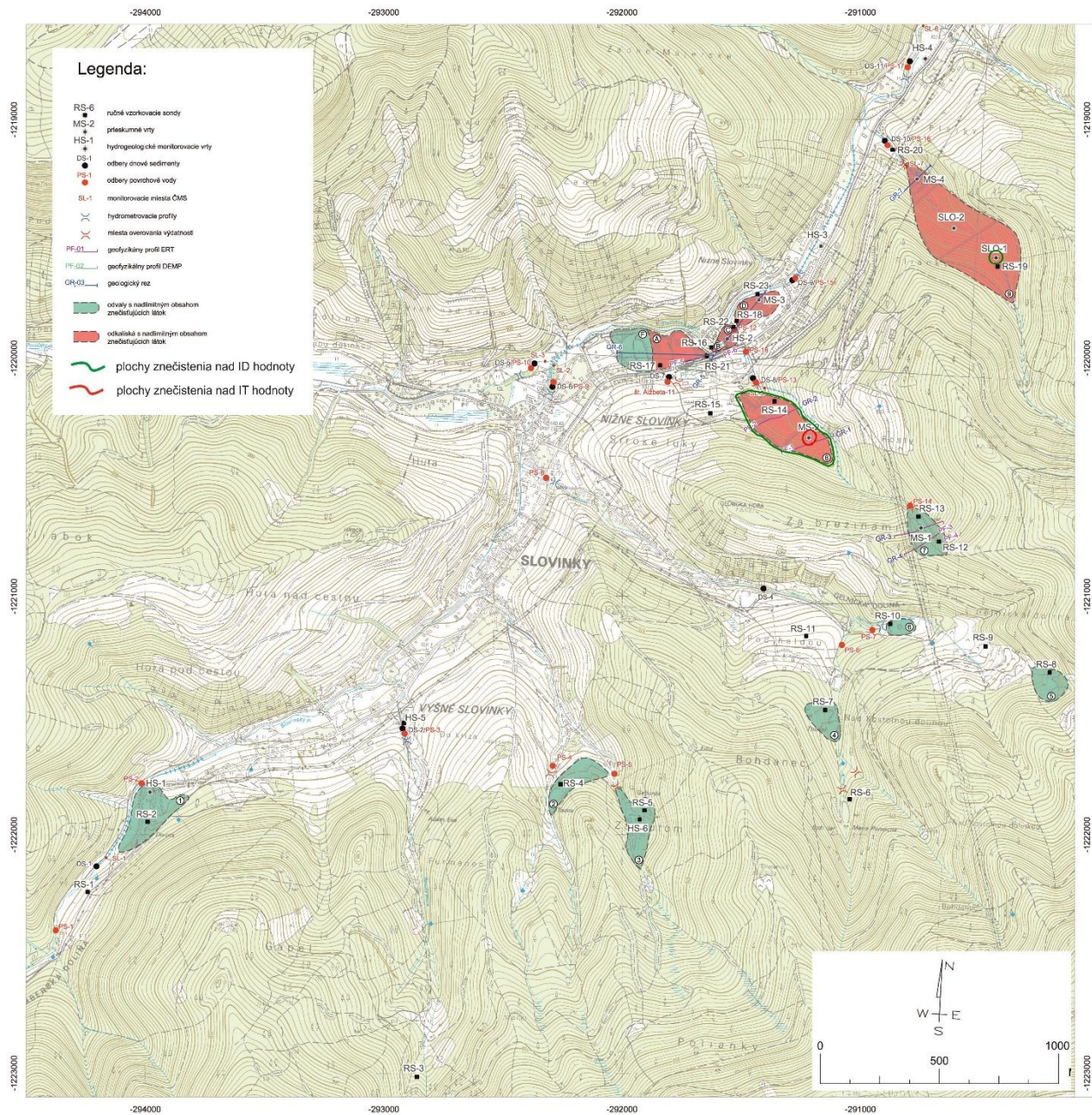


# Príloha A 7.4. Plochy znečistenia zemín v pásme nasýtenia - Sb





# Príloha A 7.1. Plochy znečistenia zemín v pásme nasýtenia - Hg



# Výpočet množstva znečisťujúcich látok v zeminách v pásme prevzdušnenia a v pásme nasýtenia pre znečisťujúcu látku - arzén

## Množstvo znečisťujúcej látky (As) v zeminách v pásme **prevzdušnenia**

územie s koncentraciami znečisťujúcej látky (As) nad ID + IT a len nad IT

Označenie znečistenej plochy	Priemerná hrúbka vrstvy [m]	Priemerná koncentrácia zneč. látky [mg.kg-1 suš.]	Rozloha znečistenej plochy [m <sup>2</sup> ]	Objem znečistenej zeminy [m <sup>3</sup> ]	Hmotnosť znečistenej zeminy [t]	Hmotnosť znečisťujúcej látky [t]
P1 nad ID (As)	2,31	4082	522400	1206744	2545023	10389
P2 nad ID (As)	2,31	233	223540	516377	1089040	254
P3 nad IT (As)	2,31	4082	365400	844074	1780152	7267
P4 nad IT (As)	2,31	233	165300	381843	805307	188
suma nad ID			745940	1723121	3634063	10643
z toho nad IT			530700	1225917	2585459	7454

## Množstvo znečisťujúcej látky (As) v zeminách v pásme **nasýtenia**

územie s koncentraciami znečisťujúcej látky (As) nad ID + IT a len nad IT

Označenie znečistenej plochy	Priemerná hrúbka vrstvy [m]	Priemerná koncentrácia zneč. látky [mg.kg-1 suš.]	Rozloha znečistenej plochy [m <sup>2</sup> ]	Objem znečistenej zeminy [m <sup>3</sup> ]	Hmotnosť znečistenej zeminy [t]	Hmotnosť znečisťujúcej látky [t]
P5 nad ID (As)	3,73	795	522400	1948552	4109496	3267
P6 nad ID (As)	3,73	176	223540	833804	1758493	309
P7 nad IT (As)	3,73	795	365400	1362942	2874445	2285
P8 nad IT (As)	3,73	176	165300	616569	1300344	229
suma nad ID			745940	2782356	5867989	3577
z toho nad IT			530700	1979511	4174789	2514



## **2. Identifikácia rizika**

### **2.1.1 Identifikovanie dominantne nebezpečných znečisťujúcich látok**

V hodnotenom území sa nachádzajú nasledujúce znečisťujúce látky v koncentráciách prekračujúcich indikačné kritérium (ID) podľa Smernice MŽP SR č.1/2015-7:

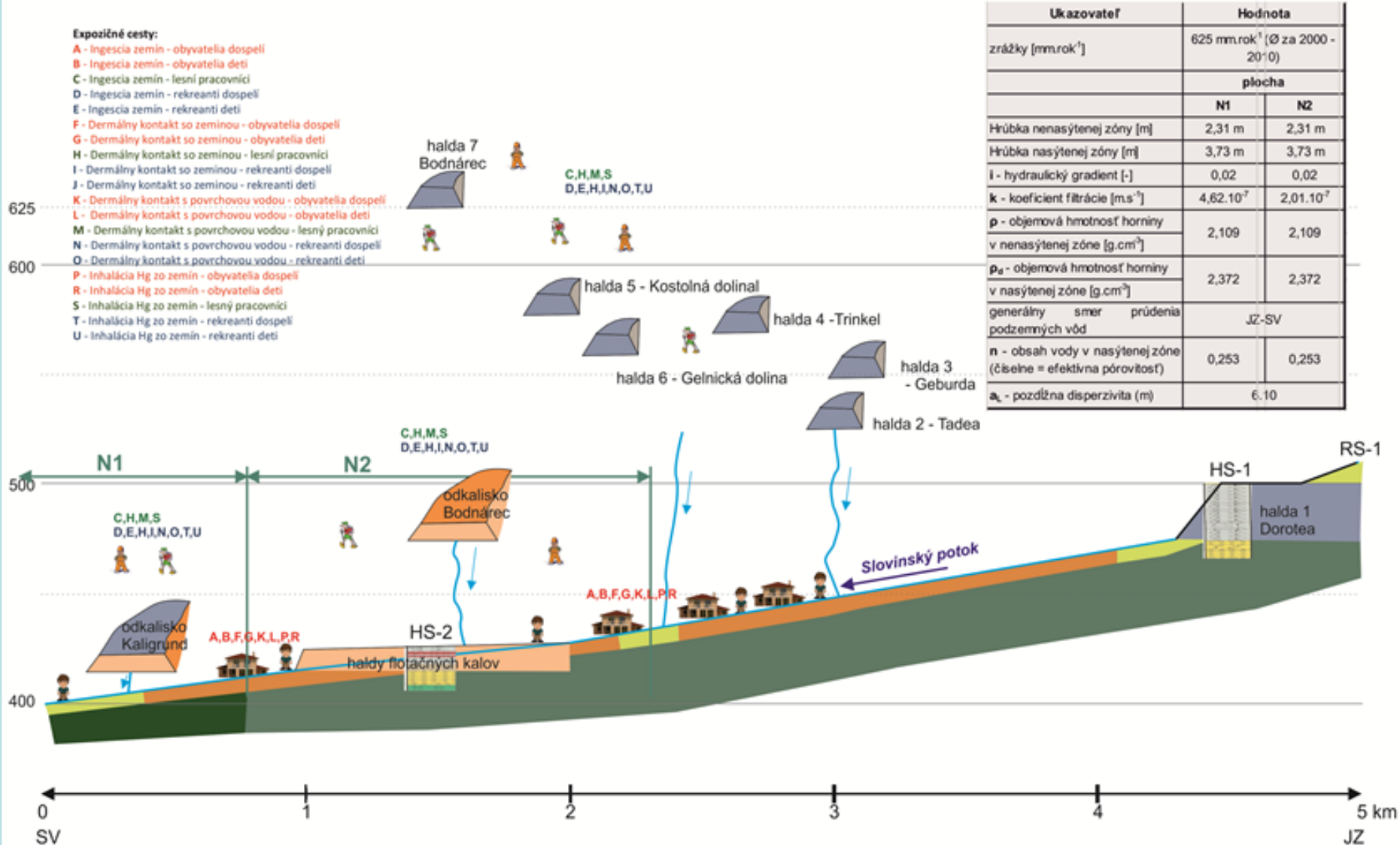
**pôdy a zeminy v pásme prevzdušnenia a zeminy v pásme nasýtenia:**

- ortuť**
- meď**
- antimón**
- arzén**
- zinok**
- olovo**

**Za rizikové môžeme pokladať aj zvýšené hodnoty As v povrchových vodách Slovinského potoka, ktoré môžeme dokladovať prekročením imisných limitov (podľa Prílohy č. 5 NV SR č. 269/2010) v profiloch PS-12, PS-15 a PS-17. V niektorých izolovaných odberoch prišlo aj prekročeniu ID a IT hodnôt pre Cd. Nejedná sa však o prekročenia, ktoré by tvorili súvislú plochu. Preto bol pre Cd realizovaný iba výpočet zdravotných rizík.**

**Expozície cesty:**

- A - Ingresia zemin - obyvatelia dospelí
- B - Ingresia zemin - obyvatelia deti
- C - Ingresia zemin - lesní pracovníci
- D - Ingresia zemin - rekreanti dospelí
- E - Ingresia zemin - rekreanti deti
- F - Dermálny kontakt so zeminou - obyvatelia dospelí
- G - Dermálny kontakt so zeminou - obyvatelia deti
- H - Dermálny kontakt so zeminou - lesní pracovníci
- I - Dermálny kontakt so zeminou - rekreanti dospelí
- J - Dermálny kontakt so zeminou - rekreanti deti
- K - Dermálny kontakt s povrchovou vodou - obyvatelia dospelí
- L - Dermálny kontakt s povrchovou vodou - obyvatelia deti
- M - Dermálny kontakt s povrchovou vodou - lesní pracovníci
- N - Dermálny kontakt s povrchovou vodou - rekreanti dospelí
- O - Dermálny kontakt s povrchovou vodou - rekreanti deti
- P - Inhalácia Hg zo zemin - obyvatelia dospelí
- R - Inhalácia Hg zo zemin - obyvatelia deti
- S - Inhalácia Hg zo zemin - lesní pracovníci
- T - Inhalácia Hg zo zemin - rekreanti dospelí
- U - Inhalácia Hg zo zemin - rekreanti deti



Ukazovateľ	Hodnota	
zrážky [mm.rok <sup>-1</sup> ]	625 mm.rok <sup>-1</sup> (Ø za 2000 - 2010)	
	plocha	
	N1	N2
Hrúbka nenasýtenej zóny [m]	2,31 m	2,31 m
Hrúbka nasýtenej zóny [m]	3,73 m	3,73 m
i - hydraulický gradient [-]	0,02	0,02
k - koeficient filtrácie [m.s <sup>-1</sup> ]	4,62.10 <sup>-7</sup>	2,01.10 <sup>-7</sup>
p - objemová hmotnosť horniny v nenasýtenej zóne [g.cm <sup>-3</sup> ]	2,109	2,109
p <sub>s</sub> - objemová hmotnosť horniny v nasýtenej zóne [g.cm <sup>-3</sup> ]	2,372	2,372
generálny smer prúdenia podzemných vôd	JZ-SV	
n - obsah vody v nasýtenej zóne (čísle = efektívna pórovitosť)	0,253	0,253
a <sub>z</sub> - pozdĺžna disperzivita (m)	6.10	

- flotačný kal
- haldový materiál
- nesúvislý kvartérny pokryv na horninových komplexoch mladšieho paleozoika
- deluviálne sedimenty - litofaciálne nerozlíšené svahové sedimenty (hliny, piesok, úlomky hornín)
- kremenné fylity s metamorfovanými pieskovecami - smrečínovské súvrstvie, rakovecká skupina (st.-ml. devón), staršie paleozoikum
- matabazalty, spility a zelené bridlice, metabazaltové tufy a tufity - sykavské súvrstvie, rakovecká skupina (st.-ml. devón), staršie paleozoikum



# 3. Hodnotenie environmentálnych rizík

## 3.2.1 Hodnotenie aktuálnosti environmentálneho rizika pre receptory v biologickej kontaktnej zóne

*Jednoduchý test aktuálnosti environmentálneho rizika pre receptory v biologickej kontaktnej zóne*

Rozhodnutie	Áno	Nie
<i>Je znečisťujúca látka prítomná v biologickej kontaktnej zóne?</i>	✓	

*Hodnotenie aktuálnosti rizika v biologickej kontaktnej zóne.*

plocha (znečisťujúca látka)	územie	IT mg.kg <sup>-1</sup> suš	Nameraná hodnota mg.kg <sup>-1</sup> suš	Prekročenie limitu NH/IT	Znečistená plocha m <sup>2</sup>	Využitie územia skupina	Hodnotenie rizika ÁNO/NIE
<b>P4 nad IT (Hg)</b>	N1	10	34,06	3,41	2862	2	<b>NIE</b>
P3 nad IT (Cu)	N1	600	2468	4,11	348700	2	<b>ÁNO</b>
P4 nad IT (Cu)	N2	600	2665	4,44	172900	2	<b>ÁNO</b>
P3 nad IT (As)	N1	70	4082	58,31	388700	2	<b>ÁNO</b>
P4 nad IT (As)	N2	70	233	3,33	165300	2	<b>ÁNO</b>
P3A nad IT (Sb)	N1	40	351	8,78	233200	2	<b>ÁNO</b>
P3B nad IT (Sb)	N1	40	205	5,13	27250	2	<b>ÁNO</b>
P4 nad IT (Sb)	N2	40	1306	32,65	122900	2	<b>ÁNO</b>
<b>P3 nad IT (Zn)</b>	N1	2500	15500	6,20	2862	2	<b>NIE</b>
P4 nad IT (Zn)	N2	2500	22270	8,91	122900	2	<b>ÁNO</b>
P3 nad IT (Pb)	N1	300	3099	10,33	2862	2	<b>ÁNO</b>
P4 nad IT (Pb)	N2	300	2663	8,88	122900	2	<b>ÁNO</b>

### 3.2.2 Hodnotenie aktuálnosti rizika šírenia znečistenia podzemnou vodou

#### Jednoduchý test rizika šírenia znečistenia

	ÁNO	NIE
<i>1. Je na hladine alebo pod hladinou podzemnej vody voľná fáza znečisťujúcej látky?</i>		✓
<i>2. Prechádza znečisťujúca látka cez horninové prostredie?</i>		✓
<i>3. Možno predpokladať šírenie sa znečisťujúcej látky v pásme prevzdušnenia?</i>		✓
<i>4. Je nad hodnotu indikačného kritéria znečistenia znečistených viac ako 1 000 m<sup>3</sup> podzemnej vody?</i>		✓
<b><i>Rozhodnutie – je v lokalite riziko šírenia ?</i></b>	<b>NIE</b>	

#### **Záverečné zhodnotenie jednoduchého testu rizika šírenia znečistenia: NIE**

Výsledok jednoduchého testu rizika šírenia sa znečistenia podzemnou vodou je, že sa nepredpokladá riziko šírenia znečistenia, a preto nie je potrebné vykonať ďalšie výpočty rizika šírenia znečistenia podzemnou vodou.

### 3.2.3 Hodnotenie aktuálnosti environmentálneho rizika pre územia znečistené ukladaním ťažobných odpadov

#### *Jednoduchý test aktuálnosti environmentálneho rizika pre územie znečistené ukladaním ťažobných odpadov – krok 1*

Aktuálnosť prítomnosti zdroja		
Kritérium / Rozhodnutie	ÁNO	NIE
1. <i>Vznikol ťažobný odpad pri ťažbe a spracovaní sulfidických rúd alebo obsahuje ťažobný odpad sulfidické minerály v podstatnom množstve?</i>	✓	
2. <i>Vznikol ťažobný odpad pri ťažbe a spracovaní rúd, z ktorých sa získavali kovy Ag, As, Ba, Be, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Sb, Se, Sn, Te, Tl, V, Zn?</i>	✓	
3. <i>Obsahuje ťažobný odpad nebezpečné chemické látky a nebezpečné chemické zmesi, ktoré boli použité pri spracovaní nerastnej suroviny?</i>		✓
4. <i>Obsahuje ťažobný odpad zvyšky z ťažby a spracovania ropy?</i>		✓
5. <i>Sú v telese úložiska alebo v jeho okolí viditeľné prejavy acidifikácie (tvorba okrov, povlakov alebo zrazenín), alebo pozorovateľné zmeny sensorických vlastností vody, či zmeny na vegetačnom pokryve, či iné zmeny indikujúce prítomnosť znečistenia?</i>	✓	



## Jednoduchý test aktuálnosti environmentálneho rizika pre územie znečistené ukladaním ťažobných odpadov – krok 2

Aktuálnosť prítomnosti receptorov		
Kritérium / Rozhodnutie	ÁNO	NIE
1. Je podložie úložiska budované priepustnými horninami (koeficient filtrácie $k_f > 10^{-7} \text{ m.s}^{-1}$ )?	✓	
2. Nachádza sa vo vzdialenosti 50 m od úložiska povrchový tok alebo iný recipient?	✓	
3. Nachádza sa vo vzdialenosti 100 m od úložiska územie chránené podľa osobitných predpisov (napr. chránené územie prírody, ochranné pásmo vodárenského zdroja a podobne)?		✓
4. Nachádza sa vo vzdialenosti 1 km od úložiska obec, alebo osídlenie?	✓	

Na základe jednoduchého testu bola potvrdená potenciálna rizikovosť úložiska ťažobných odpadov ako zdroja znečistenia a prítomnosť receptorov úložiska, preto je potrebné zhodnotiť:

1. aktuálnosť rizika šírenia sa znečistenia podzemnou vodou,
2. aktuálnosť rizika zo znečistenia zemín

### 3.2.3.1 Hodnotenie aktuálnosti rizika šírenia sa znečistenia podzemnou vodou pre územie znečistené ukladaním ťažobných odpadov

Vzorec pre výpočet:  $R = 1 + \rho \cdot K_d / n \cdot v_p$  rýchlosť prúdenia podzemnej vody [ $m \cdot s^{-1}, m \cdot rok^{-1}$ ]:  $v_p = (k \cdot i) / n$

Ročný prírastok znečistenia:  $d = (v_p / R) \cdot P$

*Vypočítané hodnoty  $v_p$  - rýchlosti prúdenia podzemnej vody (pre územie N1 a N2), retardačného faktoru  $R$  pre jednotlivé kontaminanty a ročného prírastku znečistenia RPK.*

	$v_p$ (m/rok)	R	RPK (m <sup>3</sup> /rok)
Hg (N1)	1,15	84,52	12,86
Hg (N2)	0,50	84,52	5,59
As (N1)	1,15	245,64	4,37
As (N2)	0,50	245,64	1,90
Sb (N1)	1,15	414,36	2,59
Sb (N2)	0,50	414,36	1,13
Cu (N1)	1,15	22,09	48,62
Cu (N2)	0,50	22,09	21,12
Zn (N1)	1,15	633,70	1,69
Zn (N2)	0,50	633,70	0,74
Pb (N1)	1,15	84,52	12,71
Pb (N2)	0,50	84,52	5,52

**Kedže vypočítaný ročný prírastok znečistenej podzemnej vody nie je väčší ako 100 m<sup>3</sup> za rok, nemôžeme hovoriť o vážnom riziku šírenia sa znečistenia v podzemnej vode. V tomto prípade v zmysle Smernice MŽP SR č.1/2015-7 nie je potrebné pokračovať v hodnotení environmentálneho rizika prostredníctvom ďalších výpočtov krokovej metódy.**



### 3.2.3.2 Hodnotenie aktuálnosti rizika šírenia sa znečistenia zemín pre územie znečistené ukladaním ťažobných odpadov

Hodnotenie aktuálnosti rizika zo znečistenia zemín spočíva v určení rozsahu znečistenia, stanovení pomeru skutočných (nameraných) koncentrácií a hodnoty IT. Toto hodnotenie v prípade EZ Slovinky ťažba a úprava rúd zodpovedá hodnoteniu aktuálnosti environmentálneho rizika pre receptory v kontaktnej zóne, ktoré je uvedené v kapitole 3.2.1 a v tab. 23 a 24.

### 3.3 Výpočet rizika šírenia znečistenia

Pretože sa predpokladá riziko šírenia sa znečistenia podzemnou vodou, podľa Smernice MŽP SR č. 1/2015-7 je potrebné vykonať výpočet rizika šírenia sa znečistenia.

Vo všeobecnosti platí, že hlavným cieľom výpočtu rizika šírenia znečistenia je zistiť, či daný typ znečistenia horninového prostredia alebo podzemnej vody prispieva k znečisteniu podzemnej / povrchovej vody v rozsahu predstavujúcom riziko šírenia znečistenia, pričom sa hodnotí

- ⇒ migrácia znečisťujúcich látok z horninového prostredia do podzemnej vody,
- ⇒ migrácia znečisťujúcich látok podzemnou vodou,
- ⇒ **migrácia znečisťujúcich látok podzemnou vodou vo vzťahu k povrchovej vode.**

### 3.3.2 Výpočet rizika vo vzťahu k povrchovým vodám

$$C_v = (C_2 * Q_3) + (C_t * Q_t) / (Q_3 + Q_t)$$

$$C_p = C_v - C_t \quad \text{kde:}$$

$C_2$  = koncentrácia znečisťujúcej látky v podzemnej vode na brehu povrchového recipientu [ $\text{mg.l}^{-1}$ ]

$Q_3$  = množstvo znečistenej podzemnej vody prestupujúcej do povrchového recipientu [ $\text{l.s}^{-1}$ ]

$C_t$  = koncentrácia znečisťujúcej látky v povrchovom recipiente pred zmiešaním [ $\text{mg.l}^{-1}$ ]

$Q_t$  = prietok v povrchovom recipiente [ $\text{l.s}^{-1}$ ]

$C_p$  = prírastok znečistenia v povrchovom recipiente [ $\text{mg.l}^{-1}$ ]

$C_v$  = výsledná koncentrácia v povrchovom recipiente po zmiešaní [ $\text{mg.l}^{-1}$ ]

#### Vypočítané a namerané hodnoty As vo vodách Slovinského potoka.

		N1	N2
		As	As
C2	konc. v podz. v. na brehu	0,6872	0,01475
Q3	množstvo pritekajúcej vody	10,02	5,47
Ct	konc. v rec. pred zmiešaním	0,002	0,028
Qt	prietok v recipiente	637,6	737,7
Cv	konc. v rec. po zmiešaní	<b>0,0126</b>	0,0279
Cp	prírastok znečistenia	0,0106	-0,000098
	namerané hodnoty	<b>0,0280</b>	0,042

Bilancia množstva kontaminantu:

N1  $Bk_{As} = 217,15 \text{ kg.rok}^{-1}$ .

N2  $Bk_{As} = 2,54 \text{ kg.rok}^{-1}$ .

V tomto prípade kvalita banskej a povrchovej vody prestupujúcej do povrchového recipientu prekračuje ukazovatele kvality vody pre daný povrchový recipient, čo znamená, že znečistenie podzemnej vody predstavuje riziko pre povrchové vody.



# HODNOTENIE ZDRAVOTNÝCH RIZÍK

## 2.1.2 Identifikovanie možných príjemcov rizík

**Možní príjemcovia rizík – v súčasnosti:**

**1.Obyvatelia domov v obytnej zóne obce Slovinky** sú v stálom kontakte s kontaminovanými zeminami, a možný je občasný kontakt s kontaminovanou povrchovou vodou Slovinského potoka. Do úvahy sa berie ingescia a dermálny kontakt.

**2.Lesní pracovníci pohybujúci sa v doline Slovinského potoka** – ingescia a dermálny kontakt so znečistenými zeminami a povrchovými vodami.

**3.Rekreanti a návštevníci lesa** – ingescia a dermálny kontakt so znečistenými zeminami a povrchovými vodami.

Pre všetky skupiny príjemcov rizík bol realizovaný aj výpočet inhalácie Hg zo zemín z dôvodu jej prchavosti.

Vzhľadom na to, že sa nepredpokladá zmena využívania predmetného územia, v budúcnosti možno predpokladať rovnako vymedzené skupiny príjemcov rizík.

**Priemerný obsah znečisťujúcich látok v zemine a povrchovej vode, ktorý vstupuje do výpočtov zdravotných rizík vyplývajúcich z inhalácie, dermálneho kontaktu a ingescie**

<b>Názov látky</b>	<b>Priemerná koncentrácia (mg.kg<sup>-1</sup> / mg.l<sup>-1</sup>)</b>	<b>plocha</b>	<b>príjemca</b>
As	2157,18	N1 + N2	trvalo bývajúce obyvateľstvo stáli pracovníci rekreanti
Cu	2362,78		
Hg	2,68		
Sb	378,87		
Zn	5293,04		
Pb	684,79		
As	0,129	Slovinský potok	trvalo bývajúce obyvateľstvo stáli pracovníci rekreanti
Cd	0,017		



# Sumárna hodnota karcinogénneho (CVRK) rizika pre jednotlivca a nekarcinogénneho (HI) rizika

príjemca	HI	$\Sigma$ CVRK
dospelý obyvateľ	2,93	$1,15 \cdot 10^{-3}$
dieťa	55,54	$2,18 \cdot 10^{-2}$
lesný pracovník	7,65	$1,05 \cdot 10^{-3}$
rekreant – dospelý	0,37	$1,44 \cdot 10^{-4}$
rekreant – dieťa	7,13	$2,85 \cdot 10^{-3}$

Pozn.: do súčtu sme z dôvodu výraznej neistoty nezahrnuli výsledky expozície inhaláciou

Z uvedených výsledkov vyplýva, že v prípade dlhodobého pobytu domáceho obyvateľstva, resp. pracovníkov lesohospodárstva, ale aj krátkodobého pobytu rekreantov v znečistených oblastiach za súčasných podmienok (na základe ktorých bol robený výpočet) existuje významné riziko karcinogénnych a nekarcinogénnych účinkov vyplývajúcich z dermálnej a ingesčnej expozície.

## 5. Závery analýzy rizika

Na základe analýzy rizika vypracovanej v zmysle Smernice MŽP SR č. 1/2015-7 pre lokalitu EZ Slovinky ťažba a úprava rúd môžeme preukázať nasledovné závery a odporúčania:

1) na lokalite **je prítomné environmentálne riziko znečistenia zemín v kontaktnej (biologickej) zóne ortuťou, meďou, arzénom, antimónom, zinkom a olovom,**

2) na lokalite **nie je prítomné environmentálne riziko zo šírenia sa znečistenia podzemnou vodou,**

3) **znečistenie povrchovej a banskej vody** pritekajúcej so zdrojov kontaminácie na lokalite **predstavuje riziko pre povrchové vody** recipientu Slovinský potok

4) teoreticky existuje výrazné riziko ohrozenia zdravia hodnotenej populácie z expozície ortuti inhaláciou. (prikláňame sa však k názoru, že ortuť sa v zemine vyskytuje v stabilnej minerálnej forme)

5) v prevažnej väčšine prípadov nie je predpoklad poškodenia zdravia hodnotenej populácie pri dermálnom kontakte so znečistenými zeminami a povrchovou vodou. **Výnimkou je trvalo bývajúce obyvateľstvo v blízkosti znečisteného územia (dospelí aj deti), ktorí by denne prichádzali do styku so znečistenou zeminou; riziko vyplýva z prítomnosti arzénu (klasifikovaný ako potvrdený karcinogén).** V tomto prípade existuje predpoklad prahových aj bezprahových účinkov.

**Na elimináciu prítomných environmentálnych a zdravotných rizík odporúčame realizovať sanáciu environmentálnej záťaže. Zdôvodnenie potreby sanácie územia EZ a realizácie potrebných opatrení na zamedzenie vplyvu EZ na obyvateľstvo a zhoršovanie kvality životného prostredia sú nasledovné:**

- potrebná je stabilizácia a zabránenie erózii a rozplavovaniu materiálu háld flotačných kalov povrchovými vodami Slovinského potoka, ako aj háld banských odpadov**
- potrebná eliminácia (sanácia) šírenia kontaminantov banskými a povrchovými vodami (výtoky zo štôlní, lúhovanie polutantov z flotačných kalov). Návrh úpravy a čistenia banských a drenážnych vôd na lokalite Slovinky bol rozdelený do dvoch častí - banské vody vytekajúce zo štôlne Alžbeta a drenážne vody z odkaliska a odvalu Bodnarec.**
- realizácia informačnej kampane pre obyvateľstvo ohľadom nevyužívania pôd v záhradách dotknutej oblasti na pestovanie zeleniny a používania povrchových vôd Slovinského potoka (napr. na závlahy) + BOZP pre lesných pracovníkov**

**Ciel'ové hodnoty pre povrchové vody pre referenčné miesto brehovej línie Slovinského potoka: As 100 µg.l-1 (MH – medzná hodnota podľa NV 296/2010 )**

**Ciel'ové hodnoty pre podzemné vody na úrovni ID hodnôt pre As podľa Smernice MŽP SR č. 1/2015-7: As 50 µg.l-1 (IT hodnota)**



**Orientačné investičné náklady na realizáciu jednotlivých sanačných a rekultivačných prác na lokalite Slovinky sú v tabuľkách v prílohe tejto správy. Náklady boli vypočítané na základe jednotkových cien podobných stavebných objektov pri realizovaných stavbách z našej doterajšej praxe.**

**Náklady na sanačné a rekultivačné práce podľa objektov:**

Odkalisko A, odval F	173 822 EUR	39,5 EUR/m <sup>2</sup>
Odkalisko B	144 235 EUR	75,9 EUR/m <sup>2</sup>
Odkalisko C	345 953 EUR	57,7 EUR/m <sup>2</sup>
Odkalisko D	1 034 346 EUR	59,5 EUR/m <sup>2</sup>
Odval Bodnarec	84 675 EUR	
Odkalisko Bodnarec	1 202 800 EUR	54,7 EUR/m <sup>2</sup>
úprava drenážnych vôd z Bodnarec	150 000 EUR	
úprava bankských vôd z št. Alžbeta	189 902 EUR	

**Pri modelovej schéme komplexného riešenia EZ navrhovanými postupmi sú výsledne stavebné náklady (HL.III) vo výške cca 3,326 mil. EUR. Celkové náklady na sanáciu a rekultiváciu lokality pri pasívnom čistení bankských a drenážnych vôd na ložisku vrátane prieskumných a projekčných prác, technologických skúšok, VRN a rezervy sú cca 4,224 mil. EUR.**

**ZDAR BOH!**



**Ďakujem za pozornosť!**