

## Vplyv banskej činnosti na vybrané faktory životného prostredia v oblasti Nižnej Slanej

Milan Bobro<sup>1</sup>, Jozef Hančul'ák, Pavel Slančo, Erika Fedorová a Pavel Čorej<sup>2</sup>

### *Influence of Mining Operation on Selected Factors of Environment in the Area of Nižná Slaná*

The area of Nižná Slaná, in which only one iron-ore mining plant is operating in Slovakia, namely Siderit, Ltd., is well-known by its mining activities from long-ago. In the past a main interest was focused on gold, copper, mercury and from the beginning of the 20<sup>th</sup> century also on iron. Thus, thermal technologies are applied in the production of Fe-concentrates and finally of blast furnace pellets, which are suitable for metallurgical processing. An operation of such technologies is often connected with the pollution of air and through this factor also in the contamination of other components of environment. The emission situation is observed by suitable monitoring systems. But, as to immissions a little information is available during the last period. An improvement came from the cooperation between the Siderite plant and the Institute of Geotechnics SAV. The Institute carry out the observation of the immission load of selected environmental factors from the viewpoint of solid pollutants, dustiness, SO<sub>2</sub>, As a Hg. Recently, the dustfall is monitored on 17 sampling points in the surrounding of the plant. On the basis of obtained results of monitoring, it can be stated that the immission load gradually decreases during the last observed period.

**Key words:** dust deposition, aerosol, emissions, immissions, factors of environment

### Úvod

Závod Siderit, s.r.o., Nižná Slaná spracováva železnú rudu – siderit z miestnych zdrojov technológiami, ktoré využívajú tepelné procesy. V pražiacich peciach, kde sa karbonáty železa menia na oxidy a stávajú sa surovinou vhodnou na hutnícke spracovanie. Všetky procesy spojené s výrobou koncentrátov železa sú spojené so znečisťovaním ovzdušia rôznymi exhalátmi, pre ktoré sú typické plynné zložky CO<sub>2</sub>, CO, H<sub>2</sub>S, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> a tuhé častice v podobe popolov rôzneho charakteru, ale aj premenených minerálov, ktoré v tepelných procesoch spracovania železnej rudy vznikajú a centrálnym komínom unikajú do prostredia.

- Medzi nežiaduce prímеси vo vyťaženej a spracovávanej surovine patria arzén, síra, olovo, ortuť a zinok. Pozornosť z pohľadu nežiadúcich prímеси je potrebné venovať arzénu, ktorý je viazaný hlavne na arzénopyrit. Tento minerál sa nachádza v rudnине aj na kontakte sideritovej polohy s nadložnými čiernymi fylitmi a lyditi v obsahoch do 0,05 %. Pri tepelnom spracovaní železnej rudy sa dostáva do ovzdušia v podobe oxidov alebo samostatne, kde môže ako imisia pôsobiť nepriaznivo na anorganický horizont, teda pôdu, vodu a cez tieto na celú organickú sféru.

- Závod znečisťuje ovzdušie zo zdrojov, ktoré majú charakter bodový, plošný aj líniový. Najväčším bodovým zdrojom je 120 m vysoký komín, ktorým sú exhalované spomenuté plynné a tuhé znečisťujúce látky [Hronec, 1996]. Celý priestor závodu, skládky, pásové dopravné cesty, miesta vsádzky do pecí, budovy, automobilová doprava, predstavujú jeden veľký plošný zdroj. Z týchto miest je za vhodných klimatických podmienok vyvievané do ovzdušia menšie množstvo hlavne tuhých znečisťujúcich látok v podobe veľmi jemných častíc, na ktoré môžu byť viazané aj ostatné aktuálne škodliviny, ako sú ťažké kovy, plynné a niekedy aj organické látky. Množstvá znečisťujúcich látok emitovaných závozom do ovzdušia bodovými zdrojmi sú pravidelne merané a evidované automatickými monitorovacími systémami. Z plynných exhalátov bol v období r.2003 priemerný ročný tok 110 g.s<sup>-1</sup> SO<sub>2</sub>, 10 g.s<sup>-1</sup> NO<sub>x</sub> a 71 g.s<sup>-1</sup> CO [Čorej, 2003].

Tab. 1. Chemické zloženie tuhých úletov prichádzajúcich do centrálného komína z tepelných technológií  
Tab. 1. Chemical composition of solid outlets coming from thermal technologies into central chimney.

Miesto	Obsah prvkov [ % ]					Obsah prvkov [ mg.kg <sup>-1</sup> ]				
	Fe	Mn	Mg	Ca	Al	As	Hg	Cu	Pb	Ni
Peletizácia	30,40	3,48	3,42	0,53	0,68	63	1,3	99	32,6	114
Rotačné pece	27,80	2,12	2,56	0,89	0,57	17	9,5	170	127	15

V exhalovaných prachoch sú zvýšené obsahy Fe, Mn, Mg. Nižšie sú obsahy prvkov Ni, Cu, Co, Pb. Zvýšený obsah Hg je v prachu z rotačných pecí a As z peletizácie. Prachové úlety, spolu s plynnými zložkami,

<sup>1</sup> RNDr. Milan Bobro, PhD., Ing. Jozef Hančul'ák, PhD., RNDr. Pavel Slančo, RNDr. Erika Fedorová, PhD., Ústav geotechniky SAV, Watsonova 45, 043 53 Košice

<sup>2</sup> Ing. Pavel Čorej, závod Siderit, s.r.o., Nižná Slaná  
(Recenzovaná a revidovaná verzia dodaná 29. 11. 2004)

vytvárajú dymovú vlečku a vo vzdialenosti, ktorú táto prekoná po styk s terénom, primerane kontaminuje nie príliš širokú priľahlú komunálnu aj prírodnú sféru, čo sa deje výrazne vo vzťahu k morfolologickej pestrosti predmetného územia. Dĺžka zotrvania dymovej vlečky, jej rozptyl, styk s terénom a jej konečné zaniknutie, je takto závislé na poveternostných podmienkach daného prostredia. Na základe dlhodobých skúseností získaných monitorovaním spadovej prašnosti a niektorých plyných zložiek, je zistená dĺžka vlečky aj za priaznivých poveternostných podmienok v predmetnom morfologickom útvare nižnoslanskej doliny okolo 5 km. Vzdialenosť styku dymovej vlečky môžu do určitej miery ovplyvňovať tzv. antropologické ostrovy tepla, ktoré sú charakterizované hlavne urbanizovanými celkami (dediny, mestá a pod.) Počas dosiahnutia tejto vzdialenosti prach a plyné zložky, ktoré opúšťajú bodový zdroj, sú intenzívne riedené vzduchom a sledovať ich na väčšie vzdialenosti je úloha, ak aj nie nezvládnuteľná, tak veľmi obtiažna (Kontrišová et. al, 1999). V takýchto polohách sa k uvádzaným exhalátom intenzívne pridávajú miestne zdroje, ale aj import zo vzdialenejších miest. Podľa literárnych údajov (Máčala, 1999), (92. Nariadenie vlády, 1996) sa môžu mimomiestne znečisťujúce látky podieľať na znečistení ovzdušia v našich podmienkach až 60 %. Takýmto spôsobom kontaminované sú hlavne hrebeňové partie stredného Slovenska (Kontrišová, 1999), kde sa diaľkovým prenosom dostávajú prednostne plyné imisie a polietavý prach, čím potom dochádza k ich synergickému pôsobeniu (Fedorová, 2003) hlavne na lesné ekosystémy a pôdu (Hronec, 1996). Do takejto kategórie imisie zťažených území patrí aj okolie Rožňavy, Nižnej Slanej a Dobšinej. Nie je to ale územie, ktoré patrí k 12 najviac znečisteným na Slovensku. V rokoch 1998 až 2001 boli do ovzdušia zo závodu vypustené nasledujúce množstvá znečisťujúcich látok (tab.2) (Čorej, 2003).

Tab. 2. Množstvo znečisťujúcich látok exhalátov v rokoch 1998 – 2001 [t.rok<sup>-1</sup>]

Tab. 2. Amount of solid pollutants and exhalates in the years of 1998 – 2001 [ton per year]

Rok	TZL	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	CO
1998	156,4	4839,8	206,1	559,4
1999	116,3	4374,2	195,9	557,6
2000	116,9	4411,0	199,5	561,4
2001	86,7	3514,6	114,9	331,3

Údajov o emisiách bolo k dispozícii dostatočné množstvo, ale o imisnej záťaži okolia závodu len málo. Z tohto dôvodu bola sledovaná čistota ovzdušia z aspektu tuhých znečisťujúcich látok v podobe spadovej prašnosti, SO<sub>2</sub> a v polietavých prachoch, okrem ďalších prvkov, zvlášť As a Hg. Tieto zložky sú považované za hlavné škodliviny, ktoré majú pôvod v technológiách závodu. Zvýšený obsah Hg v ovzduší je považovaný za prejav jej kolobehu v prírodnom a priemyselnom prostredí vo vzťahu k teplote a k starším bankským depóniám, ktoré sa v tomto prostredí nepriaznivo prejavujú do súčasnej doby.

### Metodiky

Výskum imisnej záťaže prírodného aj komunálneho prostredia vo vzťahu k ovzdušiu bol v prostredí Nižnej Slanej robený metódami, ktoré používa hygienická služba ktoré vyhovovali aj nášmu zameraniu. Bola to metóda spadovej a aerosólovej prašnosti. Spadová prašnosť je sledovaná v mesačných intervaloch na 17 stabilných stanovištiach. Ich lokalizácia uvedená v tabuľke 3, aj základné výsledky merania spadovej prašnosti udávané v g.m<sup>-2</sup>.(30 dní)<sup>-1</sup> získané v rokoch 2000 až 2003. Polietavý prach bol sledovaný na 4 stabilných stanovištiach. Ovzdušie bolo presávané cez filtračný materiál AFPC. Aerosólová prašnosť a zistené množstvá vybraných prvkov v nej sú pre výskum kvality ovzdušia dôležité preto, lebo ich môžeme porovnávať s hygienickými normami, ktoré stanovujú NPK (najvyššie prípustné koncentrácie) pre obsah ťažkých kovov vo voľnom ovzduší, pre prašnosť, aj pre obsah iných znečisťujúcich látok, ktoré sú na tuhú alebo aj plynú fázu viazané.

### Výsledky

Spadová prašnosť v bližšom okolí pôsobenia závodu Siderit, s.r.o., Nižná Slaná má v súčasnosti priaznivý vývoj. Dokazujú to výsledky, získané zo spadových vzoriek po sušení a žíhaní. Sušená vzorka v sebe uchováva aj organický podiel, ktorý niekedy dosahuje až 50 % a jeho množstvo závisí od ročného obdobia a vzdialenosti od bodového a ostatných sekundárnych zdrojov.

Technológie používané v závode majú za následok, že karbonáty železa, vápnika aj horčíka sa menia na oxidy a tieto potom v novej mineralogickej podobe reprezentujú exhaláty aj v imisnej polohe. Karbonáty sa dostávajú do ovzdušia aj z hald a z prašného materiálu, ktorý nebol tepelne spracovaný.

Prašnosť posudzujeme z niekoľkých hľadísk. Predovšetkým je to spadová prašnosť, ktorá súvisí s činnosťou závodu a s množstvom vypúšťaných exhalátov, teda emisií, čo má priamy vplyv na množstvo anorganického zložky, ktorá sa v tuhom spade na sledovaných odberových stanovištiach nachádza.

Množstvo spadového prachu je závislé na vzdialenosti od priameho zdroja a aj od ročného obdobia. Podiel anorganickej zložky stúpa v zimných mesiacoch v súvislosti s exhalátmi drobných kúrenísk. V jarných a jesenných mesiacoch je možné pozorovať zvýšenie množstva spadu vo vzťahu k pôdohospodárskym prácam, kedy dochádza k intenzívnemu vyvievaniu z pôdneho a zvetralinového horizontu, hoci poľnohospodársky obrábanaj pody je v tejto oblasti menej. Túto skutočnosť, okrem minerálneho zloženia, vhodne charakterizuje aj podiel prvku Al v prašnom spade. Do prachu sa dostáva v podobe fóliofilných minerálov, ako sú sľudy, chlority a ílovité minerály, ktoré tvoria hlavnú minerálnu zložku pôdneho a zvetralinového horizontu.

Tab.3. Spadová prašnosť v oblasti pôsobenia závodu Siderit, s.r.o., Nižná Slaná v rokoch 2000 – 2003  
Tab.3. Dust deposition in the area of plant operation of Siderit, Ltd., Nižná Slaná in the years of 2000 – 2003

Č.	Lokalita	Spad [g.m <sup>-2</sup> .(30 dní) <sup>-1</sup> ]			
		r. 2000	r. 2001	r. 2002	r. 2003
		po žihaní	po žihaní	po žihaní	po žihaní
1	Vlachovo - kúpalisko	1,34	1,51	1,63	1,25
2	Gočovo – ihrisko	1,77	1,26	1,58	0,86
3	N.Slaná – kolónia	1,38	1,37	1,21	1,29
4	N.Slaná – nad star. závodom	1,59	1,14	1,17	1,98
5	N.Slaná – horný koniec	3,77	1,70	2,08	2,78
6	N.Slaná – družstvo	2,46	1,86	1,54	1,14
7	N.Slaná – ihrisko	2,86	3,92	2,50	1,60
8	Za N.S. na Kobeliarovo	1,56	0,78	1,06	0,88
9	Križovatka na Štítnik	1,85	0,94	1,72	1,38
10	Henckovce pred obcou	1,73	2,21	0,66	1,17
11	Henck.kol. horný koniec	2,07	0,94	1,46	1,00
12	Henckovce – cintorín	1,64	1,17	1,17	0,71
13	Henckovce – pri trati	1,62	1,64	1,13	1,29
14	Henc.kol.dolný koniec	2,53	0,97	1,55	1,28
15	Medzi Henck. A G.Polomou	2,14	1,12	1,32	1,13
16	Gemerská Poloma	1,91	0,89	1,18	0,87
17	Betliar – bytovky LZ	1,29	1,73	0,82	0,70

Maximálne hodnoty prašného spadu v oblasti Nižnej Slanej nedosahujú ani 50 % z hygienickej normy, ktorá je 12,5 g.m<sup>-2</sup>. (30 dní)<sup>-1</sup>.

Typickým ukazovateľom kontaminácie ovzdušia je chemické zloženie prašných spadov (tab. 4), ktorých stanovištia sú zhodné so stanovišťami v (tab. 3). V nich je možné pozorovať sa zvýšené hodnoty prvkov, ktoré produkujú technológie závodu cez centrálny bodový zdroj do ovzdušia, a tým do širšieho okolia. Jedná sa najmä o zvýšené hodnoty Fe, čiastočne aj Cu, Mn a As. Pokles ich obsahu smerom od zdroja zodúveďae ich pôvodu. Takúto situáciu priamo potvrdzuje obsah Fe na miestach, ktoré sa nachádzajú pod vplyvom dymovej vlečky. Sú to stanovištia Gočovo, N.Slaná – kolónia, N.Slaná – baňa, N.Slaná – vyšný koniec, N.Slaná – roľnícke družstvo a N.Slaná – ihrisko. Na týchto miestach prechádza dymová vlečka ponad už spomenuté tepelné ostrovy, ktoré ju môžu posúvať obyčajne v horizontálnom smere aj vo vzdialenosti. Na prítomnosť Fe v prašnom spade má vplyv aj vyvievanie väčšinou zoxidovanej rudnej suroviny sideritu zo skladovacích priestorov odkaliska a hald. S tým sú spojené aj vzduchom vyvievané minerály s vhodnými letovými vlastnosťami, ako sú siderit, ankerit, chlorit, spekularit, hematit, limonit. Na miestach, kde priamo pôsobí dymová vlečka, sa mení aj minerálne zloženie prachu a prevládajú v ňom hematit, magnetit a chlorit, teda minerály, ktoré prešli tepelnými spracovateľskými technológiami.

Ostatné prvky, ako sú Cu, As, Hg, považujeme tiež za priamy produkt technológií. Prítomnosť a množstvo Fe v prašnom spade trochu napodobňuje aj obsah Mn. Obsahy ďalších ťažkých kovov, ako Ni, Co, Cr, sú primerané priemyselnému prostrediu a týmto prvkom je potrebné pripísať ako miestny, tak aj importovaný pôvod, čo je možné pozorovať na ich výskyte vo sfére komunálnej, alebo na miestach, ktorých sa dymová vlečka nedotýka. V takýchto prípadoch ide v prevažnej miere o vplyv domácich kúrenísk, ktoré fosílné palivá a o vyvievanie prachu zo starších depónií spálľovali.

Aerosólová prašnosť – polietavý prach má v predmetnej oblasti nízke hodnoty, pohybujúce sa v množstvách od 90 do 130 µg.m<sup>-3</sup>. Najčastejším prvkom viazaným na tuhú fázu aerosólu je Fe, ktoré je možné pripísať exhalátom, čiastočne aj doprave a skládkam. Ťažké kovy, ktoré pochádzajú z centrálného komína, sú aj Mn, Zn, Cu a As. Množstvá ostatných prvkov sú nízke a tak na ich rozptyl a rozšírenie upozorňuje len celková aerosólová prašnosť. Výsledky aerosólovej prašnosti sú dôležité pre posúdenie množstva hlavne ťažkých kovov, ale aj iných škodlivých zložiek, ktoré sa nachádzajú viazané na minerálne alebo popolové častice. Tu sa môžu nachádzať v podobe iónových alebo molekulových komplexov. Obsah prvkov Co a Ni sú oproti norme veľmi nízke a predstavujú len niekoľko stotín % povolenej normy. V tabuľke č.5 je uvedené zloženie polietavých prachov v životnom prostredí predmetnej oblasti.

Tab.4. Chemická analýza prašných spadov z oblasti Nižnej Slanej v priemernom roku 2000  
Tab.4. Chemical analysis of dustfalls in the area of Nižná Slaná in average year of 2000

Č.	Spad [g.m <sup>-2</sup> .(30 dní) <sup>-1</sup> ]	Fe	Al	Mn	Cu	As	Hg	Ni	Co	Cr
		[%]				[ppm]				
1	1,34	4,6	1,98	0,52	176	13,4	2,1	123	31,6	205
2	1,77	9,2	1,18	0,93	196	9,0	1,9	148	41,5	192
3	1,38	8,9	1,90	1,21	217	62,6	2,0	189	45,8	200
4	1,59	9,5	0,68	1,29	167	102	2,2	504	46,8	451
5	3,77	9,7	1,17	1,66	252	83	2,4	121	38,5	69
6	2,46	2,6	1,64	0,53	233	32	2,8	196	34,3	124
7	2,86	6,0	1,01	1,77	169	108	2,0	96	40,2	56
8	1,56	8,2	0,96	2,11	193	102	1,9	110	37,3	51
9	1,63	4,1	1,60	1,37	206	124	2,6	195	54,8	92
10	1,73	7,3	1,69	1,78	238	101	2,7	139	51,7	93
11	2,07	4,1	3,17	0,76	146	55	2,0	160	37,9	118
12	1,64	3,3	1,23	1,36	190	115	2,4	180	51,8	80
13	1,62	2,3	1,20	1,67	191	108	2,0	103	36,2	64
14	2,53	2,0	1,07	1,38	222	147	2,6	330	40,2	89
15	2,14	7,0	1,51	0,83	224	69	2,2	272	85,9	127
16	1,91	1,9	2,25	1,02	232	85	2,9	288	47,4	127
17	1,29	1,5	2,76	0,55	214	52	3,7	85	38,3	170

Tab.5. Priemerné zloženie aerosólov v oblasti Nižnej Slanej v sledovanom období r.2000 – 2003  
Tab.5. Average composition of aerosols in the area of Nižná Slaná during observed period of 2000 – 2003.

Č	PP	Fe	Ca	Mg	Mn	Zn	Cu	Cd	As	Hg	Cr	Pb	Co	Ni
	[μg.m <sup>-3</sup> ]													
1	87	3,48	2,96	1,22	0,06	1,22	0,17	0,002	0,006	0,009	0,042	0,15	0,001	0,002
2	122	6,52	3,07	1,45	0,12	0,96	0,32	0,007	0,026	0,022	0,128	0,21	0,003	0,015
3	128	7,36	5,14	1,44	0,29	0,89	0,30	0,006	0,038	0,031	0,143	0,26	0,004	0,022
4	115	3,77	4,25	0,96	0,11	0,35	0,16	0,002	0,009	0,007	0,035	0,09	0,001	0,004
5	150	150	150	150	10	40	0,5	2	3	0,3	1	0,7	1	1

1 - Henckovce RD, 2 - Nižná Slaná RD, 3 - Nižná Slaná - starý závod, 4 - Gočovo RD, 5 – NPK (najvyššia prípustná koncentrácia)

### Záver

Realizovaný výskum vplyvu technológií závodu Nižná Slaná na vybrané faktory životného prostredia tuhými látkami naznačil celkový pokles obsahu znečisťujúcich látok v emisiách aj v imisiách.. Obsah tuhých znečisťujúcich látok v imisiách klesá smerom od zdroja a len v ojedinelých prípadoch sa vyskytujú ich zvýšené hodnoty na vzdialenejších miestach (Fedorová, 2003), v Henckovciach. Tu okrem priameho spadu tuhých častíc, produkovaných zárodom, sa vyskytujú častice, ktoré pochádzajú z líniových zdrojov a odkrytých poľnohospodárskych plôch, čo súvisí s vyšším obsahom Ca, Mg a Al v prašnom spade. Obsah Fe mapuje celkom prirodzene blízkosť bodového zdroja s rastúcou vzdialenosťou od neho klesá. Z hľadiska prachu je takýmto indikátorom zdroja ešte Mn, As a Cu. Na miestach, ktoré sú priamo pod vplyvom znečisťovateľa sú ich hodnoty zvýšené. Podobnú situáciu ukazuje aj analýza aerosólov. Zvýšený obsah niektorých prvkov pozorovaný v Nižnej Slanej a Henckovciach, však v žiadnom prípade neprekračuje hygienické normy. Podobná situácia je aj v obsahu Hg, ktorá je viazaná v starších depóniách, tak jej zvýšené hodnoty pochádzajú z dymovej vlečky a súvisia s kvalitou ťaženej a následne praženej suroviny.

Priaznivý vývoj v imisnej záťaži okolia závodu bol dosiahnutý účinnými rekonštrukciami odlučovacích zariadení, vylepšením technológií spracovania železnej rudy v posledných troch rokoch a zodpovedným prístupom manažmentu závodu k otázkam životného prostredia a ako aj dodržiavaním štandardných podlimitných hodnôt všetkých sledovaných faktorov životného prostredia.

### Literatúra - References

- Čorej, P.: Program znižovania emisií. Čiastková správa. Želba, závod Siderit, s.r.o., Nižná Slaná 2003.  
Nariadenie vlády SR 92., ktorým sa vykonáva zákon č.309/91 Zb. čiastka 32 z 31.3.1996 o ochrane pred znečisťujúcimi látkami (zákon o ovzduší) v znení neskorších predpisov.  
Fedorová, E.: Rozptyl tuhých a plyných látok v ovzduší kontaminovanom zárodom Siderit, s.r.o., Nižná Slaná. Doktorandská dizertačná práca, ÚGt SAV Košice, 2003, s.166.  
Hronec, O.: Exhaláty, pôda, vegetácia. Monografia. TOP, s.r.o., Prešov a SPPK Bratislava 1996.  
Kontrišová, O., Kontriš, J., Kováčová, M. Kontaminácia ovzdušia suchými depozíciami v hrebeňovej časti Nizkych Tatier. Acta Facultatis Ecologiae 1999, TU Zvolen.

*Máčala, J.: Stav vývoja a prognóza znečistenia ovzdušia v Slovenskej republike. Habilitačná práca. TU Fakulta BERG, 1999, Košice.*

*Máčala, J.: Zdroje znečisťovania ovzdušia a emisná situácia na Slovensku. Acta Montanistica Slovaca, roč.5 2000, č.1, s.27 – 32.*

*Vyhláška MŽP SR o vymedzení oblastí vyžadujúcich osobitnú ochranu ovzdušia o prevádzke smogových, varovných a regulačných systémov č.112/1993 Zz.*