

## Depozícia ťažkých kovov z prašného spadu vo vybraných územiach Východného Slovenska

Jozef Hančuľák<sup>1</sup>, Milan Bobro, Ján Brehuv a Pavel Slančo

### *Deposition of heavy metals from dust fallout in selected areas of Eastern Slovakia*

*The paper deals with an evaluation of the deposition of selected heavy metals in the form of a detailed analysis of the dust fallout. The loaded areas of Nižná Slaná and Jelšava with the mining and mineral processing industry of siderite ore and magnesite, the area of Krompachy with the copper metal works, the municipal and industrial environs of Košice and relatively clean area of the National Park of Slovak Paradise were monitored and compared. The results have shown significant differences in the qualitative and quantitative effect on the monitored areas. The values of heavy metals content in the dust fallout of the loaded areas exceeded by order the values detected in the Slovak Paradise. As to the mining areas of Nižná Slaná and Jelšava, the highest content of heavy metals was recorded in the case of Mn and As. The metallurgical area of Krompachy is mostly loaded by Cu, Pb, As and Cd.*

**Key words:** heavy metals, dust fallout, imissions, deposition, Eastern Slovakia

### Úvod

Prašný spad reprezentuje znečistenie zemskeho povrchu sedimentáciou častíc prachu a najhrubšej frakcie aerosólov prírodného aj antropogénneho pôvodu. Vznikajú predovšetkým povrchovou prašnosťou spôsobenou veternou eróziou plôch zbavených vegetačného krytu, dopravou, rôznymi spaľovacími procesmi, stavebnou a poľnohospodárskou činnosťou. V priemyselných oblastiach sa na ich zložení výrazne podieľajú technologické emisie zo spaľovacích procesov. Tuhé častice z tepelných technológií spracovania rudných aj nerudných surovín svojím špecifickým zložením výrazne ovplyvňujú zloženie prašného spadu predovšetkým v blízkosti svojich prevádzok. Po sedimentácii sa prašný spad dostáva do interakcie s pôdou a ostatnými zložkami životného prostredia, čím môže priamo ovplyvňovať ich kvalitu. Metóda merania prašného spadu pomocou informatívnej sedimentačnej metódy je síce zaťažená pomerne značnou absolútnou chybou, avšak pre relatívne hodnotenie imisnej záťaže jednotlivých území poskytuje dobre použiteľné výsledky. V príspevku sú zhodnotené namerané výsledky z monitoringu prašného spadu na obsah vybraných ťažkých kovov výrazne antropogénneho pôvodu (Mn, Zn, Pb, Cu, Cr a Cd) z viacerých území Východného Slovenska realizované Ústavom geotechniky SAV v Košiciach. Monitorované boli zaťažené územia v oblasti Nižnej Slanej, Jelšavy, Krompách a Košíc a ako referenčné územie, bol vybraný Národný park Slovenský raj.

### Charakteristika sledovaných území

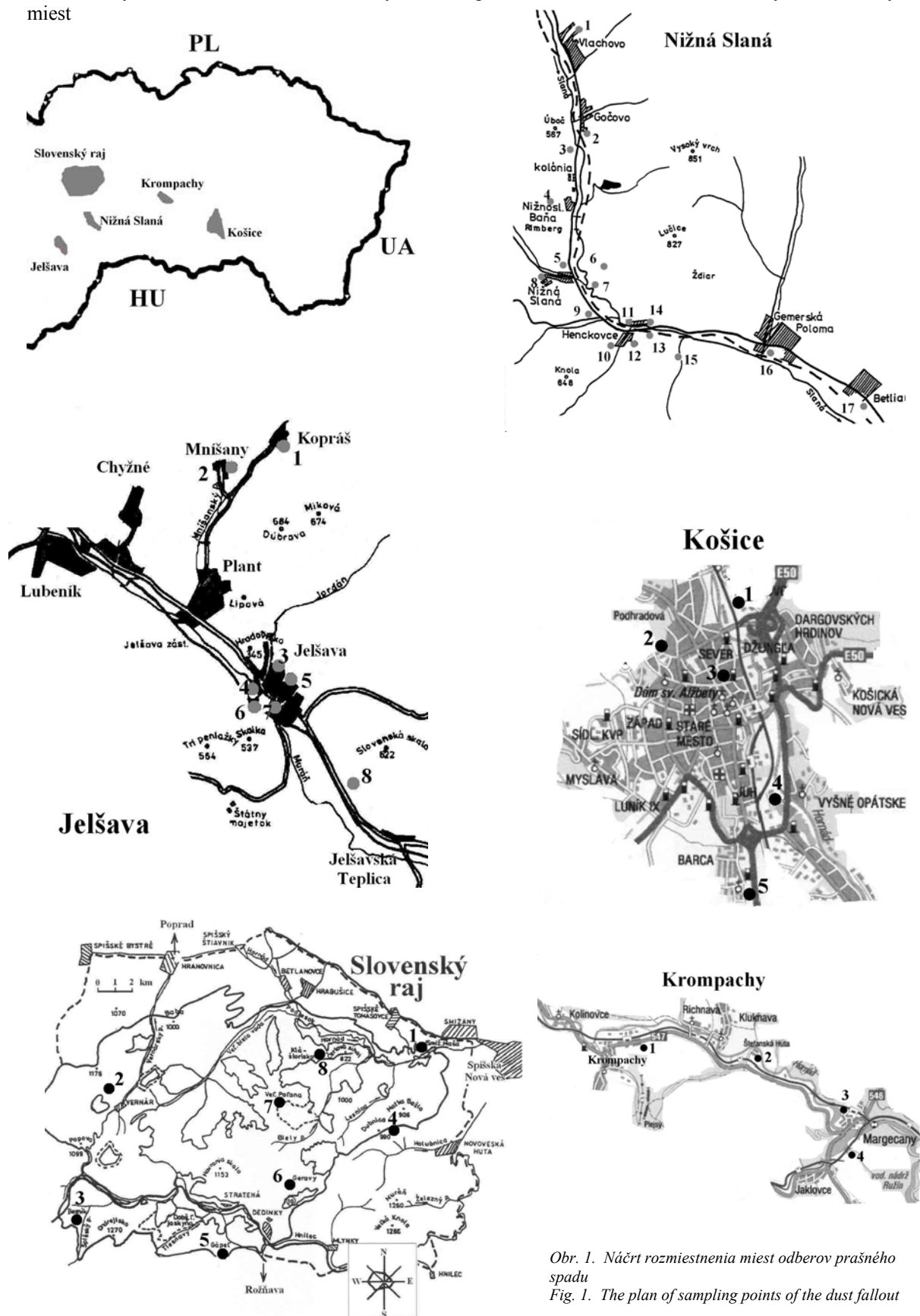
Lokalizácia sledovaných území a odberných miest prašných spadov je znázornená na obrázku č.1.

Hlavným emisným zdrojom v oblasti Nižnej Slanej je v súčasnosti jediný železorzudný bansko-úpravárenský závod na Slovensku, Siderit, s.r.o., Nižná Slaná. Závod spracováva miestne ložisko sideritu, z ktorého po vypálení v rotačných peciach vyrába pelety pre vsádzku do vysokých pecí. Okrem plynných emisií produkuje aj tuhé emisie, hlavne oxidov železa, s obsahom ďalších ťažkých kovov. Závod je lokalizovaný v pomerne úzkom údolí rieky Slaná, s severo – južnou orientáciou, s prevládajúcimi severnými a južnými smermi vetra. Prašný spad bol v oblasti sledovaný na 17 odberných miestach v rokoch 2000 – 2004.

V oblasti Jelšavy je hlavným zdrojom emisií priemysel výroby žiaruvzdorných hmôt postavený na báze ložísk magnezitu, s vyše storočnou tradíciou. V súčasnosti na území pracujú dva samostatné závody v Jelšave a Lubeníku. Oba závody sú situované v údolí riečky Muráň. Hlavnými zdrojmi tuhých emisií sú tepelné prevádzky rotačných a šachtových pecí. Oblasť je dlhodobo zaťažená predovšetkým tuhými horečnatými emisiami, s určitým obsahom ťažkých kovov. V prevádzke rotačných pecí sa okrem zemného plynu využíva aj ťažký vykurovací olej, ktorý v závislosti od kvality môže byť dôležitým zdrojom niektorých ťažkých kovov v emisiách. Na území mestečka Jelšavy je na odberných miestach pozorovateľný aj vplyv miestnej komunálnej sféry. Prašný spad bol vyhodnotený z 8 odberných miest z rokov 1996 – 2003.

<sup>1</sup> Ing. Jozef Hančuľák, PhD., host. doc. RNDr. Milan Bobro, PhD., Ing. Ján Brehuv, PhD., RNDr. Pavel Slančo, Ústav geotechniky SAV, Watsonova 45, 043 53 Košice  
(Recenzovaná a revidovaná verzia 9. 9. 2005)

V oblasti Krompách sú hlavným zdrojom tuhých emisií Kovohuty a. s., Krompachy, produkujúce med'. Menšími zdrojmi sú prevádzky s produkciou strojárskych metalurgie a komunálna sféra. Oblasť je situovaná v údolí rieky Hornád s orientáciou údolia východ – západ. V oblasti boli odoberané vzorky zo 4 odberných miest



Obr. 1. Náčrt rozmiestnenia miest odberov prašného spadu  
 Fig. 1. The plan of sampling points of the dust fallout

v rokoch 1998 a 1999. Počas monitorovania bol hlavný zdroj Kovohuty a. s., Krompachy v prevádzke len necelé tri mesiace v roku 1998, čím boli výrazne ovplyvnené získané hodnoty.

Oblasť Košíc predstavuje typické mestské prostredie s významným podielom emisií z dopravy a stavebnej činnosti. Z hlavných priemyselných zdrojov treba uviesť železiarne U. S. Steelu Košice, s.r.o., lokalizované na juh až juhozápad od mesta, Tepláreň Košice, a.s., v južnej časti mesta, spaľovňu komunálneho odpadu južne od mesta. Prašný spad bol sledovaný na 5 odberných miestach v rokoch 1998 -1999.

Z oblasti Národného parku Slovenský raj sú uvedené výsledky monitorovania z obdobia rokov 1990 až 1997 z 8 odberných miest. Celá oblasť je hornatá, prevažne zalesnená, topograficky silne členitá, v blízkosti sa nenachádza žiaden výrazný zdroj emisií. Na okrajových častiach územia zasahuje vplyv priemyselnej a komunálnej sféry blízkej Spišskej Novej Vsi a okolitých obcí.

### Metodika práce

Na odbery prášneho spadu boli použité plastové sedimentačné nádoby tvaru valca s vnútorným priemerom 12,5 cm, umiestnené po dvoch na stojanoch vo výške 3 m. V prípade Košíc boli umiestnené na strechách budov. Nádoby boli plnené 250 ml destilovanej vody s prídavkami látok proti tvorbe rias a zamrznutiu v zimnom období, exponované 1 mesiac, len v prípade Slovenského raja boli intervaly trojmesačné. Po odbere vzoriek bol v laboratóriu obsah nádob kvantitatívne prenesený na odparovacie misky a po odparení gravimetricky vyhodnotený v hmotnostných jednotkách prepočítaných na plochu a príslušné časové obdobie. Na analytické spracovanie boli gravimetricky vyhodnotené vzorky spadov z jednotlivých odberných miest za určité časové obdobie kumulované do jednej. Po mineralizácii boli takto získané vzorky analyzované na jednotlivé sledované prvky metódou atómovej absorpčnej spektrofotometrie (AAS) na zariadení SpectrAA - 30 VARIAN. Z týchto chemických analýz a gravimetrie prášneho spadu boli vypočítané priemerné ročné spady sledovaných ťažkých kovov pre každé odberné miesto jednotlivých monitorovaných území vyjadrených v jednotkách  $\text{mg.m}^{-2}.\text{rok}^{-1}$ .

### Výsledky a diskusia

Na Slovensku nie sú stanovené limitné hodnoty pre depozíciu ťažkých kovov z prášneho spadu. V Nemecku boli v minulosti stanovené limitné hodnoty depozície z prášneho spadu stanovené len pre Pb a Cd (Ursiniová, et al., 1992). Pri hodnotení imisnej záťaže sme preto vychádzali z relatívneho porovnania hladín obsahov ťažkých kovov nameraných v prášnom spade z rôznych lokalít. V tab. 1. až 5. sú spracované priemerné hodnoty depozície sledovaných ťažkých kovov príslušného územia pre každé odberné miesto za celé sledované obdobie. Pre možnosť porovnania záťaže jednotlivých území sú v tab. 6. uvedené priemery hodnôt všetkých odberných miest príslušného územia, ktoré sú aj graficky znázornené na obr. 2. Taktiež sú v tab. 6. uvedené hodnoty minimálne a maximálne zaťažených odberných miest.

Z výsledkov sú zrejme výrazné rozdiely medzi sledovanými územiami. Pri lokalizácii niektorých veľkých zdrojov majú väčší vplyv na výšku hodnôt depozície orografické a meteorologické pomery ako vzdialenosť zdrojov.

Tab. 1. Priemerná depozícia sledovaných ťažkých kovov z prášneho spadu na jednotlivých odberných miestach z oblasti Nižnej Slanej  
Tab. 1. Average deposition of observed heavy metals from the dust fallout at the individual sampling points from the area of Nižná Slaná

Odborné miesto	Mn	Zn	Pb	[ $\text{mg.m}^{-2}.\text{rok}^{-1}$ ]				
				Cu	Cr	Cd	As	
1 Vlachovo	64,8	14,6	2,20	2,65	1,78	0,076	1,296	
2 Gočovo	165,6	13,1	0,86	3,09	3,25	0,057	3,186	
3 N. Slaná – kolónia	182,5	14,6	1,09	3,10	2,30	0,072	4,312	
4 N. Slaná – nad starým záv.	251,2	17,1	0,62	3,93	3,51	0,084	10,169	
5 Pred N. Slanou od závodu	474,7	23,8	1,63	6,67	3,09	0,073	19,931	
6 N. Slaná roľ. družstvo	360,4	14,1	0,99	3,98	1,72	0,073	11,244	
7 N. Slaná -ihriško	574,8	28,4	1,28	5,22	2,57	0,080	16,796	
8 N. Slaná - smer Kobeliarovo	69,8	17,4	0,30	3,67	1,78	0,079	1,619	
9 Križovatka na Štítnik	202,7	56,1	0,32	3,61	3,11	0,509	4,630	
10 Henckovce pred dedinou	199,1	10,6	0,33	2,98	1,65	0,055	3,395	
11 Henckovce - horný koniec	227,1	16,2	0,43	3,25	1,87	0,063	6,143	
12 Henckovce - cintorín	147,9	15,2	0,17	2,57	1,67	0,056	2,505	
13 Henckovce pri žel. trati	185,2	23,3	0,36	3,35	2,06	0,154	4,386	
14 Henckovce – dolný koniec	208,2	24,5	0,38	3,29	2,11	0,169	4,939	
15 Medzi Henck. a G. Polomou	209,3	18,1	0,39	3,23	1,91	0,101	5,001	
16 Gemerská Poloma	211,4	19,7	0,40	3,28	1,97	0,110	5,322	
17 Betliar	208,3	20,3	0,39	3,28	1,98	0,119	5,158	

Tab. 2. Priemerná depozícia sledovaných ťažkých kovov z prашného spadu na jednotlivých odberných miestach z oblasti Jelšavy  
 Tab. 2. Average deposition of observed heavy metals from the dust fallout at the individual sampling points from the area of Jelšava

Odborné miesto		Mn	Zn	Pb	Cu	Cr	Cd	As
		[mg.m <sup>-2</sup> .rok <sup>-1</sup> ]						
1	Kopráš	112,3	48,9	3,29	18,74	11,80	0,730	0,998
	Mníšany	159,4	73,4	6,21	15,21	10,83	0,574	1,168
	Jelšava- kostol	406,4	63,1	10,59	16,55	12,53	0,633	5,232
	Jelšava – Lesná správa	268,9	77,7	17,52	20,08	9,86	1,119	5,572
	Jelšava – detské jasle	256,7	57,3	11,32	15,21	9,25	0,511	7,726
	Jelšava – za obch. domom	212,9	72,8	6,94	17,16	8,15	0,584	6,850
	Jelšava – Ševcovská ul.	255,5	66,1	4,38	15,82	10,95	0,730	7,032
	Medzi J. a J. Teplicou	147,2	40,2	6,33	20,81	10,83	0,535	3,030

Tab. 3. Priemerná depozícia sledovaných ťažkých kovov z prашného spadu na jednotlivých odberných miestach z oblasti Krompachy  
 Tab. 3. Average deposition of observed heavy metals from the dust fallout at the individual sampling points from the area of Krompachy

Odborné miesto		Mn	Zn	Pb	Cu	Cr	Cd	As
		[mg.m <sup>-2</sup> .rok <sup>-1</sup> ]						
1	Krompachy	7,9	100,5	21,89	128,26	1,56	3,862	14,588
2	Štefanská Huta	6,2	28,0	7,35	14,40	0,95	0,374	1,082
3	Margecany	13,6	18,2	5,05	7,10	4,04	0,587	0,459
4	Jaklovce	4,6	11,1	2,49	4,52	0,95	0,237	0,232

Tab. 4. Priemerná depozícia sledovaných ťažkých kovov z prашného spadu na jednotlivých odberných miestach z oblasti Košice  
 Tab. 4. Average deposition of observed heavy metals from the dust fallout at the individual sampling points from the area of Košice

Odborné miesto		Mn	Zn	Pb	Cu	Cr	Cd	As
		[mg.m <sup>-2</sup> .rok <sup>-1</sup> ]						
1	Medzi mostami	48,2	85,8	5,15	10,55	14,62	1,433	0,197
2	Watsonova	28,6	62,6	1,48	6,69	2,78	0,102	0,095
3	VSEZ	43,3	48,8	9,18	6,86	10,88	1,264	0,275
4	Zdroj	18,2	21,7	3,27	4,64	7,18	0,308	0,219
5	Barca- Cestné stavby	34,0	79,2	3,63	4,82	10,19	0,605	0,705

Tab. 5. Priemerná depozícia sledovaných ťažkých kovov z prашného spadu na jednotlivých odberných miestach z oblasti NP Slovenský raj  
 Tab. 5. Average deposition of observed heavy metals from the dust fallout at the individual sampling points from the area of National park Slovak Paradise

Odborné miesto		Mn	Zn	Pb	Cu	Cr	Cd	As
		[mg.m <sup>-2</sup> .rok <sup>-1</sup> ]						
1	Šmižianska Maša	5,4	13,7	3,82	3,28	0,78	0,154	0,150
2	Vernár	8,8	6,1	1,31	1,77	1,00	0,152	0,044
3	Besník	1,0	2,7	1,18	0,92	0,43	0,043	0,054
4	Dubnica	1,8	4,6	0,72	1,18	0,27	0,053	0,055
5	Gápel'	3,8	5,8	1,28	2,45	0,57	0,098	0,062
6	Geravý	4,2	9,5	1,63	1,69	1,17	0,058	0,103
7	Veľká Poľana	2,0	6,4	1,61	1,28	0,52	0,075	0,061
8	Kláštorská	1,9	4,9	1,42	1,31	0,37	0,059	0,074
	*Sokol, Hrubý Jeseník	6,5	53,2	3,20	2,46	0,56	0,158	0,405
	*Pusté Jakartice pri Opave	12,4	73,8	3,09	2,66	0,64	0,158	0,373

Tab. 6. Priemerná depozícia ťažkých kovov z prашného spadu z jednotlivých oblastí  
 Tab. 6. Average deposition of heavy metals from the dust fallout from individual areas

Locality		Mn	Zn	Pb	Cu	Cr	Cd	As
		[mg.m <sup>-2</sup> .rok <sup>-1</sup> ]						
Nižná Slaná (2000 – 2004)	priemer	231,9	20,4	0,71	3,59	2,26	0,113	6,472
	min.	64,8	10,6	0,17	2,65	1,65	0,055	1,296
	max.	574,8	56,1	2,20	6,67	3,51	0,509	19,931
Jelšava (1996 – 2003)	priemer	227,4	62,4	8,32	17,44	10,52	0,678	4,701
	min.	112,3	40,2	3,29	15,21	8,15	0,511	0,998
	max.	406,4	77,7	17,52	20,81	12,53	1,119	7,726
Krompachy (1998 – 1999)	priemer	8,1	39,4	9,20	38,57	1,87	1,265	4,090
	min.	4,6	11,1	2,49	4,52	0,95	0,237	0,232
	max.	13,6	100,5	21,89	128,26	4,04	3,862	14,588
Košice (1998 – 1999)	priemer	34,4	59,6	4,54	6,71	9,13	0,742	0,298
	min.	18,2	21,7	1,48	4,64	2,78	0,102	0,095
	max.	48,2	85,8	9,18	10,55	14,62	1,433	0,705
Slovenský raj (1990 – 1997)	priemer	3,6	6,7	1,62	1,74	0,64	0,087	0,075
	min.	1,0	2,7	0,72	0,92	0,27	0,043	0,044
	max.	8,8	13,7	3,82	3,28	1,00	0,154	0,155

Oblasti s veľkými priemyselnými zdrojmi vykazujú pre niektoré prvky oproti oblasti Slovenského raja aj niekoľko desiatok násobne vyššie hodnoty. Namerané hodnoty zo Slovenského raja možno považovať za pozadie, resp. hodnoty diaľkového prenosu. Hodnoty porovnateľné s týmto územím boli získané pri sledovaní záťaže atmosférickým suchým a mokrym spadom v letnom období v Českej republike pre údaje z horskej lokality Sokol z Hrubého Jesenika a poľnohospodárskej krajiny z lokality Pusté Jakartice pri Opave, ktoré sú uvedené v tab. 5. (\* Pavlíček a Klementová, 2004). Najvyššie hodnoty v rámci územia Slovenský raj boli zaznamenané z odberných miest lokalizovaných v okrajovej časti územia, v blízkosti miestnej komunálnej sféry.

Najvyššie obsahy **mangánu** v prašnom spade boli zaznamenané v oblasti Nižnej Slanej a Jelšavy, s maximálnymi hodnotami depozície Mn 574,8 , resp. 406,4 mg.m<sup>-2</sup>.rok<sup>-1</sup>. Priemerné hodnoty presahujú 200 mg.m<sup>-2</sup>.rok<sup>-1</sup>. Na Slovensku bola v minulosti mangánom najviac zaťažená oblasť Dolného Kubína v blízkosti ferozliatinových závodov v Istebnom, kde bola nameraná maximálna depozícia Mn z prашného spadu v prepočte 668 mg.m<sup>-2</sup>.rok<sup>-1</sup> (Ursíniová, et al., 1992). Priemerná depozícia Mn z prашného spadu z ostatných sledovaných lokalít sa pohybuje v intervale od 3,6 mg.m<sup>-2</sup>.rok<sup>-1</sup> v Slovenskom raji po 34,4 mg.m<sup>-2</sup>.rok<sup>-1</sup> v Košiciach. V prípade Nižnej Slanej a Jelšavy jednoznačnými zdrojmi mangánu sú závody železorných baní a magnezitových závodov a v nich spracovávané vstupné suroviny siderit a magnezit. Obe miestne suroviny sú známe relatívne vysokým obsahom mangánu.

Priemerná depozícia **zinku** sa pohybuje v intervale hodnôt 6,7 mg.m<sup>-2</sup>.rok<sup>-1</sup> v Slovenskom raji, po 62,4 mg.m<sup>-2</sup>.rok<sup>-1</sup> v oblasti Jelšavy. Maximálna hodnota Zn bola zaznamenaná v Krompachoch 100,5 mg.m<sup>-2</sup>.rok<sup>-1</sup>, na odbernom mieste najbližšom ku Kovohutám. V oblasti je to hlavný zdroj Zn, ako aj Cu, Pb, As a Cd. Po prerušení prevádzky Kovohút boli namerané výrazne nižšie hodnoty všetkých uvedených prvkov. Hodnoty depozície Zn z ostatných oblastí z jednotlivých odberných miest sú podstatne vyrovnanjšie. Vyplýva to z povahy hlavných zdrojov, a tým aj z rozdielných vlastností emitovaných častíc. Pôvod zinku v týchto oblastiach je skôr zo spaľovacích procesov, v prípade Krompách z hutníctva. Vo všeobecnosti to nie sú vysoké hodnoty. Na Slovensku v rokoch 1986 – 89 boli v okolí cementárne Rohožník namerané hodnoty 390 až 1880 mg.m<sup>-2</sup>.rok<sup>-1</sup> (Ursíniová, et al., 1992) , v Prahe v rokoch 1983 –84 dokonca 600 až 7200 mg.m<sup>-2</sup>.rok<sup>-1</sup> (Moldan, 1992).

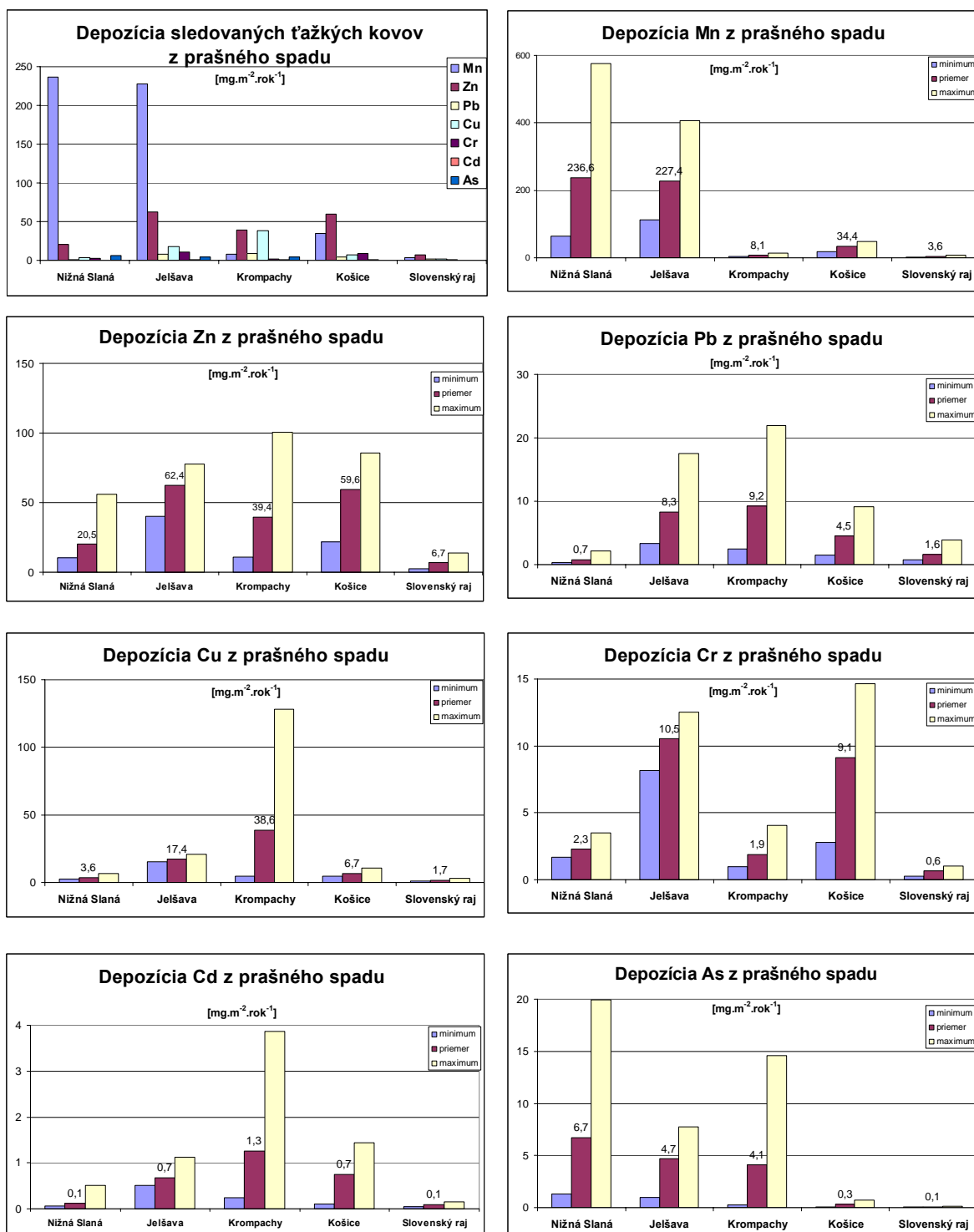
Maximálny obsah **olova** v prašnom spade 21,89 mg.m<sup>-2</sup>.rok<sup>-1</sup> bol nameraný v Krompachoch. Priemerné hodnoty zo všetkých oblastí sa pohybujú v intervale hodnôt 0,73 až 9,20 mg.m<sup>-2</sup>.rok<sup>-1</sup>. Relatívne vysoké hodnoty boli zaznamenané aj v Jelšave, kde hlavným zdrojom Pb ako aj Cu, As, Cd a Zn je pravdepodobne ťažký vykurovací olej. Pre obsah olova v prašnom spade bola v Nemecku stanovená maximálne prípustná hodnota v prepočte 90 mg.m<sup>-2</sup>.rok<sup>-1</sup>. V minulosti na Slovensku bol nameraný maximálny obsah Pb v prašnom spade v oblasti Prievidze, spôsobený vplyvom spaľovania energetického hnedého uhlia, 380 mg.m<sup>-2</sup>.rok<sup>-1</sup> (Ursíniová, et al., 1992). Taktiež extrémne hodnoty boli zaznamenané v Prahe 48 až 420 mg.m<sup>-2</sup>.rok<sup>-1</sup>, hlavne vplyvom používania olovnatého benzínu v doprave (Moldan, 1992).

Najvyššia depozícia **medi** 128,26 mg.m<sup>-2</sup>.rok<sup>-1</sup> bola nameraná v Krompachoch, vplyvom jej výroby v miestnych kovohutách. Relatívne vysoké hodnoty v rozpätí 15,21 až 17,44 mg.m<sup>-2</sup>.rok<sup>-1</sup> boli zaznamenané v prípade Jelšavy. Relatívne nízke hodnoty okrem Slovenského raja boli namerané aj v oblasti Nižnej Slanej. V minulosti boli zaznamenané vysoké hodnoty v blízkosti cementárne Rohožník a v Prahe, kde maximálne hodnoty dosahovali rádovo niekoľko stoviek mg.m<sup>-2</sup>.rok<sup>-1</sup> (Ursíniová, et al., 1992, Moldan, 1992) .

Priemerná depozícia **chrómu** sa pohybuje v intervale 0,64 mg.m<sup>-2</sup>.rok<sup>-1</sup> v Slovenskom raji, po 10,52 mg.m<sup>-2</sup>.rok<sup>-1</sup> v Jelšave. Maximálne nameraná hodnota 14,62 mg.m<sup>-2</sup>.rok<sup>-1</sup> bola zaznamenaná v Košiciach. Medzi hlavné zdroje emisií chrómu patria hutníctvo, spaľovacie procesy, ale aj prídavky Cr zložiek do žiaruvzdorných tehál a ich otery vo výmurovkách pecí. Najvyššia depozícia Cr z prашného spadu presahujúca 100 mg.m<sup>-2</sup>.rok<sup>-1</sup> bola v minulosti zaznamenaná v blízkosti niklovej huty v Seredi (Ursíniová, et al., 1992). V Prahe boli zaznamenané hodnoty od 3 do 23 mg.m<sup>-2</sup>.rok<sup>-1</sup> (Moldan, 1992).

Hodnoty depozície **kadmia** sú po oblasti Slovenského raja najnižšie v Nižnej Slanej, s priemernou hodnotou 0,114 mg.m<sup>-2</sup>.rok<sup>-1</sup>. Porovnateľné hodnoty boli namerané v Jelšave a Košiciach s priemerom 0,678 resp. 0,742 mg.m<sup>-2</sup>.rok<sup>-1</sup> . Maximálna hodnota obsahu Cd 3,862 mg.m<sup>-2</sup>.rok<sup>-1</sup> bola nameraná opäť v Krompachoch. Pre obsah Cd v prašnom spade bola v Nemecku stanovená maximálne prípustná hodnota 1,8 mg.m<sup>-2</sup>.rok<sup>-1</sup> (Ursíniová, et al., 1992). Z iných lokalít boli v minulosti zaznamenané maximálne hodnoty v Rohožníku 6,7 a v Prahe od 1,5 do 50 mg.m<sup>-2</sup> rok<sup>-1</sup> (Moldan, 1992).

Relatívne nízke hodnoty obsahov **arzánu** boli okrem Slovenského raja zaznamenané aj v Košiciach, kde priemerný obsah As je 0,298 mg.m<sup>-2</sup>.rok<sup>-1</sup>. Maximum 19,931 mg.m<sup>-2</sup> rok<sup>-1</sup> bolo namerané v blízkosti závodu v Nižnej Slanej. Zdrojom arzenu v tomto prípade sú sulfidické minerály s obsahom As prítomné v sideritovej vsádzke do rotačných pecí. Taktiež v Krompachoch bola zaznamenaná veľmi vysoká hodnota 14,558 mg.m<sup>-2</sup> rok<sup>-1</sup>, pochádzajúca z koncentrátov, ako suroviny pre výrobu medi. Vysoké hodnoty v rozmedzí 0,998 až 7,726 mg.m<sup>-2</sup> rok<sup>-1</sup> boli namerané aj v Jelšave. V rámci Slovenska v minulosti bol zaznamenaný najvyšší obsah As v prašnom spade 35 mg.m<sup>-2</sup> rok<sup>-1</sup> v okolí Prievidze, v dôsledku spaľovania hnedého uhlia s vysokým obsahom arzenu (Ursíniová, et al., 1992).



Obr. 2. Priemerná depozícia ťažkých kovov z prašného spadu z jednotlivých oblastí  
 Fig. 2. Average deposition of heavy metals from the dust fallout from the individual areas

### Záver

Podrobná analýza depozície ťažkých kovov z prašného spadu preukázala výrazné rozdiely v kvalitatívnej aj kvantitatívnej miere záťaže sledovaných oblastí. Vysoká miera záťaže je predovšetkým lokálna záležitosť, blízkosť veľkých zdrojov. Výsledky poskytujú dobrý podklad pre porovnanie miery záťaže jednotlivých oblastí ťažkými kovmi, ako aj podklady pre riešenie problematiky depozície ťažkých kovov a ich vplyvu na jednotlivé zložky životného prostredia.

### Literatúra – References

- Moldan, B.: Atmosférická depozice na území Československa v letech 1976 –1987. *Národní klimatický program ČSFR, Praha 1992.*
- Pavlíček, V., Klementová, L.: Kvalita atmosférických srážek v lesní oblasti Hrubého Jeseníku v období let 1998 – 2002. *Bulletin Odboru agrochemie půdy a výživy rostlin, XII/3, 2004, s. 33 – 42.*
- Ursíniová, M., Vaňová, R., Paľušová, O.: Sledovanie prašného spadu a jeho zložiek vo vonkajšom prostredí na Slovensku. *Acta Hygienica et Epidemiologica et Microbiologica, Praha, 21/2, 1992, s. 1-8.*