

## Ortuť v prostredí starých banských zát'azí Rudňan a Merníka

*Jozef Hančul'ák<sup>1</sup>, Milan Bobro, Oľga Šestinová, Ján Brehuv a Pavel Slančo*

### *Mercury in the surrounding of old mining loads of Rudňany and Merník*

*The contribution assesses the load of selected components of the environment by mercury after more than one decade from closing of the mining and mineral processing operation in Rudňany and more than seven decades in Merník. In the vicinity of the former works the contents of mercury were observed in soils, assimilatory organs of plants and water sediments. In the case of Rudňany, the measured values were compared with the results obtained by sampling the thermal technological centres of Iron Ore Works during last years of their operation, i.e. in 1991 – 1993. A significant reduction of mercury contamination was detected in the assimilatory organs of the observed woody species. The values of mercury concentration in the soils and the water sediments confirm a persisting contamination of these environmental components in the vicinity of both works.*

**Key words:** mercury, soils, water sediments, assimilatory organs

### Úvod

Vysoké ekologické riziko ortuti vyplývajúce z jej špecifických vlastností hrozí predovšetkým v oblastiach ťažby a tepelného spracovania rúd s jej obsahom. Medzi tieto rizikové oblasti patria aj v minulosti využívané ložiská Rudňany a Merník.

Rudňany sú najvýznamnejším ložiskom sideritovej formácie v severnej časti Spišsko-gemerského rudohoria. Hlavným nosičom Hg na ložisku je tetraedrit, jeho odroda schwartzit. Ložisko sa v predmetnej oblasti na vyspelej baníckej úrovni využívalo už od 13. storočia. Koncom 18 a začiatkom 19. stor. sa datuje začiatok priemyselného zužitkovania ortuti a tetraedritových rúd. V roku 1840 boli vybudované ortuťovne v Starej Vode a v roku 1850 v Štefanskej Hute (Malatinský a Popovič, 1985; Huňák, 1988). Na základe údajov z historických banských máp vyťažených častí ložiska a priemernej kovnatosti rúd, sa do roku 1895 odhaduje únik 25 113 t Hg pri tepelnom spracovaní Cu a Fe rúd bez záchytu Hg a ďalších 308 t do roku 1957, so záchyтом Hg (Hredzák, et al., 1995). V období r. 1964 – 1970 bol vybudovaný nový závod s ročnou kapacitou 1 milión ton rudy. Ortuťovňa v rámci nového závodu začala s výrobou Hg v roku 1970. Maximálna ťažba rúd v oblasti Rudňan kulminovala v rokoch 1978 – 79 po overení zásob na severných žilách (Huňák, 1988). Útlm nastal v r. 1992 – 1993, kedy končila ťažba sideritovej rudy. Pred útlmom výroby a praktickou likvidáciou závodu Rudňany ročne emitovali do ovzdušia vyše 4 ton Hg, pochádzajúcej v prevažnej miere z prevádzky aglomerácie (Hredzák, et al., 1995; Merva, et al., 1993).

Ortuťové ložisko Merník je situované asi 1,3 km na JZ od obce Merník, 6 km na SZ od Vranova, na konci úzkeho údolia „Potkanova debra“, ktoré ústi do údolia Čičavky. Je vyvinuté v zóne centrálného karpatského flyšu, v sedimentárno vulkanickom komplexe. Na styku ryodacitu s podložným spodnomiocénnym konglomerátom sa vyvinula tenká žilná obsidiánová intrúzia, okolo ktorej je najbohatšia koncentrácia zrudnenia, ktoré bolo predmetom ťažby. Ortuťová mineralizácia reprezentovaná rumelkou a metacinarbaritom je hydrotermálna, subvulkanická, žilného a žilnikovo-impregnačného typu (Koděra, et al., 1990). Skutočné priemyselné využitie ložiska trvalo od roku 1923 do r. 1939, kedy bolo ložisko uzatvorené. Na výpal ortuťovej rudy slúžila šachtová pec (výkon 7,5t/ 24 h) a od roku 1934 rotačná pec s výkonom 70 t / 24 hod. V retortovej peci osobitne spracovávali bohaté rudy s obsahom Hg nad 10 % a ortuťová čerň získaná pri čistení kondenzačného zariadenia. Ortuťový plyn s ďalšími splodinami bol odsávaný ventilátorom do kondenzačných veží (Magula, 1989). Hlavným zdrojom úniku ortuti do prostredia bol pravdepodobne pecný kúrový plyn, ktorý slúžil sčasti na vonkajší ohrev pece, dosušovanie rudy v sušiarňach a sčasti bol vedený priamo do komína. Počas šestnásťročnej ťažby sa vyťažilo 130 t čistej ortuti, s najväčšou ťažbou 8667, 5 t rudy v roku 1935, s priemerným obsahom 0,3 % Hg (Koděra, et al., 1990; Magula, 1989).

Od ukončenia činnosti závodu v Rudňanoch už uplynulo viac ako desaťročie, v Merníku takmer sedemdesiat rokov.

Predmetom štúdia bol monitoring súčasného stavu kontaminácie, hodnoty obsahu Hg v pôdach, vodných sedimentoch a asimilačných orgánoch vybraných druhov drevín.

V prípade Rudňan boli výsledky porovnané s nameranými hodnotami vo vzťahu k jej výskytu v minulom období, v ktorom ešte pracovali tepelné technológie na spracovanie sideritových a sulfidických rúd v závode Rudňany.

<sup>1</sup> Ing. Jozef Hančul'ák, PhD., host. doc. RNDr. Milan Bobro, PhD., Ing. Oľga Šestinová, PhD., Ing. Ján Brehuv, PhD., RNDr. Pavel Slančo, PhD., Ústav geotechniky SAV, Watsonova 45, 043 53 Košice, [hanculak@saske.sk](mailto:hanculak@saske.sk)  
(Recenzovaná a revidovaná verzia dodaná 15. 12. 2006)

## Ortuť v zložkách životného prostredia

Ortuť sa v pôdach môže vyskytovať vo forme elementárnej  $Hg^0$ , ktorá je nerozpustná avšak podlieha výparu a dostáva sa do tzv. malého kolobehu. Ďalej sa vyskytuje vo forme anorganických zlúčenín  $Hg^{2+}$ , s vysokou afinitou k organickým a anorganickým ligandom, s ktorými je viazaná koordináčnou väzbou. Taktiež je viazaná adsorpčne na povrch ílových minerálov. Mikroorganizmy v pôde môžu vytvárať organickú formu –methylortuť, ako aj redukovať  $Hg$  zlúčeniny na elementárnu ortuť (Cibulka, et al., 1991). Methylované formy  $Hg$  majú vyššiu tenziu pár, a preto sa vyparujú rýchlejšie ako elementárna ortuť. Podľa autorov (Cibulka, et al., 1991; Štefanidesová, 2004) je ortuť prednostne viazaná na veľké molekuly humusových látok. Pri nízkej hodnote pH sa ortuť sorbuje prednostne na humus, pri vyššom na ílové minerály a oxidy Mn a Fe. Práca (Závodská, et al., 1999) bolo pomocou sekvenčnej extrakcie rozlíšených šesť foriem viazaná ortuť v troch pôdnych vzorkách s relatívne nízkymi obsahmi  $Hg$  0,072 až 0,171  $mg \cdot kg^{-1}$ . Sú to forma iónovo –výmenná, forma viazaná na uhličitan, forma viazaná na oxidy Mn a Fe, forma viazaná na organickú hmotu, formu viazanú na humínové kyseliny a fulvokyseliny, formu viazanú vo fosforečnanoch a sulfidoch a reziduálny podiel. Výťažnosť ortuti bola 96 až 98 %. Ortuť bola najviac prítomná vo forme viazanej na sulfidy a fosforečnany v rozsahu 49,7 až 58,6 %, v reziduálnom zvyšku od 19,7 do 31,5 %, vo forme viazanej na humínové kyseliny a fulvokyseliny od 5,9 do 29 %. Obsahy ortuti vo zvyšných formách boli pod detekčným limitom.

Transport a výskyt ortuti vo vysokých koncentráciách vo väčších vzdialenostiach od zdrojov je možný prostredníctvom vodných recipientov a jej kumulácie vo vodných sedimentoch. Vysoké koncentrácie ortuti, ako aj ďalších ťažkých kovov, hromadiacich sa v sedimentoch predstavujú za určitých podmienok prostredia potenciálne riziko kontaminácie vody nad sedimentom. Hlavnými faktormi rozhodujúcimi o smere posunu rovnovážnej koncentrácie na fázovom rozhraní voda – sediment sú: pH, teplota, oxidačne redukčný potenciál, chemická forma, prítomnosť komplexotvorných látok a ďalšie (Linnik, 1998). Všeobecne platí, že s rastúcou acidifikáciou povrchových vôd sa riziko uvoľnenia nahromadených kovov zo sedimentov, ale aj pôdy, zvyšuje (Laws, 1993).

Kontaminácia vegetácie prebieha adsorpciou cez jej nadzemné časti a metabolickým procesom z pôdy cez koreňový systém rastlín. Kontaminácia rastlín cez ich koreňový systém a transport do nadzemných častí vnútornými cestami predpokladá prítomnosť vodorozpustných foriem zlúčenín ortuti. Všeobecne je transport  $Hg$  zlúčenín z pôdy do rastliny podmienený množstvom faktorov, ako sú genetický typ pôdy, štruktúra, pôdna reakcia, obsah organických komponentov v pôde, hĺbka koreňového systému v pôde, vlastný metabolizmus prechodu živín z pôdy do koreňov a iné (Cibulka, et al., 1991).

## Materiál a metódy

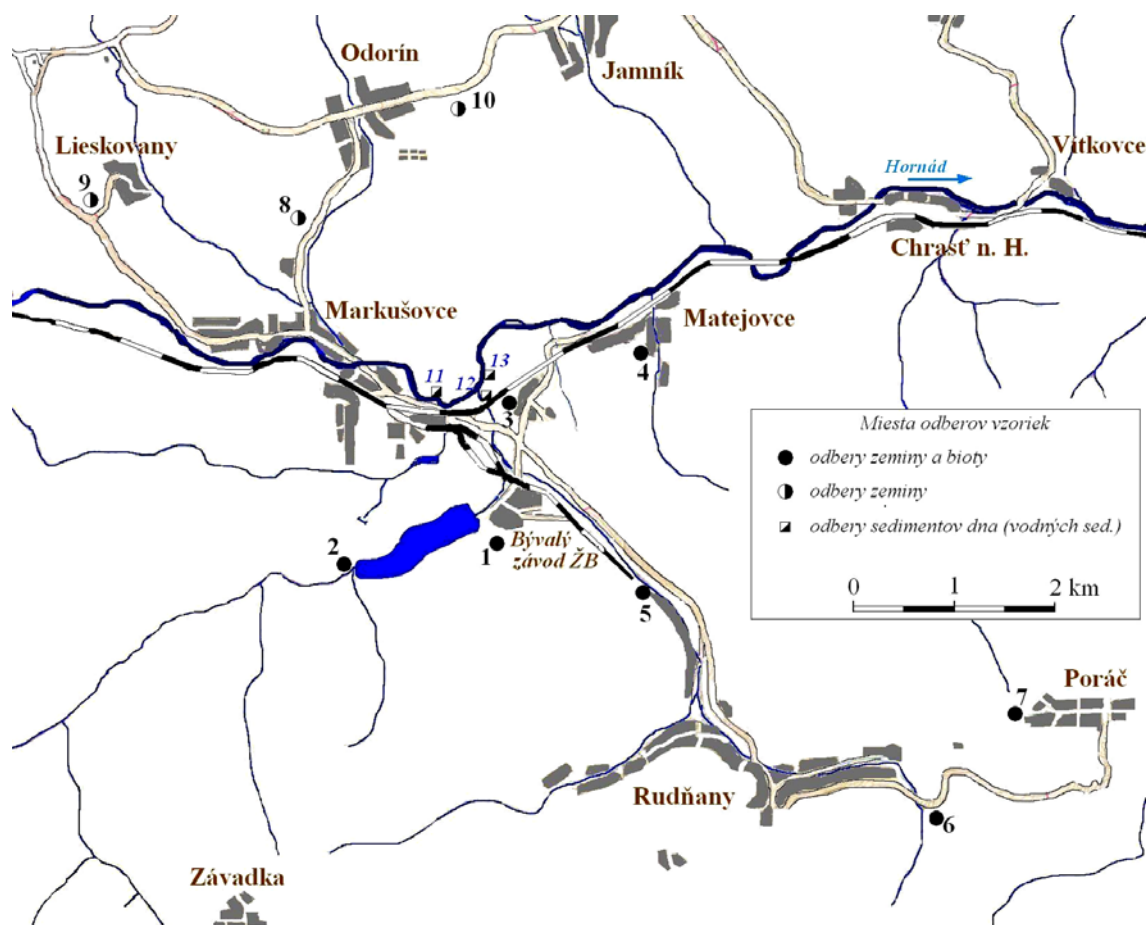
Z oblasti Rudnianskej Merníky bola stanovená koncentrácia  $Hg$  z 10 lokalít v prípade zemín, 7 lokalít v prípade bioty a z 3 odberných miest v prípade sedimentov dna. Miesta odberov boli vybrané tak, aby ich bolo možné porovnať s odbermi vykonanými v rokoch 1991-1993 (Merva, et al., 1993). Orná pôda bola odoberaná v zmysle Zákona NR SR 220/2004 Z.z., z hĺbky 0 – 20 cm s dodržaním zásad reprezentatívnosti. Vzorky lesnej pôdy z hĺbky 5 - 20 cm. Koncentrácia ortuti v zeminách bola stanovená z voľne vysušených, kvartovaných, mechanicky spracovaných a pod 2 mm presitovaných vzoriek, po homogenizácii priamo bez mineralizácie, jednouúčelovým atómovým spektrometrom ortuti TMA 254. Sedimenty dna boli odoberané z povrchovej vrstvy, sitované pod 1 mm a ďalej spracované ako zeminy. Z bioty boli odoberané asimilačné orgány ako: dvojročný ihličie a listy smreka (*Picea abies*), borovice (*Pinus sylvestris*), brezy (*Betula pendula*) a v prípade odberného miesta č. 1 v oblasti Rudnianskej Merníky aj javora (*Acer campestre*) a duba (*Quercus robur*). Uvedené druhy drevín boli vybrané z dôvodu ich najčastejšieho výskytu a rozšírenia na sledovaných lokalitách, ako aj pre možnosť porovnania. Vzorky boli po oplachu destilovanou vodou voľne vysušené a po homogenizácii taktiež analyzované na prístroji TMA 254.

V oblasti Merníky boli uskutočnené orientačné odbery vzoriek vodných sedimentov zo siedmich miest, zemín zo šiestich a z jedného miesta vzorky asimilačných orgánov brezy a borovice.

## Výsledky a diskusia

Miesta odberov vzoriek z oblasti Rudnianskej Merníky sú vyznačené na obr. 1. V tab. 1 sú uvedené priemerné obsahy  $Hg$  v analyzovaných vzorkách z odberov v novembri 2005. Taktiež sú v nej uvedené priemerné obsahy  $Hg$  vo vzorkách odoberaných v rokoch 1991 – 1993, v čase existencie tepelných prevádzok závodu ŽB Rudňany, ako hlavného zdroja emisií ortuti v poslednej dobe do okolitého prostredia. Namerané koncentrácie  $Hg$  v zeminách, až na dva prípady, vykazujú relatívne nižšie hodnoty v porovnaní s rokmi 1991 - 1993. Sú to

však stále extrémne vysoké hodnoty. Limitná hodnota pre obsah ortuti v poľnohospodárskej pôde podľa prílohy č. 2 Zákona 220/2004 Z.z. je  $0,15 \text{ mg.kg}^{-1}$  až  $0,75 \text{ mg.kg}^{-1}$  podľa pôdneho druhu.



Obr. 1. Lokalizácia miest odberov vzoriek z oblasti Rudňan.  
Fig. 1. Localization of the sampling points from the area of Rudňany.

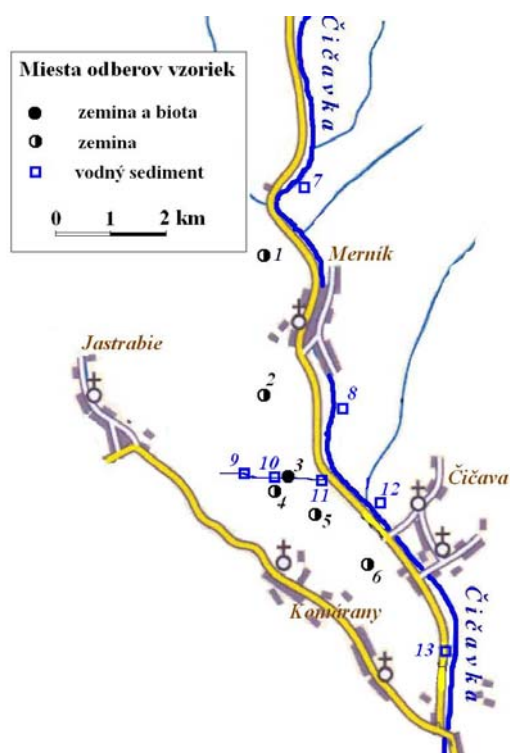
Tab. 1. Priemerné koncentrácie ortuti vo vzorkách z oblasti Rudňan [ $\text{mg.kg}^{-1}$ ].  
Tab. 1. Average concentration of mercury in the samples from the area of Rudňany [ $\text{mg.kg}^{-1}$ ].

Č.	Odber	Zemina	Smrek	Borovica	Breza
1	2005	$57,8 \pm 4,1$	$0,255 \pm 0,029$	$0,219 \pm 0,007$	$0,267 \pm 0,008$
	1991 - 1993	657,4	16,1	$0,964 \pm 0,092$ (dub)	$0,624 \pm 0,071$ javor
2	2005	$6,78 \pm 0,73$	$0,210 \pm 0,010$	$0,414 \pm 0,034$	$0,067 \pm 0,014$
	1991 - 1993	4,31	8,7	5,5	8,1
3	2005	$15,50 \pm 1,02$	-	$0,128 \pm 0,010$	$0,449 \pm 0,060$
	1991 - 1993	22,9	-	-	11,6
4	2005	$6,49 \pm 0,30$	$0,047 \pm 0,03$	$0,041 \pm 0,003$	$0,064 \pm 0,02$
	1991 - 1993	9,2	3,5	2,7	4,3
5	2005	$237,4 \pm 13,4$	$0,504 \pm 0,042$	$0,412 \pm 0,028$	$0,522 \pm 0,014$
	1991 - 1993	307,3	6,4	6,2	-
6	2005	$89,59 \pm 4,63$	$0,038 \pm 0,003$	-	$0,032 \pm 0,002$
	1991 - 1993	18,3	1,4	1,9	-
7	2005	$136,9 \pm 6,5$	$0,171 \pm 0,005$	$0,135 \pm 0,005$	$0,251 \pm 0,009$
	1991 - 1993	169,5	2,3	1,3	2,7
Č.	Odber	Zemina	Č.	Odber	Sedimenty dna
8	2005	$0,55 \pm 0,01$	11	2005	$0,23 \pm 0,04$
	1991 - 1993	1,03		1992	42,5*
9	2005	$0,46 \pm 0,05$	12	2005	$480 \pm 37$
	1991 - 1993	0,65		1992	2024,0*
10	2005	$0,56 \pm 0,04$	13	2005	$32,6 \pm 1,3$
	1991 - 1993	1,05		1992	466,0*

\* (Pliešovská, Šesták, 1992)

Najvyššie hodnoty boli namerané vo vzorkách zemín v smere na VJV od závodu, v pomerne úzkej Rudnianskej doline, v smere najčastejších západných vetrov stáčajúcich sa do doliny. Treba zdôrazniť, že po celé stáročia bola táto dolina centrom ťažby a spracovania rúd. Na konci tejto doliny je situovaná lokalita Poráč, vo vzdialenosti 5000 m, kde v ornej pôde bola nameraná hodnota obsahu Hg  $136,9 \text{ mg.kg}^{-1}$ . Absolútne najvyššia hodnota Hg v zeminách bola  $237,4 \text{ mg.kg}^{-1}$  a bola nameraná v zemine v okolí bývalého dopravného strediska ŽB vo vzdialenosti 1500 m. Jedná sa však prakticky o zalesnené haldy. Vo všeobecnosti zeminy z odberov z lesnej pôdy sa vyznačovali vizuálne vyšším obsahom humusu a organických látok. Relatívne najnižšie hodnoty, od  $0,46$  do  $0,56 \text{ mg.kg}^{-1}$  Hg obsahovali zeminy z orných pôd, z odberných miest situovaných severným smerom, z odberných miest 8,9 a 10 vo vzdialenosti od 3500 do 4 800 m.

Vo vzorkách asimilačných orgánov odobratých drevín boli namerané niekoľko desiatok násobne nižšie hodnoty v porovnaní s rokmi 1991 – 1993. Pohybovali sa v rozsahu od  $0,038$  do  $0,964 \text{ mg.kg}^{-1}$  napriek tomu, že obsah Hg v pôdach nie je výrazne nižší. Najvyššie zaznamenané hodnoty z merania počas aktívnej činnosti závodu dosahovali aj desiatky  $\text{mg.kg}^{-1}$ . Pravdepodobne počas éry existencie predovšetkým plynnej emisie ortuti zo zdroja ŽB a v mechanizme kontaminácie rastlín dominovali adsorpčné procesy ich nadzemnými časťami. Emisie Hg boli doprevádzané celým radom ďalších škodlivín, predovšetkým  $\text{SO}_2$ , ktoré mohli pôsobiť podporne v mechanizme kontaminácie rastlín Hg adsorpčnými procesmi, ale aj koreňovým systémom.



Všeobecne vyššie obsahy Hg v asimilačných orgánoch boli namerané vo vzorkách z odberných miest s vysokým obsahom Hg v pôde. Len v prípade lokality č. 6 sa namerané hodnoty z tohto trendu vymykajú, keď obsah Hg v pôde je  $89,59 \text{ mg.kg}^{-1}$  a obsah v listoch a ihličí  $0,032$  a  $0,038 \text{ mg.kg}^{-1}$ . Relatívne vyššie obsahy boli zaznamenané v listoch ako v ihličí.

Obsahy Hg v sedimentoch dna dosahujú taktiež veľmi vysoké hodnoty. Oproti extrémne vysokým hodnotám z roku 1991 (Pliešovská, N., Šesták, J., 1992) sú síce výrazne nižšie, ale v roku 2005 v sedimente z Rudnianskeho potoka bola nameraná hodnota  $480 \text{ mg.kg}^{-1}$  Hg. Koncentrácia Hg v sedimentoch dna však býva veľmi variabilná pretože závisí na množstve faktorov.

Obr. 2. Lokalizácia miest odberov vzoriek z oblasti Merníka.  
Fig. 2. Localization of the sampling points from the area of Merník.

Tab. 2. Priemerná koncentrácia ortuti vo vzorkách z oblasti Merníka [ $\text{mg.kg}^{-1}$ ].  
Tab. 2. Average concentration of mercury in the samples from the area of Merník [ $\text{mg.kg}^{-1}$ ].

Č.	Lokalizácia miesta odberu, druh vzorky	Hg
1	SZ okraj Merníka – orná pôda	$0,112 \pm 0,015$
2	Južne od Merníka - orná pôda	$0,050 \pm 0,002$
3	Potkania debra – lesná pôda	$5,76 \pm 0,064$
3	Potkania debra - breza	$0,066 \pm 0,003$
3	Potkania debra - borovica	$0,051 \pm 0,002$
4	Potkania debra, južný svah - lesná pôda	$4,36 \pm 0,025$
5	Južne od Potkanej debry - orná pôda	$10,10 \pm 0,70$
6	SZ od Čičavy - orná pôda	$0,052 \pm 0,002$
7	Potok Čičavka severne od obce Merník	$0,039 \pm 0,002$
8	Potok Čičavka južne od obce Merník	$0,035 \pm 0,002$
9	Potok v Potkanej debre – výtok z bane Mária – sediment dna	$1,83 \pm 0,11$
10	Potok v Potkanej debre, stred - sediment dna	$5,80 \pm 0,45$
11	Potok v Potkanej debre, pred ústím – sediment dna	$37,10 \pm 2,70$
12	Potok Čičavka severne od Čičavy – sediment dna	$0,44 \pm 0,05$
13	Potok Čičavka južne od obce Čičava – sediment dna	$3,49 \pm 0,28$

Na obr. 2 sú vyznačené miesta odberov vzoriek uskutočnených v auguste 2006 v oblasti Merníka. Orientačné odbery boli sústredené na lokalitu „Potkania debra“, kde sa nachádzal bývalý závod a hlavné banské dielo ložiska - štôľňa Mária. V tab. 2 sú uvedené namerané koncentrácie Hg. Koncentrácie Hg vo vzorkách zemín sa pohybujú v širokom rozsahu 0,050 až 10,10 mg.kg<sup>-1</sup>. Najvyššie koncentrácie boli zistené vo vzorkách č. 3, 4, 5, odobratých v blízkosti lokality „Potkania debra“, kde sú hodnoty koncentrácie 80 až 200 násobne vyššie v porovnaní s odbernými miestami č. 2, resp. č. 6 nachádzajúcimi sa vo vzdialenosti 1200 – 1500 m severným, resp. južným smerom. V ihličí borovice a v listoch brezy z Potkanej debry bola koncentrácia 0,051, resp. 0,066 mg.kg<sup>-1</sup>, kým koncentrácia v zemine bola 5,76 mg.kg<sup>-1</sup>. Najvyššie koncentrácie namerané v sedimentoch dna boli z potoka odvodňujúceho Potkaniu debru, kde bola zaznamenaná aj maximálna hodnota 37,1 mg.kg<sup>-1</sup> vo vzorke č. 11. V sedimentoch Čičavky, vo vzorkách č. 7 a č. 8 nad sútokom s potokom z Potkanej debry boli namerané nízke koncentrácie 0,035 – 0,039 mg.kg<sup>-1</sup>. Vo vzorkách č. 12 a 13 pod sútokom už bol zaznamenaný nárast koncentrácie Hg na 0,44 resp 3,49 mg.kg<sup>-1</sup>. Výsledky z týchto orientačných odberov vzoriek potvrdzujú predpoklad kontaminácie územia lokalizovaného v blízkosti bývalých baní a závodu na výrobu ortuti. Na presnejšie určenie rozsahu kontaminovaného územia, ako aj prípadné rozlíšenie geochemickej a antropogénnej zložky kontaminácie je potrebný ďalší výskum.

### Záver

Niekoľko storočí trvajúca banská a spracovateľská činnosť v okolí Rudnianskej kotliny v kombinácii s vysokým geochemickým pozadím, predovšetkým ortuti, ale aj iných ťažkých kovov, sa nezmazateľne podpísala pod negatívny stav prostredia v tomto regióne. Aj po viac ako desaťročí od zániku využívania posledných tepelných technológií spracovania železných a farebných rúd v Rudňanoch pretrvávajú kontaminácia predovšetkým pôdy a vodných sedimentov. Určité zlepšenie nastalo v prípade záťažovej vegetácie ortuťou, čo pravdepodobne vyplýva z mechanizmov kontaminácie rastlín týmto prvkom.

Od ukončenia ťažby a výroby ortuti v Merníku, ktorej rozsah, kvantita a čas trvania nedosiahla taký rozsah ako v Rudňanoch, uplynulo viac ako sedem desaťročí. Aj v tomto prostredí však ostali výrazné stopy, prejavujúce sa kontamináciou pôdy a vodných sedimentov.

*PodĎakovanie: Práca vznikla s finančnou podporou agentúry VEGA MŠ SR v rámci riešenia grantového projektu č. 2/5149/26.*

### Literatúra – References

- Cibulka, J. kol.: Pohyb olova, kadmia a rtuti v biosfére. Praha, Academia, 1991.
- Hredzák, S., Lovás, M., Jakabský, Š.: Vplyv technologických zmien úpravy ortuťonosných rúd na životné prostredie v oblasti Rudnianskej kotliny a bilancia ortuti v technologických uzloch závodu ŽB Rudňany. In: V. sympóziu o ekológii vo vybraných aglomeráciách Jelšavy – Lubeníka a stredného Spiša. Hrádok, 1995, s. 110 – 121.
- Huňák, L.: 40 rokov Železrúdnych baní Spišská Nová Ves. ŽB SNV, 1988.
- Magula, R.: Baníctvo v Merníku. Vlastivedný časopis roč. 38/4, 1989, s. 157 – 160.
- Malatinský, K., Popovič, M.: Z dejín baníctva v Rudňanoch. Košice, 1985.
- Merva, M. a kol.: Štúdium mechanizmu tvorby, prenosu a premeny ortuťových zložiek v životnom prostredí ložiskových území Slovenska. Správa grantovej úlohy G – 114, ÚGt SAV Košice, 1993, s. 168.
- Koděra, M. a kol.: Topografická mineralógia Slovenska 2, Veda, Bratislava 1990, s. 783-785.
- Štefanidesová, V. a kol.: Vliv zrnitosti vzorku na vyluhování rtuti z kontaminované pudy a říčního sedimentu. In: Bulletin Odboru agrochemie půdy a výživy rostlin, XII/1, Brno 2004, s. 37 – 51.
- Závadská, M., Žemberyová, M., Farkašová, I.: Špeciácia ortuti v pôdach použitím sekvenčnej extrakcie. Chemické Listy 93, 1999, s. 391-393.
- Linnik, P. M.: The state of heavy metals in interstitial solutions as an important characteristic of their migration mobility. Internat. Rev. Hydrobiol., 83 (Special Issue – Proceedings of the 3<sup>rd</sup> International Conference on Reservoir Limnology and Water Quality, 1998, p. 239-248.
- Laws, E. A.: Aquatic pollution. John Wiley & Sons, University of Hawaii, Honolulu, p. 1993, 517-541.
- Príloha č. 2 k Zákonu č. 220/2004 Z. z.
- Pliešovská, N., Šesták, J.: Chemický charakter sedimentov vsl. vodných nádrží. In: Ochrana a tvorba ŽP vo vybraných sídelných aglomeráciách, Košice, MO SZOPK, 1992.