

## Obsah

<b>07</b>	<b>MONITOROVANIE RIEČNYCH SEDIMENTOV.....</b>	<b>2</b>
<b>07.1</b>	<b>Základná charakteristika monitorovacej siete.....</b>	<b>2</b>
<b>07.2</b>	<b>Sledované ukazovatele a metódy hodnotenia jednotlivých veličín.....</b>	<b>3</b>
<b>07.3</b>	<b>Spôsob a frekvencia odberu vzoriek.....</b>	<b>7</b>
<b>07.4</b>	<b>Štatistické vyhodnotenie odobratých vzoriek.....</b>	<b>9</b>
<b>07.5</b>	<b>Výsledky monitoringu.....</b>	<b>10</b>
	<i>Štatistické zhodnotenie analyzovaných parametrov.....</i>	<b>10</b>
	<i>Porovnanie výsledkov monitoringu so základnou (baseline) distribúciou.....</i>	<b>26</b>
	<i>Kvalitatívne hodnotenie riečnych sedimentov (legislatívny a kombinovaný prístup).....</i>	<b>28</b>
<b>07.6</b>	<b>Vyhodnotenie kvality sledovaných ukazovateľov v rámci Európy.....</b>	<b>30</b>
<b>07.7</b>	<b>Záver.....</b>	<b>32</b>
<b>07.8</b>	<b>Literatúra.....</b>	<b>33</b>

## 07. MONITOROVANIE RIEČNYCH SEDIMENTOV

Autori: Jozef Kordík – Igor Slaninka – Dušan Bodiš

Riečny sediment reprezentuje častice odvozené z hornín alebo biologických materiálov znosovej oblasti, ktoré boli transportované kvapalnou fázou, alebo pevnú, resp. suspendovanú fázu (anorganický a organický sestón) usadzovanú z vody (Bodiš – Rapant, 1999). Riečny sediment je jemnozrnný dnový (resp. príbrežný, brehový) sediment akumulovaný pri vhodných podmienkach prúdenia v povrchovom toku, ktorý poskytuje citlivú indikáciu kumulovaného účinku vody sprostredkovanú ukladaním suspendovaného materiálu, ako aj rozpustných zložiek koncentrovaných najmä prostredníctvom sorpčných reakcií. Dôvodom zvýšeného záujmu o riečne sedimenty nielen u nás ale aj vo svete sú ich vlastnosti a genéza a ktorých štúdium umožňuje robiť dôležité závery v rámci prospektorských, geochemických a v poslednom období veľmi významných environmentálnych hodnotení.

Riečne sedimenty predstavujú prostredie, v ktorom prebieha podstatná časť samočistiacich procesov v povrchových tokoch. V prírodných podmienkach Slovenska reprezentujú z environmentálneho hľadiska dôležité vzorkovacie a hodnotiace médium, najmä v dôsledku široko rozvinutej riečnej siete a relatívne silnej členitosti reliéfu. V jemnej frakcii riečného sedimentu predovšetkým pod 0,125 mm vplyvom silnej sorpčnej kapacity dochádza k sorpcii, zrážaniu a zachytávaniu prvkov prinášaných do tokov zo znosových oblastí. Riečny sediment odráža geochemický charakter pôd, hornín a produktov ich zvetrávania v povodí a charakterizuje tiež samotný vodný tok.

### 07.1 Základná charakteristika monitorovacej siete

Cieľom monitorovacieho subsystému je identifikácia časových zmien a priestorových rozdielov obsahov vybraných prvkov v aktívnom riečnom sedimente hlavných tokov Slovenska, a to vplyvom primárnych (geogénnych) ako aj antropogénnych podmienok. Z hodnotenia výsledkov monitoringu je možné poukázať na potenciálne riziko ohrozenia prirodzenej rovnováhy vo vodnom ekosystéme na konkrétnej lokalite.

Monitorovacia sieť predstavuje v súčasnosti 48 referenčných odberových miest. Pri výbere reprezentatívnych lokalít sa uplatnili:

- *kritérium ekologickej účelnosti* (t.j. situovanie odberových miest v oblastiach s predpokladaným antropogénnym zaťažením ako aj v oblastiach s rozhodujúcim vplyvom prírodných faktorov na chemickom zložení stanovovaných parametrov),

- *regionálny charakter monitorovacej siete* (odberové miesta charakterizujú približne každý 70 km významného toku v hlavných povodiach Slovenska),
- *situovanie odberov v miestach národného monitoringu povrchových tokov, ktorý je realizovaný SHMÚ.*

Monitoring riečnych sedimentov je realizovaný od roku 1996. Vzhľadom ku zmenám a optimalizácii národného monitoringu kvality povrchových tokov (SHMÚ), problémom odberu reprezentatívnej vzorky na niektorých stanovištiach, aktuálnemu stavu poznatkov a vyhodnotení výsledkov monitoringu za 8-ročné obdobie bola v roku 2004 realizovaná **optimalizácia** monitorovacej siete (Kordík et al., 2004). Lokalizácia a popis odberových miest sú uvedené na obrázku 07.1. Detailná lokalizácia (slovný popis) odberových miest riečneho sedimentu je aktualizovaný do databázy. V zásade je na približne 30 lokalitách možné odber realizovať na rovnakých miestach. Na ostatných stanovištiach sa v dôsledku dynamiky vodného toku, príp. antropogénnych úprav koryta vzorkovanie voľne posúva pozdĺž toku do oblasti vhodnej akumulácie riečneho sedimentu (zvyčajne táto vzdialenosť pozdĺž toku nepresahuje 50-100 m).

## 07.2 Sledované ukazovatele a metódy hodnotenia jednotlivých veličín

**Analyzovaná asociácia prvkov** v riečnych sedimentoch štandardne predstavuje hlavné (Na, K, Mg, Ca, Fe, Mn) a stopové (Cr, Cu, Al, Zn, Hg, Co, As, Cd, Ni, Se, Pb, Sb) prvky. V roku 2006 bol na všetkých monitorovacích stanovištiach realizovaný zrnitostný rozbor vzoriek k určení zastúpenia prachovej, pieskovej a štrkovej frakcie v riečnom sedimente.

**Výsledky** chemických analýz, zrnitostných, resp. mineralogických rozborov sú digitálne spracované, georeferencované a uložené v **databázovom programe MS ACCESS. Mapové podklady** (základná riečna sieť, hlavné sídla, lokalizácia monitorovacích stanovišť) spolu **s príslušnou databázou** sú spracované v prostredí softvéru **MapInfo Professional**, ktorý zabezpečuje vzájomné prepojenie databázových informácií s jednoduchým geografickým informačným systémom. Databázové informačné vrstvy sú interaktívne priradené k bodovým entitám miest odberov vzoriek riečnych sedimentov. Vzhľadom na širší charakter informácií z monitoringu riečnych sedimentov bola vybudovaná relačná databáza s nasledovnými relačne prepojenými hlavnými tabuľkami (príloha 07.3):

- „CMS\_RS\_databaza“ (základná databáza chemického zloženia riečnych sedimentov),
- „CMS\_RS\_popis\_lokalit“ (základné lokalizačné údaje o monitorovacích bodoch),

- „CMS\_RS\_mineralogicky\_rozbor“ (výsledky mineralogického rozboru),
- „CMS\_RS\_zrnitostna\_analyza“ (výsledky zrnitostnej analýzy).

Výsledky chemických analýz riečnych sedimentov v roku 2006 sú sumarizované v prílohe 07.1. Výsledky zrnitostnej analýzy sú spracované v prílohe 07.2.

**Prezentácia výsledkov monitoringu** riečnych sedimentov je vzhľadom k zložitosti podmienok tvorby sedimentu a dynamickým prejavom (zvetrávanie, sedimentácia, migrácia látok) interpretačne náročná. Zloženie riečneho sedimentu reprezentuje prírodné danosti prislúchajúcej oblasti povodia, ako aj antropogénny vplyv. Interpretácia výsledkov zohľadňuje nasledovné **prístupy** (Bodiš – Rapant, 2000):

- aplikácia štatistickej analýzy (bližšie v časti 07.4.),
- environmentálno-geochemický prístup – porovnanie výsledkov monitoringu so základnými (baseline) hodnotami analyzovaných komponentov,
- legislatívny prístup,
- kombinovaný legislatívno-geoštatistický prístup.

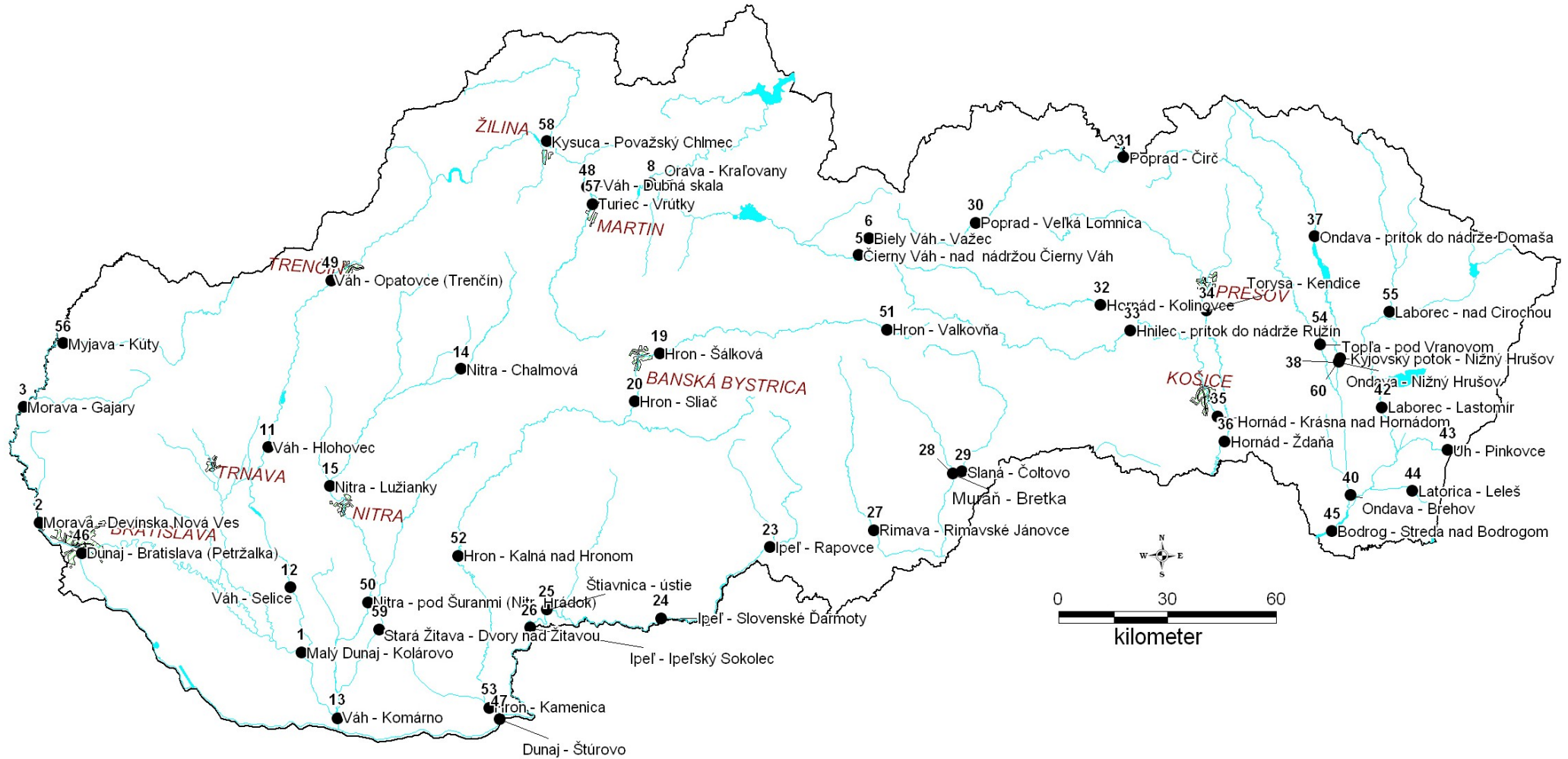
**Porovnanie výsledkov monitoringu so základnou (baseline) distribúciou** porovnáva hodnoty mediánu koncentrácií stanovovaných parametrov na monitorovaných lokalitách ako celku a lokalitách jednotlivo (pre lokality monitorované od roku 2004 do výpočtu vstupovalo zatiaľ len trojročné pozorovanie) ku hodnotám mediánu koncentrácií parametrov vypočítaných pre vzorky Geochemického atlasu riečnych sedimentov (Bodiš – Rapant, 1999). Porovnanie je vyjadrené v percentách pomocou **indexu obohatenia, resp. ochudobnenia  $I_r$** :

$$I_r = \frac{\tilde{x}_{ij}}{\tilde{x}_i} \cdot 100 (\%), \text{ kde:}$$

$\tilde{x}_{ij}$  medián z 11-ročného pozorovania  $i$ -parametra na  $j$ -lokalite,

$\tilde{x}_i$  medián  $i$ -zložky zo všetkých meraní Geochemického atlasu.

Obr. 07.1 Lokalizácia a identifikačné číslo monitorovacích stanovišť riečnych sedimentov v roku 2006



Výsledky porovnania monitoringu so základnou (baseline) distribúciou sú zhrnuté vo výsledkovej časti (tab. 07.7). Hodnoty nad 100% vyjadrujú obohatenie prvku v systéme, naopak hodnoty pod 100% reprezentujú ochudobnenie prvku v riečnych sedimentoch. Tento prístup porovnáva stanovované parametre pre určité konkrétne horninové (*geochemické*) prostredie. Zvýšené hodnoty koeficientu nad 100% ako aj znížené hodnoty pod 100% môžu byť prejavom príslušných lokálnych prírodných podmienok, a to najmä charakteru horninového prostredia vo vznosovej oblasti. Inak povedané, uvedený postup je zameraný na posúdenie, či obsahy látok v sedimente na základe teoretických znalostí korešpondujú s príslušnými lokálnymi prírodnými podmienkami, v ktorých riečne sedimenty formujú ich chemické zloženie. Na druhej strane hodnoty zvyčajne prevyšujúce základné (baseline) koncentrácie môžu indikovať antropogénny podiel látok v riečnom sedimente, a teda reprezentujú hodnotenie *environmentálne* významných koncentrácií prvkov v riečnych sedimentoch.

Na **posúdenie obsahu kontaminujúcich látok** v riečnych sedimentoch je v rámci monitoringu využívaný **legislatívny prístup** porovnávajúci namerané obsahy prvkov s konkrétnymi limitnými koncentraciami. Nakoľko limitné hodnoty škodlivých látok priamo pre riečne sedimenty nie sú na Slovensku stanovené, na základe skúseností a preukázateľného vzťahu distribúcií prvkov v riečnych sedimentoch a pôdach (Bodiš – Rapant, 1999; Čurlík – Šefčík, 1999) sú pre tento účel využívané limitné koncentrácie platné pre pôdy (Anonym, 1994). Tento postup je v súlade s odporúčaním Smernice MŽP SR na zostavovanie a vydávanie Geochemickej mapy riečnych sedimentov. Prehľad limitných hodnôt analyzovaných parametrov je znázornený v tab. 07.1.

Tab. 07.1 Limitné hodnoty analyzovaných rizikových látok podľa Rozhodnutia ministerstva pôdohospodárstva SR číslo 531/1994-540 o najvyšších prípustných hodnotách škodlivých látok v pôde (údaje sú vyjadrené v mg.kg<sup>-1</sup>)

Zložka	A	B	C	Zložka	A	B	C
<b>As</b>	29	30	50	<b>Ni</b>	35	100	500
<b>Cd</b>	0,8	5	20	<b>Pb</b>	85	150	600
<b>Co</b>	20	50	300	<b>Sb</b>	20	30	100
<b>Cr</b>	130	250	800	<b>Se</b>	0,8	5	20
<b>Cu</b>	36	100	500	<b>Zn</b>	140	500	3000
<b>Hg</b>	0,3	2	10				

Pozn.: kategória A predstavuje referenčnú hodnotu, pri prekročení B kategórie je potrebný monitoring lokality, pri prekročení C kategórie sú potrebné sanačné opatrenia

Charakter znečisťujúcich látok, resp. látok prekračujúcich stanovené limity je charakterizovaný prostredníctvom **stupňa (indexu) znečistenia C<sub>d</sub>**. Prístup je založený na legislatívnom posúdení parametrov znečistenia a následnom geoštatistickom spracovaní indexu znečistenia v jednoduchej monotematickej mape. Hodnoty indexu znečistenia sú vypočítané zo sumy podielov absolútnych koncentrácií posudzovaných parametrov k ich limitným obsahom pre pôdy (Slaninka, 1994; Backman et al., 1998):

$$C_d = \sum_{i=1}^n \left( \frac{C_{Ai}}{C_{Ni}} - 1 \right)$$

kde:  $C_{Ai}$  analytická hodnota i-zložky,  
 $C_{Ni}$  limitná (normatívna) hodnota i-zložky.

### 07.3. Spôsob a frekvencia odberu vzoriek

Vzhľadom k eróznym procesom je jednou zo základných otázok reprezentatívnosť riečného sedimentu, ktorý by mal prezentovať a geochemicky hodnotiť príslušnú oblasť povodia. Hodnotiace procesy, ktoré kontrolujú zloženie sedimentu, nemusia vždy vyjadrovať prírodné podmienky distribúcie prvkov v oblasti. Je to zapríčinené najmä tým, že vo vzorkovacom období nemusí byť sediment aktívny (Bogen et al., 1992), resp. chemické zloženie riečného sedimentu podlieha premenám vplyvom antropogénnej činnosti – takáto situácia nie je v podmienkach Slovenska výnimočná (Bodiš – Rapant, 1999). Tieto hľadiská zapríčiňujú problémy pri odbere sedimentu a samotnej interpretácii výsledkov.

Aktívny riečny sediment reprezentuje jemnozrnný materiál transportovaný tečúcou vodou. Pre účely monitoringu riečne sedimenty reprezentujú veľké drenážne oblasti (> 100 km<sup>2</sup>) a sú odoberané do obalov z PVC. Dôležité je zabránenie kontaminácie pri odbere. Samotný odber je podľa možností realizovaný metódou tzv. asociačnej vzorky, pozdĺž brehu povrchového toku (zvyčajne do 20 m), a to v miestach, kde hydrodynamické podmienky umožňujú ukladanie jemnozrnných sedimentov. Pri odbere je potrebné odobrať čo najmenšie množstvo organickej hmoty a vyhnúť sa redukčnému prostrediu (prevažne tmavá farba sedimentu a častý zápach). Hmotnosť odoberanej asociačnej vzorky je cca 3 kg.

Úprava odobratých asociačných vzoriek je najskôr realizovaná sušením pri laboratórnej teplote a následným sitovaním pod frakciu 0,125 mm. Vzorky sú odoberané jedenkrát ročne, analyzované na celkový (totálny) obsah vybraných prvkov a prevedené do roztoku kompletným rozkladom kyselinou fluorovodíkovou HF a kyselinou chloristou HClO<sub>4</sub>, resp. parametre As, Se, Sb sa stanovujú rozkladom obrátenej lúčavky kráľovskej HCl a HNO<sub>3</sub> (1+3).

Analytické práce boli v roku 2006 realizované v Geoanalytických laboratóriách ŠGÚDŠ, regionálne centrum Spišská Nová Ves. V tab. 07.3 sú zhrnuté analytické techniky stanovovania jednotlivých parametrov, detekčné limity a špecifikácia prístrojov.

Tab. 07.3 Analyzovaná asociácia a laboratórne techniky (G – gravimetria, AAS – atómová absorpčná spektrometria, AES-ICP – atómová emisná spektrometria s indukčne viazanou plazmou, RFS – röntgenfluorescenčná spektrometria)

Parameter	Metóda	Jednotka	Medza stanovenia	Rozsah	rozšírená neistota U(k=2) %
strata sušením	G	%	0.01	0,01-1,00	15
				1,00-10,00	5
				10,00-45,00	3
strata žihaním	G	%	0.01	0,01-1,00	15
				1,01-10,00	5
				10,01-45,00	3
Na	AES-ICP	%	0.005	0,005-0,6	20
				0,6-2	10
				2-10	5
K	AES-ICP	%	0.03	0,03-0,6	20
				0,6-2	10
				2-10	5
Ca	RFS	%	0.05	0,05-2	10
				2-10	5
				10-55	2.5
Mg	RFS	%	0.05	0,05-0,5	10
				0,5-5	5
				5-50	2.5
Fe	RFS	%	0.05	0,05-2	10
				2-10	5
Mn	RFS	%	0.01	0,01-0,1	10
				0,1-0,5	5
Al	RFS	%	0.05	0,05-2	10
				2-10	5
				10-35	3
As	AAS	mg.kg <sup>-1</sup>	0.1	0,1-1	25
				1-10	15
				10-1000	8
Cd	AAS	mg.kg <sup>-1</sup>	0.1	0,1-5	20
				5-50	10
				50-5000	5
Co	AAS	mg.kg <sup>-1</sup>	3	3-10	20
				10-100	10
				100-10000	5
Cr	RFS	mg.kg <sup>-1</sup>	10	10-50	15
				50-500	7.5
				500-900	5
Cu	RFS	mg.kg <sup>-1</sup>	5	5-50	10
				50-3000	5
Hg	AAS	mg.kg <sup>-1</sup>	0.01	0,01-0,1	15
				0,1-1	10
				1-1000	5
Ni	RFS	mg.kg <sup>-1</sup>	4	4-50	25
				50-150	10
				150-750	5
Pb	RFS	mg.kg <sup>-1</sup>	5	5-50	15
				50-1000	7.5
				1000-5500	5
Sb	AAS	mg.kg <sup>-1</sup>	0.1	0,1-1	25
				1-10	15
				10-1000	8
Se	AAS	mg.kg <sup>-1</sup>	0.1	0,1-1	25
				1-10	15
				10-1000	8
Zn	RFS	mg.kg <sup>-1</sup>	5	5-100	10
				100-2000	5
				2000-7000	3

#### 07.4. Štatistické vyhodnotenie odobratých vzoriek

Charakteristika chemického zloženia riečnych sedimentov je spracovaná štandardnými štatistickými metódami, a to najmä s využitím **popisných (deskriptívnych) štatistických parametrov**. Interpretácia výsledkov štatistickej analýzy nie je mechanický proces a je aj po 11 rokoch trvania monitoringu v mnohých prípadoch pomerne zložitá. Súvisí to najmä s veľkou mobilitou mnohých prvkov a dynamikou riečnych sedimentov v zložitých lokálnych podmienkach ovplyvňujúcich chemické zloženie sedimentu.

Štatistické spracovanie formou sumárnych štatistických tabuliek je uvedené v tab. 07.4 (pre porovnanie je tabuľka doplnená aj o výsledky z geochemického atlasu – Bodiš-Rapant, 1999). V tab. 07.5 sú uvedené lokality s najvyššími, resp. najnižšími hodnotami **mediánov** koncentrácií stanovených zložiek. Medián ako interpretačný štatistický parameter predstavuje dôležitú hodnotu reprezentujúcu charakter polohy štatistického súboru (50 percentil). V dôsledku prítomnosti odľahlých, resp. extrémnych hodnôt najmä pre stopové prvky, reprezentuje medián reprezentatívnejšiu hodnotu ako aritmetický priemer.

Popisná štatistika je zvlášť vyjadrená prostredníctvom **charakteristiky variability**, ktorá predstavuje menlivosť hodnôt znaku v štatistickom súbore. **Časová variabilita** reprezentujúca v zásade stabilitu obsahu prvku v sedimente na lokalitách s 11-ročným monitorovacím obdobím je hodnotená pomocou **variačného koeficientu**  $v_j$ . Jeho výpočet je založený na percentuálnom vyjadrení pomeru hodnoty štandardnej odchýlky k hodnote aritmetického priemeru pre každý sledovaný parameter a každú monitorovanú lokalitu:

$$v_{\varepsilon} = \frac{S_{ij}}{\bar{x}_{ij}} \cdot 100 \quad [\%], \text{ kde:}$$

$s_{ij}$  štandardná odchýlka i-zložky na j-lokalite

$\bar{x}_{ij}$  aritmetický priemer i-zložky na j-lokalite.

Priemerná hodnota variačného koeficientu pre všetky lokality  $v_{priem}$  je vypočítaná zo vzťahu:  $\bar{v}_{\varepsilon} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n v_{\varepsilon}$ , (n – počet monitorovaných lokalít).

Podobne je formou variačného koeficientu riešená aj **priestorová variabilita** prvku v rámci všetkých monitorovaných lokalít. Charakterizuje ju vzťah vyjadrujúci pomer štandardnej odchýlky k hodnote aritmetického priemeru všetkých meraní sledovaného parametra:  $v_p = \frac{S}{\bar{x}} \cdot 100 \quad [\%]$ . Hodnoty variačných koeficientov sú uvedené v tab. X.5.

## 07.5 Výsledky monitoringu

Výsledková časť monitoringu riečnych sedimentov sa zaoberá regionálnym hodnotením jednotlivých chemického zloženia analyzovaných zložiek v sedimente a hodnotením ich kvality vo vzťahu k legislatíve. Obsahy prvkov na monitorovaných lokalitách odrážajú na jednej strane prislúchajúce geologické prostredie, resp. hydrologicko-klimatické podmienky a na druhej strane sekundárny antropogénny, resp. antropogénno-geogénny vplyv. Základné štatistické zhodnotenie jednotlivých monitorovaných lokalít a dátového súboru ako celku prezentuje tab. X.4. Variabilita koncentrácií stanovovaných parametrov na jednotlivých lokalitách je vyjadrená formou variačného koeficientu v tab. X.5. Lokality s najvyššími a najnižšími hodnotami mediánu koncentrácií analyzovaných zložiek vyjadrujú regionálne rozdiely v distribúcii prvkov a sú zobrazené v tab. X.6. Indexy obohatenia, resp. ochudobnenia koncentrácií prvkov monitorovaných lokalít voči základným hodnotám z Geochemického atlasu riečnych sedimentov sú uvedené v tab. X.7 a kvalitatívne hodnotenie riečnych sedimentov je prezentované v tab. X.8.

### **Štatistické zhodnotenie analyzovaných parametrov**

#### **Hlavné prvky**

Medzi hlavné prvky s priemerným obsahom v riečnom sedimente zvyčajne nad 1% sú z analyzovanej asociácie ukazovateľov zaradené sodík, draslík, horčík, vápnik, železo a hliník.

#### **Sodík (Na)**

Plošná distribúcia sodíka sa vyznačuje pomerne vyrovnanými obsahmi v riečnych sedimentoch Slovenska (koeficient variácie všetkých meraní  $v_p = 28\%$ ) a aj z hľadiska časovej stability obsahov na jednotlivých lokalitách patrí medzi stabilné prvky s priemernou hodnotou  $\bar{v}_e = 13\%$  (tab. X.5.). Najvariabilnejšie obsahy Na sú zaznamenané na lokalitách č. 5 (Čierny Váh – nad nádržou) a 37 (Ondava – prítok do Domaše).

V porovnaní s hodnotou mediánu sodíka 1,04% zo všetkých údajov (tab. X.4, X.6) sú nižšie koncentrácie sodíka (do 0,85%) sledované v tokoch Nitra (lokalita č. 50), Kysuca (58), Malý Dunaj (1), Váh (11, 49), Turiec (57), Morava (2, 3) a Myjava (56). Nadpriemerné zastúpenie sodíka (nad 1,16%) bolo pozorované v sedimentoch Muráňa (28), Rimavy (27), Popradu (30, 31), Hrona (19, 20, 51) a hornej časti Váhu (5, 6).

Keďže sodík patrí medzi hlavné litofilné prvky, rozdielne obsahy Na sú spôsobené najmä variabilitou geologického prostredia v drénovanom povodí. Najvyššie koncentrácie sodíka (nad 1,2%) sú viazané na znosové oblasti kryštalinika tatrika a veporika, príp. na

neovulkanické horniny (najmä oblasť stredného Slovenska). Naopak najnižšie obsahy sodíka v riečnych sedimentoch sú viazané na znosové oblasti karbonatických hornín (Bodiš – Rapant, 1999).

### **Draslík (K)**

Podobne ako v prípade sodíka, plošné obsahy draslíka sú v riečnych sedimentoch veľmi vyrovnané (koeficient variácie všetkých meraní  $v_p = 21\%$ ). Z hľadiska časovej stability obsahov na jednotlivých lokalitách draslík reprezentuje najstabilnejší prvok s priemernou hodnotou  $\bar{v}_c = 12\%$  (tab. X.5.). Najvariabilnejšie obsahy K sú zaznamenané v sedimentoch Dunaja (lokality č. 46, 47).

Obsah draslíka zvyčajne sleduje geologické podmienky v povodí. Najvyššie obsahy sú viazané na zdrojové povodia tvorené kryštalinikom jadrových pohorí a paleozoickými metamorfovanými horninami (obsah zvyčajne v rozpätí 1,8-2,4%). Územia deficitné na draslík (najmä mezozoické karbonáty) podmieňujú nízke obsahy draslíka v riečnom sedimente, a to zvyčajne do 1,2%. Distribúcia draslíka v nížinných oblastiach môže byť ovplyvnená aj antropogénnou činnosťou (najmä poľnohospodárskou). Priemerný obsah draslíka je 1,47%, medián 1,46% (tab. X.4.). Najvyššie obsahy draslíka nad 1,6% (tab. X.6.) boli pozorované v riečnych sedimentoch Hnilca (lokality č. 33), niektorých riek Východoslovenskej nížiny (40, 44-45), Hrona (19, 20, 51) a Slanej (29). Najnižšie obsahy draslíka do 1,15% boli zaznamenané v riečnych sedimentoch Dunaja (46, 47), Turca (57) a Váhu (8, 12, 13).

### **Vápnik (Ca)**

Spomedzi hlavných prvkov v riečnych sedimentoch sa vápnik vyznačuje najvyššou plošnou variabilitou koncentrácií (koeficient variácie všetkých meraní  $v_p = 79\%$ ) a patrí aj k časovo najpremenlivejším zložkám s priemernou hodnotou  $\bar{v}_c = 25\%$  (tab. X.5.). Vysoká variabilita vápnika je podmienená najmä veľkými rozdielmi koncentrácie v zdrojových horninách. Vápnik charakterizujú aj špecifické podmienky pri zvetrávaní, migrácii a tvorbe sekundárnych minerálnych fáz. Najvariabilnejšie obsahy Ca sú sledované v sedimentoch horného Váhu (lokality č. 5, 6), Moravy (3) a Nitry (14).

Priemerný obsah vápnika v monitorovaných riečnych sedimentoch je 3,13%, medián 2,29% (tab. X.4.). Vysoké koncentrácie vápnika zvyčajne nad 7% (tab. X.6.) vo Vážskych sedimentoch (lokality č. 11-13, 48, 49) a Turci (57) sú viazané predovšetkým na pôvodný horninový substrát mezozoických karbonátov. V prípade vysokých koncentrácií vápnika v Dunaji (46, 47) a Morave (1) sa predpokladá jeho pôvod predovšetkým z karbonatických sedimentov, resp. pôd s vysokým podielom karbonátov (nie je možné vylúčiť ani jeho

antropogénny pôvod). Sedimenty s nízkymi koncentraciami vápnika zvyčajne pod 1,15% sú charakteristické najmä pre metamorfované paleozoické horniny (nízky obsah CaO) v oblastiach Spišsko-gemerského rudohoria a sedimenty vonkajšieho flyšového pásma (Hnilec – lokalita č. 33; toky Východoslovenskej nížiny – 38, 42-45 a Ipeľ – 23, 24).

### **Horčík (Mg)**

Horčík sa vyznačuje pomerne veľkou plošnou variabilitou koncentrácií spomedzi hlavných prvkov (koeficient variácie všetkých meraní  $v_p = 56\%$ ), avšak časovo patrí k pomerne stabilným prvkom s priemernou hodnotou  $\bar{v}_\varepsilon = 16\%$  (tab. X.5.). Veľká plošná variabilita Mg v sedimentoch Slovenska je podmienená variabilným zložením zdrojového horninového substrátu v príslušnom povodí. Najvariabilnejšie obsahy Mg sú zaznamenané v sedimentoch horného Váhu (lokality č. 5, 6), Hornádu (32) a Ondavy (37).

Celoslovenská priemerná koncentrácia Mg dosahuje hodnotu 1,30%, medián 1,00% (tab. X.4). Najvyššie obsahy horčíka s hodnotami mediánu zvyčajne nad 2,0% (tab. X.6) boli podobne ako v prípade vápnika pozorované v sedimentoch Váhu (lokality č. 5, 11-13, 48), Turca (57) a Muráňa (28), ktoré predstavujú znosové oblasti s prevahou mezozoických karbonátov (najmä dolomitov). Vysoké koncentrácie horčíka v sedimentoch Dunaja (46, 47) a Moravy (1), ako už bolo uvedené, môžu byť okrem prírodných daností (prevaha karbonatického materiálu v sedimentoch) podmienené aj antropogénnym vplyvom. Najnižšie koncentrácie horčíka zvyčajne pod 0,7% boli sledované v povodiach Ondavy (38), Laborca (42), Tople (37), Ipeľa a Štiavnice (24-26) a Kysuce (58) a sú charakteristické najmä pre oblasť Spišsko-gemerského rudohoria, stredoslovenské neovulkanity a sedimenty vonkajšieho flyšového pásma.

### **Hliník (Al)**

Hliník patrí z časového hľadiska spolu s draslíkom, sodíkom a horčíkom k prvkom s najstabilnejším obsahom v sedimente (priemerná hodnota koeficientu variability  $\bar{v}_\varepsilon = 13\%$ ). Podobne aj priestorová variabilita Al je nízka s hodnotou  $v_p = 22\%$  (tab. X.5).

Priemerná koncentrácia hliníka zo všetkých údajov predstavuje hodnotu 5,44%, medián 5,41%, čo sú najvyššie hodnoty spomedzi všetkých analyzovaných parametrov. Dôvodom je fakt, že hliník patrí medzi hlavné litofilné prvky v geologickom prostredí s dobrou migračnou schopnosťou a uvoľňovaním do sedimentu. Rozdielna distribúcia hliníka je kontrolovaná rôznym pomerným zastúpením na hliník bohatších (kryštalínikum, ílovce, andezity), resp. chudobnejších hornín (pieskovce, karbonatické horniny) v povodí.

Najvyššie obsahy hliníka (zvyčajne nad 6,5%) sú trvalo charakteristické pre riečne sedimenty tokov Hnilec (lokalita č. 33), Latorica (44), Bodrog (45), Rimava (27) a Ipeľ (23), Hron (20, 51, 52, 53). Najnižšie hodnoty obsahu Al (zvyčajne pod 4,5%) sú sledované v sedimentoch Váhu (lokality 8, 11-13, 49), Laborca (42), Ondavy (37) a Dunaja (46-47) – tab. X.4, X.6.

### **Železo (Fe)**

Železo patrí medzi prvky so stabilnými obsahmi v čase s priemernou hodnotou variačného koeficientu  $\bar{v}_\varepsilon = 18\%$  (tab. X.5). Priestorová variabilita koncentrácií s hodnotou  $v_p = 39\%$  je riadená geologickými podmienkami v jednotlivých povodiach. Rozhodujúcim faktorom distribúcie železa sa javí byť pomer hornín so zvýšeným zastúpením tmavých minerálov s obsahom železa (smerom k bázičknejším horninám je všeobecný trend vzostupu obsahu železa). Výnimkou sú sedimenty Hnilca a Hornádu (lokality č. 32, 33), ktoré sa vyznačujú veľmi výraznou časovou variabilitou Fe.

Priemerná koncentrácia železa v celom súbore je 2,90%, medián 2,73% (tab. X.4). Najvyššie obsahy železa zvyčajne nad 3,3% sú typické pre riečne sedimenty stredoslovenských neovulkanitov (povodia Hrona – lokalita č. 52, 53, Štiavnica a Ipeľ – 23-26) a paleogénnych metamorfítov Spišsko-gemerského rudohoria (povodia Slanej – 29 a Hnilca – 33) – tab. X.4, X.6. Vysoké obsahy železa boli sledované aj v sedimentoch Latorice (44) a Bodrogu (45). Najnižšie obsahy železa (zvyčajne pod 2,2%) sú pravidelne zaznamenávané v sedimentoch Váhu (6, 8, 11-13) a Toryde (34).

### **Stopové prvky**

Stopové prvky sa vyznačujú koncentraciami v riečnych sedimentoch zvyčajne ďaleko nižšími ako 1% a z analyzovanej asociácie ukazovateľov je k nim možné zaradiť: Mn, As, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Sb, Se, Zn.

### **Mangán (Mn)**

Mangán sa vyznačuje pomerne nízkou plošnou variabilitou koncentrácií (koeficient variácie všetkých meraní  $v_p = 54\%$ ) a spomedzi stopových prvkov patrí k časovo pomerne stabilným prvkom s priemernou hodnotou  $\bar{v}_\varepsilon = 29\%$  (tab. X.5.). Variabilita obsahu mangánu v sedimentoch je kontrolovaná najmä rozdielnou mobilitou a vysokou citlivosťou mangánu na oxidačno-redukčné podmienky vo vzorkovanom sedimente (v oxidačných podmienkach je mobilita mangánu nízka, v anoxických naopak). Podmienkou vyšších obsahov mangánu v sedimente je zvyčajne aj jeho prítomnosť v zdrojových horninách (najmä v intermediárnych

až bázických metavulkanitoch, andezitoch a ílovcoch). Najvariabilnejšie obsahy Mn sú zaznamenané v sedimentoch Štiavnice (lokalita č. 25) a Hornádu (32).

Priemerná koncentrácia mangánu v riečnych sedimentoch monitorovaných lokalít je 0,1%, medián 0,09% (tab. X.4.). Najvyššie koncentrácie mangánu zvyčajne nad 0,13% boli sledované v sedimentoch na tokoch Morava (lokalita č. 2, 3), Hnilec (33), Ipeľ a Štiavnica (24-26) a Latorica (44) – tab. X.6. Najnižšie zastúpenie mangánu v sedimentoch zvyčajne pod 0,07% obsahujú sedimenty Nitry (lokalita č. 14, 50), Hrona (19-20, 51), Turca (57), Kysuce (58) a Váhu (5).

### **Arzén (As)**

Distribúcia arzénu v riečnych sedimentoch Slovenska má viaceré špecifiká. Vo veľkej miere je podmienená výskytom rudných mineralizácií, na druhej strane však jeho obsah významne ovplyvňuje antropogénna činnosť. Priemerná koncentrácia As všetkých údajov je 20,81 mg.kg<sup>-1</sup>, medián 10,13 mg.kg<sup>-1</sup> (tab. X.4).

Geogénne, resp. geogénno-antropogénne podmienené vysoké obsahy arzénu sú sledované na lokalitách Hnilec (č. 33) a Slaná (29) – tab. X.4 a X.6. Zdroj arzénu v týchto oblastiach predstavujú najmä greizenizované granity gemerika a početné rudné mineralizácie viazané na tento región, ktoré sa v minulosti ťažili a upravovali. Podobného charakteru sú anomálie v oblasti kryštalinika Nízkych Tatier, resp. neovulkanitoch Štiavnických a Kremnických vrchov a dokumentujú ich najmä zvýšené koncentrácie v riečnych sedimentoch Hrona (19, 20, 52-53). Predovšetkým antropogénneho pôvodu sú anomálie arzénu v sedimentoch Ondavy (38) pravdepodobne pôvodom z odkaliska Poša (záťaž CHEMKO Strážske) a Nitry (14, 15, 50) pôvodom najmä z banskej a úpravárenskej činnosti v oblasti. Najnižšie koncentrácie arzénu (zvyčajne pod 7,5 mg.kg<sup>-1</sup>) boli sledované v sedimentoch Dunaja, (46, 47), Kysuce (58), niektorých tokov Východoslovenskej nížiny (37, 42, 55), Váhu (6, 12), Torysy (34).

Koeficient variácie koncentrácií arzénu v čase dosiahol hodnotu  $\bar{v}_t = 64\%$  (tab. X.5) a naznačuje zložité vlastnosti migrácie arzénu v prírodnom systéme. V prípade priestorovej distribúcie koncentrácií As bola spolu s Hg sledovaná ďaleko najvyššia hodnota koeficientu variability zo všetkých stanovovaných parametrov  $v_p = 583\%$ . Výrazne najvariabilnejšie obsahy As sú zaznamenané v sedimentoch Hornádu (32).

### **Kadmium (Cd)**

Koncentrácie kadmia sú v riečnych sedimentoch zvyčajne veľmi nízke – priemerná koncentrácia pozorovaná zo všetkých meraní dosiahla hodnotu 0,78 mg.kg<sup>-1</sup>, medián 0,60 mg.kg<sup>-1</sup> (tab. X.4). Ďaleko najvyššie koncentrácie kadmia boli sledované na toku Štiavnica

(lokalita č.25) s hodnotou mediánu 7,2 mg.kg<sup>-1</sup>. Ďalej sú vysoké koncentrácie kadmia charakteristické pre znosové oblasti Ipľa (26) a Hrona (52, 53) pochádzajúce predovšetkým z banskoštiavnickej rudnej oblasti (tab. X.4, X.6). Dôvodom týchto prevažne geogénnych, príp. geogénno-antropogénnych kontaminácií je prirodzený výskyt kadmia v rudných mineralizáciách neovulkanitov čiastočne mobilizovaný ťažobnou a úpravárenskou činnosťou.

Koeficient variácie koncentrácií v čase ( $\bar{v}_t = 73\%$ ) zaraďuje kadmium k prvkom s najpremenlivejším obsahom v sedimentoch hlavných slovenských riek (tab. X.5). Rozsah a rýchlosť koncentračných zmien závisí od typu zdrojov znečistenia a konkrétnych hydrodynamických a geochemických podmienok v prostredí povrchových tokov. Priestorová variabilita kadmia je tiež vysoká s hodnotou  $v_p = 171\%$ . Výrazne najvariabilnejšie obsahy kadmia sú sledované v sedimentoch Hornádu (lokalita č. 32) a Laborca (42).

### **Nikel (Ni)**

Distribúcia niklu je veľmi indikatívna najmä pre sedimenty flyšového pásma, neovulkanické horniny a čiastočne granitoidy tatrika, veporika a gemerika. Priemerná koncentrácia niklu je 29,48 mg.l<sup>-1</sup>, medián 27,6 mg.l<sup>-1</sup> (tab. X.4). Najvyššie hodnoty niklu (zvyčajne nad 40 mg.kg<sup>-1</sup>) sú viazané na znosové oblasti ílovcov a pieskovcov vonkajšieho flyšového pásma, čo sa prejavuje vyššími koncentraciami niklu najmä v tokoch východného Slovenska (lokality č. 30, 37, 40, 44, 45, 55) – tab. X.4, X.6. Vysoké koncentrácie niklu v nížinných oblastiach môžu byť čiastočne antropogénne podmienené (Morava – 1, 2; Myjava – 56). Najnižšie obsahy niklu (zvyčajne pod 20 mg.kg<sup>-1</sup>) sú pozorované v sedimentoch Ipľa a Štiavnice (24-26), Hrona (19, 51, 52), Váhu (5), Muráňa (28) a Nitry (14).

Z časového hľadiska obsah niklu v sedimentoch nepodlieha výraznejším zmenám. Zo stopových prvkov patrí spolu s chrómom k časovo najstabilnejším prvkom s nízkou hodnotou koeficientu variácie  $\bar{v}_t = 24\%$ , a podobne aj priestorová variabilita je nízka s hodnotou  $v_p = 38\%$  (tab. X.5). Najvariabilnejšie obsahy niklu boli vypočítané pre sedimenty Nitry (lokalita č. 14), Hrona (19) a Hornádu (32).

### **Meď (Cu)**

Priemerná koncentrácia medi dosiahla hodnotu 40,95 mg.kg<sup>-1</sup>, medián 26,9 mg.kg<sup>-1</sup> (tab. X.4). Distribúcia medi je do značnej miery podmienená jej obsahom v horninovom prostredí, výskytom rudných mineralizácií a v nemalej miere aj antropogénnymi aktivitami (najmä pri aplikácii fungicídov v poľnohospodárstve, vinohradníctve a pod.).

Najvyššie koncentrácie medi (tab. X.6.) geogénneho, resp. geogénno-antropogénneho charakteru zvyčajne nad 50 mg.kg<sup>-1</sup> sú situované v riečnych sedimentoch

Spišsko-gemerského rudohoria a stredoslovenských neovulkanitov a boli zaznamenané v povodiach Hnilca (lokalita č. 33 – ďaleko najvyššia hodnota mediánu 330,20 mg.kg<sup>-1</sup>), Štiavnice (25), Hrona (20, 52, 53), Hornádu (32). Zvýšené obsahy medi na lokalite Malý Dunaj (1) sú pravdepodobne antropogénneho pôvodu. Najnižšími koncentraciami medi v porovnaní z celoslovenským priemerom (zvyčajne menej ako 20 mg.kg<sup>-1</sup>) sa vyznačujú sedimenty niektorých úsekov Váhu (lokalita č. 5, 6, 12), Hrona (51), Dunaja (46, 47), Muráňa (28), Ondava (38) a Ipľa (24).

Koeficient časovej variácie  $\bar{v}_t = 50\%$  zaraďuje med' medzi stredne variabilné stopové prvky. Veľmi vysoká priestorová variabilita ( $v_p = 217\%$ ) je spôsobená najmä výskytom anomálnych koncentrácií v znosových oblastiach rudných ložísk (tab. X.5). Výrazne najvariabilnejšie obsahy medi sú pozorované v sedimentoch Hornádu (lokalita č. 32).

### **Chróm (Cr)**

Spomedzi stopových prvkov patrí distribúcia chrómu spolu s niklom k časovo najstabilnejším zložkám s priemernou hodnotou koeficientu variácie  $\bar{v}_t = 28\%$  (tab. X.5), a podobne aj priestorová variabilita chrómu je nízka ( $v_p = 38\%$ ). Najvariabilnejšie obsahy chrómu sú sledované v sedimentoch Váhu (lokalita č. 12).

Priemerná koncentrácia chrómu v monitorovaných sedimentoch je 67,79 mg.kg<sup>-1</sup>, medián 60,36 mg.kg<sup>-1</sup> (tab. X.4). Všeobecne je distribúcia chrómu výrazne ovplyvňovaná horninovým prostredím. Podobne ako v prípade niklu, anomálne, resp. nadpriemerné obsahy chrómu (nad 75 mg.kg<sup>-1</sup>) sú predovšetkým podmienené jeho obsahom v zdrojových horninách paleogénnych sedimentov, kde chróm migruje zvyčajne na veľké vzdialenosti vďaka dobrej odolnosti voči zvetrávaniu. Z monitorovaných lokalít sú najvyššie koncentrácie chrómu zaznamenávané najmä v sedimentoch tokov Východoslovenskej nížiny – Latorica (lokalita č. 44), Bodrog (45), Ondava (40) a Uh (43) a ďalej na toku Morava (2, 3), V povodí Nítry (15, 50) a Malého Dunaja (1) je možné predpokladať čiastočne antropogénny pôvod chrómu (tab. X.6). Oblasti jadrových pohorí, Spišsko-gemerského rudohoria a neovulkanitov sa vyznačujú podpriemernými koncentraciami chrómu (menej ako 55 mg.kg<sup>-1</sup>) v porovnaní z celoslovenským priemerom – Váh (lokality č. 5, 6, 12), Hron (51), Štiavnica (25), Ipel' (26) a Hornád (32, 35).

### **Zinok (Zn)**

Zinok predstavuje z časového hľadiska zo stopových prvkov stredne stabilný prvok s hodnotou koeficientu variácie  $\bar{v}_t = 32\%$  (tab. X.5). Jeho vysoká priestorová variabilita ( $v_p$

= 135%) je spôsobená predovšetkým anomálnymi koncentráciami v oblastiach s výskytom rudných ložísk. Výrazne najvariabilnejšie obsahy zinku boli vypočítané pre sedimenty Hornádu (lokalita č. 32) a Váhu (11).

Priemerná koncentrácia zinku predstavuje hodnotu  $194,00 \text{ mg.kg}^{-1}$ , medián  $122,44 \text{ mg.kg}^{-1}$  (tab. X.4). Výraznejšie anomálie distribúcie zinku nad  $300 \text{ mg.kg}^{-1}$  v riečnych sedimentoch sú viazané predovšetkým na geogénne, resp. geogénno-antropogénne podmienky v oblastiach výskytu rudných mineralizácií (tab. X.6). K takýmto oblastiam je možné priradiť najmä stredoslovenské neovulkanity – sedimenty Štiavnice (lokalita č. 25 – ďaleko najvyššia hodnota mediánu analyzovaných vzoriek  $1351,32 \text{ mg.kg}^{-1}$ ), Hrona (20, 52, 53), Ipľa (23, 26) a Spišsko-gemerské rudohorie – sedimenty Hnilca (33). Ďalším potenciálnym zdrojom anomálnych koncentrácií zinku sú antropogénne aktivity spojené predovšetkým so širokým uplatnením zinku v rozličných odvetviach priemyslu a poľnohospodárstva – napr. Malý Dunaj (1) a Myjava (56). Najnižšie obsahy zinku (zvyčajne pod  $100 \text{ mg.kg}^{-1}$ ) zodpovedajúce najmä jeho koncentrácii v materskom horninovom substráte paleogénu flyšového pásma, príp. karbonátogénných hornín, sú charakteristické pre povodia Váhu (8, 12) a niektorých tokov Východoslovenskej nížiny a prilahlých oblastí (34, 37-38, 54-55).

### **Olovo (Pb)**

Priemerná koncentrácia olova predstavuje hodnotu  $41,77 \text{ mg.kg}^{-1}$ , medián  $26,85 \text{ mg.kg}^{-1}$  (tab. X.4). Distribúcia olova je podobne ako v prípade zinku okrem prírodných daností (nadväznosť s materským horninovým prostredím) podmienená aj antropogénnym ovplyvnením. Z hľadiska prírodných zdrojov je distribúcia olova ovplyvnená najmä početnými polymetalickými ložiskami. V prípade rozsiahlej banskej činnosti spojenej s ťažbou a úpravou takýchto rúd je možné očakávať v riečnych sedimentoch vysoké koncentrácie olova. Svedčí o tom najmä monitorovaný tok Štiavnice (lokalita č. 25) s ďaleko najvyššou hodnotou mediánu koncentrácií olova na úrovni  $453,0 \text{ mg.kg}^{-1}$  (tab. X.6). Ďalšie oblasti s vysokou koncentraciou olova v sedimentoch (zvyčajne nad  $50,0 \text{ mg.kg}^{-1}$ ), ktoré sú viazané na horninové prostredie polymetalického zrudnenia stredoslovenských vulkanitov a čiastočne aj Spišsko-gemerského rudohoria, sú dokumentované v sedimentoch Ipľa (23, 26), Hrona (20, 52-53) a Hnilca (33). Pravdepodobne antropogénne podmienené koncentrácie olova boli zaznamenané v sedimentoch Malého Dunaja (1) – predpokladá sa ovplyvnenie z rafinérie Slovnaft (stará záťaž).

Koeficient variácie s priemernou hodnotou  $\bar{v}_\varepsilon = 54\%$  zaraďuje Pb v rámci stopových prvkov medzi prvky s veľkou časovou variabilitou v riečnych sedimentoch (tab. X.5). Podobne je sledovaná aj veľká priestorová variabilita ( $v_p = 183\%$ ) spôsobená výskytom

anomálnych koncentrácií Pb predovšetkým v oblastiach rudných ložísk. Najvariabilnejšie obsahy medi sú pozorované v sedimentoch Moravy (lokalita č. 3), Váhu (8, 11) a Hornádu (32).

### **Ortuť (Hg)**

Obsah ortuti v priestore aj čase je veľmi premenlivý (tab. X.5). Priemerná hodnota koeficientu časovej variácie je veľká ( $\bar{v}_t = 76\%$ ) a zapríčinená jednak vplyvom časovej premenlivosti najmä sekundárnych zdrojov ortuti, resp. jej komplikovanými geochemickými vlastnosťami (migračná schopnosť). Priestorovú variabilitu charakterizuje najvyššia hodnota z prezentovanej asociácie prvkov  $v_p = 677\%$ . Najvariabilnejšie obsahy medi sú sledované v sedimentoch Nitry (lokalita č. 14), Hrona (20) a Laborca (42).

Priemerná koncentrácia ortuti je nízka s hodnotou  $1,00 \text{ mg.kg}^{-1}$ , medián  $0,11 \text{ mg.kg}^{-1}$  (tab. X.4). Najvýznamnejšie obsahy ortuti sú typické pre Spišsko-gemerské rudohorie, resp. okolie Banskej Bystrice (zvyčajne nad  $0,5 \text{ mg.kg}^{-1}$ ) a sú zapríčinené najmä výskytom Hg-ložísk v oblastiach. Celá oblasť tvorí geogénno-antropogénnu anomáliu obsahov ortuti. Jedná sa najmä o monitorovacie stanovištia na Hornáde (najmä lokalita č. 32), Hnilci (33) a Slanej (29) – tab. X.6. Anomálne obsahy ortuti v sedimentoch Nitry (14-15, 50) a Malého Dunaja (1) je možné považovať za antropogénne. Najnižšie obsahy ortuti zvyčajne pod  $0,07 \text{ mg.kg}^{-1}$  boli sledované v sedimentoch Váhu (5, 8, 12) a v niektorých tokoch Východoslovenskej nížiny (37-38, 54, 55).

### **Antimón (Sb)**

Priemerná koncentrácia antimónu je  $2,67 \text{ mg.kg}^{-1}$ , medián  $0,70 \text{ mg.kg}^{-1}$  (tab. X.4). Podobne ako v prípade iných stopových prvkov (napr. Hg, Zn, Pb, Cu), aj vysoké obsahy antimónu v riečnych sedimentoch sú zvyčajne dôsledkom geogénno-antropogénnych anomálií najmä v oblastiach Spišsko-gemerského rudohoria a stredoslovenských neovulkanitov. Zvyčajne sa jedné o obsahy Sb nad  $2,3 \text{ mg.kg}^{-1}$  – Hnilec (lokalita č. 33), Hron (19-20, 52, 53), Slaná (29) a Hornád (32, 35) – tab. X.6. V ostatných monitorovaných lokalitách boli sledované podstatne nižšie koncentrácie antimónu väčšinou do  $1 \text{ mg.kg}^{-1}$ . Pre antimón v riečnych sedimentoch je charakteristická veľká priestorová variabilita hodnôt (koeficient priestorovej variácie  $v_p = 255\%$ ). Komplikované podmienky migrácie antimónu sa odrazili v najvyššej hodnote koeficientu časovej variability  $\bar{v}_t = 99\%$  (tab. X.5) spomedzi všetkých stanovovaných ukazovateľov. Najvariabilnejšie obsahy antimónu boli vypočítané pre sedimenty Malého Dunaja (lokalita č. 1), Ondava (40) a Bodrog (45).

### **Selén (Se)**

Koncentrácie selénu dosahujú v riečnych sedimentoch veľmi nízke hodnoty (priemer  $0,34 \text{ mg.kg}^{-1}$ , medián  $0,30 \text{ mg.kg}^{-1}$ ) – tab. X.4, s pomerne vysokou hodnotou časovej variability  $\bar{v}_c = 82\%$  (tab. X.5). Priestorová variabilita prvku spomedzi stopových prvkov však nie je veľká ( $v_p = 89\%$ ). Najvyššie koncentrácie selénu (tab. X.6) boli zaznamenané v sedimentoch Nitry (stanovište č. 50), Turca (57), Malého Dunaja (1), Starej Žitavy (59), Ipľa (23), Hnilca (33), Váhu (48) a Moravy (2).

### **Kobalt (Co)**

Priemerná koncentrácia kobaltu reprezentuje hodnotu  $11,59 \text{ mg.kg}^{-1}$ , medián  $10,87 \text{ mg.kg}^{-1}$ . (tab. X.4). Koeficient variácie zaraďuje z časového aj plošného hľadiska kobalt medzi stopové prvky s nízkou variabilitou ( $\bar{v}_c = 30\%$ , resp.  $v_p = 43\%$ ) – tab. X.5. Výrazne najvariabilnejšie obsahy kobaltu sú sledované pre sedimenty Hornádu (lokalita č. 32).

Najvyššia hodnota mediánu ( $26,22 \text{ mg.kg}^{-1}$ ) bola sledovaná na lokalite Hnilec (33) v Spišsko-gemerskej oblasti. Zvýšené obsahy Co môžu byť v podmienkach Slovenska typické pre neovulkanity a boli zistené v sedimentoch Hrona (lokalita č. 52-53), Ipľa (24, 26) a Štiavnice (25) – tab. X.6. Pôvod kobaltu v nížinných oblastiach na lokalitách Latorica (44) a Bodrog (45) je pravdepodobne antropogénneho pôvodu. Najnižšie koncentrácie kobaltu zvyčajne do  $10 \text{ mg.kg}^{-1}$  boli sledované v sedimentoch Hrona (19, 51), Starej Žitavy (59), Myjavy (56) a Váhu (6, 8, 11, 12, 13).

**Tab. X.4** Základné štatistické parametre analyzovaných zložiek za obdobie rokov 1996-2006 ( x - aritmetický priemer; med - medián; s - štandardná odchýlka)

lokalita	1			2			3			5			6			8			11		
	x	med	s	x	med	s	x	med	s	x	med	s	x	med	s	x	med	s	x	med	s
strata sušením do 110 °C (%)	2,62	2,15	2,38	2,37	2,10	1,18	2,00	1,55	1,21	1,46	0,95	1,20	1,42	1,26	0,94	0,78	0,79	0,24	1,56	1,28	0,87
strata žihaním do 380 °C (%)	6,04	6,41	1,39	4,36	4,25	0,91	3,43	3,41	0,59	5,65	4,57	3,12	3,85	2,85	1,85	2,39	2,23	0,92	4,48	4,09	1,38
strata žihaním nad 380 °C (%)	11,53	11,52	0,82	4,22	4,02	0,77	3,29	3,15	0,67	8,21	9,33	3,72	3,29	3,15	1,27	6,26	5,99	0,78	11,10	10,93	1,34
Na (%)	0,72	0,71	0,07	0,79	0,78	0,08	0,87	0,85	0,07	1,40	1,23	0,32	1,40	1,43	0,11	0,98	0,99	0,07	0,74	0,73	0,07
K (%)	1,59	1,61	0,14	1,68	1,66	0,14	1,56	1,55	0,11	1,58	1,57	0,23	1,47	1,45	0,23	1,14	1,06	0,14	1,32	1,25	0,14
Mg (%)	2,28	2,32	0,15	0,92	0,89	0,15	0,69	0,67	0,05	2,63	2,89	1,05	0,90	0,83	0,24	1,18	1,18	0,14	2,04	2,02	0,31
Ca (%)	7,06	7,40	0,68	2,27	2,07	0,73	1,83	1,44	0,70	4,04	4,40	1,95	1,53	1,41	0,65	3,95	3,81	0,68	6,97	7,18	0,78
Fe (%)	3,26	3,17	0,34	3,11	3,10	0,47	2,72	2,78	0,35	2,15	2,09	0,43	2,38	2,26	0,34	2,11	2,07	0,31	2,49	2,34	0,55
Mn (%)	0,12	0,11	0,02	0,16	0,15	0,04	0,17	0,14	0,10	0,06	0,06	0,02	0,11	0,10	0,03	0,09	0,08	0,03	0,13	0,13	0,04
Al (%)	5,70	5,76	0,57	5,47	5,49	0,73	4,98	5,11	0,54	5,32	4,91	1,19	5,58	5,56	0,50	4,29	4,38	0,57	4,46	4,43	0,65
As (mg.kg <sup>-1</sup> )	14,60	14,54	6,14	9,91	9,73	4,26	8,08	8,65	3,83	8,21	8,22	4,11	7,20	7,30	4,12	13,30	8,24	16,26	9,88	9,60	4,34
Cd (mg.kg <sup>-1</sup> )	0,91	0,80	0,66	0,75	0,77	0,40	0,64	0,72	0,40	0,50	0,47	0,44	0,43	0,51	0,32	0,68	0,66	0,51	0,72	0,84	0,45
Co (mg.kg <sup>-1</sup> )	12,01	12,13	2,44	13,36	11,74	4,91	11,27	10,57	3,43	9,05	8,55	2,51	9,52	9,26	1,91	8,74	8,82	2,07	9,44	9,20	3,60
Cr (mg.kg <sup>-1</sup> )	85,80	87,26	13,33	95,79	93,52	13,58	88,57	90,82	26,96	46,72	46,05	10,83	54,86	51,72	13,66	63,64	57,91	28,34	71,02	64,84	20,01
Cu (mg.kg <sup>-1</sup> )	53,40	58,16	13,74	32,60	33,00	7,27	30,82	29,00	8,47	14,72	15,02	5,96	19,96	18,27	12,20	24,36	20,66	12,52	55,03	34,55	36,91
Hg (mg.kg <sup>-1</sup> )	0,45	0,49	0,17	0,21	0,17	0,20	0,19	0,13	0,18	0,06	0,06	0,02	0,08	0,07	0,05	0,06	0,05	0,03	0,29	0,11	0,33
Ni (mg.kg <sup>-1</sup> )	40,98	42,13	4,99	41,22	40,81	7,17	33,88	34,00	5,84	19,41	18,89	4,15	29,41	27,00	8,66	28,11	26,65	6,57	35,50	34,28	7,02
Pb (mg.kg <sup>-1</sup> )	37,98	42,47	13,06	27,87	29,84	8,02	47,97	29,00	79,07	24,94	27,46	11,12	20,11	21,36	10,64	40,04	24,96	48,63	55,68	28,66	83,98
Sb (mg.kg <sup>-1</sup> )	3,23	1,20	7,35	0,54	0,79	0,51	0,45	0,50	0,40	0,69	0,70	0,59	0,82	0,50	0,89	0,47	0,60	0,41	0,88	1,04	0,71
Se (mg.kg <sup>-1</sup> )	0,59	0,62	0,39	0,51	0,51	0,37	0,39	0,43	0,24	0,33	0,22	0,31	0,32	0,20	0,25	0,31	0,20	0,24	0,41	0,35	0,27
Zn (mg.kg <sup>-1</sup> )	328,54	353,02	78,17	180,83	168,27	26,01	157,07	153,18	31,75	94,13	92,48	21,25	97,13	102,63	19,85	89,75	85,45	17,04	243,14	118,17	298,23
lokalita	12			13			14			15			19			20			23		
	x	med	s	x	med	s	x	med	s	x	med	s	x	med	s	x	med	s	x	med	s
strata sušením do 110 °C (%)	0,96	0,66	1,18	1,12	1,15	0,39	1,86	1,69	1,00	1,76	1,50	0,63	1,26	0,86	1,06	2,03	1,15	2,13	2,31	2,09	1,26
strata žihaním do 380 °C (%)	1,58	1,49	0,50	2,73	2,70	1,21	5,04	4,82	2,47	4,82	4,51	1,77	3,84	3,81	1,51	6,32	5,03	3,16	6,60	6,94	2,02
strata žihaním nad 380 °C (%)	11,16	11,55	0,97	10,73	10,38	1,72	8,04	7,58	3,06	5,34	5,19	1,24	4,47	4,60	0,88	6,44	6,48	1,02	3,25	3,05	0,95
Na (%)	0,89	0,90	0,07	0,86	0,86	0,09	0,84	0,86	0,15	0,92	0,92	0,10	1,50	1,54	0,17	1,20	1,19	0,15	1,11	1,11	0,20
K (%)	1,03	1,05	0,11	1,15	1,13	0,21	1,17	1,19	0,11	1,51	1,54	0,11	1,65	1,62	0,17	1,69	1,72	0,22	1,55	1,59	0,21
Mg (%)	2,06	2,06	0,11	2,12	2,08	0,33	1,05	0,98	0,24	1,05	1,06	0,08	1,51	1,52	0,33	1,92	1,83	0,25	0,88	0,88	0,04
Ca (%)	7,75	7,73	1,09	6,89	7,03	1,17	6,22	6,07	2,84	3,06	3,11	0,70	2,43	2,52	0,72	3,20	3,08	0,65	1,19	1,16	0,17
Fe (%)	1,69	1,63	0,31	2,19	2,00	0,46	2,59	2,60	0,48	2,73	2,71	0,28	2,78	2,65	0,32	2,92	2,79	0,54	3,61	3,54	0,64
Mn (%)	0,09	0,09	0,02	0,09	0,09	0,02	0,06	0,05	0,01	0,07	0,07	0,01	0,06	0,06	0,01	0,06	0,06	0,01	0,09	0,09	0,02
Al (%)	3,58	3,53	0,60	4,50	4,09	1,14	4,34	4,55	0,85	5,58	5,62	0,53	6,18	5,96	0,65	6,20	6,38	0,98	6,80	6,72	0,74
As (mg.kg <sup>-1</sup> )	7,10	6,67	3,17	9,77	9,95	4,21	45,78	41,69	41,54	25,72	24,59	12,68	23,19	25,70	11,91	34,79	35,93	15,73	12,43	11,18	7,21
Cd (mg.kg <sup>-1</sup> )	0,46	0,67	0,36	0,61	0,68	0,33	0,50	0,47	0,41	0,56	0,72	0,34	0,46	0,49	0,34	0,44	0,25	0,35	0,49	0,48	0,34
Co (mg.kg <sup>-1</sup> )	7,51	8,13	1,67	7,83	8,00	2,26	9,89	10,17	2,60	10,66	9,63	3,86	8,94	8,25	2,61	11,91	11,74	2,59	13,00	12,26	3,85
Cr (mg.kg <sup>-1</sup> )	51,25	42,37	37,74	65,37	60,15	28,75	45,99	45,54	12,34	105,33	94,71	35,82	56,74	55,12	11,92	59,06	54,15	14,15	83,53	71,06	44,15
Cu (mg.kg <sup>-1</sup> )	11,70	11,05	4,59	21,26	19,48	6,92	33,95	24,64	29,30	31,92	23,70	24,83	30,45	31,16	9,05	78,24	75,86	17,96	30,83	26,41	17,01
Hg (mg.kg <sup>-1</sup> )	0,07	0,06	0,03	0,62	0,56	0,38	24,50	8,72	40,70	3,34	3,21	1,93	0,08	0,08	0,03	0,67	0,26	1,35	0,44	0,27	0,55
Ni (mg.kg <sup>-1</sup> )	21,18	21,69	4,77	25,28	23,29	8,04	19,87	19,52	8,67	23,89	24,38	4,37	20,66	17,93	10,54	22,05	22,46	5,04	28,11	24,61	8,17
Pb (mg.kg <sup>-1</sup> )	14,62	16,19	7,16	23,84	23,01	9,19	25,48	27,49	11,51	23,30	24,78	9,90	32,01	33,05	10,66	53,30	53,47	23,28	69,88	63,64	37,27
Sb (mg.kg <sup>-1</sup> )	0,60	0,55	0,48	0,69	0,70	0,57	0,68	0,82	0,54	0,85	0,63	0,83	6,83	6,41	6,50	15,54	14,86	12,49	2,50	1,00	2,77
Se (mg.kg <sup>-1</sup> )	0,23	0,21	0,25	0,27	0,19	0,21	0,60	0,48	0,56	0,43	0,42	0,22	0,30	0,20	0,30	0,32	0,34	0,27	0,69	0,60	0,78
Zn (mg.kg <sup>-1</sup> )	59,59	61,00	9,88	117,04	107,91	37,88	133,68	115,39	60,85	127,18	115,52	27,59	133,57	129,16	18,12	218,19	206,47	59,91	366,95	368,77	104,49

Tab. X.4 pokračovanie

lokalita	24			25			26			27			28			29			30		
	x	med	s	x	med	s	x	med	s	x	med	s	x	med	s	x	med	s	x	med	s
strata sušením do 110 °C (%)	2,59	2,44	1,54	2,66	2,11	1,17	2,10	1,99	0,91	1,08	1,05	0,47	0,74	0,76	0,23	1,05	0,89	0,55	1,60	1,20	1,62
strata žihaním do 380 °C (%)	5,42	5,11	2,69	4,47	4,15	1,69	3,31	3,43	1,12	4,10	4,16	1,85	3,16	2,83	0,93	4,91	4,58	2,84	3,86	3,45	1,81
strata žihaním nad 380 °C (%)	2,89	3,00	0,83	2,31	2,16	0,72	2,20	1,99	0,76	2,57	2,67	0,71	6,17	6,57	1,18	3,26	3,30	0,57	4,59	4,41	1,20
Na (%)	0,95	0,90	0,14	0,97	0,99	0,09	1,05	1,05	0,11	1,71	1,70	0,20	1,71	1,82	0,21	1,08	1,03	0,10	1,44	1,51	0,22
K (%)	1,34	1,26	0,15	1,51	1,52	0,08	1,27	1,30	0,14	1,60	1,61	0,13	1,23	1,19	0,14	1,72	1,74	0,18	1,51	1,52	0,18
Mg (%)	0,70	0,70	0,06	0,67	0,66	0,07	0,77	0,75	0,11	0,95	0,97	0,08	2,55	2,69	0,63	0,80	0,74	0,21	1,21	1,23	0,19
Ca (%)	1,17	1,21	0,26	1,47	1,49	0,28	1,61	1,55	0,48	1,39	1,42	0,25	2,68	2,59	0,47	1,67	1,65	0,42	2,36	2,24	0,72
Fe (%)	3,51	3,35	0,37	3,60	3,50	0,49	3,91	3,95	0,69	2,96	2,97	0,15	3,12	3,18	0,39	3,72	3,78	0,50	2,63	2,53	0,47
Mn (%)	0,15	0,14	0,07	0,20	0,13	0,16	0,13	0,13	0,02	0,08	0,08	0,01	0,10	0,10	0,02	0,13	0,12	0,02	0,07	0,07	0,02
Al (%)	6,31	6,25	0,49	6,22	6,23	0,54	6,12	6,22	0,62	6,89	7,09	0,60	6,06	6,23	0,37	5,77	5,62	0,40	6,04	6,10	0,69
As (mg.kg <sup>-1</sup> )	8,36	7,23	6,29	16,20	15,19	10,46	7,20	8,10	3,78	11,15	12,68	5,61	10,03	10,99	4,62	35,73	36,24	17,27	9,34	9,26	4,56
Cd (mg.kg <sup>-1</sup> )	0,36	0,41	0,29	8,03	7,20	3,77	2,11	1,88	0,79	0,52	0,50	0,32	0,50	0,57	0,37	0,59	0,62	0,37	0,45	0,62	0,30
Co (mg.kg <sup>-1</sup> )	13,77	13,97	5,39	14,33	12,48	4,03	14,49	13,55	4,30	11,75	10,66	4,33	11,91	12,20	2,76	11,41	10,95	2,18	11,99	11,95	3,25
Cr (mg.kg <sup>-1</sup> )	58,52	56,85	11,74	48,02	47,79	8,00	49,39	51,49	9,61	58,78	59,07	7,14	54,76	55,11	11,92	62,23	59,26	19,15	62,58	61,65	15,43
Cu (mg.kg <sup>-1</sup> )	15,39	18,24	7,87	100,80	99,08	31,99	33,98	36,64	10,66	26,21	25,58	10,74	18,54	17,44	9,86	45,37	42,92	18,40	30,70	25,82	16,60
Hg (mg.kg <sup>-1</sup> )	0,08	0,07	0,03	0,13	0,13	0,06	0,08	0,07	0,03	0,18	0,10	0,20	0,10	0,06	0,10	0,80	0,52	0,71	0,20	0,19	0,11
Ni (mg.kg <sup>-1</sup> )	21,20	19,55	6,62	16,15	14,95	4,26	16,97	17,85	4,80	22,95	24,11	4,66	20,47	19,00	5,23	27,16	27,73	3,93	40,01	38,96	9,45
Pb (mg.kg <sup>-1</sup> )	23,57	22,51	10,57	463,92	453,00	211,96	107,22	106,79	43,25	25,99	30,10	10,14	27,54	26,84	9,84	33,97	31,75	12,60	30,75	30,09	11,19
Sb (mg.kg <sup>-1</sup> )	0,85	0,33	0,89	1,13	1,60	0,84	0,41	0,26	0,38	1,05	0,80	0,99	1,01	0,81	0,85	12,62	14,44	10,76	1,09	0,83	1,04
Se (mg.kg <sup>-1</sup> )	0,28	0,29	0,23	0,23	0,26	0,17	0,16	0,10	0,16	0,32	0,31	0,26	0,18	0,16	0,20	0,27	0,28	0,22	0,32	0,31	0,19
Zn (mg.kg <sup>-1</sup> )	127,46	137,63	31,07	1522,53	1351,32	721,92	441,09	434,78	68,74	125,17	118,77	26,99	93,65	91,47	13,47	151,47	163,60	45,14	161,55	144,91	52,21
lokalita	31			32			33			34			35			36			37		
	x	med	s	x	med	s	x	med	s	x	med	s	x	med	s	x	med	s	x	med	s
strata sušením do 110 °C (%)	1,17	1,03	0,83	1,14	0,63	1,33	1,85	1,86	0,74	0,80	0,75	0,40	1,54	1,22	1,51	1,71	1,77	0,59	1,22	1,06	0,61
strata žihaním do 380 °C (%)	2,87	2,47	1,10	2,77	2,72	1,23	8,38	9,01	3,41	1,87	1,76	0,85	2,56	2,27	1,66	3,75	4,13	1,53	2,43	2,29	0,97
strata žihaním nad 380 °C (%)	4,86	4,87	1,06	5,66	5,45	1,34	3,15	3,24	0,62	3,98	4,13	0,56	4,79	4,75	0,77	4,40	4,38	0,81	3,18	3,05	0,67
Na (%)	1,14	1,16	0,13	1,03	1,02	0,10	1,03	1,00	0,12	1,08	1,08	0,14	0,99	0,98	0,12	0,99	0,97	0,10	0,90	0,89	0,24
K (%)	1,48	1,46	0,16	1,41	1,34	0,22	2,19	2,13	0,35	1,37	1,35	0,13	1,48	1,41	0,20	1,54	1,51	0,21	1,39	1,35	0,23
Mg (%)	1,19	1,22	0,22	1,22	1,10	0,37	0,90	0,90	0,09	0,84	0,87	0,11	1,19	1,20	0,16	1,07	1,03	0,18	0,70	0,65	0,23
Ca (%)	2,55	2,53	0,56	2,56	2,65	0,45	0,71	0,63	0,20	2,34	2,31	0,60	2,39	2,33	0,41	2,31	2,45	0,49	1,61	1,42	0,52
Fe (%)	2,54	2,45	0,45	3,65	2,53	3,78	6,31	5,24	3,48	2,13	2,11	0,24	2,50	2,52	0,19	2,64	2,63	0,26	2,42	2,40	0,23
Mn (%)	0,08	0,08	0,02	0,11	0,08	0,10	0,14	0,14	0,04	0,07	0,07	0,01	0,08	0,08	0,01	0,09	0,09	0,02	0,07	0,06	0,01
Al (%)	5,37	5,22	0,63	4,89	4,75	0,92	7,53	7,81	1,09	4,73	4,80	0,36	4,85	4,82	0,76	5,41	5,24	0,89	4,82	4,50	0,92
As (mg.kg <sup>-1</sup> )	7,84	8,34	3,33	260,23	11,98	824,91	56,62	58,69	28,57	5,97	6,87	3,22	13,99	15,08	5,65	10,99	12,26	5,24	6,89	7,10	4,27
Cd (mg.kg <sup>-1</sup> )	0,34	0,20	0,29	0,97	0,56	1,61	0,76	0,91	0,49	0,47	0,52	0,31	0,55	0,60	0,28	0,56	0,59	0,32	0,29	0,29	0,24
Co (mg.kg <sup>-1</sup> )	10,38	10,00	3,08	15,20	9,95	15,31	27,81	26,22	7,06	10,48	10,02	3,47	10,66	9,74	3,45	11,00	11,81	2,67	12,19	11,84	3,21
Cr (mg.kg <sup>-1</sup> )	72,68	61,33	24,94	66,94	51,92	28,05	76,99	74,68	12,05	56,49	53,24	18,18	58,02	52,31	18,26	65,91	68,37	20,68	69,40	61,90	30,03
Cu (mg.kg <sup>-1</sup> )	19,76	19,92	7,84	212,22	54,51	514,49	304,85	330,20	72,78	21,52	17,99	19,88	38,93	39,07	8,11	29,83	29,44	11,84	20,75	22,00	6,40
Hg (mg.kg <sup>-1</sup> )	0,10	0,09	0,05	7,16	6,96	3,37	1,27	0,88	1,06	0,10	0,09	0,05	0,56	0,33	0,49	0,34	0,27	0,20	0,05	0,04	0,03
Ni (mg.kg <sup>-1</sup> )	38,57	36,99	10,29	30,31	27,00	12,88	33,99	33,66	7,26	27,30	27,55	3,96	33,19	34,00	5,07	30,91	29,66	7,44	39,07	40,70	12,60
Pb (mg.kg <sup>-1</sup> )	21,91	25,00	9,84	35,29	24,00	40,45	65,05	67,32	25,61	20,02	22,12	10,02	24,16	25,62	9,55	23,25	25,00	10,32	18,24	17,45	11,52
Sb (mg.kg <sup>-1</sup> )	0,61	0,55	0,49	6,15	4,18	7,18	29,84	31,04	17,96	0,82	0,54	0,83	2,15	2,34	1,84	1,48	1,60	1,23	0,42	0,11	0,45
Se (mg.kg <sup>-1</sup> )	0,35	0,43	0,22	0,23	0,23	0,17	0,44	0,55	0,39	0,24	0,32	0,19	0,25	0,18	0,27	0,29	0,33	0,24	0,30	0,29	0,29
Zn (mg.kg <sup>-1</sup> )	102,72	103,53	30,29	219,73	110,60	348,77	425,79	369,85	157,70	85,13	77,25	22,45	141,10	134,73	38,38	136,59	138,38	45,01	79,11	76,59	25,20

Tab. X.4 pokračovanie

lokalita	38			40			42			43			44			45			46		
	x	med	s	x	med	s	x	med	s	x	med	s	x	med	s	x	med	s	x	med	s
strata sušením do 110 °C (%)	1,82	1,72	0,72	2,68	2,28	1,26	1,53	1,41	0,70	1,94	1,37	1,10	1,92	1,90	0,31	2,47	2,23	1,19	0,21	0,20	0,14
strata žihaním do 380 °C (%)	3,05	2,95	0,75	4,20	3,66	1,36	2,74	2,73	0,95	4,62	4,18	1,40	4,58	4,60	0,85	4,30	4,03	0,70	0,63	0,68	0,42
strata žihaním nad 380 °C (%)	2,44	2,35	0,83	3,52	3,49	0,68	2,14	2,21	0,58	2,93	3,03	0,78	3,62	3,49	1,12	3,63	3,63	0,58	13,50	13,20	1,60
Na (%)	0,83	0,86	0,12	0,88	0,93	0,15	0,82	0,86	0,14	0,94	0,96	0,14	0,88	0,87	0,16	0,88	0,87	0,13	1,07	1,12	0,16
K (%)	1,43	1,42	0,14	1,78	1,79	0,20	1,15	1,17	0,19	1,60	1,60	0,27	2,15	2,10	0,33	1,91	1,90	0,19	0,99	1,12	0,21
Mg (%)	0,54	0,53	0,07	0,83	0,83	0,13	0,64	0,63	0,06	0,81	0,79	0,12	1,13	1,06	0,20	0,91	0,93	0,08	3,10	3,06	0,23
Ca (%)	1,01	1,01	0,31	1,53	1,55	0,24	0,88	0,86	0,24	0,81	0,80	0,20	1,07	1,02	0,31	1,02	1,11	0,16	7,70	8,46	2,57
Fe (%)	2,40	2,33	0,22	3,16	3,15	0,42	2,66	2,60	0,31	3,37	3,31	0,47	4,43	4,55	0,69	3,74	3,72	0,54	2,63	2,65	0,42
Mn (%)	0,09	0,08	0,02	0,10	0,10	0,02	0,08	0,07	0,03	0,06	0,06	0,03	0,15	0,15	0,02	0,10	0,10	0,02	0,08	0,07	0,03
Al (%)	4,65	4,72	0,42	6,13	5,97	0,69	4,38	4,40	0,71	6,15	6,33	0,72	7,92	7,56	0,91	6,87	7,13	0,79	4,03	4,19	0,73
As (mg.kg <sup>-1</sup> )	39,75	36,28	36,11	27,38	17,29	19,26	6,19	6,29	2,50	7,93	8,82	3,42	12,79	12,47	6,49	15,55	13,09	10,48	5,00	4,54	2,91
Cd (mg.kg <sup>-1</sup> )	0,30	0,25	0,28	0,43	0,50	0,26	0,56	0,32	0,80	0,45	0,56	0,33	0,62	0,63	0,41	0,55	0,59	0,29	0,52	0,48	0,48
Co (mg.kg <sup>-1</sup> )	11,35	10,43	2,88	12,27	12,09	3,01	10,12	10,90	2,63	12,13	11,46	3,55	18,31	20,04	4,28	15,37	14,51	3,37	8,92	10,19	2,87
Cr (mg.kg <sup>-1</sup> )	66,08	54,53	27,07	81,25	76,76	18,68	62,31	59,42	15,80	74,78	76,37	9,01	107,80	107,44	17,29	90,79	91,19	11,60	53,71	55,27	8,94
Cu (mg.kg <sup>-1</sup> )	24,08	17,51	24,03	23,25	24,91	7,59	24,85	22,69	13,55	28,68	27,09	10,08	38,76	36,08	11,42	32,15	34,81	5,14	17,24	16,42	7,07
Hg (mg.kg <sup>-1</sup> )	0,07	0,06	0,03	0,14	0,09	0,13	0,19	0,09	0,33	0,10	0,08	0,05	0,10	0,08	0,04	0,11	0,09	0,10	0,10	0,07	0,08
Ni (mg.kg <sup>-1</sup> )	32,74	33,25	4,75	43,78	46,03	8,47	32,48	32,55	7,40	36,50	34,73	6,87	54,40	55,28	8,39	46,57	47,76	7,84	22,93	21,23	6,47
Pb (mg.kg <sup>-1</sup> )	17,96	20,05	6,11	23,16	24,23	6,46	21,71	19,71	13,02	24,51	22,00	11,23	26,49	29,22	10,52	24,28	25,10	9,26	19,23	18,65	10,86
Sb (mg.kg <sup>-1</sup> )	0,50	0,57	0,45	0,79	0,50	1,32	0,58	0,64	0,51	0,57	0,45	0,65	0,49	0,60	0,39	1,04	0,50	2,04	0,25	0,21	0,22
Se (mg.kg <sup>-1</sup> )	0,33	0,31	0,24	0,32	0,33	0,24	0,37	0,46	0,26	0,42	0,50	0,28	0,45	0,43	0,36	0,38	0,44	0,26	0,15	0,14	0,15
Zn (mg.kg <sup>-1</sup> )	79,09	80,19	19,90	115,27	121,19	21,47	104,57	99,00	22,46	115,87	110,27	28,84	139,99	146,93	17,64	119,52	120,75	17,32	73,93	73,46	24,21
lokalita	47			48			49			50			51			52			53		
	x	med	s	x	med	s	x	med	s	x	med	s	x	med	s	x	med	s	x	med	s
strata sušením do 110 °C (%)	0,84	0,53	0,91	1,49	1,63	0,29	1,48	1,37	0,36	2,14	1,93	0,59	0,69	0,64	0,17	1,51	1,34	0,76	1,79	1,86	0,46
strata žihaním do 380 °C (%)	1,41	1,42	0,84	6,89	6,89	3,51	5,43	5,43	2,57	6,39	6,39	2,77	5,88	5,88	4,21	4,47	4,47	0,08	6,66	6,66	4,12
strata žihaním nad 380 °C (%)	11,67	12,66	3,20	10,95	10,95	0,36	7,68	7,68	3,56	4,52	4,52	1,57	5,44	5,44	0,12	3,94	3,94	0,08	3,33	3,33	0,33
Na (%)	1,02	0,95	0,18	0,94	0,87	0,20	0,71	0,78	0,12	0,72	0,63	0,23	1,58	1,63	0,27	1,13	1,11	0,05	1,00	0,96	0,08
K (%)	1,09	1,04	0,22	1,49	1,51	0,20	1,38	1,39	0,13	1,57	1,61	0,17	1,82	1,80	0,10	1,54	1,52	0,10	1,55	1,54	0,09
Mg (%)	2,66	2,80	0,66	2,01	2,04	0,51	1,44	1,62	0,45	1,00	0,96	0,11	1,68	1,69	0,02	1,45	1,46	0,15	1,04	1,05	0,04
Ca (%)	7,75	7,95	2,26	6,64	7,47	1,90	6,51	6,64	3,24	3,39	3,24	1,85	2,68	2,63	0,13	2,36	2,46	0,32	2,07	1,79	0,73
Fe (%)	2,72	2,77	0,59	2,82	2,76	0,12	2,37	2,51	0,32	3,00	3,03	0,42	2,16	2,17	0,06	3,61	3,36	0,56	3,40	3,39	0,22
Mn (%)	0,10	0,09	0,03	0,11	0,10	0,04	0,07	0,08	0,02	0,10	0,06	0,07	0,05	0,05	0,00	0,10	0,09	0,02	0,12	0,12	0,00
Al (%)	4,31	4,20	0,79	5,47	5,32	0,69	4,50	4,55	0,31	5,88	5,75	0,49	6,17	6,41	0,84	6,47	6,69	0,64	6,46	6,64	0,39
As (mg.kg <sup>-1</sup> )	8,63	7,14	8,47	15,15	12,55	5,72	8,85	9,20	1,68	23,76	24,90	2,27	9,33	8,86	2,50	41,64	36,18	11,41	34,31	35,25	12,66
Cd (mg.kg <sup>-1</sup> )	0,70	0,79	0,44	0,87	1,20	0,58	0,66	0,77	0,42	0,70	0,72	0,19	0,68	0,92	0,69	1,43	1,47	0,31	1,32	1,41	0,68
Co (mg.kg <sup>-1</sup> )	9,96	10,08	3,94	11,73	13,29	3,25	9,66	10,45	1,44	11,04	10,91	2,10	7,10	6,00	2,58	14,58	13,59	3,18	12,87	13,31	2,68
Cr (mg.kg <sup>-1</sup> )	63,63	59,62	17,83	94,74	75,82	43,04	75,26	73,52	23,91	97,20	86,11	19,75	43,75	44,73	2,41	54,17	56,00	4,74	66,39	68,07	11,54
Cu (mg.kg <sup>-1</sup> )	18,07	18,91	9,28	32,94	35,76	6,92	30,21	33,00	5,83	39,45	40,14	2,96	13,35	12,84	3,64	78,73	77,00	10,50	50,04	51,59	18,32
Hg (mg.kg <sup>-1</sup> )	0,15	0,11	0,10	0,11	0,11	0,07	0,11	0,09	0,08	2,30	1,97	0,79	0,07	0,03	0,08	0,31	0,22	0,21	0,25	0,31	0,12
Ni (mg.kg <sup>-1</sup> )	22,47	22,60	4,28	32,14	32,10	2,85	33,91	32,08	3,55	28,17	30,00	5,68	15,49	18,22	6,57	19,93	19,77	4,01	23,49	23,77	2,36
Pb (mg.kg <sup>-1</sup> )	38,22	34,46	28,44	47,50	42,36	10,88	30,57	31,68	2,23	27,97	27,57	2,85	27,86	25,76	4,30	72,85	73,89	1,89	44,63	49,72	9,21
Sb (mg.kg <sup>-1</sup> )	0,51	0,54	0,33	3,22	3,60	1,66	1,13	1,20	0,45	1,20	1,13	0,53	1,57	1,00	1,06	8,42	7,81	5,70	6,07	4,80	2,54
Se (mg.kg <sup>-1</sup> )	0,19	0,18	0,16	0,51	0,52	0,21	0,47	0,48	0,26	0,67	0,82	0,32	0,20	0,20	0,30	0,17	0,26	0,24	0,32	0,45	0,38
Zn (mg.kg <sup>-1</sup> )	119,49	106,74	61,31	140,93	130,00	22,25	120,56	125,00	32,97	163,75	174,26	20,63	98,98	90,28	33,19	453,69	451,36	57,89	437,43	442,54	200,92

Tab. X.4 pokračovanie

lokality	54			55			56			57			58			59		
	x	med	s	x	med	s	x	med	s	x	med	s	x	med	s	x	med	s
strata sušením do 110 °C (%)	0,83	0,97	0,31	1,05	1,11	0,11	1,54	1,48	0,17	1,77	1,65	0,73	1,60	1,89	1,08	1,46	1,47	0,10
strata žihaním do 380 °C (%)	2,58	2,58	0,01	1,73	1,73	0,63	4,05	4,05	1,01	6,64	6,64	1,80	4,01	4,01	2,43	4,07	4,07	0,39
strata žihaním nad 380 °C (%)	3,74	3,74	0,14	3,49	3,49	1,16	6,10	6,10	0,66	15,20	15,20	0,31	7,26	7,26	3,79	7,70	7,70	0,34
Na (%)	1,19	1,25	0,11	0,99	0,98	0,05	0,80	0,80	0,07	0,85	0,77	0,19	0,62	0,65	0,07	0,98	1,02	0,07
K (%)	1,51	1,44	0,14	1,38	1,42	0,08	1,60	1,63	0,07	1,09	1,11	0,20	1,25	1,32	0,37	1,46	1,44	0,11
Mg (%)	0,81	0,82	0,07	0,85	0,97	0,21	0,86	0,84	0,06	3,09	3,26	0,42	0,71	0,74	0,19	1,10	1,23	0,23
Ca (%)	1,77	1,87	0,18	1,89	2,08	0,45	3,81	3,91	0,23	9,63	9,55	1,30	5,67	6,53	2,55	4,63	4,69	0,55
Fe (%)	2,34	2,20	0,30	2,69	2,85	0,35	2,73	2,87	0,44	2,90	3,00	0,31	2,49	2,51	0,86	2,56	2,61	0,10
Mn (%)	0,06	0,06	0,00	0,08	0,08	0,01	0,10	0,10	0,00	0,06	0,05	0,02	0,09	0,06	0,07	0,13	0,13	0,04
Al (%)	5,43	5,29	0,44	4,81	4,71	0,41	4,89	5,04	0,44	4,89	5,01	0,38	4,35	5,06	1,68	5,22	5,26	0,21
As (mg.kg <sup>-1</sup> )	8,34	8,80	1,86	7,73	7,18	1,30	9,24	9,64	1,89	9,66	10,30	1,94	6,81	6,10	1,65	14,11	10,80	6,36
Cd (mg.kg <sup>-1</sup> )	0,46	0,68	0,48	0,39	0,49	0,45	0,60	0,69	0,36	1,01	1,18	0,64	0,60	0,61	0,29	0,81	0,96	0,65
Co (mg.kg <sup>-1</sup> )	10,35	10,00	0,74	10,59	11,00	2,08	8,59	8,00	1,74	11,04	12,38	2,63	9,46	9,94	1,82	8,24	7,00	2,42
Cr (mg.kg <sup>-1</sup> )	79,52	68,47	28,61	70,10	72,88	18,44	77,71	59,62	31,43	71,77	62,93	18,48	76,64	65,73	39,07	62,51	65,35	13,14
Cu (mg.kg <sup>-1</sup> )	22,08	21,86	7,19	26,28	24,00	9,26	28,34	30,00	3,35	43,28	48,00	10,20	37,21	34,87	5,97	26,59	25,64	2,22
Hg (mg.kg <sup>-1</sup> )	0,04	0,05	0,01	0,03	0,03	0,01	0,19	0,09	0,21	0,23	0,28	0,14	0,15	0,09	0,14	0,05	0,05	0,03
Ni (mg.kg <sup>-1</sup> )	33,63	33,00	2,78	35,11	37,68	7,52	35,00	37,00	5,42	31,83	29,98	3,62	41,96	42,45	18,29	25,47	24,00	3,36
Pb (mg.kg <sup>-1</sup> )	19,45	19,26	1,56	18,87	18,03	1,86	26,18	26,00	7,13	39,30	40,00	4,70	27,06	29,94	10,68	24,79	20,94	7,11
Sb (mg.kg <sup>-1</sup> )	1,02	0,83	0,45	0,71	0,65	0,15	0,83	0,88	0,11	0,95	1,10	0,29	0,66	0,70	0,07	0,84	0,74	0,21
Se (mg.kg <sup>-1</sup> )	0,16	0,29	0,23	0,17	0,04	0,35	0,43	0,20	0,55	0,53	0,70	0,44	0,34	0,30	0,10	0,49	0,61	0,35
Zn (mg.kg <sup>-1</sup> )	74,16	74,87	16,81	72,13	71,00	10,98	315,90	323,43	84,12	186,32	187,17	49,11	135,15	128,57	51,87	118,92	112,00	26,48
lokality	monitoring - celý súbor (údaje 1996-2006)						Geochemický atlas											
	x	med	s	x	med	s												
strata sušením do 110 °C (%)	1,62	1,34	1,18	-	-	-												
strata žihaním do 380 °C (%)	3,94	3,52	2,21	-	-	-												
strata žihaním nad 380 °C (%)	5,53	4,27	3,51	-	-	-												
Na (%)	1,04	0,99	0,29	0,94	0,87	0,40												
K (%)	1,47	1,46	0,31	1,54	1,51	0,40												
Mg (%)	1,30	1,00	0,73	1,13	0,82	1,03												
Ca (%)	3,13	2,29	2,47	3,06	1,69	3,61												
Fe (%)	2,90	2,73	1,12	2,86	2,65	1,20												
Mn (%)	0,10	0,09	0,05	0,10	0,08	0,11												
Al (%)	5,44	5,41	1,19	5,76	5,68	1,43												
As (mg.kg <sup>-1</sup> )	20,81	10,13	121,36	10,75	6,00	48,93												
Cd (mg.kg <sup>-1</sup> )	0,78	0,60	1,34	0,34	0,10	2,04												
Co (mg.kg <sup>-1</sup> )	11,59	10,87	5,00	8,87	8,00	5,41												
Cr (mg.kg <sup>-1</sup> )	67,79	60,36	26,02	79,37	70,00	94,64												
Cu (mg.kg <sup>-1</sup> )	40,95	26,90	88,84	31,99	20,00	132,54												
Hg (mg.kg <sup>-1</sup> )	1,00	0,11	6,75	0,30	0,08	3,31												
Ni (mg.kg <sup>-1</sup> )	29,48	27,60	11,16	26,76	23,00	35,13												
Pb (mg.kg <sup>-1</sup> )	41,77	26,85	76,44	20,35	14,00	55,53												
Sb (mg.kg <sup>-1</sup> )	2,67	0,70	6,81	3,28	0,50	49,56												
Se (mg.kg <sup>-1</sup> )	0,34	0,30	0,30	0,31	0,20	0,56												
Zn (mg.kg <sup>-1</sup> )	194,00	122,44	262,65	115,79	79,00	236,47												

**Tab. X.5** Koeficient časovej a plošnej variability vyjadrený v % (zvýraznené sú hodnoty časovej variability vyššie ako priemerná hodnota + štandardná odchýlka)

číslo monitorovanej lokality	koeficienty časovej variability																				
	110	380	900	Na	K	Mg	Ca	Fe	Mn	Al	As	Cd	Co	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Sb	Se	Zn
1	<b>91</b>	23	7	10	9	7	10	11	19	10	42	72	20	16	26	37	12	34	<b>228</b>	66	24
2	50	21	18	11	9	17	32	15	27	13	43	54	37	14	22	95	17	29	94	73	14
3	61	17	20	8	7	7	<b>38</b>	13	<b>57</b>	11	47	62	30	30	27	95	17	<b>165</b>	88	61	20
5	82	<b>55</b>	<b>45</b>	<b>23</b>	15	<b>40</b>	<b>48</b>	20	39	<b>22</b>	50	89	28	23	41	36	21	45	86	96	23
6	66	48	<b>39</b>	8	15	<b>27</b>	<b>42</b>	14	26	9	57	74	20	25	61	66	29	53	108	78	20
8	31	38	12	7	13	11	17	15	30	13	<b>122</b>	75	24	<b>45</b>	51	55	23	<b>121</b>	87	78	19
11	56	31	12	9	11	15	11	22	27	15	44	63	38	28	67	114	20	<b>151</b>	80	67	<b>123</b>
12	<b>123</b>	32	9	8	11	5	14	19	22	17	45	78	22	<b>74</b>	39	40	23	49	80	<b>106</b>	17
13	35	44	16	11	<b>18</b>	16	17	21	25	<b>25</b>	43	54	29	<b>44</b>	33	61	32	39	83	76	32
14	54	49	<b>38</b>	<b>18</b>	9	23	<b>46</b>	18	24	<b>20</b>	91	83	26	27	86	<b>166</b>	<b>44</b>	45	79	93	46
15	36	37	23	11	7	8	23	10	21	9	49	61	36	34	78	58	18	42	97	53	22
19	84	39	20	11	11	22	30	12	23	11	51	75	29	21	30	35	<b>51</b>	33	95	<b>103</b>	14
20	<b>105</b>	50	16	13	13	13	20	18	13	16	45	79	22	24	23	<b>200</b>	23	44	80	84	27
23	55	31	29	<b>18</b>	13	5	14	18	25	11	58	69	30	<b>53</b>	55	<b>126</b>	29	53	111	<b>114</b>	28
24	60	50	29	15	11	8	22	10	45	8	75	80	39	20	51	42	31	45	105	83	24
25	44	38	31	9	5	10	19	14	<b>81</b>	9	65	47	28	17	32	42	26	46	75	77	47
26	44	34	<b>35</b>	10	11	14	29	18	20	10	53	37	30	19	31	39	28	40	94	<b>103</b>	16
27	43	45	28	12	8	9	18	5	19	9	50	61	37	12	41	111	20	39	94	81	22
28	31	29	19	12	11	<b>25</b>	18	12	18	6	46	75	23	22	53	103	26	36	84	<b>107</b>	14
29	53	<b>58</b>	17	10	10	<b>26</b>	25	14	15	7	48	63	19	31	41	88	14	37	85	84	30
30	<b>101</b>	47	26	15	12	16	31	18	25	11	49	67	27	25	54	57	24	36	96	59	32
31	71	38	22	11	11	18	22	18	26	12	43	83	30	34	40	45	27	45	80	62	29
32	<b>117</b>	44	24	10	<b>16</b>	<b>31</b>	18	<b>103</b>	<b>87</b>	<b>19</b>	<b>317</b>	<b>165</b>	<b>101</b>	<b>42</b>	<b>242</b>	47	<b>42</b>	<b>115</b>	117	72	<b>159</b>
33	40	41	20	12	<b>16</b>	9	28	<b>55</b>	28	14	50	65	25	16	24	83	21	39	60	89	37
34	50	45	14	13	9	13	26	11	17	8	54	66	33	32	<b>92</b>	48	15	50	101	79	26
35	<b>98</b>	<b>65</b>	16	12	14	14	17	8	14	16	40	51	32	31	21	88	15	40	85	<b>105</b>	27
36	34	41	18	10	14	17	21	10	20	16	48	57	24	31	40	58	24	44	83	82	33
37	50	40	21	<b>26</b>	<b>17</b>	<b>32</b>	32	10	16	<b>19</b>	62	82	26	<b>43</b>	31	51	32	63	108	<b>98</b>	32
38	39	25	<b>34</b>	15	10	12	30	9	20	9	91	93	25	41	<b>100</b>	50	15	34	89	72	25
40	47	32	19	17	11	16	15	13	16	11	70	61	25	23	33	93	19	28	<b>168</b>	74	19
42	46	35	27	<b>17</b>	<b>17</b>	10	28	12	40	16	40	<b>143</b>	26	25	55	<b>173</b>	23	60	88	72	21
43	57	30	27	15	<b>17</b>	15	25	14	<b>51</b>	12	43	74	29	12	35	56	19	46	115	66	25
44	16	19	31	<b>18</b>	15	18	29	15	17	12	51	67	23	16	29	45	15	40	80	79	13
45	48	16	16	15	10	9	16	15	19	12	67	53	22	13	16	85	17	38	<b>197</b>	67	14
46	66	<b>67</b>	12	15	<b>22</b>	7	<b>33</b>	16	36	18	58	93	32	17	41	87	28	56	89	97	33
47	<b>109</b>	<b>60</b>	27	<b>17</b>	<b>20</b>	<b>25</b>	29	22	26	18	98	63	40	28	51	71	19	74	65	87	51
priemerná hodnota koeficientu časovej variability	61	39	23	13	12	16	25	18	29	13	64	73	30	28	50	76	24	54	99	82	32
štandardná odchýlka koeficientu časovej variability	27	13	9	4	4	8	9	17	17	5	47	24	13	13	39	40	9	32	34	15	29
koeficient plošnej variability	73	56	64	28	21	56	79	39	54	22	583	171	43	38	217	677	38	183	255	89	135

Pozn.: 110-strata sušením do 110 °C; 380-strata žíhaním do 380 °C; 900-strata žíhaním nad 380 °C

Tab. X.6 Lokality s najvyššími a najnižšími koncentraciami stanovovaných parametrov

	ID	Na	ID	K	ID	Mg	ID	Ca	ID	Fe	ID	Mn	ID	Al
	%													
najvyššie hodnoty mediánu	28	1,82	33	2,13	57	3,26	57	9,55	33	5,24	2	0,15	33	7,81
	27	1,70	44	2,10	46	3,06	46	8,46	44	4,55	44	0,15	44	7,56
	51	1,63	45	1,90	5	2,89	47	7,95	26	3,95	24	0,14	45	7,13
	19	1,54	51	1,80	47	2,80	12	7,73	29	3,78	3	0,14	27	7,09
	30	1,51	40	1,79	28	2,69	48	7,47	45	3,72	33	0,14	23	6,72
	6	1,43	29	1,74	1	2,32	1	7,40	23	3,54	11	0,13	52	6,69
	54	1,25	20	1,72	13	2,08	11	7,18	25	3,50	25	0,13	53	6,64
	5	1,23	2	1,66	12	2,06	13	7,03	53	3,39	59	0,13	51	6,41
	20	1,19	56	1,63	48	2,04	49	6,64	52	3,36	26	0,13	20	6,38
	31	1,16	19	1,62	11	2,02	58	6,53	24	3,35	29	0,12	43	6,33
	<b>0,99</b>		<b>1,46</b>		<b>1,00</b>		<b>2,29</b>		<b>2,73</b>		<b>0,09</b>		<b>5,41</b>	
najnižšie hodnoty mediánu	14	0,86	11	1,25	43	0,79	37	1,42	11	2,34	37	0,06	49	4,55
	3	0,85	14	1,19	26	0,75	6	1,41	38	2,33	50	0,06	14	4,55
	56	0,80	28	1,19	29	0,74	24	1,21	6	2,26	20	0,06	37	4,50
	2	0,78	42	1,17	58	0,74	23	1,16	54	2,20	58	0,06	11	4,43
	49	0,78	13	1,13	24	0,70	45	1,11	51	2,17	43	0,06	42	4,40
	57	0,77	46	1,12	3	0,67	44	1,02	34	2,11	19	0,06	8	4,38
	11	0,73	57	1,11	25	0,66	38	1,01	5	2,09	5	0,06	47	4,20
	1	0,71	8	1,06	37	0,65	42	0,86	8	2,07	57	0,05	46	4,19
	58	0,65	12	1,05	42	0,63	43	0,80	13	2,00	51	0,05	13	4,09
	50	0,63	47	1,04	38	0,53	33	0,63	12	1,63	14	0,05	12	3,53

	ID	As	ID	Cd	ID	Co	ID	Cr	ID	Cu	ID	Hg	ID	Ni	ID	Pb	ID	Sb	ID	Se	ID	Zn
	mg.kg <sup>-1</sup>																					
najvyššie hodnoty mediánu	33	58,69	25	7,20	33	26,22	44	107,44	33	330,20	14	8,72	44	55,28	25	453,00	33	31,04	50	0,82	25	1351,32
	14	41,69	26	1,88	44	20,04	15	94,71	25	99,08	32	6,96	45	47,76	26	106,79	20	14,86	57	0,70	52	451,36
	38	36,28	52	1,47	45	14,51	2	93,52	52	77,00	15	3,21	40	46,03	52	73,89	29	14,44	1	0,62	53	442,54
	29	36,24	53	1,41	24	13,97	45	91,19	20	75,86	50	1,97	58	42,45	33	67,32	52	7,81	59	0,61	26	434,78
	52	36,18	48	1,20	52	13,59	3	90,82	1	58,16	33	0,88	1	42,13	23	63,64	19	6,41	23	0,60	33	369,85
	20	35,93	57	1,18	26	13,55	1	87,26	32	54,51	13	0,56	2	40,81	20	53,47	53	4,80	33	0,55	23	368,77
	53	35,25	59	0,96	53	13,31	50	86,11	53	51,59	29	0,52	37	40,70	53	49,72	32	4,18	48	0,52	1	353,02
	19	25,70	51	0,92	48	13,29	40	76,76	57	48,00	1	0,49	30	38,96	1	42,47	48	3,60	2	0,51	56	323,43
	50	24,90	33	0,91	25	12,48	43	76,37	29	42,92	35	0,33	55	37,68	48	42,36	35	2,34	43	0,50	20	206,47
	15	24,59	11	0,84	57	12,38	48	75,82	50	40,14	53	0,31	56	37,00	57	40,00	36	1,60	14	0,48	57	187,17
	<b>10,13</b>		<b>0,60</b>		<b>10,87</b>		<b>60,36</b>		<b>26,90</b>		<b>0,11</b>		<b>27,60</b>		<b>26,85</b>		<b>0,70</b>		<b>0,30</b>		<b>122,44</b>	
najnižšie hodnoty mediánu	6	7,30	23	0,48	6	9,26	34	53,24	47	18,91	12	0,06	46	21,23	43	22,00	34	0,54	6	0,20	28	91,47
	24	7,23	46	0,48	11	9,20	35	52,31	6	18,27	5	0,06	52	19,77	6	21,36	6	0,50	56	0,20	51	90,28
	55	7,18	14	0,47	8	8,82	32	51,92	24	18,24	28	0,06	24	19,55	59	20,94	40	0,50	19	0,20	8	85,45
	47	7,14	5	0,47	5	8,55	6	51,72	34	17,99	38	0,06	14	19,52	38	20,05	3	0,50	13	0,19	38	80,19
	37	7,10	24	0,41	19	8,25	26	51,49	38	17,51	8	0,05	28	19,00	42	19,71	45	0,50	47	0,18	34	77,25
	34	6,87	42	0,32	12	8,13	25	47,79	28	17,44	59	0,05	5	18,89	54	19,26	43	0,45	35	0,18	37	76,59
	12	6,67	37	0,29	13	8,00	5	46,05	46	16,42	54	0,05	51	18,22	46	18,65	24	0,33	28	0,16	54	74,87
	42	6,29	38	0,25	56	8,00	14	45,54	5	15,02	37	0,04	19	17,93	55	18,03	26	0,26	46	0,14	46	73,46
	58	6,10	20	0,25	59	7,00	51	44,73	51	12,84	55	0,03	26	17,85	37	17,45	46	0,21	26	0,10	55	71,00
	46	4,54	31	0,20	51	6,00	12	42,37	12	11,05	51	0,03	25	14,95	12	16,19	37	0,11	55	0,04	12	61,00

Pozn.: ID – poradové číslo lokality, hodnoty v strede tabuliek reprezentujú mediány koncentrácie zo všetkých monitorovaných pozorovaní

### **Porovnanie výsledkov monitoringu so základnou (baseline) distribúciou**

**Základná (baseline) koncentrácia** reprezentuje obvyklú koncentráciu látky identifikovanú v určitom čase, napr. na začiatku monitorovacieho cyklu, počas pozorovania alebo na konci monitorovacieho cyklu (Rice, 1999). Porovnanie výsledkov monitoringu so základnou (baseline) distribúciou je vyjadrením pomeru hodnôt mediánu koncentrácií stanovovaných parametrov na monitorovaných lokalitách k hodnotám mediánu jednotlivých ukazovateľov vypočítaných pre vzorky Geochemického atlasu riečnych sedimentov (Bodiš - Rapant, 1999), ktoré v tomto prípade reprezentujú základnú distribúciu prvkov z obdobia prvej polovice 90-tych rokov minulého storočia. Porovnanie distribúcií je vyjadrené v percentách pomocou **indexu obohatenia, resp. ochudobnenia  $I_r$** . Vypočítané hodnoty indexu  $I_r$  sumarizuje tab. X.7. Slabým odtieňom šedej farby sú vyjadrené výrazne vyššie hodnoty tohto pomeru pre jednotlivé monitorované lokality ( $I_r \geq 140\%$ ), resp. silnejším odtieňom šedej farby výrazne nižšie hodnoty ( $I_r \leq 80\%$ ).

Z výsledkov porovnania mediánov vyplýva, že koncentrácie stanovovaných prvkov vo vzorkách monitoringu (najmä v prípade stopových prvkov) sú zvyčajne výrazne vyššie, ako príslušný medián hodnôt vo vzorkách riečnych sedimentov Geochemického atlasu. Mierne „ochudobnenie“ koncentrácií prvkov v monitorovaných vzorkách voči vzorkám Geochemického atlasu bolo sledované len v prípade prvkov chróm, hliník a draslík.

Naznačené rozdiely v distribúcii sledovaných látok v hodnotených štatistických súboroch sú spôsobené najmä rôznym dizajnom vzorkovania a rôznou hustotou informácie. Vzorky riečnych sedimentov Geochemického atlasu reprezentujú viac ako 24000 jednorazových pozorovaní s veľkou štatistickou hustotou informácie (1 vzorka na 2 km<sup>2</sup>) pokrývajúcou prakticky celé územie Slovenska. Distribúcie analyzovaných prvkov odrážajú na jednej strane prírodné pozadové koncentrácie látok v prírodnom systéme, na druhej strane môžu byť odrazom antropogénnej činnosti. Monitorované lokality sú situované prakticky na hlavných tokoch, štatistická hustota informácie je podstatne nižšia a distribúcie prvkov vzhľadom k polohe lokalít sú pravdepodobne vo väčšej miere aj odrazom antropogénne podmienených aktivít v príslušnej oblasti ovplyvňujúcej formovanie chemického zloženia riečnych sedimentov (odrazom sú vyššie koncentrácie väčšiny prvkov).

Tab. X.7 Index obohatenia (ochudobnenia) prvkov monitorovaných lokalít voči hodnotám z Geochemického atlasu

ID lokalita	I <sub>r</sub> - hlavné prvky (%)							I <sub>r</sub> - stopové prvky (mg.kg <sup>-1</sup> )										
	Na	K	Mg	Ca	Fe	Mn	Al	As	Cd	Co	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Sb	Se	Zn
všetky lokality	113	97	122	136	103	111	95	169	600	136	86	135	137	120	192	140	152	155
1	81	107	283	438	120	147	101	242	800	152	125	291	617	183	303	240	311	447
2	90	110	108	123	117	197	97	162	772	147	134	165	212	177	213	157	253	213
3	98	102	82	85	105	179	90	144	718	132	130	145	161	148	207	100	217	194
5	141	104	352	260	79	71	86	137	474	107	66	75	72	82	196	140	111	117
6	165	96	102	83	85	129	98	122	509	116	74	91	89	117	153	101	100	130
8	113	70	143	225	78	109	77	137	665	110	83	103	69	116	178	120	100	108
11	84	83	246	425	88	174	78	160	839	115	93	173	135	149	205	209	176	150
12	104	69	252	457	61	111	62	111	665	102	61	55	81	94	116	109	103	77
13	99	75	253	416	76	111	72	166	682	100	86	97	695	101	164	140	94	137
14	98	79	119	359	98	64	80	695	474	127	65	123	10902	85	196	164	241	146
15	106	102	130	184	102	86	99	410	718	120	135	118	4013	106	177	126	210	146
19	177	107	186	149	100	73	105	428	492	103	79	156	99	78	236	1281	98	163
20	136	114	223	182	105	80	112	599	246	147	77	379	327	98	382	2972	168	261
23	128	105	108	68	134	114	118	186	485	153	102	132	344	107	455	200	299	467
24	103	84	86	71	126	180	110	120	414	175	81	91	92	85	161	67	147	174
25	113	101	80	88	132	168	110	253	7198	156	68	495	161	65	3236	320	131	1711
26	121	86	91	92	149	166	110	135	1876	169	74	183	93	78	763	52	51	550
27	196	107	118	84	112	103	125	211	499	133	84	128	130	105	215	160	155	150
28	209	79	329	153	120	123	110	183	575	153	79	87	72	83	192	163	78	116
29	119	115	91	98	143	160	99	604	622	137	85	215	647	121	227	2889	142	207
30	174	101	149	132	95	86	107	154	624	149	88	129	235	169	215	167	154	183
31	133	96	149	150	92	101	92	139	197	125	88	100	113	161	179	111	214	131
32	117	89	135	157	96	98	84	200	560	124	74	273	8705	117	171	835	117	140
33	115	141	110	37	198	176	138	978	910	328	107	1651	1094	146	481	6209	277	468
34	124	90	106	137	80	90	85	115	522	125	76	90	117	120	158	107	161	98
35	113	93	146	138	95	104	85	251	598	122	75	195	415	148	183	468	89	171
36	111	100	126	145	99	112	92	204	586	148	98	147	332	129	179	320	164	175
37	102	89	79	84	90	83	79	118	292	148	88	110	52	177	125	22	143	97
38	99	94	65	60	88	109	83	605	255	130	78	88	69	145	143	114	153	102
40	107	119	102	92	119	128	105	288	497	151	110	125	118	200	173	100	164	153
42	99	78	77	51	98	89	77	105	325	136	85	113	112	142	141	129	231	125
43	111	106	97	47	125	74	111	147	561	143	109	135	102	151	157	91	250	140
44	100	139	130	60	172	191	133	208	635	251	153	180	99	240	209	120	215	186
45	100	126	113	66	140	131	125	218	591	181	130	174	108	208	179	100	218	153
46	129	74	373	501	100	91	74	76	482	127	79	82	92	133	42	69	93	
47	109	69	342	471	105	122	74	119	785	126	85	95	134	98	246	108	89	135
48	100	100	249	442	104	124	94	209	1202	166	108	179	138	140	303	720	260	165
49	90	92	197	393	95	104	80	153	769	131	105	165	113	139	226	240	240	158
50	72	107	117	192	114	80	101	415	719	136	123	201	2458	130	197	227	411	221
51	187	119	206	156	82	65	113	148	925	75	64	64	38	79	184	200	102	114
52	128	101	178	145	127	110	118	603	1474	170	80	385	276	86	528	1562	132	571
53	110	102	128	106	128	156	117	587	1414	166	97	258	388	103	355	960	226	560
54	144	95	100	110	83	83	93	147	677	125	98	109	60	143	138	166	145	95
55	113	94	118	123	108	105	83	120	488	138	104	120	39	164	129	129	19	90
56	92	108	102	231	108	130	89	161	695	100	85	150	108	161	186	176	100	409
57	88	74	397	565	113	66	88	172	1178	155	90	240	353	130	286	220	350	237
58	75	87	90	386	95	76	89	102	606	124	94	174	117	185	214	140	150	163
59	118	95	150	277	98	166	93	180	963	88	93	128	63	104	150	147	303	142

### ***Kvalitatívne hodnotenie riečnych sedimentov (legislatívny a kombinovaný prístup)***

Na posúdenie obsahu kontaminujúcich látok boli použité limitné hodnoty platné pre pôdy (Anonymym, 1994) – tab X.2. Parametre prekračujúce kategórie A, B, C a hodnoty stupňa znečistenia  $C_d$  v riečnych sedimentov v roku 2005 sú uvedené v tab. X.8.

V roku 2006 bolo zaznamenané prekročenie **referenčnej koncentrácie (kategória A)** na 37 lokalitách (zo 49) aspoň v prípade jednej uvažovanej zložky v zmysle **Rozhodnutia MP SR** č. 531/1994-540 o najvyšších prípustných hodnotách škodlivých látok v pôde. Stupeň (index) kontaminácie  $C_d$  bol vypočítaný vo väčšine prípadov do hodnoty 1,0. Prekročenie referenčnej hodnoty vo väčšine prípadov reprezentuje koncentrácie na úrovni, resp. len málo vyššie od predpokladaných požadovaných koncentrácií. Z tohto pohľadu je možné za prakticky nekontaminované považovať riečne sedimenty v znosových oblastiach Váhu, Oravy a Kysuce (lokality č. 5-13, 48, 49, 58), väčšiny tokov Východoslovenskej nížiny a príľahlých oblastí (34-40, 42-43, 45, 54-55), hornej časti Hrona (18, 19, 51), Moravy (2-4), Muráňa (28) a Dunaja (46, 47), Popradu (30-31) a Rimavy (27). Mierna kontaminácia prejavujúca sa prekročeniami referenčných koncentrácií zvyčajne dvoch a viac ukazovateľov (najmä Cu, Zn, Cd, Ni, menej Pb, Hg, As), resp. stupňom znečistenia  $C_d > 1,0$  bola indikovaná na stanovištiach Malý Dunaj (lokality č. 1), Morava (3), Váh (13), Hron (20, 52), Ipeľ (26), Slaná (29), Poprad (30), Hornád (35, 36), Myjava (56), Turiec (57) a Kysuca (58). Silné znečistenie riečnych sedimentov z pohľadu prekročenia referenčných obsahov ( $C_d > 10$ ) bolo zaznamenané na stanovištiach Nitra – Chalmová (Cu, Zn, Hg, As, Se), Nitra – Lužianky (Hg), Nitra – pod Šuranmi (Cu, Zn, Hg), Štiavnica – ústie (Cu, Zn, Cd, Pb), Hornád (Cu, Hg) a Hnilec (Cu, Zn, Hg, As, Pb, Sb).

Prekročenie limitných koncentrácií **kategórie B** bolo zaznamenané na stanovištiach Orava – Kraľovany (Pb), Nitra – Chalmová (Cu, Hg, As), Nitra – Lužianky (Hg), Nitra - pod Šuranmi (Hg), Štiavnica – ústie (Zn, Cd, Pb), Hornád – Krompachy (Hg), Hnilec – prítok do nádrže Ružín (Cu, Hg, As, Sb). Analytické výsledky v roku 2006 sú porovnateľné s predchádzajúcim obdobím. Prekročenie **kategórie C** bolo v roku 2006 zaznamenané len na lokalite Nitra – Chalmová (Hg, As) – pre porovnanie v roku 2005 to bolo na troch stanovištiach.

**Tab. X.8** Prekračujúce parametre a stupeň prekročenia  $C_d$  v riečnych sedimentoch podľa kategórií A, B, C v zmysle „Rozhodnutia MP SR číslo 531/1994-540“ v roku 2005

kategória	názov toku / lokalita (poradové číslo)	prekračujúce parametre	stupeň znečistenia $C_d$	názov toku / lokalita (poradové číslo)	prekračujúce parametre	stupeň znečistenia $C_d$
A	Malý Dunaj – Kolárovo (1)	Cu,Zn,Hg,Ni	4,13	Hornád – Krásna nad Hornádom (35)	Hg	1,03
	Morava – Devínska Nová Ves (2)	Zn,Ni	0,39	Hornád – Ždaňa (36)	Hg	1,03
	Morava – Gajary (3)	Zn,Hg	1,23	Ondava – prítok do nádrže Domaša (37)	Cr,Ni	0,64
	Orava – Kral'ovany (8)	Cr,Cu,Pb	1,34	Ondava – Nižný Hrušov (38)	Cr,Ni	0,22
	Váh – Hlohovec (11)	Hg,Ni	1,66	Ondava – Brehov (40)	Ni	0,69
	Váh – Selice (12)	Cr	0,26	Laborec – Lastomír (42)	Ni	0,11
	Váh – Komárno (13)	Cr,Zn,Hg	3,44	Latorica – Leleš (44)	Zn,Ni	0,39
	Nitra – Chalmová (14)	Cu,Zn,Hg,As,Se	459,18	Bodrog – Streda nad Bodrogom (45)	Ni	0,03
	Nitra – Lužianky (15)	Hg	9,7	Dunaj – Štúrovo (47)	Hg	0,13
	Hron – Sliač (20)	Cu,Zn,Hg,As,Sb	2,96	Váh – Dubná skala (48)	Cr,Cu	0,16
	Ipeľ – Rapovce (23)	Cr	0,63	Váh – Opatovce (49)	Ni	0,09
	Štiavnica – ústie (25)	Cu,Zn,Cd,Pb	18,61	Nitra – pod Šuranmi – Nitriansky Hrádok (50)	Cu,Zn,Hg	10,13
	Ipeľ – Ipeľský Sokolec (26)	Zn,Cd,Pb	2,77	Hron – Kalná nad Hronom (52)	Cu,Zn,Hg,As, Cd	4,36
	Slaná – Čoltovo (29)	Cu,Zn,Hg,As	6,8	Hron – Kamenica (53)	Zn,Hg	0,7
	Poprad - Veľká Lomnica (30)	Cu,Zn,Hg,Ni	1,54	Laborec - Humenné nad sútokom s Cirochou (55)	Ni	0,17
	Poprad – Čirč (31)	Cr,Ni	0,25	Myjava – Kúty (56)	Zn,Hg,Ni	2,32
	Hornád – Kolinovce (32)	Cu,Hg	30,78	Turiec – Vrútky (57)	Cu,Zn,Hg,Ni	1,17
	Hnilec – prítok do nádrže Ružín (33)	Cu,Zn,Hg,As,Pb, Sb	21,92	Kysuca - Považský Chlmec (58)	Cu,Zn,Hg,Ni	1,33
B	Orava – Kral'ovany (8)	Pb	0,04	Hornád – Kolinovce (32)	Hg	3,7
	Nitra – Chalmová (14)	Cu,Hg,As	68,83	Hnilec – prítok do nádrže Ružín (33)	Cu,Hg,As,Sb	4,57
	Nitra – Lužianky (15)	Hg	0,61	Nitra - pod Šuranmi – Nitriansky Hrádok (50)	Cu,Zn,Hg	0,61
	Štiavnica – ústie (25)	Zn,Cd,Pb	3,15			
C	Nitra – Chalmová (14)	Hg	2,78			

Ak porovnáme kvalitatívne výsledky riečnych sedimentov z predchádzajúcim obdobím (Kordík et al., 2001, 2002, 2003, 2004, 2005), v zásade sa plošná distribúcia kontaminujúcich látok výraznejšie nemení. Riečne sedimenty na riekach Váh (horný a stredný úsek), Hron (horný úsek), Muráň (28) a Dunaj (46) a väčšina tokov Východoslovenskej nížiny a priľahlých oblastí sú prakticky neznečistené a koncentrácie látok zväčša reprezentujú ich prírodné obsahy. Vzhľadom k dynamickým vlastnostiam riečnych sedimentov však boli v niektorých odberových snímkach zaznamenané zvýšené

koncentrácie niektorých stonovených ukazovateľov, ktoré však nie sú trvalejšieho charakteru.

Z pohľadu kontaminácie má veľký význam porovnanie koncentrácií látok najmä voči kategórii B, resp. C v zmysle Rozhodnutie (Anonym, 1994). Monitoring (11-ročné pozorovanie) jasne poukazuje na výrazne a trvalo znečistené toky Nitra (lokality č. 14-15), Štiavnica (25), Hornád (32) a Hnilec (33). Znečistenie riečnych sedimentov na Ondave (38) prejavujúce sa v minulých rokoch zvýšenými obsahmi arzénu nebolo v roku 2006 zaznamenané. Z monitorovaných lokalít sledovaných od roku 2004 bola najvýraznejšia kontaminácia zaznamenaná na riekach Nitra (50) a Hron (52, 53).

Znečistené toky Štiavnica, Hron, Hornád a Hnilec reprezentujú geogénno-antropogénne anomálie viazané na bansko-štiavnickú, resp. a spišsko-gemerskú rudnú oblasť. Anomálne koncentrácie niektorých kovov svedčia o pomerne značnom zaťažení oblastí potenciálnymi nebezpečnými látkami, ktoré pretrváva aj po útlme baníctva na Slovensku. Závažné sú obsahy látok (najmä Hg a As) na rieke Nitra (Chalmová) pochádzajúce z intenzívnej priemyselnej činnosti na hornom Ponitří.

#### 07.6 Vyhodnotenie kvality sledovaných ukazovateľov v rámci Európy

Sedimenty v rámci Európy predstavujú významnú ekologickú, sociálnu a ekonomickú hodnotu, a sú jedným z kľúčových komponentov vodných ekosystémov. Zatiaľ čo v minulosti bol v popredí záujmu manažment kvantity sedimentov, v posledných desaťročiach je zvýšený záujem o sledovanie kvalitatívnych parametrov sedimentov prakticky v celej Európe.

Monitoring chemického zloženia a kvality riečnych sedimentov na Slovensku podporuje myšlienku integrovaného manažmentu kvality sedimentov prezentovaného Európskou environmentálnou agentúrou (EEA DPSIR rámeč), ktorý definuje riadiace sily, tlaky, postavenie, dôsledky a odozvy v otázke riečnych sedimentov. Príklady aplikovania tohto konceptu sú uvedené v tab. X.10.

Tab. X.10 Príklady aplikácie myšlienok EEA DPSIR ohľadom kvality sedimentov

Prvky DPSIR	Príklady
Riadiace sily	• priemyselné, poľnohospodárske a sociálne aktivity
Tlaky	• emisie z bodových a difúzných zdrojov
Postavenie	• zníženie kvality sedimentov v dôsledku pretrvávajúcej kontaminácie suspendovaných častíc následne migrujúcich a usadzovaných vo vodných tokoch, resp. nádržiach • „odkaz minulosti“: ak sa aj zlepšuje kvalita vody, kontaminácia sedimentu ostáva
Dôsledky	• dopad na organizmy v bezprostrednom styku so sedimentom – zníženie výskytu druhov, príp. aj pokles biodiverzity

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• vplyv na vyššie organizmy v potravinovom reťazci prenosom potravou, vodou atď.</li> <li>• kontaminované sedimenty sú potenciálnym zdrojom zhoršených účinkov na chemické a fyzikálne vlastnosti vody prostredníctvom uvoľňovania kontaminantov do povrchových a podzemných vôd</li> <li>• zníženie prieskumnej kapacity a ekonomickej hodnoty riečného materiálu v dôsledku znečistenia</li> <li>• obmedzenie využitia ťaženého materiálu</li> <li>• konflikty záujmov: z odstránenia kontaminovaných sedimentov môže profitovať životné prostredie a lodná doprava, avšak na druhej strane môžu byť odstránené prírodné prostredia rôznych druhov živočíchov</li> </ul>
Odozvy	<ul style="list-style-type: none"> <li>• vývoj a aplikácie nových prostriedkov hodnotenia kvality sedimentov (napr. biotesty)</li> <li>• environmentálne bagrovanie: odstraňovanie najznečistenejších sedimentov</li> <li>• legislatíva upravujúca manažment sedimentov</li> <li>• medzinárodná kooperácia a dohody</li> <li>• zmena perspektív v kľúčovej úlohe sedimentov v riečnom systéme</li> <li>• potreba nadnárodných sietí k budovaniu a výmene informácií, skúseností, technológií</li> </ul>

Jednou z nedoriešených problematík v oblasti manažmentu sedimentov v Európe je legislatíva spadajúca zvyčajne medzi dve oblasti, ktoré sú často v konflikte: voda a pôda. A ďalej, ak je kontaminovaný sediment ťažený, je potrebné s ním nakladať ako s odpadom. Komplikovaným faktorom je časový a priestorový rozmer sedimentov (geologický cyklus, povodie a pod.) nerešpektujúci politické a administratívne hranice. Otázka manažmentu sedimentov je súčasťou niektorých Smerníc v odpadovom hospodárstve (Waste Directive, Landfill Directive, Urban Waste Water Treatment Directive, Directive for Integrated Pollution and Prevention Control), Smernice o pôdach (Soil Communication Paper) a Smernice o vodách (Water Framework Directive), avšak zvyčajne je v nich riešená len okrajovo.

Najväčší význam v kontexte problematiky sedimentov má Smernica o vodách s cieľom harmonizovať legislatívu vo vodnom hospodárstve v krajinách EÚ so zameraním sa na manažment na úrovni riečnych povodí. Úlohou členských štátov pri implementácii Smernice je dosiahnutie dobrého ekologického potenciálu a dobrého chemického stavu povrchových vôd najneskôr do roku 2015. Keďže sediment je základnou, neodmysliteľnou a dynamickou súčasťou riečného systému, je zrejmé, že súvisí a ovplyvňuje aj dobrý ekologický potenciál a dobrý chemický stav povrchových vôd. Smernica o vodách predstavuje šancu a stimul k vypracovaniu a implementácii trvalo udržateľného manažmentu sedimentov (SSM) v členských štátoch (Förstner, 2002; Vegter et al., 2002).

V kontexte vyššie uvedeného monitoring riečnych sedimentov Slovenska reprezentuje významnú bázu údajov prispievajúcich k myšlienkam integrovaného výskumu prírodného prostredia Európy. Za účelom pomoci harmonizovať prístupy v tejto problematike bola založená tzv. Európska sieť výskumu sedimentov (European Sediment Research

Network – SedNet). Sieť vznikla s podporou Európskej komisie v rámci FP-5 a je prvým pokusom organizovať prácu manažérov a výskumníkov v oblasti sedimentov v Európe.

Porovnanie kvality monitorovaných riečnych sedimentov s publikovanými priemernými hodnotami vybraných ukazovateľov v rámci Európy je uvedené v tab. X.11. Porovnávanie koncentrácií parametrov v riečnych sedimentoch rôznych oblastí má význam pre hodnotenie požadovaných koncentrácií ukazovateľov a miery antropogénneho zaťaženia riečnych sedimentov koncentraciami rôznych polutantov. Pri hodnotení riečnych sedimentov je potrebné mať na zreteli špecifiká a danosti prírodného prostredia tej ktorej krajiny (oblasti). Hodnotenie miery rizika kontaminácie je preto nevyhnutné zohľadňovať v súvislosti s odhadovanými prírodnými zdrojmi ovplyvňujúcimi chemické zloženie a kvalitu riečnych sedimentov.

Tab. X.11 Porovnanie stredných hodnôt vybraných sledovaných ukazovateľov s európskymi strednými hodnotami

Parameter	monitoring	Geoch. Atlas <sup>1)</sup>	Fínsko <sup>2)</sup>	Čechy <sup>3)</sup>	Rakúsko <sup>4)</sup>	UK <sup>5)</sup>
As mg.kg <sup>-1</sup>	24,21	10,75	2,6	27	2	5
Cd mg.kg <sup>-1</sup>	0,81	0,34	-	1,6	-	-
Cr mg.kg <sup>-1</sup>	64,91	79,37	60	114	64	83
Cu mg.kg <sup>-1</sup>	40,6	31,99	20	68	19	22
Hg mg.kg <sup>-1</sup>	0,67	0,3	-	0,51	-	-
K %	1,47	1,54	2,1	0,72	2,31	0,83
Ni mg.kg <sup>-1</sup>	29,68	26,76	24,1	59	30	39
Sb mg.kg <sup>-1</sup>	2,76	3,28	0,3	3,3	2	0,1
Zn mg.kg <sup>-1</sup>	200,07	115,79	57	529	80	132

<sup>1)</sup> Rapant-Bodiš, 1999, <sup>2)</sup> Koljonen et al., 1992, <sup>3)</sup> Veselý, 1995, <sup>4)</sup> Thalman et al., 1989, <sup>5)</sup> British Geological Survey, 1991

Dôležitým cieľom monitorovania riečnych sedimentov v nasledujúcich rokoch je nielen zosúladienie stratégií manažmentu riečnych sedimentov v celoeurópskom kontexte, ale aj úzka spolupráca odborníkov zaoberajúcich sa problematikou riečnych sedimentov na Slovensku. Z tohto hľadiska je možné uviesť najmä informácie z výskumu sedimentov vodných nádrží realizovaný na VÚVH, výskum riečnych sedimentov realizovaný na SHMÚ a iné.

## 07.7 Záver

V rámci monitoringu riečnych sedimentov bolo v roku 2006 odobratých a analyzovaných 48 vzoriek. Vzorkovanie prebiehalo v stabilných prírodných klimatických podmienkach pri ustálených stavoch vodných tokov. Laboratórne boli stanovené totálne obsahy hlavných prvkov Na, K, Mg, Ca, Fe, Al a stopových prvkov As, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Mn, Ni, Pb, Sb, Se, Zn.

Z časového hľadiska sa v rámci 11-ročného monitorovacieho obdobia ako najstabilnejšie prejavujú obsahy hlavných prvkov Al, K, Na, Fe a Mg a zo stopových prvkov Ni a Cr. Distribúcia týchto prvkov je v prevažnej miere ovplyvňovaná geogénnymi faktormi, ktorých pôsobenie v čase je pomerne stále. Nestabilným zložením a veľkou variabilitou sa vyznačujú z hlavných prvkov Ca a zo stopových prvkov najmä Pb, Hg, Cd, Cu a As. Veľká časová variácia je spôsobená predovšetkým zvýšenou citlivosťou prvkov na hydrodynamické a geochemické podmienky ich migrácie (napr. pH, oxidačno-redukčné podmienky) ako aj to, že na ich distribúciu vo výraznejšej miere môžu pôsobiť v čase premenlivé antropogénne faktory.

V roku 2006 bolo podľa „Rozhodnutia o najvyšších prípustných hodnotách škodlivých látok v pôde“ (Anonym, 1994) zaznamenané prekročenie referenčnej hodnoty A na 37 lokalitách aspoň v prípade jednej uvažovanej zložky. Hodnoty stupňa (indexu) kontaminácie  $C_d$  sú však vo väčšine prípadov veľmi nízke a dosahujú hodnoty  $C_d < 1,0$ . Prekročenie limitných koncentrácií kategórie B bolo zaznamenané na stanovištiach Orava – Kľačany (Pb), Nitra – Chalmová (Cu, Hg, As), Nitra – Lužianky (Hg), Nitra - pod Šuranmi (Hg), Štiavnica – ústie (Zn, Cd, Pb), Hornád – Krompachy (Hg), Hnilec – prítok do nádrže Ružín (Cu, Hg, As, Sb). V porovnaní so situáciou z roku 2005 došlo k miernemu zlepšeniu kvality riečnych sedimentov, nakoľko B kategória bola v roku 2005 prekročená až na 9 stanovištiach. Prekročenie **kategórie C** bolo v roku 2006 zaznamenané len na lokalite Nitra – Chalmová (Hg, As) – pre porovnanie v roku 2005 to bolo na troch stanovištiach.

Na základe dlhodobejšieho monitorovania chemického zloženia a kvality riečnych sedimentov (11-ročný monitoring) je možné v zásade konštatovať, že rieky Váh (horný a stredný úsek), Hron (horný úsek), Muráň (28), Dunaj (46) a väčšina tokov Východoslovenskej nížiny a priľahlých oblastí sú prakticky neznečistené a koncentrácie látok zväčša reprezentujú ich prírodné obsahy. Výsledky monitoringu poukazujú na výrazne a trvalo znečistené toky Nitra (lokality č. 14-15), Štiavnica (25), Hornád (32) a Hnilec (33).

## 07.8 Literatúra

ANONYM, 1994: *Rozhodnutie Ministerstva pôdohospodárstva SR číslo 531/1994-540, ročník XXVI, čiastka 1 o najvyšších prípustných hodnotách škodlivých látok v pôde a o určení organizácií oprávnených zisťovať skutočné hodnoty týchto látok.*

BACKMAN, B. – BODIŠ, D. – LAHERMO, P. – RAPANT, S. – TARVAINEN, T., 1998: *Application of a groundwater contamination index in Finland and Slovakia.* Environmental Geology 36 (1–2) Springer-Verlag. pp. 55–64.

BODIŠ, D. – RAPANT, S., 2000: Environmental geochemistry and environmental – geochemical mapping of the Slovak Republic. Slovak Geological Magazine 6, ŠGÚDŠ Bratislava, pp. 5-16.

BODIŠ, D. – RAPANT, S., 1999: *Geochemický atlas Slovenskej republiky, časť VI: Riečne sedimenty*. Ministerstvo životného prostredia SR, Bratislava. 145 s.

BOGEN, J. – BÖLVIKEN, B. – OTTESEN, R.T., 1992: *Environmental studies in Western Europe using overbank sediment*. In: Bogen, J. – Walling, D.E. – Day, T.J. (Eds.): Erosion and sediment transport monitoring programmes in river basins. International Association of Hydrological Sciences Publication, No. 210: p.317-325.

BRITISH GEOLOGICAL SURVEY, 1991: *Regional geochemistry of the East Grampians area, Keyworth Nottingham*. British Geological Survey, 95 p.

ČURLÍK, J. – ŠEFČÍK, P., 1999: *Geochemický atlas Slovenskej republiky, časť Pôdy*. Ministerstvo životného prostredia SR, Bratislava. 99 s.

FÖRSTNER, U., 2002: Sediments and the European Water Framework Directive. Editorial. J. Soil & Sediments. 2 (2):5.

KOLJONEN, T. – ELO, S. – GUSTAVSSON, N. – HUUMA, H. – KAURANNE, L.K. – KOLJONEN, T. – NORAS, P. – PESONEN, L.J. – RUOTOISTENMÄKI, T. – SALTIKOFF, B. – SILLANPÄÄ, M. – TANSKANEN, H – VAASJOKI, M. – VUORELA, P., 1992: *The geochemical atlas of Finland, Part 2: Till*. Geological Survey of Finland, Espoo. 218 p.

KORDÍK, J. – BODIŠ, D. – SLANINKA, I., 2001, 2002, 2003, 2004: *Monitorovanie chemického zloženia riečnych sedimentov. Ročná správa*. In. Klukanová et al.: Čiastkový monitorovací systém geologických faktorov životného prostredia SR. ŠGÚDŠ Bratislava. MŽP SR Bratislava.

RICE, K.C., 1999: *Trace-element concentrations in streambed sediments across the conterminous United States*. Environmental Science and Technology, v. 33, p. 2499-2504.

SLANINKA, I. – KORDÍK, J., 2001: *Chemické a kvalitatívne vlastnosti prírodných vôd Východoslovenskej nížiny a príľahlých oblastí*. In: HYDROGEOCHÉMIA 2001: Zborník z konferencie. VI. ročník. Katedra hydrogeológie Prírodovedeckej fakulty UK Bratislava. s. 84-90.

SLANINKA, I., 1994: *Geochemicko-ekologické mapovanie aktívnych riečnych sedimentov v oblasti Jasenie - Dubová*. Manuskript, Diplomová práca. Katedra geochémie Prírodovedeckej fakulty UK v Bratislave Bratislava. 72 s.

SMERNICA MŽP SR na zostavovanie a vydávanie Geochemickej mapy riečnych sedimentov.

THALMANN, F. – SCHERMANN, O. – SCHROLL, E. – HAUSBERGER, J., 1989: *Geochemical atlas of the republic of Austria 1 : 1 000 000*. Vienna. 141 p.

VEGTER, J.J. – LOWE, J. – KASAMAS, H. (EDS.), 2002: *Sustainable Management of Contaminated land: An Overview. A Report from the Contaminated Land Rehabilitation Network for Environmental Technologies*. Austrian Federal Environment Agency, 2002 on behalf of CLARINET, Version: August 2002 ([http://www.clarinet.at/library/rblm\\_report.pdf](http://www.clarinet.at/library/rblm_report.pdf)).

VESELÝ, J., 1995: *Drainage sediments in environmental and exploration geochemistry*. Vestník Českého geologického ústavu 70, 3, s.1-8.