

Obsah

07	MONITOROVANIE RIEČNYCH SEDIMENTOV.....	2
07.1	Základná charakteristika monitorovacej siete.....	2
07.2	Sledované ukazovatele a metódy hodnotenia jednotlivých veličín.....	3
07.3	Spôsob a frekvencia odberu vzoriek.....	7
07.4	Štatistické vyhodnotenie odobratých vzoriek.....	10
07.5	Výsledky monitoringu.....	11
	<i>Hodnotenie chemického zloženia riečnych sedimentov.....</i>	<i>11</i>
	<i>Porovnanie výsledkov monitoringu so základnou distribúciou prvkov v riečnych sedimentoch Slovenska.....</i>	<i>33</i>
	<i>Kvalitatívne hodnotenie riečnych sedimentov (legislatívny a kombinovaný prístup).....</i>	<i>35</i>
07.6	Vyhodnotenie kvality sledovaných ukazovateľov v rámci Európy.....	38
07.7	Záver.....	40
07.8	Literatúra.....	41

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 riečnych sedimentov predstavuje v súčasnosti 48 referenčných odberových miest. Pri výbere reprezentatívnych lokalít boli zohľadnené:

- *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 Slovenským hydrometeorologickým ústavom (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 obr. 07.1. Detailná lokalizácia (slovný popis) odberových miest riečného sedimentu bola a je priebežne v databáze aktualizovaná. V zásade sú na približne 30 lokalitách odbery realizované na rovnakých miestach. Na ostatných stanovištiach v dôsledku dynamiky vodného toku, príp. antropogénnych úprav koryta sa môže konkrétne odberové miesto meniť – odber je v takom prípade realizovaný podľa možností v miestach vhodnej akumulácie riečného sedimentu (posun odberového miesta nepresahuje viac ako 50-100 m pozdĺž toku).

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 2008 bol na všetkých monitorovacích stanovištiach realizovaný zrnitostný rozbor vzoriek k určeniu zastúpenia prachovej, pieskovej a štrkovej frakcie v riečnom sedimente (Príloha 07.02).

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 stanovíšť) 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 2008 sú sumarizované v prílohe 07.1. Výsledky zrnitostnej analýzy sú spracované v prílohe 07.2. Terénna dokumentácia je predmetom prílohy 07.4.

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.

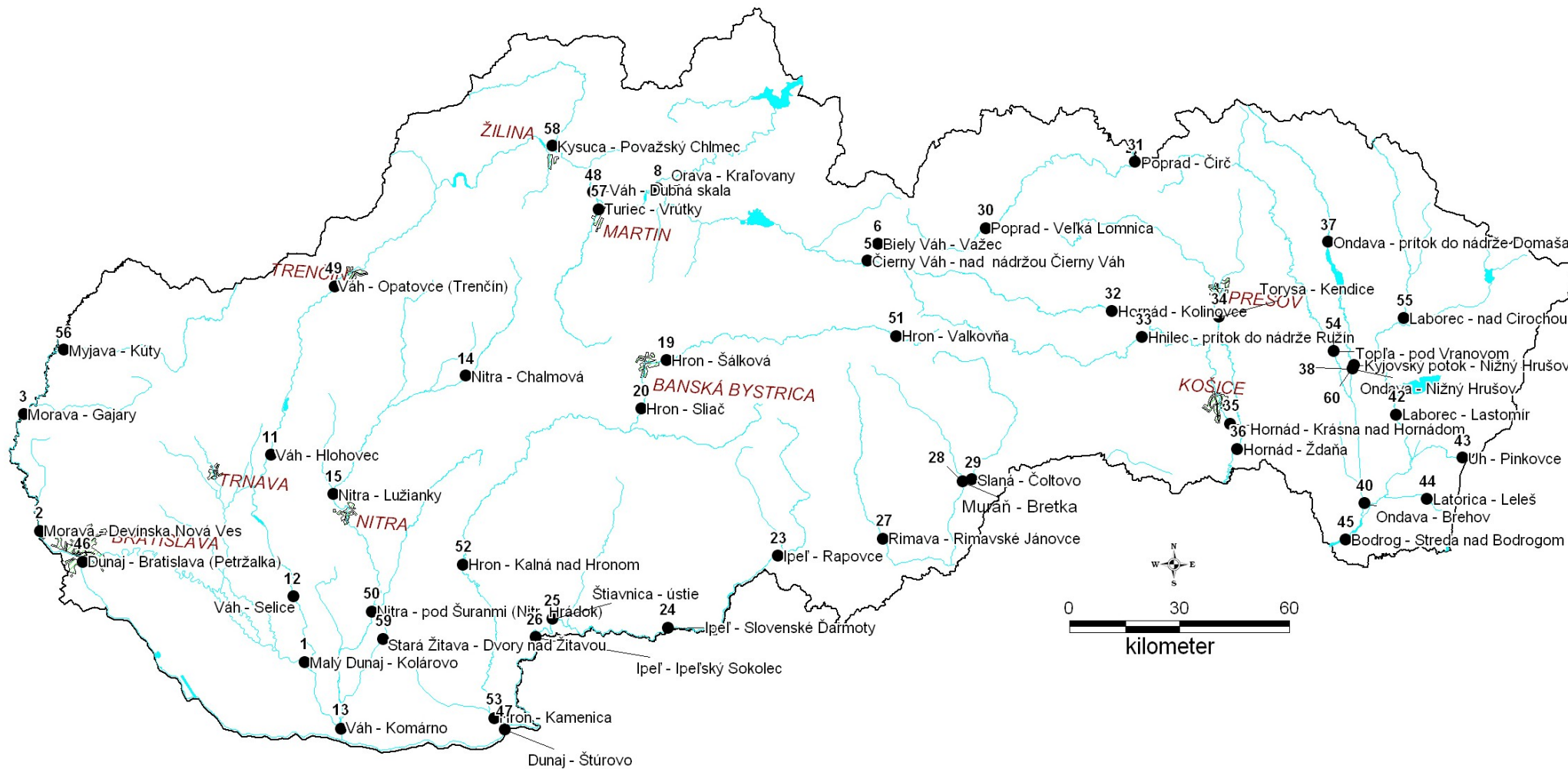
Porovnanie výsledkov monitoringu so základnou (baseline) distribúciou porovnáva hodnoty mediánu koncentrácií stanovovaných parametrov na monitorovaných lokalitách ako celku a lokalitách jednotlivo (pre lokality monitorované od roku 2004 do výpočtu vstupovalo zatiaľ len päťročné pozorovanie) ku hodnotám 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 12-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 2008



Výsledky porovnania monitoringu so základnou (baseline) distribúciou sú zhrnuté vo výsledkovej časti (tab. 07.6). 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 (Bodiš – Rapant, 1999; Čurlík – Šefčík, 1999). Pre účel hodnotenia kontaminácie riečnych sedimentov sú využité 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⁻¹)

Zložka	A	B	C	Zložka	A	B	C
As	29	30	50	Ni	35	100	500
Cd	0,8	5	20	Pb	85	150	600
Co	20	50	300	Sb	20	30	100
Cr	130	250	800	Se	0,8	5	20
Cu	36	100	500	Zn	140	500	3000
Hg	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_d**. 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.

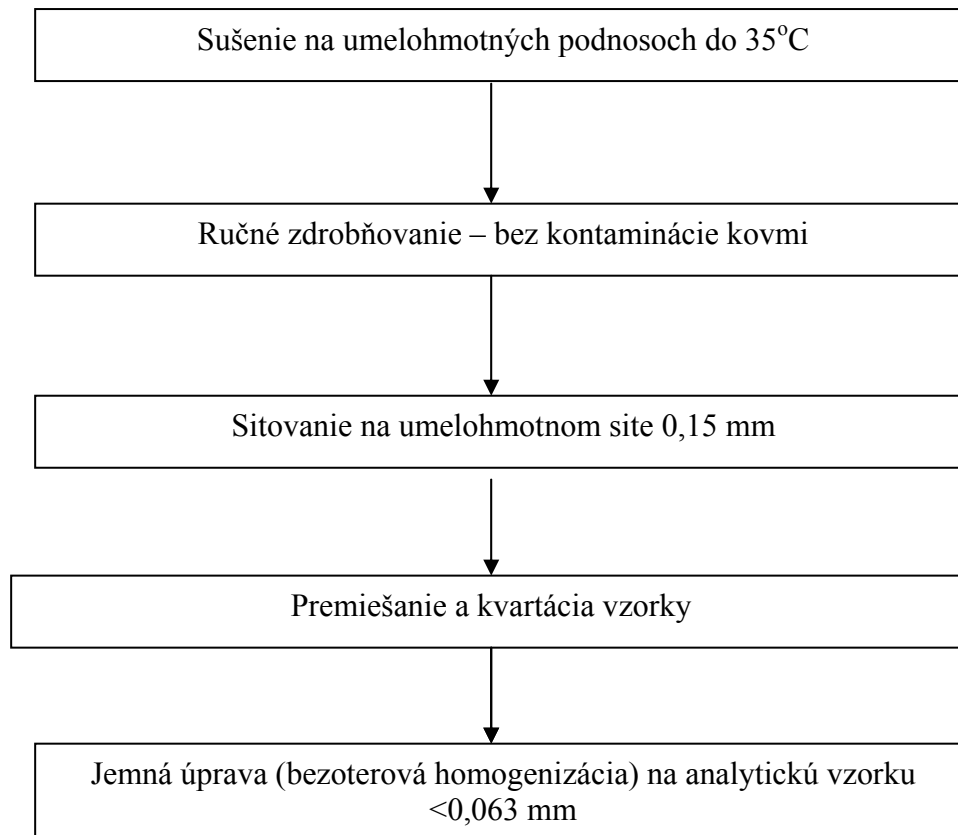
07.3. Spôsob a frekvencia odberu vzoriek

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 km²) 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 v závislosti od štruktúry zrnitostnej frakcie minimálne cca 2 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.

Príprava vzoriek pred analytickým spracovaním prebieha v laboratóriu GAL ŠGÚDŠ Spišská Nová Ves nasledovným spôsobom:



Analytické práce boli v roku 2008 realizované v akreditovanom laboratóriu GAL ŠGÚDŠ, regionálne centrum Spišská Nová Ves. V tab. 07.2 sú zhrnuté použité analytické metódy stanovovania jednotlivých parametrov, medze ich stanovenia a rozšírené neistoty meraní pri danom rozsahu stanovenia.

Tab. 07.2 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 žíhaním	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 ⁻¹	0.1	0,1-1	25
				1-10	15
				10-1000	8
Cd	AAS	mg.kg ⁻¹	0.1	0,1-5	20
				5-50	10
				50-5000	5
Co	AAS	mg.kg ⁻¹	3	3-10	20
				10-100	10
				100-10000	5
Cr	RFS	mg.kg ⁻¹	10	10-50	15
				50-500	7.5
				500-900	5
Cu	RFS	mg.kg ⁻¹	5	5-50	10
				50-3000	5
Hg	AAS	mg.kg ⁻¹	0.01	0,01-0,1	15
				0,1-1	10
				1-1000	5
Ni	RFS	mg.kg ⁻¹	4	4-50	25
				50-150	10
				150-750	5
Pb	RFS	mg.kg ⁻¹	5	5-50	15
				50-1000	7.5
				1000-5500	5
Sb	AAS	mg.kg ⁻¹	0.1	0,1-1	25
				1-10	15
				10-1000	8
Se	AAS	mg.kg ⁻¹	0.1	0,1-1	25
				1-10	15
				10-1000	8
Zn	RFS	mg.kg ⁻¹	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 13 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. 07.3 (pre porovnanie je tabuľka doplnená aj o výsledky z geochemického atlasu – Bodiš-Rapant, 1999). V tab. 07.4 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 13-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. 07.4.

07.5 Výsledky monitoringu

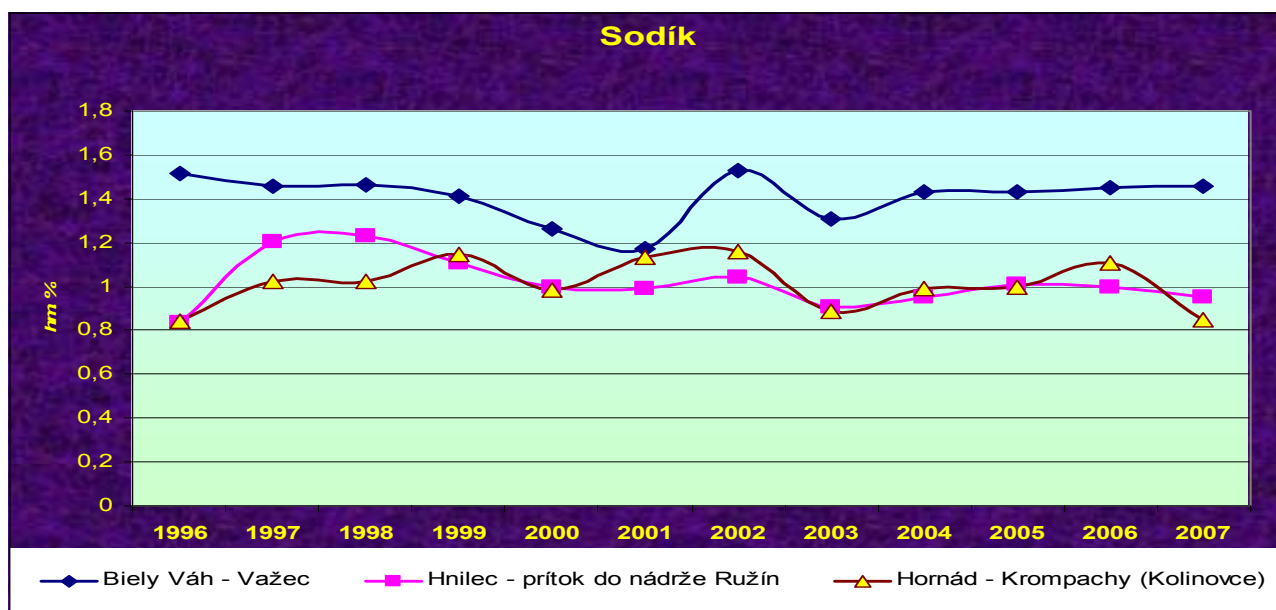
Výsledková časť je zameraná na hodnotenie chemického zloženia analyzovaných zložiek v sedimente a hodnotenie kvality sedimentov vo vzťahu k legislatíve. Obsahy prvkov v monitorovaných sedimentoch odrážajú na jednej strane prislúchajúce geologické prostredie znosovej oblasti, resp. hydrologicko-klimatické podmienky v príslušnej oblasti a na druhej strane sekundárny – antropogénny, príp. antropogénno-geogénny vplyv. Základné štatistické zhodnotenie jednotlivých monitorovaných lokalít a dátového súboru ako celku prezentuje tab. 07.3. Variabilita koncentrácií stanovovaných parametrov na jednotlivých lokalitách a celkovo je vyjadrená formou variačných koeficientov v tab. 07.4. Lokality s najvyššími a najnižšími hodnotami mediánov koncentrácií analyzovaných zložiek vyjadrujú regionálne rozdiely v distribúcii prvkov a sú zobrazené v tab. 07.5. Indexy obohatenia, resp. ochudobnenia koncentrácií prvkov monitorovaných lokalít voči základným hodnotám z Geochemického atlasu riečnych sedimentov sú uvedené v tab. 07.6 a kvalitatívne hodnotenie riečnych sedimentov je prezentované v tab. 07.7.

Hodnotenie chemického zloženia riečnych sedimentov

Na základe pozorovaných časových zmien v obsahoch jednotlivých prvkov je možné posúdiť **tzv. stabilitu chemického zloženia** monitorovaných riečnych sedimentov, ktorá odráža predovšetkým obsah prvkov v horninovom prostredí, ich geochemické vlastnosti, klimatické podmienky v príslušnej oblasti, resp. antropogénny vplyv. Na základe variability obsahov prvkov v čase rozoznávame prvky s výraznou a strednou stabilitou obsahov, resp. nestabilné prvky. Variabilita koncentrácií stanovovaných parametrov na jednotlivých lokalitách a celkovo je vyjadrená formou variačných koeficientov v tab. 07.4.

Prvky s výraznou stabilitou obsahov v riečnom sedimente

Do tejto skupiny je možné zaradiť predovšetkým tzv. hlavné prvky s priemerným obsahom v riečnom sedimente zvyčajne nad 1% – Na, K, Mg, Al a Fe. Ich distribúcia je daná najmä geologickou stavbou povodia a geochemickými podmienkami procesov zvetrávania a migrácie prvkov. Priemerná hodnota koeficientu časovej variability sa pohybuje v rozpätí od 13 do 18% (tab. 07.4.). Typický príklad stabilných obsahov (sodík) je pre vybrané monitorované lokality uvedený na obr. 07.2.



Obr. 07.2 Časový vývoj koncentrácií sodíka na vybraných monitorovaných lokalitách

Plošná distribúcia **sodíka** v riečnych sedimentoch Slovenska sa vyznačuje pomerne vyrovnanými obsahmi (koeficient variácie všetkých meraní $v_p = 28\%$) – tab. 07.4. Priemerná koncentrácia Na v sedimentoch všetkých monitorovaných lokalít je 1,02% (medián 0,96%). Najvariabilnejšie obsahy Na na úrovni 24%, resp. 25% boli zaznamenané na lokalitách č. 5 (Čierny Váh – nad nádržou) a 37 (Ondava – prítok do Domaše). Najnižšie koncentrácie sodíka do 0,8% (tab. 07.3, 07.5) sú charakteristické pre toky Kysuca (lokalita č. 58), Malý Dunaj (1), Myjava (56), Turiec (57), Váh (11, 49), Nitra (50) a Morava (2). Nadpriemerné zastúpenie sodíka zväčša nad 1,2% 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, obsahy Na do značnej miery závisia od geologického prostredia v príslušnom drénovanom povodí. Najvyššie koncentrácie sodíka sú viazané na znosové oblasti kryštalinika tatrika a veporika (granitoidy, metamorfity), príp. na neovulkanické horninové prostredie (najmä oblasť stredného Slovenska). Naopak najnižšie obsahy sodíka v riečnych sedimentoch sú všeobecne viazané na znosové oblasti karbonatických hornín (Bodiš – Rapant, 1999).

Podobne ako v prípade sodíka, plošné obsahy **draslíka** sú v riečnych sedimentoch veľmi vyrovnané (koeficient variácie všetkých meraní $v_p = 21\%$) – tab. 07.4. Najvariabilnejšie obsahy K sú dokumentované pre sedimenty Dunaja (lokality č. 46, 47). Priemerná koncentrácia K v sedimentoch všetkých meraní je 1,49% (medián 1,48%) – tab. 07.3. Obsah draslíka zvyčajne sleduje geologické podmienky v príslušnom povodí. Najvyššie obsahy K na úrovni od 1,7 do cca 2,4% sú viazané predovšetkým na oblasti budované granitoidmi jadrových pohorí, resp. metamorfity paleozoických súvrství. Z monitorovaných

lokalít boli najvyššie obsahy draslíka (zväčša nad 1,6%) pozorované v riečnych sedimentoch Hnilca (lokalita č. 33), niektorých riek Východoslovenskej nížiny (40, 44-45), Hrona (19, 20, 51) a Slanej (29) – tab. 07.5. Územia deficitné na draslík (najmä oblasti budované mezozoickými karbonátmi) 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 poľnohospodárstvom). Najnižšie obsahy draslíka zväčša do 1,15% boli zaznamenané v riečnych sedimentoch Dunaja (46, 47) a Váhu (8, 12, 13).

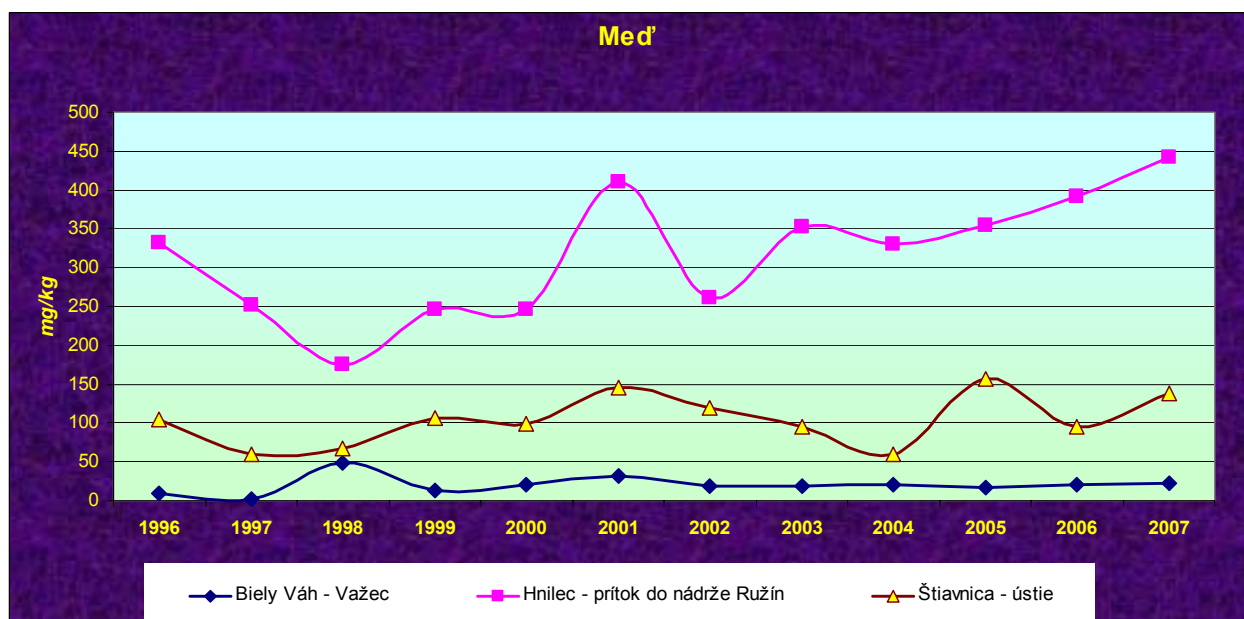
Horčík sa na rozdiel od veľmi stabilných obsahov v čase vyznačuje pomerne veľkou plošnou variabilitou koncentrácií spomedzi hlavných prvkov (koeficient variácie všetkých meraní $v_p = 55\%$) – tab. 07.4. Plošná variabilita obsahov Mg je v sedimentoch Slovenska podmienená rôznorodosťou zloženia zdrojového horninového substrátu v príslušnom povodí. Najvariabilnejšie obsahy Mg boli zaznamenané v sedimentoch Váhu (lokality č. 5, 6, 49), Ipľa (24), Hornádu (32) a Ondavy (37). Celoslovenská priemerná koncentrácia Mg dosahuje hodnotu 1,29%, medián 1,01% (tab. 07.3). Najvyššie obsahy horčíka s hodnotami mediánu zvyčajne nad 2,0% (tab. 07.5) boli pozorované v sedimentoch Váhu (lokality č. 5, 11-13), Turca (57) a Muráňa (28). Hlavnou príčinou je prevaha karbonatických hornín (vápencov, dolomitov) v príslušných znosových oblastiach. Nadpriemerné koncentrácie horčíka v sedimentoch Dunaja (46, 47) a Moravy (1) môžu byť okrem prírodných daností (prevaha karbonatického materiálu v sedimentoch) podmienené aj antropogénnou činnosťou. Najnižšie koncentrácie horčíka zvyčajne pod 0,8% boli sledované v povodiach Ondavy (38), Laborca (42), Tople (37), Ipľa a Štiavnice (24-26) a sú charakteristické najmä pre oblasť Spišsko-gemerského rudohoria, stredoslovenské neovulkanity a sedimenty vonkajšieho flyšového pásma.

Hliník patrí medzi prvky s pomerne vyrovnanými obsahmi v riečnych sedimentoch s hodnotou plošnej variability len na úrovni $v_p = 22\%$ (tab. 07.4). Priemerná koncentrácia hliníka všetkých meraní 5,45% (medián 5,43%). Dôvodom všeobecne vysokých obsahov hliníka v riečnych sedimentoch 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 (kryštalínium, ílovce, andezity), resp. chudobnejších hornín (pieskovce, karbonatické horniny) v povodí. Najvyššie obsahy hliníka (zvyčajne nad 6,5%) sú charakteristické pre riečne sedimenty tokov Latorica (lokalita č. 44), Hnilec (33), Rimava (27), Bodrog (45), Ipeľ (23) a Hron (51, 52, 53). Najnižšie obsahu Al (zvyčajne pod 4,5%) boli zistené vo vážskych sedimentoch (lokality 8, 11-13, 49), Dunaji (46-47), Laborci (42) a Ondave (37) – tab. 07.3, 07.5.

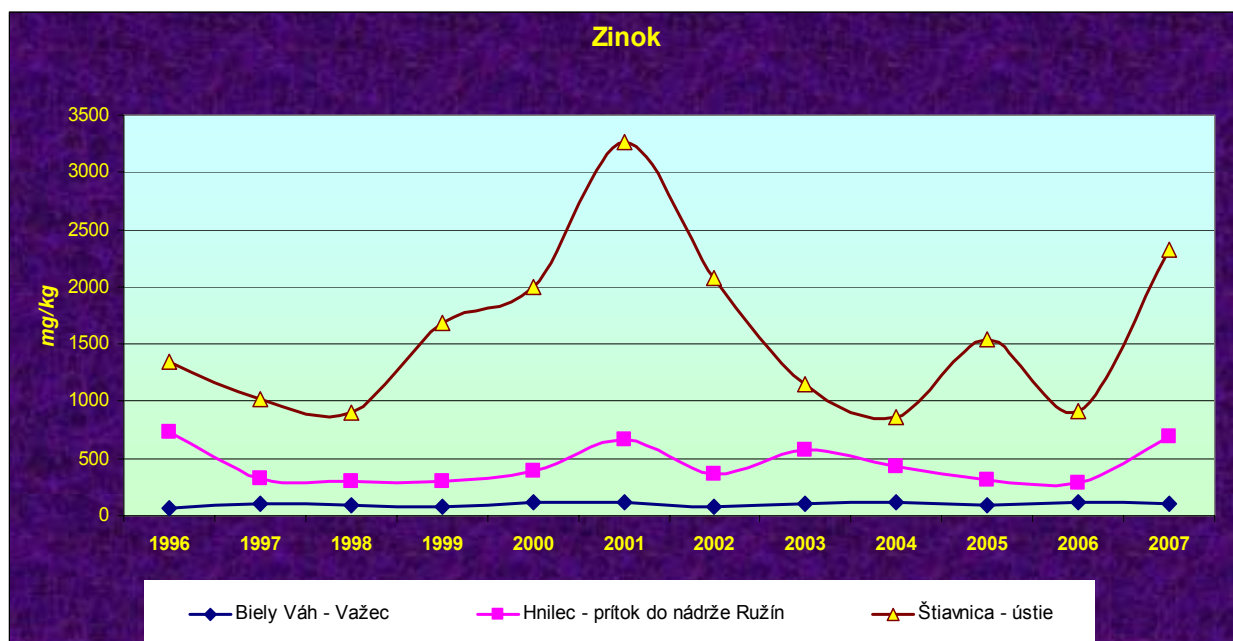
Železo patrí medzi prvky, ktorých distribúcia je riadená geologickými podmienkami v príslušných povodiach. Plošná variabilita koncentrácií Fe bola zistená na úrovni $v_p = 39\%$ (tab. 07.4). Rozhodujúcim faktorom distribúcie železa sa javí byť pomer hornín so zvýšeným zastúpením tmavých minerálov s obsahom železa (smerom k bázičkým horninám je všeobecný trend vzostupu obsahu železa). Z pohľadu zmeny obsahov Fe v čase boli najvariabilnejšie koncentrácie zistené v sedimentoch Hnilca, Hornádu (lokality č. 32, 33) a Dunaja (47). Priemerná koncentrácia železa všetkých meraní je 2,93%, resp. medián 2,75% (tab. 07.3). Najvyššie obsahy železa zvyčajne nad 3,4% sú typické pre riečne sedimenty stredoslovenských neovulkanitov (povodia Hron – lokalita č. 52 a 53, Štiavnica a Ipeľ – 23-26) a paleogénnych metamorfítov Spišsko-gemerského rudohoria (povodia Slanej – 29 a Hnilca – 33) – tab. 07.3, 07.5. Vysoké obsahy železa boli sledované aj v sedimentoch Latorice (44) a Bodrogu (45). Najnižšie obsahy železa (zvyčajne pod 2,3%) sú typické pre vážske sedimenty (5, 6, 8, 11-13, 49) a Toryse (34).

Prvky so strednou stabilitou obsahov v riečnom sedimente

Do tejto skupiny boli zaradené prvky Ca, Ni, Mn, Co, Zn, Cr a Cu. Ich distribúcia môže závisieť nielen od prírodných pomerov v príslušnej oblasti ako aj od vplyvu antropogénnej činnosti podmieňujúcej výraznejšiu variabilitu ich obsahov v čase. Priemerná hodnota koeficientu časovej variability sa pohybuje v rozpätí od 23 do 42%. Príklady prvkov so strednou stabilitou obsahov sú uvedené na **obr. 07.03 a obr. 07.04**. Z obrázkov je zrejماً rôzna miera stability prezentovaných prvkov. V prípade vážskej lokality v oboch prípadoch (zinok aj meď) sú dokumentované výrazne stabilnejšie obsahy ako na tokoch Hnilca a Štiavnice, kde v dôsledku geogénno-antropogénneho ovplyvnenia bola zaznamenaná väčšia variabilita hodnôt oboch chemických ukazovateľov.



Obr. 07.03 Časový vývoj koncentrácií medi na vybraných monitorovaných lokalitách



Obr. 07.04 Časový vývoj koncentrácií zinku na vybraných monitorovaných lokalitách

Spomedzi hlavných prvkov sa **vápnik** vyznačuje najvyššou plošnou variabilitou koncentrácií (koeficient variácie všetkých meraní $v_p = 77\%$) – tab. 07.4. Vysoká variabilita vápnika je podmienená najmä veľkými rozdielmi jeho koncentrácií v zdrojových horninách. Vápnik charakterizujú aj špecifické podmienky pri zvetrávaní, migrácii a tvorbe sekundárnych minerálnych fáz. Najvariabilnejšie obsahy Ca z pohľadu rozdielov v čase sú sledované v sedimentoch horného Váhu (lokality č. 5, 6), Nítry (14), Ipľa (24) a Laborca (55). Priemerný obsah vápnika v monitorovaných riečnych sedimentoch je 3,15%, medián 2,34% (tab. 07.3). Vysoké koncentrácie vápnika (zvyčajne nad 6% – tab. 07.5) vo Vážskych sedimentoch (lokality č. 11-13, 49) a Turci (57) sú viazané predovšetkým na pôvodný horninový substrát mezozoických karbonátov. V prípade vysokých koncentrácií vápnika v dunajských sedimentoch (46, 47) a Morave (1) sa tiež predpokladá jeho pôvod predovšetkým z karbonátového materiálu sedimentov, ale na druhej strane nie je možné vylúčiť aj jeho antropogénny prínos do prostredia. Sedimenty s nízkymi koncentraciami vápnika (zvyčajne pod 1,15%) sú charakteristické najmä pre metamorfované horniny paleozoika (nízky obsah CaO) v Spišsko-gemerskom rudohorí (Hnilec – lokalita č. 33), sedimenty Ipľa (23, 24) a sedimenty viazané na flyšové súvrstvia (toky Východoslovenskej nížiny – 38, 42-45).

Mangán sa spomedzi viac menej stopových prvkov vyznačuje pomerne nízkou plošnou variabilitou koncentrácií (koeficient variácie všetkých meraní $v_p = 55\%$) – tab. 07.4. 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 mangánu boli zaznamenané v sedimentoch Štiavnice (lokalita č. 25), Hornádu (32), Dunaja (47) a Nitry (50). Priemerná koncentrácia mangánu v riečnych sedimentoch monitorovaných lokalít je 0,1%, medián 0,09% (tab. 07.3). Najvyššie koncentrácie mangánu zvyčajne nad 0,12% boli sledované v sedimentoch Moravy (lokalita č. 2, 3), Hnilca (33), Ipľa a Štiavnice (24-26), Váhu (48) a Latorice (44) – tab. 07.5. Najnižšie obsahy mangánu zvyčajne pod 0,07% majú sedimenty Turca (57), Nitry (lokalita č. 14, 50), Hrona (19-20, 51), Kysuce (58) a Váhu (5, 49).

Nadpriemerné obsahy **niklu** sú indikatívne najmä pre sedimenty flyšového pásma, neovulkanické horniny a čiastočne granitoidy tatrika, veporika a gemerika. Priemerná koncentrácia niklu v monitorovaných sedimentoch je 29,7 mg.l⁻¹, resp. medián 27,7 mg.l⁻¹ (tab. 07.3). Najvyššie hodnoty niklu (zvyčajne nad 40 mg.kg⁻¹) sú viazané predovšetkým na znosové oblasti ílovcov a pieskocov vonkajšieho flyšového pásma, čo sa prejavuje zvýšenými koncentraciami niklu najmä v tokoch východného Slovenska (lokality č. 30, 37, 40, 44, 45, 55), Kysuce (58) resp. Moravy (1, 2) a Myjavy (56) – tab. 07.3, 07.5. Najnižšie obsahy niklu (zvyčajne pod 20 mg.kg⁻¹) sú pozorované v sedimentoch Ipľa a Štiavnice (24-26), Hrona (19, 51, 52), Váhu (5), Muráňa (28) a Nitry (14). V rámci stopových prvkov patrí nikel k plošne najmenej variabilným prvkom s koeficientom $v_p = 38\%$ (tab. 07.4). Najmenšia stabilita z časového hľadiska bola vypočítaná v sedimentoch Nitry (lokalita č. 14), Hrona (19) a Hornádu (32).

Priemerná koncentrácia **medi** dosiahla hodnotu 41,6 mg.kg⁻¹, medián 27,9 mg.kg⁻¹ (tab. 07.3). Distribúcia medi je do značnej miery podmienená jej obsahom v horninovom prostredí, výskytom rudných mineralizácií a v nemalej miere aj antropogénnymi aktivitami (napr. aplikácia fungicídov v poľnohospodárstve, vinohradníctve a pod.). Najvyššie koncentrácie medi (tab. 07.5.) geogénneho, resp. geogénno-antropogénneho pôvodu (zvyčajne nad 50 mg.kg⁻¹) boli zistené v riečnych sedimentoch Spišsko-gemerského rudohoria, resp. stredoslovenských neovulkanitov – povodia Hnilec (lokalita č. 33 – ďaleko najvyššia hodnota mediánu 333 mg.kg⁻¹), Štiavnica (25), Hron (20, 52, 53) a Hornádu (32). Zvýšené obsahy medi na lokalite Malý Dunaj (1) môžu byť čiastočne aj antropogénneho pôvodu. Najnižšie koncentrácie medi (zvyčajne pod 18 mg.kg⁻¹) boli sledované vo vážskych sedimentoch (lokalita č. 5, 12), resp. sedimentoch Hrona (51), Dunaja (46, 47), Ipľa (24), Muráňa (28), Torusy (34) a Ondavy (38). Pre meď je typická výrazná plošná variabilita ($v_p = 204\%$), ktorá je spôsobená najmä lokálnym výskytom veľmi vysokých – anomálnych koncentrácií medi predovšetkým v znosových zrudnených oblastiach (tab. 07.4). Z pohľadu

zmeny obsahov medi v čase boli výrazne najvariabilnejšie obsahy pozorované v sedimentoch Hornádu (lokalita č. 32).

Chróm spolu s niklom patria k stopovým prvkom s nízkou plošnou variabilitou obsahov v rámci monitorovaných lokalít ($v_p = 40\%$). Z pohľadu časových zmien boli najvariabilnejšie obsahy chrómu sledované v sedimentoch Dunaja (lokalita č. 47) a Váhu (12). Priemerná koncentrácia chrómu v monitorovaných sedimentoch je $71,8 \text{ mg.kg}^{-1}$, resp. medián $63,3 \text{ mg.kg}^{-1}$ (tab. 07.3). Všeobecne je distribúcia chrómu výrazne ovplyvňovaná horninovým prostredím. Podobne ako v prípade niklu, anomálne, resp. nadpriemerné obsahy chrómu (nad 85 mg.kg^{-1}) sú podmienené jeho obsahom v zdrojových horninách paleogénnych sedimentov. Vďaka dobrej odolnosti voči zvetrávaniu chróm zvyčajne migruje na veľké vzdialenosti. Najvyššie koncentrácie chrómu (nad 95 mg.kg^{-1}) pravdepodobne geogénneho pôvodu boli zistené v sedimentoch Váhu (lokalita č. 48), Kysuce (58), Latorice (44), Tople (54), Bodrogu (45) a Moravy (2, 3). V povodí Nitry (15, 50), Myjavy (56) a Malého Dunaja (1) je možné predpokladať skôr antropogénny pôvod nadpriemerných obsahov chrómu v riečnom sedimente (tab. 07.5). Oblasti jadrových pohorí, Spišsko-gemerského rudohoria a neovulkanitov sa vyznačujú zväčša podpriemernými koncentraciami chrómu pod 55 mg.kg^{-1} – Váh (lokality č. 5, 6, 12), Nitra (14), Hron (51, 52), Štiavnica (25), Ipel' (26) a Hornád (35).

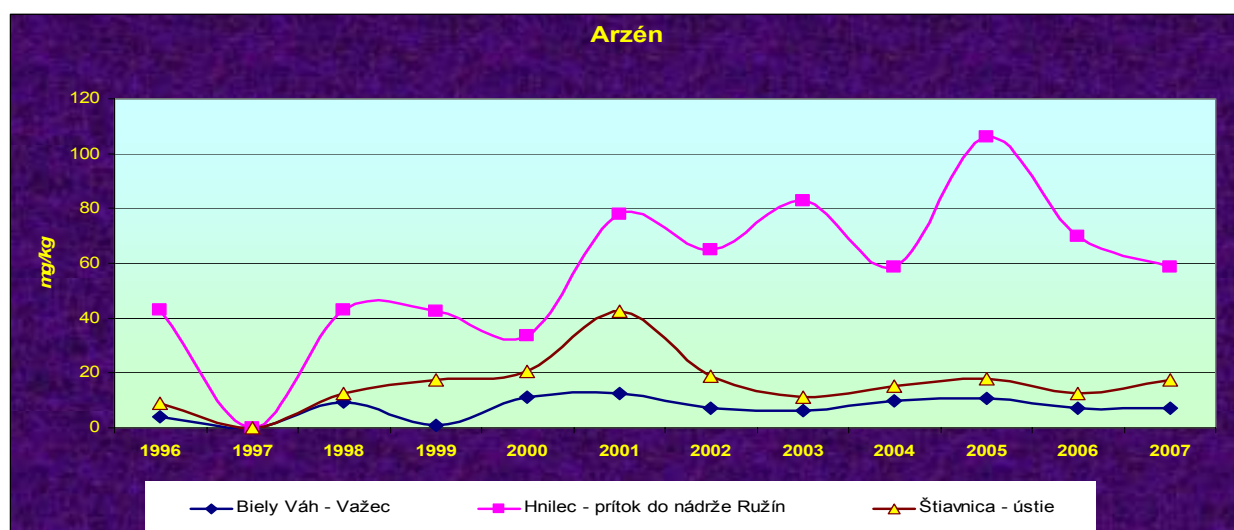
Zinok sa vyznačuje výraznou plošnou variabilitou obsahov ($v_p = 136\%$), ktorá je spôsobená predovšetkým lokálnym výskytom veľmi vysokých – anomálnych koncentrácií v zrudnených znosových oblastiach (tab. 07.4). Výrazne najvariabilnejšie obsahy zinku v čase boli zaznamenané pre sedimenty Hornádu (lokalita č. 32) a Váhu (11). Priemerná koncentrácia zinku predstavuje hodnotu 198 mg.kg^{-1} , medián 124 mg.kg^{-1} (tab. 07.3). Výraznejšie anomálie distribúcie zinku nad 300 mg.kg^{-1} sú v riečnych sedimentoch viazané predovšetkým na geogénne, resp. geogénno-antropogénne podmienené anomálie v zrudnených oblastiach (tab. 07.5). Ide predovšetkým o oblasť stredoslovenských neovulkanitov – sedimenty Štiavnice (lokalita č. 25 – ďaleko najvyššia hodnota mediánu analyzovaných vzoriek 1537 mg.kg^{-1}), Hrona (20, 52, 53), Ipľa (23, 26) a oblasť Spišsko-gemerského rudohoria – sedimenty Hnilca (33). Ďalším potenciálnym zdrojom anomálnych koncentrácií zinku sú antropogénne aktivity spojené predovšetkým so širokým uplatnením zinku v rozličných priemyselných odvetviach a poľnohospodárstve. Predpokladáme, že čiastočne z antropogénnej činnosti pochádzajú vysoké obsahy zinku v sedimentoch Malého Dunaja (1) a Myjavy (56). Najnižšie obsahy zinku (zvyčajne pod 90 mg.kg^{-1}) zodpovedajú najmä prostrediu jeho nízkych koncentrácií v materskom horninovom substráte – paleogén flyšového pásma, resp. karbonátogénne horninové prostredie, a sú charakteristické najmä

pre vážske sedimenty (lokality č. 8, 12, 49), resp. toky Východoslovenskej nížiny a priľahlých oblastí (34, 37-38, 54-55).

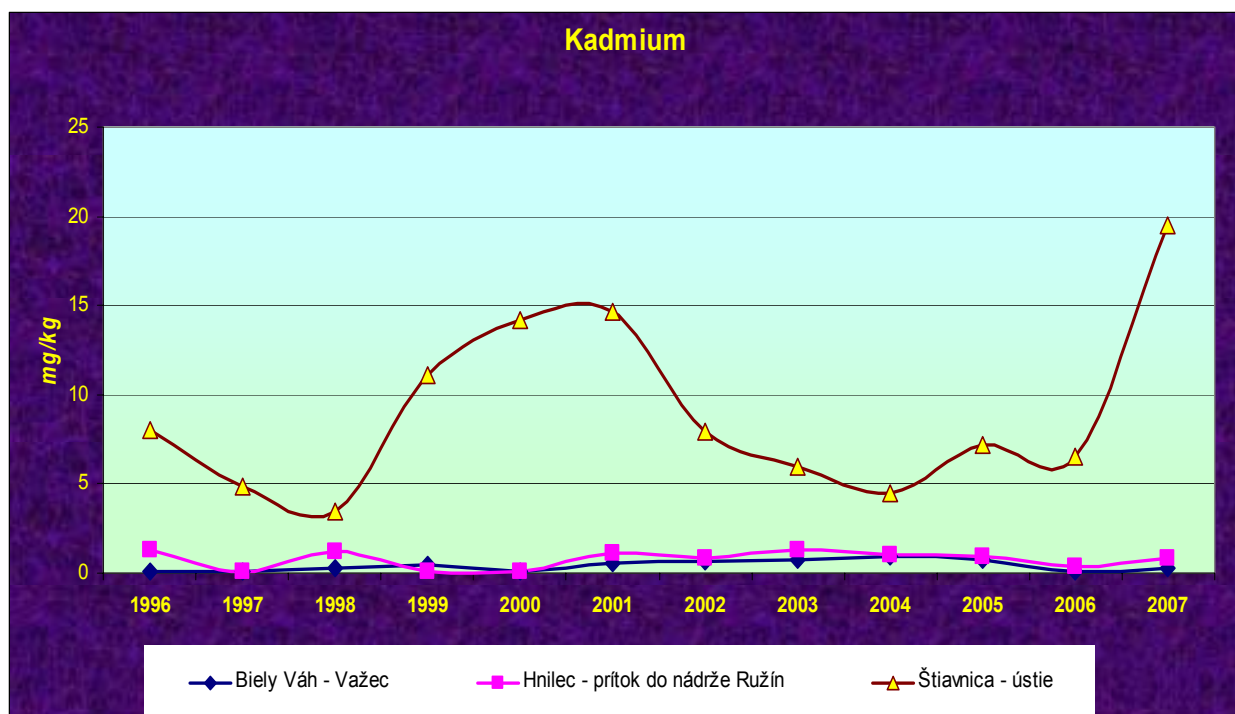
Priemerná koncentrácia **kobaltu** v monitorovaných lokalitách je $11,4 \text{ mg.kg}^{-1}$, resp. medián $10,6 \text{ mg.kg}^{-1}$. (tab. 07.3). Distribúcia kobaltu sa v monitorovaných lokalitách vyznačuje pomerne vyrovnanými obsahmi pohybujúcimi sa prakticky v rozmedzí $6\text{-}14 \text{ mg.kg}^{-1}$ (koeficient plošnej variability $v_p = 44\%$) – tab. 07.4. Výrazne najvariabilnejšie obsahy kobaltu boli zistené v sedimentoch Hornádu (lokality č. 32). Najvyššia hodnota mediánu ($27,18 \text{ mg.kg}^{-1}$) bola vypočítaná pre monitorovanú lokalitu Hnilec (č. 33) v Spišsko-gemerskej oblasti. Zvýšené obsahy Co vzhľadom k jeho distribúcii v materskom horninovom substráte by boli očakávané v prostredí neovulkanitov, avšak výraznejšie anomálie v týchto oblastiach neboli zaznamenané – tab. 07.5.

Prvky nestabilné, resp. nízkou stabilitou obsahov v riečnom sedimente

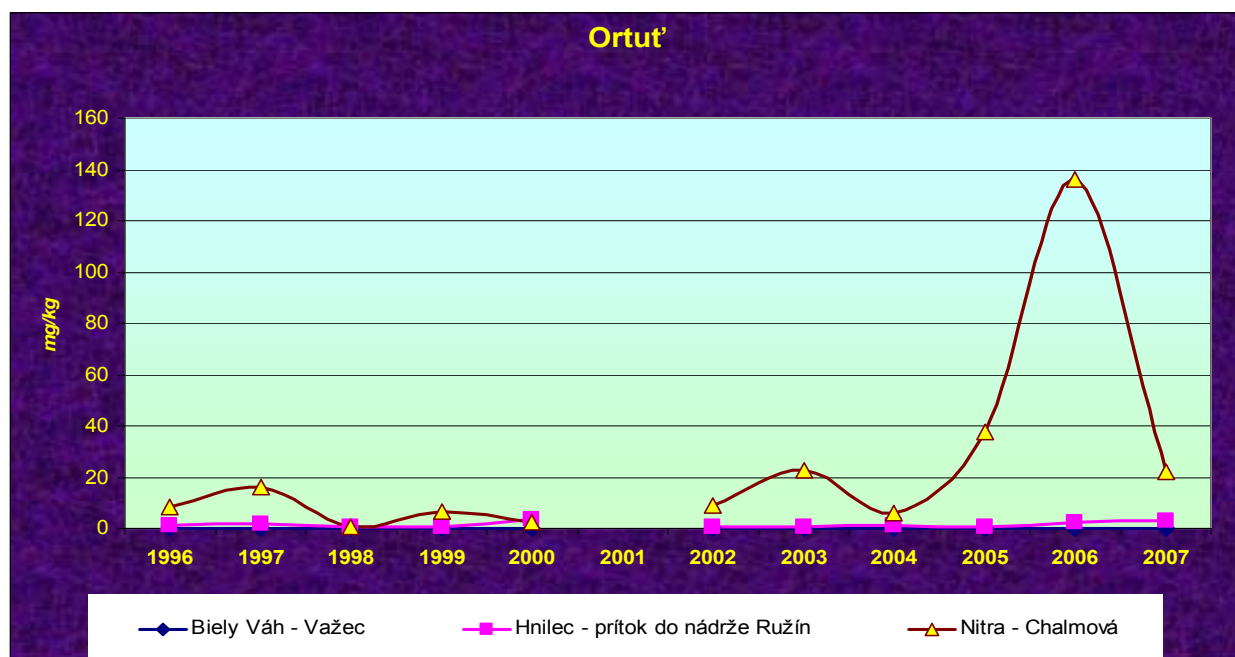
Do tejto skupiny bola zaradená väčšina stopových prvkov – As, Se, Pb, Hg, Cd, Sb. Všeobecne je distribúcia stopových prvkov kontrovaná intenzitou ich uvoľňovania zo zdrojového prostredia (prírodný alebo antropogénny charakter), resp. zložením a celkovým charakterom sedimentu (podiel organickej hmoty, ílovej frakcie, obsah Fe a Mn oxidov a veľkosť zŕn vo frakcii). Príklady prvkov s nestabilnými obsahmi (arzén, kadmium, ortuť) sú pre vybrané monitorované lokality uvedené na obr. 07.5, 07.6 a 07.6. Z obrázkov je zrejma rôzna miera variability obsahov prezentovaných prvkov pre rôzne monitorované lokality, ktorá pravdepodobne v značnej miere odráža aktuálny podiel antropogénneho, resp. geogénno-antropogénneho ovplyvnenia v príslušnom časovom období.



Obr. 07.5 Časový vývoj koncentrácií arzénu na vybraných monitorovaných lokalitách



Obr. 07.6 Časový vývoj koncentrácií kadmia na vybraných monitorovaných lokalitách



Obr. 07.7 Časový vývoj koncentrácií ortuť na vybraných monitorovaných lokalitách

Distribúcia **arzénu** v riečnych sedimentoch Slovenska má viaceré špecifiká. Nadpriemerné (anomálne) obsahy As sú vo veľkej miere podmienené výskytom rudných mineralizácií, na druhej strane však môžu odrážať aj antropogénnu činnosť v príslušnej oblasti. Priemerná koncentrácia arzénu všetkých meraní je $20,0 \text{ mg.kg}^{-1}$, resp. medián $10,1 \text{ mg.kg}^{-1}$ (tab. 07.3). Veľmi výrazná variabilita obsahov As naznačuje jeho zložité migračné vlastnosti v prírodnom systéme ($\bar{v}_c = 64\%$, $v_p = 573\%$ – tab. 07.4). Výrazne

najvariabilnejšie obsahy arzénu v čase boli zaznamenané v sedimentoch Hornádu (32). Geogénne, resp. geogénno-antropogénne podmienené najvyššie obsahy arzénu (obvykle nad 40 mg.kg^{-1}) boli sledované na lokalitách Hnilec (č. 33) a Slaná (29) – tab. 07.3 a 07.5, kde sú zdrojom arzénu najmä greizenizované granity gemerika a početné rudné mineralizácie viazané na tento región, ktoré boli v minulosti ťažené a upravované. Podobného charakteru sú anomálie (zvyčajne $30\text{--}40 \text{ mg.kg}^{-1}$) 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 anomálne obsahy As (zväčša nad 20 mg.kg^{-1}) v sedimentoch Ondavy (lokalita č. 38, zdrojom je odkalisko Poša) a Nitry (14, 15, 50), kde zdrojom As je najmä banská a úpravárenská činnosť v oblasti Hornej Nitry. Najnižšie koncentrácie arzénu (zvyčajne pod 7 mg.kg^{-1}) boli sledované v sedimentoch Dunaja (46, 47), niektorých tokov Východoslovenskej nížiny (37, 42, 55), Váhu (6, 12, 49) a Torysy (34).

Koncentrácie **kadmia** sú v riečnych sedimentoch zvyčajne veľmi nízke s priemernou hodnotou všetkých meraní $0,77 \text{ mg.kg}^{-1}$, resp. mediánom $0,53 \text{ mg.kg}^{-1}$ (tab. 07.3). Ďaleko najvyššie obsahy Cd boli sledované na toku Štiavnica (lokalita č.25) s priemernou hodnotou $9,17 \text{ mg.kg}^{-1}$ a mediánom $7,9 \text{ mg.kg}^{-1}$. Vysoké koncentrácie Cd (väčšinou v rozpätí $0,7\text{--}2,0 \text{ mg.kg}^{-1}$) boli ďalej zaznamenané v znosových oblastiach Ipľa (26) a Hrona (52, 53) – tab. 07.3, 07.5. Dôvodom týchto prevažne geogénnych, resp. geogénno-antropogénnych vysokých obsahov je prirodzený výskyt kadmia v rudných mineralizáciách neovulkanitov čiastočne mobilizovaný ťažobnou a úpravárenskou činnosťou (predovšetkým ide o banskoštiavnickú rudnú oblasť). Najnižšie koncentrácie arzénu (zvyčajne pod $0,25 \text{ mg.kg}^{-1}$) boli sledované v sedimentoch Váhu (12, 49), Kysuce (58), Popradu (31) a niektorých tokov Východoslovenskej nížiny (38, 42, 54, 55). Plošná variabilita kadmia je vysoká s hodnotou $v_p = 198\%$ (tab. 07.4). Najvýraznejšie zmeny obsahov kadmia v čase boli sledované v sedimentoch Hornádu (lokalita č. 32) a Laborca (42). Rozsah a rýchlosť koncentračných zmien zvyčajne značne závisí od charakteru zdroja znečistenia a aktuálnych hydrodynamických a geochemických podmienok v prostredí (systéme).

Priemerná koncentrácia **olova** zo všetkých meraní je $42,9 \text{ mg.kg}^{-1}$, resp. medián $27,7 \text{ mg.kg}^{-1}$ (tab. 07.3). Distribúcia olova môže byť podobne ako v prípade zinku okrem prírodných daností (nadväznosť s materským horninovým prostredím) podmienená aj antropogénnym znečistením. Z hľadiska prírodných zdrojov sú vysoké koncentrácie Pb v riečnych sedimentoch viazané predovšetkým na výskyt polymetalických ložísk (neovulkanity). Rozsiahla banská činnosť v týchto oblastiach spojená s ťažbou a úpravou rúd podmieňujú vysoké koncentrácie olova – ďaleko najvyššie koncentrácie Pb boli zistené na toku Štiavnica (lokalita č. 25) s najvyššou hodnotou mediánu 467 mg.kg^{-1} (tab. 07.5). Vysoké

obsahy Pb (zvyčajne nad $50,0 \text{ mg.kg}^{-1}$) viazané na polymetalické zrudnenie v stredoslovenských neovulkanitoch, resp. zrudnenie v oblasti Spišsko-gemerského rudohoria boli dokumentované v sedimentoch Ipľa (23, 26), Hrona (20, 52-53) a Hnilca (33). Výrazná plošná variabilita hodnôt ($v_p = 182\%$) zaraďuje olovo v rámci stopových prvkov medzi výrazne variabilné prvky (tab. 07.4). Variabilita obsahov Pb je spôsobená výskytom anomálnych koncentrácií predovšetkým v zrudnených oblastiach, o čom svedčí aj výrazný rozdiel medzi vypočítanou priemernou koncentráciou, resp. hodnotou mediánu všetkých meraní.

Distribúcia **ortuti** v riečnych sedimentoch Slovenska sa okrem nestabilných obsahov v čase vyznačuje najvýraznejšou plošnou variabilitou s hodnotou $v_p = 621\%$ (tab. 07.4). Variabilita obsahov Hg v priestore a čase je podmienená jednak aktuálnym uvoľňovaním zo sekundárnych zdrojov, resp. zložitou jej geochemických – migračných vlastností. Najvýraznejšie zmeny obsahov medi v čase boli sledované v sedimentoch Nitry (lokality č. 14), Hrona (20) a Laborca (42). Priemerná koncentrácia ortuti všetkých meraní je $1,01 \text{ mg.kg}^{-1}$, resp. medián iba $0,12 \text{ mg.kg}^{-1}$ (tab. 07.3). Najvyššie obsahy ortuti (zvyčajne nad $0,5 \text{ mg.kg}^{-1}$) boli zistené v sedimentoch v Spišsko-gemerskom rudohorí, resp. v okolí Banskej Bystrice a sú spojené s výskytom Hg zrudnení (geogénno-antropogénne anomálne oblasti). Jedná sa najmä o monitorovacie stanovišťa na Hornáde (lokality č. 32), Hnilci (33) a Slanej (29) – tab. 07.5. 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 najmä v sedimentoch Váhu (5, 8, 12) a v tokoch Východoslovenskej nížiny (37-38, 54, 55).

Priemerná koncentrácia **antimónu** všetkých meraní je $2,94 \text{ mg.kg}^{-1}$, medián však iba $0,70 \text{ mg.kg}^{-1}$ (tab. 07.3). Podobne ako v prípade ďalších stopových prvkov (napr. Hg, Zn, Pb, Cu), aj vysoké obsahy antimónu sú v riečnych sedimentoch zvyčajne dôsledkom geogénno-antropogénnych anomálií v Spišsko-gemerskom rudohorí, resp. v stredoslovenských neovulkanitoch. Zvyčajne ide o obsahy antimónu nad 4 mg.kg^{-1} , ktoré boli zaznamenané na monitorovaných stanovištiach Hnilec (lokality č. 33), Hron (19-20, 52, 53), Slaná (29), Ipeľ (23) a Hornád (32, 35) – tab. 07.5. V ostatných monitorovaných lokalitách boli sledované podstatne nižšie koncentrácie antimónu väčšinou do 1 mg.kg^{-1} . Pre antimón v riečnych sedimentoch je charakteristická výrazná plošná variabilita hodnôt ($v_p = 256\%$) – (tab. 07.4).

Koncentrácie **selénu** dosahujú v riečnych sedimentoch veľmi nízke hodnoty (priemer $0,34 \text{ mg.kg}^{-1}$, medián $0,30 \text{ mg.kg}^{-1}$) – tab. 07.3. Plošná variabilita obsahov Se v porovnaní s inými stopovými prvkami je pomerne nízka – $v_p = 85\%$ (tab. 07.4). Najvyššie

koncentrácie selénu zvyčajne nad $0,5 \text{ mg.kg}^{-1}$ (tab. 07.5) boli zaznamenané v sedimentoch Nitra (stanovište č. 50), Myjavy (56), Turca (57), Malého Dunaja (1), Nitra (14), Ipľa (23), Hnilca (33), Váhu (48) a Moravy (2). Najnižšie koncentrácie selénu zvyčajne pod $0,2 \text{ mg.kg}^{-1}$ (tab. 07.5) boli zistené v sedimentoch Laborca (stanovište č. 55), Ipľa (26), Dunaja (46, 47), Muráňa (28), Váhu (8, 13).

Tab. 07.3 Základné štatistické parametre analyzovaných zložiek za obdobie rokov 1996-2008 (110 %C - strata sušením pri 110 oC; 110-380 °C - strata žíhaním pri 110-380 °C; 110-450 °C - strata žíhaním pri 110-450 °C; >380 °C - strata žíhaním nad 380 °C; >450 °C - strata žíhaním nad 450 °C; x - aritmetický priemer; med - medián; s - smerodajná odchýlka)

lokality	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
110 °C	2,62	2,18	2,18	2,45	2,13	1,14	1,99	1,55	1,13	1,80	1,11	1,46	1,71	1,33	1,12	0,79	0,79	0,26	1,50	1,26	0,81
110-380 °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
110-450 °C	7,70	7,50	1,02	6,31	5,93	1,01	3,98	3,74	0,93	11,8	8,38	9,03	11,7	11,0	3,51	3,05	2,57	1,77	3,61	3,66	0,65
>380 °C	11,5	11,5	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	11,1	10,9	1,34
>450 °C	11,2	10,7	0,88	4,44	4,52	0,66	2,99	3,03	0,65	8,58	8,04	2,23	2,31	2,13	0,57	5,40	5,68	0,61	11,0	11,2	0,67
Na (%)	0,72	0,70	0,07	0,77	0,77	0,10	0,86	0,84	0,07	1,35	1,23	0,33	1,41	1,45	0,10	0,98	0,99	0,07	0,74	0,74	0,06
K (%)	1,62	1,64	0,15	1,71	1,69	0,15	1,57	1,55	0,11	1,62	1,58	0,24	1,49	1,47	0,21	1,14	1,06	0,17	1,30	1,25	0,14
Mg (%)	2,28	2,31	0,14	0,93	0,89	0,14	0,69	0,67	0,05	2,59	2,83	0,97	0,87	0,83	0,23	1,17	1,18	0,14	2,02	2,02	0,30
Ca (%)	7,00	6,88	0,64	2,33	2,18	0,69	1,87	2,07	0,65	3,95	4,01	1,79	1,46	1,24	0,62	3,85	3,72	0,66	6,95	6,98	0,72
Fe (%)	3,26	3,17	0,32	3,14	3,10	0,47	2,73	2,78	0,32	2,22	2,17	0,46	2,40	2,26	0,33	2,06	2,07	0,33	2,39	2,32	0,57
Mn (%)	0,12	0,12	0,02	0,18	0,15	0,05	0,17	0,15	0,09	0,06	0,06	0,02	0,11	0,10	0,03	0,08	0,08	0,02	0,13	0,13	0,04
Al (%)	5,67	5,62	0,52	5,55	5,49	0,77	4,96	5,11	0,52	5,35	4,98	1,08	5,65	5,63	0,49	4,24	4,38	0,62	4,35	4,15	0,67
As (ppm)	14,0	13,7	5,82	9,89	9,73	4,00	7,91	8,10	3,54	8,62	8,35	3,93	7,16	7,30	3,76	12,1	8,00	15,2	9,29	9,39	4,25
Cd (ppm)	0,92	0,90	0,60	0,73	0,72	0,38	0,59	0,60	0,38	0,46	0,40	0,42	0,41	0,30	0,30	0,58	0,60	0,52	0,66	0,53	0,44
Co (ppm)	11,9	12,0	2,29	13,3	12,0	4,50	10,9	9,8	3,25	8,97	8,55	2,31	9,05	8,61	2,09	8,32	7,80	2,19	8,99	8,00	3,47
Cr (ppm)	86,2	87,3	12,2	97,1	96,0	13,3	91,0	93,1	25,3	47,9	50,0	10,3	55,4	54,3	12,6	75,8	60,2	42,9	72,6	66,4	18,6
Cu (ppm)	54,3	58,2	12,8	33,7	33,0	7,6	30,0	29,0	8,4	15,6	16,3	6,0	19,8	18,3	11,2	25,0	20,7	12,2	49,7	32,8	36,1
Hg (ppm)	0,45	0,49	0,16	0,22	0,18	0,18	0,19	0,13	0,17	0,07	0,06	0,04	0,08	0,08	0,05	0,06	0,05	0,03	0,26	0,11	0,30
Ni (ppm)	40,7	41,2	4,7	41,7	40,8	6,9	33,8	34,0	5,6	20,1	19,4	4,2	28,6	26,6	8,2	27,5	26,6	6,7	33,6	33,8	8,0
Pb (ppm)	40,2	42,7	13,4	28,7	29,9	7,6	44,6	29,0	72,7	25,3	27,5	10,4	21,4	24,3	10,3	37,3	23,3	44,9	50,5	28,1	77,7
Sb (ppm)	2,89	1,10	6,76	0,55	0,60	0,46	0,45	0,50	0,36	0,72	0,79	0,55	0,95	0,57	0,87	0,46	0,50	0,37	0,88	0,90	0,64
Se (ppm)	0,60	0,62	0,36	0,50	0,50	0,34	0,37	0,42	0,22	0,38	0,27	0,34	0,34	0,32	0,23	0,30	0,20	0,22	0,38	0,34	0,26
Zn (ppm)	341	358	81	181	168	26	154	153	31	98	94	24	98	103	18	86	85	19	219	116	278

Tab. 07.3 pokračovanie

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
110 °C	0,93	0,66	1,09	1,15	1,15	0,47	2,03	1,97	1,00	1,88	1,56	0,64	1,36	0,86	1,00	2,07	1,41	1,96	2,58	2,19	1,33
110-380 °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
110-450 °C	2,65	2,91	1,12	3,44	4,10	1,44	13,3	10,6	5,16	5,49	5,68	0,54	5,95	6,66	2,29	8,96	8,84	1,51	9,34	11,58	4,12
>380 °C	11,2	11,5	0,97	10,7	10,4	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
>450 °C	12,5	12,6	0,41	9,01	8,92	0,96	6,26	5,07	2,47	4,14	3,70	0,83	4,59	4,65	0,43	6,49	6,30	1,43	2,52	2,52	0,71
Na (%)	0,91	0,94	0,08	0,86	0,87	0,09	0,84	0,86	0,14	0,91	0,91	0,10	1,47	1,46	0,17	1,18	1,18	0,15	1,06	1,11	0,23
K (%)	1,04	1,05	0,12	1,16	1,13	0,22	1,21	1,20	0,14	1,53	1,56	0,10	1,66	1,69	0,16	1,70	1,72	0,21	1,60	1,66	0,23
Mg (%)	2,08	2,06	0,14	2,09	2,08	0,33	1,07	1,00	0,23	1,05	1,06	0,08	1,53	1,59	0,30	1,95	1,91	0,27	0,88	0,89	0,04
Ca (%)	7,83	7,79	1,01	6,75	6,80	1,18	5,86	5,31	2,73	3,09	3,11	0,64	2,48	2,52	0,68	3,32	3,11	0,68	1,18	1,16	0,16
Fe (%)	1,64	1,63	0,33	2,18	2,00	0,43	2,64	2,68	0,46	2,72	2,71	0,26	2,78	2,68	0,30	2,94	2,79	0,51	3,74	3,59	0,70
Mn (%)	0,08	0,08	0,02	0,09	0,09	0,02	0,06	0,05	0,01	0,07	0,07	0,01	0,06	0,05	0,01	0,06	0,06	0,01	0,09	0,09	0,02
Al (%)	3,55	3,53	0,58	4,44	4,09	1,09	4,50	4,59	0,87	5,57	5,62	0,48	6,14	5,96	0,60	6,15	6,17	0,91	6,92	6,72	0,81
As (ppm)	6,66	6,67	3,11	9,40	9,95	4,11	45,5	41,7	37,9	25,0	22,8	11,6	23,2	25,6	10,9	35,7	35,9	14,8	13,5	13,1	7,3
Cd (ppm)	0,39	0,12	0,38	0,56	0,57	0,34	0,45	0,25	0,39	0,51	0,50	0,33	0,42	0,30	0,32	0,44	0,30	0,32	0,55	0,60	0,36
Co (ppm)	7,04	7,44	2,00	7,63	8,00	2,21	9,5	10,2	2,55	10,3	9,23	3,60	8,64	8,00	2,49	11,5	10,4	2,54	13,2	13,1	3,57
Cr (ppm)	57,7	43,9	40,5	70,2	60,7	28,9	48,1	47,1	12,5	104,1	97,1	32,5	57,5	57,1	11,1	59,4	55,9	13,0	89,1	72,2	42,6
Cu (ppm)	11,5	11,1	4,6	20,9	19,5	7,2	35,3	31,0	27,0	30,8	23,9	22,6	33,1	32,3	10,7	84,3	81,0	24,0	33,0	29,7	16,4
Hg (ppm)	0,07	0,06	0,03	0,66	0,56	0,41	23,10	9,67	37,05	3,38	3,38	1,73	0,10	0,08	0,04	0,82	0,29	1,29	0,45	0,30	0,50
Ni (ppm)	20,6	21,7	5,1	24,5	23,3	8,3	20,1	20,0	8,0	24,2	25,3	4,1	20,3	18,0	9,7	22,5	23,0	4,8	29,3	27,2	8,1
Pb (ppm)	14,2	16,0	6,8	23,4	23,0	8,8	27,1	31,9	11,3	24,2	25,9	9,2	35,6	34,9	13,3	55,8	56,0	22,1	81,9	65,6	45,1
Sb (ppm)	0,59	0,55	0,44	0,68	0,70	0,53	0,68	0,80	0,49	0,79	0,55	0,76	8,55	7,54	7,33	17,14	17,60	12,09	3,44	2,73	3,45
Se (ppm)	0,21	0,21	0,23	0,26	0,19	0,20	0,63	0,60	0,52	0,42	0,40	0,20	0,30	0,30	0,28	0,34	0,39	0,25	0,67	0,60	0,71
Zn (ppm)	57	61	13	114	108	38	141	117	58	128	121	25	141	138	26	226	211	58	387	387	112

Tab. 07.3 pokračovanie

lokality	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
110 °C	2,65	2,47	1,43	2,73	2,75	1,08	2,01	1,99	0,94	1,35	1,06	0,79	0,88	0,77	0,44	1,34	1,08	0,89	1,64	1,22	1,48
110-380 °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
110-450 °C	4,88	4,60	2,34	5,38	5,31	1,71	3,13	3,93	1,54	7,16	9,24	3,81	7,56	7,37	1,87	10,07	9,70	4,22	6,56	6,55	0,28
>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
>450 °C	3,71	2,12	3,37	1,70	1,59	0,38	1,12	1,51	0,70	2,40	2,11	0,75	3,42	3,40	0,06	3,16	2,84	0,88	3,68	3,35	0,63
Na (%)	0,91	0,89	0,16	0,95	0,96	0,09	1,06	1,09	0,10	1,65	1,69	0,25	1,69	1,75	0,20	1,04	1,02	0,14	1,45	1,51	0,20
K (%)	1,36	1,40	0,15	1,52	1,52	0,08	1,26	1,30	0,15	1,65	1,65	0,17	1,24	1,20	0,14	1,79	1,77	0,24	1,54	1,55	0,17
Mg (%)	0,76	0,73	0,22	0,68	0,66	0,07	0,80	0,75	0,17	0,96	0,98	0,08	2,49	2,69	0,60	0,80	0,76	0,19	1,22	1,23	0,19
Ca (%)	1,41	1,21	0,92	1,49	1,49	0,27	1,64	1,55	0,45	1,38	1,42	0,24	2,70	2,59	0,48	1,66	1,65	0,39	2,33	2,24	0,68
Fe (%)	3,48	3,35	0,40	3,69	3,64	0,51	4,01	3,95	0,75	3,06	2,97	0,29	3,11	3,12	0,35	3,83	3,95	0,54	2,63	2,53	0,44
Mn (%)	0,16	0,14	0,07	0,21	0,16	0,15	0,13	0,13	0,03	0,09	0,08	0,05	0,10	0,10	0,02	0,13	0,12	0,02	0,06	0,07	0,02
Al (%)	6,22	6,25	0,57	6,23	6,26	0,50	6,02	6,20	0,65	6,96	7,16	0,57	6,03	5,89	0,35	5,91	6,02	0,51	6,06	6,10	0,64
As (ppm)	8,46	8,20	5,76	16,4	17,3	9,55	7,05	8,10	3,68	11,7	13,5	5,33	9,8	10,6	4,31	37,7	39,2	16,5	9,24	9,07	4,17
Cd (ppm)	0,33	0,27	0,27	9,17	7,90	4,73	2,17	1,88	0,82	0,52	0,50	0,30	0,46	0,54	0,35	0,56	0,53	0,35	0,41	0,51	0,29
Co (ppm)	13,4	13,0	5,03	14,6	14,0	3,82	14,4	13,6	3,95	11,9	13,0	3,98	11,5	11,0	2,74	11,8	11,0	2,21	12,5	12,0	3,55
Cr (ppm)	60,4	61,8	11,8	48,5	49,0	7,4	52,3	52,5	11,3	60,0	59,7	7,3	57,1	55,2	12,3	65,0	62,0	18,8	63,6	67,0	14,4
Cu (ppm)	15,4	16,0	7,2	106,4	104,2	32,3	34,1	36,6	10,9	27,9	29,4	10,7	18,7	17,4	9,1	47,8	43,1	18,0	32,9	32,6	16,1
Hg (ppm)	0,08	0,07	0,03	0,14	0,14	0,06	0,07	0,07	0,03	0,19	0,14	0,18	0,10	0,07	0,09	0,94	0,57	0,73	0,20	0,21	0,10
Ni (ppm)	21,6	21,1	6,1	16,6	16,9	4,1	16,2	17,8	5,0	23,7	24,4	4,6	20,5	19,0	4,9	28,2	28,7	4,4	40,2	39,0	8,8
Pb (ppm)	25,0	24,0	10,9	486,9	467,1	201,5	110,8	106,8	43,5	28,1	30,2	10,6	28,0	28,0	9,1	35,9	32,2	12,4	31,0	31,0	10,3
Sb (ppm)	0,88	0,80	0,83	1,14	1,20	0,77	0,42	0,26	0,35	1,05	1,00	0,90	1,00	0,90	0,78	15,77	15,47	12,48	1,08	0,90	0,96
Se (ppm)	0,28	0,29	0,22	0,23	0,26	0,16	0,13	0,10	0,16	0,33	0,40	0,24	0,18	0,16	0,18	0,30	0,34	0,23	0,33	0,36	0,18
Zn (ppm)	126	138	31	1597	1537	696	444	435	76	135	130	35	94	91	14	168	174	61	163	171	48

Tab. 07.3 pokračovanie

lokality	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
110 °C	1,18	1,03	0,77	1,30	0,64	1,28	1,98	2,04	0,74	0,85	0,75	0,43	1,57	1,25	1,38	1,90	1,81	0,73	1,25	1,22	0,56
110-380 °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
110-450 °C	4,12	4,99	1,79	5,19	6,32	2,42	7,64	9,80	4,09	2,47	2,05	1,23	4,30	4,43	1,52	5,64	7,19	2,82	2,33	2,37	0,33
>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
>450 °C	4,23	4,78	1,38	4,46	4,37	0,29	2,63	2,60	0,43	3,84	3,85	0,47	4,54	4,58	0,34	4,34	4,47	0,67	2,94	2,76	0,99
Na (%)	1,17	1,16	0,16	1,00	1,00	0,11	1,01	1,00	0,11	1,09	1,09	0,13	0,98	0,96	0,11	0,96	0,95	0,12	0,89	0,88	0,22
K (%)	1,50	1,47	0,16	1,50	1,44	0,29	2,23	2,23	0,34	1,39	1,35	0,15	1,52	1,48	0,21	1,60	1,57	0,26	1,38	1,35	0,21
Mg (%)	1,18	1,22	0,23	1,21	1,10	0,34	0,90	0,90	0,08	0,84	0,87	0,11	1,19	1,20	0,15	1,06	1,03	0,17	0,70	0,65	0,21
Ca (%)	2,49	2,53	0,59	2,59	2,66	0,42	0,70	0,63	0,20	2,39	2,49	0,57	2,42	2,53	0,38	2,33	2,45	0,46	1,72	1,47	0,62
Fe (%)	2,52	2,45	0,45	3,61	2,61	3,45	6,26	5,30	3,19	2,15	2,11	0,25	2,54	2,54	0,20	2,74	2,68	0,35	2,42	2,40	0,21
Mn (%)	0,08	0,07	0,02	0,11	0,09	0,09	0,15	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 (%)	5,34	5,22	0,60	5,06	5,19	0,93	7,52	7,81	1,01	4,73	4,80	0,38	4,88	4,83	0,71	5,54	5,39	0,90	4,73	4,47	0,87
As (ppm)	7,55	8,10	3,17	223	13,20	759	57,2	58,7	26,1	6,10	6,87	3,01	14,2	15,1	5,29	11,1	12,3	4,95	6,62	5,90	3,96
Cd (ppm)	0,30	0,20	0,29	0,88	0,49	1,49	0,79	0,91	0,46	0,44	0,47	0,30	0,55	0,60	0,26	0,55	0,59	0,29	0,26	0,29	0,24
Co (ppm)	9,94	9,25	3,07	14,4	10,0	14,1	29,4	28,1	7,5	9,94	8,68	3,45	10,6	9,7	3,18	11,0	11,8	2,47	11,8	11,0	3,11
Cr (ppm)	80,0	67,7	30,8	74,2	57,1	31,1	78,9	75,0	12,5	67,7	54,3	32,3	65,9	52,8	25,4	71,1	68,5	22,7	82,0	62,8	41,4
Cu (ppm)	20,1	19,9	7,6	193	63,6	472	324	333	81,4	21,8	18,0	18,3	42,2	39,3	11,7	32,3	29,7	12,6	20,7	21,6	5,8
Hg (ppm)	0,11	0,09	0,06	8,54	8,54	4,70	1,45	1,01	1,10	0,17	0,10	0,20	0,61	0,50	0,46	0,37	0,30	0,20	0,05	0,04	0,03
Ni (ppm)	37,9	37,0	10,0	31,7	31,9	12,3	35,1	37,2	7,2	27,4	27,6	4,0	33,8	34,0	5,2	32,2	32,0	7,7	40,1	45,0	11,8
Pb (ppm)	22,0	25,0	9,2	35,8	24,4	37,0	68,7	69,0	25,1	20,0	22,1	9,3	25,8	27,1	9,8	25,0	25,4	10,3	18,1	17,1	10,5
Sb (ppm)	0,60	0,55	0,45	6,86	6,54	6,80	34,19	31,30	19,54	0,81	0,54	0,76	2,58	2,40	2,02	1,78	1,71	1,41	0,40	0,30	0,42
Se (ppm)	0,34	0,40	0,21	0,27	0,26	0,18	0,45	0,53	0,36	0,24	0,30	0,18	0,26	0,19	0,25	0,33	0,34	0,24	0,31	0,30	0,27
Zn (ppm)	102	104	31	214	127	319	465	394	173	88,6	81,0	24,8	150	139	42	145	142	47	77,3	71,8	23,4

Tab. 07.3 pokračovanie

lokality	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
110 °C	1,97	1,83	0,76	2,68	2,53	1,15	1,58	1,71	0,65	1,94	1,39	1,02	2,06	2,04	0,43	2,47	2,30	1,08	0,24	0,24	0,14
110-380 °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
110-450 °C	4,95	5,54	2,66	5,66	5,39	1,38	3,75	3,70	0,65	4,47	4,93	1,50	5,90	6,15	0,70	4,35	4,33	0,58	1,33	1,37	0,11
>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
>450 °C	2,38	2,36	0,86	3,06	2,83	0,61	2,00	2,01	0,32	1,88	1,96	0,17	3,19	3,03	0,74	2,23	2,34	0,21	11,97	12,99	1,82
Na (%)	0,82	0,83	0,12	0,87	0,86	0,13	0,82	0,86	0,13	0,94	0,96	0,13	0,86	0,84	0,15	0,88	0,87	0,12	1,04	1,12	0,17
K (%)	1,49	1,45	0,19	1,78	1,79	0,19	1,18	1,27	0,19	1,60	1,60	0,25	2,19	2,29	0,32	1,91	1,90	0,18	0,93	0,97	0,23
Mg (%)	0,56	0,54	0,07	0,82	0,81	0,12	0,64	0,63	0,06	0,80	0,77	0,12	1,15	1,16	0,19	0,90	0,90	0,08	3,09	3,06	0,25
Ca (%)	1,13	1,02	0,43	1,55	1,56	0,22	0,90	0,86	0,24	0,80	0,76	0,19	1,10	1,03	0,30	1,01	1,11	0,16	7,79	8,46	2,35
Fe (%)	2,49	2,35	0,33	3,17	3,19	0,38	2,68	2,68	0,30	3,37	3,31	0,43	4,48	4,55	0,65	3,70	3,65	0,50	2,83	2,72	0,62
Mn (%)	0,09	0,09	0,03	0,11	0,11	0,02	0,10	0,07	0,05	0,07	0,06	0,03	0,16	0,15	0,04	0,11	0,10	0,03	0,09	0,07	0,04
Al (%)	4,77	4,78	0,49	6,12	5,97	0,63	4,43	4,48	0,67	6,14	6,29	0,66	7,97	8,11	0,84	6,84	7,03	0,73	3,99	4,00	0,67
As (ppm)	35,5	17,4	34,6	25,1	16,8	18,5	6,36	6,88	2,33	8,00	8,70	3,13	13,0	13,2	5,95	14,9	12,6	9,70	4,63	3,65	2,77
Cd (ppm)	0,28	0,20	0,26	0,38	0,41	0,27	0,48	0,26	0,75	0,41	0,51	0,32	0,58	0,52	0,39	0,49	0,57	0,30	0,41	0,29	0,49
Co (ppm)	11,4	11,0	2,6	12,2	12,0	2,8	10,1	10,0	2,4	12,0	11,5	3,3	18,0	17,0	4,0	14,9	14,0	3,3	8,4	8,0	2,9
Cr (ppm)	71,5	56,6	28,3	85,9	78,4	20,5	65,9	61,5	16,9	76,0	76,7	8,9	109,4	109,6	16,3	92,5	94,0	11,4	59,2	58,0	15,9
Cu (ppm)	24,6	18,3	22,0	24,1	26,8	7,3	24,7	23,0	12,4	29,1	27,5	9,3	39,7	37,9	10,7	32,3	34,0	4,7	15,7	13,9	7,4
Hg (ppm)	0,08	0,07	0,03	0,14	0,10	0,12	0,18	0,10	0,30	0,10	0,10	0,05	0,10	0,09	0,04	0,11	0,10	0,09	0,10	0,07	0,08
Ni (ppm)	34,0	33,8	5,5	44,2	46,0	7,8	32,9	34,3	6,9	36,6	36,0	6,3	55,6	57,0	8,3	46,6	47,8	7,2	21,8	21,1	6,4
Pb (ppm)	18,8	20,6	6,0	23,8	24,3	6,1	22,3	23,0	12,0	24,9	25,1	10,3	27,6	30,9	10,0	24,2	25,0	8,5	19,0	18,7	9,9
Sb (ppm)	0,49	0,50	0,41	0,73	0,50	1,21	0,56	0,50	0,47	0,54	0,40	0,60	0,50	0,60	0,36	0,93	0,40	1,88	0,27	0,24	0,21
Se (ppm)	0,34	0,31	0,22	0,32	0,33	0,22	0,36	0,40	0,24	0,41	0,40	0,26	0,46	0,46	0,33	0,38	0,40	0,24	0,11	0,11	0,16
Zn (ppm)	82,9	85,8	20,8	117	122	20,0	104	99,0	20,7	117	111	26,4	140	142	16,1	117	120	16,6	73,3	73,5	22,1

Tab. 07.3 pokračovanie

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
110 °C	0,79	0,53	0,84	1,93	1,68	0,72	1,18	1,19	0,49	2,57	2,81	0,72	1,04	0,88	0,52	1,90	2,21	0,78	2,38	2,22	1,06
110-380 °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
110-450 °C	1,71	1,41	0,72	7,25	7,33	1,31	3,15	2,12	1,86	10,0	9,6	0,91	4,93	5,61	2,50	4,97	5,29	1,68	5,17	4,17	1,93
>380 °C	11,7	12,7	3,20	10,9	10,9	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
>450 °C	10,7	12,1	2,50	6,68	6,59	0,66	12,8	12,8	0,79	6,25	6,47	0,91	4,76	4,91	0,38	3,14	3,56	0,86	3,47	3,54	0,46
Na (%)	0,98	0,95	0,20	0,88	0,86	0,17	0,73	0,75	0,09	0,73	0,75	0,16	1,59	1,63	0,20	1,13	1,12	0,04	0,98	0,96	0,08
K (%)	1,04	1,02	0,25	1,59	1,52	0,24	1,20	1,24	0,26	1,61	1,61	0,15	1,91	1,93	0,16	1,57	1,56	0,10	1,57	1,54	0,10
Mg (%)	2,63	2,67	0,60	1,81	1,53	0,45	1,81	1,78	0,61	1,01	0,97	0,09	1,67	1,69	0,08	1,47	1,46	0,14	0,99	1,00	0,07
Ca (%)	7,67	7,77	2,06	5,52	4,47	2,04	7,03	7,72	2,40	3,98	4,55	1,54	2,62	2,63	0,27	2,36	2,41	0,23	2,00	1,79	0,66
Fe (%)	3,19	2,77	1,87	2,86	2,76	0,20	1,94	2,00	0,64	2,91	2,94	0,34	2,27	2,21	0,17	3,66	3,36	0,56	3,40	3,39	0,24
Mn (%)	0,12	0,09	0,09	0,12	0,14	0,04	0,06	0,05	0,02	0,12	0,06	0,08	0,05	0,05	0,01	0,10	0,09	0,02	0,13	0,12	0,04
Al (%)	4,26	4,20	0,74	5,58	5,32	0,63	3,84	4,17	0,94	5,70	5,75	0,49	6,26	6,41	0,61	6,30	6,29	0,53	6,43	6,64	0,37
As (ppm)	8,00	5,94	7,81	13,9	12,6	4,54	6,69	7,03	3,19	23,6	24,9	3,17	9,56	9,60	1,81	36,5	34,0	10,8	31,7	35,2	11,7
Cd (ppm)	0,63	0,58	0,43	0,68	0,50	0,49	0,40	0,20	0,47	0,94	0,72	0,73	0,49	0,20	0,55	1,34	1,40	0,29	1,37	1,41	0,67
Co (ppm)	9,38	9,12	3,86	10,6	10,0	2,83	7,40	8,00	3,27	10,4	10,0	1,75	6,86	6,00	1,88	13,7	13,6	2,73	12,7	13,3	2,18
Cr (ppm)	84,9	62,5	70,7	104	114	33,3	78,2	77,0	17,8	110	100	29,9	43,8	44,0	1,7	50,9	50,0	6,3	62,6	58,0	9,7
Cu (ppm)	17,2	16,8	8,7	37,4	38,0	8,3	23,3	23,5	10,3	41,1	41,0	3,5	14,6	16,0	3,1	74,4	72,0	9,9	48,2	51,6	17,6
Hg (ppm)	0,14	0,11	0,09	0,13	0,13	0,06	0,09	0,09	0,06	2,72	3,17	0,80	0,08	0,08	0,06	0,55	0,55	0,40	0,27	0,31	0,10
Ni (ppm)	22,0	21,3	4,1	35,3	32,1	7,4	27,7	31,7	8,8	28,7	30,0	4,2	14,9	14,0	4,7	18,6	19,0	3,8	22,1	23,0	3,3
Pb (ppm)	34,9	31,2	26,9	45,3	42,4	9,3	25,1	28,0	7,6	32,8	31,0	9,4	28,3	28,0	3,2	70,7	73,9	6,2	43,8	49,7	9,9
Sb (ppm)	0,48	0,45	0,30	2,91	2,90	1,29	0,92	0,65	0,43	1,02	0,80	0,45	1,26	0,93	0,86	11,09	13,60	5,55	6,02	4,80	2,76
Se (ppm)	0,14	0,16	0,18	0,55	0,52	0,17	0,34	0,20	0,26	0,68	0,70	0,23	0,24	0,30	0,22	0,18	0,26	0,19	0,31	0,40	0,27
Zn (ppm)	117	107	55,98	144	141	16,78	94,9	85,6	42,14	196	177	56,64	102	98,00	24,33	457	451	53,78	433	443	183

Tab. 07.3 pokračovanie

lokalita	54			55			56			57			58			59		
	x	med	s	x	med	s	x	med	s	x	med	s	x	med	s	x	med	s
110 °C	1,34	1,04	0,91	1,37	1,12	0,45	2,38	1,73	1,15	2,48	2,56	1,10	2,13	2,51	1,07	1,64	1,56	0,28
110-380 °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
110-450 °C	3,68	3,08	1,91	3,54	3,40	1,46	8,43	9,79	2,92	12,9	12,4	1,28	8,68	8,74	0,87	4,41	4,59	1,39
>380 °C	3,74	3,74	0,14	3,49	3,49	1,16	6,10	6,10	0,66	15,2	15,2	0,31	7,26	7,26	3,79	7,70	7,70	0,34
>450 °C	2,97	3,02	0,84	5,55	3,83	3,06	6,81	6,81	1,22	11,5	12,1	1,09	6,73	6,08	1,82	5,26	5,19	0,23
Na (%)	1,08	1,07	0,18	0,92	0,96	0,16	0,71	0,73	0,14	0,79	0,71	0,15	0,62	0,62	0,05	1,04	1,03	0,10
K (%)	1,69	1,68	0,32	1,43	1,43	0,09	1,59	1,63	0,06	1,17	1,27	0,18	1,45	1,59	0,38	1,47	1,46	0,08
Mg (%)	0,82	0,82	0,11	0,85	0,91	0,16	0,83	0,82	0,06	2,80	2,62	0,50	0,85	0,88	0,23	1,14	1,23	0,17
Ca (%)	1,77	1,87	0,33	3,11	2,22	2,43	4,49	3,97	1,10	8,87	8,38	1,39	5,04	4,27	2,01	4,30	4,06	0,61
Fe (%)	2,55	2,30	0,53	2,69	2,75	0,25	2,70	2,87	0,35	2,90	3,00	0,31	2,80	2,89	0,79	2,45	2,45	0,19
Mn (%)	0,08	0,06	0,03	0,07	0,08	0,01	0,13	0,10	0,05	0,06	0,05	0,01	0,08	0,06	0,05	0,11	0,10	0,05
Al (%)	5,70	5,38	0,71	4,86	4,88	0,30	4,73	4,65	0,40	4,88	4,93	0,27	5,00	5,57	1,50	5,14	5,17	0,21
As (ppm)	8,41	8,80	2,04	6,98	7,18	1,85	7,96	7,18	2,24	8,92	8,00	1,71	7,39	7,50	1,51	11,7	10,1	5,58
Cd (ppm)	0,29	0,20	0,42	0,30	0,20	0,35	0,52	0,40	0,27	0,77	0,40	0,56	0,50	0,40	0,25	0,55	0,20	0,58
Co (ppm)	10,4	10,0	1,8	10,2	10,0	1,6	8,6	8,0	1,3	9,8	8,0	2,5	10,5	11,0	2,0	7,9	7,0	1,8
Cr (ppm)	90,5	104,0	25,3	78,3	87,0	17,2	85,6	97,0	24,7	70,7	67,0	13,2	91,6	113	34,4	63,1	65,4	9,4
Cu (ppm)	23,0	21,9	7,5	26,2	25,0	6,6	31,4	30,5	6,0	42,4	41,0	7,3	40,7	44,0	6,4	24,0	25,0	4,0
Hg (ppm)	0,08	0,05	0,05	0,04	0,04	0,02	0,18	0,14	0,15	0,28	0,32	0,12	0,16	0,14	0,10	0,05	0,05	0,03
Ni (ppm)	37,0	33,0	9,2	38,1	40,0	6,9	37,0	39,0	4,8	32,7	33,0	2,9	47,4	51,0	15,2	24,1	23,1	3,1
Pb (ppm)	20,9	20,0	3,1	20,1	21,0	2,3	26,9	28,0	5,1	41,2	40,0	6,0	31,2	36,0	9,5	24,3	20,9	5,6
Sb (ppm)	0,79	0,70	0,45	0,61	0,60	0,18	0,80	0,80	0,10	1,83	1,10	2,01	0,68	0,70	0,09	0,70	0,70	0,23
Se (ppm)	0,22	0,29	0,19	0,18	0,10	0,26	0,58	0,70	0,44	0,62	0,70	0,33	0,40	0,46	0,11	0,36	0,20	0,31
Zn (ppm)	78,3	74,9	18,6	77,3	80,0	11,1	300	285	63,7	194	201	36,5	157	175	48,6	104	97	29,1

Tab. 07.3 pokračovanie

lokalita	monitoring - celý súbor (údaje 1996-2008)			Geochemický atlas		
	x	med	s	x	med	s
110 °C	1,72	1,44	1,17	-	-	-
110-380 °C	3,94	3,52	2,21	-	-	-
110-450 °C	5,82	5,29	3,53	-	-	-
>380 °C	5,53	4,27	3,51	-	-	-
>450 °C	5,15	4,15	3,33	-	-	-
Na (%)	1,02	0,96	0,28	0,94	0,87	0,40
K (%)	1,49	1,48	0,32	1,54	1,51	0,40
Mg (%)	1,29	1,01	0,71	1,13	0,82	1,03
Ca (%)	3,15	2,34	2,43	3,06	1,69	3,61
Fe (%)	2,93	2,75	1,12	2,86	2,65	1,20
Mn (%)	0,10	0,09	0,05	0,10	0,08	0,11
Al (%)	5,45	5,43	1,19	5,76	5,68	1,43
As (ppm)	20,0	10,1	111	10,8	6,00	48,9
Cd (ppm)	0,77	0,53	1,52	0,34	0,10	2,04
Co (ppm)	11,4	10,6	5,02	8,87	8,00	5,41
Cr (ppm)	71,7	63,3	29,0	79,4	70,0	94,6
Cu (ppm)	41,6	27,9	85,0	32,0	20,0	133
Hg (ppm)	1,01	0,12	6,29	0,30	0,08	3,31
Ni (ppm)	29,7	27,7	11,3	26,8	23,0	35,1
Pb (ppm)	42,9	27,7	78,0	20,4	14,0	55,5
Sb (ppm)	2,94	0,70	7,48	3,28	0,50	49,6
Se (ppm)	0,34	0,30	0,29	0,31	0,20	0,56
Zn (ppm)	198	124	268	116	79,0	236

Tab. 07.4 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	83	23	7	9	9	6	9	10	18	9	42	65	19	14	23	34	12	33	234	61	24
2	46	21	18	13	9	15	29	15	30	14	40	52	34	14	23	86	17	27	84	68	14
3	57	17	20	8	7	7	34	12	52	10	45	64	30	28	28	88	17	163	80	61	20
5	81	55	45	24	15	38	45	21	38	20	46	91	26	22	39	50	21	41	76	89	25
6	65	48	39	7	14	26	42	14	24	9	53	74	23	23	57	58	29	48	92	69	19
8	33	38	12	7	15	12	17	16	28	15	125	90	26	57	49	54	24	121	82	74	22
11	54	31	12	9	11	15	10	24	28	15	46	66	39	26	73	117	24	154	73	67	127
12	118	32	9	8	12	6	13	20	23	16	47	96	28	70	40	44	25	48	75	108	22
13	41	44	16	10	19	16	17	20	23	25	44	61	29	41	34	62	34	38	78	74	34
14	49	49	38	16	12	21	47	17	24	19	83	87	27	26	76	160	40	42	72	83	41
15	34	37	23	11	7	7	21	10	20	9	47	66	35	31	74	51	17	38	96	48	20
19	73	39	20	12	10	20	27	11	23	10	47	76	29	19	32	42	48	37	86	94	19
20	95	50	16	13	12	14	21	18	22	15	41	74	22	22	29	158	21	40	71	74	26
23	52	31	29	22	14	4	14	19	26	12	54	64	27	48	50	110	28	55	100	106	29
24	54	50	29	17	11	29	65	11	42	9	68	81	38	19	47	37	28	44	94	76	24
25	40	38	31	10	5	11	18	14	73	8	58	52	26	15	30	39	25	41	68	70	44
26	47	34	35	9	12	21	28	19	24	11	52	38	27	22	32	41	31	39	84	123	17
27	59	45	28	15	10	9	17	10	52	8	45	56	33	12	38	94	19	38	86	71	26
28	50	29	19	12	11	24	18	11	16	6	44	77	24	22	49	95	24	33	77	99	14
29	67	58	17	14	14	24	23	14	15	9	44	62	19	29	38	77	16	35	79	75	36
30	90	47	26	14	11	15	29	17	24	11	45	71	28	23	49	50	22	33	88	53	29
31	65	38	22	14	10	20	24	18	28	11	42	97	31	38	38	53	26	42	75	63	31
32	98	44	24	11	20	28	16	96	77	18	341	169	98	42	244	55	39	103	99	67	149
33	37	41	20	11	15	9	28	51	29	13	46	58	26	16	25	76	20	36	57	81	37
34	51	45	14	12	11	13	24	11	17	8	49	68	35	48	84	115	15	46	95	72	28
35	88	65	16	11	14	13	16	8	14	14	37	47	30	39	28	76	15	38	78	94	28
36	38	41	18	12	16	16	20	13	19	16	45	53	23	32	39	53	24	41	79	72	32
37	45	40	21	25	16	30	36	9	17	18	60	93	26	50	28	52	29	58	104	87	30
38	38	25	34	15	12	13	39	13	30	10	98	94	23	40	89	46	16	32	83	65	25
40	43	32	19	15	11	15	14	12	19	10	74	71	23	24	30	87	18	26	165	67	17
42	41	35	27	15	16	9	27	11	51	15	37	157	24	26	50	166	21	54	84	66	20
43	53	30	27	14	16	14	24	13	46	11	39	77	27	12	32	49	17	41	110	63	23
44	21	19	31	17	15	16	27	14	26	11	46	68	22	15	27	41	15	36	72	71	12
45	44	16	16	14	9	9	16	14	23	11	65	60	22	12	15	79	15	35	202	63	14
46	61	67	12	16	24	8	30	22	46	17	60	120	35	27	47	80	30	52	77	151	30
47	107	60	27	20	24	23	27	59	72	17	98	68	41	83	51	66	19	77	63	133	48
48	37	51	3	19	15	25	37	7	31	11	33	72	27	32	22	44	21	21	44	31	12
49	41	47	46	12	22	34	34	33	41	25	48	119	44	23	44	69	32	30	47	75	44
50	28	43	35	22	9	9	39	12	71	9	13	78	17	27	9	30	15	29	44	33	29
51	50	72	2	12	8	5	10	8	13	10	19	114	27	4	21	77	32	11	68	91	24
52	41	2	2	4	6	9	10	15	24	8	30	22	20	12	13	73	21	9	50	101	12
53	45	62	10	8	6	8	33	7	34	6	37	49	17	15	37	35	15	23	46	88	42
54	68	1	4	17	19	14	19	21	37	13	24	144	18	28	32	63	25	15	56	88	24
55	33	36	33	17	6	18	78	9	20	6	27	118	16	22	25	42	18	11	30	143	14
56	49	25	11	19	4	7	24	13	37	8	28	53	15	29	19	84	13	19	12	76	21
57	44	27	2	20	16	18	16	11	26	6	19	74	25	19	17	44	9	15	110	54	19
58	50	61	52	8	26	27	40	28	63	30	20	50	19	38	16	67	32	30	13	28	31
59	17	9	4	9	5	15	14	8	43	4	48	107	23	15	17	53	13	23	33	88	28
priemerná hodnota	55	39	21	14	13	16	26	18	33	12	54	78	28	28	42	69	23	44	81	78	30
medián	50	39	20	13	12	15	24	14	27	11	45	72	26	25	33	60	21	38	78	74	25
smerodajná odchýlka	22	16	12	5	5	8	14	15	17	5	47	29	12	15	35	32	8	32	39	25	24
koeficient plošnej variability	68	56	64	28	22	55	77	38	55	22	558	198	44	40	204	621	38	182	255	85	136

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

Tab. 07.5 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	1,75	44	2,29	46	3,06	46	8,46	33	5,30	25	0,16	44	8,11
	27	1,69	33	2,23	5	2,83	57	8,38	44	4,55	2	0,15	33	7,81
	51	1,63	51	1,93	28	2,69	12	7,79	29	3,95	44	0,15	27	7,16
	30	1,51	45	1,90	47	2,67	47	7,77	26	3,95	3	0,15	45	7,03
	19	1,46	40	1,79	57	2,62	49	7,72	45	3,65	48	0,14	23	6,72
	6	1,45	29	1,77	1	2,31	11	6,98	25	3,64	24	0,14	53	6,64
	5	1,23	20	1,72	13	2,08	1	6,88	23	3,59	33	0,14	51	6,41
	20	1,18	19	1,69	12	2,06	13	6,80	53	3,39	11	0,13	43	6,29
	31	1,16	2	1,69	11	2,02	14	5,31	52	3,36	26	0,13	52	6,29
	52	1,12	54	1,68	20	1,91	50	4,55	24	3,35	29	0,12	25	6,26
	0,96		1,48		1,01		2,34		2,75		0,09		5,43	
najnižšie hodnoty mediánu	44	0,84	42	1,27	40	0,81	27	1,42	11	2,32	20	0,06	14	4,59
	38	0,83	11	1,25	43	0,77	6	1,24	54	2,30	50	0,06	42	4,48
	2	0,77	49	1,24	29	0,76	24	1,21	6	2,26	43	0,06	37	4,47
	50	0,75	28	1,20	26	0,75	23	1,16	51	2,21	58	0,06	8	4,38
	49	0,75	14	1,20	24	0,73	45	1,11	5	2,17	5	0,06	47	4,20
	11	0,74	13	1,13	3	0,67	44	1,03	34	2,11	51	0,05	49	4,17
	56	0,73	8	1,06	25	0,66	38	1,02	8	2,07	19	0,05	11	4,15
	57	0,71	12	1,05	37	0,65	42	0,86	49	2,00	57	0,05	13	4,09
	1	0,70	47	1,02	42	0,63	43	0,76	13	2,00	14	0,05	46	4,00
	58	0,62	46	0,97	38	0,54	33	0,63	12	1,63	49	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 ⁻¹																					
najvyššie hodnoty mediánu	33	58,7	25	7,90	33	28,1	48	114	33	333	14	9,67	44	57,0	25	467	33	31,3	50	0,70	25	1537
	14	41,7	26	1,88	44	17,0	58	113	25	104	32	8,54	58	51,0	26	107	20	17,6	56	0,70	52	451
	29	39,2	53	1,41	45	14,0	44	110	20	81,0	15	3,38	45	47,8	52	73,9	29	15,5	57	0,70	53	443
	20	35,9	52	1,40	25	14,0	54	104	52	72,0	50	3,17	40	46,0	33	69,0	52	13,6	1	0,62	26	435
	53	35,2	33	0,91	52	13,6	50	100	32	63,6	33	1,01	37	45,0	23	65,6	19	7,54	14	0,60	33	394
	52	34,0	1	0,90	26	13,6	15	97,1	1	58,2	29	0,57	1	41,2	20	56,0	32	6,54	23	0,60	23	387
	19	25,6	2	0,72	53	13,3	56	97,0	53	51,6	13	0,56	2	40,8	53	49,7	53	4,80	33	0,53	1	358
	50	24,9	50	0,72	23	13,1	2	96,0	58	44,0	52	0,55	55	40,0	1	42,7	48	2,90	48	0,52	56	285
	15	22,8	3	0,60	24	13,0	45	94,0	29	43,1	35	0,50	56	39,0	48	42,4	23	2,73	2	0,50	20	211
	38	17,4	23	0,60	27	13,0	3	93,1	50	41,0	1	0,49	30	39,0	57	40,0	35	2,40	58	0,46	57	201
	10,10		0,53		10,63		63,26		27,90		0,12		27,74		27,65		0,79		0,30		124,20	
najnižšie hodnoty mediánu	6	7,30	42	0,26	11	8,00	34	54,3	6	18,3	38	0,07	24	21,1	13	23,0	8	0,50	8	0,20	28	91,5
	56	7,18	14	0,25	13	8,00	6	54,3	38	18,3	46	0,07	46	21,1	42	23,0	38	0,50	49	0,20	38	85,8
	55	7,18	38	0,20	19	8,00	35	52,8	34	18,0	28	0,07	14	20,0	34	22,1	40	0,50	59	0,20	49	85,6
	49	7,03	49	0,20	49	8,00	26	52,5	28	17,4	12	0,06	5	19,4	55	21,0	42	0,50	35	0,19	8	85,4
	42	6,88	51	0,20	56	8,00	5	50,0	47	16,8	5	0,06	28	19,0	59	20,9	47	0,45	13	0,19	34	81,0
	34	6,87	54	0,20	57	8,00	52	50,0	5	16,3	8	0,05	52	19,0	38	20,6	43	0,40	47	0,16	55	80,0
	12	6,67	55	0,20	8	7,80	25	49,0	24	16,0	54	0,05	19	18,0	54	20,0	45	0,40	28	0,16	54	74,9
	47	5,94	59	0,20	12	7,44	14	47,1	51	16,0	59	0,05	26	17,8	46	18,7	37	0,30	46	0,11	46	73,5
	37	5,90	31	0,20	59	7,00	51	44,0	46	13,9	37	0,04	25	16,9	37	17,1	26	0,26	26	0,10	37	71,8
	46	3,65	12	0,12	51	6,00	12	43,9	12	11,1	55	0,04	51	14,0	12	16,0	46	0,24	55	0,10	12	61,0

Pozn.: ID – poradové číslo lokality, hodnota v strede tabuliek reprezentuje medián zo všetkých monitorovaných pozorovaní

Porovnanie výsledkov monitoringu so základnou distribúciou prvkov v riečnych sedimentoch Slovenska

Základná (baseline) koncentrácia reprezentuje obvyklú koncentráciu látky identifikovanú v určitom čase – období (Rice, 1999). Porovnanie výsledkov monitoringu so základnou distribúciou je vyjadrením pomeru hodnôt mediánov koncentrácií stanovovaných chemických ukazovateľov na monitorovaných lokalitách k hodnotám mediánov príslušných prvkov vypočítaných v rámci geochemického atlasu riečnych sedimentov (Bodiš – Rapant, 1999). Údaje z geochemického atlasu riečnych sedimentov je možné považovať za základnú distribúciu prvkov z obdobia 90-tych rokov minulého storočia. Porovnanie údajov monitoringu s meraniami získanými v rámci riešenia geochemického atlasu je vyjadrené v percentách pomocou tzv. **indexu obohatenia, resp. ochudobnenia I_r** . Vypočítané hodnoty indexu I_r sumarizuje tab. 07.6. 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 prvkov sú na monitorovaných lokalitách (najmä stopové prvky) zvyčajne výrazne vyššie, ako príslušné koncentrácie prvkov prezentované v geochemickom atlase. Naopak je tomu len v prípade chrómu, hliníka a draslíka. Naznačené rozdiely v distribúcii oboch typov údajov sú spôsobené najmä rôznym dizajnom vzorkovania a rôznou hustotou geochemickej informácie. Vzorky riečnych sedimentov odobraných a analyzovaných v rámci geochemického atlasu reprezentujú viac ako 24000 jednorazových pozorovaní s veľkou štatistickou hustotou informácie (1 vzorka na 2 km²), a to prakticky v rámci celého územia Slovenska. Chemické zloženie riečnych sedimentov v tomto prípade je odrazom na jednej strane prírodných faktorov podmieňujúcich požadovú distribúciu látok v prírodnom systéme ale na druhej strane v určitých prípadoch aj odrazom antropogénnych aktivít v príslušnej oblasti. Na rozdiel od geochemického atlasu, monitorované lokality sú situované prakticky len na hlavných tokoch Slovenska a štatistická hustota informácie je podstatne nižšia. To znamená, že distribúcia prvkov je vzhľadom k situovaniu lokalít pravdepodobne vo väčšej miere odrazom aj antropogénnej činnosti v príslušnej oblasti a potvrdzujú to výsledky uvedené v tab. 07.6 (t.j. všeobecne vyššie koncentrácie väčšiny prvkov sú zaznamenané v rámci monitoringu riečnych sedimentov).

Tab. 07.6 Index obohatenia (ochudobnenia) prvkov monitorovaných lokalít voči hodnotám z Geochemického atlasu

ID lokalita	I _r - hlavné prvky (%)							I _r - stopové prvky (mg.kg ⁻¹)										
	Na	K	Mg	Ca	Fe	Mn	Al	As	Cd	Co	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Sb	Se	Zn
všetky lokality	110	98	123	138	104	112	96	168	533	133	90	139	149	121	198	140	152	157
1	80	108	282	407	120	155	99	228	900	150	125	291	617	179	305	220	311	453
2	89	112	109	129	117	199	97	162	721	150	137	165	231	177	214	120	250	213
3	97	102	82	122	105	194	90	135	604	122	133	145	161	148	207	100	209	194
5	141	105	345	237	82	72	88	139	400	107	71	82	79	84	196	158	136	119
6	167	97	101	73	85	130	99	122	300	108	78	91	104	116	173	114	160	130
8	113	70	143	220	78	101	77	133	600	98	86	103	69	116	166	100	100	108
11	85	82	246	413	88	174	73	157	530	100	95	164	135	147	201	180	171	147
12	107	69	252	461	61	102	62	111	125	93	63	55	81	94	114	109	103	77
13	100	75	253	402	76	117	72	166	574	100	87	97	695	101	164	140	94	137
14	98	79	121	314	101	64	81	695	254	127	67	155	12090	87	228	160	300	148
15	105	103	130	184	102	96	99	381	505	115	139	120	4225	110	185	110	200	153
19	167	112	193	149	101	70	105	427	300	100	82	162	101	78	249	1509	150	174
20	136	114	233	184	105	81	109	599	300	130	80	405	359	100	400	3521	194	267
23	127	110	108	68	136	117	118	218	602	163	103	149	376	118	469	545	300	490
24	103	93	89	71	126	180	110	137	266	163	88	80	93	92	171	160	147	174
25	110	101	80	88	137	209	110	288	7895	175	70	521	175	74	3336	240	131	1945
26	125	86	91	92	149	166	109	135	1876	169	75	183	93	77	763	53	50	550
27	195	109	120	84	112	104	126	225	499	163	85	147	175	106	216	200	200	164
28	202	79	328	153	118	123	104	177	537	138	79	87	81	83	200	180	78	116
29	118	117	93	98	149	160	106	653	534	138	89	215	713	125	230	3094	170	220
30	174	103	149	132	95	85	107	151	510	150	96	163	262	169	221	180	179	216
31	133	97	149	150	92	95	92	135	197	116	97	100	113	161	179	111	200	131
32	114	96	135	157	99	119	91	220	487	125	82	318	10673	139	175	1308	132	161
33	115	147	110	37	200	177	138	978	910	352	107	1665	1257	162	493	6260	264	499
34	125	90	106	147	80	90	85	115	470	109	78	90	128	120	158	107	150	103
35	110	98	146	150	96	108	85	251	598	122	75	196	629	148	194	481	94	176
36	109	104	126	145	101	112	95	204	586	148	98	149	377	139	182	342	168	180
37	101	89	79	87	90	83	79	98	292	138	90	108	52	196	122	60	150	91
38	96	96	65	61	89	111	84	289	200	138	81	91	86	147	147	100	153	109
40	99	119	99	92	120	143	105	281	406	150	112	134	126	200	173	100	164	154
42	99	84	77	51	101	94	79	115	259	125	88	115	126	149	164	100	200	125
43	111	106	94	45	125	80	111	145	513	143	110	138	122	157	180	80	200	140
44	96	152	141	61	172	194	143	220	520	213	157	190	107	248	220	120	228	180
45	100	126	110	66	138	131	124	210	574	175	134	170	120	208	179	80	200	151
46	128	65	373	501	103	95	70	61	292	100	83	69	82	92	133	48	55	93
47	109	68	326	460	105	122	74	99	580	114	89	84	138	93	223	90	80	135
48	99	101	187	264	104	184	94	209	500	125	163	190	163	140	303	580	260	178
49	86	82	217	457	76	60	73	117	200	100	110	118	113	138	200	130	100	108
50	86	107	118	269	111	80	101	415	719	125	143	205	3963	130	221	160	350	224
51	187	128	206	156	83	70	113	160	200	75	63	80	100	61	200	185	150	124
52	129	103	178	143	127	118	111	567	1400	170	71	360	688	83	528	2720	132	571
53	110	102	121	106	128	156	117	587	1414	166	83	258	388	100	355	960	200	560
54	123	111	100	110	87	83	95	147	200	125	149	109	63	143	143	140	145	95
55	110	95	111	131	104	101	86	120	200	125	124	125	50	174	150	120	50	101
56	84	108	100	235	108	130	82	120	400	100	139	153	175	170	200	160	350	361
57	82	84	320	496	113	66	87	133	400	100	96	205	400	143	286	220	350	254
58	71	105	107	253	109	79	98	125	400	138	161	220	175	222	257	140	229	222
59	118	97	150	240	92	130	91	168	200	88	93	125	63	100	150	140	100	122

Kvalitatívne hodnotenie riečnych sedimentov (legislatívny a kombinovaný prístup)

Na posúdenie obsahu kontaminujúcich látok boli použité limitné hodnoty platné pre pôdy (Anonymym, 1994) – tab 07.1. Parametre prekračujúce kategórie A, B, C a hodnoty stupňa znečistenia C_d v riečnych sedimentov v roku 2008 sú uvedené v tab. 07.7.

V roku 2007 bolo zaznamenané prekročenie **referenčnej koncentrácie (kategória A)** na 35 lokalitách (zo 48) aspoň v prípade jednej posudzovanej zložky v zmysle **Rozhodnutia MP SR** č. 531/1994-540 o najvyšších prípustných hodnotách škodlivých látok v pôde. Stupeň (index) kontaminácie C_d vzťahujúci sa k prekročeniu referenčných koncentrácií A bol väčšinou pod hodnotou 2,0 (19 z 35 lokalít). Prekročené referenčné hodnoty vo väčšine prípadov reprezentujú koncentrácie na úrovni, resp. len málo vyššie od predpokladaných požadovaných koncentrácií. Z tohto pohľadu je možné za prakticky nekontaminované považovať riečne sedimenty povodí 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). Na monitorovacích stanovištiach Malý Dunaj (lokality č. 1), Váh (13), Hron (20, 52), Ipeľ (23, 26), Slaná (29), Hornád (35, 36), Hron (52, 53) bol indikovaný určitý náznak kontaminácie prejavujúci sa prekročením referenčných koncentrácií zvyčajne dvoch aj viac ukazovateľov (najmä Cu, Zn, Cd, Ni, príp. Pb, Hg, As), resp. stupňom znečistenia C_d vyšším ako hodnota 2,0. Silné znečistenie riečnych sedimentov z pohľadu prekročenia referenčných obsahov ($C_d > 8$) bolo zaznamenané na monitorovaných stanovištiach Nitra – Chalmová (Cu,Zn,Hg,As), Nitra – Lužianky (Hg), Hron – Sliač (20), Štiavnica – ústie (Cu, Zn, Cd, Pb), Hornád – Kolinovce (Cu, Zn, Hg, Ni), Hnilec – prítok do nádrže Ružín (Cu,Zn,Hg,Co,As,Cd,Ni,Pb,Sb), Nitra – Nitriansky Hrádok (Cu,Zn,Hg).

Prekročenie limitných koncentrácií **kategórie B** (indikujúcich silné znečistenie) bolo v roku 2008 zaznamenané na stanovištiach Nitra – Chalmová (Hg), Nitra – Lužianky (Hg), Hron – Sliač (Hg), Ipeľ – Rapovce (Zn), Štiavnica – ústie (Cu, Zn, Cd, Pb), Ipeľ – Ipeľský Sokolec (Zn, Pb), Slaná – Čoltovo (As, Sb), Hornád – Kolinovce (Hg), Hnilec – prítok do nádrže Ružín (Cu, Zn, As, Sb), Nitra – Nitriansky Hrádok (Hg), Hron – Kalná nad Hronom (Zn) a Hron – Kamenica (Zn).

Prekročenie **kategórie C** (kontaminácia, pre ktorú sa predpokladá sanačný zásah) bolo v roku 2008 pozorované na lokalitách Nitra – Chalmová (Hg), Štiavnica – ústie (Pb) a Hornád – Kolinovce (Hg).

Ak porovnáme kvalitatívne výsledky riečnych sedimentov z predchádzajúcim obdobím (Kordík et al., ročné správy monitorovania riečnych sedimentov 2001-2007), 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 Rozhodnutia MP SR č. 531/1994-540 (Anonym, 1994). Monitoring (13-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 2008 zaznamenané. Z monitorovaných lokalít sledovaných od roku 2004 bola najvýraznejšia kontaminácia zaznamenaná na riekach Nitra (50) a Hron (52 a 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.

Tab. 07.7 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 2008

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,Cd,Ni	3,54	Hornád – Krásna nad Hornádom (35)	Cu,Zn,Hg,Ni	3,8
	Morava – Devínska Nová Ves (2)	Cu,Zn,Ni	1,15	Hornád – Ždaňa (36)	Cu,Zn,Hg,Ni	2,15
	Morava – Gajary (3)	Zn,Ni	0,2	Ondava – prítok do nádrže Domaša (37)	Cr,Ni	0,51
	Orava – Kral'ovany (8)	Cu	0,06	Ondava – Nižný Hrušov (38)	Ni	0,09
	Váh – Komárno (13)	Hg	3,43	Ondava – Brehov (40)	Ni	0,31
	Nitra – Chalmová (14)	Cu,Zn,Hg,As	33,7	Uh – Pinkovce (43)	Ni	0,09
	Nitra – Lužianky (15)	Hg	11,5	Latorica – Leleš (44)	Cu,Zn,Ni	1,15
	Hron - Šálková (19)	Cu,Zn,Sb	0,63	Bodrog – Streda nad Bodrogom (45)	Ni	0,37
	Hron – Sliač (20)	Cu,Zn,Hg,As,Sb	8,71	Váh – Dubná skala (48)	Cu,Zn,Ni	0,8
	Ipeľ – Rapovce (23)	Cu,Zn,Hg,Cd,Pb	5,66	Nitra – pod Šuranmi-Nitriansky Hrádok (50)	Cu,Zn,Hg	10,1
	Štiavnica – ústie (25)	Cu,Zn,Cd,Pb	33,4	Hron – Kalná nad Hronom (52)	Cu,Zn,Hg,As,Cd	5,63
	Ipeľ – Ipeľský Sokolec (26)	Cu,Zn,Cd,Pb	7,59	Hron – Kamenica (53)	Cu,Zn,Hg,As,Cd	6,04
	Rimava - Rimavské Jánovce (27)	Cu,Zn,Hg	0,62	Topľa - pod Vranovom (54)	Ni	0,51
	Slaná – Čoltovo (29)	Cu,Zn,Hg,As,Sb	7,8	Laborec - Humenné nad sútokom s Cirochou (55)	Ni	0,29
	Poprad – Veľká Lomnica (30)	Cu,Zn,Ni	0,46	Myjava – Kúty (56)	Cu,Zn,Ni,Se	1,47
	Hornád – Kolinovce (32)	Cu,Zn,Hg,Ni	40,2	Turiec – Vrútky (57)	Cu,Zn,Hg	0,91
	Hnilec – prítok do nádrže Ružín (33)	Cu,Zn,Hg,Co,As,Cd,Ni,Pb,Sb	22,9	Kysuca - Považský Chlmec (58)	Cu,Zn,Ni	1,17
Torysa – Kendice (34)	Hg	1,53				
B	Nitra – Chalmová (14)	Hg	4,06	Slaná – Čoltovo (29)	As,Sb	0,1
	Nitra – Lužianky (15)	Hg	0,88	Hornád – Kolinovce (32)	Hg	4,9
	Hron – Sliač (20)	Hg	0,04	Hnilec – prítok do nádrže Ružín (33)	Cu,Zn,As,Sb	4,62
	Ipeľ – Rapovce (23)	Zn	0,14	Nitra - Nitriansky Hrádok (50)	Hg	0,59
	Štiavnica – ústie (25)	Cu,Zn,Cd,Pb	7,16	Hron - Kalná nad Hronom (52)	Zn	0,02
	Ipeľ - Ipeľský Sokolec (26)	Zn,Pb	0,26	Hron – Kamenica (53)	Zn	0,18
C	Nitra – Chalmová (14)	Hg	0,011	Hornád – Kolinovce (32)	Hg	0,18
	Štiavnica – ústie (25)	Pb	0,033			

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 rámec), ktorý definuje riadiace sily, tlaky, postavenie, dôsledky a odozvy v otázke riečnych sedimentov. Príklady aplikovania tohto konceptu sú uvedené v tab. 07.8.

Tab. 07.8 Príklady aplikácie myšlienok EEA DPSIR ohľadom kvality sedimentov

Prvky DPSIR	Príklady
Riadiace sily	<ul style="list-style-type: none"> • priemyselné, poľnohospodárske a sociálne aktivity
Tlaky	<ul style="list-style-type: none"> • emisie z bodových a difúzných zdrojov
Postavenie	<ul style="list-style-type: none"> • 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	<ul style="list-style-type: none"> • dopad na organizmy v bezprostrednom styku so sedimentom – zníženie výskytu druhov, príp. aj pokles biodiverzity • vplyv na vyššie organizmy v potravinovom reťazci prenosom potravou, vodou atď. • kontaminované sedimenty sú potenciálnym zdrojom zhoršených účinkov na chemické a fyzikálne vlastnosti vody prostredníctvom uvoľňovania kontaminantov do povrchových a podzemných vôd • zníženie prieskumnej kapacity a ekonomickej hodnoty riečneho materiálu v dôsledku znečistenia • obmedzenie využitia ťaženého materiálu • 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
Odozvy	<ul style="list-style-type: none"> • vývoj a aplikácie nových prostriedkov hodnotenia kvality sedimentov (napr. biotesty) • environmentálne bagrovacie: odstraňovanie najznečistenejších sedimentov • legislatíva upravujúca manažment sedimentov • medzinárodná kooperácia a dohody • zmena perspektív v kľúčovej úlohe sedimentov v riečnom systéme • potreba nadnárodných sietí k budovaniu a výmene informácií, skúseností, technológií

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 pôsobí 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. 07.9. 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. 07.9 Porovnanie stredných hodnôt (mediánov) vybraných chemických ukazovateľov na Slovensku a vo svete

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

¹⁾ Rapant-Bodiš, 1999, ²⁾ Koljonen et al., 1992, ³⁾ Veselý, 1995, ⁴⁾ Thalman et al., 1989, ⁵⁾ 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 práce.

07.7 Záver

V rámci monitoringu riečnych sedimentov bolo v roku 2008 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 13-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 2008 bolo podľa „Rozhodnutia o najvyšších prípustných hodnotách škodlivých látok v pôde“ (Anonym, 1994) zaznamenané prekročenie referenčnej hodnoty A na 35 lokalitách aspoň v prípade jedného uvažovaného prvku. Stupeň (index) kontaminácie C_d vzťahujúci sa k prekročeniu referenčných koncentrácií A bol pre väčšinu lokalít pod

hodnotou 2,0 (19 z 35 lokalít). Prekročenie limitných koncentrácií **kategórie B** (indikujúcich silné znečistenie) bolo v roku 2008 zaznamenané na stanovištiach Nitra – Chalmová (Hg), Nitra – Lužianky (Hg), Hron – Sliach (Hg), Ipeľ – Rapovce (Zn), Štiavnica – ústie (Cu, Zn, Cd, Pb), Ipeľ – Ipeľský Sokolec (Zn, Pb), Slaná – Čoltovo (As, Sb), Hornád – Kolinovce (Hg), Hnilec – prítok do nádrže Ružín (Cu, Zn, As, Sb), Nitra – Nitriansky Hrádok (Hg), Hron – Kalná nad Hronom (Zn) a Hron – Kamenica (Zn). Prekročenie **kategórie C** (kontaminácia, pre ktorú sa predpokladá sanačný zásah) bolo v roku 2008 pozorované na lokalitách Nitra – Chalmová (Hg), Štiavnica – ústie (Pb) a Hornád – Kolinovce (Hg).

Na základe dlhodobjšieho monitorovania chemického zloženia a kvality riečnych sedimentov (13-ročný monitoring) je možné konštatovať, že rieky Váh (horný a stredný úsek), Hron (horný úsek), Muráň (28), Dunaj (46) a väčšina tokov Východoslovenskej nížiny a príľahlých 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, časťka 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. – HUHMA, 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 priľahlých 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).
- VESELÝ, J., 1995: *Drainage sediments in environmental and exploration geochemistry*. *Vestník Českého geologického ústavu* 70, 3, s.1-8.