

**MINISTERSTVO ŽIVOTNÉHO PROSTREDIA  
SLOVENSKEJ REPUBLIKY**

**ŠTÁTNY GEOLOGICKÝ ÚSTAV DIONÝZA ŠTÚRA**

817 04 Bratislava, Mlynská dolina 1, tel.:421-7-59375 111, fax:421-7-54771 940



**ČIASTKOVÝ MONITOROVACÍ SYSTÉM - GEOLOGICKÉ FAKTORY**

**Informácia**

***o stave monitorovania geologických faktorov životného prostredia  
s poukázaním na hroziace havárie a možnosti predchádzania týmto haváriám***

Vypracovali: RNDr. Alena Klukanová, CSc.  
RNDr. Ľubica Iglárová  
Doc. RNDr. Peter Wagner, CSc.  
Doc. RNDr. Miroslav Hrašna, CSc.  
RNDr. Peter Labák, CSc.  
Ing. Jana Frankovská, CSc.  
RNDr. Augustín Gluch  
Doc. RNDr. Ján Vlčko, CSc.  
RNDr. Dušan Bodiš, CSc.  
Ing. Rudolf Hagara

Bratislava február 2009

## 1. Úvod

Tvorba monitorovacieho systému životného prostredia vyplýva zo značného množstva dohôd, dohovorov a medzinárodných požiadaviek podmienených integráciou Slovenskej republiky do medzinárodného systému ochrany životného prostredia (Rio de Janeiro, 1992 Johannesburg, 2002 a pod.). Systém monitorovania a informačný systém je najdôležitejším nástrojom pre zabezpečenie kvality životného prostredia, ktorý je súčasne základom pre rozhodovanie o súčasných aktivitách a tiež o perspektívnych zámeroch v oblasti životného prostredia. Monitoring životného prostredia je systematické, v čase a priestore definované pozorovanie presne určených charakteristík zložiek životného prostredia (spravidla v bodoch, tvoriacich monitorovaciu sieť), ktoré s určitou mierou výpovednej schopnosti reprezentujú sledovanú oblasť a v súhrne potom väčší územný celok. Monitorovanie slúži na objektívne poznanie charakteristík životného prostredia a hodnotenie ich zmien v sledovanom priestore.

Čiastkový monitorovací systém (ČMS) Geologické faktory je súčasťou Monitorovacieho systému životného prostredia Slovenskej republiky. Zameraný je hlavne na tzv. geologické hazardy, t. j. škodlivé prírodné alebo antropogénne geologické procesy, ktoré ohrozujú prírodné prostredie, a v konečnom dôsledku človeka.

Vzhľadom na nepriaznivé pôsobenie prírodných síl narastá v posledných rokoch počet mimoriadnych udalostí živelných pohrôm, ktoré majú negatívny vplyv na život a zdravie ľudí alebo ich majetok. Ide hlavne o často sa opakujúce zosuvy na rôznych miestach SR. Výsledky monitorovania poskytujú informácie na prijatie opatrení umožňujúcich mimoriadnym udalostiam včas predchádzať.

Uznesením vlády SR č. 907 z 21. augusta 2002 bola schválená koncepcia trvalo udržateľného využívania zdrojov horninového prostredia, v ktorom okrem iných požiadaviek vláda SR v ukladacej časti v bode B.3 uložila ministrom životného prostredia SR k 30. aprílu 2003 a potom každoročne „predkladať na rokovanie vlády informáciu o stave monitorovania geologických faktorov životného prostredia s poukázaním na hroziace havárie a možnosti predchádzania týmto haváriám“.

Uznesenie vlády SR č. 803 z 12. októbra 2005 uložilo naďalej merať a pozorovať vodohospodárske objekty na stabilizačnom násype v údolí Handlovky a výsledky pozorovaní každoročne zahrnúť do správy o stave monitorovania geologických faktorov životného prostredia s poukázaním na hroziace havárie a možnosti predchádzania týmto haváriám

Koncepcia aktualizácie a racionalizácie environmentálneho monitoringu bola schválená vládou SR uznesením č. 529/2005 zo dňa 6. júla 2005. Podľa tejto koncepcie sa v roku 2008 pokračovalo v meraniach v nasledovných podsystemoch:

- 01 Zosuvy a iné svahové deformácie
- 02 Tektonická a seizmická aktivita územia
- 03 Antropogénne sedimenty charakteru environmentálnych záťaží
- 04 Vplyv ťažby na životné prostredie
- 05 Monitoring objemovej aktivity radónu v geologickom prostredí
- 06 Stabilita horninových masívov pod historickými objektmi
- 07 Monitorovanie riečnych sedimentov
- 08 Objemovo nestále zeminy.

V ďalšom uvádzame prehľad výsledkov za rok 2008 po jednotlivých podsystemoch.

### 01 - Zosuvy a iné svahové deformácie

V rámci podsystemu „Zosuvy a iné svahové deformácie“ sa v roku 2008 vykonávalo monitorovanie troch základných typov svahových pohybov – zosúvania (15 pozorovaných lokalít), plazenia (4 lokality) a náznakov aktivácie rútvých pohybov (9 lokalít). Samostatnú

skupinu špecifických prípadov hodnotenia stability prostredia tvoria lokality územia projektovanej PVE Ipeľ a Stabilizačného násypu v Handlovej. Celkovo sa teda v rámci podsystemu 01 monitorovalo 30 lokalít. Prehľad aplikovaných metód monitorovania, frekvencie ich použitia a najdôležitejších výsledkov merania na všetkých pozorovaných lokalitách je zhrnutý v súbornej tabuľke (Príloha 1), v ktorej sú lokality rozdelené podľa stupňa dôležitosti do 3 kategórií – od kategórie III. (celospoločensky najvýznamnejšie lokality) po kategóriu I. (lokality, ktorých význam je v súčasnosti nižší).

Lokality zo skupiny zosúvania sa monitorovali súborom metód (geodetických, inklinometrických, meraniami poľa pulzných elektromagnetických emisií – PEE a režimovými pozorovaniami), ktoré sa aplikovali v rôznom počte a s rôznou frekvenciou v závislosti od celospoločenského významu pozorovanej lokality. Na 6 lokalitách sú umiestnené automatické hladinometry (celkovo 13 ks), zaznamenávajúce kontinuálne v intervale 1 hodiny hĺbku hladiny podzemnej vody, z toho 2 sú opatrené systémom včasného varovania, prepojeným on-line so strediskom monitorovania. Z najdôležitejších výsledkov monitorovania zosuvov v roku 2008 treba uviesť:

- Azda najvýraznejšie zmeny oproti meraniam z predchádzajúceho roku boli zistené na lokalite *katastrofálneho handlovskeho zosuvu*. V nadväznosti na pomerne veľkú deformáciu, ktorá bola metódou presnej inklinometrie nameraná vo vrte GI-1 v predchádzajúcom roku, pri meraní v júni 2008 bola za obdobie 13 mesiacov zistená deformácia až 42,78 mm. Takáto deformácia charakterizuje aktívny svahový pohyb v odlučnej oblasti zosuvu, ktorý je viazaný pravdepodobne na samostatný blok, v ktorom je situovaný predmetný inklinometrický vrt. Možno odôvodnene predpokladať, že aktívnym pohybom bol tento monitorovací vrt porušený a merania v ďalšom období v ňom už nebude možné realizovať. Výrazné zvýšenie napätostného poľa v okolí vrty GI-1 preukázali i merania PEE uskutočnené koncom septembra. V ostatných vrtoch, umiestnených v nižších častiach svahu takéto anomálne prejavy zaznamenané neboli, čo svedčí o priaznivom stabilizačnom vplyve rozsiahlych sanačných opatrení, predovšetkým Stabilizačného násypu, zabezpečujúceho päť zosuvného svahu.
- Stále prejavy pohybovej aktivity sú zaznamenávané na zosuve pri obci *Velká Čausa*. Najvýraznejšia deformácia, nameraná inklinometricky v predchádzajúcom roku vo vrte VČ-8 spôsobila porušenie tohto vrty a teda jeho nemerateľnosť v roku 2008. Výraznejšie nárasty deformácií boli zachytené vo vrtoch v priestore transportačnej a akumuláčnej oblasti zosuvu v blízkosti obývanej časti obce (vrty VČ-9, VČ-10 a VE-4). Náznaky pohybovej aktivity v centrálnej časti zosuvného územia boli čiastočne potvrdené i výsledkami geodetických meraní. Išlo o zaznamenaný vertikálny pohyb charakteru zdvihu, ktorý v bodoch P24, P23, P22 a P20 dosiahol až takmer 30 mm, pričom ide pravdepodobne o kombináciu viacerých vplyvov (vrátane tektonických). Nárast napätostnej aktivity v rovnakých častiach zosuvu ilustrujú aj výsledky meraní poľa PEE. Viacero výsledkov monitorovacích meraní naznačuje, že pohybová aktivita zosuvných hmôt sa postupne prenáša do nižších častí zosuvného územia, nachádzajúcich sa na kontakte s obývaným areálom obce. Absencia údržby sanačných zariadení spôsobuje nepriaznivé zmeny morfológie terénu, prejavujúce sa prehlbovaním bezodtokových depresíí.
- Mierny nárast deformácií i hodnôt napätostného poľa bol zaznamenaný na zosuve pri *Dolnej Mičinej*. Vo vrte JM-14 v centrálnej časti zosuvu bola zistená jeho nepriechodnosť už od hĺbky 1 m. Trend mierneho zvýšenia deformácií (oproti predchádzajúcemu roku) bol zistený inklinometrickými meraniami vo vrtoch JM-8 a JM-15 a trvalo vysoké hodnoty poľa PEE sa prejavujú v okolí vrty JM-2, JM-8 a JM-9, nachádzajúcich sa blízko okraja aktívneho zosuvu. Na lokalite naďalej pokračuje intenzívny rozvoj procesov erózie, ktoré výrazne znehodnocujú sanovanú časť svahu.

- Azda najväčšiu pozornosť nielen odbornej, ale i laickej verejnosti vyvolala havária plynovodu v zosuvnom území neďaleko obce *Slanec* v marci 2008. Haváriu spôsobil celý súbor príčin, no nesporne jednou z nich bol pomalý pohyb zosuvných hmôt, v ktorých je potrubie uložené. Napriek tomu, že havária bola lokalizovaná mimo monitorovaného zosuvného územia, skutočnosť, že nastala v rovnakom geologickom prostredí a v nevelkej vzdialenosti od pozorovaného územia, vyvolala zaslúženú pozornosť. Žiaľ, na lokalite *Slanec-TP* (tranzitný plynovod) sa vykonávajú iba režimové pozorovania, ktorými v roku 2008 neboli zaznamenané žiadne výraznejšie anomálie. Vzhľadom na dôležitosť lokality boli zástupcovia Slovenského plynárenského priemyslu písomne upozornení na nevyhnutnosť aplikovať na tejto lokalite komplex pozorovacích metód.
- Po extrémnych deformáciách, nameraných geodeticky v rokoch 2006 a 2007 na lokalite *Okoličné*, možno na základe monitorovacích meraní v roku 2008 (inklinometrických i geodetických) konštatovať určitú stabilizáciu územia. Pokles pohybových aktivít (v porovnaní s predchádzajúcim rokom) bol inklinometrickými meraniami zaznamenaný aj na lokalite *Bojnice*. Treba však upozorniť, že na tejto lokalite boli geodetickými metódami zistené polohové zmeny až nad 30 mm (v bodoch *B\_7* a *B\_8*) v priestore východného dielčieho zosuvu. Stagnácia až pokles polohových zmien (oproti predchádzajúcemu roku) boli namerané inklinometrickými a geodetickými meraniami na lokalite *Fintice*.
- Nárast hodnôt poľa PEE bol zistený v niektorých vrtoch (*JK-2* a *JK-3*) v transportačnej oblasti zosuvu *Handlová-Kunešovská cesta*. Na lokalite *Hlohovec-Posádka* sa vysoké hodnoty poľa PEE koncentrujú v spodných častiach vrtov *HSJ-25*, *HSJ-26* a *HSJ-32* a predovšetkým vo vrte *HSJ-33* v severnej časti monitorovaného územia, v ktorom bol v hĺbke 20 až 35 m počas jarného merania zistený pomerne vysoký stav napätosti. Na lokalite *Vištuk* bol vysoký stupeň aktivity poľa PEE nameraný počas jarného merania vo vrtoch *J-25* a *J-26* (v centrálnej časti zosuvného územia) a výrazné stúpnutie hodnôt poľa na jeseň bolo zistené vo vrtoch *J-12* a *J-23* v západnej časti zosuvného územia.
- Na lokalite *Handlová-Morovnianske sídlisko* vystupuje hladina podzemnej vody vo vrtoch s automatickými hladinomerami opakovane na úroveň terénu počas jarných mesiacov. Na lokalite *Ľubietová* boli na požiadanie starostu obce zhodnotené výsledky monitorovania za predchádzajúce roky a pripravuje sa komplexný návrh rekultivácie zosuvného územia. Na základe meraní v roku 2008 bol stabilizovaný stav konštatovaný na sanovanom zosuve v obci *Kvašov* i na lokalite *Liptovská Mara*. Konečne, stav zosuvného územia v intraviláne obce *Malá Čausa* sa výrazne nemení a vzhľadom na to, že pozorované zosuvné územie v súčasnosti stratilo prvoradý celospoločenský význam, navrhli sme aktívne monitorovanie v roku 2008 skončiť.

Pohyby charakteru plazenia sa monitorujú mechanicko-optickým dilatometrom *TM-71* na lokalitách situovaných na okraji vulkanických *Slanských vrchov – Veľká Izra, Sokol a Košický Klečenov*. V roku 2007 bol dilatometer inštalovaný i na lokalite *Jaskyňa pod Spišskou* v *Levočských vrchoch*. Merania na týchto lokalitách sa vykonávajú pravidelne cca 4-krát za rok. Na všetkých pozorovaných lokalitách pokračuje doterajší trend posunov. Kým na lokalite *Sokol* možno konštatovať určitú stagnáciu pohybu, na lokalitách *Košický Klečenov* a *Veľká Izra* bola zaznamenaná skokovitá zmena pri koncoročnom meraní, čo možno považovať i za reakciu na seizmickú udalosť v širšom regionálnom merítke.

Náznaky aktivácie rútvých pohybov sa monitorujú metódami digitálnej fotogrametrie, dilatometrickými meraniami, ako aj meraniami mikromorfologických zmien povrchu skalných odkryvov.

Z lokalít s najväčším počtom aplikovaných monitorovacích metód (*Banská Štiavnica, Demjata a Harmanec*) boli najvýraznejšie zmeny zaznamenané v centrálnej časti pozorovanej skalnej steny na lokalite *Demjata*, kde došlo k uvoľneniu bloku veľkosti až okolo 0,5 m<sup>3</sup>.

Uvoľňovanie skalných úlomkov bolo zaznamenané i v priestore monitorovania mikromorfologických zmien na východnom okraji monitorovaného zárezu v Banskej Štiavnici (identifikovaný bol vypadnutý úlomok hrúbky 16,2 mm). Na ďalších lokalitách monitorovania mikromorfologických zmien povrchu skalných stien boli najvýraznejšie zmeny zaznamenané na lokalitách *Pezinská Baba* (na stanovisku 3) a *Starina*. Na ďalších lokalitách (*Slovenský raj – Pod večným dažďom, Jakub, Bratislava – Železná studnička a Lipovník*) prebehli merania v štandardnom režime, pričom v roku 2008 neboli identifikované žiadne výrazné zmeny.

Do špecifickej skupiny lokalít hodnotenia stability zaraďujeme perspektívne územie výstavby *PVE Ipeľ*, kde ani v roku 2008 neboli uskutočnené geodetické merania a monitorovanie sa redukovalo iba na terénne obhliadky územia, pri ktorých neboli zistené žiadne významnejšie zmeny stabilitného stavu.

Na lokalite *Stabilizačného násypu v Handlovej* bolo na základe výsledkov geodetických meraní konštatované, že veľkosť sadania podložia pod násypovým telesom prebieha v rámci pružno-plastických deformácií a nachádza sa v dostatočnej vzdialenosti od medzného stavu konečného pretvorenia podložia. Treba však zdôrazniť, že priebežné navážanie vyťažených materiálov z bane na Stabilizačný násyp podmieňuje nevyhnutnosť ďalšieho pokračovania a vyhodnocovania meraní. Deformácia samotného oceleového potrubia, prevádzajúceho vody Handlovky a Nepomenovaného potoka pod násypom sa postupne v dôsledku sadania objektu prekrytia od priťažovacieho násypu začína prejavovať čoraz zreteľnejšie. Štatistickým spracovaním doterajších výsledkov merania deformácií boli určené medzné deformácie oceleového potrubia na jednotlivých meracích stanicách pre najbližšie obdobie. Dôležitou podmienkou dlhodobej bezporuchovej prevádzky Stabilizačného násypu je obnovenie funkčnosti jeho odvodnenia; meraniami a obhliadkou bola zistená nefunkčnosť viacerých povrchových odvodňovacích zariadení, čo spôsobuje postupné zvyšovanie úrovne hladiny podzemnej vody v násype, ktoré bolo zaznamenané i meraniami v roku 2008. Vzhľadom na dôležitosť tejto lokality sú výsledky jej monitorovania v roku 2008 zhrnuté v samostatnej Prílohe 2.

Okrem uvedených konkrétnych výsledkov monitorovania treba upozorniť na ďalšie skutočnosti a poznatky, získané počas riešenia úlohy v roku 2008.

Súčasťou riešenia bolo zabezpečenie viacerých technických opatrení na skvalitnenie samotného procesu monitorovania. V rámci týchto činností treba uviesť opravu a opätovné sfunkčnenie dôležitého inklinometrického vrtu JO-1 na lokalite *Okoličné*, ktorý bol poškodený vonkajším zásahom v roku 2007. Na lokalite *Veľká Čausa* bol v exponovanej časti zosuvu v októbri 2008 realizovaný nový vrt, v ktorom sa pripravuje v spolupráci s firmou *Geoexperts, Žilina* inštalácia kontinuálneho inklinometra začiatkom roku 2009. Ide o prvú pokusnú prevádzku tohto originálneho prístroja na Slovensku.

Prvoradou snahou riešiteľov úlohy je v čo najširšej miere oboznamovať zodpovedné orgány i obyvateľov postihnutých území s aktuálnymi výsledkami monitorovania zosuvných svahov. V rámci týchto aktivít je úplná informácia o výsledkoch monitorovania za predchádzajúce roky umiestnená a pravidelne aktualizovaná na webovej stránke ŠGÚDŠ. Navyše, v roku 2008 boli starostovia príslušných obcí, resp. správcovia objektov oboznámení s aktuálnym stabilitným stavom svahov a súčasne bol navrhnutý optimálny spôsob ďalšieho monitorovania s prípadným priamym spolupôsobením miestnych samospráv. Písomné informácie boli v novembri 2008 poslané primátorom miest *Handlová* a *Bojnice*, starostom obcí *Bojničky* a *Vinohrady nad Váhom* (lokalita *Hlohovec-Posádka*), *Dolná Mičiná*, *Fintice*, *Kvašov*, *Malá Čausa*, *Veľká Čausa* a *Vištuk*, ako aj na *Generálne riaditeľstvo ŽSR* (lokalita *Okoličné*), *Slovenský plynárenský priemysel* (lokalita *Slanec-TP*) a *Slovenskému vodohospodárskemu podniku* (lokalita *Liptovská Mara*). Kópie týchto informácií boli odoslané na *Sekciu geológie a prírodných zdrojov Ministerstva životného prostredia SR* a na

sekcii krízového manažmentu a civilnej ochrany Ministerstva vnútra Slovenskej republiky (predtým Úrad civilnej ochrany Ministerstva vnútra SR).

Počas monitorovania v roku 2008 boli opätovne konštatované viaceré skutočnosti, na ktoré sme upozorňovali už v predchádzajúcich rokoch – ide predovšetkým o pokračujúce zhoršovanie stavu monitorovacích a sanačných zariadení na viacerých pozorovaných lokalitách v dôsledku ich starnutia, ale aj vonkajšími zásahmi. Tieto nepriaznivé skutočnosti vedú často k zhoršovaniu stabilného stavu pozorovaných svahov.

V roku 2008 pokračoval trend zabezpečenia čo najvyššej pohotovosti a prognózneho zamerania monitorovacích aktivít. V súvislosti s tým bola na varovnom systéme, umiestnenom na lokalite Veľká Čausa skúšobne nastavená kritická úroveň hladiny podzemnej vody a na tej istej lokalite boli vytvorené podmienky na inštaláciu kontinuálneho inklinometra. Možno očakávať, že získané informácie významne prispievajú k odvodeniu vzťahu medzi stavom podzemnej vody a pohybovou aktivitou zosuvných hmôt a nové poznatky budú mať nielen lokálnu, ale všeobecnú platnosť pri vytváraní systémov, zabezpečujúcich prostredie pred nepriaznivým a často neočakávaným vplyvom svahových pohybov.

## **02 - Tektonická a seizmická aktivita územia**

V roku 2008 boli dokumentované pohyby povrchu územia, pohyby pozdĺž zlomov a seizmické javy. Podrobne bola zhodnotená seizmická aktivita v epicentrálnej oblasti Komárno. Na základe nepretržitej registrácie seizmických javov na stálych seizmických stanicích Národnej siete seizmických staníc bola hodnotená seizmická aktivita územia Slovenska.

*Pohyby povrchu územia.* Celoplošný monitoring pohybov povrchu územia Slovenska pomocou globálnych navigačných satelitných systémov sa vykonáva v geodetickej sieti SLOVGERENET v dvojročných intervaloch. Výsledky posledného merania boli dokumentované v minuloročnej správe.

Aktivita pohybov povrchu územia bola v roku 2008 sledovaná na 8 geodetických bodoch, rozmiestnených v rôznych orografických/geologických jednotkách. Tri z nich sú vybudované formou špeciálnych hĺbkových stabilizácií (Gánovce pri Poprade- GANP, Banskej Bystrici- BBYS a Modre Piesku- MOPI). Hodnoty meraní sú zasielané do európskej permanentnej siete (EPN- Euref Permanent Network), ktorú riadi európska komisia pre referenčné rámce (EUREF). Údaje z bodu Gánovce pri Poprade (GANP) sú zasielané aj do svetového geodetického monitoringu GNSS sietí. V ňom sú spracovávané vzhľadom na Medzinárodný terestrický referenčný rámec (ITRF2000), ktorý vyjadruje pohyb bodov európskej platne voči svetovému systému. Merania sú spracovávané i vzhľadom na Európsky terestrický referenčný rámec (ETRF89), ktorý vyjadruje pohyb bodov na povrchu Slovenska voči európskej platni. Monitorovanie preukázalo, že bod GANP sa spolu s celou európskou platňou pohybuje rýchlosťou cca 2,7 mm za rok na SV, výškový komponent pohybu osciluje okolo nuly. V systéme ETRS 89 za posledné dva roky vykonal mierny pohyb k ZJZ. Z toho vyplýva, že povrch územia sa nepohybuje celý rovnomerne, ale v dôsledku blokovej stavby zemskej kôry diferencovane, čo môže byť za určitých okolností zdrojom seizmických otrasov.

V roku 2008 boli hodnotené aj pohyby v lokálnej sieti Vysoké Tatry, ktorá bola založená v roku 1997. Opakované merania sú tu vykonávané pravidelne v ročnom intervale. Popri meraniach priestorovej polohy bodov boli vybraným bodom určené aj normálne výšky nivelačným meraním a určené tiažové zrýchlenie. Územie bolo vybraté vzhľadom na predpoklad, že v ňom dochádza k preskupovaniu tektonických napätí.

*Pohyby pozdĺž zlomov.* Inštrumentálne merania pohybov pozdĺž zlomov pomocou dilatometrov TM 71, bolo v roku 2008 realizované na 6 lokalitách: Branisko, Demänovská jaskyňa Slobody, Banská Hodruša, Vyhne, Ipeľ a Dobrá Voda. Na väčšine zlomov bola zistená minimálna tektonická aktivita, prípadne boli pohyby až zastavené. Výnimku tvorí

lokalita Demänovská jaskyňa Slobody, kde došlo k oživeniu pohybov. Zaznamenaný bol „skokový“ šmykový pohyb v smere osi y a mierne otvorenie trhliny v smere osi x. Z hľadiska doterajších skúseností možno zastavenie pohybov pozdĺž niektorých zlomov považovať za dočasné. V rámci dokumentácie zlomov v ohniskových oblastiach na území Slovenska boli doplnené zlomové poruchy a katalóg zlomov v oblasti Komárna a v severnej časti Malých Karpát.

*Seizmická aktivita územia.* Podľa historických záznamov na Slovensku bolo v epicentrálnej oblasti Komárna najviac makroseizmicky dokumentovaných zemetrasení (38), s intenzitou 6 až 7°EMS, niekedy i väčšou. Najsilnejšie zemetrasenia boli zaznamenané v roku 1763 (9-10°EMS), v roku 1783 (9°EMS), v roku 1822 (8-9°EMS) a v roku 1851 (8°EMS). V roku 1869 tu bolo zaznamenané doteraz posledné zemetrasenie o intenzite 6°EMS. Počas ďalších 137 rokov sa v oblasti vyskytovali len zemetrasenia o intenzite 3-5°EMS. Od tohto obdobia dochádza k útlmu tektonickej aktivity, čo sa prejavuje aj v zníženom uvoľňovaní seizmickej energie.

Ďalšími cieľmi riešenia úlohy je monitorovanie lokálnych, regionálnych a teleseizmických seizmických javov (zemetrasení a priemyselných explózií) a ich analýza, lokalizácia zemetrasení s epicentrom na území Slovenska alebo zemetrasení makroseizmicky pozorovaných na území Slovenska, tvorba národnej seizmologickej databázy a pravidelná medzinárodná výmena údajov. Nepretržitá registrácia seizmických javov bola v roku 2008 vykonávaná na 9 seizmických staniách Národnej siete seizmických staníc – ZST, MODS, VYHS, CRVS, KECS, HRB, LIKS, KOLS, a STHS. Seizmické stanice SRO, SRO1 a SRO2 boli kvôli pretrvávajúcim stavebno-technickým problémom väčšiu časť roka mimo prevádzky. Všetky seizmické stanice zaznamenávajú kontinuálne rýchlosť seizmického pohybu pôdy a poskytujú zaznamenané údaje v reálnom čase. Všetky stanice sú registrované v International Seismological Centre, ISC, vo Veľkej Británii. V prípade potreby sú na vyžiadanie k dispozícii aj trigrované záznamy seizmického pohybu zo staníc lokálnych seizmických sietí atómových elektrární Mochovce a Jaslovské Bohunice.

Dátové a spracovateľské centrum Národnej siete seizmických staníc je v GFÚ SAV Bratislava. Centrum zhromažďuje zaznamenané údaje v reálnom čase z 12 staníc Národnej siete a z vybraných staníc okolitých krajín. Celkovo sú v reálnom čase zhromažďované a analyzované údaje z 81 seizmických staníc. Týchto 81 seizmických staníc tvorí Regionálnu virtuálnu seizmickú sieť GFÚ SAV. Dátové a spracovateľské centrum vykonáva automatické lokalizácie, ktoré sú k dispozícii do 10 minút po zaznamenaní seizmického javu. Tieto lokalizácie sú automaticky umiestňované na internet a sú posielané e-mailom na vybrané e-mailové adresy a sekciu krízového manažmentu a civilnej ochrany Ministerstva vnútra Slovenskej republiky.

Pre verejnosť sú automatické lokalizácie zemetrasení k dispozícii na web stránke [www.seismology.sk](http://www.seismology.sk). Okrem automatických lokalizácií sa na spomenutej stránke nachádzajú aj aktuálne seizmogramy staníc Národnej siete seizmických staníc (okrem HRB) a staníc Smolenice a Kolačno, ktoré patria do lokálnej seizmickej siete atómových elektrární Mochovce a Jaslovské Bohunice a prevádzkované sú spoločnosťou Progseis. Na web stránke [www.seismology.sk](http://www.seismology.sk) sú k dispozícii aj archívne záznamy seizmických staníc pre posledných 30 dní. Počet návštev stránky bol v roku 2008 približne 32 700.

V roku 2008 bolo zo záznamov seizmických staníc interpretovaných viac ako 5 390 teleseizmických, regionálnych alebo lokálnych seizmických javov. Lokalizovaných bolo cca 70-80 zemetrasení s epicentrom v záujmovej oblasti Slovenskej republiky. Makroseizmicky boli na území Slovenska v roku 2008 pozorované 3 zemetrasenia. Všetky makroseizmicky pozorované zemetrasenia boli seizmometricky lokalizované. Epicentrá makroseizmicky pozorovaných zemetrasení sa nachádzali na území Slovenska (1 v oblasti Banskej Bystrice a 2 na východnom Slovensku).

### 03 - Antropogénne sedimenty charakteru environmentálnych zát'azi

Do tohto podsystemu sú zaradené lokality uložených antropogénnych sedimentov, vrátane odkalísk, ktoré ohrozujú jednotlivé zložky geologického prostredia. V roku 2008 boli sledované lokality: Myjava, Modra, Šulekovo, Bojná, Krompachy – Halňa, Šaľa, Chalmová a Poša. Aby sa zabezpečilo kontinuálne zaznamenávanie a hodnotenie informácií o stave týchto sedimentov boli sledované ukazovatele: pH, vodivosť, CHSKCr, rozpustené látky, chloridy, Cu, Zn, Fe, amónne ióny. Z najdôležitejších výsledkov, zistených meraniami v roku 2008 uvádzame:

Na lokalite *Šaľa* bol potvrdený nárast obsahov chloridov a amónnych iónov, čo je dokumentované aj nárastom vodivosti. V okolí skládky sa vyskytujú podzemné vody so zvýšeným obsahom kontaminácie. Prevládajúcimi komponentmi sú chloridy a amónne ióny, ktoré však nepredstavujú priame ohrozenie prírody a obyvateľstva. V rokoch 1995 až 1997 boli na tejto lokalite realizované sanačné práce. Ako hlavný sanačný prvok bola po obvode skládky približne v jej päte vybudovaná podzemná tesniaca injekčná stena PTIS. Použitie tejto technológie v konkrétnom geologickom prostredí bolo na území SR použité po prvý raz. Vzhľadom na agresivitu prostredia a novú doteraz dlhodobo neodskúšanú technológiu tesnenia je potrebné sledovať dlhodobú tesniacu schopnosť tejto podzemnej steny.

Na lokalite *Poša* boli v roku 2008 odobrané vzorky povrchových vôd a riečnych sedimentov potoka Kyjov, ktorých analýzy potvrdili klesajúci trend vymývania hlavného kontaminantu v lokalite - arzénu. Vzorky boli odoberané na dvoch miestach – výpusť z odkaliska a z povrchu odkaliska pri hrádzi.

Skládka *Bojná* pozostáva z dvoch nezávislých, ale organicky spojených častí. Okrem súčasne využívanej skládky je východne od nej umiestnená divoká skládka. V priestore neboli vybudované žiadne technické opatrenia proti znečisteniu životného prostredia. Tento stav trvá doteraz. Výsledky monitoringu v roku 2008 potvrdzujú, že vplyv staršej kontaminácie je stále v podzemných vodách prítomný. Takmer v celom priestore pod starou, aj novou skládkou, je dlhodobo výrazná kontaminácia podzemných vôd. Prejavuje sa v nameraných hodnotách vodivosti, obsahu chloridov, amónnych iónov, síranov a bóru, ktoré sa zvyšujú a prekračujú limitné hodnoty, platné pre podzemné vody. Dôležitým monitorovacím prvkom sú aj hodnoty CHSK-Mn, CHSK-Cr a pH.

Lokalita *Myjava* bola rekultivovaná v roku 2006. Monitoring skládky sa uskutočňuje odberom vzoriek vôd pre laboratórne analýzy a vizuálneho zhodnotenia stavu monitorovacieho systému a povrchu skládky. Hlavnou cestou šírenia vody zo skládky je zberný drén v jej čele, odkiaľ postupne vteká do potoka. V ňom, v závislosti od klimatických podmienok, dochádza k nariedeniu. Hlavnou zložkou kontaminácie je dlhodobo  $\text{NH}_4^+$ , Zn a Ni. Skládkový materiál nepredstavuje z hľadiska kontaminácie povrchových a podzemných vôd rizikové prostredie. Na skládke sa však tvoria erózne ryhy, hlboké až po podložné geotextílie.

Skládka *Halňa* bola uzavretá v roku 1999. Počas jej prevádzky boli na skládke uskladnené priemyselné odpady z výroby železa, ocele, medi, síranu zinočnatého ako i kyseliny sírovej. Približne na 2 ha skládky bol ukladaný i komunálny odpad. Monitoringom podzemných vôd bolo zistené prekročenie povolených limitov nasledujúcich prvkov: As, Cd, Ni, B, Zn, Sb.

Na lokalite *Zemianske Kostolany* bol roku 2008 realizovaný výber vhodnej lokality na monitorovanie uvoľňovaného As do horninového prostredia. Bolo vybraté miesto na inštaláciu stabilného monitorovacieho zariadenia vo forme pôdneho lyzimetra. Analytickým stanovením boli zistené vysoké obsahy celkového As  $1231 \text{ mg.kg}^{-1}$  vo vzorke riečneho sedimentu. V pôdnom horizonte v hĺbke do 30 cm bol obsah As  $389 \text{ mg.kg}^{-1}$ , v hĺbke 60-80 cm bol zistený obsah As  $942 \text{ mg.kg}^{-1}$ . Tieto hodnoty niekoľkonásobne prevyšujú limitnú C



hodnotu  $50 \text{ mg.kg}^{-1}$  podľa MP SR č. 531/ 1994 – 540. Pozorovaná mobilizácia As zo zdrojového materiálu riečneho sedimentu a vzorky pôdy v laboratórnych podmienkach umožňuje identifikovať pochované antropogénne sedimenty ako možný zdroj znečistenia povrchových a podzemných vôd v povodí rieky Nitra s potenciálom ohrozenia zdravia obyvateľstva.

Na odkaliskách sú uskladňované elektrárenské popolčeky, jemnozrnné sedimenty z chemických fabriek, kaly z úpravni rudných baní a iné materiály, ktoré predstavujú možné ohrozenie životného prostredia následkami prípadného porušenia stability telesa hrádze. V roku 2008 boli sledované zmeny mechanických vlastností na 2 odkaliskách ENO Nováky - Pôvodnom a Definitívnom odkalisku v Chalmovej. Vykonané boli presiometrické skúšky, RTG analýzy, geofyzikálne merania a analýzy zrnitosti zloženia. Zmeny mechanických vlastností ukladaného antropogénneho sedimentu sú zhodnotené na základe porovnania výsledkov meraní, opakovaných v jednotlivých etapách monitoringu, s frekvenciou 3 rokov. Geofyzikálne merania boli merané metódou elektrickej rezistívnej tomografie (ERT), pomocou automatického geoelektrického systému ARES. V jednom slede bol meraný úsek 235 m, čo predstavuje hĺbkový dosah cca 40 m. Predchádzajúce merania VES na oboch odkaliskách boli vedené na profiloch v kratších úsekoch. Na odkalisku Chalmová – definitívne úložisko bol profil vedený po spádnicí svahu čelnej hrádze cez jednotlivé lavičky a bol zostavený vertikálny rez. V jeho povrchovej časti leží vrstva suchej kamenitej navážky a popolovín, ktorej hrúbka sa mení od cca 6 m v hornej časti svahu po cca 10 m v jeho dolnej časti. Pod ňou je horninové prostredie pomerne vertikálne i horizontálne diferencované. Táto vertikálna členitosť prostredia vytvára štruktúru, ktorá dáva predpoklad na pomerne vysokú pevnostnú stabilitu. Na odkalisku Nováky pôvodné v profile prechádzajúcom lavičkou vo výške 270 m n.m. má ukladaný materiál do hĺbky 12 až 20 m má nízku pórovitosť s malým obsahom vlhkosti, pod uvedenou úrovňou bol pozorovaný vyšší obsah vody a vyššie množstvo ílovej prímеси v sedimente.

Boli vypracované identifikačné listy pre ďalších päť odkalísk. Rudné odpady uložené na odkalisku Rudňany (okres Spišská Nová Ves), popolčeky: Zvolen, Žilina, Snina a Sered' (okres Galanta).

#### **04 - Vplyv ťažby na životné prostredie**

Monitorovanie prebieha na lokalitách z oblasti ťažby hnedého uhlia, ťažby magnezitu a mastenca a z oblastí rudných ložísk, ktoré boli v roku 2007 vytypované ako rizikové, na základe výsledkov ukončenej geologickej úlohy „Systém zisťovania a monitorovania škôd na životnom prostredí vznikajúcich banskou činnosťou“. Pôvodne navrhovaný spôsob vykonávania monitorovacích prác bol modifikovaný vzhľadom na finančnú náročnosť. Monitoring inžinierskogeologických aspektov je zameraný hlavne na oblasti v intravilánoch sídiel. Jeho súčasťou je priestorová identifikácia a dokumentácia podpovrchových vyrúbaných priestorov, ktoré sú potenciálnym zdrojom nestability a zber údajov o časovom a fyzickom priebehu starších a súčasných závalových procesov na povrchu. Pre monitoring hydrogeologických aspektov boli prijaté ako plne vyhovujúce štandardné metódy hydrometrických meraní na nestabilných merných profiloch. Pre monitoring geochemických aspektov sa na väčšine lokalít rozšíril rozsah sledovaných parametrov kvality vôd tak, aby mohli byť dokumentované dlhodobé zmeny koncentrácie nielen dosiaľ identifikovaných kritických kontaminantov, ale i ďalších významných zložiek uvoľňujúcich sa do životného prostredia.

*Oblasti ťažby hnedého uhlia.* V oblasti Hnedouhoľného hornonitrianskeho revíru boli sledované systémy štyroch najvýznamnejších štôlní (Handlová pri Rybe, baňa Cígel', Hlboká a Lehota pod Vtáčnikom). Z uvedených výtokov zo štôlní boli zdokumentované zvýšené hodnoty celkových mineralizácií výtokov vôd zo štôlní (v rozpätí  $500\text{--}750 \text{ mg.l}^{-1}$ ), tieto sú

však porovnateľné s vodami v miestnych recipientov ( $500\text{--}700\text{ mg.l}^{-1}$ ). Obsahy potenciálne toxických prvkov (As, Se, Cu, Zn, Pb, Hg) vo vodách sú relatívne nízke. Len v prípade štôlne v Lehote pod Vtáčnikom boli zdokumentované zvýšené obsahy As  $0,025\text{ mg.l}^{-1}$ . Tieto obsahy aj obsahy ďalších stopových prvkov sú porovnateľné s ich obsahmi v roku 2007 a aj v predchádzajúcich obdobiach. V sedimentoch z baní z Hornonitrianskej oblasti boli v roku 2008 zdokumentované vysoké obsahy As ( $330\text{ mg.kg}^{-1}$ ) v štôlni bani Cígeľ a Zn v štôlni v Handlovej. Tieto obsahy sú však porovnateľné s doterajšími pozorovaniami.

*Oblasti ťažby magnezitu a mastenca.* Do systému monitorovania boli zaradené lokality Jelšava, Lubeník, Hnúšťa – Mútnik a Košice - Bankov. Spoločným a hlavným environmentálnym problémom oblastí ťažby a spracovania magnezitu a mastenca regionálneho rozsahu je alkalizácia pôd a poškodenie vegetácie, ako dôsledok desaťročia trvajúceho emisného zaťaženia pri úprave magnezitu. Ďalším významným environmentálnym problémom je stabilita povrchu nad vyťaženými časťami ložiska a rozsah povrchových závalov. V oblasti ložiska Lubeník je monitorovaný vplyv skládky inertného odpadu na miestny povrchový tok – prítok rieky Muráň. Priesakové vody skládky sústredeným odtokom dotujú spomenutý tok a spôsobujú zhoršenie kvality jeho vody nárastom koncentrácie síranov (až najvyšší 5. stupeň kvality podľa klasifikácie kvality povrchových vôd, STN 75 7221). Samotné ložisko je odvodňované odčerpávaním banskej vody so zvýšeným obsahom síranov, ktorá je odvádzaná kanalizáciou na ČOV a po prečistení ako súčasť odpadových vôd vypúšťaná do rieky Muráň. V oblasti Hnúšťa – Mútnik za obdobie rokov 2003 -2008 nastal na cca 300 m dlhom úseku štátnej cesty Mútnik –Polom pokles 8 pozorovaných bodov v rozsahu 35 až 206 mm. Na lokalite Jelšava z ôsmich posudzovaných závalov len na jednom bolo zistené jeho zväčšenie (rozšírenie v smere S – J), na ostatných neboli zistené zmeny.

*Oblasti ťažby rúd.* Spomedzi veľkého počtu lokalít postihnutých ťažbou rúd sú do monitoringu zahrnuté lokality: Rudňany, Slovinky, Smolník, Novoveská Huta, Rožňava, Nižná Slaná, Banská Štiavnica, Hodruša, Kremnica, Špania dolina, Dúbrava, Pezinok, Banská Štiavnica a Hodruša. Ťažba v súčasnosti prebieha len na sadrovcovom ložisku v Novoveskej Hute. Ostatné bane na hodnotených lokalitách sú dnes už opustené a s výnimkou bane Nižná Slaná i zatopené Pretrvávajúcimi negatívnymi environmentálnymi vplyvmi na týchto lokalitách sú nestabilita horninového masívu, ktorej dôsledkom sú závaly nad vydobytými priestormi a bankskými dielami, kontaminácia povrchových tokov výtokmi bankských vôd, priesakmi z hald a odkalísk a v prípade prevádzky zariadení tepelnej úpravy rudy i imisné zaťaženie územia s negatívnymi dosahmi na kvalitu pôd, rastlinný kryt i kvalitu ovzdušia.

Lokalita *Smolník*. Zatopené pyritové ložisko je odvodňované šachtou Pech a čiastočne i neregulovanými priesakmi v jej okolí do Smolníckeho potoka. Koncentrácie Fe, Mn a Al v jeho profile pod hodnotenou oblasťou dosahovali kvalitatívnu triedu 5, reakcia vody, Cu a Zn triedu 4.

Lokalita *Novoveská Huta*. Na lokalite Novoveská Huta sa kumulujú dôsledky dosiaľ vykonávanej ťažby sadrovca a minulej ťažby kremeňovo – ankeritových žíl s chalkopyritom priestorove sa prelínajúcich s polohami U-Mo rudy. Sdrovcová baňa nie je priamo bankskými dielami prepojená so sústavou bankských diel overujúcich rudné žily a uránonosné polohy. Bankské diela sú odvodňované na rôznych výškových úrovniach. Vzniknutý hydraulický spád vytvára potenciálne riziko postupného vývoja krasu v polohe sadrovca zachytenej oboma baňami a prienik banskej vody zo zatopenej bane do ťaženej sadrovcovej bane. Závalové pásmo bane je aktívne, čo dokumentuje posledný náhly prepád nadložia a vznik závalu s priemerom 50 m a hĺbkou 15 m v noci z 5. na 6. februára 2007. Výtoky bankských vôd i priesaky početnými haldami prispievajú k nepriaznivému kvalitatívnemu stavu miestneho potoka Holubnica, v roku 2008 boli v intraviláne obce Novoveská Huta dokumentované koncentrácie Sb, Cu a Ba v 3. triede kvality povrchových vôd, koncentrácie rádiologických ukazovateľov  $^{226}\text{Ra}$  a  $^{238}\text{U}$  spadali do 1. – 2. triedy kvality.

Lokalita *Špania Dolina*. Ťažba medi tu kulminovala v stredoveku. Okrem ťažobných diel sa tu nachádzajú početné rozsiahle haldy. Odpad z úpravy miestnej rudy i Hg-rudy z Malachova je deponovaný na odkaliskách. V roku 2008 bol na tejto lokalite započatý systematický terénny monitoring hydrometrovaním a vzorkovaním troch profilov povrchových tokov (Banský potok, potok Zelená, Richtársky potok), štyroch štôlní s výtokom banskej vody a priesaku z odkaliska. Spomedzi zisťovaných mikroprvkov, najnepriaznivejšie koncentrácie vo vodách dosahujú As, Sb a Cu (triedy kvality 4 - 5).

Lokalita *Dúbrava*. Environmentálne problémy na tejto lokalite sú spôsobované ukončenou ťažbou Sb-Au rudy. Preukázaná bola pretrvávajúca kontaminácia vody potoka Paludžanka antimónom v najhoršej piatej triede klasifikácie kvality povrchových vôd.

Lokalita *Pezinok*. Ložisko Sb rudy Pezinok je opustené, na lokalite sa dosiaľ nevykonával systematický monitoring. V roku 2008 sme na tejto lokalite vykonali hydrometrické merania na dvoch profiloch potoka Blatina a na štôlniach Pyritová a Budúcnosť. Preukázali pretrvávajúce vysoké koncentrácie Sb, As, Mn a SO<sub>4</sub>, pričom koncentrácie Sb a As vo vode potoka Blatina v profile nad nemocnicou dosahovali triedy kvality 4 – 5.

Lokalita *Kremnica*. Ťažba žíl s drahokovovou mineralizáciou v Kremnickom rudnom poli, kulminujúca v 14. a 15. storočí, bola definitívne ukončená v roku 1970. Podrúbanie centrálnej oblasti Kremnice, ktoré síce nespôsobilo vznik poklesovej kotliny, ale vynucuje si zvláštnu opatnosť pri rekonštrukčných prácach existujúcich stavebných objektov a budovaní nových.

V oblasti *Banskoštiavnického rudného revíru* boli sledované systémy dvoch najväčších odvodňovacích štôlní (Voznická dedičná štôlna, Nová odvodňovacia štôlna), ďalej jednej zo starých štôlní (Zlatý stôl) a odkalisko v Hodruši. S ohľadom na polymetalický charakter zrudnenia boli vo vodách, no aj v sedimentoch zdokumentované vysoké (nadlimitné) obsahy prakticky všetkých sledovaných kovov najmä: Fe, Mn, Zn, Pb a Cd). Najmä vo výtoku z Voznickej dedičnej štôlne pretrváva enormne vysoký obsah Zn (5,31 mg.l<sup>-1</sup>), ktorý je porovnateľný s doterajšími pozorovaniami. Zo sledovaných systémov v tejto oblasti jednoznačne najnepriaznivejšie sú z hľadiska sedimentov Nová odvodňovacia štôlna (obsah Zn 61 690 mg.kg<sup>-1</sup>) a Voznická dedičná štôlna (obsah Zn 78 110 mg.kg<sup>-1</sup>). Aj obsahy ďalších toxických kovov (Pb, Cd, Cu, Co a Hg) vysoko prekračujú platné limity pre životné prostredie a znamenajú najvyššiu záťaž. Celkovo však možno skonštatovať relatívne stabilný (nemenný) režim obsahov potenciálne toxických prvkov v sedimentoch banských diel. Z vôd vypadávajú a hromadia sa v riečnych sedimentoch, kde sú potenciálnym zdrojom znečistenia životného prostredia.

Špecifickým problémom, ktorý nastal v roku 2008, je nebezpečenstvo náhlych prievalov banskej vody z opustených banských diel, lokalizovaných nad osídlenými územiami. Ide napr. o opakované náhle výtoky banskej vody z banského diela Nová Štôlna, nachádzajúca sa v dobývacom priestore Spišská Nová Ves, v lokalite nad miestnou časťou Pod Teplíčkou v Spišskej Novej Vsi.

Z pohľadu štátneho monitoringu vplyvov banskej činnosti na životné prostredie je v tejto súvislosti vhodné už v roku 2009 orientovať pozornosť na zistenie efektívneho spôsobu identifikácie objektov rizikových z hľadiska vzniku náhlych prievalov a navrhnúť spôsob ich technických úprav pre zamedzenie spomínaného rizika, prípadne monitoring pre včasné varovanie pred vznikom havárie.

## **05 - Monitoring objemovej aktivity radónu v geologickom prostredí na území Slovenskej republiky**

Hlavným prírodným zdrojom radónu je geologické prostredie a preto je potrebné zdokumentovať a komplexne zhodnotiť krátkodobé (sezónne) i dlhodobé zmeny koncentrácií

radónu v horninách (pôdach) a v podzemných vodách. Lokality vybrané pre monitorovanie objemovej aktivity radónu (OAR) v rámci územia Slovenskej republiky sú lokalizované v oblastiach s potvrdeným výskytom zvýšeného radónového rizika v snahe zaznamenať a zhodnotiť jeho zmeny, resp. variácie. Opakované vzorkovania a merania OAR v terénnych aj laboratórnych podmienkach sa vykonáva na 14-tich lokalitách (po siedmich lokalitách pre pôdny radón a radón v podzemných vodách) v rámci územia Slovenska, vrátane ich komplexného spracovania, vyhodnotenia a porovnania výsledkov s predchádzajúcimi obdobiami. Postupy stanovenia objemovej aktivity radónu (cA) v pôdnom vzduchu a plynopriepustnosti základových pôd odpovedajú ustanoveniam Zákona NR SR č. 355/2007 Z.z. o ochrane, podpore a rozvoji verejného zdravia a v zmysle Nariadenia vlády SR č. 350 z 10. mája 2006, ktorým sa ustanovujú podrobnosti o požiadavkách na obmedzenie ožiarenia z prírodného žiarenia.

*Pôdny radón - zvýšené radónové riziko na referenčných plochách* - monitoring bol v roku 2008 vykonávaný s rôznou frekvenciou monitorovania na šiestich lokalitách v strednom až vysokom (na lokalite Hnilec v extrémnom) radónovom riziku. Merané boli lokality: Bratislava – Vajnory (2x ročne), Banská Bystrica – Podlavice (2x ročne), Novoveská Huta (8x ročne), Teplička (8x ročne), Hnilec (4x ročne), Košice – KVP (2x ročne). Celkový objem prác na všetkých šiestich RP v roku 2008 činil 442 sond so zhodným počtom odobraných, zmeraných a vyhodnotených vzoriek pôdneho vzduchu.

Na lokalite *Hnilec* (extrémne vysoké radónové riziko) došlo v roku 2008 k pomerne výraznému nárastu hodnôt OAR v pôdnom vzduchu a namerané hodnoty sú dokonca absolútne najvyššie od roku 2000. Stredná hodnota OAR (3. kvartil) v roku 2008 dosiahla až  $712 \text{ kBq.m}^{-3}$ , pričom najnižšia úroveň ( $420 \text{ kBq.m}^{-3}$ ) bola zaznamenaná v roku 2003 a až doposiaľ najvyššia hodnota ( $642 \text{ kBq.m}^{-3}$ ) sa zistila v roku 2007.

Pravdepodobne je to dôsledkom zvýšeného výskytu lokálnych zrážok a väčšej vlhkosti pokryvných útvarov v tejto oblasti. Merania OAR v pôdnom vzduchu v danej lokalite dosahujú dlhodobo najvyššie hodnoty v rámci územia Slovenskej republiky.

Priebeh sezónnych variácií OAR v pôdnom vzduchu významne závisí nielen od meteorologických a klimatických faktorov, ale aj od plynopriepustnosti a vlhkosti miestnych zemín a hornín, teda aj na samotnej geologickej stavbe a litologickej charakteristike konkrétnej lokality. To znamená, že aj pri rovnakých meteorologických podmienkach, ale v rôznom geologickom prostredí, nemusí byť charakter variácií zhodný. Príkladom toho sú výsledky monitoringu na RP Novoveská Huta (homogénne permské sedimenty strednej plynopriepustnosti) a RP Teplička (paleogénne sedimenty so strednou až nízkou plynopriepustnosťou, so zvýšeným podielom ílovitej frakcie), ktoré sú relatívne blízko seba (cca 5 km) v rovnakej klimatickej oblasti, ale s odlišným geologickým profilom, v ktorom je šírenie radónu sledované, mali v roku 2008 majú odlišný priebeh. V letných mesiacoch boli na RP Novoveská Huta vysledované maximálne a na RP Teplička minimálne OAR v pôdnom vzduchu, a na jar a v jeseni naopak: Novoveská Huta - minimum a Teplička - maximum OAR. Na RP Novoveská Huta je zrejmy aj pomerne výrazný trend poklesu stredných hodnôt OAR (3. kvartil) v pôdnom vzduchu, pričom od doposiaľ zaznamenaného maxima v roku 2007 ( $113 \text{ kBq.m}^{-3}$ ) došlo v roku 2008 k poklesu na  $61 \text{ kBq.m}^{-3}$ , čo je prakticky zrovnateľné s hodnotami z roku 2003, kedy poklesla na  $58 \text{ kBq.m}^{-3}$ . Obdobný, aj keď nie natoľko výrazný, trend znižovania hodnôt OAR v pôdnom vzduchu (3. kvartil) je možné pozorovať aj na RP Teplička, kde od max. hodnôt z roku 2005 ( $90 \text{ kBq.m}^{-3}$ ) došlo v uplynulom roku 2008 k poklesu na  $77 \text{ kBq.m}^{-3}$ . Aj v tejto lokalite sa výrazným minimom prejavil rok 2003, kedy stredná hodnota 3. kvartilu OAR v pôdnom vzduchu dosiahla úroveň iba  $55 \text{ kBq.m}^{-3}$ . Výsledky monitoringu OAR v pôdnom vzduchu dokumentujú jej variabilitu v pripovrchových častiach horninového prostredia v priebehu roka, ale aj v období viacerých rokov. Variácie zrejme súvisia s atmosférickými podmienkami a ich zmenami. Potvrďuje sa určitá závislosť

OAR na meteorologických podmienkach s nejednoznačným efektom na jednotlivých lokalitách, zrejme aj v dôsledku odlišnosti litologického zloženia.

*V oblasti tektonicky porušenej zóny.* boli v auguste 2008 zrealizované merania aktivity radónu v pôdnom vzduchu na lokalite *Grajnár*. Pri monitorovaní OAR nad zlomovými štruktúrami bolo v danom roku vyhlbených a premeraných 94 sond. Výsledky potvrdzujú výskyt dislokácií pozitívne ovplyvňujúcich transport radónu do pripovrchových častí aj z väčších hĺbok, takže OAR v pôdnom vzduchu nad zlomami dosahuje anomálne hodnoty aj rádovo prevyšujúce pozadie.

*Radón v podzemných vodách.* Vzorkovanie a meranie vybraných zdrojov podzemných vôd v roku 2008 prebiehalo na lokalitách: Malé Karpaty, prameň Mária (2x ročne), Malé Karpaty, prameň Zbojnička (2x ročne), Malé Karpaty, prameň Himligárka (2x ročne), Spišské Podhradie, prameň sv. Ondreja (12x ročne), Bacúch, prameň Boženy Němcovej (6x ročne), Oravice, pramenisko pri vrte OZ-1 (2x ročne), Ladmovce, výron vody z vrtu (2x ročne). Výsledky monitorovania OAR v podzemných vodách dokumentujú skutočnosť, že stredné hodnoty koncentrácií radónu pre pramene monitorované v roku 2008 sú vyššie ako v rokoch predošlých. Napr. stredná hodnota OAR v prameni sv. Ondreja (Spišské Podhradie) dosiahla  $198 \text{ Bq.l}^{-1}$  a v prameni Boženy Němcovej (Bacúch) až  $299 \text{ Bq.l}^{-1}$ , čo sú doposiaľ vôbec najvyššie hodnoty OAR namerané na týchto prameňoch od roku 2001.

Komplexné výsledky monitorovania radónu z roku 2008 a tiež z predchádzajúcich rokov dokumentujú skutočnosť, že zmeny OAR v geologickom prostredí sú jednak krátkodobé (sezónne), dlhodobé (rádovo roky), ale aj náhodné (miestne, časové, klimatické, a pod.). Tieto poznatky o variabilite radónu v horninách a vodách sú jednoznačne prínosom pre objektívnejšie hodnotenie radónového rizika z geologického prostredia.

## **06 - Stabilita horninových masívov pod historickými objektmi**

V roku 2008 sme sa zamerali na monitorovanie lokalít: Spišský, Strečniansky, Oravský, Uhrovský a Lietavský hrad, hrad Devín, hrad Trenčín, kostol Kostol'any pod Tríbčom. Na hradoch Plavecký, Pajštún a Čachtice boli monitorovacie stanoviská pre meradlo typu SOMET inštalované v roku 2003, na hrade Devín bol nainštalovaný komplexný monitorovací systém v novembri 2005, po limitovanej funkčnosti monitorovacieho zariadenia v auguste 2008 došlo počas búrky na zariadení k elektrickému skratu a všetky meracie zariadenia boli vyradené z činnosti. Majiteľ zariadenia PAMING Bratislava, z finančných dôvodov, nedal obnoviť monitorovanie. V roku 2005 bolo nainštalované plnoautomatizované monitorovacie zariadenie (typ GEOKON-2, zapožičané od fi GEOEXPERTS Žilina) na Spišskom hrade. V júni 2006 sme nainštalovali aj meracie stanovisko pre meradlo SOMET na Trenčianskom hrade a revitalizovali merania na ranogotickom kostolíku sv. Juraja v Kostol'anoch pod Tríbčom.

*Spišský hrad.* V priestore tzv. Perúnovej skaly, ktorá dlhodobo vykazuje známky nestability, sú situované tri monitorovacie stanoviská. Na monitorovacom bode (TM-71-1) v priebehu roku 2008 došlo k postupnému zatvoreniu trhliny. Veľký skok v zatváraní bol zaregistrovaný vo februári, hneď nasledujúci mesiac sa trend vrátil na temer pôvodné hodnoty a pokračovalo zatváranie pukliny. Za minulý rok sa trhlina náhlym skokom otvorila o 2,13 mm. Celkove sa trhlina od leta 1992 otvorila o 5,14 mm. Na prístroji TM-71-2 za posledný rok došlo k ustáleniu pohybu v smere osi x. Celkový pohyb zatvorenia trhliny dosiahol 3,98 mm. Celkove vo všetkých osiach je pohyb minimálny, avšak konštantný za posledné v smere zatvárania pukliny. Na treťom prístroji TM-71-h1 sme zistili, že trhlina sa postupne zatvára, pričom charakter zmien je výrazne oscilačný. Ak by sme teda mali vyjadriť sumárny pohyb monitorovaného horninového bloku tzv. Perúnovej skaly, je zrejme, že tento sa v hornej časti vykláňa smerom na SSZ, spodná časť bloku sa zasa vykláňa opačne, teda k JJV, pričom z tejto strany porušuje murivo dolného paláca.

*Hrad Strečno.* Pohyby na tejto lokalite majú výrazne oscilačný charakter, čo je v zhode s dlhodobým trendom. V roku 2008 pokračovalo zatváranie pukliny až o hodnoty 0,92 mm, a v priebehu roku 2008 nastal opäť prudký skok v smere otvárania pukliny s dosiaľ zisteným maximom v rozsahu 3,45 mm.

*Plavecký hrad.* Na tejto lokalite sú osadené pozorovacie body na troch stanoviskách, ani na jednom z nich neboli zaznamenané výraznejšie pohyby. V jesennom období roku 2007 nastal skok v smere uzavretia trhliny, hneď v náväznom období na jar sa puklina náhle otvorila, pričom rozdiely v posledných meraniach súborne boli 2,93 mm. V nasledujúcom období roku 2008 sa puklina začala zatvárať a dostala sa na východiskovú pozíciu (nula).

*Uhrovský hrad.* Meracie stanoviská sú situované v staticky narušenej a v súčasnosti rekonštruovanej kaplnke (SM 1 a SM 2), ako aj v exteriérovej časti. Najvýraznejšie pohyby boli zaregistrované v hornej časti kaplnky (SM 1), merané pohyby sa vyznačujú cyklickým trendom s temer konštatným rozpätím nameraných hodnôt (1,6 mm). V závere roka zistené hodnoty korešpondovali s východiskovou hodnotou (približne nula).

*Hrad Pajštún.* Na hrade Pajštún je osadených päť monitorovacích stanovísk, za tri roky merania neboli zistené žiadne významné pohyby. Pohyby majú oscilačný charakter a v priemere nepresahujú 0,4 mm za rok, až na priestor meradla PŠ 3, kde bol zaznamenaný kumulatívny pohyb až 1,2 mm, pričom bol zistený reverzný pohyb od zatvárania smerom k otváraní pukliny.

*Hrad Trenčín.* Na hrade Trenčín sú meracie stanoviská osadené iba dva roky, takže na ich vyhodnotenie je potrebné vykonávať ešte minimálne jednorôčné merania. Monitorujú sa dve stanoviská, obe sú umiestnené v priestore vstupného areálu. V roku 2008 boli zistené skokovité pohyby dosahujúce veľkosť 0,9 mm v smere od zatvárania k otváraní. Vzhľadom na tendenciu v predchádzajúcich rokoch je možné tento relatívne výrazný skok pripísať aj nepresnosti ručného meradla, ktoré má svoje limity vzhľadom na opakovateľnosť a presnosť meraní.

*Kostoľany pod Tribčom.* Na tejto lokalite sa začali vykonávať merania až v decembri roku 2007, jednorôčný cyklus je veľmi obťažné hodnotiť. Vzhľadom na fakt, že merania sa vykonávajú častejšie ako na iných lokalitách, jednorôčný cyklus potvrdil tendenciu minimálnych pohybov, ktoré sú korelované klimatickými podmienkami.

## **07 – Monitorovanie riečnych sedimentov**

Monitorovací subsystém je reprezentovaný 48 referenčnými odberovými miestami. Pri výbere reprezentatívnych lokalít bolo zohľadnené situovanie odberových miest v oblastiach s predpokladaným antropogénnym zaťažením ako aj v oblastiach s rozhodujúcim vplyvom prírodných faktorov na chemickom zložení stanovovaných parametrov. Odberové miesta charakterizujú približne každý 70 km významného toku v hlavných povodiach Slovenska.

Z časového hľadiska sa v rámci 13-ročného monitorovacieho obdobia ako najstabilnejšie prejavujú obsahy hlavných prvkov Al, K, Na, Fe a Mg a stopových prvkov Ni a Cr. Distribúcia týchto prvkov je v prevažnej miere ovplyvňovaná geogénnymi faktormi, ktorých pôsobenie v čase je pomerne stále. Vyššou variabilitou sa z hlavných prvkov vyznačuje Ca a zo stopových prvkov najmä Pb, Hg, Cd, Cu a As. Veľká časová variácia je spôsobená 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 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 Cd vzťahujúci sa k prekročeniu referenčných koncentrácií A bol pre väčšinu lokalít pod hodnotou 2,0 (19 z 35 lokalít). Prekročené referenčné hodnoty vo väčšine

prípadoch reprezentujú koncentrácie na úrovni, resp. len málo vyššie od predpokladaných pozadových koncentrácií. Prekročenie limitných koncentrácií kategórie B (predpoklad výraznejšieho znečistenia) bolo v roku 2008 zaznamenané na stanovištiach Nitra – Chalmová (Hg), Nitra – Lužianky (Hg), Nitra – pod Šuranmi (Hg), Hron – Sliach (Hg), Ipeľ – Rapovce (Zn), Štiavnica – ústie (Cu, Zn, Cd, Pb), Ipeľ – Ipeľský Sokolec (Zn, Pb), Slaná – Čoltovo (As, Sb), Hornád – Krompachy (Hg), Hnilec – prítok do nádrže Ružín (Cu, Zn, As, Sb), Hron – Kalná nad Hronom (Zn) a Hron – Kamenica (Zn). Analytické výsledky v roku 2008 sú vo väčšine prípadov porovnateľné s predchádzajúcim monitorovacím obdobím. Prekročenie kategórie C (hranica, ktorej prekročenie predpokladá sanačný zásah) bolo v roku 2008 pozorované na lokalitách Nitra – Chalmová (Hg), Štiavnica – ústie (Pb) a Hornád – Krompachy (Hg) – podobne ako v roku 2007.

Ak porovnáme kvalitatívne výsledky riečnych sedimentov z predchádzajúcim obdobím, 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 stanovených 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. 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 arzenu nebolo v roku 2008 zaznamenané. Z monitorovaných lokalít sledovaných od roku 2004 bola najvýraznejšia kontaminácia zaznamenaná na stanovištiach Nitra – Nitriansky Hrádok (50) a Hron – Kalná nad Hronom (52), resp. Hron – Kamenica (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.

Monitoring kvality tuhých zimných zrážok sa realizuje od roku 1976. Odber vzoriek sa robí zo 44 stálych odberových miest. Vzorky sú zväčša odoberané koncom zimného obdobia z celého profilu snehovej pokrývky tak, aby charakterizovali chemické zloženie vodných roztokov, vznikajúcich pri jarnom topení snehovej pokrývky, resp. pri epizódach oteplenia. Počet odobraných vzoriek je podmienený poveternostnou a teplotnou situáciou v jednotlivých zimných obdobiach. Po prirodzenom roztopení tuhých zimných zrážok sú vzorky homogenizované a následne analyzované na nasledujúcu asociáciu prvkov: Na, K, Mg, Ca, NH<sub>4</sub>, Sr, Al, Zn, Cu, Pb, Fe, Mn, Cl, F, NO<sub>3</sub>, SO<sub>4</sub>, HCO<sub>3</sub>. V teréne sú stanovené pH, acidita a alkalita a pri odbere vzorky je meraná teplota vzduchu/vzorky a výška nového a starého snehu.

V zimnom období roku 2007/2008 bolo odobraných 34 vzoriek, čo bolo dané špecifickými podmienkami tohto zimného obdobia, najmä krátkou dĺžkou trvania až absenciou tuhých zimných zrážok na území Slovenska. V niektorých lokalitách prakticky celé sledované zimné obdobie nebola vytvorená súvislá snehová pokrývky. Celková mineralizácia snehu v tomto zimnom období sa pohybovala v rozmedzí 3 – 27 mg/l a priemerná hodnota zo všetkých odberových miest bola 8,0 mg/l. V porovnaní s predchádzajúcimi pozorovaniami sú to hodnoty veľmi nízke, čo možno odôvodniť krátkym trvaním snehovej pokrývky a odbermi z lokalít, situovaných predovšetkým v horských oblastiach s menším vplyvom regionálnych

a lokálnych zdrojov kontaminácie. Najnižšia hodnoty celkovej mineralizácie boli zistené vo výškovom profile Tatranská Lomnica - Skalnaté pleso - Lomnický štít. V tomto výškovom profile boli potvrdené zákonitosti, získané z 30-ročného pozorovania, ktoré sa týkajú hlavne inverznej závislosti celkovej mineralizácie a nadmorskej výšky a podobne aj korelácie medzi iónmi sodíka a chloridov. Snehové roztoky s najkyslejším charakterom (s hodnotami pH okolo 4,5) boli zistené na lokalitách Oščadnica, Skalnaté pleso a Tatranská Lomnica, čo zodpovedá najnižším zisteným obsahom vápnika a horčíka a je prejavom potenciálnej acidifikácii prostredia. Najvyšší obsah amónnych iónov bol zaznamenaný na lokalitách Oščadnica, Vrátna dolina a Lokca. Z hľadiska obsahu stopových prvkov dominujú lokálne v snehových roztokoch v tomto zimnom období hliník, nikel a arzén. Ostatné sledované stopové prvky vykazujú rádovo nižšie koncentrácie, resp. sa pohybujú na úrovni medze stanovenia.

## **08 - Objemovo nestále zeminy**

Objemová nestabilita sa prejavuje buď znížením objemu zeminy, označovaným ako presadanie, alebo zväčšením objemu, označovaným ako napúčanie. Je dôležité stanoviť trend vývoja účinkov presadania, aby bolo možné tieto zmeny eliminovať na prijateľnú mieru. Za hlavnú príčinu porušenia väčšiny porušených objektov možno považovať objemové zmeny zemín v podzákladi spôsobené vnikaním vody do základov v dôsledku jej nevhodného, resp. porušeného odvádzania. Ďalšími príčinami sú základy bez dobrej izolácie, nekvalitné murivo, prípadne kombinácia uvedených faktorov. Najčastejšie sa vyskytujú porušenia objektov v dôsledku vniku dažďovej vody do podzákladia, kedy na zastavenie zhoršovania stavu objektov stačí dôsledné odvedenie dažďovej vody mimo dosah základov (napr. predĺžením odkvapovej rúry, realizáciou nepriepustného povrchového drenážneho žlabu, zaústením zvislej odkvapovej rúry do kanalizácie).

Na územiach s výskytom sprašových sedimentov, najviac na Trnavskej pahorkatine, dochádza v súvislosti s intenzívnymi zrážkami a zvýšeným zaťažením k presadnutiu územia. V minulosti boli v spraši vybudované priestory na obilie a chodby, v ktorých sa ľudia schovávali pred Tatármi. V miestach s výskytom takýchto priestorov v kombinácii intenzívnych zrážok a zaťaženia (napr. oranie poľa) môže nastať náhle presadnutie.

V katastri obce Dubové medzi Trnavou a Piešťanmi došlo k prepadnutiu nadložia hrúbky 3 m a priemeru 2 m následkom dlhotrvajúcich silných zrážok a orania poľa. Ďalšie prípady sa vyskytli v Novom Meste nad Váhom, kde v bytovom domov sa v suteréne domu vytvoril viac ako tri metre hlboký a dva metre široký kráter, čo narušilo stabilitu domu. Dôvodom bolo dlhodobé stekanie vody z odvodňovacieho rigola. A keďže dom bol pravdepodobne postavený na zasypanej studni, voda nemala problém násyp vyplaviť a vytvoriť hlboký kráter. Ďalším príkladom bolo vytvorenie z večera na ráno asi dva a pol metra hlboké jamy o priemere asi tri metre v záhrade jedného rodinného domu v Trnave.

K presadnutiu územia dochádza aj na miestach nad porušenými produktovodmi. Zaznamenali sme prípady vytvorenia kráterov na poliach nad porušeným zavlažovacím zariadením.

## **Parciálny informačný systém**

Údaje získané meraním monitorovacích bodov boli v roku 2008 priebežne ukladané a spracovávané v parciálnom informačnom systéme geologických faktorov (PISGF). Primárne dáta boli archivované a ďalej spracované. Na ich základe boli odvodené sekundárne dáta, ktoré slúžia na hodnotenie monitorovaných procesov a stavu životného prostredia. V roku 2008 boli aktualizované softvéry, ktoré sú súčasťou podrobnej úrovne PISGF. Pre podsystém 01-zosuvy a iné svahové deformácie vzhľadom na zmeny vstupných parametrov o



výške pažníc na pozorovaných objektoch bol upravený algoritmus sledovania hĺbok hladiny podzemnej vody. Pre podsystem 03-Antropogénne sedimenty charakteru starých environmentálnych záťaží bol softvér rozšírený aj na hodnotenie chemického zloženia odoberatých vzoriek. Softvérové prostredie bolo upravené za účelom dopĺňania vybraných ukazovateľov v závislosti od použitých metód monitorovania.

Údaje spracované v podrobnej úrovni PISGF boli exportované do jeho prehľadnej úrovne, ktorá umožňuje priestorové zobrazenie výsledkov monitorovania pomocou mapových výstupov, grafov, ako aj v prehľadnej tabuľkovej forme. Vybrané dáta z informačného systému sú sprístupnené pre všetkých záujemcov z radov odbornej aj laickej verejnosti na web stránke Čiastkového monitorovacieho systému geologických faktorov <http://dionysos.gssr.sk/cmsgf>. Pomocou technológie PHP sú dáta vizualizované na základe požiadavky zadanej užívateľom internetu. Web stránka Čiastkového monitorovacieho systému geologických faktorov je prepojená a sprístupnená aj z web stránok Štátneho geologického ústavu D. Štúra ([www.geology.sk](http://www.geology.sk)) a enviroportálu (<http://enviroportal.sk/>).